

**T.C.  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

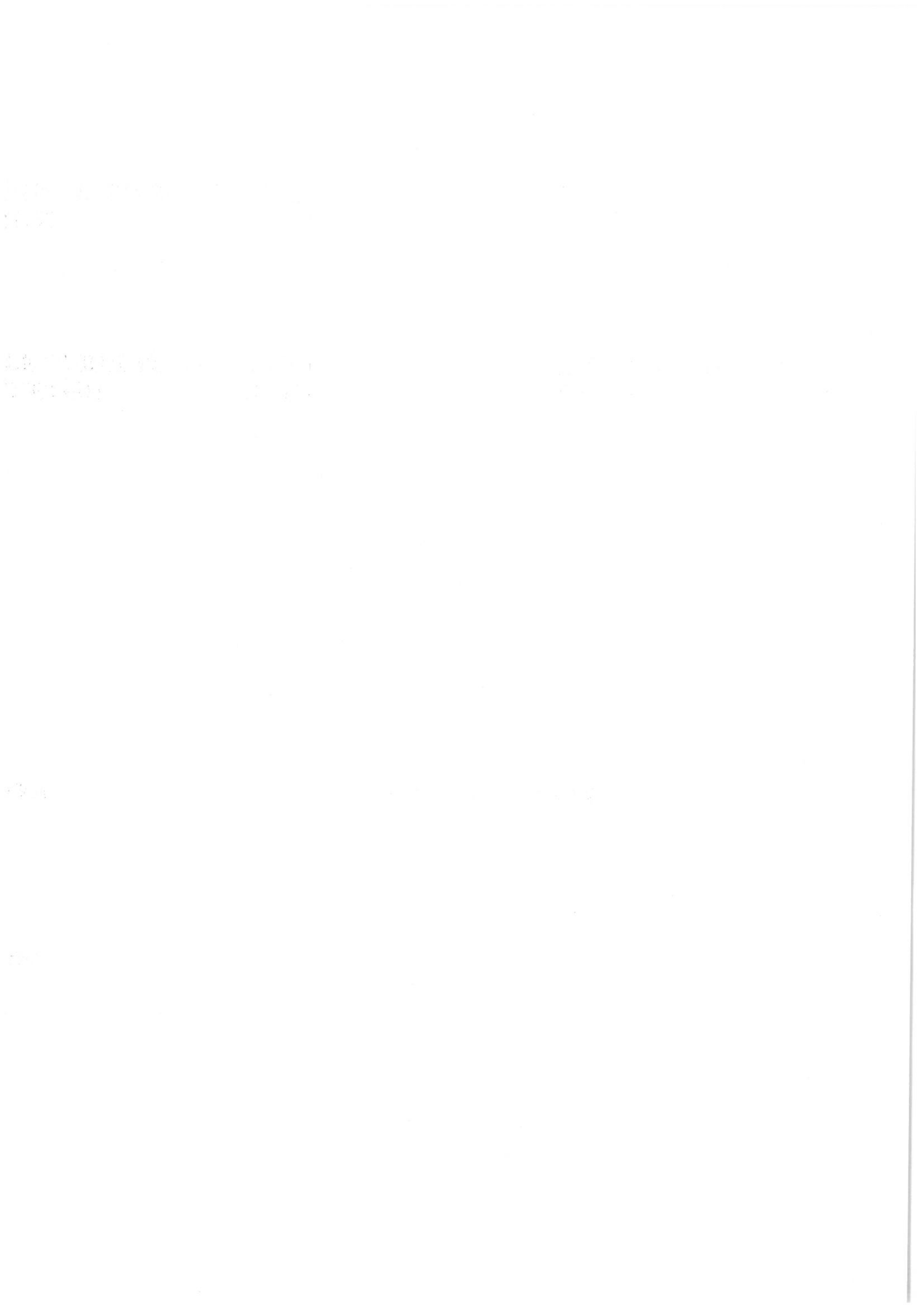
**DOĞAL BİR TAŞ OLAN POMZA İLE GÜRÜLTÜ  
İZOLASYON MALZEMESİ ÜRETİMİ**

**Hazırlayan  
H.İbrahim ÇAMLI**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Eylül 2018  
NEVŞEHİR**



**T.C.  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞAL BİR TAŞ OLAN POMZA İLE GÜRÜLTÜ  
İZOLASYON MALZEMESİ ÜRETİMİ**

**Hazırlayan  
H.İbrahim ÇAMLI**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Eylül 2018  
NEVŞEHİR**

**Doç. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA** danışmanlığında **Halil İbrahim ÇAMLI** tarafından hazırlanan “**Doğal Bir Taş Olan Pomza İle Gürültü İzolasyon Malzemesi Üretimi**” başlıklı bu çalışma, değerli jüri üyeleri tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

10/09/2018

### JÜRİ

**Başkan:** Doç. Dr. Melayib BİLGİN

**Üye:** Doç. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA

**Üye:** Dr. Öğr. Ü. Sevgi GÜNEŞ DURAK

### ONAY

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 12.09.2018 tarih ve 37-308 sayılı kararı ile onaylanmıştır


Prof.Dr.Şahlan ÖZTÜRK  
Enstitü Müdürü





## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak yazılan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



(İmza)

Halil İbrahim ÇAMLI

## TEŞEKKÜRLER

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen, her türlü konuda varlığını hissettiren, kişilik olarak da bir çevreci olarak çevresine örnek olan çok kıymetli hocam Doç. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA hocama,

Bu yüksek lisans tezine proje desteklerinden ötürü Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü birimine (Proje No: YLTPF34),

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme,

Tez çalışmamda işyerini bana açan, maddi ve manevi desteğini eksik etmeyen ÜNSAL HIRLAK beyefendiye,

Ve çok kıymetli meslektaşım Ayşegül TOKCAN'a teşekkürlerimi borç bilirim.

# DOĞAL BİR TAŞ OLAN POMZA İLE GÜRÜLTÜ İZOLASYON MALZEMESİ ÜRETİMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

H. İbrahim ÇAMLI

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ

Eylül 2018

## ÖZET

Rahatsız edici sesler olarak nitelendirilen gürültü kirliliği, ne yazık ki insanları ciddi boyutlarda etkilemeye başlamıştır. Araç kullanımının artması, inşaatların çoğalması ve konutların sanayi alanları ile neredeyse iç içe bulunması gürültü kirliliğini en üst seviyelere kadar çıkarmıştır.

Çalışmamızın amacı, ülkemizde oldukça fazla bulunan kullanım alanı gittikçe artan ve hem ısı hem de ses izolasyon özelliği bulunan pomza madeninden yararlanarak insanları ciddi boyutlarda rahatsız eden gürültüye karşı yeni bir ses izolasyon malzemesi üretmektir.

Çalışmamız Akrilik, EPS köpük ve Pomza kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı yeni bir alternatif ses yalıtım malzemesi üretmektir. Akrilik ve pomza taşı ise birbiri ile belirli bir oranda kuruma süresi de hesaba katılarak karıştırıldı. Kullanılan malzemeler ile 5 farklı numune tipi meydana getirilmiştir. Numunelerimizin tamamı laboratuvar ortamında ses empedans cihazında belirli frekanslarda ses geçiş kaybı işlemine tabi tutulmuştur. Çıkan sonuçların karşılaştırılması sonucunda 1 cm kalınlığında 5 katmandan oluşan numunemizde maksimum verim 21,7 dB olarak belirlenmiştir. Geliştirilmeye açık olan bu çalışmamızda ürün hazırlanması esnasında yeni teknolojik sistemlerin kullanılmasının verimimizi arttıracığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Pomza, Gürültü, Gürültü Kirliliği, Ses İzolasyon.*  
**Tez Danışmanı:** Doç. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA  
**Sayfa Adedi:** 67

# PRODUCTION OF NOISE INSULATION MATERIAL WITH NATURAL STONE PUMICE

(M. Sc. Thesis)

H.İbrahim ÇAMLI

Eylül 2018

NEVŞEHİR HACI BEKTA VELI UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
SCIENCE AND TECHNOLOGY

## ABSTRACT

Noise pollution, which is described as disturbing voices, has unfortunately started to affect people in serious dimensions. Increased use of the vehicle, the proliferation of constructions and being the houses are almost intertwined with the industrial areas bring noise pollution up to the highest levels.

The aim of our study is to produce a new sound insulation material against the noise which disturbs the people seriously by using of the pumice mine, which is found in our country and increasing in usage area and has both heat and sound insulation properties.

The study has carried out by using Acrylic, EPS foam and Pumice stone. The purpose of this study was to product a new alternative noise insulation material. Acrylic and pumice stone have been mixed with each other in the process of adding a certain amount of time to dry. 5 different sample types were prepared with the materials. All samples were subjected to loss of sound transmission at certain frequencies in a sound-impedance device in a laboratory environment. As a result of the experimental results obtained, the maximum yield of our sample consisting of 5 layers of 1 cm thickness was determined as 21.7 dB. In our work which is open to development, it has been determined that the use of new technological systems will increase our productivity. The results which was obtained and the other studies in this area have been compared and suggestions have been made as the evaluation result.

**Keywords:** *Pumice, Noise, Noise Pollution, Sound Insulation*

**Thesis Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA

**Page of Number:** 67

## İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY SAYFASI.....	i
TEZ BİLDİRİMİ.....	ii
TEŞEKKÜRLER.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
RESİM LİSTESİ.....	xi
1. BÖLÜM	
1.GİRİŞ.....	1
2. BÖLÜM	
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Ses.....	3
2.1.1 Sesin fiziksel özellikleri.....	4
2.1.1.1 Frekans.....	4
2.1.1.2 Periyot.....	4
2.1.1.3 Genlik.....	5
2.1.1.4 Dalga Boyu.....	5
2.1.1.5 Sesin şiddeti.....	6
2.1.1.6 Sesin yüksekliği.....	6
2.2 Gürültü Tanımı.....	7
2.2.1 Gürültü kirliliği kaynakları.....	8
2.2.2 Gürültü kirliliği etkileri.....	13
2.2.2.1 Gürültü kirliliğinin fiziksel etkileri.....	14
2.2.2.2 Gürültü kirliliğinin fizyolojik etkileri.....	15
2.2.2.3 Gürültü kirliliğinin psikolojik etkileri.....	15

2.2.2.4	Gürültü kirliliğinin performansa etkisi.....	16	
2.2.3	Gürültünün ölçümü .....	18	
2.2.4	Gürültünün çevredeki işlevi .....	19	
2.2.4.1	Gürültünün çevrede yayılması .....	19	
2.2.4.2	Gürültünün çevrede sönümlenmesi.....	20	
2.2.5	Gürültü haritalama .....	20	
2.2.6	Gürültü kontrolü.....	21	
2.2.7	Yönetmelikte gürültü kirliliği ve önlemleri .....	23	
2.2.8	Dünya'da gürültü önleme çalışmaları.....	25	
2.2.9	Diğer çalışmalar .....	26	
2.3	Pomzanın Tanımı .....	27	
2.3.1	Pomzanın oluşumu ve maden yatakları .....	29	
2.3.2	Pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	32	
2.3.3	Türkiye'de ve dünya'da pomza rezervi.....	35	
2.3.4	Pomza kullanım alanları.....	41	
2.3.4.1	İnşaat endüstrisi.....	41	
2.3.4.2	Tekstil endüstrisi .....	42	
2.3.4.3	Tarım endüstrisi .....	42	
2.3.4.4	Kimya endüstrisi .....	43	
2.3.5	Pomza ile yapılan ilgili çalışmalar .....	44	
<b>3. BÖLÜM</b>			
<b>MATERYAL VE METOT .....</b>			<b>47</b>
3.1	Kullanılan Malzemeler.....	47	
3.1.1	Pomza.....	47	
3.1.2	EPS köpük.....	48	
3.1.3	Akrilik .....	49	

3.1.4 Su .....	49
3.2 Numunelerin Hazırlanışı .....	49
3.2.1 EPS köpük kesme işlemi.....	50
3.2.2. Su pomza ve akrilik karıştırılması .....	51
3.2.3 Malzemelerin birleştirilmesi .....	51
3.2.4 Kurutma işlemi.....	52
3.3 Ölçüm Düzenegi.....	53
3.4 Numune Çizimleri.....	53
4.BÖLÜM	
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	57
5. BÖLÜM	
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	64
5.1 Sonuçlar .....	64
5.2 Öneriler .....	65
6. BÖLÜM	
KAYNAKLAR .....	66
ÖZGEÇMİŞ .....	69

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Farklı ortamlarda (21°C) sesin yayılma hızı (m/s) .....	3
Tablo 2.2 Bazı Gürültü Kaynakları Desibel Miktarları .....	12
Tablo 2.3 Derecelerine Göre Desibel Aralıkları ve Etkileri .....	18
Tablo 2.4 Pomzanın Kimyasal Özellikleri .....	33
Tablo 2.5 Ülkemizdeki Pomza Kayaçlarının Genel Kimyasal Özellikleri .....	34
Tablo 2.6 Asidik ve Bazik Pomzaların Kimyasal Bileşenleri .....	35
Tablo 2.7 Ülkemizdeki Pomza Kayaçlarının Genel Fiziksel Özellikleri .....	35
Tablo 2.8 Türkiye Pomza Rezervleri .....	37
Tablo 2.9 Türkiye'deki Pomza İşletme Sayısı .....	38
Tablo 2.10 Ülkelere Göre Pomza ve İlgili Malzemelerin Üretim Rakamları .....	40
Tablo 3.1 Kullanılan Pomzanın Fiziksel Özellikleri.....	47
Tablo 3.2 Kullanılan Pomzanın Kimyasal Özellikleri .....	48
Tablo 4.1 Ses Geçiş Kaybı deney sonuçları.....	60



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Sesin 1 saniyedeki yayılma örneği.....	4
Şekil 2.2 Gürültü Kirliliğinin Kaynaklarına Göre Dağılımı .....	9
Şekil 4.1 2 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 2 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli.....	57
Şekil 4.2 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli.....	58
Şekil 4.3 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli .....	58
Şekil 4.4 4,5 cm EPS Köpük x 0,5 cm Pomza ile Oluşturulan Yalıtım Paneli .....	59
Şekil 4.5 5 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli.....	59

## RESİM LİSTESİ

Resim 2.1 Yüksek Genlik - Düşük Genlik.....	5
Resim 2.2 Dalga Boyu ve Genlik.....	6
Resim 2.4 Duvar ve Tavan Ses Yalıtım Malzemesi .....	22
Resim 2.5 Ses Bariyer Sistemi .....	23
Resim 3.1 Ses Ölçüm Cihazı .....	53
Resim 3.2 2 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 2 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli.....	54
Resim 3.3 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli.....	54
Resim 3.4 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli .....	55
Resim 3.5 4,5 cm EPS Köpük x 0,5 cm Pomza ile Oluşturulan Yalıtım Paneli .....	55
Resim 3.6 5 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli.....	56

## 1.GİRİŞ

Günümüz kentleşmesinin durmadan ilerlemesi beraberinde nüfus artışını da getirmektedir. Endüstri ve sanayinin ileri teknolojiler ile buluşması doğal yapının, ekolojinin ve çevrenin ileri derecede bozulmasına yol açmaktadır. Her geçen gün görüyoruz ki, kırsal yaşamdan kent hayatına göç büyük oranlarda artmaktadır. Kentleşme, doğal çevreye verdiği rahatsızlık kadar insanlara da rahatsızlık vermektedir. Bu rahatsızlığın sebepleri oldukça fazladır. Kent yaşamında yer alan bireyler hava kirliliği, çevre kirliliği ve gürültü kirliliğinden oldukça muzdarip durumdadırlar.

Sanayileşme ve kentleşmenin ileri düzeylerde olduğu şehirlerde gürültü kirliliği artık önlenemez bir hal almıştır. Bu şehirlerdeki insanlar özellikle sanayi, şantiye ve trafik kaynaklı gürültü kirliliğinden şikâyetçilerdir. Şehirlerde nüfusun artmasıyla, toplu taşıma ve motorlu araçların sayısı da artmıştır. Bu araçların kullanımı gürültü kirliliğinin yanı sıra yüksek oranlarda hava kirliliğine de sebep olmaktadır. Kentleşmenin yüksek oranlarda ilerlemesi kent yaşamının sanayi bölgeleri ile neredeyse iç içe geçmesine yol açmıştır. Bu noktalarda yaşamını sürdüren bireyler sanayi bölgesinden kaynaklı hava kirliliğinin yanı sıra gürültü kirliliğinden de oldukça etkilenmektedirler. Bu durum bölge sakinlerinin yetkili merciler ile irtibata geçilerek bildirilmiş ve devlette sanayi alanlarının yaşam alanlarının dışına taşınmasına karar vermiştir.

Gürültü kirliliğinin insan üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Gürültü kirliliği bireylerin davranışlarını, zihinlerini, iş verimlerini, birbirleri arasındaki ilişkileri olumsuz yönde etkilemektedir. Çok nadir görülse de sürekli gürültüye maruz kalan bireylerde kalıcı rahatsızlıklara da yol açmaktadır. Özellikle yapı içi gürültü kirliliği davranış bozukluklarına, psikolojik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Yapı dışı gürültü kirliliği şantiyelerden, trafikten, eğlence merkezlerinden kaynaklı kirliliktir. İş yerlerinin yakınında bulunan bu tür yerler insanların iş verimini oldukça etkilemektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 31.05.2017 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik"nin amacı şöyledir; "Her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin işletimi ve kullanımı safhalarında insanların maruz kalacağı, binaların dışından veya içinden kaynaklanan gürültülerin, kişilerin huzur ve sükûnuna, beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerini en aza indirecek iyi işitme ve

algılama koşullarının sağlanması için, tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesidir."

Bu kapsamda gürültü kirliliği artık önemsenmesi gereken bir konu haline gelmiştir. Özellikle sanayileşme ve kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde bu kirlilik oldukça fazla hissedilmektedir. Gürültü kirliliğine maruz kalan bireylerde kalıcı fizyolojik zararlar olduğu gibi psikolojik etkileri de ciddi boyutlara taşınabiliyor. İlerleyen nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmenin engellenememesi maalesef bu kirliliğe maruz kalan sayısını da arttırmaktadır. Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmamızın ilk hedefi de bu kirlilik ile başa çıkmak olmuştur.

Ülkemizde gürültü kirliliğine karşı ses engelleyici paneller, koruyucu ekipmanlar ve akustik malzemeler birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda geliştirdiğimiz ürünün bu tip malzemeler arasına dâhil olması analiz sonuçlarımıza göre mümkün gözükmektedir. Özellikle ürünümüzün günlük hayatta kullanılan malzemeler ile oluşturulması ve kolay uygulanabilirliği bu tip ürünler arasına girmesini basitleştirecektir.

Bu çalışmanın kapsamı ve amacı artan nüfus ve gelişen kentleşme ve sanayileşme ile birlikte artan gürültü problemine karşı basit ve ekonomik bir alternatif gürültü izolasyon malzemesi geliştirmektir.

## 2.GENEL BİLGİLER

### 2.1. Ses

Doğada bulunan esnek cisimlerin titreşimleriyle oluşan ve dalgalar halinde yayılan enerji çeşidine ses denir. Ses, bir hava dalgasıdır ve atmosferin yönüne göre dağılır. Oluşan bu dalgalanmaların insan kulağı tarafından duyulabilenlerine ses adı verilmektedir.

Ses, katı, sıvı veya gaz gibi maddesel bir ortamda yayılabilir. Boşlukta sesin yayılması mümkün değildir. Sesin hızı, ışık hızıyla kıyaslandığında ses daha yavaştır. Ses saniyede 340 m yol almaktadır. Sesin yayılma hızı ortamın sıcaklığıyla doğrudan ilişkilidir. Ayrıca sesin olduğu ortam da hızını etkilemektedir. Ses en hızlı katı maddelerden yayılır.

Sesin diğer bir tanımı ise şöyledir; "Kulak veya bir alıcı tarafından algılanabilen hava, su ya da benzeri bir ortamdaki basınç değişimidir. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından "ses" olarak algılanır.[1]

Sesin 21°C' deki hızı 344 m/s ölçülmüştür. Bazı ortamlarda sesin yayılma hızı Tablo 2.1'de şöyle belirtilmiştir:

Tablo 2.1 Farklı ortamlarda (21°C) sesin yayılma hızı (m/s) [2]

Hava	344
Kurşun	1200
Su	1450
Beton	3000-3400
Tahta	3300-4300
Çelik	5000
Cam	4000-5000

## 2.1.1 Sesin fiziksel özellikleri

### 2.1.1.1 Frekans

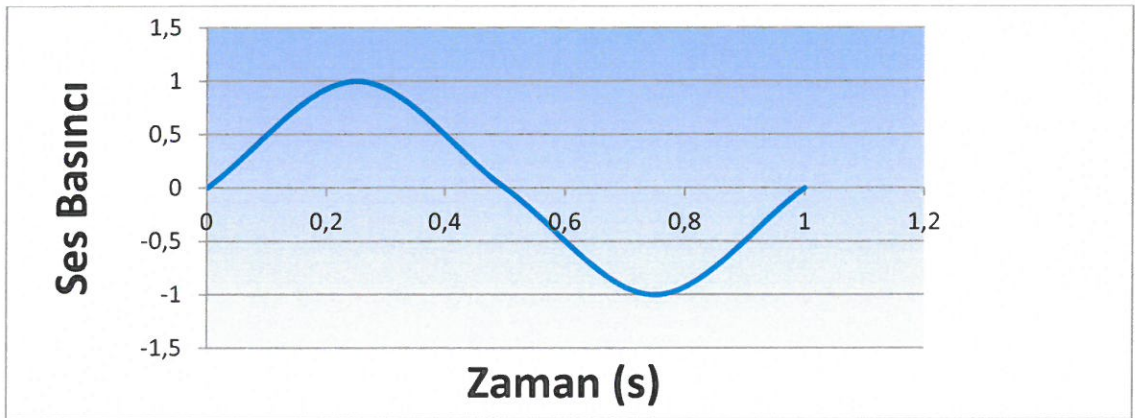
1 saniyede oluşan ses dalgası sayısına frekans denir. Bir kaynaktan bir saniyede oluşan dalga sayısı ne kadar fazla ise sesin frekansı da o kadar büyük olur. Dalga sayısındaki artış frekansın artmasına, frekansın artışı ise sesin incelmesine yani tizleşmesine sebep olur. Dalga sayısındaki azalış frekansın azalmasına, frekansın azalması da sesin kalınlaşmasına sebep olur bu da sesin boğuk çıkmasına yol açar. Bir cisim ne kadar hızlı titreşirse o kadar yüksek frekanslı ses üretir. Frekansın birimi "Hertz" dir. "Hz" şeklinde gösterilir. Hertz, 1 saniyedeki titreşim sayısını ifade eder.

Titreşen bir cismin frekansı şunlara bağlıdır. Örnek: Tel;

- 1)Telin boyuna: Telin boyu arttıkça frekans küçülür.
- 2)Telin gerginliğine: Telin gerginliği arttıkça frekans artar.
- 3)Telin kesitine: Tel kalınlaştıkça frekans küçülür.
- 4)Telin cinsine

### 2.1.1.2 Periyot

Bir ses dalgasının oluşabilmesi için gerekli zamana periyot denir. Periyot "T" ile gösterilir. Zaman boyutunda olduğu için birimi zaman birimlerinden birisi kullanılarak gösterilir. Frekansın tersi olarak da bilinir. Her zaman periyot ile frekansın çarpımı 1'dir. Sesin birim zamanda yayılımı Şekil 2.1'de gösterilmiştir;



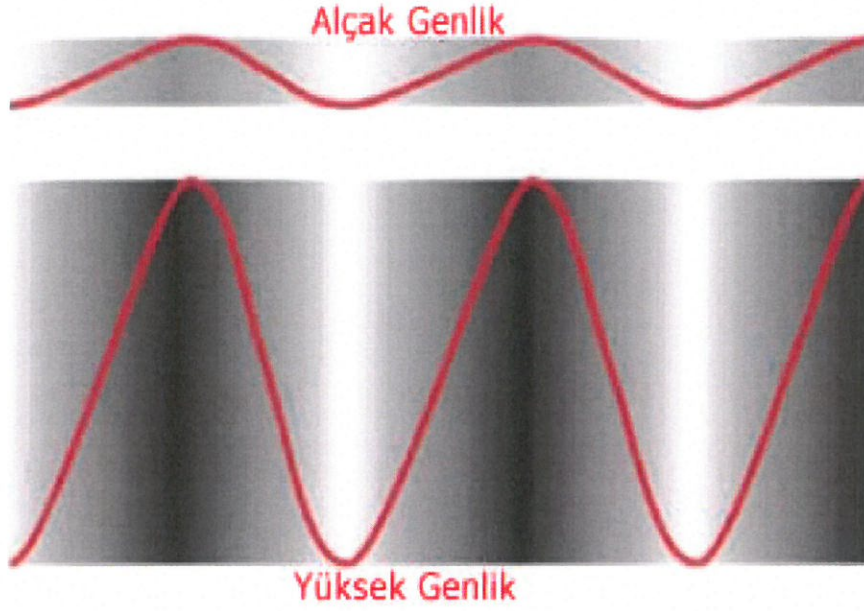
Şekil 2.1 Sesin 1 saniyedeki yayılma örneği



### 2.1.1.3 Genlik

Genlik ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark, dalgaların genliğini gösterir. Ses dalgaları, havada veya başka bir ortamda titreşen objeler tarafından üretilir.

Ses dalgaları bir ortamdan başka bir ortama geçtiğinde genliği değişir. Bir dalganın genliği taşıdığı enerji ile ilişkilidir.[3]

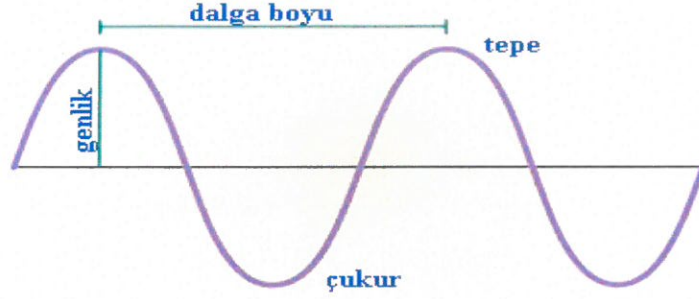


Resim 2.1 Yüksek Genlik - Düşük Genlik

### 2.1.1.4 Dalga boyu

Bir kaynaktan yayılan periyodik dalgaların ard arda gelen iki tepe ya da iki çukuru arasındaki yatay uzunluğa dalga boyu denir. Dalga boyu " $\lambda$ " (Lambda) ile gösterilir. Dalga boyu uzunluktur ve uzunluk birimleri kullanılarak ifade edilir. Küçük dalga boyları (Angstrom) ile ifade edilir.

Aşağıdaki şekilde yukarıda belirttiğimiz tepe ve çukur noktaları arasındaki dalga boyu ve genlik noktaları gösterilmiştir.



Resim 2.2 Dalga Boyu ve Genlik

Resimden yola çıkarak, aynı frekansta tepeler veya çukurlar arası mesafe azaldıkça sesin şiddeti artacak ve genlik ise büyüyecektir. Yine aynı frekansta tepeler veya çukurlar arası mesafe arttıkça sesin şiddeti azalacak ve genlik ise kısalmaktadır. Bunlar farklı frekanslarda olduğunda ise sesin duyulmasında tiz ve boğuk olarak farklılıklar gerçekleşecektir.

#### 2.1.1.5 Sesin şiddeti

Sesin uzaktan veya yakından duyulabilme özelliğidir. Bir ses dalgasının genliği sesin şiddetini (gürlüğünü) belirler. Bu ses dalgasının taşıdığı enerji miktarı ile ilgilidir. Ses dalgası ne kadar çok enerjiye sahip olursa o kadar şiddetlidir. Şiddetli olmayan ses dalgaları ise zayıf ses üretirler. Ses dalgalarında genlik ne kadar büyük olursa sesin şiddeti de o kadar büyük olur. Sesleri duyup duyamamız, sesin işitme sağlığınıza zararlı olup olmadığı veya bir aracın gürültülü olup olmadığı çoğu zaman ses şiddeti yerine, ses düzeyine bakılarak belirlenir. Ses şiddeti desibel (dB) birimi ile ifade edilir. İnsan kulağının duyabileceği en düşük ses şiddetine eşik şiddeti denir.

#### 2.1.1.6 Sesin yüksekliği

İnce sesi kalın sestten ayıran özelliktir. Sesin frekansı sesin yüksekliğini (incelik-kalınlık) ifade eder. Bir sesin ince veya kalın olması o ses kaynağının titreşim sayısına bağlıdır. İnce sesin frekansı yüksek, kalın sesin frekansı ise düşüktür. Ses kaynakları çok hızlı titreştirilirse ince, az titreştirilirse kalın ses üretir. İnce seslere tiz, kalın seslere pes ya da bas sesler denir. Yani yüksek frekanslı sesler tiz, düşük frekanslı sesler bas seslerdir.



İnsan kulağı 20 Hz ile 20000 Hz (20 kHz) aralığındaki sesleri duyabilir. Bu aralığın altındaki ses dalgalarına ses altı, üstündekilere ise Ultrases (ses üstü) denir.

## **2.2 Gürültü Tanımı**

Gürültü, insanların sağlığını oldukça kötü yönde ve algılamasını olumsuz yönde etkileyen, özellikle psikolojik dengeleri bozabilen, iş performansını etkileyen, çevre kirliliği problemidir. Gürültünün en kısa tanımı ise; kulağa hoş gelmeyen ve istenmeyen seslerdir.

Özellikle ileri düzey ülkelerde gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği bir çeşit çevre kirliliğidir. Bu kirliliğin önemi gün geçtikçe daha çok fark edilmektedir. Gelişen ülkeler bu kirliliğe karşı oldukça duyarlı ve hassas davranarak belirli kuralları yerine getirmektedir. Mevzuatlarında bulunan maddelere sadık kalarak, toplum kurallarına uyarak, insan algılarını geliştirerek bu kirliliğe ellerinden geldiği kadar yol açmamaktadırlar. Özellikle gürültünün kaynaklanacağı noktalarda gerekli önlemlerini alarak gelişmeye devam etmektedirler. Bunun yanı sıra oluşan veya oluşabilecek gürültüyü engellemek için birçok çalışma yapmış ve yapmaya da devam etmektedirler. Bu çalışmalarını yine mevzuatlarına uygun şekilde gerçekleştirerek kirliliği önlemektedirler.

Halen gelişme aşamasında olan ülkelerde ise bu rahatsızlık hala bölgenin insanları arasında önemli olarak değerlendirilmemektedir. Gürültüyü kirlilik olarak görmemekle beraber oluşumuna da katkıda bulunmaktadır. Bu ülkelerde gürültü kirliliği farkındalığını oluşturmak için mevzuatlar oluşturulmaktadır. İnsanların bu konu üzerinde bilinçlendirilmesi için seminerler, söyleşiler gerçekleştirilmektedir. Bu kirliliğin ciddiyetini anlamaları için yine bazı mevzuatlarda zorunlu kılınan yasalar yürürlüğe geçirilmektedir. Uygulanması zorunlu olan bu yasalar insanlar arasında olumsuz karşılanırsa da bilinçli ve duyarlı bireyler yetiştirmek sadece gürültü için değil bütün çevre için çok büyük önem taşımaktadır.

Nüfus yoğunluğu fazla, günümüz endüstriyel toplumlarında yarattığı gürültü kirliliği büyük bir problem yarattığı gibi bu toplumlarda, ulaşımın taşıdığı önem sebebi ile trafik gürültüsü ve bunun içinde özellikle karayolu gürültüsü, en başta gelen gürültü kaynağıdır.[3]

Hızlı ve plansız kentleşme sürecinde artan nüfus, trafik, endüstrileşme ve gelişen teknoloji gibi çeşitli faktörler çözümü güç sorunlardan biri olan gürültü kirliliğini meydana getirmiştir. Özellikle 18. ve 19. yüzyıllarda yeni buluşların üretime uygulanması ve buhar gücüyle çalışan makinelerin makineleşmiş endüstriyi doğurması sonucunda gerçekleşen sanayi devrimi diğer çevre sorunları gibi gürültünün de fark edilmesinde etkili olmuştur. Aslında gürültü sanayi devrimi ile ortaya çıkan ve modern zamanların bir çevre sorunu değildir. Zira Julius Caesar döneminde parke taşlı Roma sokaklarında gece saatleri boyunca at arabalarının sürülmesi yasaklanmıştır.[4]

Teknolojik gelişmelerin yol açtığı atıkların en önemlisi “gürültü”dür. Çünkü hemen hemen her tür üretim ya da etkinlikte, söz konusu üretim ve etkinliğe özgü atıkların yanı sıra gürültü de bulunmaktadır. Doğal olarak da bu durum gürültünün günümüzde en yoğun çevre kirliliği etkeni durumuna düşmesine yol açmıştır.[5]

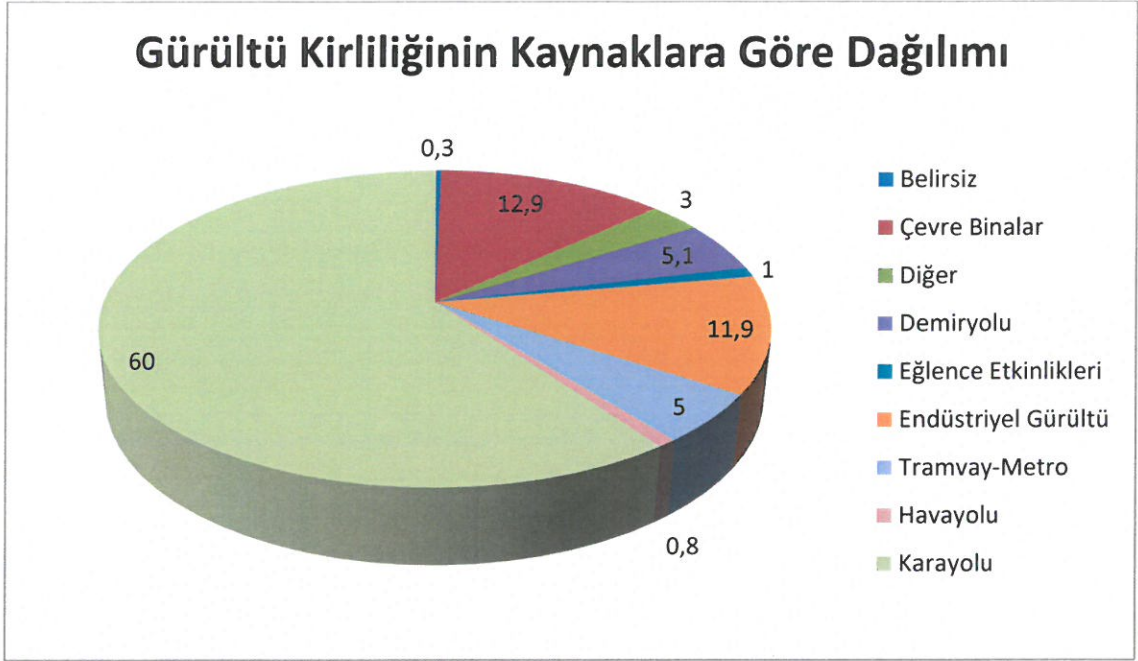
Gürültü kirliliği toplum arasında göz ardı edilebilecek bir kirlilik değildir. Olumlu hiçbir yanı olmamakla birlikte olumsuz yanları insanları en ağır şekilde etkilemektedir.

### **2.2.1 Gürültü kirliliği kaynakları**

Gürültü kirliliğinin kaynakları gelişen teknoloji ile giderek artmaktadır. Kaynakların en başında ulaşımdan kaynaklanan gürültü kirliliği gelmektedir. Sürücülerin yersiz korna çalmaları, araçların uygun teçhizat ile donatılmaması bunların başında gelmektedir. Yine endüstri alanlarında bulunan ekipmanların çıkardığı sesler meskenlerde bulunan kişiler arasında gürültü olarak değerlendirilmektedir. Mesken içlerinde ise ev araç-gereçlerinden kaynaklanan gürültü, kişilerin işitme sağlığını, iş verimlerini, psikolojik ve fizyolojik durumlarını tehdit etmektedir.

Gürültü kirliliğine neden oluşturan faktörler arasında; sanayileşme, plansız kentleşme, motorlu taşıtlar, hızlı nüfus artışı, bu konuda yeterli eğitimin verilememesi ve ekonomik imkansızlıklar vb. hususlar sayılabilir. Gürültü kirliliği üzerine yapılan çalışmalarda bu sorunun en büyük kaynağının ulaşım olduğu belirlenmiştir.[6]

Gürültü kirliliğinin kaynaklarına göre dağılımı Şekil 2.2'de gösterilmiştir;



Şekil 2.2 Gürültü Kirliliğinin Kaynaklarına Göre Dağılımı [7]

Gelişmekte olan ülkelerde nüfusta beraberinde artmaktadır. Bu artışla birlikte araç sahibi olan insanların sayısı da artmaktadır. Bu ülkelerde gürültü oluşumu riski göz önünde bulundurularak insanların kendi araçlarını tercih etmeleri yerine toplu taşımaya teşvik edici politikalar izlenebilir. İzlenmesi gereken bu politika gürültü kirliliğiyle birlikte çevre kirliliğini de azaltıcı yönde hareket etmelidir. Örneğin; araç kullanımı azaldıkça doğaya salınan karbonmonoksit oranı aynı derecede düşüş gösterecektir. Bu da şehirlerin hava kirliliği miktarını azaltacaktır.

Çoğu gelişmekte olan ülkede bu politika pek fazla hayata geçirilememektedir. Her geçen gün doğaya salınan zararlı gaz miktarı artmakta ve gürültü de bu oranla birlikte oldukça rahatsız edici seviyelere ulaşmaktadır.

Gürültü kirliliğine karşı alınabilecek önlemler şöyle sıralanabilir;

- Okullarda gürültü konusunda eğitimler verilip, insanlar bilinçlendirilmelidir.
- Gürültü kaynakları ile konutlar arasında boş alanlar bırakılıp, bu alanlar ağaçlandırılmalıdır.
- Fabrikalar, sanayi kuruluşları, binalar yapılırken ses geçirmeyen izolasyon maddeleri kullanılmalıdır.
- Halkı gürültü kirliliği konusunda bilinçlendirmelidir.
- Gürültülü uyarılar yerine görsel uyarılar yaygınlaştırılmalıdır.

- Otoyolların kenarları ağaçlandırılmalı ve gerekli yerlere gürültü bariyerleri yapılmalıdır.
- Yük taşıyan araçlar yerleşim yerleri dışından geçirilmelidir.

Gürültüyü önlemenin en iyi yolu da gürültüyü kaynağında kesmek / azaltmak ya da gürültü kaynağını tecrit etmektir. Gürültü yapan makinelere susturucu takılabileceği gibi gürültüye neden olan parçaların yenilenmesi ve periyodik bakım ve yağlamaların zamanında ve düzenli yapılması da gürültünün kaynaktan kesilmesini ya da düzeyinin düşürülmesini sağlayabilir. Alınan önlemlere rağmen gürültü istenen düzeye düşürülemezse gürültü çıkaran ekipmanlar ayrılarak özel yerlere konulabilir. Ayrıca fabrika içindeki döşeme ve duvarların ses emici özellikteki malzemelerle kaplanması da başka bir çözüm yoludur. Bu gibi önlemlerin uygulanamadığı ya da etkili olmadığı durumlarda işçiler ses geçirmeyen ve havalandırması bulunan özel bölmelerde çalıştırılabilirler. Gürültüden korunmanın bireysel yolu kulak tıkaçları kullanmaktır. Kulak tıkaçları yapıldıkları malzemeye bağlı olarak gürültü düzeyinde 10-20 dB(A), kulaklıklar ise 15-40 dB(A) civarında bir azalma sağlamaktadır. Kulak tıkaçlarının temiz, kulak yapısına uyumlu, rahat ve iyi kalitede olması gerekir. Aksi halde çalışanlar kulak tıkaçlarını kullanmak istemeyeceklerdir. Eğitimlerle de kişisel koruyucu kullanımının işgören sağlığı açısından gereği ve yararları anlatılmalıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda gürültünün azaltılması ile firelerin azaldığı ve üretim miktarlarının büyük oranlarda arttığı görülmüştür.[8]

Gürültü kirliliğinin en önemli ana grupları 2 şekilde sıralanabilir;

### ***1. Seslerin doğuş biçimlerine göre gürültü kaynakları***

**a- Yapı İçi Gürültüler:** Yapıların içinde yer alan her türlü mekanik ve elektronik sistemler ile çeşitli hayati faaliyetlerden doğan gürültülerdir ki, ayrı veya bitişik yapılardaki kullanıcıları da etkilemektedir.

Örnek olarak; ev araçları, müzik setleri, yüksek sesli konuşmalar, ayak sesleri, eşya sürtünmeleri, darbeler, büro gürültüleri, çeşitli makina, donanım (asansör, sıhhi tesisat, havalandırma, hidrofor sesi vb.) gürültüleri verilebilir.[9]

**b- Yapı Dışı Çevre Gürültüleri:** Yapıların dışında yer alan, gerek yapı içindeki hacimleri, gerekse yapı dışındaki açık alanları kullanan bireyleri etkileyen gürültülerdir. Buralarda kendi içinde şöyle sınıflandırılabilir:

1- Ulaşım Gürültüleri (Karayolu, Demiryolu, Hava alanı)

2- Endüstri Gürültüleri (Endüstri araç, makina, işyeri gürültüsü)

3- Yapım Gürültüleri (İnşaat, yol yapımı, yıkımı... vb.)

4- Rekreasyon Gürültüleri (Eğlence yerleri, çocuk bahçesi, spor alanları, atış alanları ... vs.)

5- Ticari Amaçlı Gürültüler (Açık hava sinemaları, eğlence yerleri, reklam, müzik yayınları, sesli satıcılar...) [9]

### **c- Doğal Gürültüler**

1- Yanardağ patlamaları

2- Yağmur

3- Şimşek

4- Rüzgâr

5- Zelzeleler (Depremler)

6- Su altı gürültüleri (zelzeleden kaynaklanan)

Bazı gürültü kaynaklarının çıkardığı desibel miktarları da şöyledir; [9]

Tablo 2.2 Bazı Gürültü Kaynakları Desibel Miktarları

Gürültü Kaynağı	Üst Gürültü Seviyesi (dB)
Otomobil	75
Otobüs	85
Ağır Vasıta	80
Lokomotif( Dizel motorlu, tam güçlü, 80 km hız ile)	85
Elektrikli Tren (Tam Yüklü)	80
Zincir ve İplik Fabrikası	106,5
Kereste Fabrikası	102,5
Döküm ve Emaye Fabrikası	96,5
Makina Alet Fabrikası	99
Sigara Fabrikası	101
Gazete ve Rotatif Fabrikası	100,5
Kundura Fabrikası	104,5
Tıp Endüstri Fabrikası	98
Tekstil Fabrikası	97,7
Dokuma Tezgahı	101,5
Tarama Dairesi	99,5
İplikhane, Reither Makinası	96,5

## 2. Akustik yönden gürültü kaynakları

### a. Noktasal gürültü kaynakları

Gürültü kaynağı ile gürültüden etkilenen hassas durumdaki alıcı arasındaki mesafenin kaynağın en büyük boyutunun 2 katından büyük olduğu durumda değerlendirilen kaynak noktasal kaynak olarak ele alınmaktadır. (TS ISO 9613-2) Diğer bir deyişle, boyutları ürettiği sesin dalga boyundan çok büyük olan ve her yöne eşit olarak dağıtım yapan (küresel) kaynaklardır. Fiziksel açıdan sabit veya statik olabilirler. Bir yörede yer alan ve alıcılara yeterince uzak olan bir tek eğlence yeri bu gruba örnek verilebilir. [9]



#### b. Çizgisel gürültü kaynakları

Birden fazla noktasal kaynağın aynı doğrultu üzerinde yan yana bulunması durumu ile oluşan kaynak çizgisel kaynak olarak ele alınmaktadır. Alıcının konumu, alıcı ile kaynak arasındaki mesafe ve kaynak uzunluğuna bağlı olarak işlek bir yol, yan yana yer alan ve aynı alıcıyı etkileyen çok sayıdaki eğlence yerleri bu gruba örnek verilebilir. [9]

#### c. Alansal (düzlemsel) gürültü kaynakları

Bir düzlem üzerinde yer alan gürültü kaynakları alansal kaynak olarak ele alınmaktadır. Alıcı noktaya yakın olan bir eğlence yeri bu gruba örnek verilebilir. [9]

### 2.2.2 Gürültü kirliliği etkileri

Gürültü artık günlük hayatımızda sıkça rastladığımız ve oldukça şikayetçi olduğumuz bir durum haline gelmiştir. Gürültüye maruz kalan insanlar arasında uyku saatlerinin bozulduğu, iş verimlerinin düştüğü, birbirleri arasındaki ilişkilerin etkilendiği, psikolojik rahatsızlıklara yol açtığı, yorgunluk ve bitkinlik hislerinin oluştuğu, kalıcı veya geçici duyma kayıplarının oluştuğu şikâyetleri her geçen gün artmaktadır.

İşitme duyusunun korunabilmesi için Avustralya Standartlar Enstitüsü'nün geliştirdiği tasarıda 85 dB (A)'nın çoğunluğu etkileyeceği, belirli kişilerde ise bu etkinin 75 dB (A)'dan başlayabileceği belirtilmiştir. 85 dB (A)'nın üzerindeki gürültü düzeyleri içinde uzun süre bulunma işitme duyusu üzerinde sürekli ve onarılamayacak bir azalmaya yol açar. Ancak bu eksilmenin ne kadar süreden sonra söz konusu olduğu, atölyelerde çalışılan ve bulunulan süreler herkes için değiştiğinden dolayı, kesin olarak ortaya konulamamaktadır. Ayrıca, işitme duyusu bu şekilde olumsuz etkilenen bir insanda durumu genellikle konuşmayı işitmede zorluk çektiği ana kadar anlayamamaktadır.[10]

Gürültüye maruz kalma, gece boyunca uyku bozukluğuna beraberinde huzurun kaçmasına ve konsantrasyonu bozulmasına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre; aktif sempatik sinir sistemi, endokrinler ve metabolizma ile strese karşı vücut reaksiyonlarının kan basıncında, kalp ritim hızında ve stres altındaki hormon salgılamasında değişikliğe neden olabileceği düşünülmektedir. Genel olarak, trafik ve havaalanı gibi ulaşımdan kaynaklanan rahatsız edici gürültü kaynakları arasında demiryolu gürültüsü daha az rahatsız edici olarak bilinmektedir. Ancak demiryolu

gürültüsünün gece uykusunu bozduğu yapılan araştırmalara göre açığa çıkarılmıştır. [11]

### **2.2.2.1 Gürültü kirliliğinin fiziksel etkileri**

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkilerdir. Geçici ve kalıcı olarak iki bölümde incelenebilir. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme eşiği kayması ve duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır. Etkilenmenin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmada tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda işitme kaybı kalıcı olmaktadır. [9]

Gürültünün fiziksel ve ruhsal olarak insanlar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu olumsuz etkiler kısa ve uzun vadede fiziksel kayıplara ve rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Gürültü sebebiyle en çok karşılaşılan sorun, geçici işitme (duyma) eşiği kayması olarak tanımlanan duymada geçici kayıp yaşanmasıdır. İşitme kaybı 85 dB A gürültüye uzun süre maruz kalınması veya 140 dB A gürültüye kısa süre maruz kalınmasıyla gerçekleşmektedir. [12]

Gürültü üzerine yapılan çalışmalar göstermiştir ki, insanların iletişim kabiliyetlerine olumsuz yönde etki eden parametrelerden biri de gürültüdür. Her ne kadar bu gürültünün düzeyi işitmeyi olumsuz yönde etkileyecek düzeyde olsa da konuşma kabiliyetine de olumsuz yönde etki edebilmektedir. Yüksek gürültü düzeylerinin konuşma iletişimini bozucu olduğu, saptanmış ve konuşmacı ile dinleyici arasındaki anlaşılmasızlık gereken gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Bu durumlar aynı zamanda insanların birbirlerini yanlış anlayabilmelerine ihtimal vermiştir. Gürültünün insan üzerinde sıkıntı, gerginlik, isteksizlik yaratması da olumsuz bir etkidir. Gürültüye karşı duyulan rahatsızlık, insanların tepkisi olarak ortaya çıkar. Rahatsızlık, bazı istemeyen seslerin temelinde var olup, düzeni bozulan insan hareketlerinde gürültüye karşı sergilenen bir fizyolojik rahatsızlıktır. Gürültünün hangi özelliklerinin kişilerde daha farklı rahatsızlık hissi uyandırdığı, yapılan bazı çalışmalarla şu şekilde sıralanmıştır. Örneğin gece saatlerinde duyulan bir ses, insanı gündüz saatlerinde duyulandan daha fazla rahatsız etmektedir veya düzensiz bir yapıda olan ses özelliği, düzenli yapıya sahip olan sestene daha fazla kişileri rahatsız etmektedir. Ayrıca anlamsız olduğuna inandığımız bazı sesler, bizlerde yine rahatsızlık unsuru olma özelliğini gösterirler. Diğer bir örnek ise gürültüye neden olan ve görebildiğimiz nitelikteki gürültüler,



kaynağını göremediğimiz gürültülerden daha fazla rahatsızlık verici niteliktedir veya her zaman duyulan bir ses kaynağı, yine alışık olmadığımız bir diğer ses kaynağına göre daha fazla rahatsız edici olabilir. Yani kişiden kişiye ve ortamdan ortama duyulan sesler insanlarda farklı reaksiyonlar şeklinde görülür ve farklı rahatsızlık hissi uyandırır. [13]

#### **2.2.2.2 Gürültü kirliliğinin fizyolojik etkileri**

Bunlar insan vücudunda oluşan değişikliklerdir. Başlıca fizyolojik etkiler; kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi, solunum hızlanması, dolaşım bozuklukları ve ani reflekslerdir. [9]

İnsan vücudu, ani ve yüksek seslere karşı tepki göstermektedir. Günümüzde gürültü ile kalp hastalıkları arasındaki ilişki konusunda sürdürülen çalışmalar ve deneyler devam etmektedir. Yapılan çalışmalara göre gürültünün; yüksek kan basıncına (hipertansiyon), hızlı kalp atımına, adrenalin yükselmesine, solunumun hızlanmasına, adale gerilmesine, irkilmelere neden olabildiğini kanıtlamıştır. [12]

Gürültü, şu anda dünyamızda insanlar için en büyük stres kaynaklarından biridir. Ani oluşan sesler, kişilerin nabızlarında, nefes alış verişlerinde, kan basıncında, görme keskinliği gibi fonksiyonlarında değişimlere yol açmaktadır. Bazı durumlarda gürültü kesilince bile olumsuzluklar ortadan kalkmayabiliyor. Bunların yanı sıra uykusuzluk, gürültüden kaynaklanan en önemli sağlık problemlerinden sadece biridir. Bunlara ilave olarak gürültü kalp krizi, ülser, migren gibi yaygın hastalıklarında tetikleyici unsuru olabiliyor.

#### **2.2.2.3 Gürültü kirliliğinin psikolojik etkileri**

Çevresel gürültüler, insanı psikolojik olarak doğrudan etkilememektedir. Var olan psikolojik hastalıkları hızlandırması ve arttırması yönünden ise oldukça önemlidir. Çevresel gürültülerin olumsuz psikolojik etkileri çeşitli davranış bozukluklarına neden olmaktadır. Gürültülü ortama maruz kalma, insanlara rahatsızlık veren gerilim ve sıkıntı halini sürekli hale getirmektedir. Sonuç olarak bu maruziyet; endişe, stres, sinir bozuklukları, sıkıntı, gerilim, baş ağrıları, mide bulantısı, asabiyet, ruh hali değişimleri, sosyal çatışmalarda artış şeklinde insanlar üzerinde olumsuz psikolojik etkisini göstermektedir. Daha ağır rahatsızlıklar ise nevroz ve psikoz bunlara örnektir. [10]

Gürültünün verdiği rahatsızlıklar kişilere ve durumlara göre değişebilir. Her insan aynı şiddetteki gürültüye aynı tepkiyi göstermeyebilir. Gürültünün psikolojik etkisi, kişilerin duygusal yapısıyla yakından ilgilidir. Sürekli gerilim, sinirlilik, şüphecilik gibi durumlara neden olur. Morali etkiler ve verimi azaltır. Aniden meydana gelen gürültü insanların korkmasına ve kızgın olmasına neden olduğu gibi, insan vücudunda ani bir kas gerilmesi oluşur ve böyle bir refleksin önlenmesi mümkün değildir. Aynı zamanda fiziki dayanıklılığı da olumsuz yönde etkilediğinden vücut direncini de azaltır. Gürültü bazı durumlarda iş basamaklarını da etkilemektedir. Örneğin gürültülü ortamlarda çalışan insanlarda iş verimliliğinde düşmeler olduğu gözlemlenmiş ve bu gibi kişilerin çalışma isteklerinin daha çabuk kaybolduğu belirlenmiştir. Gürültü; sinirlilik, korku, dil dolanması, baş ağrısı, alınganlık, sebepsiz gerilimlere ve strese neden olur. Dinlenme ve uykuda aksaklık da bunlara dahildir. Gürültünün neden olduğu yorgunluk bazı çalışmalarda birçok kazalara da neden olmaktadır. Denetim yetersizliğini eleştiren psikiyatristler gürültünün insanlarda erken ölümlere yol açtığını belirterek gürültüyü daha fazla yaşayan şehir insanlarında ilk etapta iştahsızlık, uyku sorunu ve depresyonun içerdiği şehir yorgunluğu görülüyor. Birey hem mutsuz bir yaşam geçiriyor, hem de erken öldüğü belirtiliyor. [13]

#### **2.2.2.4 Gürültü kirliliğinin performansa etkisi**

Bu etkinin en başında konsantrasyon bozukluğu gelmektedir. İş veriminin düşmesi genellikle konsantrasyon bozukluğundan dolayı ilk etki konsantrasyonadır. Konsantrasyon bozukluğu işyerlerinde iş kazalarına da yol açmaktadır. Gürültünün olduğu işyerlerinde çalışanlar dikkatlerini toplayamadıkları için iş veriminde oldukça fazla düşüşler gözlemlenmektedir. Gürültünün iş verimini azaltması ve işitilen seslerin anlaşılması gibi görülen etkileridir. Konuşmanın algılanabilmesi ve anlaşılabilmesi türünden fonksiyonların engellenmesi, büyük ölçüde arka plan gürültüsünün düzeyi ile ilgilidir. Gürültünün iş verimliliği ve üretkenlik ile ilgili etkileri konusunda yapılan çalışmalar karmaşık işlerin yapıldığı ortamın sessiz, basit işlerin yapıldığı ortamların ise biraz gürültülü olması gerektirdiğini göstermiştir. Özetle ortamda belli bir iş ya da fonksiyon için belirlenen arka plan gürültüsünün fazla olması durumunda iş verimliliği düşmektedir. [9]

Evlerde, işyerlerinde ve farklı birçok organizasyonun gerçekleştirildiği yaşam alanlarında insanların gürültüye maruz bırakıldıklarında performanslarının nasıl olumsuz etkilendiği üzerine düşülmesi gereken bir durumdur.

En önemli performans etkileri şunlardır:

Karşılıklı konuşmanın etkilenmesi sonucunda dinleme ve anlama zorlukları oluşmakta ve böylece konuşma kesintiye uğramaktadır. Daha yüksek tonlarda konuşmaya sebep olarak insanların iletişim sağlaması güçleşmektedir. Telefon konuşmaları da bundan etkilenmektedir. Radyo, TV ve müzik dinleme faaliyetleri de diğer faaliyetler gibi engellenmektedir.

Okuma ve öğrenme eylemleri için dikkat gerektirici, hafıza ve kelimelerle ilgili çalışmalar gürültü nedeniyle olumsuz olarak etkilenmektedir. Arka plandaki şarkılı bir müzik, kelime hafızasını bozabilmektedir. Okul çağındaki çocukların öğrenme sağlığı ve düşünsel aktiviteleri ile çakışmayacak bir çevre gerekmektedir. Öğrencilerin çevresel gürültülerden ne derecede etkilendiğini konu edinen birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Okullarda etkilenme: Konsantrasyon bozuklukları ve öğretmenlerin bu gürültülü ortamdaki olumsuz olarak etkilenmesi şeklinde gözlemlenmektedir.[12]

Endüstri tesislerinde de performans araştırmaları yapılmaktadır. İşyeri gürültüsü azaltıldığında işin zorluğunda azalma, verimde artma ve iş kazalarında azalma tespit edilmiştir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı verilerine göre; gürültü sonucu oluşan işitme kayıplarının, meslek hastalıklarına oranı %10 olarak belirlenmiştir. Meslek hastalıklarının çoğu tedavi edilebilirken, işitme kaybının tedavisi yapılamamaktadır.[12]

Gürültünün insanların uykusuna olan etkisi özel bir çalışma durumu olup, insanlarda rahatsızlığın bir diğer önemli boyutunu ortaya koymaktadır. İnsanların çoğu ya korkutucu bir sestense yada istenmeyen aşırı bir sestense dolayı ya uykusuzluk problemi çekmekte yada uykularından uyanmaktadırlar. Bu durum da doğal olarak insanların günlük yaşamını etkilemektedir. Özellikle alışık olunmayan çevresel gürültülerin böyle bir rahatsızlık üzerinde etkisi büyüktür. Ayrıca alışık olmadığımız ve istenmeyen gürültülerin sahip olduğu seslerin frekans özelliği insanlarda gürültüden kaynaklanan uykusuzluğun belli başlı nedeni olarak bilinmektedir. Mesela kapalı bir ortamda herhangi bir konuşmanın dinleyiciye ulaşması hedefleniyorsa, bu tür ortamlarda mevcut olan gürültünün düzeyi ne değerde olursa olsun hedeflenen amaç için mutlak bir

girişimden söz etmek mümkündür. Bu tür durumlarda hem konuşulananın anlaşılmasını hem de konuşmacının performansı üzerinde, o ortamda bulunan gürültü düzeyini olumsuz bir etkisinin olduğunu söylemek mümkün olacaktır. İnsanların hareketleri oldukça komplike bir yapıda olduğundan, hangi düzeyde gürültü seviyesinin hangi insanlarda ne kadar düzeyde bir olumsuz etki oluşturduğunu belirlemek oldukça güçtür. [10]

Tablo 2.3 Derecelerine Göre Desibel Aralıkları ve Etkileri [9]

Gürültü Derecesi	Etkilenme Aralığı (dB)	Sağlık Üzerine Etkileri
1. Derecede Gürültüler	30-65	Konforsuzluk, rahatsızlık, kızgınlık, öfke, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu
2. Derecede Gürültüler	65-90	Fizyolojik reaksiyonlar; kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3. Derecede Gürültüler	90-120	Fizyolojik reaksiyonlar ve baş ağrıları
4. Derecede Gürültüler	120-140	İç kulakta devamlı hasar ve dengenin bozulması
5. Derecede Gürültüler	>140	Ciddi beyin tahribatı ve kulak zarının patlaması

### 2.2.3 Gürültünün ölçümü

Gürültü ölçümleri öncesinde gürültünün hangi amaçla, ne şekilde, ne kadar süre ile değerlendirileceği, değerlendirme zaman dilimi konularında bir planlamanın yapılması büyük kolaylıklar sağlayabilmektedir.

Gürültü ölçüm amaçları şöyledir;

- Gelen bir şikâyeti değerlendirme
- Yasalara uygunluğu denetleme
- Maruz kalan kişi sayısını belirleme
- Araştırmalar
- Kalibrasyon doğrulama
- Arazi kullanım planlaması veya Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)
- Gürültü haritalama
- Önlemlerin etkinliğini değerlendirme kapsamında yapılmaktadır.

Yukarıda ifade edilen amaçlara bağlı olarak gürültü ölçüm ekipmanı, ekibi, ölçüm süreleri, ölçüm noktaları ve zaman dilimleri hakkında düzenleme ve ayarlamalar değişim gösterebilir. [9]

Gürültü ölçme işleminde dikkat edilecek unsurlar ise şöyledir;

- Ölçüm yapmadan önce, ölçüm yapılacak ortamdaki gürültü kaynakları, yansıtıcı yüzeyler ve ölçüm konumu bir kroki üzerine işlenmelidir.
- Ölçüm donanım öğelerinin marka, tip ve seri numaraları kayıt edilmelidir. Ayrıca, kullanılan mikrofonun ölçüm özellikleri ya da karakteristiği bilinmelidir.
- Ses düzeyi ölçer, ölçüm yapan kişiden kol boyu uzaklıkta hareket ettirilmeden tutulmalıdır. Böylelikle ölçülen ses alanına vücudun etkisi en az düzeyde tutulmuş olacaktır.
- Mikrofon yerden 1,5 metre yüksekte yansıtıcı yüzeylerden uzakta bulunmalıdır.

## **2.2.4 Gürültünün çevredeki işlevi**

### **2.2.4.1 Gürültünün çevrede yayılması**

Gürültünün şiddeti mesafe ile ters-kare ilişkisi içindedir. Yayılırken mesafe arttıkça şiddeti azalmaktadır. Buna şiddeti azaltan faktörlerin başında ise yayıldığı ortam gelir. Buna göre, hava şartları ve sıcaklığın etkisiyle, atmosferin farklı katmanlarındaki yoğunluklar ve çeşitli hava akımları gürültünün yayılmasını etkiler. Havanın viskozitesi arttıkça gürültünün frekansında düşme meydana gelir ve hatta yayılma yönünü de değiştirebilir. [14]

#### **2.2.4.2 Gürültünün çevrede sönümlenmesi**

Gürültünün meydana geldiği ortamlarda bulunan diğer maddeler, ses dalgalarının yayılması, yansması ya da yutulması bakımından önemlidir. Bazen yeryüzündeki tabii engellerden olan bitki örtüsü, tepeler ve hava akımları gibi etkiler gürültüyü önemli derecede azaltır. Bu azaltma oranı yüksek frekanslı gürültü dalgalarında daha da etkilidir. Aynı zamanda bu engellerin büyüklüğü ya da yüzey pürüzlülükleri de önemlidir. Mesela küçük çimenlerin meydana getirdiği azaltma etkisi küçük olacaktır. Ancak yüksek çayırların veya mısır bitkilerinin etkisiyle gürültü şiddeti 100 metrede 20 dB azalacak kadar sönümlenebilir. [14]

#### **2.2.5 Gürültü haritalama**

Gürültü haritalaması, bir bölgede yaşayan nüfusun gürültüden dolayı ne kadar rahatsız olduğunun belirlenmesi ve bu nüfusun maruz kaldığı çevresel gürültünün değerlendirilmesidir. Bunun için, çeşitli gürültü kaynaklarından (araba trafiği, raylı trafik, havaalanları, sanayi) doğan gürültü yükünü gösteren gürültü haritaları hazırlanır. Gürültü haritalarında bir yıl boyunca tüm gün (Lden) ve gece (Lnight) için ortalaması alınan yük değerleri gösterilmektedir. Ayrıca, gürültü haritaları ile kaç vatandaşın belli ses değerleriyle rahatsız edildiği belirlenmektedir. Gürültü haritalanmasının ve bunun üzerine oluşturulan gürültü eylem planlamasının hedefi, çevre gürültüsünden dolayı önemli ölçüde etkilenmiş sahaları ayırt etmek ve buralarda uygun önlemler almaktır.

Türkiye genelinde gürültü sorununun belirlenmesi ve gerekli kontrol tedbirlerinin alınabilmesi için gürültü haritalarının ve harita sonuçlarına göre eylem planlarının hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, bir yandan, gürültü haritalaması yapılacak alanın Coğrafik Bilgi Sistemi (CBS) verileri (coğrafi veriler, bina verileri, arazi verileri, gürültü kaynaklarının konumu, binaların konumu, binaların yüksekliği, ikamet edenlerin sayısı, binaların kullanımı vb.) diğer yandan da gürültü emisyon verileri (örneğin, otomobil, tren veya uçak sayısı ve tipi; ulaşım araçlarının hızı; karayollarının ve demiryolu hatlarının özellikleri; sanayi tesislerinin veya bunların bölümlerinin ses gücü seviyeleri) tespit edilmelidir. Bu verilere dayanılarak, gürültü maruziyeti, mevzuatlarda belirtilmiş olan hesaplama metotları ile hesaplanır. Bu hesaplama farklı yazılım üreticileri tarafından geliştirilen özel yazılımlarla da yapılmaktadır. [9]

Gürültü haritalarının oluşturulma amacı insanların yıl içerisinde işitmek zorunda kaldığı gürültü emisyonlarını harita üzerinde renklerle derecelendirmektir. Gürültü haritalarının oluşturulmasında ve incelenip yorumlanmasında en önemli iki amaç vardır. Birincisi sürekli olarak aşırı gürültüye maruz kalan alanların belirlenmesi ve insanların bu alanlardan nasıl etkilendiğinin gözlemlenmesi, ikinci amaç ise gürültüye maruz kalan alanlara yönelik eylem planlarının hazırlanıp, derhal hayata geçirilerek hem şuan ki durumu kontrol altına almak hem de gelecek dönemlere teşvik edici örnek bir çalışma çıkarmaktır.

### **2.2.6 Gürültü kontrolü**

Günümüzde endüstriyel işletmelerde bulunan makinalardan, iş yerlerinin yakınında bulunan trafik akışından, yerleşim yerlerinin yakınında bulunan şantiyelerden oldukça fazla gürültü oluşmaktadır. Oluşan bu gürültü bölge sakinlerini, çalışanları hem biyolojik hem de psikolojik olarak ciddi şekilde etkilemektedir. Makinalardan, trafikten veya iş makinalarından kaynaklanan bu gürültünün önüne geçmek neredeyse imkansızdır. Gürültünün tamamen durdurulması söz konusu olmadığı için oluşan gürültünün kontrolü hedef gösterilmiş ve bu konu üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Genellikle gürültünün kontrolü için belirlenen hedefler maliyet ve teknik ekipman gerektirdiği için kurum ve kuruluşlar bu çalışmalara pek sıcak bakmamaktadır. Bu olumsuzluk gürültünün olduğu yerdeki çalışanlarda performans düşüklüğüne, bölgede yaşayan insanlar için psikolojik rahatsızlıklara yol açmaktadır.

Gürültünün kontrolü için 3 ana yöntem belirlenmiştir;

#### **1. Gürültüyü kaynaktan kontrol altına almak**

#### **2. Gürültüyü kaynakla alıcı arasındaki alanda kontrol altına almak**

#### **3. Gürültüyü maruz kalan kişide kontrol altına almak**

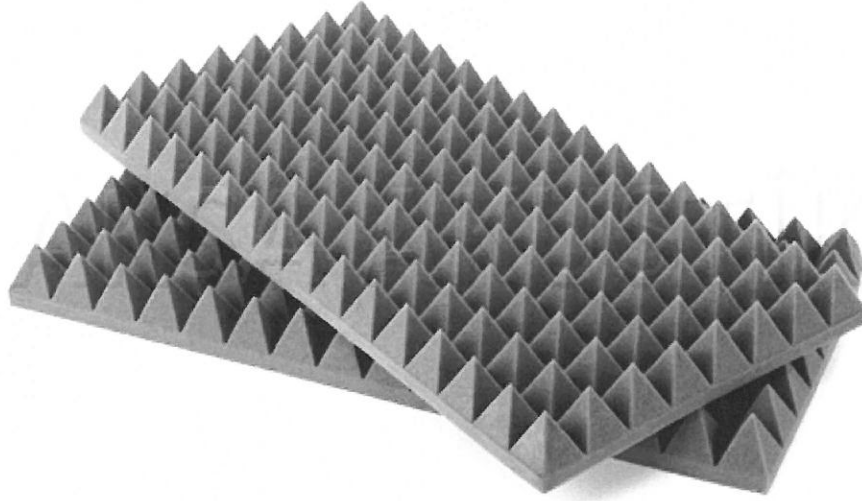
##### **1. Gürültüyü kaynaktan kontrol altına almak**

Gürültünün olduğu alandan dışarı yayılmasını önleme işlemidir. En verimli ve en çok kullanılan yöntem budur. Bu yöntemin ilkeleri şöyledir;

- Titreşim yalıtımı (kauçuk malzeme ile kaplanması)



- Titreşim sönümlenmesi (kauçuk malzeme ile kaplanması)
- Susturucu kullanılması
- Kaynağın yerinin değiştirilmesi
- İşletme şartlarının değiştirilmesi
- Daha sessiz olan işlemlerin seçilmesi
- Planlı ve bakımlı gürültü kontrolü
- Gürültü kaynağının örtülmesi (Kaynağın ses yalıtımlı ve yutucu malzeme ile kaplanması)



Resim 2.3 Duvar ve Tavan Ses Yalıtım Malzemesi

## 2.Gürültüyü kaynakla alıcı arasında kontrol altına almak

Gürültü kaynağının bulunduğu noktanın ses yalıtım malzemesi ile kaplanması en önemli yöntemdir. Bununla birlikte bulunduğu yapılarda ses engelleyici bariyerler ve duvarlar da uygulanabilir. Alanın müsaitliğine göre ise kaynaktan oluşan gürültünün yayılma yönü belirlenerek doğru bir şekilde konumlandırılmalıdır.





Resim 2.4 Ses Bariyer Sistemi

### 3. Gürültüyü maruz kalan kişide kontrol altına almak

Gürültünün kontrol altına alınması işlemlerinde son çare olarak bu yöntem kullanılır. Kaynaktan oluşan gürültü bireye ulaşana kadar diğer yöntemler etkili olmadığında bu yönetime başvurulmaktadır. Bu yöntemin uygulanması ise şöyledir;

- Gürültüye maruz kalan kişinin o noktadan uzaklaştırılması
- İdari yöntemlerle gürültü kontrolü
- Gürültüye maruz kalma süresinin kısaltılması
- Gürültüye maruz kalınan noktalarda vardiyalı çalışma
- Kişisel gürültü önleyici teçhizatların kullanılması

Bu tür maruz kalma işlemleri genellikle eğlence merkezleri yakınındaki yerleşim yerlerinde olur. Bu noktalardan kaynaklanan gürültünün kontrolü genellikle idari yaptırımlarla önlenmektedir.

#### **2.2.7 Yönetmelikte gürültü kirliliği ve önlemleri**

Gelişmekte olan ülkelerde aşırı nüfus artışıyla gürültü kirliliği de artmaktadır. Artık devletler insanların refah düzeylerini iyileştirici kuralları ve düzenlemeleri

yasalaştırmaya başlamıştır. Gürültü kirliliği de bunlardan sadece biridir. Özellikle yeni yapılacak olan binalarda hem ısı hem de ses yalıtımına önem verilmeye başlanmıştır.

31 Mayıs 2017 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik"te, yeni kurulacak olan her türlü yapı, bina, tesis, ve işletmenin, hem kurulum aşamasında hem de işletim aşamasında gürültüye maruz kalma risklerinin ve bu risklerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Yönetmeliğin kapsamı ise detaylı bir şekilde şöyledir; "Bu Yönetmelik; belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışında kalan yerlerde inşa edilecek resmi ve özel her türlü yapı, bina, tesis ile işletmelerde iç mekanlarda insanların maruz kaldığı ulaşım, sanayi, yapım ve insan kaynaklı gürültüler gibi dış çevre gürültülerinin ve yapı içinde oluşan komşuluk gürültüleri, darbe sesleri, mekanik sistem ve servis ekipmanlarının gürültüleri ile cihazlardan yayılan mekanik titreşimlerin kontrol altına alınmasına yönelik önlemlere ilişkin temel kuralları kapsar."

Yayınlanan bu yönetmelikte yapılarda kullanılması gereken yapı elemanları, malzemeler ve bileşenleri yönetmeliğin ikinci bölümünde açıkça belirtilmiştir. Bu yönetmeliğin daha kapsamlı bir hali ise 04.06.2010 yılında yayınlanan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"dir. Bu yönetmelikte amaçlar, kapsamlar, dayanaklar, ülke genelindeki tüm yetkili merciler ve sorumlulukları, istenilen eşik değerler, uyulması gereken şartlar, uygulanması gereken şartlar, cezai işlemler, yaptırımlar, haritalandırma işlemleri, eylem planları en ince ayrıntısına kadar incelenip belirtilmiştir.

Gürültü ile ilgili diğer mevzuat ve kanunlar şöyledir;

- Jandarma Teşkilat, Görev Ve Yetkileri Yönetmeliği madde 21 (b)
- 765 sayılı Türk Ceza Kanunu, 1926; 546. maddesi
- 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu
- 2872 sayılı Çevre Kanunu (11.08.1983)
- Gürültü Kontrol Yönetmeliği ( 04.06.2010)
- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2005-2008-2009-2010)
- Kabahatler Kanunu (2005) 36. 37. 38. ve 41. maddeleri

- Karayolları Trafik Kanunu (1983) 30. maddesi
- 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu (2004) 183. maddesi
- Akustik başlığı altında yer alan Türk Standartları
- İş Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü (1973) 12. 22. 78. maddeleridir.

### 2.2.8 Dünya'da gürültü önleme çalışmaları

**ABD (Amerika Birleşik Devletleri):** Yıl içerisinde 60 milyondan fazla turistin girip çıktığı ABD'de eğlence merkezlerinden kaynaklanan gürültü oldukça rahatsız edici seviyelere ulaşmıştır. ABD'de yönetimi eyaletlere ayrıldığından dolayı her eyaletin kendi yönetmelikleri ve cezaları bulunmaktadır. Özellikle New York şehrinde günün her saati kalabalığın bulunması bu şehirde yasaların uygulanmasını daha zor hale getirmektedir. Türkiye'de 2017 yılında yürürlüğe giren "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği" uzun yıllardır ABD'de uygulanmaktadır.

**Almanya:** Almanya sanayi sektöründe kompetan olarak bilinmektedir. Bu sektörden kaynaklanan gürültünün farkında olan Almanya hükümeti çalışanlarının refahı için hiç bir uygulamadan kaçınmamıştır. Ses yalıtımına en çok önem veren ülkelerden birisidir. Hükümet eğlence mekanlarından kaynaklı gürültüden vatandaşlarının etkilenmesi önlemek için de bu noktaları olabildiğince şehir dışında kurduurmaktadır.

Ayrıca yasalarında da günün belirli saatlerinde gürültü kısıtlama yasaları bulunmaktadır.

**Fransa:** Yine Fransa'da yılın her dönemi turistik ziyaretin olduğu ülkeler arasındadır. Fransa'da da ziyaretçilerin eğlence amaçlı oluşturdukları gürültü oldukça yüksek seviyelerdedir. Fransa'da yasaların uygulanması ise şöyledir; yasalar doğrultusunda belirlenen sınır değerlerin aşılması durumunda işletmelere para cezası uygulanması, bir kez daha yasaların ihlali durumunda cezanın 5 katının kesilmesi, cihazlara el konulması veya hapis cezasına çarptırılma bulunmaktadır.

**Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti:** En büyük gelir kaynağı eğlence olan bu ülkede gürültüyü önlemeyi amaçlayan çok detaylı yasalar bulunmaktadır. Ülkenin Çevre Yasasında açık hava eğlence merkezleri ve diğer koşullar göz önünde bulundurularak hafta içi saat 03:00, hafta sonu ise (Cuma - Cumartesi) saat 05:00'e kadar eğlencelere izin verilmektedir.

### 2.2.9 Diğer çalışmalar

Ülkemizde gürültü kirliliği üzerine yapılmış bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Kalıpcı (2017), Nevşehir Avanos ilçesinde trafik kaynaklı gürültü kirliliğinin mekansal analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmasında 24 ayrı ölçüm istasyonu belirlemiş ve bu noktalarda ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Avanos bölgesinde turizm sektörü kaynaklı karayolları taşımacılığını da göz önünde bulundurmıştır. Ayrıca ilçedeki cadde ve sokakların durumuna da değinilmiştir. Son olarak bölgenin gürültü haritasını çıkarmış ve alınması gereken önlemleri belirtmiştir. Ölçümleri gerçekleştirdiği 9 noktada gürültü şiddetini 80-95 dBA aralığında olduğunu ispatlamıştır. Bu doğrultuda, gerçekleştirmiş olduğumuz çalışma Nevşehir ili Avanos ilçesindeki bu 9 noktada uygulanabilir. Özellikle konutlarda yapı içi veya yapı dışı malzeme olarak kullanımı 23,5 dBA'lık bir ses engelleyiciliği sağlayacaktır. Böyle bir uygulamanın hayata geçirilmesi ciddi rahatsızlıklara yol açan ses değerlerini azaltacak ve insanların bu rahatsız edici seslere maruz kalmalarını ortadan kaldıracaktır. Gürültü değerlerinin daha düşük seviyelerde olduğu noktalarda da malzememizin veriminden yararlanılabilir. Geriye kalan 13 ölçüm noktasında malzememizin kullanımı neredeyse oluşan gürültüyü tamamen ortadan kaldıracaktır.[22]

Soylu ve Gökkuş (2016), yaptıkları çalışmada endüstriyel kaynaklı gürültü kirliliğini araştırmış ve bir tekstil fabrikasında uygulama gerçekleştirmiştir. Çalışmalarında Kayseri'de bulunan bir tekstil fabrikasını tercih etmiş ve fabrikada en çok gürültünün maruz kalındığı noktalarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile öneriler sunmuşlar ve işçi sağlığının bu kirlilikten nasıl etkilendiğinin ortaya koymuşlardır. Çalışmanın gerçekleştirildiği tekstil fabrikasında çalışanlar, ölçümün yapıldığı alanlarda ortalama 93,5 dB (A), 94,4 dB (A), 73,4 dB (A) ve 75,3 dB (A)'lık bir gürültüye maruz kalmaktadırlar. Dokuma ünitesinde oluşan bu ses değerleri çalışanları ciddi boyutlarda etkilemektedir. Bu üniteye bulunan makinaların etrafları bir yalıtım malzemesi ile kaplanmalıdır. Geliştirmiş olduğumuz ürünün böyle bir yapı malzemesi olarak kullanımı mümkündür. Malzememizle engellemiş olduğumuz 23,5 dB (A)'lık gürültü değeri bu dokuma ünitesinde oldukça yararlı olacaktır. Belirtilmiş olan ortalama değerlerin her birinden 23,5 dB (A)'lık bir ses değerinin düşürülmesi bu alanda çalışan işçilerin sağlığı için olumlu etkiler oluşturacaktır.[23]

Bulunuz ve Tuncal (2017), akustik iyileştirmenin uygulandığı bir okulda gürültü düzeyini değerlendirmiştir. Okul içerisinde ve dışarısında yaptıkları ölçümler ile akustik iyileştirme yapılmadan önceki ölçümler karşılaştırılmıştır. Yine okul içerisinde ders ve tenefüs vakitlerinde ölçümler gerçekleştirerek öğrenci ve öğretmenlerin akustik iyileştirme konusundaki yorumlarını değerlendirmiştir. Ölçümün yapıldığı okulda akustik iyileştirme için taş yünü kullanılmıştır. Taş yünü ile 4 farklı zamanda gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarına göre maksimum 6,59 dB (A)'lık bir ses engellenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği bu okulda geliştirmiş olduğumuz ürünün uygulanması uygun gözükmektedir. Ürünümüz taş yününe kıyasla neredeyse 3,5 kat daha fazla sesi engelleyici özelliktedir. Ölçümün gerçekleştirildiği okulda ortalama 76,14 dB (A)'lık bir gürültü oluşmaktadır. Ürünümüzün kullanımı bu değerleri yaklaşık olarak 50 dB (A)'lık seviyelere çekecektir.[24]

Şahin ve Bağcı (2014), Sinop şehri ve yakın çevresindeki bazı okullarda gürültü kirliliğini değerlendirmişlerdir. 2012 yılında gerçekleştirdikleri bu çalışmada eğitim-öğretimin devam ettiği sırada iç mekanın gürültü ölçümü yapılmıştır. Sonuçlar mekanların dolu ve boş haldeyken iki şekilde elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Mekanların ana caddeye yakınlıkları ve binanın yapısının da sonuçlara etki ettiği belirtilmiştir. Ölçümün gerçekleştirildiği bu okullarda oluşan gürültünün ortalama değerleri 80-95 dB (A) arasında değişmektedir. Okulların içinde ve dışında geliştirmiş olduğumuz ürünün uygulanması bu değerleri, 23,5 dB (A)'lık kadar aşağı çekecektir. Bu sayede maruz kalınan ses değerleri düşürülerek öğrencilerin ders verimi öğretmenlerin ise bilgi aktarım verimleri olumlu yönde etkilenecektir.[25]

### **2.3 Pomzanın Tanımı**

Ülkemizde Bims olarak bilinen pomza taşının birçok ülkede kullanımı farklıdır. İngilizce'de (iri taneli olanına) Pumice (ince taneli olana) Pumicite, Almanca'da (iri taneli olana) Bims (ince taneli olana) Bimstein ve Fransızca'da Ponce olarak hitap edilmektedir. Pomza ülkemizde uzun yıllardır varlığını sürdürüyor ancak kullanım yerlerinden dolayı çok fazla gün yüzüne çıkmış bir ürün değildir. Pomza ülkemizde daha çok topuk taşı, sünger taşı, nasır taşı, hısır taşı olarak bilinir.

Pomzanın volkanik faaliyetlerin gerçekleştiği her noktada bulunması olasıdır. Volkanik faaliyetler sırasında kayalardaki ani ısınma ve ani soğuma işlemi kayaların



gözenekleri arasında sayısızca hava boşlukları oluşturmuştur. Dayanıklı yapısının özelliği ise bölgenin kayaç yapısı ile ilişkilendirilmektedir. Pomza ısıya oldukça dayanıklıdır. 760 °C'nın altında pomzada hiçbir değişiklik olmamaktadır.

Pomzanın kullanımı aslında çok uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. İlk olarak Yunanlılar pomzadan yararlanmış ardından Romalılar tarafından da kullanılmıştır. Çok eski Yunan yapılarının çoğunda pomza ürünü ile karşılaşmaktadır. Romalılar ise duvar yapılarında, su kanallarında ve daha çok anıtsal yapılarında pomza ürünü tercih etmişlerdir. A.B.D pomza ile ilk olarak California'da 1851 yılında tanıştı. 1963 yılına kadar A.B.D.'de pomza endüstrisi çok ileriye gitti. A.B.D. gibi Almanya'da pomza ile çok uzun yıllar önce tanıştı. Almanya II. Dünya Savaşı öncesi pomza sayesinde çok büyük gelir elde etmiştir.

Son 40 yılda inşaat sektöründe görülen artış, kullanılan ürünlerde de değişime gidilmesini sağlamıştır. Çok hızlı büyüyen ve çok önem verilmesi gereken bu sektörde yapı malzemelerinin teknik özellikleri ön plana çıkmaya başlamıştır. Sektörde artık ucuz yapı malzemelerinin yerini daha kaliteli, daha dayanıklı, ısıyı tutucu, sesi engelleyici malzemeler almıştır. Pomza malzemesine yapılan teknik analizler sonucu ürünün sertliği ile dayanıklılığı, boşluklu yapısı ile ısı tutuculuğu ve ses önleyici özelliği ilişkilendirilmiştir. Bu özellikler de ürünün tercih edilebilirliğini arttırmıştır.

Pomzanın en önemli özelliklerinden birisi de kolay işlenebilirliğidir. Bu özelliği sayesinde inşaat sektörü haricinde birçok endüstride kullanılmaktadır. Son yıllarda tekstil endüstrisinde, tarım endüstrisinde ve kimya endüstrisinde en çok tercih edilen ürünler arasına girmiştir. Ürünün doğal olması ve herhangi bir kimyasal ürün içermemesi insan sağlığını doğrudan etkileyecek olan endüstrilerde tercih edilebilirliğini arttırmaktadır. Pomza kullanımının artması ürünün tanıtımını ve bu madencilğe olan ilginin artmasını sağlayacaktır.

Volkanik faaliyetlerin gerçekleşmesi ile iki çeşit pomza türü ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki bazik pomzadır. Bu ürün yer yüzünde çok fazla yaygın değildir. Rengi koyu ve birim hacmi oldukça fazladır. Diğer pomza türü ise asidik pomzadır. Bu ürünün oluşumu bazik pomzaya göre daha kolaydır ve birim hacmi bazik pomzaya göre daha düşüktür. Yapısındaki silisyum, potasyum ve sodyum nedeniyle rengi kirli beyazdır.

Gözenekleri oldukça fazla olan bu ürün yapısından dolayı hem ısı hemde ses geçirgenliğini engellemektedir.

### 2.3.1 Pomzanın oluşumu ve maden yatakları

Pomza oluşumunun en kısa açıklaması volkanik patlamalar neticesinde etrafa yayılan sıcak parçacıkların ani soğumasıyla pomza kayaçlarını oluşturmasıdır. Pomzanın iki çeşidi vardır; 1) asidik pomza, 2) bazik pomzadır. Oluşan pomzanın bu şekilde farklı özelliklere bürünmesi olduğu bölgedeki kayaç yapısıyla alakalıdır. Yaygın olarak bilinen pomzanın içeriği %75 SiO<sub>2</sub> içermektedir. Pomza oluşumunu daha kapsamlı incelemek için önce kayaç yapısına detaylı bir laboratuvar çalışması uygulanmalıdır. Çünkü pomzanın oluşum şekli, kayaç yapısını etkilemekte ve kullanım alanlarında farklılık göstermektedir. Ayrıca pomzanın olduğu noktadaki toprak yapısı da hem fiziksel-kimyasal hem de kayaç yapısındaki özellikleri etkilemektedir. İncelenen bazı kayaçlarda farklı sınıflandırmalara gidilmiştir. Bu sınıflandırma şöyledir;

- Kimyasal sınıflandırma
- Dokusal sınıflandırma
- Renk indisine göre sınıflandırma
- Feldspat indisine göre sınıflandırma
- Mineralojik sınıflandırma
- Doğada bulunan şekillerine göre sınıflandırma

Bu sınıflandırmadaki amaç pomza oluşum şekillerini tahmin etmek ve olduğu bölgenin tahminini yaparak kayaç yapısının özelliklerini belirlemenin kolaylaştırılmasıdır. Örneğin renk indisine göre sınıflandırmada pomzanın hangi bölgede oluştuğunun tahmini yapılır. Ayrıca oluşan pomzanın asidik mi yoksa bazik mi olduğu tahmini yapılır. Nevşehir ve çevresinde bulunan pomza rezervleri kirli beyaz rengindedir. Bu renk bölgedeki pomza rezervlerinin asidik pomza olduğunun göstergesidir. Ülkemizde pomza rezervine sahip diğer bir bölge ise Bitlis'dir. Buradaki pomzaların rengi ise genellikle koyu kahve ve siyahımsıdır. Bu renk belirtisi ise bölgedeki pomzanın bazik özellikli olduğunun göstergesidir. Pomza sadece bu iki özelliği ile bile oluşumunun farklı şekillerde ve süreçlerde olduğunu göstermektedir.

Pomza oluşumunu açıklarken genellikle etüt çalışmaları sonucunda kimyasal sınıflandırma tercih edilmektedir. Çünkü bu sınıflandırmadaki amaç pomzanın kimyasal özelliklerini incelemektir. Kayaca uygulanan kimyasal yöntemler pomzanın oluşumunu, magma özelliklerini, sertliği, esnekliğini ve hatta bünyesindeki yapı taşlarını bile bizlere en net şekilde sunmaktadır.

Bir pomza kayacına detaylı kimyasal analizler uygulanarak kayacın elementleri gün yüzüne çıkartılabilir. Ayrıca çeşitli oksitlerle yapmış olduğu birleşimleri % cinsinden karşımıza koyar. Örneğin bir pomza incelendiğinde içerisinde çoğunlukla  $\text{SiO}_2$  ile karşılaşmaktadır. Bunun yanı sıra diğer oksitlerinde yapısı ise şöyledir;  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ 'dur.

Dünya'nın çok farklı yerlerinde oluşumu gözlenen pomzaların tümünde kimyasal içeriği %75'lere dayanan Si (silis) elementiyle karşılaşmaktadır. Pomzanın asıl yapısını oluşturan bu element kendi içerisinde sınıflandırmaya yol açmıştır. Yüzde miktarları ile sınıflandırılması pomza oluşumunun nasıl gerçekleştiği sorusuna verilen cevabı kolaylaştırmaktadır. Birçok araştırmacıda çalışmalarında pomzanın bu özelliği ile karşılaşmış ve sınıflandırarak pomzanın kendi içerisindeki farklılıklarını ortaya koymuştur. %  $\text{SiO}_2$  değerlerine göre pomza kayacı oluşumu şu şekilde sınıflandırılabilir;

- % 45-52  $\text{SiO}_2$  içeriği olanlar, bazik pomza,
- % 52-66  $\text{SiO}_2$  içeriği olanlar, nötr,
- % 66->  $\text{SiO}_2$  içeriği olanlar, asidik pomza olarak sınıflandırılmaktadır.

Dünya'da mevcut durumda bulunan pomzaların diğer yüzdesel element değerleri ise şu şekildedir;

- % 55-75  $\text{SiO}_2$
- % 13-17  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- % 7-8  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{Na}_2\text{O}$
- % 1-2  $\text{CaO}$
- %1-3  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Çok az miktarda ise  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{SO}_3$  içermektedir.



Pomzanın içerdği bu elementlerin her birinin kendine has özellikleri bulunmaktadır ve pomzaya farklı özellikler ve nitelikler katmaktadır. Örneğin  $Al_2O_3$  bileşiği pomzanın ateşe ve ısıya dayanıklılığını arttırmaktadır.  $SiO_2$  bileşiği pomzaya temas ettiği yüzeyi aşındırma özelliğini katmıştır.  $Na_2O$  ve  $K_2O$  bileşiği tekstil sanayisinde reaksiyona girebilen mineral özelliğini ortaya çıkarmaktadır.

Volkanik faaliyetlerde magmanın asidik ve bazik özellikleri ortaya çıkmaktadır. Pomzanın oluşumunda asidik magma ön plana çıkmaktadır. Asidik magma bazik magmaya göre daha katı halde bulunur. Bunun nedeni ise içeriğindeki silis miktarının bazik magmaya göre daha fazla olmasıdır. İçeriğindeki silis sayesinde bazik magmanın sıvı olduğu sıcaklık değerinde asidik magma katı haldedir. Magmanın soğuyup volkanik faaliyetlerin durması sonucunda magma tabakasında asidik kayaç kütleleri kendilerine yer edinmeye başlarlar. Kütlelerin artmasıyla tabakadaki basınç değerleri yükselir ve bir volkanik patlama meydana gelir. Bu patlama ile magma tabakasındaki asidik parçacıklar ve erimiş bulunan gazlar bacadan püskürtülerek rüzgar vasıtasıyla çevreye yayılmaya başlar. Püskürtülen parçacıklar ve gazlar ani basınç ve ısı değişimi ile ani genişlemeye uğrarlar. Yüksek sıcaklık ile püskürtülen parçacıklar hızla soğurlar ve yere pomza kayacı olarak düşerler. Bu şekil gerçekleşen volkanik faaliyetlerin sonucunda çevresindeki bölgelerde bir krater gölü oluşumu gözlemlenebilmektedir. Pomzanın bu şekilde oluşumunu kontrol eden bazı etmenler ise şöyledir;

- Püskürtme süresi
- Ara süreler
- Magmanın ısısı
- Magmadaki erimiş gaz miktarı
- Püsküren malzemenin soğuma zamanı

Bu etmenler hem magma tabakasında hem püskürtülen parçacıkların pomza oluşumunda önemli rol oynamıştır. Püskürtme süresindeki farklılık ile magmanın ısısı birbirleri ile ters orantılıdır. Yüksek magma sıcaklığı magma tabakasındaki pomza oluşumunu geciktirecektir. Bu gecikme ise magma tabakasındaki basıncın stabil kalmasını sağlayacak ve püskürtmeye olanak tanımayacaktır. Fakat magma ısının düşük olması magma tabakasında oluşan pomza kütlelerinin miktarını arttıracak ve aynı oranda basıncıda yükseltecektir. Basıncın yükselmesi ile de püskürtme süresi uzayacaktır.

Bu oluşan pomza parçaları, volkan bacalarının yakınından itibaren uzaklara doğru hava akımının etkisiyle eski yüzey şekline uygun olarak depolanır. Bu durumdaki pomza yatakları oluşmuş olup, bu yataklar zamanla akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda depolanabilir. Bu şekilde oluşan yataklar içinde % 1-3 oranında andezit, traki-andezit, bazalt, obsidiyen gibi volkanik kayaç parçaları bulunur. İkincil durumda oluşan pomza yataklarında ise yabancı maddelere daha fazla rastlanmaktadır. [15]

Pomza taşınma mekaniği basitleştirilmiş olarak 3 ana grupta ele alınabilmektedir.

- Düşme ile yığılma (buluttan çökme)
- Fırlatma ile yığılma
- Akma ile yığılma

Düşme ile yığılmada sınıflandırma iyi bir değişim sergilemekte, tane büyüklükleri de dar aralıklarda kalmaktadır. Pomza oluşum tabaka kalınlıkları çok ince olup santimetre (cm) mertebeleri ile simgelenmektedir. Ayrıca tabaka kalınlıkları tepelerde ve düzlüklerde aynı kalınlığı göstermektedir. Fırlatma ile yığılma şeklinde oluşmuş pomza oluşumlarında ise bazen düzgün ve yer yer birbiri içine itilmiş tabakalar ve arada bazaltik kayaç sokulumları ve patlama-çarpmanın etkisi ile yapıda parçalanma ve sıkışma görülür. Akma ile yığılma şeklinde oluşmuş pomza yataklarında ise genel olarak masif strüktür, tabakalardan yoğun kötü bir ayrışma ve boyut sınıflandırılması yok denilecek kadar az bir olgu izlenebilmektedir. Bu oluşumun en açık göstergesi ise gang minerallerinin alt katmanda kaldığı pomzanın ise serbest halde üst katmanda yer almasıdır. Pomzanın tane çapı çoğunlukla 5 cm'den küçük olup bazen 10 cm' ye kadar ulaşan pomza parçacıklarına rastlanmıştır. [16]

### **2.3.2 Pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri**

Pomzanın oluşum şekli, coğrafik koşulları, iklim şartları, kayaç yapısı ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumlu ya da olumsuz şekilde etkilemektedir. Bunun en iyi örneği ülkemizde bulunan pomzanın Bitlis bölgesinde farklı Nevşehir bölgesinde farklı özelliklere sahip olmasıyla açıklanabilir. Bu iki bölgedeki pomza türleri en basit şekilde renk faktörüyle farklılık göstermektedir. Nevşehir bölgesinde oluşan pomza kirli beyaz rengindeyken Bitlis bölgesindeki pomzanın rengi kahverengi veya siyahtır. Kısaca farklı bölgelerde oluşan pomzanın kimyasal özelliklerine değinecek olursak; bünyesinde

bulundurdukları elementlerin yüzde değerleri birbirlerinden farklıdır. İçerdikleri elementlerin yüzde değerleri aynı zamanda fiziksel özellikleri ile doğru orantılıdır. Örneğin Silisyum elementinin daha yoğun rastlandığı pomzaların sertlik özellikleri de daha yüksektir.

Pomza yapısında binlerce boşluk içeren, hafif, suya dayanımı yüksek, yüksek oranlarda izolasyon özelliği olan bir kayadır. Sertliği Mohs ölçeğine göre ortalama 5-6'dır. Bu değer pomzanın oluşum yerine göre farklılık göstermektedir. Kimyasal olarak ortalama % 75'e varan Silis içermektedir. Pomzanın kimyasal özellikleri Tablo 2.4'de gösterilmiştir;

Tablo 2.4 Pomzanın Kimyasal Özellikleri [20]

Bileşen	İçerik (%)
SiO <sub>2</sub> (Silisyum Dioksit)	60-75
CaO (Kalsiyum Oksit)	1-2
MgO (Magnezyum Oksit)	1-2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum Trioksit)	13-15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Demir Trioksit)	1-3
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O(Sodyum Oksit + Potasyum Oksit)	7-8
TiO <sub>2</sub> (Titanyum Oksit)	Eser Miktar
Cl (Klor)	Eser Miktar
SO <sub>3</sub> (Sülfür Trioksit)	Eser Miktar

Ülkemizde bulunan pomza kayaların genel kimyasal özellikleri Tablo 2.5'de gösterilmiştir;

Tablo 2.5 Ülkemizdeki Pomza Kayaların Genel Kimyasal Özellikleri [17]

<b>Kimyasal Özellikleri</b>	
pH	7-7,3
Radyoaktivite	Yok
Suda Çözünen Madde Miktarı (%)	$\leq 0,15$
Asitte Çözünen Madde Miktarı (%)	$\leq 2,9$
Uçucu Madde (%)	Yok
Asitlerle Etkileşim (*)	İnert
Alevlenme Derecesi (°C)	Yok
Erime Derecesi (°C)	>900
(*) Pomza sadece hidroflorik asit ile etkileşerek toksik silikon tetraflorit gazı çıkarır.	

Pomza kayacında bulunan  $\text{SiO}_2$  miktarı kayaca aşındırıcılık özelliği katmaktadır. Bu özelliğinden dolayı çok sağlam bir demiri aşındıracak kimyasal özelliğe sahiptir. İçeriğinde bulunan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  elementi ise bu aşındırıcılık özelliğini olumsuz etkilemekte ve sertliği düşürmektedir. Genelde pomza kayacının içeriğinde bu bileşiğin bulunması ürünün tercih edilebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Pomza kayacına yüksek izolasyon özelliğini katan bileşen ise  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bileşenidir. Bu bileşen pomzaya yüksek ateşe ve ısıya direnme özelliği katmaktadır.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bileşeninin istenmediği gibi kayaç bünyesinde tuf ve yabancı maddeler de istenmemektedir. Bu maddeler ürünün kalitesini düşürmektedir. Ayrıca ürün içeriğinde herhangi bir organik maddeye rastlanmaması ürünün işlenebilirliğini ön plana çıkarmaktadır.

Pomzanın en önemli fiziksel özelliği sertliği ve boşluklu yapısıdır. Pomzanın birim hacim ağırlığı 1 gr/cm değerinden düşüktür. Mohs skalasına göre sertliği 5-6 olarak belirlenmiştir. Pomzanın boşluklu yapı özelliği yaklaşık % 70 olarak belirtilmiştir. Belirtilmiş olan bu özelliklerin değer ve miktarlarına göre pomza asidik veya bazik olarak ikiye ayrılmaktadır.

İki çeşidi bulunan pomzanın asidik ve bazik olarak kimyasal özellikleri Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.6 Asidik ve Bazik Pomzaların Kimyasal Bileşenleri [18]

Bileşen	Asidik Pomza (%)	Bazik Pomza (%)
SiO <sub>2</sub>	70	45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14	21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5	7
CaO	0,9	11
MgO	0,6	7
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	9	8

Ülkemizde bulunan pomza kayaçlarının fiziksel özellikleri Tablo 2.7'de gösterilmiştir.

Tablo 2.7 Ülkemizdeki Pomza Kayaçlarının Genel Fiziksel Özellikleri [17]

Fiziksel Özellikleri	
Renk	Açık gri, Kirli beyaz
Kristal Şekli	Amorf
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (MOHS)	5,5 - 6
K.B Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	0,32 - 0,97
Gerçek Özgül Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	2,15 - 2,65
Porozite (%)	45 - 90
Rötre (mm/m)	<1
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,08 - 0,20
Isınma Isısı (cal/gr.°C)	0,24 - 0,28
Ses Yalıtımı (dB)	40 - 55
Su Emme (Ağırlıkça %)	30 - 70
Buhar Difüzyon Katsayısı	5 - 10

### 2.3.3 Türkiye'de ve dünya'da pomza rezervi

Bilindiği üzere pomza, volkanik faaliyetlerin gerçekleştiği her ülkede varlığını göstermektedir. Bu yüzden dünyanın birçok ülkesinde farklı karakteristikli pomza

oluşumları gözlemlenmiştir. İtalya, Almanya, Yunanistan ve ABD bu madencilik türünden çok büyük ekonomik kazançlar elde etmişlerdir. Pomza ile tanışan ilk ülke olarak Yunanistan bilinmektedir. Yunanistan bölgesindeki yapıların çoğunda pomza ile karşılaşmaktadır. Yunanistan pomza rezervleri daha çok Yali ve Thira adasındadır. Yunanistan ülkesindeki pomza rezervlerini daha çok kendi ülke sınırları içerisinde kullandıkları için dış ticarete çok açılmamıştır. Yunanistan pomza ile tanışan ilk ülke olmasına rağmen rezervlerini verimli kullanmada diğer ülkelerin gerisinde kalmıştır.

Pomza rezervlerinin büyük kısmına sahip olan diğer bir ülke ise Almanya'dır. Almanya bu madencilik ile 1978 yılında tanışmıştır. Pomza ile biraz geç tanışan bu ülke rezervlerini daha çok ülke ekonomisine katkı amaçlı kullandığı için diğer ülkelere göre daha verimli bir strateji izlemiştir. 1978 yılından günümüze kadar yaklaşık 7 milyon ton pomza üretimi ile bu madencilik türünde önde gelen ülkeler arasındadır. Almanya'da pomza rezervleri Ren ve Neuwied Kasabasının yakınlarında bulunmaktadır. Almanya 1978 yılından beri pomza rezervlerini dış ticarete kullanmış ve rezervlerini tüketme sınırına gelmiştir. Rezervlerin tükenmesiyle ithalata yönelen Almanya bu gereksinimlerini Yunanistan ve Türkiye kaynaklarından karşılamaktadır.

Pomza madenciliği ile ülke ekonomisine en büyük katkısı olan ülke ise İtalya'dır. İtalya Yunanistan ile pomza üretiminde neredeyse başa baş gitmektedir. Pomzanın üretimi, ihracatı, kullanımı ülkelerin kendi içlerinde izledikleri bir politika olduğu için pomzanın kullanımı açısından Yunanistan, ihracatı açısından da İtalya ilk sırada gelmektedir. Almanya'da olduğu gibi İtalya'da da pomza rezervlerinin hızlı tüketimi gözlenmiştir. Yine İtalya'da Almanya gibi ithalata yönelerek ülke içerisinde ki gereksinimi karşılamaya çalışmaktadır. İtalya'nın pomza rezervleri ise Agenien Dağları ve Tiran kıyılarının paralelinde yer almaktadır.

En çok pomza rezervine sahip diğer bir ülke ise ABD'dir. Almanya gibi ABD'de pomza madenciliği ile çok uzun yıllar önce tanışmıştır. Yunanistan ve Almanya' dan sonra pomza madeninin işlenmesi ABD'de başlamıştır. ABD pomza rezervleri genellikle ülkenin en çok volkanik faaliyetlerin olduğu Batı Eyaletleri bölgesidir.

Dünya pomza rezervlerinin yaklaşık 2,8 milyar tonuna sahip diğer ülke ise Türkiye'dir. Ülkemiz bu madencilikte oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. Bu rakam dünya pomza rezervlerinin 1/7'sini kapsamaktadır. Ülkemizdeki işletmelerin bu madenciliği

kullanmaya başlamasıyla ülkemizdeki rezerv potansiyeli düşmeye başlamıştır. Rakamlar her geçen gün azalmaktadır. Ülkemiz son 20 yıldır bu madencilik alanında büyük ilerleme göstermiştir. Pomza rezervleri daha çok İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yoğun olmasına rağmen Akdeniz ve Ege bölgelerinde de varlığını göstermektedir. Ülkemiz ayrıca pomza ürününün farklı yapılarını da bünyesinde bulundurduğu için diğer ülkelere nazaran avantajlı durumdadır. Ülkemiz yaklaşık 10 farklı renk ve özelliğe sahip pomza türünü rezervlerinde bulundurmaktadır. Bu özelliği

Türkiye Maden Teknik Araştırma Kurumu'nun son verilerine göre Türkiye'de pomza rezervleri yaklaşık olarak şöyle belirlenmiştir;

Tablo 2.8 Türkiye Pomza Rezervleri [21]

YER	REZERV (m <sup>3</sup> )
Nevşehir-Avanos-Ürgüp	334.912.336
Kayseri-Talas-Tomarza	687.970.780
Bitlis-Tatvan	33.866.185
Van-Erciş-Kocapınar	560.973.622
Diğer	69.875.000
Toplam	1.687.597.923

Nevşehir bölgesi Türkiye pomza rezerv sıralamasına göre 3. sırada bulunmasına rağmen ülke içerisinde ki pomza üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Bunun nedeni bölgedeki mevcut pomza madenin karakteristlik özelliğidir. Ülkemizde hem asidik hem de bazik pomza rezervleri bulunmaktadır. Ülke genelindeki pomza rezervlerinin %50'sine sahip olan Bitlis'te bazik pomza bulunmaktadır. Bazik pomza asidik pomzaya göre çok fazla tercih edilmez. Bunun nedeni fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Nevşehir'de bulunan asidik pomza bazik pomzaya göre daha kolay işlenebilir ve sertliği de bazik pomzaya göre daha yüksektir. Bu özellikler neticesinde asidik pomzanın tercih edilebilirliği üretiminin artmasını da beraberinde getirmektedir.

Dünya genelinde pomza rezervlerine sahip olan ülkelerin çoğu uzun yıllardır bu madencilik alanındaki ihracat vasıtasıyla ekonomilerine katkıda bulunmuşlardır. Son 20 yıldır bu madencilik alanındaki önde gelen ülkeler artık ithalat politikasına dönmüşlerdir. Çünkü sürekli ihracat politikasını izleyen ülkelerde artık pomza rezervleri



tüketmiştir durumdadırlar. Bu azalma o kadar fazladır ki artık ülke içindeki pomza gereksinimlerini bile karşılayamayacak derecededir. Almanya, Yunanistan ve ABD gibi önde gelen ülkeler artık pomza ihtiyaçlarını ülkemizden karşılamaktadır. Ülkemizde izlenen pomza madenciliği politikası bu ülkelerdeki gibi değildir. Türkiye öncelikle kendi gereksinimlerini karşılayıp daha sonra ihracat uygulamasını hedeflemiştir. Bu da hem ülke ekonomisine hem de iç pazarımıza olumlu yansımaktadır.

Ülkemizde pomza üretimi yapan işletme ruhsatına sahip firma sayıları şöyledir;

Tablo 2.9 Türkiye'deki Pomza İşletme Sayısı [21]

İller	İşletme Sayısı
Nevşehir	27
Kayseri	19
Bitlis	11
Van	11
Manisa	8
Elazığ	4
Konya	4
Isparta	4
Erzurum	4
Ağrı	4
Osmaniye	3
Hatay	3
Burdur	3
Mardin	3
Iğdır	3
Niğde	2
Erzincan	2
İzmir	2
Kars	2
Aksaray	2
Karaman	1
Ankara	1
Gaziantep	1
Diyarbakır	1
Toplam: 133	



Dünya genelinde pomza üretiminde söz sahibi ülke sayısı oldukça azdır. Türkiye pomza üretiminde oldukça iyi işler yapmış ve ilerleme göstermiş bir ülkedir. Türkiye ve İtalya dünya pomza pazarında birbirleri ile çekişen iki ülkedir. 2007 - 2011 yılları arasında İtalya pomza üretiminde yer alıyordu. Ülkemizde ki gelişmeler vasıtasıyla 2008 - 2011 yılları arasında Türkiye dünyadaki pomza üretim piyasasında ilk sırayı almıştır. 2010 yılında Türkiye Dünya pomza üretimindeki % 23'lük payı tek başına üstlenmiştir. İtalya ise %17'lik pay ile Türkiye'nin gerisinde kalmıştır.

Ükelere göre pomza ve türevi malzemelerin üretim miktarları Tablo 2.10'da sunulmuştur.

Tablo 2.10 Ülkelere Göre Pomza ve İlgili Malzemelerin Üretim Rakamları [19]

Ülkeler	2008 (ton)	2009 (ton)	2010 (ton)	2011 (ton)	2012 (ton)
Cezayir	490.567	328.000	236.961	300.000	300.000
Arjantin	6.500	7.020	7.582	6.445	7.000
Burkina faso	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Kamerun	600	600	600	600	500
Şili	1.063.176	919.249	824.049	816.565	820.000
Hırvatistan	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Dominik Cum.	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Ekvator	940.644	928.945	740.620	700.000	650.000
Eritre	60	60	60	60	50
Etiyopya	35.000	250.000	350.000	350.000	350.000
Fransa	276.000	276.000	276.000	276.000	276.000
Yunanistan	1.887.000	1.211.000	1.280.000	1.225.000	1.175.000
Guadeloupe	210.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Guatemala	393.779	394.955	340.000	150.000	150.000
İzlanda	101.000	101.000	101.000	101.000	101.000
İtalya	3.020.000	3.020.000	3.020.000	3.020.000	3.020.000
Jamaika	124.304	132.470	125.000	125.000	125.000
Kosova	45.005	58.788	60.000	60.000	60.000
Makedonya	103.476	113.064	113.323	57.356	60.000
Martinique	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000
Yeni Zelanda	174.729	159.357	118.249	229.268	200.000
Filipinler	19.633	60.894	61.440	64.903	65.000
S.Arabistan	810.000	802.000	915.000	1.000.000	1.000.000
Slovenya	40.000	40.000	40.000	40.000	35.000
İspanya	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000
Suriye	901.000	957.639	950.000	900.000	300.000
Tanzanya	260.403	171.904	199.698	222.592	230.000
<b>Türkiye</b>	<b>3.449.773</b>	<b>4.322.543</b>	<b>4.198.751</b>	<b>5.822.501</b>	<b>5.500.000</b>
Uganda	140.000	140.000	140.000	140.000	125.000
ABD	744.000	384.000	296.000	398.000	397.000
<b>TOPLAM</b>	<b>16.700.000</b>	<b>16.400.000</b>	<b>16.000.000</b>	<b>17.600.000</b>	<b>16.500.000</b>

### **2.3.4 Pomza kullanım alanları**

Ülkemiz dünya pomza rezervleri açısından oldukça büyük bir paya sahiptir. Ülkemizde mevcut durumda bulunan yaklaşık 10 farklı pomza türü vardır. Bu pomza türleri birbirleri ile sertlik, renk, kimyasal ve fiziksel özellik gibi etmenlerle ayrılırlar. Pomza çeşidinin fazlalığı ürünün farklı endüstri pazarlarına açılmasına yol açmaktadır. Pomza endüstrilerde bazen katkı maddesi bazen de ham madde olarak kullanılmaktadır. Pomza uzun yıllardan beri varlığını sürdüren, fakat ürün pazarına girip bir pazarlama malzemesi haline gelememiştir. Teknolojik ilerlemeler ve yatırımların gelişmesi pomza gibi kıymetli ürünlerin değerlendirilmesine dünya piyasasına girmesine yararlı olmuştur.

Gelinen teknoloji ve geliştirilen ürünler sayesinde pomza madenciliğine merak oldukça artmıştır. Pomza malzemesinin işleme kolaylığı ürünün farklı endüstrilere dahil olmasına yol açmıştır. Pomza günümüzde birçok endüstride kullanılmaktadır;

1. İnşaat Endüstrisi
2. Tekstil Endüstrisi
3. Tarım Endüstrisi
4. Kimya Endüstrisi

#### **2.3.4.1 İnşaat endüstrisi**

Pomzanın inşaat sektöründe yaygınlaşması yaklaşık 15 yıl öncesine dayanmaktadır. Dünya genelinde toprak üzerine yapılan etüt çalışmaları sonucu pomza malzemesinin detaylı özellikleri ortaya çıkarılmış ve eski inşaat malzemelerinin yerini almaya başlamıştır. Bu çalışmalar neticesinde dünyada ve ülkemizde üretilen pomzanın yaklaşık % 80'i üretildiği ülkenin iç inşaat pazarında kullanılmaktadır. Geçmişte kullanımı çok yaygın olan perlitin yerini artık pomza almıştır. Pomza betonu, pomzanın yoğunluğu nedeniyle normal betona göre daha hafiftir. Ayrıca kullanıldığı yerde zemine uyguladığı basınç nedeniyle yaklaşık % 17 demirden tasarruf sağlamaktadır.

Pomza, gözenekli yapısı sayesinde ısı yalıtımı da yapmaktadır. Normal beton ile karşılaştırıldığında 6 kat daha fazla ısı tutuculuğu olduğu ispatlanmıştır. Pomzanın inşaat sektöründe tercih edilebilirliğinin en büyük nedenlerinden birisi budur. Pomza malzemesinin ses izolasyonu sağladığı da bilinmektedir. Yine gözenekli yapısından faydalanılarak sesin bu gözenekler arasında kaybolması sağlanarak 30-60 dB'lik bir ses

izolasyonu elde edilmektedir. Pomza malzemesi yüksek erime sıcaklığı özelliğiyle yangına dayanımı da beraberinde getirmektedir. Yangına dayanım özelliği ile normal beton ile karşılaştırılan pomza betonu % 20'lik oranla daha kaliteli bir üründür.

Pomzanın inşaat sektöründe en yoğun şekilde kullanıldığı şekli hafif yapı elemanı blok üretimidir. Ülkemizde üretilen pomzanın yaklaşık % 50'si bu malzemenin üretimine harcanmaktadır. Ülkemizde bu malzemenin üretimi ilerlemiş ve birçok farklı şekli piyasaya sürülmüştür.

#### **2.3.4.2 Tekstil endüstrisi**

Tekstil endüstrisi bilindiği gibi Türkiye'nin hem ihracat hem de ithalat oranlarında çok fazla yere sahip olduğu bir endüstrisidir. Pomza ülkemizdeki tekstil endüstrisinde hiç anımsanmayacak derecede ham madde olarak kullanılan bir üründür. Pomza tekstil sanayisinde kot taşlama, kot renginin açılımı ve kumaşların yumuşatılması için oldukça yoğun şekilde kullanılmaktadır. Bu işlemler için kullanılacak olan pomzada bazı özellikler aranmaktadır. Bu özellikler şöyledir;

- Pomza sertliği orta derecede olmalıdır.
- Pomza yapısında sert mineral olmamalı. (Kumaşı çizmemeli.)
- Bünyesinde yabancı madde içermemeli ve FeO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O miktarları sınır değerlerde tutulmalıdır.
- Yüksek poroziteli olmalıdır.
- Beyaz renkli olmalıdır.
- Su emme özelliği ortalamanın üzerinde olmalıdır.

#### **2.3.4.3 Tarım endüstrisi**

Gelişmiş ülkelerin neredeyse hepsinde pomza kuraklığa çözüm amaçlı kullanılmış ve suyu uzun süre bünyesinde muhafaza ederek ortamın sürekli nemli kalmasını sağlamaktadır. Bugün su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan, Kuveyt gibi ülkelerde iklimin sıcak olması ve sulama suyunun da aşırı buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilebilmesi için kullanılmaktadır. Toprağın altında belirli bir derinlikte ve belirli bir kalınlıkta serilen pomza tabakası içerisine, toprak altından su

vererek, bitkilerin ihtiyacı olan suyu direkt olarak köklere ulaşması sağlanmakta ve buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilmektedir. [18]

Toprağın su tutma özelliğinin iyileştirilmesi özellikle su problemi olan bölgeler için çok önemlidir. Pomza, doğal halde bir hidrokültür hammaddesi olduğundan maliyeti geliştirilmiş perlit ve kile kıyasla çok daha düşüktür. Son yıllarda bu konuda bazı Avrupa ülkeleri ve Japonya bu tip araştırmaları kapsamlı bir şekilde yürüten ülkelerin başında gelip bu ülkelerde topraksız veya çok az toprakla ve çok az su ile bitki yetiştirilmektedir. Tuttuğu suyu, nemi bulunduğu ortama göre ayarlayarak gerektiğince bitkiye verebilen pomzanın bu alanda kullanılması için, bazı özelliklerinin uygun olup olmadığının analizi gerekmektedir. [18]

#### **2.3.4.4. Kimya endüstrisi**

Pomzanın kimya endüstrisinde kullanımı oldukça yaygındır. Genellikle Avrupa ülkeleri kimya endüstrisinde pomza malzemesi ile oldukça içli dışlıdır. Daha çok pomzanın pümisit ve toz hali tercih edilmektedir.

Pomza tozu abrasifleri özellikle TV ekranı çapak düzeltme ve cilalama, yuvarlak ahşap hazırlama, metal hazırlama ve cilalama, mücevher son rütuş ve cilalama, kum püskürtme metodu ile oyma ve işlemecilik, kumaş perdahlama, cam ve kristal ön cilalama, bilgisayar çiplerinde çapak alma ve temizleme, dişçilikte protez hazırlama ve cilalama, matbaa baskı tabletlerini temizleme gibi amaçlarla, elektronik, metal, ahşap, plastik, cam, mücevherat, sağlık endüstrilerinde kullanılmaktadır. [17]

Amerika ve Avrupa'da topuk taşı olarak bilinen pomza, ayak bakımında kaba cildin arındırılmasında vazgeçilmez kişisel bakım malzemelerinden birisidir. Yuvarlatılmış, çubuk halinde, fırça şeklinde muhtelif ebat, şekil ve ambalajlarda piyasaya sunulan pomza ürünleri "body stone" olarak adlandırılmakta olup tanesi 2-5 USD arasında değişmektedir. Bunun haricinde yüzdeki akne ve istenmeyen lekelerin temizliğinde % 2,5 benzol peroksit ve pomza tozu ihtiva eden cilt bakım kremleri de yurtdışındaki birçok ülkede kozmetik sanayinin yeni ürünleri arasında yer almaktadır. [17]

Ayrıca Avrupa ülkelerinde rağbet gören bir diğer ürün ise, parfüm emdirilmiş olarak üretilen pomza taşlarıdır. Kokuyu uzun süre bünyesinde muhafaza etmesinden dolayı,

çanta içleri, cep ve oto küllüklerinde kullanılmaktadır. Kozmetik endüstrisinde kullanılmak üzere üretilen özellikle kokulu ürünler, krem ve cilt bakımı ürünlerinin ülkemizdeki üretimi henüz yapılmadığı için, başlıca Kanada, Fransa, Amerika ve Çin'den ithal edilmektedir. [17]

Pomza özellikle sanayi tipi el sabununun vazgeçilmez bir hammaddesi olmuştur. Eldeki ağır kir ve lekeleri kolaylıkla hatta su kullanmaksızın çıkarabilme özelliğine sahip krem tipi bu sabunlar yurtdışında, pek çok değişik marka altında sabun ve deterjan pazarında önemli bir pay sahibi olmuşlardır. [17]

Ayrıca, deterjan üretiminde kullanılan pomza, bulaşık, yer, banyo, lavabo temizleyicisi ve çamaşır deterjanlarında aktif madde taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde maalesef pomzadan mamul sabun ve deterjan üretimi olmayıp, "Dust cleaner" olarak adlandırılan bu ürünler Amerika'dan ithal edilebilmektedir. [17]

Sağlık ve ilaç endüstrisinde en geniş kullanım alanı diş parlatma keyk ve diş macunu üretimi alanındadır. Diş bakımı ve sağlığında mikro organizmaların ve lekelerin hijyenik olarak çıkartılmasında katkı maddesi olarak pomza tozu diş macunlarında istisnasız sayılabilecek bir düzeyde hemen her markada kullanılmaktadır. Ayrıca dişçilik alanında istenilmeyen leke ve diş taşlarının temizlenmesinde keyk ve toz olarak yaygın bir biçimde Avrupa ve Amerika da üretimi yapılan bu ürünlerin de ülkemizde üretimi henüz yapılmadığı için bu ülkelerden ithali yapılmaktadır. [17]

### **2.3.5 Pomza ile yapılan ilgili çalışmalar**

Uzun yıllardan beri pomza madenciliği ve pomza malzemesi üzerine birçok araştırma gerçekleştirilmiş. Pomzanın kimyasal ve fiziksel özelliklerinden yararlanarak gerçekleştirilen bu çalışmaların yelpazesi oldukça geniştir. Birçok bilim dalına hitap edebilen bu ürün oldukça verimli çalışmaların gerçekleşmesini sağlamıştır. Tarımda, mühendislikte, kimyada ve hatta tıp alanında bile bu ürünün geliştirilmesiyle yararlanılmaktadır.

Gündüz (2001) çalışmasında Türkiye ve Dünya'daki pomza oluşumlarının malzeme karakteristiğini incelemiştir. Pomzanın tarihçesine, Dünya'da ve Türkiye'de rezervlere, malzemenin kullanıldığı alanlara değinmiştir. Detaylı bir biçimde ise pomzanın ilk tarihinden bu zamana kadar oluşum aşamalarını tek tek açıklayarak, hem kimyasal hem

de fiziksel özelliklerine değinmiştir. En son olarak ise Dünya'daki pomza örnekleri ile Türkiye'deki pomza örneklerini mevcut özellikleri ile karşılaştırma yapmıştır. Sonuç olarak Türkiye'de bulunan asidik pomzanın diğer pomza türlerine göre daha kullanışlı olduğu yorumunu yapmıştır. Bu yorum doğrultusunda ve çalışmanın içerisinde aktarılan bilgilerin izinde asidik pomzanın avantajlarından çalışmamızda yararlanmış bulunmaktayız. Bazik pomzaya kıyasla asidik pomzanın daha tercih edilebilir bir ürün olduğu çalışmamızın dahilinde gerçekleştirilen analizlerin sonucuyla uyumaktadır.[26]

Erdoğan ve Yaşar (2005) çalışmalarını Adana'da gerçekleştirip Nevşehir pomzasından üretilen bir briketin ısı ve ses iletkenliklerini değerlendirmişlerdir. Daha çok pomzanın inşaat endüstrisinde tercih edilebilirliğine değinen Erdoğan ve Yaşar, çalışmalarında 4 farklı tip briket türünü numune olarak kullanmışlardır. Bu 4 dört numune üzerinde belirli kriterler belirleyerek numunelerin karşılaştırmasını yapmışlardır. Bu çalışmada da asidik pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından daha tercih edilebilir olduğu ortaya konmuştur. Erdoğan ve Yaşar geliştirmiş oldukları ürünlere 4 hafta boyunca 7., 14., ve 28. günlerinde analiz yapmışlardır. En iyi verimlerini 49,315 dB olarak üç sıra dokuz geniş boşluklu briketlerinde elde etmişlerdir. Çalışmamızın bulgular kısmında bahsedildiği gibi boşluklu yapının arttırılması ses dalgalarının absorblanmasını arttıracaktır. Burada da briketin yapısında ki boşluklu yapı, ses geçiş kaybını pozitif yönde etkilemiştir. Geliştirilen briketler çalışmamızda oluşturulan paneller ile kıyaslandığında, briketin kullanım alanı bir tek inşaat sektöründe yer bulabilmektedir. Ancak geliştirmiş olduğumuz ses engelleyici paneller hem yapı içi hem de yapı dışı yapı malzemesi olarak kullanıma olanak sağlamaktadır. Ayrıca panellerin, ağırlığı düşük malzemelerden oluşturulması briquete kıyasla daha tercih edilebilir ürün olmasını sağlamaktadır.[27]

Ünal ve arkadaşları (2003) pomza ve diyatomitin hafif blok elemanı üretimi üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında Afyon bölgesindeki pomza taşını tercih etmişlerdir. Bölgedeki bu pomzanın belirli özelliklerini çalışmalarında açıklamışlardır. Çalışmada üç agrega karışımı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre, Ünal ve arkadaşları pomza tane boyutunun, agrega çeşidinin ve karışım oranlarının üründeki yalıtım özelliklerini değiştirdiğini ve ince malzeme kullanımının basınç dayanımını arttırdığı sonucuna varmışlardır. Çalışmalarında oluşturdukları numunelerine ultrases hızı değerlerini ekleyen Ünal ve arkadaşları, ses geçiş kayıplarına ulaşmamışlardır.



Numunelerinde kullanmış oldukları pomzanın farklı boyutlarda ne gibi değişiklikler oluşturduğunu incelemişlerdir. En küçük boyutta 0-4 mm 'lik pomza kullanımında 2,15 km/sn ultrases hızını elde etmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan pomzanın da ince boyutta oluşu ultrases hızını olumsuz yönde etkileyecek ve hızı düşürecektir. Bu da malzememizin bünyesinde sesin absorblanmasını sağlayacaktır.[28]

Sarışık ve Sarışık (2010) ise pomza malzemesinden EPS köpüklü izolasyon blok üretimi gerçekleştirmiş ve standartlara uygunluğunu karşılaştırmışlardır. Hem ses hem de ısı yalıtımı gerçekleştiren iki ürün olan EPS köpük ve pomza ortak bir çalışmada buluşarak oldukça verimli bir çalışma ortaya çıkmıştır. Sarışık ve Sarışık çalışmasında pomza tercihini Nevşehir pomzası üzerine kullanmıştır. Çalışmada hem pomzanın hem de EPS köpüğün belirli özellikleri tablo şeklinde sunulmuştur. Sarışık çalışmasıyla piyasaya yeni bir ürün sunulmasına olanak sağlamış ve Pomza Agregası - EPS - Pomza Agregası stili ile inşaat sektöründe rahat kullanılabilen bir ürün tasarlamışlardır. Çalışmasında sunduğu ürün üzerinde birçok analiz gerçekleştiren Sarışık oldukça başarılı olmuştur. 60 dB üzerinde ses yutuculuk değeri elde eden Sarışık ve Sarışık malzemenin fiziksel yapısında bulunan boşluklardan da yararlanmışlardır. Briket tarzında geliştirilen ürünün yapı içi veya yapı dışı gürültü izolasyon malzemesi olarak kullanımı söz konusu değildir. Sarışık ve Sarışık çalışmalarını bir tek 800 Hz frekansında analiz ederken biz numunelerimizi 10 frekans aralığında analizlerini gerçekleştirmiş bulunmaktayız. Ayrıca çalışmalarında kullanmış oldukları pomzanın boyutuna göre maliyeti, bizim çalışmamızda tercih edilen pomzaya kıyasla yüksektir. Çalışmamızda kullanılan pomza malzemesi herhangi bir işleme sokulmadan doğrudan hammadde olarak ürün geliştirmeye dahil edilebilmektedir.[29]



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Kullanılan Malzemeler

Çalışmamızı gerçekleştirmek için 4 tür malzeme kullanılmıştır. Bu malzemeler özellikle beraber kullanıldığında birbirlerine zarar vermedikleri için tercih edilmiştir. Malzemeleri temin etme kolaylığı da çalışmamızın gerçekleştirilmesi için olumlu bir yaklaşım olarak görülmüştür.

##### 3.1.1 Pomza

Çalışmamızda kullanılan pomza, bu madencilikle uğraşan firmalar arasında pomza hamuru, pomza mayası veya pomza tozu olarak isimlendirilir. Pomza işletmelerinde bu ürün işletme sırasında oluşan tozların biriktirilmesi ile elde edilmektedir.

Bu malzemenin genel fiziksel özellikleri şu şekildedir;

Tablo 3.1 Kullanılan Pomzanın Fiziksel Özellikleri

Renk	Beyaz.
Koku	Kokusuzdur.
Çözünürlük	Suda çözünmez.
Mohs Sertliği	5,5-6,0
pH	5,5-6,5
Zararlı Madde İçeriği	Yok.
Toksik Özelliği	Nontoksik
Deriye Temas	Tahriş edici değildir.
Ateşe Dayanıklılık	Yanıcı özelliği yoktur.
Boyut	$\leq 125 \mu$

Çalışmamızda kullanılan pomzanın kimyasal özellikleri şu şekildedir;

Tablo 3.2 Kullanılan Pomzanın Kimyasal Özellikleri

SiO <sub>2</sub>	%72,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%14,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%2,01
TiO <sub>2</sub>	%0,22
CaO	%1,35
MgO	Eser
Na <sub>2</sub> O	%3,80
K <sub>2</sub> O	%3,90
SO <sub>3</sub>	%0,003
Diğer Maddeler	%2,54

### 3.1.2 EPS köpük

Expanded Polistiren Sert Köpük olarak nitelendirilen EPS köpük malzemesi petrolden elde edilen gözenekleri kapalı, beyaz renkli ve köpük halindeki bir ısı yalıtım malzemesidir. EPS köpük polistiren taneciklerin şişirilmesi ve birbirine yapıştırılmasıyla oluşturulur.

Genellikle inşaat sektöründe kullanılan bu ürünün ismi daha çok "strafor" olarak telaffuz ediliyor. Binalarda ve yapı içlerinde çoğunlukla bu ürün tercih edilmektedir. Isı iletkenlik özelliğinden dolayı günümüzde oldukça tercih edilen bir ürün haline gelmiştir. Ses önleyici özelliği ile de popülerliğini arttırmıştır. EPS malzemesi kısa süreli olarak 100 °C' ye kadar, uzun süreli olarak da 75-85 °C' ye kadar dayanabilmektedir. Minimum sıcaklık dayanımı ise -180 °C'dir.

EPS malzemesi kimyasal ürünler ile uyum sağlayan bir malzemedir. Bazı kimyasallar hariç çoğu kimyasal ile birlikte kullanımı uygundur. Daha çok binalarda kullanıldığı için çimento ve türevi ürünlerle temasında herhangi bir değişim veya bozukluk göstermez. Binalarda kullanılacak olan EPS köpüğünün yoğunluğu üretim esnasında isteğe göre belirlenebilmektedir. Bu malzemede yoğunluk arttıkça ısı iletkenlik değeri de azalmaktadır.

Çalışmamızda kullandığımız EPS köpük 17 Dens yoğunluğundadır. Standart yoğunluğa sahip olması nedeniyle hem ısı hem de ses yalıtkanlık özelliğinden yararlanılmaktadır.

### **3.1.3 Akrilik**

Akrilik malzemesi aslında polimerlerin üretimi için kullanılan ilk üründür ve bir asit türüdür. Akrilik malzemesi renksiz ve keskin bir kokusu olan üründür. Oda sıcaklığında ve basıncında sıvı halde bulunurlar. Bünyesinde % 100 reçine barındıran homojen, saf, dayanıklı ve işleme tabii tutulduktan sonra esnek bir malzemedir. Kaplama işlemlerinin çoğunda ana kaplama malzemesi olarak kullanılırlar.

Akrilik uzun yıllar dayanıklılık gösteren bir üründür. Uygulandığı alanda küflenmeyi ve çürümeyi önler. Antibakteriyel bir üründür. Bu özelliğinden dolayı mutfak ve banyo ürünlerinin imalatında oldukça tercih edilen bir üründür. Sıcağa dayanıklı, alev almaz ve yanmaz bir malzemedir. Sert darbelere dayanıklı ve ipeksi bir yüzeyi olduğu için çizilmezdir. Akrilik malzemesinin işlenmesi oldukça kolaydır. Günümüzde iç mimarların ve tasarımcıların parlak bir yüzey elde edebilmek ve belirli bir kalıp çıkarma işlemlerinde tercih edilmektedir.

Akrilik malzemesi iplik üretiminde, optik alanında, kaplama işlemlerinde, levha yapımında, boya malzemelerinde ve en önemlisi yapı malzemelerinde kullanılmaktadır. Çalışmamızda kullanmış olduğumuz akrilik malzemesi yukarıdaki bütün özelliklere sahip bir üründür. Bu malzeme genellikle varillerde muhafaza edilmektedir.

### **3.1.4 Su**

Çalışmamızda kullandığımız su Nevşehir şebeke hattı suyudur.

## **3.2 Numunelerin Hazırlanışı**

Çalışmamızı gerçekleştirmek için malzemeleri temin ettikten sonra işlem sırası belirleyerek çalışmamız hayata geçirildi. Sırayla temin ettiğimiz malzemeleri uygulamaya hazır hale getirdik. Çalışmamızda 5 adet numune kullanılmıştır. Bu numunelerin her biri birbirinden farklı kalınlıktadır. Ancak her numunemizde çap 10 cm olarak belirlenerek hazırlanmıştır. Kararı kesinleştirilen 5 adet numunenin boyutları şu şekildedir;

1. 2 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 2 cm EPS Köpük ile oluşturulan numune

2. 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile oluşturulan numune
3. 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile oluşturulan numune
4. 4,5 cm EPS Köpük x 0,5 cm Pomza ile oluşturulan numune
5. 5 cm EPS Köpük ile oluşturulan numune

### 3.2.1 EPS köpük kesme işlemi

Yukarıda belirtilen boyutlardaki EPS köpüklerin kesme işlemi aşağıda bulunan resimdeki gibi kesilmiştir. Bu işlem CNC makinesiyle gerçekleştirilmiştir. Bir uçtan bir uca gerdirilen çok ince tele bir güç kaynağı vasıtasıyla elektrik verilmektedir. Bu elektrik telin ısınmasını sağlar. Isınan tel CNC makinesine verilen komutlar ile sağ ve soldaki kolların yardımıyla hareket eder. EPS köpük malzemesinin "dense" olarak nitelendirilen yoğunluk özelliği bu noktada devreye girmektedir. EPS köpük malzemesinin ortalama sıcaklık değerinde en rahat kesilen yoğunluğu çalışmamızda kullanılan EPS köpük malzemesinin yoğunluğu olan 17'dir. CNC makinesine dik şekilde yerleştiren EPS köpük malzemesi kesim işlemi yaklaşık 15 dakika sürmüştür. Numunelerimizde belirtmiş olduğumuz değerlere köpükler üzerinde ulaşmamış bir kaç kesim işleminin ardından sağlanmıştır. İlk kesim işleminde elimize geçen malzemenin özellikleri şöyledir; 10 cm çap ve 10 cm kalınlıktır. Bu boyutlarda elimize 10 adet malzeme geçmiştir. Kesim işleminde hata olması olasılığı hesaba katılarak bu yüzden ihtiyaç duyduğumuz miktardan daha fazlasını kestik.

5 cm kalınlığındaki köpük elimizde bulunan 10 cm kalınlığındaki köpüğün tekrardan kesilmesiyle elde edilmiştir. Bu kesme işleminde telin ısınarak bir kesim işlemi yaptığı göz önünde bulundurularak ve ısınan telin 1 mm ile 3 mm arasında bir köpüğü erittiği düşünülmüştür. Bu yüzden istediğimiz 5 cm kalınlığındaki köpüğü keserken yaklaşık 5.2 cm yüksekliği belirlenerek kesim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Elde etmiş olduğumuz 10 cm çaplı ve 10 cm kalınlığındaki köpüklerden numunelerde belirtilen kalınlıklardaki köpükler elde edilmiştir. 5 adet olarak belirlediğimiz numunelerimizde toplamda;

- 1 adet 5cm kalınlığında
- 1 adet 4,5 cm kalınlığında

- 7 adet 1 cm kalınlığında
- 2 adet de 2 cm kalınlığında EPS köpüğe ihtiyaç duyulmuştur.

Kalınlıkları belirtilen bu EPS köpük malzemelerin hepsi CNC makinesinde çeşitli programlar kullanılarak özenle kesilmiştir. Kesim işleminden sonra yapılan kalınlık ve çap ölçümlerinde istenilen boyutlara ulaşılmıştır. Kesilen her malzeme kalınlıklarına göre ayrılarak muhafaza edilmiştir.

### **3.2.2. Su pomza ve akrilik karıştırılması**

Su, Pomza ve Akrilik malzemelerinin karıştırılması belirli oranlara göre yapılmıştır. Fazla su, oluşacak olan karışımı aşırı cıvıklaştıracaktır. Karışımın cıvıklaşması kuruma süresini uzatan bir unsurdur. Ayrıca akrilik malzemesinin içerisine katılan su aynı şekilde malzemenin yapısını olumsuz yönde etkileyerek yapışkanlık özelliğini düşürmektedir. Pomza malzemesinin aşırı kullanımı ise karışımı oldukça katı bir hale sokmaktadır. Yine pomza malzemesinin fazla kullanımı karışımın içerisine katılan akrilik malzemesinin kuruma esnasında dışa aktarılıp akmasına yol açmaktadır.

Karışım hazırlanırken 0,5 kg Pomza Tozu, 1 L Su ve 0,75 kg Akrilik kullanılmıştır. Toplamda 2,25 kg'lık bir karışım elde edilmiştir. Bu üç ürün karıştırılırken malzemeler ayrı ayrı kademeli bir şekilde konmuştur. Bunun sebebi ise oluşan karışım içerisinde topaklanmayı önlemektedir. Karıştırma işlemi bir mikser tarafından manuel şekilde gerçekleştirilmiştir. Mikserin yüksek devirde çalıştırılması karıştırma işleminde su ve akriliğin pomza tozuyla iyice harmanlanması içindir.

### **3.2.3 Malzemelerin birleştirilmesi**

İstenilen kalınlıklara getirilen 10 cm çapındaki EPS köpükler hazırlanacakları numune şekline göre ayırıt edildiler. İlk olarak kesimini gerçekleştirdiğimiz 5 cm kalınlığındaki numunemizin herhangi bir malzeme ile karışımı veya alt-üst kısımlarının karışım ile kaplanması söz konusu değildir. Bu numunemiz hiç bir değişikliğe uğramadan analize girecektir.

Diğer bir numunemiz olan 4,5 cm EPS köpük ve 0,5 cm Pomza karışımı numunemiz hazırlanırken karışımın akışkanlığı nedeniyle köpük malzemesinin etrafı bir bant ile kaplanmıştır. Kaplanan bant 0,5 cm köpüğün üst kısmında kalacak şekilde yapıştırılmıştır. Köpüğün üzerinde kalan 0,5 cm'lik boşluğa, hazırlanmış olan karışım

doldurulmuştur. Doldurma esnasında hava boşluğunun oluşması ihtimaline karşı ince bir malzeme ile köpük üzerindeki karışım manuel olarak karıştırılmıştır. Karışım malzemesinin EPS köpük üzerine iyi bir şekilde yayılması sağlanmıştır.

5 katmandan oluşturulan numunemizde "Sandwich" model olarak nitelendirilen bir model elde edilmiştir. 5 katmandan oluşan bu numunemizde 3 adet 1 cm kalınlığında EPS köpük malzemesi kullanılmıştır. En altta, en üstte ve ortada bulunan EPS köpüklerin arasına hazırlanan karışım dökülmüştür. Yine bu numunenin hazırlanışında da EPS köpüğün etrafına bant yapıştırılarak dökülecek olan karışımın akışkanlığı nedeniyle taşmasını ve akmasını engellemiş bulunuyoruz. Detaylı bir şekilde bant üzerine belirlenen 0.5 cm'lik aralıklara kadar karışım doldurulmuştur.

Sıradaki numunemizde de "Sandwich" modelini tercih ettik. Bu numunemizdeki farklılık 5 adet 1 cm EPS köpük malzemesinin kullanımı ve aralarına doldurulan pomza karışım yüksekliğinin 0.3 cm olmasıdır. EPS köpük malzemesinin etrafı bu numunemizde de bantla kaplanmıştır. Toplamda 7 kat olacak bu numunemizde farklı bir yöntem izlenmiştir. İlk olarak 1 cm kalınlığındaki 2 adet EPS köpük malzemesi arasına 0.3 cm kalınlığında pomza karışımı doldurulmuştur. Geriye kalan 2 adet EPS köpük malzemesinin arasına da aynı şekilde 0,3 cm kalınlığında pomza karışımı doldurulmuştur. Daha sonra bu malzemeler kurutularak ikisinin arasına 0,3 cm kalınlığında pomza karışımı doldurulacak şekilde birleştirilmiştir.

Yine "Sandwich" modelini tercih ettiğimiz modelde de EPS köpük malzemesinin etrafı bant ile sarılarak sızdırmazlık sağlanmıştır. Bu numunemizde 2 adet 2 cm kalınlığındaki EPS köpük malzemesinin arasına 1 cm kalınlığında pomza karışımı uygulanmıştır.

### **3.2.4 Kurutma işlemi**

Hazırlanan 5 numunenin 4 tanesine kurutma işlemi uygulanmıştır. Numuneler açık ortamda oda sıcaklığında muhafaza edilerek kurutulmuştur. Numunelerin bünyesinde bulunan EPS köpük malzemesi yüksek sıcaklıktan olumsuz etkileneceğinden dolayı sıcağa karşı hassastır. Bu yüzden numuneler oda sıcaklığında kurutulmuştur. Ayrıca yüksek sıcaklık pomza karışımında bulunan akrilik malzemesinin de kurummasını geciktirecektir. Numunelerin etrafına pomza karışımının akmaması için sarılan bantlar ortalama 8 saat sonra numunelerin etrafından çıkarılmıştır. Bunun nedeni EPS köpük malzemelerinin arasında kalan pomza karışımlarının hava ile temasını sağlayarak kurumayı hızlandırmaktır.



### 3.3 Ölçüm Düzenegi

50 Hz – 6300 Hz aralığında akustik empedans ölçüm sistemi ile, ses geçim kaybı ve ses yutma katsayısı ölçümleri yapılabilmektedir. ISO 10534, ASTM E-1050 standartlarında, EN ISO 11654 ve EN 10534-2'ye uygun şekilde ölçülmektedir.

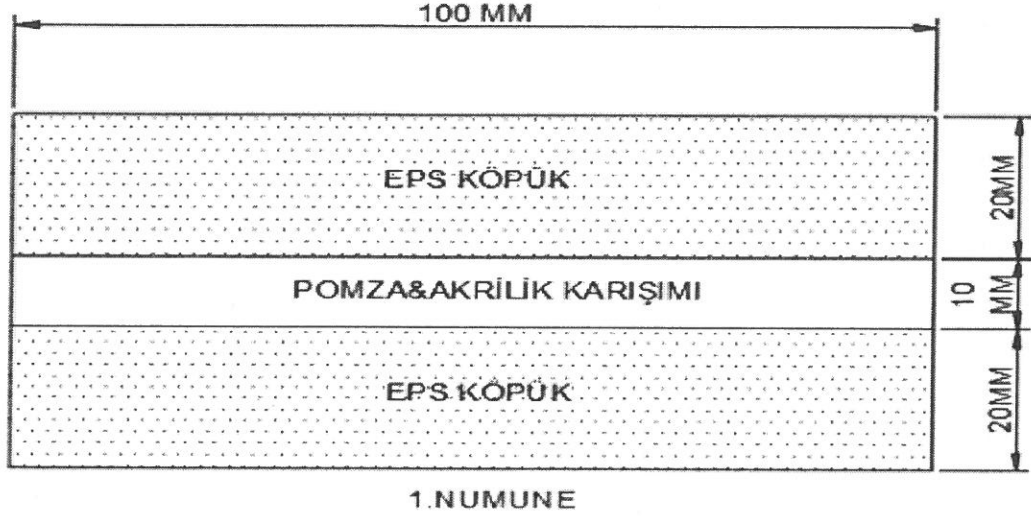


Resim 3.1 Ses Ölçüm Cihazı

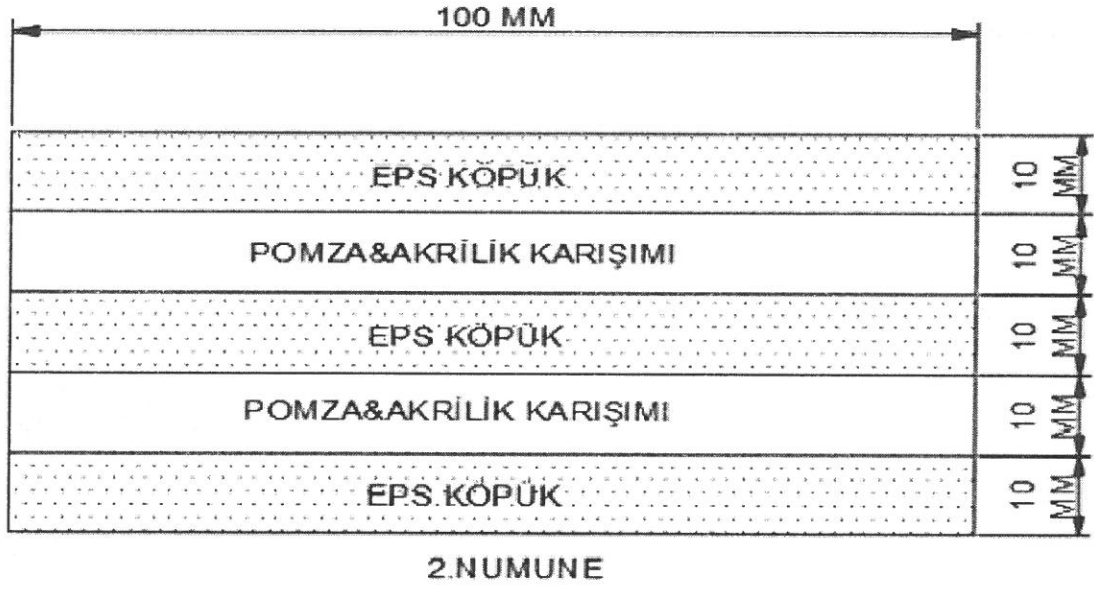
### 3.4 Numune Çizimleri

Geliştirilen yalıtım panellerinin çizimleri Resim 3.2, Resim 3.3, Resim 3.4, Resim 3.5 ve Resim 3.6'te gösterilmiştir.

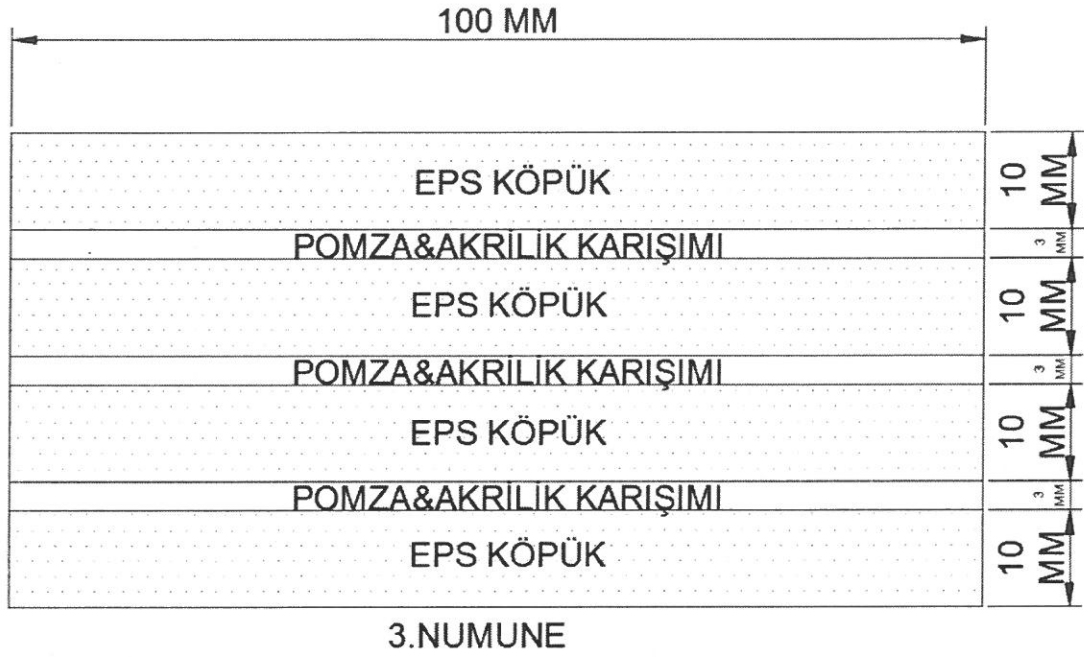




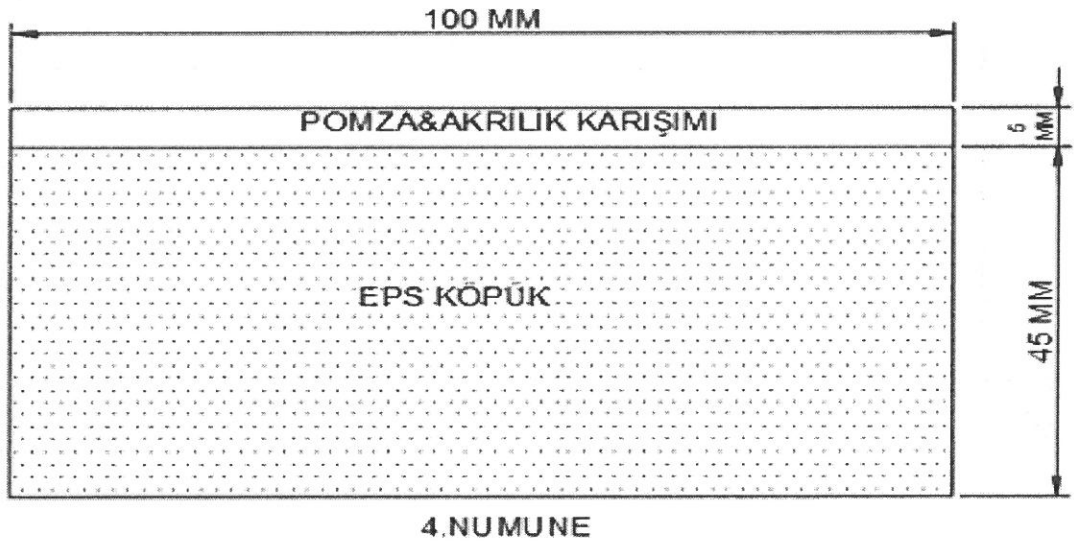
Resim 3.2 2 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 2 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli



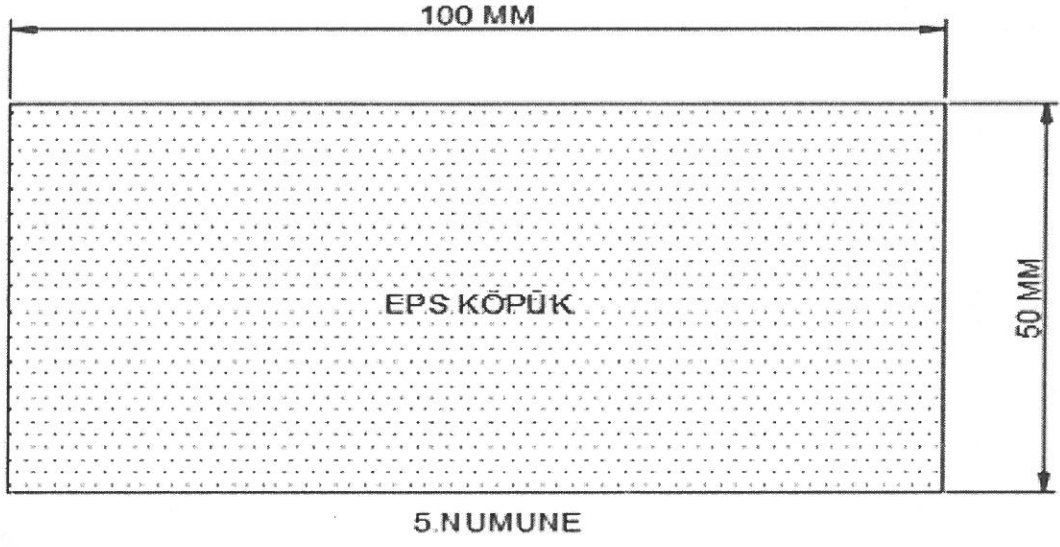
Resim 3.3 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli



Resim 3.4 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli



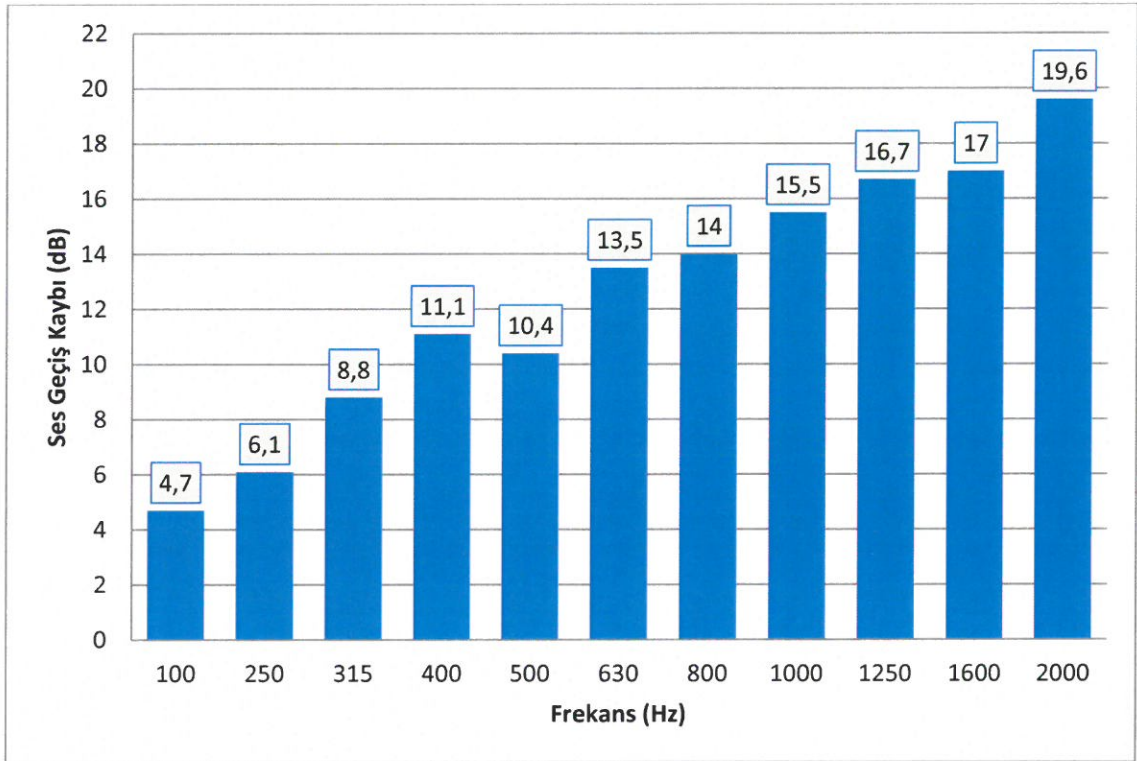
Resim 3.5 4,5 cm EPS Köpük x 0,5 cm Pomza ile Oluşturulan Yalıtım Paneli



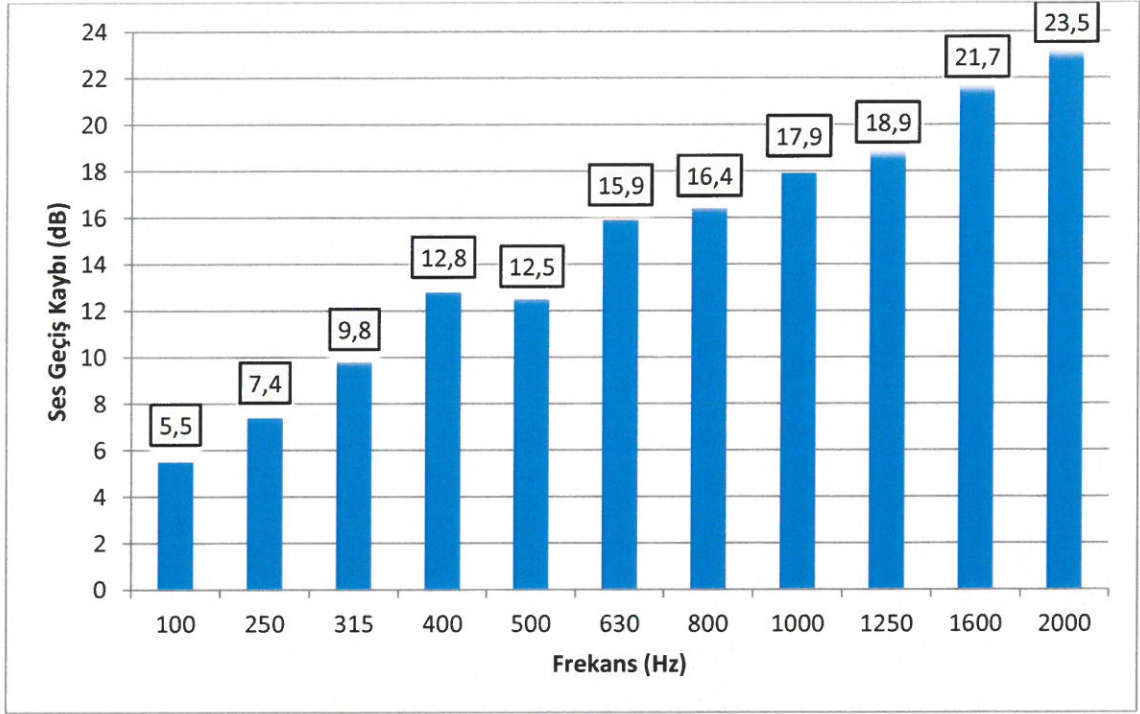
Resim 3.6 5 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli

#### 4.BULGULAR VE TARTIŞMA

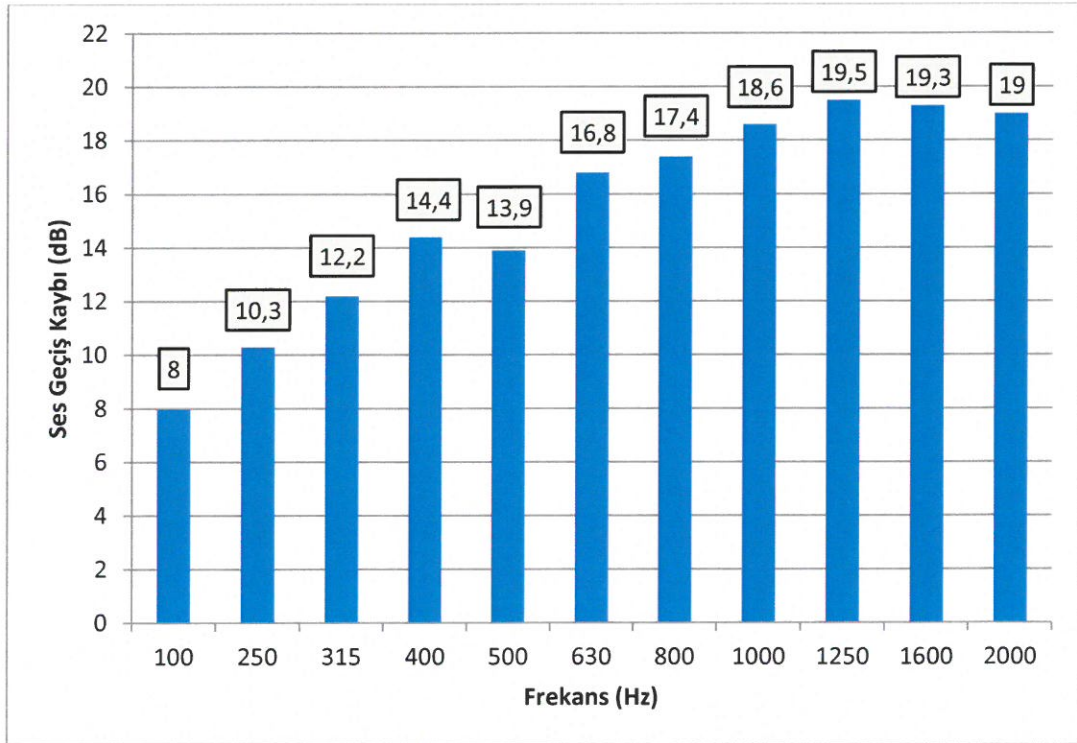
Çalışma kapsamında, 1/3 oktav bandında gerçekleştirilen deneylerin sonuçları, her numunemiz için Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te, kıyaslanmanın yapılabilmesi için toplu olarak da Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Bütün şekillerden de anlaşılacağı gibi, numunelerimiz 10 farklı frekans aralığında ölçülerek sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.1 2 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 2 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli

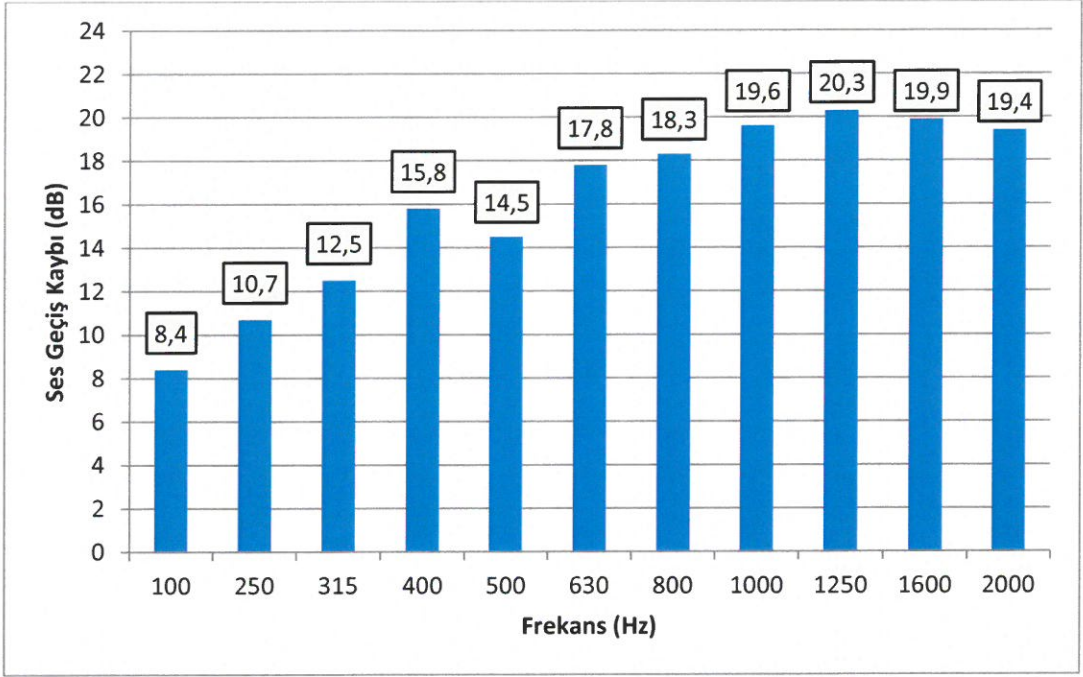


Şekil 4.2 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 1 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli

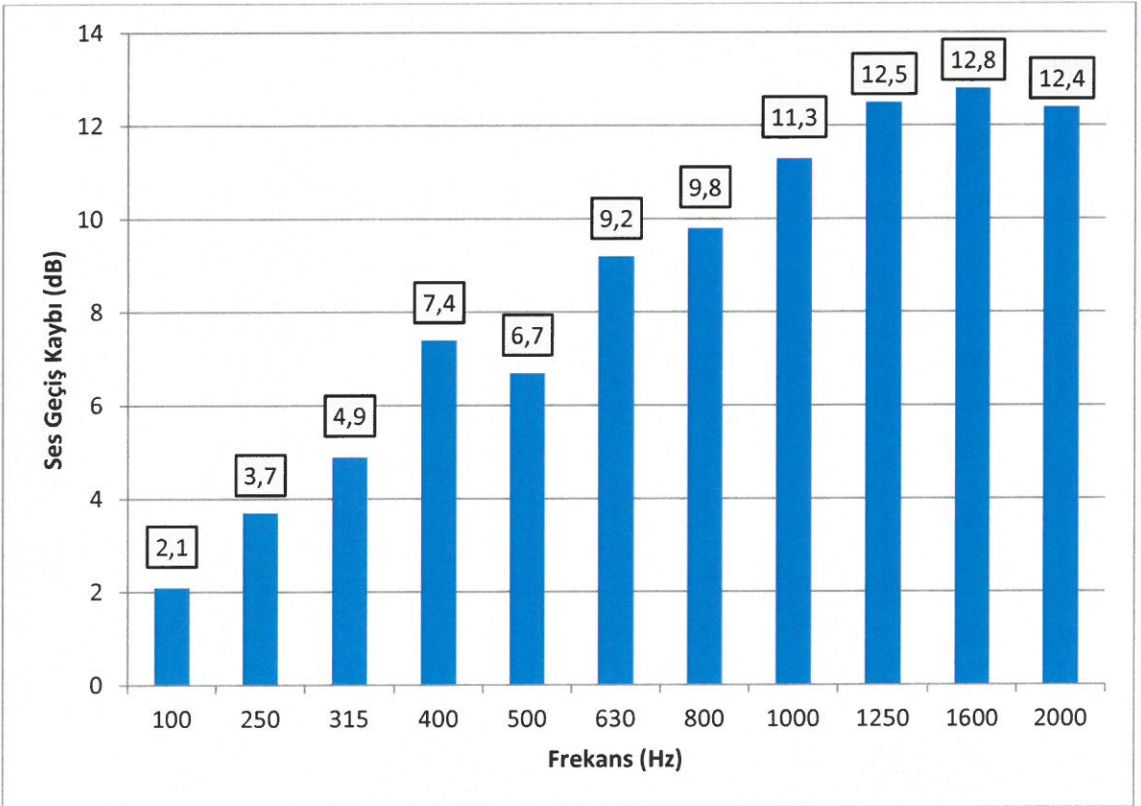


Şekil 4.3 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük x 0,3 cm Pomza x 1 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli





Şekil 4.4 4,5 cm EPS Köpük x 0,5 cm Pomza ile Oluşturulan Yalıtım Paneli



Şekil 4.5 5 cm EPS Köpük ile Oluşturulan Yalıtım Paneli

Tablo 4.1 Ses Geçiş Kaybı deney sonuçları

Frekans (Hz)	2 cm EPS + 1 cm Karışım + 2 cm EPS	1 cm EPS + 1 cm Karışım + 1 cm EPS + 1 cm Karışım + 1 cm EPS	1 cm EPS + 0,3 cm Karışım + 1 cm EPS + 0,3 cm Karışım + 1 cm EPS + 0,3 cm Karışım + 1 cm EPS	4,5 cm Eps + 1 cm Karışım	5 cm EPS
100	4,7	5,5	8	8,4	2,1
250	6,1	7,4	10,3	10,7	3,7
315	8,8	9,8	12,2	12,5	4,9
400	11,1	12,8	14,4	15,8	7,4
500	10,4	12,5	13,9	14,5	6,7
630	13,5	15,9	16,8	17,8	9,2
800	14	16,4	17,4	18,3	9,8
1.000	15,5	17,9	18,6	19,6	11,3
1.250	16,7	18,9	19,5	20,3	12,5
1.600	17	21,7	19,3	19,9	12,8
2.000	19,6	23,5	19	19,4	12,4

Tablo 4.1'den de anlaşılacağı gibi, ses geçiş kaybı, hem malzemedan malzemeye hem de frekanstan frekansa değişim göstermektedir. Bunun nedeni, frekanstaki değişim ile her bi frekanstaki sesin dalga boyunun değişmesidir. Frekans 100 Hz'den 2.000 Hz'e arttırılırken; dalga boyu da oransal olarak azalmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan malzemeler ses yutucu hava boşlukları içermektedir. Bu tür malzemelerin ses yutuculuk özelliği, artan frekans ile artmaktadır. Yükselen frekans ile sesin dalga boyu kısalmaktadır ve kısalan dalga boyu ile ses, malzemenin içindeki hava boşluklarına daha kolay girebilmektedir. Ses bu malzemedan geçerken; ses dalgaları bu boşluklara girerek ses enerjisinin bir kısmını malzemenin içindeki boşlukların yüzeyinde oluşan sürtünme ve titreşimlerden dolayı ısı enerjisine dönüştürerek tüketmektedir. Yani bir enerji türü olarak ses, malzemenin içinde yayılabildiği oranda, şiddetini kaybetmektedir. Tablo 4.1'de türetilen panellerin absorblayıcı boşluklu yapısından dolayı bu azalış, frekans arttıķça, yani ses dalgalarının dalga boyları kısaldıkķa artmaktadır. Tabloda sunulduğu gibi, türetilen her bir panelde genel olarak 1/3 oktav bandındaki merkez frekanslarındaki yükselişe bağlı olarak ses geçiş kayıplarındaki artışın sebebi bu durumdadır.



Tablo 4.1'deki 5 farklı panel incelendiğinde, en düşük ses geçiş kayıpları, sadece EPS'den oluşturulan panelde görülmektedir. Bu sonuç, kullanılan EPS'nin kapalı (düz) yüzlü boşluklu bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Geliştirilen ürünler değerlendirildiğinde, EPS köpük malzemelerinin arasında kalan pomza&akrilik karışımının kalınlığı ses geçiş kaybı değerlerini arttırdığını göstermiştir. En fazla ses geçiş kaybı 5 katmandan oluşan "Sandwich" model olarak nitelendirilen panelde elde edilmiştir. Bu malzeme ile 1.000 - 2.000 Hz frekans aralığında ortalama 20,5 dB gürültü azaltımı sağlanmıştır. Böylece çalışma kapsamında, gürültü yalıtımı için pomza tozu ve EPS gibi ucuz malzemeleri kullanarak, ekonomik, çevre dostu ve insan sağlığı için zararsız çözümler üretilebileceği kanıtlanmıştır. Ayrıca ülkemizde büyük miktarlarda bulunan pomza taşının da bu alanda kıymetli bir ham maddeye dönüştürülebileceği açıktır.

Bu tez çalışması hayata geçirilmeden önce ulusal ve uluslararası çeşitli kaynaklar kullanmayı planladığımız malzemeler ve yöntem üzerine elimizde olan imkanlar doğrultusunda araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalarımızın kapsamı genişledikçe geliştirmeyi düşündüğümüz ürünün piyasada bulunmadığını ve bilimsel çalışmalar arasında da çalışmamıza benzerlik gösteren nadir yayınla karşılaşılmıştır.

Bunlardan ilki 2010 yılı Haziran ayında Sarıışık A. ve Sarıışık G. tarafından gerçekleştirilmiştir. Sarıışık A. ve Sarıışık G. yapmış oldukları çalışmada bizim çalışmamızda olduğu gibi pomza ve EPS malzemelerini kullanmışlardır. Çalışmalarındaki asıl hedef inşaat sektörüne yeni bir blok yapı elemanı dahil etmektir.[29]

Sarıışık A. ve Sarıışık G. (2010) çalışmalarında tutucu madde olarak çimento kullanmışlardır. Pomza malzemesi olarak ise 12,5-16 mm aralığındaki boyutlar kullanılmıştır. Tercih etmiş oldukları 3 malzeme ile bir yapı elemanı meydana getiren Sarıışık ve Sarıışık geliştirdikleri ürüne, Yüzey Düzgünlüğü Analizi, Basınç Dayanım Analizi, Oturma Yüzeylerinin Düzlemsel Paralellikten Sapma Analizi, Kılcal Yolla Su Emme Analizi, Isı İletkenlik Analizi ve Ses Yalıtım Analizlerini uygulayarak ürünün uygunluğunu ve kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Gerçekleştirmiş oldukları bu önemli çalışma kullanılan malzemeler yönünden ve uygulanan analizler yönünden benzerlik göstermektedir. [29]

Sarışık A. ve Sarışık G. (2010) çalışmalarında da pomza kullanılmış olsada iki çalışmada da tercih edilen pomza malzemesinin hacimleri ve fiziksel özellikleri birbirlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Sarışık A ve Sarışık G. çalışmalarında 12,5-16 mm aralığındaki pomza malzemesini tercih etmişlerdir. Bunun sebebi pomzanın tutucu malzeme ile temas yüzeyinin arttırılmasıdır. Bizim çalışmamızdaki farklılık da bu noktada ortaya çıkmaktadır. Sarışık A. ve Sarışık G. çalışmalarında gürültü kirliliğini önlemeyi ilk planda tutmayıp ısı izolasyonuna dikkat çekmeye çalışmışlardır. Çalışmamızın farklılığını ön plana çıkartan, kullanılan pomza malzemesinin boyutunu en düşük seviyelere çekerek pomza malzemesi arasında ses dalgalarının soğurulması amacıdır. Her iki çalışmada da EPS köpük malzemesi kullanılmasının iki ana nedeni ısı iletkenlik katsayısının yüksek ve hafif bir materyal olmasıdır. Çalışmamızda ısı iletkenliği ile ilgili herhangi bir ölçüm yapılmadığı için bu doğrultuda bir karşılaştırılma yapılması mümkün değildir. [29]

Sarışık A.ve Sarışık G. 2010 yılında gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında kullandıkları ekipmanların kalitesinden yararlanarak ses yalıtım değerini 60 dB'in üzerine çıkarmışlardır. Piyasada bulunan yapı elemanlarına alternatif olarak yeni bir ürün geliştiren Sarışık A. ve Sarışık G. oldukça verimli bir ürün oluşturduklarını ispatlamışlardır. Kullanmış oldukları pomzanın da boyutları küçültülerek analiz verimini arttırabilirler. Manuel işlemler sonucu meydana getirmiş olduğumuz üründe ulaşılan sonuç 21,7 dB'dir. Çalışmalarda kullanılan mekanizmalar karşılaştırıldığında iki ürün içinde elde edilen sonuçlar oldukça verimlidir. [29]

Atay N. 2011 yılı Haziran ayında çalışmamıza benzer fakat farklı amaçlı bir çalışma meydana getirmiştir. Atay N. çalışmasında EPS köpük malzemesini kullanarak yeni bir kiremit türü oluşturmayı hedeflemiştir. İlgili çalışma EPS köpük malzemesinin kullanımı noktasında çalışmamızla benzerlik göstermektedir.[30]

Atay N. çalışmasında yeni bir yapı malzemesi üretimini hedeflediği için ürününe çevresel açıdan tek bir analiz uyguladığı tespit edilmiştir. Diğer uygulamış olduğu analizler çalışmamızda kullanılan analiz ile kıyaslanamamıştır. [30]

Atay N. EPS malzemesine uyguladığı harç ile ürünün su emme oranına ve dondayanıklılık seviyelerine pozitif yönde etki etmiştir. Çalışmasında kullanmış olduğu silis kumuna alternatif olarak çalışmamızda kullanılan pomza madeni tercih edilebilir.

Tercih edilebilirliğinin sebepleri ise hem ekonomik oluşu hem de fiziksel ve kimyasal özelliklerinden daha iyi yararlanarak analiz sonuçlarının daha verimli çıkacağını düşünmemizdir. [30]

Atay N.'in çalışması gürültü kirliliğini önleme açısından değerlendirildiğinde, analiz sonuçlarına göre 23,5 dB'lik bir ses değeri ürün bünyesinde hapsedilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz en iyi sonuç Atay N.'nin çalışması ile kıyaslandığında 1,8 dB'lik bir fark gözükmektedir. İleri teknolojik yöntemler kullanılarak elde edilen ses engelleyicilik değerine, biz manuel yöntemler kullanarak ulaşmış bulunmaktayız. Çalışmamıza daha otomatik ve teknolojik mekanizmaların eklenmesi ulaşmış olduğumuz 21,7 dB'lik sonucu daha üst seviyelere taşıyacaktır. [30]

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada temin edilmesi kolay olan ve ülkemizde maden yatağı oldukça fazla olup önemli birçok sektörde kullanılan pomza malzemesi kullanılarak bir ses engelleyici panel oluşturmak hedeflenmiştir. Çalışmamızı gerçekleştirirken bu yeni ürünün maliyetinin az olması ve basit yöntemlerle oluşturulabilmesi düşünülerek faaliyete geçilmiştir. Çalışmamızda pomza madeninin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanılarak verimin artırılması hedeflenmiştir. İnşaat sektöründe önem arz eden diğer bir hususta ısı olduğu için EPS malzemenin kullanımı da bu yüzden tercih sebebi olmuştur.

Bu amaçla üretilen 5 farklı panel örneği üzerinde 1/3 oktav bandında 100 - 2.000 Hz aralığında deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

### 5.1 Sonuçlar

- 5 katmandan oluşan "Sandwich" model olarak oluşturulan panelde, en yüksek ses geçiş kaybı elde edilmiştir. Ses geçiş kaybı, 1.000 - 2.000 Hz aralığındaki orta frekanslarda ortalama 20,5 dB olarak bulunmuştur.
- Sadece 5 cm'lik EPS köpük malzemesinden oluşturulan numunemizde elde edilen sonuçlar diğer 4 numunemize referans olmuştur.
- Oluşturulan panellerin analiz sonuçlarına göre tercih edilen pomza & akrilik karışım kalınlıkları verimi doğrudan etkilemiştir. Bu kalınlığın artırılması ses geçiş kaybı değerlerini arttıracaktır.
- Çalışmamızda tercih edilen pomza malzemesi herhangi bir işleme sokulmadan doğrudan ürün geliştirme sürecine dahil olabilecek bir üründür.
- Pomza ve EPS köpük malzemelerinin hafifliği oluşturulan panellerin hem yapı içi hem de yapı dışı mekanlarda kullanımını arttırmaktadır.
- Geliştirilen paneller sayesinde yalnız ses değil aynı zaman da ısı izolasyonuda sağlanmaktadır.
- Çalışmamızın en başından beri pomza malzemesinin tercih edilebilirliğinden bahsettik ve analiz sonuçlarına göre de bu malzemenin neden tercih sebebi olduğunu gösterdik.
- Analiz sonuçları 100 - 2.0000 Hz frekans aralığında elde edilmiştir.

- Pomza taşının gözenekli yapısı sayesinde çevre dostu, ekonomik ve insan sağlığına risk oluşturmayan izolasyon çözümlerinin bulunabileceği gösterilmiştir.

## 5.2 Öneriler

Geliştirmiş olduğumuz bu ürünün hem çevreye hem de insanlara yararlı olacağı düşünüldüğünden ürünün farklı metot ve yöntemlerle geliştirilmesi oldukça önemlidir. Düşük maliyet ile gerçekleştirilen bu çalışma aynı zamanda çevre ve inşaat sektörlerinde tercih edilir hale getirilebilir.

- Bu tez çalışması mevcut imkanlarla tahmin edilen verimin üstünde bir sonuç ortaya koymuştur. Ürünün oluşturulması esnasında daha teknolojik malzemelerin kullanılması verimi üst seviyelere taşıyabilir.
- İnşaat ve çevre bilimlerindeki akademisyenlere bu ürünün geliştirilmesi için ortak çalışma alanı oluşturulması ürünümüzün önemi arttırabilir.
- Numunelerde belirlenen EPS ve pomza malzemelerinin kalınlıkları sonuçlar doğrultusunda değerlendirilip değiştirilerek verim bir üst seviyelere taşınabilir.
- Numunelerin kuruma süreleri pomza malzemesinin yapısını etkileyebilir. Bu yüzden kurutma safhası EPS malzemesine zarar vermeyecek ve kuruma süresini kısaltacak olan bir işlemle gerçekleştirilirse verimin artacağı öngörülmektedir.
- EPS malzemelerinin arasında bulunan pomza karışımının içeriğindeki su miktarı azaltılarak pomzanın gözenekli yapısından daha çok yararlanılabilir.
- Yanıcı özelliği bulunmayan pomzanın bu tarz ürünler geliştirilmesinde kullanımı arttırılmalıdır.
- Geliştirmiş olduğumuz paneller gürültüyü hem kaynağında hem de alıcıda engellemek için yüzey kaplayıcı olarak tercih edilebilir.
- Yeni ürün geliştirme hedeflerinde doğal madenlerin kullanımı ekonomik açıdan yararlı olacaktır.
- Analiz sonuçlarına ısı izolasyon değerlerinin de eklenmesi ürünün kalitesini arttıracaktır.
- Ürün maliyet açısından değerlendirildiğinde yüksek maliyetli ürünlere göre tercih edilen malzeme haline gelecektir.
- Ürünümüz gürültü seviyesinin yüksek olduğu alanlarda hem konut içi hem de konut dışı yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- 1 Bıçakcı, T., "Trafikten Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritaları ve Çukurova Üniversitesi Kampüsü Örneği", *Yüksek Lisans Tezi*, Adana, 2011.
- 2 Özgüven, H., N., "Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi", Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), *Seminer Notları*, Ankara, 2007.
- 3 Nelson P. M., "Transportation Noise Reference Book", *Butterworths & Co. (Publishers) Ltd.*, London, s. 37-39, 1987.
- 4 Still, H., "The Quest of Quiet", *Stackpole Books*, Harrisburg, PA., 1970.
- 5 Karabiber, Z., "Gürültü-İnsan Etkileşimi", *Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu* Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü I.Bildiriler, I. Cilt. Bebek-İstanbul., 1991.
- 6 Kurra, S., "Gürültü Kirliliği Ulusal Çevre Eylem Planı", *DPT*, Ankara, 1-87., 1998.
- 7 Nelson P. M., "Transportation Noise Reference Book", *Butterworths & Co. (Publishers) Ltd.*, London, s. 33- 35, 1988.
- 8 Yüceer, N., "Erkunt Döküm Sanayi Gürültü Haritası Çıkarılması Çalışması", Ankara, s. 1-4., 2001.
- 9 İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Gürültü ve Titreşim Kontrolü Şube Müdürlüğü "-Çevresel Gürültü Eylem Planı",  
<http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/GurultuKaynaklari.aspx?sflang=tr>, 2009.
- 10 İnternet: Orman ve Su İşleri Bakanlığı "Gürültünün İnsan Üzerine Etkileri"  
<http://basinhaber.ormansu.gov.tr/osb/Files/duyuru/anasayfaDuyurular/Sunu%205%20Prof.Dr.Sevtap%20Y%C4%B1lmaz%20Demirkale.pdf>
- 11 Meshkani, M., Zaredar, N., Izadpanah, F., Pouragha, H.R., Naderzadeh, M., Nasserpour, M., Monazzam, M.R. , "Developing a train noise index for noise pollution assessment of inter-urban trains. Fluctuation and Noise Letters", 13(3), s. 1-13., 2014.

- 12 Toröz, İ."Gürültü ve Yönetimi Eğitim Notları. Çevre Görevlisi Eğitim Programı" Antalya: *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.*, 2009.
- 13 Avşar, Y., "Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Kampüsü ve civarının Gürültü haritasının çıkarılması" *Yüksek Lisans Tezi*, 1998.
- 14 Karpuzcu, M.."Çevre kirlenmesi ve kontrolü", 13. basım.: *Kubbealtı Yayınları.*, İstanbul 2012.
- 15 Gündüz, L., Sarıışık, A., Davraz, M., Uğur, D., Çankıran, O.. "Pomza Teknolojisi" Cilt I (a), *SDÜ Yayını*, Isparta, 1998.
- 16 Elmataş, N.,"Türkiye ekonomisi için önemi giderek artan bir maden: pomza (Sünger Taşı)", *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt:5 Sayı:23,s. 196-206. 2012.
- 17 Bims Sanayiciler Derneği, *Bims Alt Sektör Raporu*, Rapor No:5, Ankara, 2006.
- 18 Özkan, G., ve Tuncer, G."Pomza Madencilğine Genel Bir Bakış", 4. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 18-19 Ekim, İzmir, Türkiye, Sy: 200-207. 2001.
- 19 Crangle, R.D., "Pumice and Pumicite, 2012 Minerals Yearbook," *U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey.*,s. 41-44, 2013.
- 20 Köse, H. ve Pamukçu, Ç., "Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanaklar", 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 16-17 Ekim, İzmir, Türkiye. Sy. 97., 1997.
- 21 İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, [http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden\\_potansiyel\\_2010](http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010).
- 22 Kalıpcı, E "Avanos İlçe Merkezinde Trafik Kaynaklı Gürültü Kirliliğinin Mekansal Analizi", *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt:6(1), s. 20-29., 2017.
- 23 Soylu, M. ve Gökkuş, Ö., "Endüstriyel Kaynaklı Gürültü Kirliliğinin Araştırılması ve Bir Tekstil Fabrikasında Uygulama Örneği", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt:32, Sayı 2., s.17-21,2016.
- 24 Bulunuz, M., Bulunuz, N., ve Tuncal, J.," Akustik İyileştirme Yapılmış Bir Okulda Gürültü Düzeyinin Değerlendirilmesi", *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, Cilt :13(4), s. 637-658, 2017.



- 25 Şahin, K., Şahin, A., ve Bağcı, H.R., "Sinop Şehri Ve Yakın Çevresindeki Bazı Okullarda Gürültü Kirliliği", *Studies of The Ottoman Domain Journal*, Cilt:4, Sayı:6, 2017.
- 26 Gündüz, L., "Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi", *4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 18-19 Ekim 2, İzmir, Türkiye, 2001.
- 27 Erdoğan, Y. ve Yaşar, E, "Nevşehir Pomzasından Üretilen Briketlerin Isı ve Ses İletkenlikleri Açısından Değerlendirilmesi", *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı*, İzmir, 2005.
- 28 Ünal, O., Demir, İ., ve Uygunoğlu, T., "Pomza Ve Diyatomitin Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması", *III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 3-4 Aralık, İstanbul, 2003.
- 29 Sarıışık, A., ve Sarıışık, G., "Yeni Üretim Prosesi İle Pomza Agregalı Hafif Beton Ve Eps Köpüklü İzolasyon Blok Üretimi, Standartlara Uygunluğu Diğer Duvar Yapı Elemanları İle Karşılaştırılması", *Madencilik*, Cilt 49, Sayı 2, Syf 27-39., 2010.
- 30 Atay, N., "Expanded Polistiren Sert Köpük (Eps) Malzemesinin Kiremit Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi", Bartın, *Yüksek Lisans Tezi*, 2011.

## ÖZGEÇMİŞ

Halil İbrahim ÇAMLI 1993 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2012 yılında Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2016 yılında mezun olduğu Hacı Bektaş Veli Üniversitesinin Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Nevşehir ve Ankara'da çeşitli sektörle iş tecrübesi edinen Halil İbrahim ÇAMLI şuanda Ankara'da özel sektörde tehlikeli atık geri kazanım tesisinde çalışmaktadır.

Adres: Ata Mahallesi Mavi Yıldız Caddesi Yeni Akdam Sitesi B/16  
Yenimahalle/ANKARA

Telefon: 0541 434 28 26

E-mail: camli5006@gmail.com

