



# TRAKYA ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR DERGİSİ

Cilt/Volume : I Haziran/June 2000 Sayı/Number : I

ISSN 1302-647X

B SERİSİ FEN BİLİMLERİ

C SERİSİ SOSYAL BİLİMLER

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR**  
**DERGİSİ**

- *FEN BİLİMLERİ B SERİSİ*
- *SOSYAL BİLİMLER C SERİSİ*

**HAZİRAN-2000**  
**EDİRNE**

**ISSN 1302-647X**

• BASKI : T.Ü.MATBAA TESİSLERİ

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR DERGİSİ**  
**FEN BİLİMLERİ B SERİSİ**

Cilt/Volume: 1

Sayı/Number: 1

Haziran / June 2000

***Dergi Sahibi:***

Trakya Üniversitesi Rektörlüğü  
Fen Bilimleri Enstitüsü Adına  
Prof.Dr. Cengiz KURTONUR

***Editör***

Prof.Dr. Ömer ZAIM

***Enstitü Alt Yayın Kurulu***  
***Başkan***

Prof.Dr. Cengiz KURTONUR

***Üyeler***

Prof.Dr. Mehmet Cem ECE  
Prof.Dr. Temel GENÇTAN  
Prof.Dr. Bahattin AKDEMİR  
Doç.Dr. Taner OSKAY  
Doç.Dr. Muhittin ÖZDER  
Doç.Dr. Halim ORTA  
Doç.Dr. Hülya İŞCAN  
Doç.Dr. Nuray ÖZER  
Doç.Dr. Gülçin KÜÇÜKKAYA  
Doç.Dr. Hüseyin TOPALLAR  
Doç.Dr. Hasan GÜNGÖR  
Doç.Dr. Levent ARIN  
Doç.Dr. Yılmaz ÇAMLITEPE  
Yrd.Doç.Dr. Ömer ÖKSÜZ  
Yrd.Doç.Dr. Aydın ADILOĞLU  
Yrd.Doç.Dr. Nurşen SUÇSUZ  
Yrd.Doç.Dr. Havva AKDENİZ

***İletişim Adresi***

T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
T.Ü. Güllapoğlu Yerleşkesi / EDİRNE  
Tel: +0 284 235 82 30 – 235 29 65  
Fax: +0 284 235 82 37

## HAZİRAN 2000 SAYISI BİLİM KURULU ÜYELERİ

Prof.Dr. Mesut RAZBONYALI  
Prof.Dr. İsmail Hakkı GÜNEŞ  
Doç.Dr. Halil ERKAYA  
Doç.Dr. H.Yüksel GÜNEY

Maltepe Üniversitesi  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Karadeniz Teknik Üniversitesi

## İÇİNDEKİLER

### TRAKYA ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR DERGİSİ FEN BİLİMLERİ B SERİSİ

SES BASINÇ SEVİYELERİ VE KELİME ANLAŞILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ	1-8
<i>Aytekin ERDEM</i>	
KONUŞMA KODLAMA İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM	9-17
<i>Rafet AKDENİZ-Sıddık YARMAN</i>	
KÜÇÜK NOKTA HESABINDA YENİ BİR METOD	18-22
<i>Hüseyin İNCE</i>	
NİRENGİ NOKTALARININ ARANMASI İÇİN İKİ YÖNTEM VE KARŞILAŞTIRILMASI	23-30
<i>Hüseyin İNCE</i>	
BULANIK YÖNTEMLERLE YAPILARIN SINIFLANDIRILMASI	31-36
<i>Aşkın DEMİRKAL</i>	

### TRAKYA ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR DERGİSİ SOSYAL BİLİMLER C SERİSİ

TRAKYA VE BATI ANADOLU'DA YAŞAYAN FARKLI APODEMUS TÜRLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN DİSKRİMİNANT ANALİZİ	1
<i>Adil OĞUZHAN-Dursun AYDIN</i>	
ŞİRKET BİRLEŞMELERİ VE HAVACILIK SEKTÖRÜNDEKİ UYGULAMALARI	11
<i>Kıymet Tunca ÇALIYURT</i>	
TÜRKİYE BELEDİYELERİNİN ÇEVRE POLİTİKALARI	19
<i>Berkan DEMİRAL</i>	
SİYASET VE KÜLTÜR	27
<i>Ülkü VARLIK</i>	
BULGARİSTAN'DAKİ TÜRK AZINLIĞI TÜRKİYE'YE GÖÇÜ	33
<i>Mohammad ARAFAT</i>	
MONTREUX SÖZLEŞMESİ ÇERÇEVESİNDE TÜRK-RUS İLİŞKİLERİ VE GÜNÜMÜZE ETKİLERİ	45
<i>Sibel TURAN</i>	
SINIR BÖLGELERİNİN KALKINMASINA YÖNELİK SINIR ÖTESİ STRATEJİLER	61
<i>Fuat AKSU</i>	
İLKÖĞRETİM MÜFETTİŞLERİNİN KENDİNİ TANIMLAMA VE ÇALIŞMA ORTAMI DEĞER ALGILARI	69
<i>Cevat CELEP</i>	
ADAY ÖĞRETMENLERİN ÖRGÜTSEL ADANMA ODAKLARI	79
<i>Cevat CELEP-Tuncer BÜLBÜL-Binali TUNÇ</i>	
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE SARDIRGANLIK, BENLİK SAYGISI VE DENETİM ODAĞI İLİŞKİSİ	87
<i>Adnan KULAKSIZOĞLU-O.Tolga ARICAK</i>	
YAZIN EĞİTİMİ-ÇOCUK VE GENÇLİK YAZININ EĞİTİMDEKİ İŞLEVİ	95
<i>Hikmet ASUTAY</i>	
TOPLUMSAL İÇERİĞİ OLAN SANAT'I SOSYOLOJİK AÇIDAN İRDELEME	111
<i>İbrahim DİNÇELİ</i>	
CONTENT BASED ACADEMIC WRITING	117
<i>Birsen Tan TÜTÜNİŞ-Aylin Ceylan ÜNALDI</i>	

MUÂSİR İKİ DİVAN ŞÂİRİ'NİN MANZUMELERİNE GÖRE XVI.YÜZYILDA SOSYAL HAYATA İLİŞKİN BAZI GÖZLEMLER	121
<i>Kâşif YILMAZ</i>	
XVI.YÜZYIL TEZKİRELERİNDE ÖZÜRLÜ ŞÂİRLER	127
<i>Süreyya A.BEYZADEOĞLU</i>	
MUHAYYELÂT İLE ÇENGİ ARASINDAKİ BENZERLİKLER	139
<i>Recep DUYMAZ</i>	
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ DERGİSİ SOSYAL BİLİMLER C SERİSİ'NDE YAYINLANACAK YAZILARA İLİŞKİN YAYIN KOŞULLARI	147

# SES BASINÇ SEVİYELERİ VE KELİME ANLAŞILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Aytekın ERDEM\*

## ÖZET

Yurtdışında uzun yıllardır kilise, oditoryum gibi insan topluluklarının dinleyici olarak bulunduğu birçok eser, akustik özellikler açısından incelenmiş ve bu mekanların oluşturulmasında kullanılacak kriterler ortaya konmuştur. Ülkemizde ise akustik ile ilgili yeterli araştırma yapılmamıştır.

Bu çalışmada; mimarimizin gelişmesinde önemli bir yeri bulunan, yan mekanlı (zaviyeli) camilerden olan Muradiye Camii'nin, akustik açıdan da ilginç özellikleri olacağı düşünülmüş ve bu özelliklerin incelenmesine çalışılmıştır.

Bu amaçla; camideki ses basınç seviyeleri, ses basınç dağılımı ve kelime anlaşılabilirliği oranları incelenmiştir.

## SUMMARY

### Studying of Sound Pressure Levels and Speech Intelligibility Scores

For long years, many historical churches and auditoriums had been studied from the point of view of acoustical properties in the USA and in Europe. Criteria had been obtained to be used on the construction of these places. Yet, studies on acoustics hadn't been done sufficiently in our country.

In this study, Muradiye mosque ( Edirne ) , having the properties of a mosque with inverse T form in architectural style, was supposed to have interesting properties in acoustics and its properties were studied.

To this aim, the sound pressure level, sound pressure distribution and speech intelligibility scores were studied in the mosque.

---

\*Dr., T.Ü. Tekirdağ Meslek Yüksekokulu

## 2. ÖLÇME YÖNTEMİ ve SİSTEMİ

### 2.1. Ses basınç seviyeleri (S.P.L)'nin doğrultuya göre değişiminin ölçüleri

Muradiye Camii'nin boş mekanında ses basınç seviyeleri (S.P.L)'nin doğrultuya göre değişimlerini incelemede, Nedim Üretmen'in "Selimiye Camisi'nin Akustik İncelemesi"nde kullandığı ölçü sistemi kullanıldı. Bu sistem, içbükey paraboloid yüzeylerde, asal eksene paralel gelen ses dalgalarının, yansındıklarında asal eksen üzerinde odaklanması özelliğinden yararlanıyor. S.P.L değişimlerini doğrultuya göre araştırmamızı sağlayan taşınabilir bu sistem; arka yüzeyi ses soğurucu madde ile kaplı, yarıçapı 14cm, odak uzaklığı 6,2cm olan madeni içbükey paraboloid yansıtıcı ayna, mikrofonu bu aynanın odak noktasına yerleştirilmiş bir desibelmetre, yansıtıcıya yatay ve düşey doğrultularda tam devir yaptıracak mekanik kısım, yatay doğrultudaki ( $\theta = \text{Radyal}$ ) ve düşey doğrultudaki ( $\varphi = \text{Azimutal}$ ) açılarını ölçmeye yarayan göstergelerin de eksenlere monte edilmesinden oluşur (Üretmen 1991).

Ses dalgaları, yansıtıcı paraboloid yüzeyde yansdıktan sonra, odak noktasında oluşan ses basınç seviyeleri, RETEN ELECTRONIC marka (RS 103 model DIN IEC 651, BS 5969 ve ANSI 51.4 tip 2) desibelmetre ile ölçüldü. Bu aletin ayırma gücü 0.2 dB'dir ve ortalama ses basıncını 30 dB'lik aralıklarla (10 dB'lik üst kısım üstüste binecek şekilde 20 dB'lik artışlarla) beş kademedeki ölçmektedir. Hızlı ve yavaş olmak üzere iki zaman sabiti ile çalışan ses basıncı ölçülerinin, A tipi ve lineer olmak üzere iki ağırlıklı frekans ortalama filtresi vardır. Ses algılayıcısı olarak Electrod Condenser mikrofonu kullanılmıştır

### 1. GİRİŞ

Osmanlı mimarisinin dönemlerine ait Edirne camileri, kronolojik sıraya göre; Eski Camii, Muradiye Camii, Üç Şerefeli Camii, II. Beyazıt Camii ve Selimiye Camii şeklinde sıralanır. Çünkü bu sıralamadaki her bir eser, bir öncekine göre mimari yönden gelişmeyi gösterir. Mimari gelişmenin akustik özellikler (anlaşılabilirlik gibi) bakımından etkilerini araştırmak istedik. Ancak çalışmalarımız sırasında Eski Cami'de onarım nedeniyle iskeleler bulunduğundan, adı geçen eserin akustik incelemesi yapılamadı. Bu nedenle Muradiye Camii'nin akustik özellikleri incelenmeye çalışıldı. Üç Şerefeli ve Selimiye camileri de akustik yönden incelenmişlerdir. Böylece, bu eserlerin akustik özelliklerinin karşılaştırılması, camiler gibi büyük mekanların akustik bakımından tasarımları hakkında bilgi verecektir.

Kullanılan ölçü sistemi ile, açık havada yapılan ölçmelerle, ölçü sisteminin  $\theta = \pm 10^\circ$ 'lik bir doğrultu seçiciliği olduğu saptanmıştır. Diğer doğrultularda alınan ses basınç seviyesi saçılmış dalgalardan kaynaklanır.

Muradiye Camii'nde; sabit bir ses kaynağından çıkan ses dalgalarının mekanın çeşitli noktalarında oluşturdukları ses basınç seviyesinin, ses dalgalarının geliş doğrultusuna göre değişimleri bu ölçü aleti ile incelendi (Erdem 1992).

## 2.2. Anlaşılabilirlik Testleri

Bu ölçüler, Beranek tarafından geliştirilen STI (Speech Transmission Index) adı verilen subjektif anlaşılabilirlik ölçü yöntemine benzeyen bir test yöntemi ile yapıldı (Beranek 1959). Türk Dili Bölümü'nün yardımı ile bir ve iki heceli sözcüklerden oluşmuş 100 adet sözcük, dinleyicinin not edebileceği zaman aralıkları (yaklaşık 5 saniye) ile teybe kaydedildi. Teyp kaydı mihrapta okunurken; seçilmiş her ölçü noktasına öğrenim seviyeleri aynı olan 10 kişi konularak, duydukları kelimelerden anlayabildikleri yazdırılarak, ortalama olarak doğru anlaşılan sözcük oranları belirlendi. Bu testte kullanılan sözcüklerin listesi Tablo I' de verilmiştir. Bu yöntem daha önce Selimiye Camii'nin akustik incelemesinde kullanılmıştır.

Tablo I. Anlaşılabilirlik Testinde Kullanılan Sözcük Listesi

Yaz	Bul	Gel	Zar	Dal	Ana	Kare	Koş	Rize	Bez
Kuş	Mal	Gaf	Ütü	Baba	Küp	An	Van	Saz	Ev
Tuz	Ay	Dede	Yer	Düz	Kurt	Muş	Gaz	Masa	Bal
Ses	Kuzu	Nur	Füze	Kir	Süt	Nar	Üzüm	Saf	Halı
Elma	Karga	Boş	Ela	Cem	Şap	Para	Sopa	Hap	Kale
Emir	Şut	Kör	Muz	Kapı	Efe	Nane	Göz	Sınav	Keçi
Gol	İşçi	Yalı	Spor	Dört	Dizi	Kese	Müzik	Tüp	Kuru
Nem	Musa	Şal	Dur	Mavi	Krom	Dev	Cam	Sır	Köy
Çakı	Kan	Cami	Zil	Türk	Mum	Hava	Pil	Taş	Su
Müze	Kapı	Kirpi	Kadı	Kova	Fizik	Adem	Paşa	Terzi	Topuz

## 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

### 3.1. Boş mekanda ses basınç seviyeleri ve doğrultuya göre değişimleri

Cami içinde ses dağılımını araştırırken kullanılan ses kaynağının frekansının frekans bandlarında dağılımı Tablo II' de verilmiştir.

Tablo II. Beyaz Sesin Frekansa Göre Ses Basınç Seviyeleri

f (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Spl (dB)	--	84	86.5	84	83	78.5	79	69	43

Ses kaynağı mihraba konularak cami içindeki ses basınç seviyesinin yer ve doğrultuya göre değişimi araştırıldı. Bu ölçüler sırasında cami içindeki çevre gürültüsü 33-36 dB arasında değiştiği için ölçüler 50-70 ve 70-90 kademelerinde alındı (Ginn 1978).

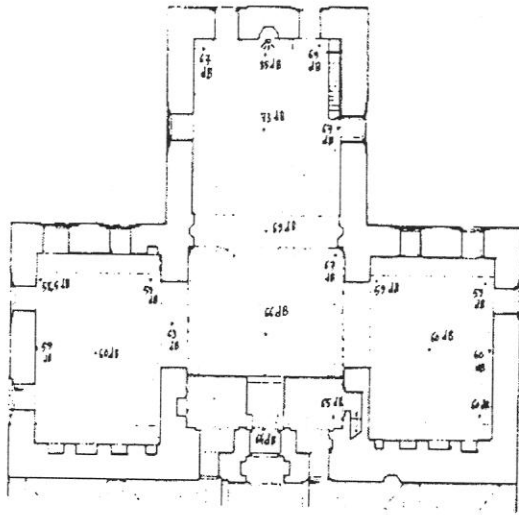
Kaynak mihrapta ve cami içinde dönük iken Şekil 1'de gösterilen noktalarda, desibelmetre ölçü sistemi dışında iken ses basınç seviyeleri ölçüldü. Ses kaynağı olarak beyaz ses içeren kaset kullanıldı.(\*).

(\*). Beyaz ses kasedi Stanford Üniversitesinden Prof. Dr. Vincent Selman'dan temin edildi.

Kaynak gerek direkt camiye gerekse mihraba yöneltildiğinde, camideki ses basınç seviyesi dağılımında fazlaca değişiklik olmamaktadır. Cami içine yönelik ses dalgalarının bir noktada oluşturduğu ses basınç seviyesi, konkav ayna gibi işlev gören mihraptan yansıtılarak, cami içine caminin ekseni doğrultusunda yönlendirilmektedir. Kaynağın cami içerisine yaydığı ses dalgalarının bir kısmı yansıma ve kırınımlardan sonra absorblanır, geriye kalanı da saçılarak ortama yayılır. Yansımalarından sonra ses dalgasının genliği azalır. Genliğin azalma miktarı, ses basınç seviyesini ses basıncı (genliği) cinsinden veren

$$S.P.L = 20 \text{ Log } (P/P_0) \quad (1)$$

Eşitliği ile bulunabilir. Mihrabda ses basınç seviyesi 85 dB iken fenerli kubbenin merkezinde 66 dB dir.



Şekil 1. Kaynak Mihrapta ve Desibelmetre Ölçü Sistemi Dışında İken Ölçülen Ses Basınç Seviyeleri

(1) Eşitliğinden genliğin 9 kat azaldığı görülür, SPL değerlerinin karşılaştırılmasından caminin akustik bakımından simetrik bir yapı özelliği taşıdığı yorumu yapılabilir.

Kaynak mihrapta ve camiye yönelik iken seçilen altı karakteristik noktaya konan

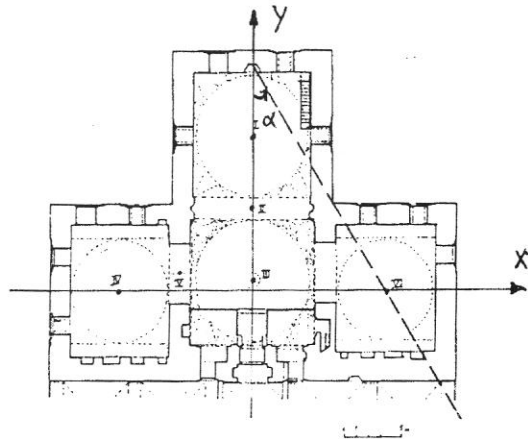
ölçü aleti ile çeşitli doğrultulardan desibelmetreye gelen seslerin şiddet seviyeleri ölçüldü. Caminin kuzey-güney ekseni ile yan mekanlardaki kubbe merkezlerini birleştiren doğrultunun kesim noktası orijin kabul edilerek, seçilen altı noktanın koordinatları Tablo III ve Şekil 2 ile gösterilmiştir.

Tablo III. Camideki Ölçü Noktalarının Koordinatları

Ölçü Noktasının Numarası	Koordinatlar		$\alpha$ (YY ekseni ile ses ışınları arasındaki açı)
	X- Ekseni	Y- Ekseni	
I. nokta	0 m		0°
II. nokta	0 m		0°
III. nokta	0 m		0°
IV. nokta	-10,75 m	0 m	35°
V. nokta	-5,9 m		24°
VI. nokta	10,35 m	0 m	32°

I. ÖLÇÜ NOKTASI: Beyaz ses kaynağı mihrapta ve camiye dönük olarak Tablo II' deki frekans bandı ile çalışırken I. noktada (ön kubbenin merkezi) ölçüler alındı. Ölçü aleti yatay düzlemde 10'ar derecelik radyal açılarla döndürülerek (azimutal açı sıfır iken), ses basınç seviyelerindeki doğrultuya bağlı değişimler gözlemlendi.

Bu durumda desibelmetre kaynak yanında 88 dB' i gösterdi. Ölçüler Tablo IV'de, değişimlerin polar diyagramı ise Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Camideki Ölçü Noktaları

Tablo IV: Birinci Ölçü Noktasında Radyal Doğrultudaki Ses Basınç Seviyeleri Değişimi

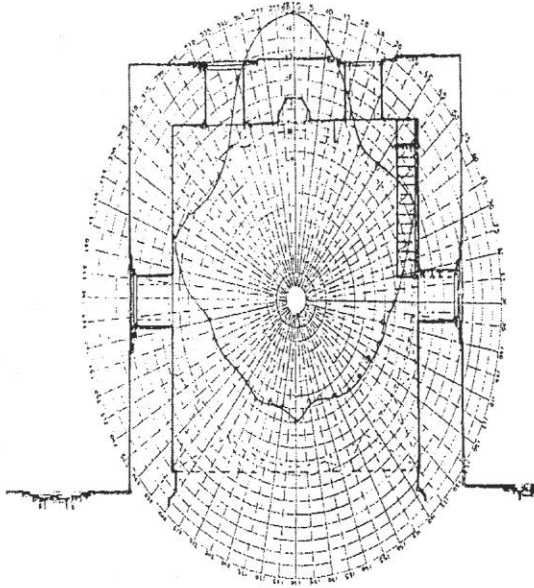
Radyal Açı (θ)	Ölçülen SPL (dB)	Δ(SPL) (dB)	Radyal Açı (θ)	Ölçülen SPL (dB)	Δ(SPL) (dB)
0°	82	0	190°	69	-13
10°	80	-2	200°	69	-13
20°	77	-5	210°	69,5	-12,5
30°	74	-8	220°	69	-13
40°	74	-8	230°	69	-13
50°	74,5	-7,5	240°	69,5	-12,5
60°	75	-7	250°	70	-12
70°	73	-9	260°	70	-12
80°	72	-10	270°	71,5	-10,5
90°	71	-11	280°	73	-9
100°	70	-12	290°	74	-8
110°	70	-12	300°	73,5	-8,5
120°	69,5	-12,5	310°	72,5	-9,5
130°	69,5	-12,5	320°	73	-9
140°	69,5	-12,5	330°	74	-8
150°	69	-13	340°	78	-4
160°	68,5	-13,5	350°	81	-1
170°	69,5	-13,5	360°	82	0
180°	70	-12			

Beyaz ses kaynağı yine mihrapta ve camiye dönük, ölçü yeri ön kubbenin altında iken ölçü aleti (radyal açı  $q = 0^\circ$  de sabit tutularak) azimutal açı 15'er derecelik aralıklarla döndürüldü. Bu durumdaki ses basınç seviyesinin doğrultuya göre değişimi incelendi. Ölçülen değerler Tablo V'de verilmiş, değişimler ise Şekil 4'de gösterilmiştir.

Tablo V. Birinci Ölçü Noktasında Azimutal Doğrultudaki Ses Basınç Seviyeleri Değişimi

Azimutal Açı (φ)	SPL (dB)	Δ(SPL) (dB)	Azimutal Açı (φ)	SPL (dB)	Δ(SPL) (dB)
0°	82	0	105°	70	-12
15°	81,5	-0,5	120°	69	-13
30°	81	-1	135°	69	-13
45°	75	-7	150°	69,5	-12,5
60°	73	-9	165°	59,5	-12,5
75°	72	-10	180°	70	-12
90°	71	-11			

Aynı yöntemle Tablo III' de belirtilen altı noktada radyal ve azimutal açılarda ses basınç seviye değişimleri ölçüleri alınıp polar diyagramda gösterildiler.



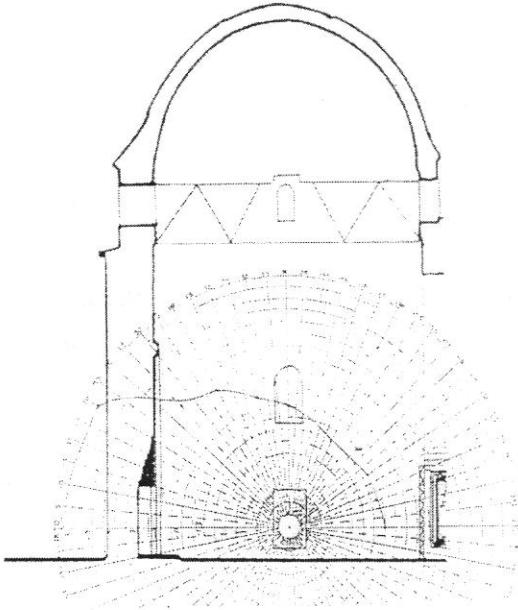
Şekil 3. Birinci Ölçü Noktasında Radyal Doğrultudaki Ses Basınç Seviyeleri

### 3.2. Anlaşılabilirlik Testleri

Cami, boyuna kesitine göre simetrik bir yapıya sahiptir. Her kubbenin merkezinde kelimelerin anlaşılma yüzdelerini belirlemek için dört nokta seçildi (Tablo VI). Ses kaynağımızın mihrapta olduğu zaman I, III ve IV no.lu noktalarda anlaşılma yüzdelerinin birbirinden farklı, IV ve VI no.lu noktalarda ise yaklaşık aynı olacağı tahmin edilebilir. A. Spoor ve R. Hintchcliffe tarafından birbirinden bağımsız gerçekleştirilen iki araştırmaya göre; ortalama normal yaşa bağlı işitme kaybı yirmi ile otuz yaşları arasında hemen hemen yok varsayılacak (0-1 dB) düzeydedir (Hassall, Zaveri 1979). Bu nedenle araştırmamızda; yaşa bağlı işitme kaybından kaynaklanan işitme

duyarlılığını ihmal edebilmek için, 20 yaş ortalamasına sahip 10 kişilik bir öğrenci grubu oluşturularak, seçilmiş her ölçü noktasına grup olarak yerleştirildi. Kelimeler teypten okundukça, denekler duydukları kelimelerden anlayabildiklerini, birbirinden etkilenmeksizin not aldılar.

Şekil 4. Birinci Ölçü Noktasında Azimutal Doğrultuda Ses Basınç Seviyeleri



Seçilen noktalarda dinleyicilere aktarılan kelime sayıları Tablo VI' da verilmiştir. Daha sonra yapılan istatistik değerlendirmelerle, seçilen noktalardaki konuşma iletim oranı belirlendi (Şekil 5).

Tablo VI. Ölçü Noktalarında Dinlenen Kelime Sayıları

Ölçü alınan nokta	I	III	IV	VI
Dinlenen kelime sayısı	1000	1000	1000	1000

Dinleyicilerin ölçü aldıkları noktalardaki ses basınç seviyeleri Tablo VII' de verilmiştir. Cami içinde ve dışındaki gürültü; ortamdaki ses basınç seviyesini çok az değiştirdiğinden, cami içindeki anlaşılabilirlik çevre gürültüsünden bağımsız olarak kabul edilebilir. Her noktada toplam 1000 kelime dinlendi.

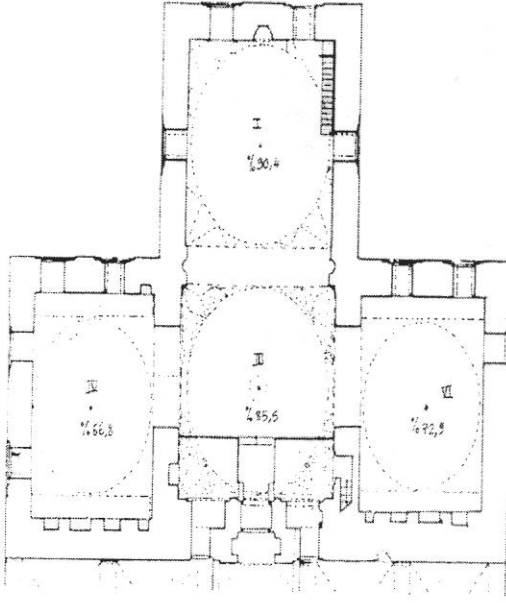
Tablo VII. Ölçü Noktalarındaki Ses Basınç Seviyeleri

Ölçü alınan nokta	I	III	IV	VI
SPL (Db)	69	63	58	58

Her dinleyici toplam olarak 100 kelime dinlemiş oldu. Bu kelimelerin dinleyicilere göre anlaşılma sayıları ve yüzdeleri Tablo VIII' de verilmiştir.

Tablo VIII. Anlaşılabilirlik Yüzdeleri Ve Bölgeleri

NOKTALAR	Dinleyicilerin Aldıkları Kelime Sayısı										TCP LAM	Anlaşılabilirlik Yüzdeleri ve Standart Hata	Anlaşılabilirlik Sınırları
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
I	91	95	94	91	89	86	89	89	88	92	904	%(90±1)	Çok iyi sınırdır
III	94	86	82	88	82	78	89	89	84	83	855	%(86±1.5)	İyi sınırdır
IV	67	73	74	71	54	64	71	62	60	72	668	%(67±2)	Yeterli sınırdır
VI	82	75	74	75	67	67	83	70	67	69	729	%(73±2)	İyi sınırdır



Şekil 5. Konuşma İletim Oranları

Anlaşılabilir kelime sayısı 3156 olduğundan, toplam kelime sayısına göre yüzdesi % 78,9 olur. Bu da iyi bir anlaşılabilirliktir.

#### 4. TARTIŞMA

Birinci noktada radyal olarak alınan ölçülerde,  $300^\circ$  lik doğrultudan ilk saçılan sesler, direkt sese göre 8,5 dB kadar daha az ses basınç seviyesine sahip oluyorlar. Aynı şekilde  $60^\circ$  lik doğrultuda da, direkt sese göre 7 dB' lik azalma görülmektedir (Tablo IV). Bu noktada direkt gelen seste, birinci mertebeden yansıyan sese göre bile 8 dB' lik fazlalık vardır (Şekil 3). Böylece bu fark anlaşılabilirlik testi ile uyumlu görünüyor. Çünkü direkt ses basınç seviyesi ile yansıyan ses basınç seviyesi arasındaki fark 5 dB' den daha fazla olursa, bu noktadaki anlaşılabilirlik bozulmaz (Kinsler, Frey 1950).

Desibelmetre ölçü sistemi dışında iken birinci noktada, mihraptaki ses basınç seviyesine göre 12 dB'lik bir zayıflama olmasına karşın (Şekil 1); desibelmetre ölçü

sistemi içine alınarak aynı noktada yapılan ölçümde, zayıflama 6 dB olmaktadır (Şekil 3). Çünkü ölçü sisteminde bulunan paraboloid (konkav) yüzey sesi odaklamaktadır.

Birinci noktada azimutal doğrultuda alınan ölçülerde, ileri doğrultudan gelen sesler 13 dB daha yüksek oluyor. Mihrap, sesi mekanın ortasına doğru yönlendirmektedir (Şekil 4).

Yine birinci noktada,  $\theta = 90^\circ$  doğrultuda ise her doğrultudan tamamen saçılmış sesler, hemen hemen homojen bir zemin oluşturmakta ve direkt sese göre total saçılmış seslerin 11 dB kadar azaldığı görülmektedir ki; mihraptan yapılan konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine, çevre gürültüsünün pek etkisinin olmayacağı düşünülebilir.

İki kanat arasında sesin düşey doğrultulara göre dağılımlarında farklılık olmakta ve sol kanattaki ses dağılımlarında, bu bölüm içinde bazı ses odaklama etkileri görülmektedir ve bu fark hemen hemen birbirine denk olan her iki kanattaki anlaşılabilirlik ölçülerinde görülen farklılığın nedeni olabilir. Çünkü sol kanatta anlaşılabilirlik (%  $67 \pm 2$ ) iken, sağ kanatta (%  $73 \pm 2$ ) olmaktadır. Aradaki anlamlı farkın, sol kanattaki ses dağılımında gözlenen farktan ileri geldiği düşünülmüştür.

Enerji azalmasının nedeni yalnızca yutma değil, büyük bir ihtimalle enerji saçılmasıdır. Biz yönelmiş (dik gelen) sesi ölçebiliyoruz, farklı açı ile gelen sesleri ölçemiyoruz. Bu da farklı açı ile gelen sesin değerlendirme dışı kalmasına neden olur.

Saniyorum ki; geometrik akustik, bir binanın planlanmasında akustik özellikleri göz önüne almaya büyük ölçüde yardımcı olabilmektedir.

## KAYNAKLAR

- N. ÜRETMEN**, Selimiye Camisi'nin Akustik İncelemesi, Doktora Tezi (Yayınlanmadı), Trakya Üniversitesi, Edirne 1991.
- A. ERDEM**, Mimari Akustik: Muradiye (Edirne) Camii'nin Akustik Karakteristikleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi (Yayınlanmadı), Trakya Üniversitesi, Edirne 1992.
- L. L. BERANEK**, Acoustics of the Fredric R. Mann Concert Hall, Tel Aviv, Israel, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol: 31, No: 7, July 1959, page: 882-892.
- K. B. GINN**, Application Of B & K Equipment to Architectural Acoustics, Brüel & Kjær, 1978.
- J. R. HASSALL**, Acoustic Noise Measurements, Brüel.&Kjær., January 1979, and K. ZAVERI page 48-49.
- L. E. KINSLER** Fundamentals of Acoustics, Jhon Wiley & Sons Inc., 1950, USA,
- and **A. R. FREY** page: 398

# KONUŞMA KODLAMA İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM\*

Rafet AKDENİZ<sup>1</sup>

Sıddık YARMAN<sup>2</sup>

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkçe seslerin yapısına uygun doğrusal dizilerle konuşma işaretlerini etkin bir şekilde modelleyen bir yaklaşım sunulmuştur. Söz konusu ses işaretlerini modellemede kullanılan uygun doğrusal diziler bir, iki ve üç harfli ana seslerden oluşan bir tabloda seçilmektedir. Yöntemi daha etkin kılmak üzere tabloda yer alan benzer sesler bazı tolerans kriterleri ile indirgenebilmektedir. Nitekim %10 toleransla benzer seslerin indirgenmesine gidilerek tablo elemanlarından %30 azaltım sağlanmıştır. Azaltılmış tablo ile modelleme yapıldığında konuşma işaretinin anlaşılabilirliği bozulmamıştır. Bu çalışmanın amacı; etkin bir konuşma kodlama için Türkçe'ye özgü en az sayıda Temel Tanım Frekansı setinin elde edilmesidir.

## SUMMARY

### A New Approach to Speech Coding.

In this study, a new modelling approach for reconstruction of speech signal by the Signature base Sequences is presented. The speech signal is defined as a linear combination of Signature Base Sequences. Signature Base Sequences generated from one, two and three-sound syllables of the Turkish language. Similar syllables have been omitted by tolerance of 10% for effective coding and then the number of syllables has been reduced by 30%. An attempt has been made to obtain speech signals by using the sets of syllables thus obtained. It was found that the reduced number of syllable sets gave an error in the order of 0.0001 based on comparison of the speech signals. It was shown that this level of the error did not impair the comprehensibility of the speech signal. The aim of this study is to assign a reduced optimal minimum set of Signature Base Frequencies to Turkish sounds.

**Anahtar Sözcükler:** Konuşma Kodlama, Veri Sıkıştırma, İşaret İşleme

\* Bu çalışma T.Ü. Araştırma Fonu tarafından TÜAF-99 projesi kapsamında desteklenmektedir  
<sup>1</sup>Trakya Üniversitesi Çorlu Müh. Fak. Elt. ve Hab. Müh. Bölümü, 59860 Çorlu-Tekirdağ  
Tel & Fax: 0.282.652 94 75- 3 Hat, e-mail: rafeta@ setra.net.tr, akdeniz@isikun.edu.tr

<sup>2</sup> Işık Üniversitesi, Müh. Fak. Elektronik Müh. Bölümü, 80670 Ayazağa-İstanbul  
Tel: 0.212.286 29 60, Fax: 0.212.285 28 75, e-mail: yarman@isikun.edu.tr

## I. GİRİŞ

Analog olan konuşma işaretlerinin sayısallaştırılmasına *Konuşma Kodlama* denir [1]. Kod, iletişimde harf, sözcük ya da sözcük grubu gibi bir bilgi birimi yerine buna eşdeğer bir başka bilgi birimini koymak amacıyla tanımlanan belirli ve değişmeyen kural olarak tanımlanır. Literatürde, haberleşme kanallarının daha etkin kullanılması, ses işaretlerinin değişik fiziksel, optik veya manyetik ortamlarda daha az bellek kullanılarak saklanması, tanımlanması, sıkıştırılması ve benzeri amaçlar için, zaman düzleminde; Vektör Nicemleme, Doğrusal Öngörü Kodlaması, Darbe Kod Modülasyonu gibi yöntemler, dönüşüm düzleminde ise Karhunen-Loeve Dönüşümü, Ayrık Fourier Dönüşümü, Ayrık Kosinüs Dönüşümü ve Alt Band Kodlaması gibi çeşitli kodlama teknikleri kullanılmaktadır [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Tüm bu yöntemlerin farklı uygulama alanları için değişik üstünlükleri vardır.

Parseval Teoremi, periyodik işaretin ortalama gücünün işaretin Fourier katsayıları ile ilişkisidir [8]. Bu teorem, aynı zamanda Fourier dönüşümünün kolay bir biçimde anlaşılmasını sağlar.

$$P = \frac{1}{T_0} \int |s(t)|^2 dt = \frac{1}{T_0} \int s(t) s^*(t) dt \quad (1)$$

burada  $s^*(t)$ ,  $s(t)$  işaretinin kompleks eşleniğidir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$s^*(t) = \left[ \sum_{-\infty}^{\infty} C_n e^{j2\pi n f_0 t} \right]^* = \sum C_n e^{-j2\pi n f_0 t} \quad (2)$$

Eşitlik (2), Eşitlik (1)'de kullanılacak olursa ortalama güç aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T_0} \int_{T_0} s(t) \left[ \sum_{-\infty}^{\infty} \alpha_n^* e^{-j2\pi n f_0 t} \right] dt \\ &= \sum_{-\infty}^{\infty} \left[ \frac{1}{T_0} \int_{T_0} s(t) e^{-j2\pi n f_0 t} dt \right] \alpha_n^* \quad (3) \\ &= \sum_{-\infty}^{\infty} \alpha_n \alpha_n^* = \sum_{-\infty}^{\infty} |\alpha_n|^2 \end{aligned}$$

Eşitlik (3)'den görülebileceği gibi ortalama güç, çizgileri  $|\alpha_n| = |\alpha(nf_0)|$  'ın kareleri toplamından bulunabilir. Bu eşitlik *Parseval Enerji Teoremi* diye bilinir.

Üzerinde çalışılacak işaretin konuşma işareti olmasından dolayı, işaret durağan bir özellik göstermemekte, dolayısıyla bu tür işaretler, matematiksel olarak kesin bir biçimde tanımlanamamaktadır [9].

N uzunluğundaki bir  $\{s_i(n), i=1,2,\dots,N\}$  işareti,  $\varphi_k$  fonksiyonunun doğrusal toplamı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir [8]. Deterministik olmayan işaretler için bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14].

$$\begin{aligned} s_o &= \alpha_{i_1} \varphi_1 + \alpha_{i_2} \varphi_2 + \dots + \alpha_{i_k} \varphi_k \\ &= \sum_{k=1}^K \alpha_{i_k} \varphi_k \quad K \leq N \end{aligned} \quad (4)$$

burada  $\alpha_{i_k}$  dönüşüm katsayıları ve  $\varphi_k$  ortogonal taban fonksiyonlarıdır. Yukarıdaki eşitlikten,  $N$  adet taban fonksiyonu yerine  $K$  adet uygun taban fonksiyonu ile işareti tanımlamanın olası olduğu anlaşılır. Dönüşüm katsayıları  $\alpha_{i_k}$

$$\alpha_{i_k} = (s_i, \varphi_k) \quad (5)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Ortogonal taban fonksiyonları aşağıdaki özelliklere uygun olmalıdır.

$$\begin{aligned} \|\varphi_k\|^2 &= (\varphi_k, \varphi_k) = 1, & k = 1, 2, \dots, K \\ (\varphi_k, \varphi_j) &= 0, & j \neq k \end{aligned} \quad (6)$$

bu özellikler altında, yeniden elde edilmesi istenen işaret, ortogonal taban fonksiyonları  $\varphi_k$ 'nin doğrusal toplamı biçiminde aşağıdaki gibi bulunur.

$$(s_i, \varphi_k) \varphi_k / \|\varphi_k\|^2 = (s_i, \varphi_k) \varphi_k = \alpha_{ik} \varphi_k \quad (7)$$

Konuşma işaretlerinin kalite ölçütleri temel olarak iki gruba ayrılır, bunlardan birincisi olan nesnel ölçütler; DRT (Diagnostic Rhyme Test), MOS (Mean Opinion Score), DAM (Diagnostic Acceptability Measure) gibi yöntemler, ikinci olarak öznel ölçütler ise SNR (Signal to Noise Ratio), AI (Articulation Index) gibi yöntemlerdir [1], [15].

Kodlamanın başarımlı ölçülerinden SNR, OKH (Ortalama Karasel Hata) temelli bir ölçütüdür. Yapılan çalışmada bu ölçüt kullanılarak kodlamanın başarımlı değerlendirildi. OKH aşağıdaki biçimde tanımlanır. [16], [17] [18].

$$\begin{aligned} \varepsilon = OKH &= E \left[ |s_i(n) - s_o(n)|^2 \right] \\ &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |s_i(n) - s_o(n)|^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left| s_i(n) - \sum_{k=0}^{K-1} \alpha_{ik} \varphi_k \right|^2 \end{aligned} \quad (8)$$

$\alpha(k) = a(k) + jb(k)$  tanımı yapılarak her  $i = 0, 1, \dots, N-1$  için Eşitlik (8),  $a(i)$  ve  $b(i)$ 'ye göre türetilip sıfıra eşitlenecek olursa [18];

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial a(i)} = 0 \quad \frac{\partial \varepsilon}{\partial b(i)} = 0 \Rightarrow \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} 2\varphi_i^*(n) \left[ s_i(n) - \sum_{k=0}^{K-1} \alpha(k) \varphi_k(n) \right] = 0 \quad (9)$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} s_i(n) \varphi_i^*(n) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} \alpha(k) \varphi_k(n) \varphi_i^*(n) \quad i=0, 1, \dots, N-1 \quad (10)$$

$\varphi_k(n)$ 'lerin ortogonal olduğu varsayımıyla (10) eşitliğinden (9) eşitliğini en aza indirecek ağırlaştırma katsayıları aşağıdaki gibi bulunur.

$$\alpha(k) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} s_i(n) \varphi_i^*(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} |\varphi_i(n)|^2}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (11)$$

Elde edilen bu eşitlikler yardımıyla artık modelleme için uygun bir yaklaşım elde edilmiş olur. Yani, ağırlaştırma katsayılarının bulunması ile işaret, ortogonal taban fonksiyonlarının doğrusal toplamı biçiminde tanımlanır.

$$s_o(n) = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha(k) \varphi_k(n), \quad n=0, 1, \dots, N-1 \quad (12)$$

Bu çalışmada,  $N$  uzunluğundaki konuşma işareti, sesin doğasına uygun Temel Tanım Dizisi (TTD) adını verdiğimiz dizilerin doğrusal toplamı olarak modellenmiştir.

Önerdiğimiz yöntemin en önemli noktasını Türkçe seslerin doğasına uygun olarak ifade edilebilen TTD'nin bulunması oluşturmaktadır. Bu amaçla, konuşma işaretlerinin yapısıyla birlikte [19] dilimizde yer alan bir çok ses incelenerek [20], [21], [22], [23], [24] bunlar arasından bir ve iki harfli seslerin tümü ile üç harfle ifade edilen seslere ilişkin en yüksek enerji bileşenine sahip 16 adet katsayıdan oluşan  $f(k)$  dizileri elde edilmiş ve bunlar Temel Tanım Frekansları (TTFr.) olarak adlandırılarak 16 sütun, 869 satırdan oluşan bir referans tablo oluşturulmuştur. 80 örnekten oluşan bir ses çerçevesi referans tablonun herhangi bir yerinde bulunan 16 adet katsayıdan oluşan TTD ile ifade edilebilir. Böylece 80 adet örnekten oluşan bir çerçeve 16 adet katsayı veya parametre ile tanımlanmış olur. Bunun sayısal anlamı 5:1 oranında sıkıştırma veya kanal kapasitesinde bir tasarruf demektir.