

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Yıl: 2019
Sayı:29

CİLT II
SOMA

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Sahibi:

Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Yönetim Kurulu Adına
MCBÜ Soma MYO

Editörler:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Yayın Kurulu:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Prof. Dr. Ayşe ÖNDÜRÜCÜ
Prof. Dr. Mete HANÇER
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Berkant SELEK
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Sekreter:

Öğr. Gör. Fatih SUVAYDAN

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler
Dergisi yılda iki sayı olarak yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir.**

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU:

Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
Prof. Dr. Yaşar KASAP
Doç. Dr. Ersin ASLAN
Dr. Öğretim Üyesi İbrahim AYDIN
Dr. Öğretim Üyesi İrem Deniz CAN
Dr. Öğretim Üyesi Önder ŞAHİNASLAN
Öğretim Görevlisi Dr. Mehmet AYVAZ
Araş. Gör. Dr. Tuğba Keskin GÜNDOĞDU

Dergide yayınlanan tüm makaleler ve ileri sürülen görüşlerde, sorumluluk yazar ve hakemlere aittir.

İletişim Adresi:

Fırat TEKİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Soma Meslek Yüksekokulu, Soma-Manisa /TÜRKİYE
Tel: 0 236 612 00 63
Fax: 0 236 612 20 02
e-mail: somamyo-dergi@cbu.edu.tr
firat.tekin@cbu.edu.tr

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

İÇİNDEKİLER

1- AÇIK OCAKLARDA ÖRTÜ TABAKASI KAZISININ PATLATMA UYGULAMALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ ÜZERİNDEKİ ÖNEMİ

Serdar ERCİNS, Cem ŞENSÖĞÜT.....1-9

2- KONUM BAZLI KARBON MONOKSİT TAKİP SİSTEMİ

Fatih YÜCALAR, Emin BORANDAĞ10-22

3- LİGNOSELÜLOZİK BİYOKÜTLENİN ÖNİŞLEM YÖNTEMLERİ

Ezgi Rojda TAYMAZ, Mehmet Emin USLU.....23-31

4- ORTOTROPİK MALZEMEYE SAHİP ANKASTRE KOMPOZİT ÇUBUK ELEMANIN TİTREŞİMİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ

Mustafa Oğuz NALBANT32-41

5- Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu

Teknik Bilimler Dergisi Yazım Kuralları.....42-43

AÇIK OCAKLARDA ÖRTÜ TABAKASI KAZISININ PATLATMA UYGULAMALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ ÜZERİNDEKİ ÖNEMİ

Serdar ERCİNS¹, Cem ŞENSÖĞÜT²

ÖZET

Bu çalışma, bir açık maden işletme sahasında yapılan örtü kazı işi sırasında gerçekleştirilen patlatma uygulamalarına ait titreşim ve hava şoku etkilerinin, çevrede ve özellikle ocakta örtü tabakası kazı alanına yakın bir konumda bulunan yeraltı nefeslik girişine ne derecede hasar vereceğini belirlemek üzere gerçekleştirilmiştir. Ancak, burada gerçekleştirilen atımlardan birisi gevşetilmiş fakat pasası nakledilmemiş bir basamak üzerinde yapılmıştır. Sahada yetkililerin belirlemiş olduğu patern ve patlayıcı miktarları ile gerçekleştirilen patlatmalarda, gevşetilmiş örtü tabakası nakli yapılmadan aynı basamakta uygulanan atımın titreşim açısından önemli ölçüde risk teşkil ettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, örtü tabakası, titreşim, hava şoku.

IMPORTANCE OF OVERBURDEN EXCAVATION ON ENVIRONMENTAL EFFECTS OF BLASTING APPLICATIONS IN OPEN PITS

ABSTRACT

This study was carried out to determine whether the vibration and air shock effects of blasting operations during overburden excavation at an open pit site would cause damage to the environment and especially to the underground drift for airflow entry near the excavation area. However, one of the blasting performed here is realized on a bench which has been loosened but not transferred to overburden stock area. Pattern and explosive amounts determined by the authorities in the field and the explosions carried out in the same bench without the transportation of loose overburden is determined to pose a significant risk in terms of vibration.

Key Words: Blasting, overburden, vibration, air shock

1. GİRİŞ

Açık işletmelerde üretim öncesi gerekli hazırlık aşamaları tamamlanmalıdır. Kazı, yükleme ve nakliye işlemlerinin ekonomik ve emniyetli bir şekilde yapılabilmesi, önceden yapılması gereken hazırlık işlemlerinin doğru ve etkin belirlenmesi ile mümkündür. Bu hazırlık aşamalardan birisi olan patlatma uygulamaları, özellikle sert formasyonlarda madene

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas MYO, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Sivas

² Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Sorumlu Yazar: Cem ŞENSÖĞÜT (sensogut@dpu.edu.tr)

ulaşıncaya kadarki örtü malzemesinin gevşetilmesinde kullanılan ve “gevşetme patlatması” olarak da ifade edilen en temel yöntemdir. Patlatma uygulamalarının teoriye uygun, tasarımının ve uygulama durumlarının deneyimlenmiş olarak yapılması oldukça önem arz etmektedir. Gevşetme patlatması ile kayacın optimum parçalanması sonrasında açığa çıkan malzemenin, en ekonomik ve etkin bir şekilde taşınması mümkün kılınmaktadır. Uygun olmayan gevşetme patlatması ile parçalanma işlemleri, hem yükleme hem de taşıma faaliyetleri için ayrılan süreyi artırırken aynı alanda yapılacak bir sonraki patlatma uygulamasını da geciktirmektedir.

Mevcut çalışmada, bir açık işletme maden sahasında farklı zamanlarda gevşetme amaçlı yapılan iki farklı patlatma uygulamasının aynı saha içerisinde bulunan yeraltı nefeslik bölgesine etkisi incelenmiştir. Gerçekleştirilen patlatma uygulamalarından bir tanesi, önceden patlatılıp gevşetilmiş örtü tabakasının nakli sağlanmadan, o alanın hemen arkasına yeniden delik delinmek suretiyle işletme sorumlularının onayı ile yapılmıştır. Diğerisi ise yine aynı bölgede basamak patlatması şeklinde ve örtü tabakası kaldırılmış, temiz bir serbest yüzey oluşturularak yapılmıştır. Bu çalışma ile ayrıca, örtü tabakası kazısının hem çevresel hem de patlatma uygulamaları üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. SAHANIN JEOLJİK YAPISI VE İŞLETME YÖNTEMİ

Sahada genellikle serpantinleşmiş ultra bazik kayaların bulunduğu zonun üzerinde, Miyosene ait karasal alt seri ile Pliyosene ait karasal üst seriden oluşmuş neojen sedimanları yer almaktadır. Üst seri tabakaları, 15° ye kadar yatımı olan alt seri sedimanları üzerinde diskordans olarak yatmaktadır (Gazanfer, 1976).

Sahada yeraltı ve açık işletme olmak üzere iki yöntemle kömür üretimi yapılmaktadır. Hali hazırda açık işletme yöntemi ile kömür üretiminin öncesinde örtü tabakası kazısı yapılmakta, bu işlem delme, patlatma, yükleme, taşıma ve dökme uygulamaları ile gerçekleştirilmektedir. Ancak örtü tabakası kazısı için yapılan gevşetme patlatmaları, saha içerisinde bulunan bazı bölgeleri olumsuz etkilemektedir. Bu bölgelerden en önemlisi ise yeraltı işletmesinin havalandırılması için tesis edilen “Nefeslik” tir.

3. SAHADA UYGULANAN PATLATMA UYGULAMALARI

İşletme sahasında aynı bölgede, farklı zamanlarda gerçekleştirilmiş olan iki patlatma uygulamasının çevresel etkilerinin incelenmesi adına titreşim ve hava şoku ölçümleri alınmıştır. Böylece, örtü tabakası kazısının yapılacağı söz konusu alanda uygulanan gevşetme patlatmalarının, özellikle yakın mesafede bulunan nefesliğe hangi düzeyde etki edeceğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Delme patlatma tasarımında, her bir atım için delik paterni parametreleri göz önüne alınmıştır. Delikler şarj edilirken patlayıcı madde olarak ANFO ve jelatin tipi dinamit kullanılmıştır. Her deliğe ortalama aynı miktarda ANFO şarj edilmiştir.

Patlatma uygulamalarının ilkinde, gevşetilen örtü tabakası malzemesi yüklenerek taşınmış ve temiz bir şeve sahip olan basamakta Çizelge 1’deki patlatma patern verileri doğrultusunda patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. İlk patlatma uygulamasının patern tablosu

Delik Çapı (inç)	6	Delik Sayısı	90
Delik Boyu (m)	8	İkincil Patlayıcı	ANFO
Sıkılama Uzunluğu (m)	1 - 3	Dinamit (kg)	40
Dilim Kalınlığı (m)	3 – 3,5	ANFO (kg)	7060
Delikler arası Mesafe (m)	7 - 8	Ölçüm mesafesi (m)	350
Kayaç Yoğunluğu (t/m^3)	2		

Diğer patlatma uygulaması ise önceden atım yapılmış ancak sonrasında gevşetme patlatmasından açığa çıkan örtü tabakası naklinin yapılamadığı bir basamağa yeniden delikler delinerek Çizelge 2’deki patlatma patern verileri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2. İkinci patlatma uygulamasının patern tablosu

Delik Çapı (inç)	6	Delik Sayısı	93
Delik Boyu (m)	7,5	İkincil Patlayıcı	ANFO
Sıkılama Uzunluğu (m)	2,5 - 4,5	Dinamit (kg)	95
Dilim Kalınlığı (m)	3,5-4	ANFO (kg)	9500
Delikler arası Mesafe (m)	6 - 8	Ölçüm mesafesi (m)	310
Kayaç Yoğunluğu (t/m^3)	2		

Gerek basamak üzerinde gerekse şev yüzeyinde kalan gevşetilmiş örtü tabakasının, iklimsel ve bazı mekanik sorunlar nedeni ile naklinin sağlanamadığı ifade edilmiştir. Ancak hem delme hem de işletme planlarının gerisinde kalınmaması için temizlenememiş alanın hemen arkasına yeniden delik delinerek patlatma uygulaması yapılmıştır.

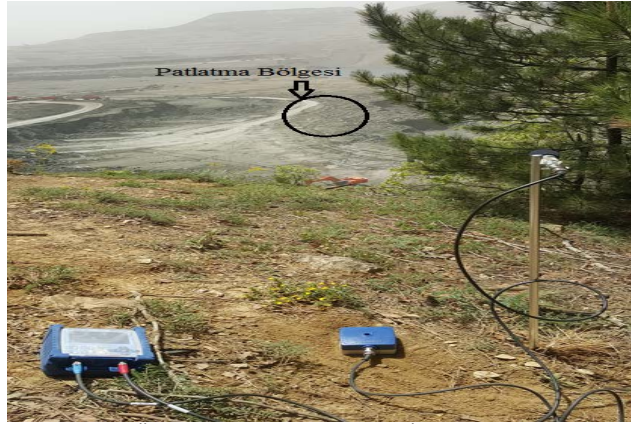
Gevşetilmiş örtü tabakasının naklinin yapılamadığı basamak üzerinde gerçekleştirilen patlatma uygulamasından elde edilen titreşim ve hava şoku ölçüm değerleri ile hem nefeslik bölgesine olan etkisi hem de şev yüzeyinde malzeme varken, patlatmadan açığa çıkan enerjinin titreşim ve hava şoku değerlerini hangi ölçüde etkilediği araştırılmıştır.

4. PATLATMA UYGULAMALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Bu çalışmada, delik paternleri ile delik geometrisi ve şarj miktarları işletmenin teknik sorumlusu tarafından belirlenmiş olan iki patlatma uygulamasının, “Nefeslik” bölgesine olan çevresel etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 1). Bu amaç doğrultusunda belirlenen bölgeye titreşim ölçüm cihazı yerleştirilmiş (Şekil 2) ve gerçekleştirilen patlatma uygulaması sonrasında elde edilen veriler yorumlanmıştır.



Şekil 1. Titreşim Ölçümünün Alındığı Nefeslik Bölgesi.



Şekil 2. Titreşim Ölçümünün Alındığı Yer İle Patlatma Yapılan Bölge

Patlatma uygulamalarından ilki, ölçümü alınan bölgeye 350 m mesafede, serbest yüzeyi açık, örtü tabaka kazısı yapılmış ve temizlenmiş bir basamak üzerinde (Şekil 3), diğeri ise kazısı yapılamamış ve serbest yüzeyi gevşetilmiş örtü tabakası malzemesi ile dolu bir basamak üzerinde (Şekil 4) ve ölçümü alınan bölgeye 310 m mesafede yapılmıştır.



Şekil 3. İlk patlatma uygulaması öncesi ve sonrası görünüm



Şekil 4. İkinci patlatma bölgesi, patlatma öncesi görünüm

Gerçekleştirilen ikinci patlatma uygulamasında basamak üzerinde bir serbest yüzey olmaması, patlatmadan açığa çıkan enerjinin basamak gerisinde çatlak oluşturmamasına, öteleme enerjisinin kayacı yukarı doğru yöneltmesine ve sıkılama malzemesinin gereğinden önce bozularak patar çıkmasına neden olmuştur (Şekil 5). Şekil 5 üzerindeki çizginin sağ tarafında dekapajı alınmamış hacim, sol tarafında ise yeni patlatılan alanın patlatma anındaki görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5. İkinci patlatma bölgesi, patlatılma anındaki durum

4.1. Hava Şoku ve Gürültü

Sahada yapılan patlatmaların hava şoku ve titreşim değerleri, titreşim ölçüm cihazı kurularak kaydedilmiştir. İlk patlatma uygulamasından elde edilen hava şoku değeri 119,4 dB, ikinci patlatma uygulamasından elde edilen hava şoku değeri ise 121,2 dB'dir. Çizelge 3, 4 ve 5' e bakıldığında patlatma uygulamalarından elde edilen hava şoku değerlerinin yönetmeliklerdeki sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Ayrıca yapılan patlatmalardan sonra açığa çıkan gürültü değerlerinin düşük olmasında, patlatma bölgesi ile nefesliğin bulunduğu bölge arasındaki mesafenin uzak olması da etkilidir.

Çizelge 3. Hava şoku ve gürültü seviyelerinin çevresel etkisi (Hüdaverdi & Kuzu, 2005).

dB	psi	Etki	dB	psi	Etki
180	3,0	Binalarda hasar	120	0,0030	Rahatsız edici sürekli ses sınırı
170	0,95	Pencere camlarının çoğu kırılır	110	0,00095	
160	0,30		100	0,00030	
150	0,095	Bazı pencere camı kırılmaları	90	0,000095	8 saatlik sürekli seste rahatsız olma
140	0,030	Ani (impulse) ses için maksimum seviye	80	0,000095	
128	0,0070	Emniyetli seviye			

Endüstriyel tesisler için sınır değerler ve iskân bölgelerinde gürültüden rahatsız olma düzeyleri Çizelge 4' de ve Çizelge 5'te verilmiştir (ÇGDYY, 2010).

Çizelge 4. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin “Tablo 4: Endüstriyel Tesisler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri”.

Alanlar	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)	Alanlar	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
	Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar	60	55		50	Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	Endüstriyel alanlar	70	65	60

Çizelge 5. İskân Bölgelerinde Gürültüden Rahatsız Olma Düzeyleri.

Ortamdaki Gürültü Düzeyi (dBA)	Toplumsal Reaksiyon Şiddeti	Ortamdaki Gürültü Düzeyi (dBA)	Toplumsal Reaksiyon Şiddeti
50-60	Ses genelde algılanabilmekle beraber şikâyet olmamakta	70-80	Yasal mercilere yoğun başvurular ve önlem alınması için yerel yönetimler nezdinde yaygın şikâyetler
55-65	Seyrek şikâyetler	75-85	Çok yaygın yoğun şikâyetler, önemli ölçülere varan huzursuzluklar
60-75	Yaygın şikâyetler ve yasal mercilere bireysel başvurular		

4.2. Yer Titreşimi

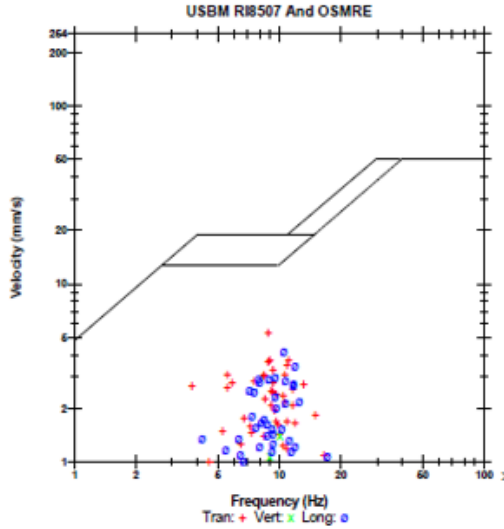
Sahada ölçümü alınan patlatma uygulamalarının titreşim değerleri, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Yönetmeliğinin titreşim hasar limit değerlerine göre yorumlanmıştır. Söz konusu hasar normunda belirtilen eşik hasar limitleri için en fazla parçacık hız değeri 19 mm/sn’ dir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Çok Hassas (Ek ibare: RG-27/4/2011-27917) ve Hassas Kullanım Alanının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri (ANON, 2010).

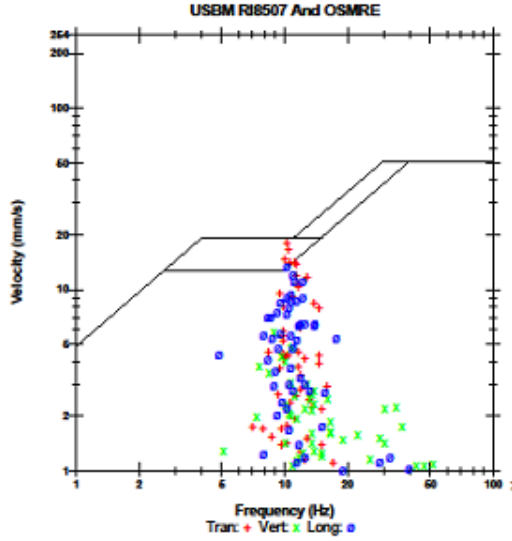
Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)
1	5
4-10	19
30-100	50

Yapılan patlatmaların titreşim değerlerine ait cihaz çıktıları Şekil 6 ve 7’de verilmiştir. Gerçekleştirilen ilk atım sonucunda ölçülen titreşim hızları, bahsi geçen nefesliğin bulunduğu bölge ile çevre yapılara herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmamıştır. Ayrıca ölçüm değeri olan 5,477 mm/sn değeri, hasar normundaki 19 mm/sn’lik hasar başlangıç sınır değerinin de altındadır (Şekil 6).

Gerçekleştirilen ikinci atım sonucunda oluşan titreşim hızları bahsi geçen nefesliğin bulunduğu bölge ile çevre yapılarda, hasar normundaki 19 mm/sn ’lik hasar oluşturma tepe değerinin altında kalması sebebi ile herhangi bir olumsuz etki meydana getirmeyeceği izlenimini vermektedir. Ancak örtü tabakası nakledilememiş basamak üzerinde gerçekleştirilen bu patlatma uygulamasından alınan ölçüm sonuçlarından da görüleceği üzere, patlatma uygulamasına ait ölçülen 18,58 mm/s ’lik sınır değeri her ne kadar 19 mm/sn ’lik tepe değerinin altında kalsa da, hasar oluşturma ve çevresel etkiler açısından oldukça önemli sorunlar oluşturabilecek düzeydedir (Şekil 7). Patlatma uygulaması esnasında ölçülen titreşim değerinin üst sınıra bu kadar yakın çıkmasına sebep olan olumsuz durumlar, “Sonuçlar ve Öneriler” başlığı altında detaylı bir şekilde açıklanmıştır.



Şekil 6. İlk patlatma uygulamasına ait titreşim ölçümü cihaz çıktısı



Şekil 7. İkinci patlatma uygulamasına ait titreşim ölçümü cihaz çıktısı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Açık maden işletme sahasında yapılan iki patlatma uygulamasının neden olduğu titreşimlerin, özellikle ölçüm noktalarına 350 ve 310 m mesafede olan nefeslik bölgesi ile çevreye olan etkilerini ölçmek ve hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda yorum yapabilmek adına gerçekleştirilen patlatma faaliyetlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yüzeyi atım yapabilmek için uygun hale getirilmiş olan basamakta gerçekleştirilen ilk patlatma uygulamasında, titreşim ve hava şoku değerleri izin verilen sınırlar dâhilinde kalmıştır. Patlatma uygulamasının yapıldığı alana 350 m mesafede bulunan ve özellikle nefesliğin bulunduğu alanda ölçülen titreşim değeri 5,477 mm/sn olup bölgede herhangi bir olumsuz durumla karşılaşmamıştır.

Gevşetilmiş örtü tabakası nakledilemeyen ve nefeslik bölgesine 310 m mesafede gerçekleştirilen ikinci atımda, yük mesafesinin fazla olması, malzemenin ötelenememesine, yetersiz parçalanmasına ve geri çatlak oluşumuna yol açmıştır. Ayrıca patlatma esnasında açığa çıkan enerji malzemeyi öteleyemeyip, geri örselenmeye sebep olunca yer titreşimi 18,58 mm/sn olarak ölçülmüş ve neredeyse benzeri olan diğer patlatma uygulamasına göre yaklaşık 3,4 kat artmıştır. Sonraki atımlarda benzer şekilde gerçekleştirilecek patlatma uygulamaları nefeslik bölgesine önemli düzeyde zarar verecektir. Şekil 7'deki titreşim ölçer cihazının çıktısına bakıldığında, birçok dalga boyunun 19 mm/sn'lik sınır çizgisini aştığı da görülecektir. Bunun yanı sıra yükleyici ve taşıyıcı makinelerin verimli olarak çalışmamasına ve sonuçta maliyette önemli bir artışa da neden olmuştur.

Bu patlatma uygulamalarının titreşim ölçümü sonuçlarından da görüleceği üzere, atım yapılacak alanın patlatma yapmaya uygun hale getirilmesi, önceki patlatmadan açığa çıkan tüm malzemenin yüklenecek taşınmış olması ve kazısı yapılmayan basamak üzerinde tekrar delik

delinmek sureti ile patlatma uygulaması yapılmaması, hem patlatmanın çevresel etkilerini hem de yükleme, taşıma ve kırma maliyetlerini artırması açısından daha doğru olacaktır.

6. KAYNAKLAR

[1]. ANON, (2010), Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

[2]. ÇGDYY, (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC) Resmi Gazete Sayı: 27601, 04.06.2010

[3]. Gazanfer, S. (1976). *G.L.İ. Müessesesinde Linyit Üretim Faaliyetleri*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi'nde düzenlenen seminer bildirilerinden.

[4]. Hüdaverdi T. & Kuzu C. (2005). Madencilik Faaliyetlerinde Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkilerin Ölçülmesi ve Analizi,3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara 5-6 Mayıs, s. 135-140.

KONUM BAZLI KARBON MONOKSİT TAKİP SİSTEMİ

Fatih YÜCALAR¹, Emin BORANDAĞ²

ÖZET

Bu çalışmada, donanım ve yazılım mimarisinin senkronize bir şekilde çalışmasıyla ortamda bulunan karbon monoksit (CO) yoğunluğunun tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilecek sistem ile ortamda bulunan CO yoğunluk oranına göre kullanıcıya “sesli” ve “yazılı” uyarı mekanizmaları vasıtasıyla anlık durum bildirimini yapılacaktır. Sistem, CO yoğunluğunun insan bünyesinin karşı koyabileceği seviyelerde yaptığı sesli ve yazılı uyarılar ile kullanıcıya hane içindeki yoğunluğunun fazlalaştığını, ortama oksijen girişinin yapılması gerektiğini bildirecektir. Kullanıcı sisteme müdahale edinceye kadar, belirlenmiş süre zarfında uyarı mekanizması çalışmasını sürdürecektir. Ortamdaki CO yoğunluğu kritik seviyelere ulaştığında insan vücudunda sersemlik, uyku hali, bilinç kaybı gibi etkilere neden olur. Literatürde belirtilen kritik CO yoğunluk değerlerinin aşılması durumunda hane içindeki kişi ya da kişiler CO zehirlenmesine maruz kalabilir. Bu gibi durumlarda sistem ölçümediği değerlere göre tehlikenin farkına varır ve standart uyarı mekanizmasını çalıştırır. Ortamda bulunan CO yoğunluk oranına göre kritik durumlarda sistem üzerinde bulunan GPRS modülü aracılığıyla hanenin konum (enlem-boylam) bilgisi, adres bilgisi ve ortam bulunan CO yoğunluk miktarı bölgedeki en yakın acil durum ve sağlık kuruluşuna (Hastane-Ambulans) sistem tarafından bildirilecektir. Bilgilendirilmesi yapılan içerikte hane içerisindeki kişilerin CO yoğunluğunun kritik seviyeye ulaşmasından dolayı zehirlenme tehlikesi ile karşı karşıya kaldığı bilgisine yer verilmektedir. Bu sayede zehirlenme ve can kayıplarının minimum seviyeye inmesi sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Arduino, CO, Gömülü Sistemler, CO Tespit Sensörü.

LOCATION BASED CARBON MONOXIDE MONITORING SYSTEM

ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine the density of carbon monoxide (CO) in the environment by the synchronous operation of hardware and software architecture. With this system, instant status notification will be sent to the user through “audio” and “written” warning mechanisms according to the CO density in the environment. Using audio and written warnings when the CO density is at a level that can be tolerated by human structure, the system will inform the user that the CO density has increased in the house and oxygen is needed in this environment. Until the user interferes in the system, the warning mechanism will continue to work within the determined time period. When the CO density in the environment reaches critical levels, it has certain effects on human body such as dizziness, sleepiness and loss of consciousness. If the critical CO density values in literature are exceeded, the individual(s) in

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, fatih.yucalar@cbu.edu.tr, +90 236 314 10 10, Turgutlu, Manisa, Türkiye.

² Dr. Öğr. Üyesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, emin.borandag@cbu.edu.tr, +90 236 314 10 10, Turgutlu, Manisa, Türkiye.

the house may be exposed to CO poisoning. In such cases, the system becomes aware of the danger based on its measurements and activates the standard warning mechanism. In critical situations depending on the CO density in environment, the system will notify the location (latitude-longitude) and address of the house and the amount of CO density in the environment to the nearest emergency and healthcare facility (hospital-ambulance) in the area through its GPRS module. The notified content also includes the information that individuals in the house face poisoning danger due to the critical levels of CO density. Thus, poisoning cases and loss of lives will be minimized.

Keywords: Arduino, CO, Embedded Systems, CO Detection Sensor.

1. GİRİŞ

Karbon Monoksit (Carbon Monoxide – CO), yanıcı, renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. İnsan vücuduna solunum yolu ile giren bu zehirli gaz kana doğrudan karışarak oksijen alımını engeller. Bu durum zehirlenme ve ölüme neden olur. Kapalı ortamlarda yer alan açık ocaklarda, bacası iyi çekmeyen sobalarda, şöfbenlerde, bacası olmayan gaz sobalarında içerideki yakıtın iyi yanmaması nedeniyle çoğunlukla CO gazı zehirlenmeleri meydana gelir. Yüksek düzeydeki CO gazı zehirlenmelerine maruz kalan kişilere kısa süre içerisinde tıbbi bir müdahale yapılmadığı durumlarda genellikle sonuç ölümdür [1].

Halk sağlığı açısından önemli bir sorun olan ve çoğunlukla her yıl kış aylarında ısınmak ve sıcak su elde etmek için sobaların, kombilerin ve şöfbenlerin yanmasıyla birlikte ülkemizin birçok bölgesinde oldukça fazla sayıda kişi CO gazı zehirlenmesine maruz kalmaktadır. Özellikle rüzgârlı havalarda bacaların iyi çekmemesinden dolayı yaşanan soba dumanına bağlı CO gazı zehirlenmeleri topluca ölümlere yol açmaktadır. CO gazı zehirlenmelerinden dolayı bir aileden çok sayıda kişinin aynı anda hayatını kaybettiği görülmektedir. Son yapılan araştırmalar ve oluşan istatistik sonuçlarına göre ülkemizde her yıl 10 bin kişi ortama sızan CO gazı nedeniyle zehirlenme tehlikesi geçirmektedir. Bu zehirlenmeye bağlı olarak ülkemizde her yıl ortalama 200 kişinin yaşamı son bulmaktadır [2, 3].

Alınacak tedbirlerle CO gazı zehirlenmesine bağlı ölümler önlenebilir. Öncelikle sobalı evlerde baca temizliğinin ve soba borusu bağlantılarının düzgün bir şekilde yapıldığından emin olunmalıdır. Soba ve boru bağlantılarının kurulumlarında fazla dirsek kullanımından kaçınılmalıdır. Belli dönemlerde soba boruları ve bacaları temizlenmelidir. Ayrıca, rüzgârlı havalarda rüzgâr yönüne göre hareket eden baca kapakları kullanımına dikkat edilmelidir. Lodoslu havalarda soba bacaları standartlara uygun değilse soba yakılmamalıdır. Lodoslu havalarda sobaların yakılması ölüm oranlarını arttırmaktadır. Evlerde sıcak su elde etmek için kullanılan şöfbenler standartlara uygun olarak seçilmelidir. Ortamdaki oksijen seviyesinin yetersizliğini tespit ederek sistemi kapatan şöfbenlerin seçilmesine dikkat edilmelidir [4].

Ayrıca, CO gazı zehirlenmesinden dolayı oluşabilecek olan kritik durumlara karşı akıllı sistemler kullanılabilir. Piyasada CO gazının tespitinin belirlenmesine yönelik birtakım alarm-uyarı mekanizmalarına sahip sensörler yer almaktadır. Ancak bu sensörler bulunduğu ortam içerisindeki CO gazı miktarına göre sadece alarm uyarısı vermektedir. Bu nedenle, piyasada yer alan diğer sensör uyarı mekanizmalarına göre çok daha kullanışlı ve akıllı bir sensör sistemi prototipinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen sistemle ortamda bulunan CO gazı yoğunluk oranına göre, kritik durumlarda GPS (Küresel Konum Sistemi – Global

Positioning System) [5] üzerinden konum (enlem-boylam) ve adres bilgisi alınarak en yakın sağlık birimine gerekli bilgi ulaştırılmaktadır. Aynı zamanda ortam içerisinde bulunan kişilerin artan CO gazı yoğunluğuna göre uyarılmasına yönelik sesli ve yazılı bilgilendirme mekanizması geliştirilen prototipte yer almaktadır. İlaveten SMS uygulaması üzerinden mevcut ortam dışındaki yakınlar bu durumla ilgili olarak bilgilendirilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde piyasada yer alan mevcut CO sensörleri ve kullandıkları teknolojilere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde sistemin geliştirilmesinde kullanılan teknolojiler hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Dördüncü bölümde geliştirilen sistemin kullanımından bahsedilmektedir. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

2. CO SENSÖRLERİ VE KULLANDIKLARI TEKNOLOJİLER

Ülkemizde mevcut olan CO gazı sensörlerine ilişkin literatürde yapılan araştırmalar ve bu bağlamdaki ürünlerin özellikleri aşağıda ifade edilmiştir.

- **Fibaro CO Sensörü:** Yüksek duyarlılığı sahip bu sensör ile karbon monoksit gazının erken safhalarda tespit edilmesi ve karbon monoksit zehirlenmelerinin önlenmesi amaçlanmaktadır [6]. Fibaro CO Sensörü, z-wave destekli kontrol üniteleri ile uyumludur. Duvara kolayca monte edilip, pille çalışabilmektedir. Tamamen kablosuzdur. Dâhili sirenle ve led ışığıyla alarm uyarısı vermektedir. Ayrıca, sıcaklık sensörü içermektedir [7].
- **OPAX HX-426 Karbon Monoksit Gazı Alarm Cihazı:** Bu cihaz ortamdaki karbon monoksit gaz oranı değerini dijital ekranda göstermektedir. Ortamdaki karbon monoksit gaz oranı 300 ppm (parts per million)'i bulduğunda 3 dakika içerisinde alarm çalarak gerekli uyarıyı yapmaktadır. Bu elektromanyetik OPAX HX-426 Karbon Monoksit Gaz Detektörünün kurulumu oldukça basittir. Yüksek hassasiyete sahip bu detektör 3 adet 1.5v AA pil ile çalışmaktadır. Cihaz üç karakterlik bir dijital LCD ekrana sahiptir. Bekleme anında yeşil led gösterge her 30 saniyede bir yanıp sönmektedir. Ortamdaki karbon monoksit gaz oranı 300 ppm'i bulduğunda kırmızı led gösterge yanıp sönmekte ve 85 db dâhili hoparlörlerden alarm çalmaktadır [8].
- **7701 Karbon Monoksit Ölçüm Cihazı:** Yüksek doğrulukla kolay ölçüm, istikrarlı sonuç veren ve hassas okuma sağlayan el tipi bir karbon monoksit ölçüm cihazıdır. 7701 Karbon Monoksit Ölçüm Cihazı aydınlatmalı LCD göstergeye sahiptir. Kalem pille çalışan bu cihaz, 25 ppm'in üzerinde sesli uyarı vererek tehlikeli CO gazı eşğini göstermektedir [9].

Ülkemizde kullanılan CO gazı tespit sensörleri ile benzer özelliklere sahip diğer sensör sistemlere ilişkin bilgiler aşağıda yer verilmiştir.

- **Nest Protect Smoke & Carbon Monoxide Alarm:** Nest Protect firmasının geliştirmiş olduğu bu model, özellikle karbon monoksit ve duman tespitini bir uygulama üzerinde çalıştırmaktadır. Uygulamayı telefona indirerek, gerekli olduğu durumlarda telefon üzerinden alarma müdahale edebilmektedir. Hem yangın hem de karbon monoksit uyarıları için kullanılabilecek iyi bir ürün olarak ön plana çıkmaktadır [10].
- **Kidde KN-COPP-3 Carbon Monoxide Detector:** Kidde firması, dünyanın en büyük yangın güvenlik ürünleri üreticilerinden biri olmanın yanı sıra en yüksek kaliteli karbon

monoksit detektörü üreticilerinden de biridir. Firmanın geliştirmiş olduğu bu karbon monoksit detektörü ortamdaki karbon monoksit oranının dijital ekran üzerinden kolaylıkla okunabilmesine imkân sağlamaktadır. Buna ek olarak, sistem her 15 saniyede bir ortamı kontrol etmektedir. Eğer cihaz ortamdaki karbon monoksit oranının yüksek olduğunu tespit ederse, 85 dB'lik bir alarm sesi ile gerekli uyarıyı yapmaktadır [11].

- **X-Sense Carbon Monoxide Detector:** Kolaylıkla kurulan bu dijital karbon monoksit sensörü 9 voltluk bir batarya ile çalışmaktadır. Ortamdaki karbon monoksit seviyesi cihaz üzerindeki dijital ekrandan kontrol edilebilmektedir. Buna ek olarak, her 50 saniyede bir cihazın led ışığı yanıp sönmek suretiyle gerekli durum kontrolü gerçekleştirilir [12].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Prototip geliştirme projesinin ilk aşamasında, sistem altyapısı için gereksinim ve analiz çalışmaları yapılmıştır. Gereksinimlerin belirlenmesinin ardından proje modelleme ve tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Bu aşamadan sonra proje elemanlarının (Arduino Uno, Arduino GPS/GPRS modülü, Ekran modülü gibi) entegrasyonu sağlanmıştır. Entegrasyon aşamasından sonra oluşturulan sistemin algoritma alt yapısı hazırlanmıştır. Bu algoritma çerçevesinde sistemin ortamdaki elde edilmesi gereken verileri algılama gücü ve sistemin tepki süreçleri test edilmiştir. Bu testlerin yapılma amacı geliştirilen ürünün algoritma üzerinde belirlenen koşullarda nasıl davrandığını ve hangi sonuçlar ürettiğini analiz etmektir. Uygulamadan alınan değerlerin ve tepkilerin sistem üzerindeki uyarı mekanizmasından (sesli – yazılı uyarı mekanizması) hariç farklı cihazlar üzerinde takibinin yapılabilmesi için bir web ve mobil uygulama arayüzü geliştirilmiştir. Sistemin açılıp kalibrasyon işlemi yapılma sürecinde hanenin koordinat bilgileri üzerinde barındırdığı GPS/GPRS modülü vasıtasıyla tespit edilerek sistem ön belleği üzerine kaydedilmektedir. Kalibrasyon işleminin tamamlanmasının ardından uygulama, ortamda bulunan CO yoğunluğunu sensör vasıtasıyla anlık olarak dinlemektedir. Bunlara ek olarak sistem belirlenmiş süre zarfları içinde düzgün bir biçimde çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için kendi kendini kontrol etme mekanizmasına sahip olacaktır. Ortamda bulunan CO gazı yoğunluğunun aşağıda belirtilen aralıklarda olup olmadığı kontrol edilmiştir.

- **CO yoğunluğunun 200-400 ppm aralığında olması:** Bu değer aralıklarındaki yoğunluklar insan vücudunun dayanıklılık gösterebileceği aralıklardır. CO gazı yoğunluğu bu aralıklar arasında iken kullanıcı tarafından sisteme müdahale edilene kadar sesli olarak sistem üzerindeki uyarı mekanizması çalışır ve dijital ekran üzerinde yazılı olarak “Ortama Oksijen Girişinin Sağlanması Gerekli” şeklinde bir ifade yer almaktadır. Bunun yanında hem web hem de mobil uygulama üzerinden ortamdaki CO yoğunluğunun yükseldiğini ve ortama oksijen girişinin sağlanması gerektiğini belirten e-mail ile kullanıcı bilgilendirilmektedir.
- **CO yoğunluğunun 800-6400 ppm aralığında olması:** Bu değer aralığındaki CO gazı yoğunlukları insan vücudunu sensöre müdahale ettiremeyecek kadar kötü hissettirecek değerlerdir. Sistem sesli ve yazılı uyarı mekanizması, ortamdaki oksijen yoğunluğu normal seviyeye dönene kadar mobil uygulama üzerinden bildirimleri (notifications) iletmeye devam eder. Bu olay çerçevesinde sistem belirtilmiş olan bu kritik değer aralıklarında ve tanımlanmış olan bekleme süresi içinde ortamdaki CO yoğunluğuna bağlı olarak başlangıçta ön bellek üzerine kaydetmiş olduğu hane koordinatı (enlem, boylam)

bilgisinden yola çıkarak hanenin adresini, ortamda bulunan CO yoğunluğunu ve yoğunluğun kaç dakikadır devam ettiği bilgisini ilgili acil sağlık kuruluşlarını (112, ambulans, hastane) anında bilgilendirir. Bunun yanında sistem üzerine tanımlanmış olan acil durumda haber verilecek kişilerin telefon numaralarına ortamdaki CO yoğunluğunun arttığını ve müdahale edilmesi gerektiğini belirten bir SMS gönderilecektir.

Proje Gereksinim Analizi: Smart Anti CO sisteminin web uygulamasının geliştirilmesi ile ilgili gereksinimler tespit edilmiştir. Tespit edilen bu gereksinimler; işlevsel ve işlevsel-olmayan gereksinimler olmak üzere kategorize edilmiştir. İşlevsel gereksinimler sistemin yerine getirmesi gereken işlevleri, fonksiyonları ifade eden gereksinimlerdir. Bu gereksinimler daha çok sistemin girdileri ve çıktıları ile ilgilidir. İşlevsel-olmayan gereksinimler ise daha çok uygulamanın kısıtları ile ilgili fiziksel ortam, arayüzler, kullanıcı odaklı olma, yanıtlama zamanı, performans, güvenlik, güvenilirlik ve kalite güvence gibi soyut niteliklerini belirleyen gereksinimlerdir. İşlevsel ve işlevsel-olmayan gereksinimlere ek olarak, web uygulamasına ilişkin use-case'ler çıkarılmış ve use-case diyagramı çizilmiştir.

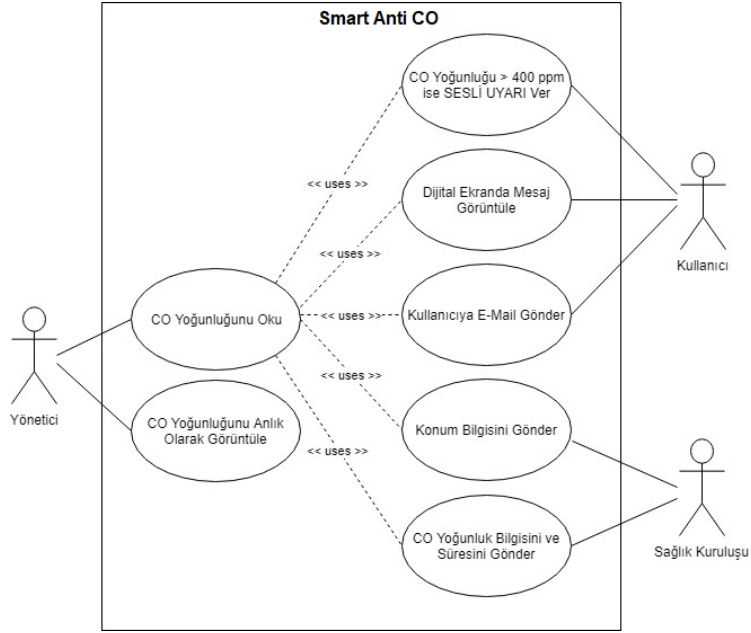
Smart Anti CO Sisteminin Web Uygulamasına İlişkin İşlevsel Gereksinimler:

- Sistem üzerinden ortamdaki CO gaz yoğunluğu anlık olarak görüntülenecektir.
- Sistem üzerinden ölçülen ortamdaki CO gazı yoğunluğu 200-400 ppm aralığında ise uyarı mekanizması sesli olarak kullanıcıyı bilgilendirecektir.
- Sistem üzerinden ölçülen ortamdaki CO gazı yoğunluğu 200-400 ppm aralığında ise dijital ekranda “Ortama Oksijen Girişinin Sağlanması Gereklemektedir” şeklinde bir ifade görüntülenecektir.
- Sistem üzerinden ortamdaki CO gaz yoğunluğu belli seviyenin üzerine çıktığında kullanıcı e-mail ile bilgilendirilecektir.
- Sistem ortamdaki oksijen yoğunluğu normal seviyeye dönene kadar mobil uygulama üzerinden notification'ları post etmeye devam edecektir.
- Sistem ortamdaki kritik seviye yer alan CO yoğunluğuna bağlı olarak hane koordinat bilgisini, ortamda bulunan CO yoğunluğunu ve yoğunluğun kaç dakikadır devam ettiğini ilgili acil sağlık kuruluşlarına (112, ambulans, hastane) anında bildirecektir.
- Ortamdaki CO yoğunluğu anlık olarak kullanıcı tarafından web arayüzü ile cihaz üzerindeki ekrandan takip edilecektir.
- Sistem üzerinde tanımlanmış kişilere kritik durumlarda SMS ile bildirim yapılacaktır.

Smart Anti CO Sisteminin Web Uygulamasına İlişkin İşlevsel-Olmayan Gereksinimler:

- Geliştirilecek sistem 7/24 erişilebilir özelliklere sahip olacaktır.
- Geliştirilecek sistem tüm web tarayıcıları tarafından desteklenecektir.
- Geliştirilecek sistem üzerinden eşzamanlı olarak 5 kişi cihaza erişebilecektir.
- Geliştirilecek sistemin kapalı olduğu süre bir aylık işletim sürecinde 2 dakikayı geçmeyecektir.

Şekil 1’de Smart Anti CO Sistemi için çizilmiş Use-Case Diyagramı görülmektedir.



Şekil 1. Smart Anti CO Sisteminin Use-Case Diyagramı






Sistem Mimarisi: Geliştirilen cihaz üzerinde yer alan MQ-7 CO gaz sensörünün yardımı ile ortamda bulunan CO gazı yoğunluğu ölçülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre devre üzerinde yer alan kırmızı, yeşil ve sarı led lambalar yanarak kullanıcıyı bilgilendirir. Ortamdaki CO gazı miktarı 800 ppm seviyesinin üzerine çıktığında devre üzerinde yer alan “Buzzer” alarm sesi ile kullanıcıyı uyarılmaktadır. Ortamdaki CO gazı yoğunluğu 120 sn. içinde ortamda yer alan kişi ya da kişiler tarafından düşürülmez ise ortamın konum bilgisi cihaz üzerinde bulunan GPRS/GPS modülü yardımı ile internet üzerinden sistemin ana merkezine gönderilmektedir. Sistem operatörü enlem ve boylam bilgisinden yola çıkarak hanenin adresini, ortamda bulunan CO yoğunluğunu ve yoğunluğun kaç dakikadır devam ettiği bilgisini ilgili acil sağlık kuruluşlarına bildirmektedir. Bunun yanında sistem üzerine tanımlanmış olan acil durumda haber verilecek kişilerin telefon numaralarına ortamdaki CO yoğunluğunun arttığını ve müdahale edilmesi gerektiğini belirten bir SMS gönderilecektir. Geliştirilen Smart Anti CO sisteminin mimarisi Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Smart Anti CO Sistem Mimarisi

Sistem Ekipmanları ve Entegrasyon: Smart Anti CO sistemine ilişkin prototip modeli geliştirmek üzere kullanılan temel ekipmanlar; Orjinal Arduino Uno R3 [13], Arduino GSM-

GPS Shield / Genişletme Kartı [14], Arduino MQ-7 Karbon Monoksit Ölçüm Modülü [15], Devreli Buzzer [16], LCD Ekran [17], 6x6 7mm Tach Buton (4 Bacak) ve led lambalardır. Bu ekipmanlar birbirine entegre edilmiş ve aralarındaki veri alışverişini sağlamak üzere gerekli kodlar yazılmıştır. Birbirine entegre edilen sistem CO gazı yoğunluğuna ilişkin değer aralıkları göz önünde bulundurularak test edilmiştir. Sistem testlerden başarılı bir şekilde geçtikten sonra proje kutusu içerisinde toplanarak prototip olarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Şekil 3'te Smart Anti CO temel ekipmanları görülmektedir.

	
Orjinal Arduino Uno R3	Arduino GSM-GPS Shield / Genişletme Kartı
	
MQ-7 Karbon Monoksit Ölçüm Modülü	Devreli Buzzer
	
LCD Ekran	

Şekil 3. Smart Anti CO Temel Ekipmanları

4. GERÇEKTİRME

CO gazı zehirlenmesi, doğal gaz sızıntısından kaynaklı zehirlenmelere göre daha tehlikelidir. Çünkü doğal gaz sızıntısı durumunda bu gaza eklenen sarımsak kokusu nedeniyle fark edilmesi daha kolaydır. Ancak CO gazı kokusuz, tatsız ve renksiz olmasından dolayı fark edilmesi daha zordur. Bu yüzden CO gazı, “sessiz katil” olarak adlandırılmaktadır. CO gazı vücut dokularının oksijeni kullanmasını engelleyerek ölümcül zehirlenmelere yol açmaktadır. Literatürde CO gazının 40 saniyede beyin felcine yol açabildiği yönünde çalışmalar vardır.

Eğer bir evde ateş kaynağı olarak şofben, kombi, soba var ise CO gazı zehirlenmesi riski her zaman olasıdır. Bunun yanında havalandırması yetersiz kapalı garajlarda arabaların egzoz borularından çıkan CO gazı da aynı şekilde kişilerin CO zehirlenmesine maruz kalmalarına neden olabilmektedir. CO gazı zehirlenmesine ilişkin tehlikeyi fark etmenin en kestirme yolu ise CO detektörlerinin kullanımınıdır. Çünkü içinde bulunulan ortamdaki CO gazı tehlikeli bir seviyeye çıktığında detektörler sesli ikaz ile kişileri uyarmaktadırlar.

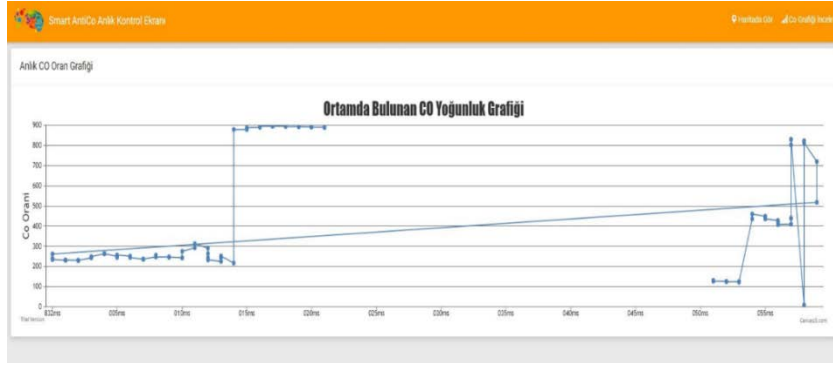
CO gazı detektörü kullanımında dikkat edilmesi gereken iki önemli unsur vardır. Bunlardan ilki CO detektörünün yerleştirildiği yer ve diğeri ise detektör içerisinde kullanılan güç kaynağıdır. Özellikle CO detektörleri için kullanılan güç kaynakları pilli, elektrikli ve her ikisinin birlikte kullanımı (pilli + elektrikli) şeklinde olabilir. Pilli ürünlerin sık sık kontrol edilmesi gerekmektedir. Çünkü biten piller insan hayatına mal olabilmektedir. CO gazı detektörünün kullanımındaki diğer bir önemli unsur olan yer seçimine de dikkat etmek gerekir. CO gazı ortamdaki ısı ve nem oranına göre ilk aşamada odanın 1-1,5 metre aralığında toplanmaktadır. Bu yüzden CO gazı detektörünün söz konusu aralığa ve ısı kaynaklarından 1,5 metre uzağa yerleştirilmesi gerekmektedir.

Smart Anti CO sisteminin geliştirilmesi süresince yukarıda değinilen bulgulara dikkat edilmiştir. Ayrıca ortamda bulunan CO gazı yoğunluklarının 200-400 ppm ile 800-6400 ppm aralıklarında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bunun yanında Smart Anti CO'nun sahip olacağı özellikler belirlenirken diğer CO gazı sensör ve detektörlerinin sahip oldukları özellikler dikkate alınmıştır. Diğer CO gazı sensör ve detektörlerinin kullanıcılarına sunmadığı özellikler belirlenmiştir. Smart Anti CO'nun, diğer CO gazı sensör ve detektörlerinden daha üstün özelliklere sahip olduğunu göstermek üzere Tablo 1'deki karşılaştırma gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. CO Sensörleri / Detektörlerinin Karşılaştırılması

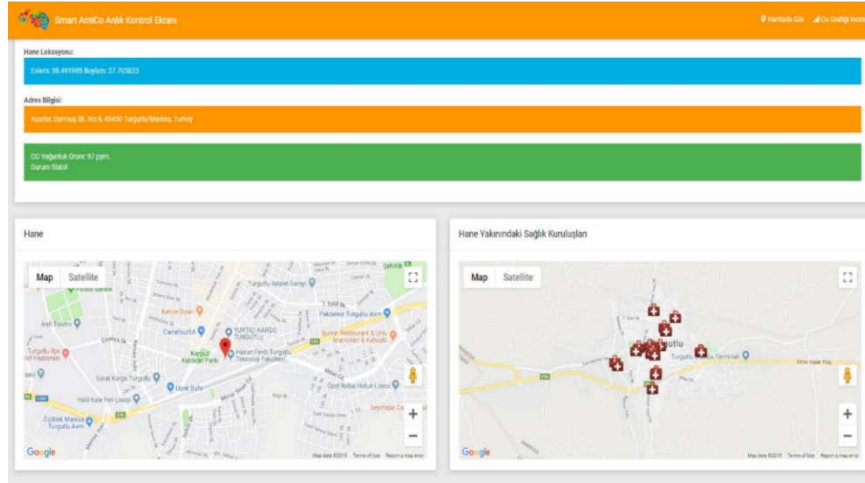
CO Sensörü / Detektörü	Güç Kaynağı	Alarm Uyarısı	GPS/GPRS	SMS	E-Mail
Fibaro CO Sensörü	Pil	Siren + Led Işığı	-	-	-
OPAX HX-426 CO Alarm	Pil	Siren + Led Işığı	-	-	-
7701 CO Ölçüm Cihazı	Pil	Siren	-	-	-
Nest Protect Smoke & CO Alarm	Pil + Elektrik	Siren + Led Işığı	+	+	-
Kidde KN-COPP-3 CO Detector	Pil + Elektrik	Siren	+	-	-
X-Sense CO Detector	Pil	Siren + Led Işığı	-	-	-
Smart Anti CO	Pil + Elektrik	Siren + Led Işığı	+	+	+

Tablo 1'de de görüldüğü üzere geliştirilen Smart Anti CO sağlamış olduğu özellikler ile piyasada yer alan diğer CO gazı sensörleri/detektörlerine göre daha üstün özelliklere sahiptir. Bunun yanında sağlamış olduğu web uygulaması desteği ile de ortamdaki CO gazı yoğunluğu anlık olarak grafik üzerinden takip edilebilmektedir. Web uygulaması üzerinden anlık olarak takip edilen CO yoğunluk grafiğine ilişkin ekran Şekil 4'de görülmektedir.

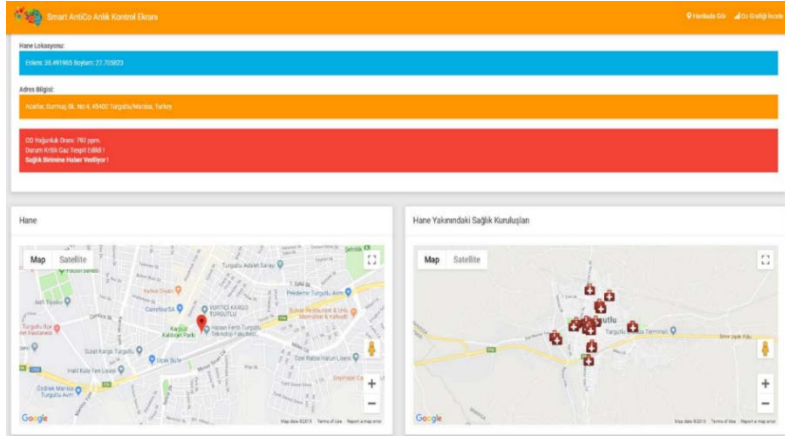


Şekil 4. Ortamda Bulunan CO Yoğunluk Grafiği

Şekil 4’de görüldüğü üzere web uygulaması üzerinden bir ev veya kapalı garaj içerisindeki CO gaz yoğunluğu anlık olarak takip edilebilir. CO gaz yoğunluğunun insan sağlığını etkilediği seviyelere çıktığı ve bu durumun süreklilik arz ettiği durumlarda ortamın konumu (enlem ve boylam bilgisi), adresi ve ortamda bulunan CO yoğunluğu bilgisi web uygulaması üzerinden görüntülenebilmektedir. CO yoğunluğunun sabit olduğu ve kritik seviyenin üzerinde olduğu durumları gösteren ekran görüntüleri sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6’da yer almaktadır.



Şekil 5. Ortamdaki CO Yoğunluğunun Stabil Olduğu Ekran



Şekil 6. Ortamdaki CO Yoğunluğunun Kritik Seviyede Olduğu Ekran

Şekil 6'da yer alan web uygulama ekranında Smart Anti CO tarafından ortamdaki anlık olarak ölçülen CO gazı yoğunluğunun 97 ppm ve gaz yoğunluğunun ise stabil olduğuna ilişkin bilgi görülmektedir. Şekil 6'da yer alan web uygulama ekranında ise Smart Anti CO tarafından ortamdaki anlık olarak ölçülen CO gazı yoğunluğunun 792 ppm ve gaz yoğunluğunun da kritik olduğuna ilişkin bilgi görülmektedir. Şekil 6 ve Şekil 7'de yer alan web uygulama ekranlarında görüldüğü üzere CO gazı yoğunluğuna göre renk değiştirmekte, hanenin koordinat ve adres bilgisi de anlık olarak çekilmektedir. Özellikle CO gazı yoğunluğu belli seviyenin üstünde ölçüldüğünde web uygulaması, sistem operatörünü sağlık birimine haber verilmesi yönünde uyarılmaktadır. Bunun yanında Smart Anti CO, hane içerisindeki CO gazı yoğunluğu belli seviyenin üstünde olduğunda sisteme daha önce kaydedilen en yakın kişiye SMS ve e-mail ile durum bildirmektedir. Şekil 7'de acil durumlarda en yakına gönderilecek SMS mesajı, Şekil 8'de ise gönderilen e-mail mesajı görülmektedir.



Şekil 7. Acil Durumlarda Yakınlara Gönderilecek SMS Mesajı



Şekil 8. Acil Durumlarda Yakınlara Gönderilecek E-mail Mesajı

Geliştirilen Smart Anti CO, belirli CO gazı yoğunluklarına göre test edilmiştir. Özellikle test aşamasında CO gazı yoğunluğunun 400 ppm'in altında olması, 400 ppm ile 800 ppm arasında olması ve 800 ppm'in üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. Ortamdaki CO gaz yoğunluğunun 800 ppm'in üstünde ölçülmesi durumunda hem LCD ekranda "Acil Servis Aranıyor" yazmakta hem de sesli alarm uyarısı ile ortamdakiler ikaz edilmektedir. Smart Anti CO'nun, yapmış olduğu ölçüm sonucu ve LCD ekranda ne yazdığı Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. CO Gaz Yoğunluğunun 800 ppm'in Üstünde Olması Durumu

Yapılan testler sonucu farklı CO gazı yoğunluk değerlerinde Smart Anti CO sisteminin doğru sonuçlar ortaya koyduğu gözlemlenmiştir. Özellikle sistemin hızlı bir şekilde yanıt vermesi adına cihazın ortam içerisinde uygun bir şekilde yerleştirilmesi önemlidir. Smart Anti CO'nun CO gazı üretebilecek kaynaklara yakın bir konuma yerleştirilmesinin insan hayatının kurtarılması adına önem arz ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca sistemin sağlamış olduğu web uygulaması ile anlık CO gazı takibi, e-mail gönderme ve SMS atma gibi özelliklerle piyasada yer alan diğer cihazlara göre daha faydalı bir model olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Geliştirilen model prototip olmasından dolayı piyasada var olan mevcut modellere göre ebat olarak biraz daha büyüktür. 126 x 137 x 82 mm'lik bir boyuta sahip olarak geliştirilen

prototip model, seri üretime dönüştürülmesi durumunda kullanım açısından daha küçük bir hale getirilebilir. Şu an için hem 9V'luk pil hem de elektrikle çalıştırılabilen prototip model kullanım açısından şarj edilebilir pille çalışabilir bir duruma getirilebilir. Geliştirilen prototip model içerisinde konum bilgisini almak ve web uygulaması ile haberleşmeyi sağlamak üzere SIM kart ile çalışan Arduino GPS/GPRS modülü kullanılmıştır. SIM kart kullanımını ortadan kaldırmak üzere Ethernet veya Wifi modülü kullanılabilir. İnternet alt yapısının hazır olmadığı yerler için SIM kart kullanımlı modelde faydalı olabilir.

6. SONUÇLAR

CO gazı zehirlenmesi yüzünden her yıl dünyada binlerce insan ölmekte, kalıcı hasarlarla veya sakatlıklarla karşı karşıya kalmaktadır. CO gazı zehirlenmesinin zararını önleyebilmek için zehirlenme sebepleri, zehirlenme belirtileri ve korunma yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Özellikle geçtiğimiz yıllarda Manisa Soma'da yaşanan ve 301 işçimizin hayatını kaybettiği elim kaza, konunun ve havalandırma sistemlerinin önemini bizlere bir kez daha acı şekilde hatırlatmıştır. Günlük hayatımızda kullandığımız araç gereçler, arabamız ve diğer motorlu araçlar potansiyel CO gazı kaynaklarıdır. Ev veya işyerlerinde ortaya çıkan yangınlarda diğer zehirli gazlarla birlikte, yeraltı maden ocaklarında metan gazı vs., kapalı garaj veya ortamlarda egzoz dumanına bağlı olarak CO gazı zehirlenmesi, havalandırmanın yetersizliğine bağlı olarak sıklıkla görülmektedir. Uzun süre bu tür ortamlarda kalan kişilerin aşırı derecede CO gazını soluması ölüm ile sonuçlanabilmektedir.

CO gazı zehirlenmelerine maruz kalmamak için gerekli önlemlerin alınmasının dışında, CO gazı ve diğer gazlara duyarlı sensörlerin/cihazların kullanımı önemlidir. Bu alanda yapılan çalışmaların artırılması ve desteklenmesi de önem arz etmektedir. Bu cihazları geliştirirken cihazı sadece donanım olarak görmemek, işin içine yazılımı da dahil etmek gerekmektedir. Ülkemizde gaz zehirlenmelerine karşı acil müdahale merkezlerinin oluşturulması ve bu merkezlerin CO tespit cihazlarına entegre yazılım uygulamaları ile desteklenmesi önemlidir.

Bu çalışma kapsamında CO gazı zehirlenmelerinin önüne geçilmesi amacıyla Smart Anti CO olarak adlandırılan bir prototip model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu prototip model testlerden başarılı bir şekilde geçmiştir. Geliştirilen ve bir prototip haline getirilen Smart Anti CO'nun sahip olduğu özellikler göz önünde bulundurulduğunda mevcut olan sistemlere nazaran daha kullanışlı, daha faydalı ve özgün değeri olan bir modelin ortaya konulmuştur. Gelecek çalışmalarda ısı, nem ve duman ölçümü gibi özellikler sisteme dâhil edilecektir. Bu sayede kompakt bir sistemin oluşturulması sağlanmış olacaktır. Bunun yanında uzaktan gaz yoğunluğu takibi için web uygulaması dışında mobil uygulamanın geliştirilmesi planlanmaktadır.

7. TEŞEKKÜRLER

Çalışmanın gerçekleştirilmesini sağlayan Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz. Proje, BAP birimi tarafından 2018-153 numaralı Proje kapsamında desteklenmiştir.

8. KAYNAKLAR

- [1] Sessiz Ölüm: Karbonmonoksit Zehirlenmesi. (2014). <https://insanvehayat.com/sessiz-olum-karbonmonoksit-zehirlenmesi/>, (Erişim Tarihi: 11.04.2019).
- [2] Yetiş, Y., Karbeyaz, K., Güneş, A. (2017), “Eskişehir'de Karbonmonoksit Zehirlenmesine Bağlı Ölümlerin 20 Yıllık Analizi”, Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 3(1); 396-406.
- [3] Koç S, Özasan A. Karbonmonoksit zehirlenmesi. Adli tıp Kitabı Cilt 1 (Ed: Soysal Z, Çekalır C.), İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1999: 445-452.
- [4] Sessiz Ölüm: Karbonmonoksit Zehirlenmesi, (2008). Haber Röportajı. <https://www.memurlar.net/haber/126589/sessiz-olum-karbonmonoksit-zehirlenmesi.html>, (Erişim Tarihi: 16.04.2019).
- [5] Karaali, C., Yıldırım, Ö. (1996). “Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)”. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(2); 103-108.
- [6] CO Sensor. (2019). <https://www.fibaro.com/en/products/co-sensor/>, (Erişim Tarihi: 18.05.2019).
- [7] Fibaro Karbonmonoksit CO Sensörü. (2018). <https://www.akilliyuva.com/urun/fibaro-karbonmonoksit-co-sensoru/>, (Erişim Tarihi: 13.06.2018).
- [8] Opax Karbonmonoksit Dedektörü. (2018). <https://www.opax.com/urun/hx-426-opax-karbonmonoksit-dedektoru/>, (Erişim Tarihi: 14.06.2018).
- [9] El Tipi Karbonmonoksit Ölçüm Cihazı (TL-7701). (2018). <https://www.olcu-kontrol-kayit.com/El-Tipi-Karbonmonoksit-Olcum-Cihazı-TL-7701,PR-53.html>, (Erişim Tarihi: 14.06.2018).
- [10] Nest Protct: Smoke and Carbon Monoxide. (2018). <https://downloads.nest.com/press/documents/nest-protect-fact-sheet.pdf>, (Erişim Tarihi: 14.06.2018).
- [11] Nighthawk™ AC Plug-in Operated Carbon Monoxide Alarm with Digital Display KN-COPP-3. (2018). <https://www.kidde.com/home-safety/en/us/products/fire-safety/co-alarms/kn-copp-3/>, (Erişim Tarihi: 15.06.2018).
- [12] Carbon Monoxide Alarm Monitor. (2018). <http://www.x-sense.com/carbon-monoxide-alarm-monitor-co03d-g-17>, (Erişim Tarihi: 15.06.2018).
- [13] Orijinal Arduino UNO R3. (2019). <https://www.robotistan.com/orjinal-arduino-uno-r3-yeni-versiyon>, (Erişim Tarihi: 12.06.2019).
- [14] Arduino GSM-GPS Shield / Genişletme Kartı. (2019). <https://www.direnc.net/arduino-gsm-gps-shield-sim800-sim28>, (Erişim Tarihi: 12.06.2019).
- [15] MQ-7 Karbonmonoksit Ölçüm Modülü (CO). (2019). <https://www.direnc.net/mq-7-karbonmonoksit-olcum-modulu-co>, (Erişim Tarihi: 12.06.2019).
- [16] 12V Devreli BUZZER 12MM (12V-5V). (2019). <https://www.ecembilgisayar.com/12v-devreli-buzzer-12mm-12v-5v->, (Erişim Tarihi: 12.06.2019).
- [17] 2x16 LCD Ekran, Mavi Üzerine Beyaz. (2019). <https://www.robotistan.com/2x16-lcd-ekran-mavi-uzerine-beyaz>, (Erişim Tarihi: 12.06.2019).

LİGNOSELÜLOZİK BİYOKÜTLENİN ÖNİŞLEM YÖNTEMLERİ

Ezgi Rojda TAYMAZ¹, Mehmet Emin USLU^{1*}

ÖZET

Önişlem teknolojisi lignoselülozik biyokütleyi kullanılabilir kimyasala dönüştürmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu işlem temel olarak etanol ve biyogaz üretimini geliştirmek için kullanılır. Önişlem temel olarak lignoselülozun işlenebilirliğini arttırmak için uygulanır. Lignoselülozik biyokütle içinde farklı oranlarda selüloz, hemiselüloz, lignin, organik ve inorganik bileşenler bulunmaktadır. Farklı prosesler açısından bu bileşenlerin uzaklaştırılması gerekebilir. Bu süreçte önişlem uygulanmalıdır. Farklı lignoselülozik biyokütle, sonraki hidroliz ve fermentasyon aşamalarına bağlı olarak çeşitli önişlemler gerektirir. Fiziksel, kimyasal, fiziko-kimyasal ve biyolojik olmak üzere dört farklı önişlem yöntemi vardır. Bu makalede bu yöntemler incelenmiştir. Avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Lignoselüloz, Lignoselülozun Bileşenleri, Önişlem Teknikleri

ABSTRACT

Pretreatment technology is a method used to convert lignocellulosic biomass into usable chemicals. These processes are mainly used to improve ethanol and biogas production. The pretreatment is mainly applied to improve the processability of lignocellulose. There are different amounts of cellulose, hemicellulose, lignin, organic and inorganic components in lignocellulosic biomass. These components may need to be removed for different processes. Pretreatment should be applied in this process. Different lignocellulosic biomass requires various pretreatment processes depending on subsequent hydrolysis and fermentation steps. There are four different pretreatment methods: physical, chemical, physico-chemical and biological. In this article these methods has been investigated and advantages disadvantages have been emphasized.

Keywords: Lignocellulose, Components of Lignocellulose, Pretreatment Techniques

1. GİRİŞ

Önişlem, karbonhidratların, özellikle lignoselülozun, farklı yöntemler ile kullanılabilir hale geldiği bir işlemdir (Şekil 1). Bu yöntemler temel olarak etanol ve biyogaz üretimini geliştirmekle birlikte içeriğindeki farklı doğal bileşiklerin elde edilmesi için kullanılır. Bununla birlikte, hayvan yemi üretiminde, tüm biyokimyasalların lignoselülozlardan üretim verimini arttırmak için veya ilaç üretiminde de kullanılabilir. Bu önişlem, öğütme gibi fiziksel bir işlem olabilir; bunun yanı sıra kimyasal, fiziko-kimyasal, biyolojik veya bu işlemlerin bir arada kullanılması da olabilir (Karimi ve ark.,2016).

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Manisa.

^{1*}emin.uslu@cbu.edu.tr, yazışmaların yapılacağı yazar.



Şekil 1. Lignoselüloziklerin önişleminin farklı amaçlar için analizi (Karimi ve ark.,2016 (uyarlanmıştır)).

2. LİGNOSELÜLOZUN YAPISI

Lignoselülozların içeriğinde %40-50 selüloz, %25-30 hemiselüloz, %15-20 lignin ve pektin, az miktarlarda azot bileşikleri ve inorganik bileşikler bulunmaktadır. Kısaca bitkisel örneklerin içeriğinde bulunan lignoselüloz bileşenleri Tablo 1'de özetlenmiştir (Knauf ve Moniruzzaman,2004) .

Tablo 1: Odunsu bitkilerin içeriğinde bulunan selüloz, hemiselüloz ve ligninin oranları (Parisi, 1989. (uyarlanmıştır))

BİYOKÜTLE	SELÜLOZ (%)	HEMİSELÜLOZ (%)	LİGNİN (%)
AĞAÇLAR	40-50	20-30	25-35
ŞEKER KAMIŞI	40	30	20
MISIR KOÇANI	40-50	30-40	15-20
BUĞDAY SAPI	45	35	15
ÜZÜM POSASI	25-35	20-25	30-35

B- (1 → 4) -glikosidik bağlarla birbirine bağlanan glikoz polimerinin lineer bir syndiotaktik (alternatif uzaysal düzenlemesi) olan selüloz, yeryüzünde en çok bulunan polimerdir. Selüloz biyoyumlu, hidrofilik, reaktif hidroksil grupları, stereorelasite gibi birçok faydalı özelliğe sahiptir. Bu polimer, yüksek sıcaklıkta veya bir katalizör ile etkileşime girmediği sürece suda çözünmez. Düzenli sıralı polimer zincirleri ve kristal yapısı nedeni ile stabil özellik göstermektedir. Bu nedenle yapısı hücre duvarının çerçevesini belirler (Karimi ve Taherzadeh,2016).

Hemiselüloz farklı polisakaritlerden oluşur, içeriğinde düz ve dallı zincirler dahil farklı sayıda asetil ve metil bağ içerir. Bu polisakarit, düşük bir polimerizasyon derecesine sahiptir ve kristalli bölgelere sahip değildir; bu nedenle, arabinoz, ksiloz, galaktoz, fukoz, mannoz, dekstroz veya glukuronit gibi monosakaritlere nispeten kolay bir şekilde indirgenir (Jönsson ve Martín,2016) .

Lignin, hidroliz işlemi engelleyen kompleks bir hidrofobik, ayrıca çapraz bağlı aromatik bir polimerdir (Balat,2011). Yüksek kristalleşme bölgesi; selüloz, hemiselüloz ve lignin molekülleri arasında farklı bağlanma kuvvetleri; yüksek polimerizasyon derecesi; selüloz yüzeyindeki gözenek yapısı; lignin ve hemiselülozlere karşı koruma etkisinin üzerine, hücre duvarlarının stabil ve bozunması zor olduğu belirlenmiştir. Selüloz, hemiselüloz ve

lignin, çok düzenli bir kristal yapıya sahip bitki hücresi duvarını oluştururlar, bu nedenle, herhangi birinin bozunması bütün iç yapıyı etkiler (Behera ve ark., 2014).

Önişlem yöntemleri (Tablo 2), lignoselülozun mikro yapısını, makro yapısını ve kimyasal bileşimini değiştirir. Önişlem, ayrışma sırasında lignoselülozun doğal makro moleküler yapısını , mikrobiyal bozulmaya karşı duyarlı hale gelecek şekilde değiştirir (An ve ark.,2015). Bu işlemlerde, selülozu çevreleyen lignin ve hemiselüloz bozulur, lignin çıkarılır, ve selülozun kristal yapısı değiştirilir (Michalska ve ark.,2012).

Önişlem yöntemlerinin standartları aşağıdaki gibidir (Alvira ve ark.,2010):

- (1) İndirgeyici şekerin kayıplarından ve bozulmasından kaçınmak;
- (2) Selülozun veya lignoselülozik şeker fermantasyonunun hidrolizinin geliştirilmesi;
- (3) Fermantasyon ve sakrifikasyon işlemlerine elverişli olmayan ürünlere zarar vermekten kaçınmak;
- (4) Çevreyi kirleten veya ekipmanı aşırı derecede aşındıran kimyasal reaktiflerin kullanılmasından kaçınmak;
- (5) Katı kalıntı oluşumunu azaltın veya atık oluşumunu önlemek için malzemeyi tamamen kullanılması; ve
- (6) Kontrol maliyetleri ile ekonomik fizibilite riskini azaltılması.

Tablo 2: Lignoselülozlar için farklı önışlem yöntemlerinin karşılaştırılması (An ve ark.,2015 (uyarlanmıştır)).

ÖNİŞLEM YÖNTEMLERİ		AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
FİZİKSEL ÖNİŞLEM	Mekanik parçalanma Mikrodalga Ultrasonik Yüksek enerjili elektron radyasyonu Yüksek sıcaklıktaki piroliz	Parçacık boyutunu ve selüloz kristallenmesini azaltır Basit kullanım, enerji tasarruflu, kısa sürede Selülozun erişilebilirliğini ve reaktivitesini artırır Selülozun hızla ayrıştırılması	Lignin ve hemiselülozların uzaklaştırılmaması, yüksek enerji Yüksek fiyat Enzimatik hidroliz negatif Enerji tüketimi, düşük verimlilik
KİMYASAL ÖNİŞLEM	Konsantre asit Seyreltik asit Alkali ön işlem Yükseltgenme ön işlemi Organosolv ön işlemi İyonik sıvı ön işlemi	Yüksek şeker dönüşümü Hızlı Geri dönüşüm asidi gerekmez Oda sıcaklığında, lignin parçalanıyor Saf lignin, selüloz ve hemiselüloz elde edilir	Yüksek toksik ve aşındırıcı, aşındırıcı ekipman yüksek maliyetli Yüksek sıcaklık ve basınç da inhibitör oluşumu Daha az şeker bozulması Yüksek fiyat
FİZİKO-KİMYASAL ÖNİŞLEM	Buhar patlama AFEX yöntemi CO2 patlaması Elektriksel kataliz	Lignin dönüşümü, hemiselülozların çözünmesi, Maliyeti düşük Selülozun yüzey alanını artırır, İnhibisyon bileşiklerini üretmemek, Lignini etkili bir şekilde giderir	Yüksek sıcaklık ve basınç Yüksek fiyat, Ham yüksek lignin içerikli materyal için verimli değildir Yüksek basınç, lignin ve hemiselülozları etkilemez Düşük verim
BIYOLOJİK ÖNİŞLEM		Lignin ve hemiselülozu indirger Düşük enerji tüketimi	Düşük hidroliz oranı

3. LİGNOSELÜLOZ İÇİN ÖNİŞLEM YÖNTEMLERİ VE MEKANİZMALARI

Önişlem, lignoselülozun kompleks bileşenlerinin ayrılmasını veya çözünmesini sağlar, lignoselülozlardan elde edilmek istenen biyolojik malzemeye giden kritik bir adımdır. Önişlem yöntemi seçiminde, hammaddelerin, enzimlerin ve organizmaların uyumluluğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu işlemler genellikle fiziksel, kimyasal, fiziko-kimyasal, biyolojik yöntemler ve bunların kombinasyonları olarak sınıflandırılabilir Genel olarak, fiziksel ve kimyasal önişlemlerin sonuçları iyidir, ancak ekipman gereksinimi vardır ve ciddi çevresel kirlilik yaratmaktadır. Biyolojik yöntem daha az enerji tüketir ve diğer yöntemlere göre daha az kirliliğe yol açar, ancak maliyeti yüksektir ve uzun zaman gerektirir (Monlau ve ark.,2013).

3.1. Fiziksel Önişlem Yöntemleri

Genel olarak, fiziksel önişlem yöntemleri, mekanik parçalama, mikrodalga işlemi, ultrasonik işlem ve yüksek enerjili elektron radyasyonu yöntemini içerir. Bu yöntemler daha az çevre kirliliğine neden olur ve süreç de oldukça basittir, ancak üretim maliyetini artıran yüksek enerji ve güç gerektirir (Sun ve Cheng,2002).

3.1.1. Mekanik parçalama önişlemi

Mekanik parçalara ayırma yöntemi; kuru kırma, ıslak kırma, titreşimli bilyalı öğütme ve sıkıştırılmayı içerir. Bu yöntem, sonraki süreci daha kolay ve daha etkili hale getirmek için diğer yöntemlerden önce yaygın olarak kullanılır (Taherzadeh ve Karimi,2008).

3.1.2. Mikrodalga önişlemi

Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç koşullarında lignoselülozik biyokütlenin asit veya baz ile önişlemi oldukça limitlidir, çünkü yüksek enerji gerektirir. Bununla birlikte, mikrodalga teknolojisi, selülozun elde edilmesini artırabilir. Bu teknoloji basit bir kullanıma sahiptir, enerji açısından verimlidir. Ayrıca, kimyasal reaksiyonlarda başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Omar ve ark.,2011).

3.1.3. Ultrasonik önişlemi

Ultrason, selülozun kristal yapıdaki bölgelerini açabilir, lignin moleküllerini parçalayabilir ve kimyasal aktivitesini önemli ölçüde geliştirebilir. Bununla birlikte, selülozun ince yapısı üzerindeki etkisi sınırlıdır. Ultrasonik işlem hemiselülozu da parçalayabilir. Bugüne kadar, az sayıda bilim adamı bu araştırma alanına odaklanmıştır. Ancak, bazı araştırmalar, biyokütlenin ultrasonik önişleminin selülozun sakkarifiye edilmesini etkili bir şekilde artırdığını bildirmiştir (Bosma ve ark.,2003).

3.1.4. Yüksek enerjili elektron radyasyonu önişlemi

Yüksek enerjili radyasyon tedavisi, malzemede yayılan ışınlarla gerçekleştirilir. Bu yöntemin avantajları: selüloz kaybının az olması, hidroliz ve ham maddelerin dönüşüm oranlarının azaltılması, nemin artması, daha az kirlilik yaratmasıdır. Yüksek yoğunluklu radyasyon kullanıldığında selüloz yapısında bu işlem yüksek derecede hasar ile sonuçlanır. Bununla birlikte, yüksek enerjili elektron radyasyon yöntemi maliyetlidir, bu nedenle büyük ölçekli endüstriyel üretimi zordur (Mosier ve ark.,2005).

3.1.5. Yüksek sıcaklıktaki piroliz önişlemi

Piroliz işlemi, piroliz ve sıcak suyun ayrışmasına dayanır. Piroliz sırasında, selüloz 300°C'nin üzerine ısıtıldığında hızla ayrışabilir, böylece gaz halindeki ürünler serbest kalır. Ek olarak, selülozun ayrışma hızı düşük sıcaklıkta yavaştır (Mosier ve ark.,2005).

3.2. Kimyasal Önişlem Yöntemleri

3.2.1. Asit ile önişlem

Asit önişleminde, inorganik asitler (sülfürik, nitrik, hidroklorik ve fosforik asitler) ve organik asitler (formik, asetik ve propiyonik asitler) kullanılır. İşlevleri esas olarak ligninin ayrılması, uzaklaştırılması ve bitkisel liflerin hidrolize edilmesine bağlıdır. Bu nedenle, bu işlem temel olarak selüloz ve hemiselülozun hidrolizini ifade eder (Martínez ve ark.,2015).

3.2.2. Baz ile önişlem

Bas önişlemi esas olarak, ligninin alkali çözeltisindeki çözünürlüğüne bağlıdır. NaOH, KOH, Ca(OH)₂ ve amonyumhidroksit, lignoselülozun baz ile önişlemi için uygundur. Bu işlem oda sıcaklığında ve doğal atmosferik basınçta günlerce süren bir işlemdir ve normal olarak asit önişleminde daha az şeker bozunması meydana getirir. Ek olarak, bu yöntem, tarımsal artıklarda daha iyi sonuç göstermektedir (Yan ve ark.,2015).

3.2.3. Yükseltgenme önişlemi

Yükseltgenme önişlemi, lignoselülozun oksidan tarafından bozulmasını ifade eder ve çok az araştırılmıştır. Bu süreç temelde ozonoliz, ıslak oksidasyon ve fotokataliz içerir (García-Cubero ve ark.,2009).

3.3. Fiziko-kimyasal Önişlem Yöntemleri

3.3.1. Buhar patlaması önişlemi

Buhar patlaması işlemi, en yaygın kullanılan fiziko-kimyasal önişlem yöntemlerinden biridir. Saniyelerden birkaç dakikaya kadar yüksek sıcaklıkta buhar ile hidrotermal bir yöntemdir. Buhar ve sıvı maddenin çıkışı, düşük basınç nedeniyle hızlı bir şekilde soğur (Alvira ve ark.,2016)

3.3.2. AFEX önişlemi

AFEX, yüksek sıcaklıkta (90-100 ° C) ve yüksek basınçta (1-5 MPa) sıvı susuz amonyağa hammadde önişlemi yapmak için buhar patlaması ve bazik işlem metodlarının bir kombinasyonudur. Basınç derhal serbest bırakılır ve daha sonra hızlı bir sıcaklık değişimi, hasarlı yapı ve selülozun buruşmuş yüzey alanı ve enzimin erişilebilirliğinin artmasıyla sonuçlanan amonyak buharlaştırılır (Mes-Hartree ve ark.,1988).

3.4. Biyolojik Önişlem Yöntemleri

Biyolojik önişlem, lignini parçalamak için temel olarak bazı bakteri ve mikropları kullanır. İşleminde lignini parçalayan enzimler üretilebilir. Dolayısıyla, bu yöntem, ligninin parçalanmasında etkilidir. Lignini parçalamak için sıklıkla mantarlar kullanılır. Bunlar arasında, beyaz mantarlar lignin üzerinde en çok istenilen bozunma gücüne sahiptir (Rouches ve ark.,2016).

3.5. Birleşik Önişlem Yöntemleri

Tek bir operasyonda teknolojik sorun, çevre kirliliği, yüksek enerji tüketimi, uzun reaksiyon süresi, reaksiyon ekipmanının korozyon direncinin yüksek olması ve amaçlanan etkiyi yerine getiremeyen endüstriyel üretim gereksiniminin olmaması gibi riskler olabilir. Mekanik kırma-kimyasal, fiziksel veya biyolojik işleme, mekanik kırma-elektronik radyasyon-alkali işleme, mekanik kırma-mikrodalga-kimyasal işleme ve mekanik kırma-kimyasal işleme-buhar patlaması dahil olmak üzere birleşik önişlem yöntemleridir. Bu yöntemler, enzimatik hidrolizin etkinliğini önemli ölçüde arttırabilen, farklı lignoselülozik malzemelere göre birkaç önişlem yönteminin avantajlarını birleştirmektedir (Li ve ark.,2015).

4. SONUÇ

Lignoselülozik biyokütle, selülozun, hemiselülozların ve ligninin kompakt bir şekilde bir araya gelmesi sonucu oluşan sert bir hammaddedir. Lignoselülozun verimli hidrolizi için yani bu kompakt yapıyı kırmak için önişlem gereklidir. Farklı önişlem yöntemlerinin uygulanabilirliği, maliyetleri ve çevresel bakış açıları dikkate alınarak bu derleme düzenlenmiştir. Literatür çalışmalarına dayanarak, her yöntemin kendi avantajları ve dezavantajları vardır. Coğrafi koşullar ve teknolojinin kullanılabilirliği, bu süreçleri daha düşük maliyetli ve verimli hale getirmek için teknolojik ilerleme ile daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- (1) Alvira P., E. Tomás-Pejó, M. Ballesteros, M. Negro (2010). Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: a review, *Bioresource Technology*, 101 , pp. 4851-4861
- (2) Alvira P., M.J. Negro, I. Ballesteros, A. González, M. Ballesteros (2016). Steam explosion for wheat straw pretreatment for sugars production, *Bioethanol*, 2 , pp. 66-75
- (3) An Y., M.-H. Zong, H. Wu, N. Li (2015). Pretreatment of lignocellulosic biomass with renewable cholinium ionic liquids: biomass fractionation, enzymatic digestion and ionic liquid reuse, *Bioresource Technology*, 192 , pp. 165-171
- (4) Balat M. (2011). Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: a review, *Energy Conversion and Management*, 52 , pp. 858-875
- (5) Behera S., R. Arora, N. Nandhagopal, S. Kumar (2014). Importance of chemical pretreatment for bioconversion of lignocellulosic biomass, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36 , pp. 91-106
- (6) Bosma R., W.A. van Spronsen, J. Tramper, R.H. Wijffels (2003). Ultrasound, a new separation technique to harvest microalgae, *Journal of Applied Phycology*, 15 , pp. 143-153
- (7) Christophe Plomion, Gregoire Leprovost, Alexia Stokes (2001). "Wood Formation in Trees", *Plant Physiology*, cilt 127, ss. 1513–1523
- (8) GarcíaCuberoM.T., G. GonzálezBenito, I. Indacochea, M. Coca, S. Bolado (2009). Effect of ozonolysis pretreatment on enzymatic digestibility of wheat and rye straw, *Bioresource Technology*, 100 , pp. 1608-1613
- (9) Jönsson L.J., C. Martín (2016). Pretreatment of lignocellulose: formation of inhibitory by-products and strategies for minimizing their effects, *Bioresource Technology*, 199, pp. 103-112
- (10) Karimi K., M.J. Taherzadeh (2016). A critical review of analytical methods in pretreatment of lignocelluloses: composition, imaging, and crystallinity, *Bioresource Technology*, 200 , pp. 1008-1018
- (11) Knauf M., M. Moniruzzaman (2004). Lignocellulosic biomass processing: a perspective, *International Sugar Journal*, 106, pp. 147-150
- (12) Li D., Y. Tan, Y. Zhou, S. Pathak, A.Y. Sendjaja, M. Abdul Majid, P. Chowdhury, W.J. Ng (2015). Comparative study of low-energy ultrasonic and alkaline treatment on biosludge from secondary industrial wastewater treatment, *Environmental Technology (United Kingdom)*, 36 , pp. 2239-2248
- (13) Martínez P.M., R. Bakker, P. Harmsen, H. Gruppen, M. Kabel (2015). Importance of acid or alkali concentration on the removal of xylan and lignin for enzymatic cellulose hydrolysis, *Industrial Crop and Production*, 64 , pp. 88-96
- (14) Mes-Hartree M., B. Dale, W. Craig (1988). Comparison of steam and ammonia pretreatment for enzymatic hydrolysis of cellulose, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 29 , pp. 462-468
- (15) Michalska K., K. Miazek, L. Krzystek, S. Ledakowicz (2012). Influence of pretreatment with Fenton's reagent on biogas production and methane yield from lignocellulosic biomass, *Bioresource Technology*, 119 , pp. 72-78
- (16) Monlau F., A. Barakat, E. Trably, C. Dumas, J.-P. Steyer, H. Carrère (2013). Lignocellulosic materials into biohydrogen and biomethane: impact of structural features and pretreatment, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43 , pp. 260-322

- (17) Mosier N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y. Lee, M. Holtzaple, M. Ladisch (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass, *Bioresource Technology*, 96 , pp. 673-686
- (18) Omar R., A. Idris, R. Yunus, K. Khalid, M.A. Isma (2011). Characterization of empty fruit bunch for microwave-assisted pyrolysis, *Fuel*, 90 , pp. 1536-1544
- (19) Parisi, F. (1989) . “Advances in lignocellulosic hydrolysis and in the utilisation of the hydrolysates”, *Advances Biochemical Engineering*, 38, 53-87.
- (20) Rouches E., S. Zhou, J. Steyer, H. Carrere (2016). White-rot fungi pretreatment of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion: impact of glucose supplementation, *Process Biochemistry*.
- (21) Sun Y., J. Cheng (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review, *Bioresource Technology*, 83 , pp. 1-11
- (22) Taherzadeh M.J., K. Karimi (2008). Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review, *International Journal of Molecular Sciences*, 9 , pp. 1621-1651
- (23) Yan Z., J. Li, S. Chang, T. Cui, Y. Jiang, M. Yu, L. Zhang, G. Zhao, P. Qi, S. Li (2015). Lignin relocation contributed to the alkaline pretreatment efficiency of sweet sorghum bagasse, *Fuel*, 158 , pp. 152-158

ORTOTROPİK MALZEMEYE SAHİP ANKASTRE KOMPOZİT ÇUBUK ELEMANIN TİTREŞİMİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ

Mustafa Oğuz NALBANT¹

ÖZET

Kompozit yapıların titreşim analizi, birçok mühendislik uygulamalarında pratik önem kazanmaktadır. Kullanım yerine ve çalışma şartlarına göre, tabakalı kompozit kirişlerde büyük genlikli titreşimler oldukça etkilidir. Yapısal sistemlerin sayısal analizleri arasında en yaygın kullanıma sahip olan sonlu elemanlar metodunun uygulanması sırasında her bir elemana ait serbestlik derecelerinde oluşan deplasman ve kuvvetlerin ilişkisi eleman rijitlik matrisleri ile oluşturulur. Bu çalışmada, ortotropik malzemeye sahip kompozit malzemeden yapılan tabakalardan oluşturulmuş ankastre çubuk elemanın serbest titreşim davranışları incelenmesi amaçlanmıştır. Çubuk elemanın matematiksel modellenmesi sonlu elemanlar metodu ile elde edilmiştir. Ayrıca modelleme aşamasında klasik kiriş teorisi olan Euler-Bernoulli Teorisi'nden faydalanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu Elemanlar, Kompozit Malzeme, Titreşim

FINITE ELEMENT MODELING OF VIBRATION OF BUILT-IN COMPOSITE ROD ELEMENT WITH ORTHOTROPIC MATERIAL

ABSTRACT

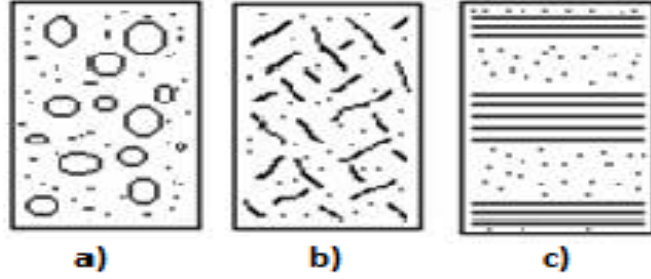
Vibration analysis of composite structures is gaining practical importance in many engineering applications. Depending on the place of use and operating conditions, large amplitude vibrations are highly effective in laminated composite beams. In the application of the finite element method, which is the most widely used among the numerical analysis of structural systems, the relationship between displacement and forces that occur in degrees of freedom of each element is formed by element stiffness matrices. In this study, it is aimed to investigate the free vibration behavior of built-in rod element made of composite material with orthotropic material. Mathematical modeling of the bar element is obtained by finite element method. In addition, Euler-Bernoulli Theory, which is the classical beam theory, was utilized in the modeling stage.

Keywords: Finite Elements, Composite Material, Vibration

1. GİRİŞ

Mühendislik uygulamalarında kullanılan yapı malzemelerini dört grupta incelemek mümkündür. Bunlar metaller, polimerler, seramikler ve kompozitlerdir. Kompozit malzemeler ise, aynı veya farklı iki ya da daha fazla malzemenin uygun olan özelliklerini tek bir malzemede toplamak ya da yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde

birleştirilmesi ile oluşturulan malzemeler olarak adlandırılabilir. Şekil 1 de bazı kompozit malzemelerin içyapıları görülmektedir. Metal alaşımları da birkaç malzemeden meydana gelirler fakat kompozit malzemeler gibi makro düzeyde birleştirilmediği için kompozit malzeme olarak adlandırılmazlar (Gibson, 1994). Kompozit malzemelerle ilgili (Lurie K.A., Cherkaev A.V. 2018 ve D.D.L. Chung, 2018) gibi birçok akademik çalışma mevcuttur.



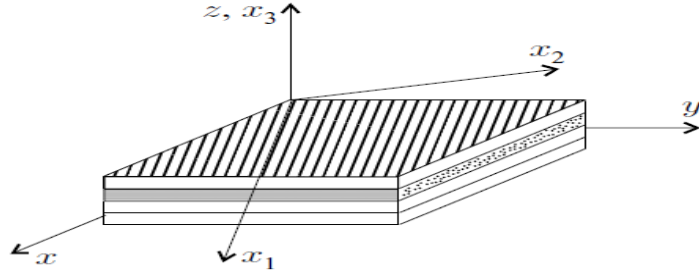
Şekil 1. a) Taneli Kompozit b) Lifli Kompozit c) Tabakalı Kompozit

Kompozit malzemeler binlerce yıldır insan hayatında önemli bir yere sahip polimerlerdir. Evlerimizin yapımında kullanılan beton ise kompozit malzemeye basit bir örnektir. Ayrıca ahşap, kemik gibi kompozit malzemeler doğada değişik biçimlerde bulunabilmektedir. Kompozit malzemeler yüksek özgül dayanım ve yüksek özgül modülü oranlarına sahip olduğundan, özellikle hafiflik ve dayanımın önem kazandığı hava ve uzay teknolojilerinde (uçak pervaneleri, kanatları, uzay mekiği gövdeleri vs.), kara ve deniz taşımacılığında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Ayrıca günlük hayatta kullandığımız mutfak eşyaları, çeşitli spor malzemeleri, tıp gereçleri, robot malzemeleri yapımında, kimya ve elektroteknik sanayisinde kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler uygulama alanlarına göre kiriş, plak ve kabuk gibi taşıyıcı yapılarda kullanılabilir. Kalınlık ve genişliği uzunluklarına göre çok daha az olan ve eksenine düşey yönde etkiyen yükleri taşıyan yapı elemanları kiriş olarak adlandırılırlar. Kirişler uçlarında farklı sınır koşullarına sahip olabilirler. Örnek olarak basit desteklenmiş kiriş bir ucu kayar diğer ucu ise pimli kirişlerdir. Basit desteklenmiş kiriş yatay ve dik yönde harekete kısıtlanmıştır, fakat dönme yapabilmektedir. Kayar destekte ise kiriş yatay yönde hareket edebilir. Ankastre kirişlerde bir uç sabit diğer uç serbest, sabit kısım hareketsiz olup dönme yapmaz. Bu nedenden dolayı bu uçta bir moment ve kuvvet meydana gelir. Kirişe uygulanan dış yanal yükler sonucunda kirişte iç kuvvetler oluşur bunlar kesme kuvvetleri ve eğilme momentleridir. Yüklemeden sonra kirişin düz eksen çökme eğrisi denen bir eğriye eğilir. Bu olaya kirişin eğilmesi denir. Kirişte ortaya çıkan genleşme ve gerilmeler doğrudan eğrilik kavramıyla belirlenen bu çökme eğrisinin şekline bağlıdır (Gere ve Timoshenko,1992).

Bu çalışmada, ortotropik malzemeden yapılan tabakalardan oluşturulmuş kompozit ankastre çubuk elemanın sonlu elemanlar metodu ile matematiksel metodu oluşturulmuştur. Matematiksel model daha sonra titreşim analizleri yapmak için kullanılacaktır.

2. KOMPOZİT TABAKALI ANKASTRE KİRİŞLERİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

2.1. Kiriş Teorilerinin Ele Alınması



Şekil 2. Global (x, y, z) ve Yerel (x_1, x_2, x_3) (László P. Kollár , George S. Springer, 2009)

Kirişlerde deformasyonun kinematiğini açıklayabilmek için birçok kiriş teorisi oluşturulmuş ve (RA Jafari-Talookolaei, M Abedi, M Şimşek, M Attar, 2018 ve 5. Hadi, A., Nejad, M. Z., Rastgoo, A., & Hosseini, M.) gibi çalışmalarındaki kullanılmıştır. Şekil 2 de görülen dikdörtgen kesitli, katmanlı kompozit kirişler için kullanılan en temel ve basit modellerden birisi ise “Euler-Bernoulli Teorisi diğer adıyla “Klasik Kiriş Teorisidir. Diğer bir modelleme ise “Timoshenko Kiriş Teorisidir. Klasik laminasyon (kompozit) teorisine göre kiriş üzerindeki herhangi bir noktaya ait yer değiştirme bileşenleri

$$U(x, y, z) = u(x, y) - zw, x \quad (1)$$

$$V(x, y, z) = v(x, y) - zw, y \quad (2)$$

$$W(x, y, z) = w(x, y) \quad (3)$$

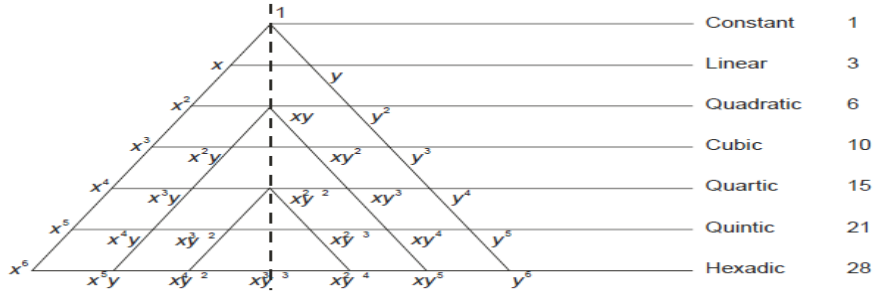
gibidir. Buradaki ise U, V, W değerleri katmana ait her bir noktanın sırasıyla (x, y, z) eksen takımlarındaki yer değiştirmeleri, u, v, w ise orta düzlemdeki bir noktanın yer değiştirmesini ifade etmektedir. Kiriş teorisinde tüm büyüklükler y -ekseninden bağımsız olduğu için, Klasik kiriş teorisinde yer değiştirme alanı

$$U(x, z) = u(x) - zw, x \quad (4)$$

$$W(x, z) = w(x) \quad (5)$$

şeklinde ifade edilir (Reddy ve ark.,1997).

2.2. Şekil Fonksiyonunun Eldesi



Şekil 3. Pascal Üçgeni

Ortotropik malzemeye sahip kompozit malzemeden yapılan tabakalardan oluşturulmuş ankastre çubuk elemana ait şekil fonksiyonunun eldesi için kullanacak olduğumuz çökme değeri için şekil 3 te görülen pascal üçgeninden faydalanılmıştır.

$$w(x) = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3 \quad (6)$$

$$\{\delta\} = \begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \quad (7)$$

Burada w (çökme) değerimizin birinci türevi bize θ (dönme) değerimizi vermektedir.

$$\theta_1 = \frac{dw_1}{dx} \quad \theta_2 = \frac{dw_2}{dx} \quad (8)$$

olarak yazılabilir.

$$\{\delta\} = [A]\{q\} \quad (9)$$

$$\begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & x_1^3 \\ 0 & 1 & 2x_1^2 & 3x_1^3 \\ 1 & x_2 & x_2^2 & x_2^3 \\ 0 & 1 & 2x_2^2 & 3x_2^3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{Bmatrix} \quad (10)$$

$$\{q\} = [A]^{-1} \{\delta\} \quad (11)$$

$$\begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & x_1^3 \\ 0 & 1 & 2x_1^2 & 3x_1^3 \\ 1 & x_2 & x_2^2 & x_2^3 \\ 0 & 1 & 2x_2^2 & 3x_2^3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & x_1^3 \\ 0 & 1 & 2x_1^2 & 3x_1^3 \\ 1 & x_2 & x_2^2 & x_2^3 \\ 0 & 1 & 2x_1^3 & 3x_1^3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \quad (13)$$

$$[N_1 \ N_2 \ N_3 \ N_4] \{\delta\}_e = [N] \{\delta\}_e \quad (15)$$

Burada $[N]$ şekil fonksiyonları matrisi olup,

$$[N] = [N_1 \ N_2 \ N_3 \ N_4] \quad (16)$$

şeklindedir.(S.S. Bhavikatti, 2007)

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = [B] \quad (17)$$

$$[B] = \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = N = [N_1''(x) \ N_2''(x) \ N_3''(x) \ N_4''(x)] \quad (18)$$

(Yijun Liu , 2003)

2.3. Gerilme Bileşenlerinin Dönüşümü

(x, y, z) koordinatları, problemin çözümünde kullanılan koordinatlar ve (x_1, x_2, x_3) koordinatları da, malzemenin temel koordinatları olarak tanımlanmıştır (Şekil 1). Tabakalara üstten bakıldığında (ters olarak), (x, y, z) koordinatları; x_1, x_2 düzleminde x_1, x_2, x_3 'ün saat ibresi yönünde θ açısı kadar döndürülmesi ile elde edilir. Bu iki eksen takımındaki koordinatlar arasındaki gerilme dönüşümü aşağıdaki denklemler yardımıyla elde edilir.

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \sin^2 \theta & 0 & 0 & 0 & -\sin 2\theta \\ \sin^2 \theta & \cos^2 \theta & 0 & 0 & 0 & \sin 2\theta \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ \sin \theta \cos \theta & -\sin \theta \cos \theta & 0 & 0 & 0 & \cos^2 \theta - \sin^2 \theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{Bmatrix} \quad (19)$$

Bu eşitlik;

$$(\sigma)_p = [T](\sigma)_m \quad (20)$$

şeklinde yazılabilir ve burada $[T]$ dönüşüm matrisi olarak tanımlanır. Malzeme katsayılarının dönüşümü ise matrisimize sınırlarımızı girdiğimizde

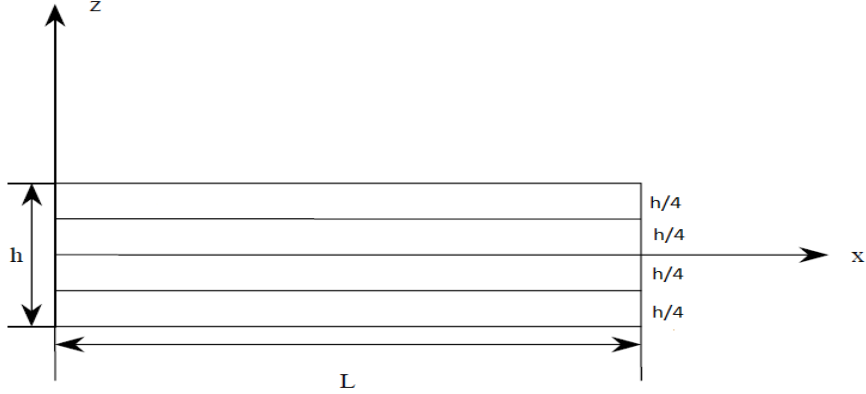
$$\sigma_{xx} = [\cos^2 \theta] \{\sigma_1\} \quad (21)$$

şeklindeki dönüşüm matrisini elde ederiz.

$$[\bar{Q}] = [T][Q][T]^T \quad (22)$$

ifadesi verilir. Burada $[Q]$, malzeme koordinatlarındaki 6x6 boyutundaki malzeme dirençlik matrisidir. (Aysun B. , Ahmet S. , 2006)

2.4. [D] Dirençlik Matrisinin Elde Edilmesi



Şekil 4. Dört Katmanlı Simetrik Kiriş

Ortotropik malzemeye sahip kompozit malzemeden yapılan tabakalardan oluşturulmuş ankastre çubuk elemana ait dirençlik katsayısını bulurken eleman şekil 4 te görülen dört katmanlı simetrik kiriş gibi düşünülmüştür.

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{23} \\ \tau_{13} \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} & Q_{14} & Q_{15} & Q_{16} \\ Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} & Q_{24} & Q_{25} & Q_{26} \\ Q_{31} & Q_{32} & Q_{33} & Q_{34} & Q_{35} & Q_{36} \\ Q_{41} & Q_{42} & Q_{43} & Q_{44} & Q_{45} & Q_{46} \\ Q_{51} & Q_{52} & Q_{53} & Q_{54} & Q_{55} & Q_{56} \\ Q_{61} & Q_{62} & Q_{63} & Q_{64} & Q_{65} & Q_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{13} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} \quad (23)$$

Gerilme- Burulma ilişkilerini gösteren bu matriste sınırları girdiğimiz takdirde;

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \gamma_{23} = \gamma_{13} = \gamma_{12} = \tau_{12} = 0 \text{ olur.}$$

Bunun sebebi kirişimizi X ve Y eksenlerimizde incelediğimizden kaynaklanmaktadır ve matrisimiz,

$$\{\sigma_1\} = [Q_{11}]\{\varepsilon\}_1 \quad (24)$$

elde edilir. Yukarıdaki eşitliklerdeki Q_{ij} değerleri indirgenmiş elastik sabitler olup, Young, Kayma modülleri ve poisson oranları cinsinden aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$Q_{11} = \varepsilon_1 \quad (25)$$

Burada Q_{11} değerimiz ε_1 parametresine eşit çıkmaktadır (R. M. Jones, 1973).

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^N \bar{Q}_{ij}^{(k)} (z_k - z_{k-1}) \quad (26)$$

$$B_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \bar{Q}_{ij}^{(k)} (z_k^2 - z_{k-1}^2) \quad (27)$$

$$D_{ij} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^N \bar{Q}_{ij}^{(k)} (z_k^3 - z_{k-1}^3) \quad (28)$$

Burada A_{ij} boyuna uzama direngenliği, D_{ij} eğilme direngenliği, B_{ij} ise eğilme-boyuna uzama eşleşmesi direngenliği olarak ifade edilir. Kirişimizde boyca uzama olmadığı için A_{ij} ve B_{ij} direngenlik matrislerini kullanmayız. Bu nedenle direngenlik matrisimiz D_{ij} eğilme direngenlik matrisine eşit olur. (Aysun B. , Ahmet S. , 2006).

2.5. Rijitlik Matrisinin Elde Edilmesi

2.5.1. Potansiyel Enerji Yaklaşımı İle Eleman Rijitliğinin Hesabı

Dörtgen elemanlar için rijitlik matrisi elastik enerji ifadesinden hareketle elde edilebilir. Bu eşitlik,

$$U = \int \frac{1}{2} \{\sigma\} \{\varepsilon\} \partial V \quad (29)$$

formülüyle ifade edilir. Formülde kalınlık sabit alınır ve eleman boyutunda yazılırsa,

$$U = \sum_e t_e \int \frac{1}{2} \{\sigma\} \{\varepsilon\} \partial A \quad (30)$$

yukarıdaki gibi olur. Şekil değiştirme-yer değiştirme ilişkisi ise,

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \end{Bmatrix} \quad (31)$$

şeklinde dir. Denklemd e sınır şartlarını girdiğimiz takdirde $\varepsilon_y = \varepsilon_{xy} = 0$

$$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x\} = \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right\} \quad (32)$$

şekline dönüşür.

$$\left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right\} = d \quad (33)$$

$$N.d = [B] = \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} \quad (34)$$

Diğer taraftan

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (35)$$

olduğundan eleman içindeki gerilmeler,

$$\{\sigma\} = [D][B]\{q\} \quad (36)$$

olur. Bu durumda şekil değiştirme enerjisi ifadesini,

$$U = \sum_e \frac{1}{2} \{q\}^T \left[t \int_{-1}^1 [B]^T [D][B] \partial x \right] \{q\} \quad (37)$$

şeklinde yazabiliriz. Bu da

$$U = \sum_e \frac{1}{2} \{q\}^T [k]_e \{q\} \quad (38)$$

olup eleman rijitlik matrisi olan $[k]_e$,

$$[k]_e = t \int_{-1}^1 [B]^T [D][B] \partial x \quad (39)$$

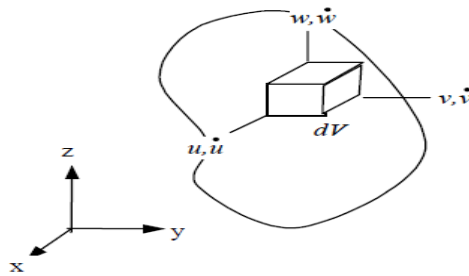
şeklinindedir. Eleman rijitlik matrisi (4x4) boyutundadır. (Topcu, M. , Taşgetiren, S. , 1998)

2.6. Kütle Matrisinin Eldesi

Kütle matrisinin elde edilebilmesi için cismin kinetik enerji ifadesi aşağıdaki gibi

$$T = \frac{1}{2} \int_v \{u\}^T \{u\} \rho \partial v \quad (40)$$

yazılabilir. İfadede bulunan ρ yoğunluk $\{u\}$ ise u, v, w bileşenlerine sahip x noktasının hız vektörüdür.



Şekil 5. Yayılmış kütleli katı cisim, diferansiyel hacim üzerinde deplasman ve hız bileşenleri

$$\{\dot{u}\} = [\dot{u}\dot{v}\dot{w}] \quad (41)$$

Sonlu eleman modelinde cisim şekil 5 te görüldüğü gibi yayılmış kütleli belirli sayıda elemanlara bölünür ve deplasmanlar düğüm deplasmanları cinsinden şekil fonksiyonları yardımıyla aşağıdaki,

$$\{u\} = [N]\{q\} \quad (42)$$

gibi gösterilir, dinamik analizde ise düğüm deplasmanları vektörü zamana bağlı olarak değiştiğinden hız vektörü benzer şekilde,

$$\{u\} = [N]\{q\} \quad (43)$$

yazılabilir. Kinetik enerjide yerine koyduğumuzda ise ,

$$T_e = \frac{1}{2} \{\dot{q}\}^T \left| \int_e \rho [N][N]^T \partial v \right| \{\dot{q}\} \quad (44)$$

Elde ederiz. Parantez içindeki ifade ise eleman kütle matrisini vermektedir.

$$[m_e] = \int_e \rho [N]^T [N] \partial V \quad (45)$$

Kullandığımız dörtgen eleman için düzlem gerilme ve şekil değiştirme durumunda deplasman bileşenleri u ve v dir.

Düğüm deplasmanları vektörü 4 elemalı ve eleman şekil fonksiyon matrisi ise,

$$[N] = [N_1 \quad N_2 \quad N_3 \quad N_4] \quad (46)$$

şeklinde yazılır. Bu durumda eleman kütle matrisi aşağıdaki gibi,

$$[m_e] = \rho h t_e \int_e [N]^T [N] \partial x \quad (47)$$

olur. Bu integrasyon nümerik olarak yapıldığında eleman kütle matrisi elde edilir.(Topcu, M. , Taşgetiren, S. , 1998)

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ortotropik malzemeye sahip kompozit malzemedan yapılan tabakalardan oluşturulmuş ankastre çubuk elemanın serbest titreşim davranışları incelenmesi amaçlanmıştır. Elemanın sonlu elemanlar metodu kullanılarak deplasmanları, şekil fonksiyonu, direngenlik matrisi, rijitlik matrisi ve kütle matrisi, başarıyla elde edilmiştir.

Bir sonraki çalışmada ortotropik malzemeye sahip ankraste kompozit çubuk elemana ait elde edilen matematiksel model kullanılarak MATLAB programı ile titreşim analizi yapılacak ve sonuçlar çeşitli sınır şartları altından grafiksel olarak karşılaştırılacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. **Aysun B. , Ahmet S.**, 2006 , “Değişik Fiber Oryantasyonlarına Sahip Tabakalı Kompozit Kirişlerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Titreşim Analizi DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi”
2. **D.D.L. Chung**, 2018, “Thermoelectric polymer-matrix structural and nonstructural composite materials”, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, Volume 1, Issue 1, Pages 61-65, ISSN 2542-5048, <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2018.04.001>.
3. **Gere, J., M., Timoshenko, S., P.**, 1992, “Mechanics of Materials”, Chapman & Hall.
4. **Gibson, R., F.**, 1994, “Principles of Composite Materials Mechanics”, McGraw-Hill International Editions.
5. **Hadi, A., Nejad, M. Z., Rastgoo, A., & Hosseini, M.**, 2018, “Buckling analysis of FGM Euler-Bernoulli nano-beams with 3D-varying properties based on consistent couple-stress theory”, *Steel and Composite Structures*, 26(6), 663–672. <https://doi.org/10.12989/SCS.2018.26.6.663>.
6. **Jafari-Talookolaei, R., Abedi, M., Şimşek, M., & Attar, M.** 2018, “Dynamics of a micro scale Timoshenko beam subjected to a moving micro particle based on the modified couple stress theory”, *Journal of Vibration and Control*, 24(3), 527–548, <https://doi.org/10.1177/1077546316645237>.
7. **László P. Kollár , George S. Springer**, 2009 , “Mechanics of Composite Structures” , Cambridge University Press
8. **Lurie K.A., Cherkaev A.V.** 2018, "Effective Characteristics of Composite Materials and the Optimal Design of Structural Elements. In: Cherkaev A.V., Kohn R. (eds) Topics in the Mathematical Modelling of Composite Materials. Modern Birkhäuser Classics. Birkhäuser, Cham
9. **S.S. Bhavikatti**, 2007 “Finite Element Analysis”
10. **Topcu, M., Taşgetiren, S.**, 1998, “*Mühendisler için Sonlu Elemanlar Metodu*”, PAÜ Mühendislik Fakültesi Matbası, Ders kitapları Yayın No: 007
11. **Jones, R., M.**, 1975, “Mechanics of Composite Materials”, Newyork, Hemisphere.
12. **Reddy, J., N., Wang, C., M., Lee, K., H.**, 1997, “Relationships Between Bending Solutions of Classical and Shear Deformation Beam Theories”, *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 34, 26, 3373-3384.
13. **Yijun Liu** , 2003 “Finite Element Method Course Notes”

T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOMA MESLEK YÜKSEKOKULU TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ
YAZIM KURALLARI VE YAYIN İLKELERİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu tarafından yılda iki kez yayımlanır. Dergide, Meslek Yüksekokulları Teknik Programlarında yer alan anabilim dallarıyla ilgili konularda özgün ve nitelikli çalışmalar, yabancı dillerden Türkçe'ye çeviriler ve güncel tez özetleri yayımlanabilir.

Dergiye gönderilen eserlerde aranacak yayın ilkeleri ve yazım kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1-) Dergiye gönderilen yazı ve makaleler daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayın hakları verilmemiş olmalıdır.

2-) Dergide yayınlanacak yazı ve makaleler Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca'dan herhangi biriyle yapılabilir. Ancak Türkçe hazırlanan çalışmalarda Türk Dil Kurumunun belirlediği kurallar esas alınmalıdır. Çalışmanın başında Türkçe başlık ve en fazla 200 sözcükten oluşan Türkçe ve İngilizce özet ile en fazla 10 tane anahtar sözcük verilmelidir.

3-) Dergide yayımlanacak çalışmaların biçim sırası

- Türkçe başlık
- Özet
- Anahtar sözcükler
- İngilizce özet
- İngilizce anahtar sözcükler
- Metin
- Kaynaklar
- Ekler

şeklinde olmalıdır.

4-) Çalışmanın başlığı sol üst kenardan 6 cm. aşağıdan yazılmalıdır. Başlığın sağ alt tarafına yazar veya yazarların adları akademik ünvanlarla birlikte yazılmalı çalıştığı kurum, iletişim ve elektronik posta adresleri ise adların yanına konulacak dipnot işaretleriyle sayfa altına verilmelidir. Eğer çalışma başka bir kurumdan destek aldıysa başlık yanına verilecek dipnotla sayfa altına ilgili kurum yazılmalıdır.

5-) Dergiye gönderilecek yazı ve makaleler MS Word programında yazılmış üç kopya olarak eposta veya kargo yoluyla gönderilmelidir.

6-) Çalışmalar ekleriyle birlikte 15 sayfayı geçmemelidir.

7-) Metin yazımı A4 boyutundaki kağıda tek aralıklı olarak times new roman tur karakteriyle 10 punto, dipnot ve açıklamalar 8 punto ile yazılmalıdır. Başlıklar 12 punto koyu, özet ve dipnotlar tek ara ile yazılmalıdır. Sayfa boyutları sol 5 cm, sağ 4 cm, üst 7 cm ve alt 5 cm. olacak şekilde ayarlanmalıdır.

8-) Metin içindeki alıntı ve aktarma yoluyla kullanılan kaynaklar; parantez sistemine göre soyadı, yılı ve sayfası olacak şekilde metin içinde cümle bitiminde gösterilmeli ve ayrıca kaynakçada da yer almalıdır. Açıklama ve diğer dipnotlar numaralandırma esasına göre metnin sonuna eklenmelidir.

9-) Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi** ulusal hakemli bir dergidir. Dergiye gönderilen yazı ve makaleler ilgili alandaki en az iki hakeme gönderilir. Oy birliği sağlanamazsa üçüncü bir hakeme gönderilerek sonuca karar verilir. Yazı ve makalelerin içeriğinden yazarlar ve hakemler sorumludur.

10-) Yazı ve makalesi yayımlanan her yazara derginin ilgili sayısından 1 adet gönderilir. Ayrıca telif ücreti ödenmez.

11-) Dergi yayın ilkelerine, yazım kurallarına ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygun olmayan yazı ve makaleler yayın kurulunca dikkate alınmaz.