

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NAZOMETRE SİSTEMİ VE NAZOMETRİK SESLERİN**  
**İNCELENMESİ**

**MEHMET RECAİ ARSLANTAŞ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA

2008



**NAZOMETRE SİSTEMİ VE NAZOMETRİK SESLERİN  
İNCELENMESİ**

**NASOMETER SYSTEM AND DETECTION OF  
NASOMETRIC SIGNALS**

**MEHMET RECAİ ARSLANTAŞ**

Başkent Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
BİYOMEDİKAL Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

2008

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından **BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :  
Doç. Dr. Osman EROĞUL

Üye (Danışman) :  
Yrd. Doç. Dr. İ.Cengiz KOÇUM

Üye :  
Yrd. Doç. Dr. Bülent YILMAZ

ONAY

Bu tez 10/09/2008 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

/09/2008

Prof. Dr. Emin AKATA

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

## TEŐEKKÜR

Çalıőmalarımın tüm aőamalarında danıőmanlıđını, yol gőstericiliđini esirgemeyen, edindiği engin bilgi ve tecrübeyi bizlerle paylaőmaktan çekinmeyen ve tez çalıőmamın baőından sonuna kadar benimle birlikte aynı heyecanı yaőayan, danıőmanım Sayın Doç. Dr. Osman EROĞUL'a en derin saygılarımla teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; donanımın tasarlanması süreci boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın Osman KOÇAK'a,

Yazılım konusunda sıkıőtıđım anlarda imdadıma koőan değerli arkadaőım Sayın Arő. Gör. Nevrez İMAMOĞLU'na,

Rapor aşamasında beni yönlendiren değerli arkadaőım Sayın Arő. Gör. Onur KOÇAK'a,

Tez sürecinde karőılaőtıđım her türlü kaynak problemlerinin aőılmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Hürol ERİŐÇİ'ye, Sayın Engin DANIŐMEN'e, Sayın Doç. Dr. Hakan BİRKENT'e ve Doç. Dr. Timur AKÇAM'a,

her zaman yanımda olan ve kısıtlı zamanlarına rağmen desteklerini esirgemeyen aileme ve yakın dostlarıma,  
en derin saygı, sevgi ve őükranlarımı sunarım.

## ÖZ

### **NAZOMETRE SİSTEMİ VE NAZOMETRİK SESLERİN İNCELENMESİ**

Mehmet Recai ARSLANTAŞ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Nazometre (Nasometer) cihazı sesli konuşma sırasında oluşan oral hava basıncı ve nazal hava basıncını ayrı ayrı ölçerek bu iki değer arasında bir oran hesaplamaya yaramaktadır. Daha önceden nazal yoğunluk değerleri bilinen hece, kelime ve cümleler hastaya okutularak, plaka üzerinde ve altında bulunan mikrofonlar aracılığı ile oral ve nazal yoldan gelen sesler birbirine karışmadan kaydedilmektedir. Kaydedilen seslerden, yazılım aracılığıyla hesaplanan orana “nazalans oranı” denilmektedir, yüzde (%) olarak hesaplanmaktadır ve elde edilen değer hastanın konuşmasında ki nazalitenin göstergesidir.

Sunulan bu tezin ana hedefi bir Nazometre cihazı imal ederek septoplasti hastalarının ameliyat öncesi ve sonrası durumlarının karşılaştırılmasını sağlamak ve daha sonra yapılabilecek olan çalışmaların önünü açmaktır. Elektronik, donanım, aksesuar ve bir bilgisayar yazılımı kısımlarından oluşan bu sistemi oluşturmak ve sorunsuz çalışır hale getirmek istenmektedir.

Ses analizi işlemi Matlab ile hazırlanan bir GUI ile yapılmış ve ticari sistemlerle karşılaştırılarak yazılımın yetkinliği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Nazometre cihazı tasarlanıp imal edilerek elektronik olarak performansı incelenmiş ve hazırlanan yazılımla olan bağlantısı sağlanmıştır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Nazometri, Nazometre cihazı, nazalans skoru, yarık damak, yarık dudak, fonksiyonel nazalite problemleri, motor konuşma bozuklukları, işitme kaybı, palatal prostetik uygulamalar

**Danışman:** Doç.Dr. Osman EROĞUL, GATA, Biyomedikal ve Klinik Mühendisliği.

## **ABSTRACT**

### **NASOMETER SYSTEM AND DETECTION OF NASOMETRIC SIGNALS**

Mehmet Recai ARSLANTAŞ

Baskent University Institute of Science

Department of Biomedical Engineering

Nasometer is a device which collects the acoustic energy during speech with a baffle plate which has microphones mounted on the top and the bottom of the plate. Patient is reading syllables, words, texts whose nasalance values are known before. Thus nasalance score is achieved with a ratio of the acoustic datas collected through the microphones. The nasalance score is a percentage (%) and it is the indicator of nasality in speech.

The aim of this thesis is contributing to the installation and designation of a nasometer device so that septoplasty patients can have comparerable results before and after the surgery. It has three main parts which are electronic, data acquisition and computer software.

The analysis of the recordings are done by a GUI coded in Matlab and the results are compared to commercial systems. Also a nasometer device is designed and connected with the software so that the perfection of the whole system was observed.

**KEYWORDS:** Nasometry, Nasometer device, cleft lip, cleft palate, functional nasality problems, motor speech disorders, hearing loss, palatal and prosthetic applications

**Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Osman EROĞUL, GATA , Biomedical Engineering Center.

# İÇİNDEKİLER LİSTESİ

|  | Sayfa |
|--|-------|
| ÖZ .....                                       | i     |
| ABSTRACT .....                                 | ii    |
| İÇİNDEKİLER LİSTESİ .....                      | iii   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....                          | v     |
| ÇİZELGELER LİSTESİ.....                        | vi    |
| SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ .....          | viii  |
| 1. GİRİŞ .....                                 | 1     |
| 1.1 Kapsam ve Tarihsel Gelişim.....            | 1     |
| 1.2 Amaç.....                                  | 6     |
| 1.3 Yöntem.....                                | 7     |
| 2. GENEL BİLGİLER .....                        | 9     |
| 2.1 Fonasyon Anatomisi ve Fizyolojisi.....     | 9     |
| 2.1.1 Larenksin gelişimi.....                  | 9     |
| 2.1.2 Anatomik özellikler.....                 | 9     |
| 2.1.3 Larenks kıkırdakları .....               | 11    |
| 2.1.4 Larenks eklemleri.....                   | 12    |
| 2.1.5 Larenks ligamentleri.....                | 13    |
| 2.1.6 Larenks kasları .....                    | 13    |
| 2.1.7 Larenks membranları .....                | 14    |
| 2.1.8 Potansiyel boşluklar .....               | 15    |
| 2.1.9 Larenks arterleri ve venleri.....        | 15    |
| 2.1.10 Larenksin fonksiyonları .....           | 15    |
| 2.2 Farenks .....                              | 23    |
| 2.3 Nazofarenks .....                          | 24    |
| 2.4 Orofarenks.....                            | 25    |
| 2.5 Oral Kavite.....                           | 26    |
| 2.6 Dil.....                                   | 27    |
| 2.7 Nazometre Cihazının Kullanım Alanları..... | 27    |
| 2.7.1 Yarı damak ve yarı dudak.....            | 28    |
| 2.7.2 Motor konuşma bozuklukları.....          | 28    |
| 2.7.3 İşitme kayıpları.....                    | 28    |
| 2.7.4 Palatal prostetik uygulamalar.....       | 29    |



|  |           |
|--|-----------|
| 2.7.5 Fonksiyonel nazalite problemleri.....                                      | 29        |
| 2.7.6 Şarkı söyleme pedagojisi.....  | 30        |
| 2.8 Nazal ve Oral Sesler .....   | 30        |
| 2.9 Hipernazalite ve Hiponazalite .....  | 30        |
| 2.10 Ticari Nazometre Sistemleri.....  | 33        |
| 2.10.1 KayPENTAX marka Nasometer II Model 6400 nazometre cihazı.....             | 33        |
| 2.10.2 Dr. Speech marka NasalView model nazometre cihazı.....                    | 34        |
| <b>3. MATERYAL VE METOD .....</b>  | <b>36</b> |
| 3.1 Donanım Tasarlanması.....  | 36        |
| 3.1.1 Cihaz kutusu.....  | 36        |
| 3.1.2 Hasta başlığı.....   | 36        |
| 3.1.3 Kalibrasyon hoparlörü.....   | 38        |
| 3.2 Donanım çalışma prensibi .....   | 40        |
| 3.3 Sistemde Kullanılan Entegreler ve Karakteristik Özellikleri .....            | 41        |
| 3.3.1 VU metre entegresi.....  | 41        |
| 3.3.2 Bilgisayar bağlantı entegresi.....   | 42        |
| 3.3.3 Mikrofon.....  | 46        |
| 3.3.4 VU metre.....  | 48        |
| 3.4 Yazılım .....  | 50        |
| <b>4. SONUÇ ve TARTIŞMA.....</b>   | <b>55</b> |
| 4.1 Septoplasti Verilerinin Analizi .....  | 55        |
| 4.2 Sistemde Gözlemlenen Sorunlar ve Çözüm Önerileri .....                       | 61        |
| 4.2.1 Matlab GUI de karşılaşılan sorunlar ve yazılımda yapılan düzeltmeler ..... | 62        |
| 4.3 Çalışma Önerileri .....  | 62        |
| <b>KAYNAKLAR LİSTESİ .....</b>   | <b>65</b> |
| <b>EKLER .....</b>   | <b>68</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1.1 Kavitelerin Anatomik Yerleri.....                             | 1  |
| Şekil 1.2 Nazal ve Oral yolları birbirinden ayıran test başlığı .....   | 2  |
| Şekil 1.3 Nazometre sisteminin çalışma prensibi.....                    | 3  |
| Şekil 2.1.1 Larenkste bulunan anatomik bölgeler.....                    | 10 |
| Şekil 2.1.2 Larenks Kompartmanları .....                                | 11 |
| Şekil 2.1.3 Larenks Kıkırdakları.....                                   | 12 |
| Şekil 2.1.6 Larenks kasları.....  | 14 |
| Şekil 2.2 Farenksin anatomik yeri.....                                  | 24 |
| Şekil 2.3 Nazofarenks, Orofarenks, Laringofarenks anatomik yerleri..... | 25 |
| Şekil 2.6 Dilin genel yapısı.....                                       | 27 |
| Şekil 2.7 Yeni doğanda yarık damak yarık dudak .....                    | 29 |
| Şekil 2.7 Yeni doğanda yarık damak yarık dudak .....                    | 30 |
| Şekil 2.9 Nazal Problemler .....  | 32 |
| Şekil 2.10.1 Ticari Sistemler .....                                     | 33 |
| Şekil 2.10.2 Ticari Sistemler .....                                     | 35 |
| Şekil 3.1.1 Nazometre Sistemi.....                                      | 37 |
| Şekil 3.1.2 Nazometre Hasta Başlığı.....                                | 38 |
| Şekil 3.1.3 Kalibrasyon Hoparlörü.....                                  | 39 |
| Şekil 3.2 Çalışma Prensibi.....   | 40 |
| Şekil 3.3.1 Sanyo LA 4440 Devresi.....                                  | 43 |
| Şekil 3.3.1 Sanyo LA 4440 Devresi.....                                  | 44 |
| Şekil 3.3.2 National LM1036 Entegresi üstten görünümü.....              | 45 |
| Şekil 3.3.3 Mikrofon Devre Şeması.....                                  | 47 |
| Şekil 3.3.3 Mikrofon Devre Şeması.....                                  | 48 |
| Şekil 3.3.4 VU Metreler.....  | 48 |
| Şekil 3.3.4 VU Metreler.....  | 49 |
| Şekil 3.4.1 Kalibrasyon Ekranı .....                                    | 52 |
| Şekil 3.4.2 Matlab ile tasarlanan GUI ara yüzü.....                     | 54 |
| Şekil 4.2.1 Matlab GUI yazılımı.....                                    | 63 |
| Şekil 4.2.1 Matlab GUI yazılımı.....                                    | 64 |

## ÇİZELGELER LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Çizelge 4.1.1 - “aaaa” Sesine Ait Korelasyon Analizi.....     | 57 |
| Çizelge 4.1.2 – “mmmm” Sesine Ait Korelasyon Analizi.....     | 58 |
| Çizelge 4.1.3 – “Maaa” Sesine Ait Korelasyon Analizi.....     | 58 |
| Çizelge 4.1.4 – “Mu Mu Mu” Sesine Ait Korelasyon Analizi..... | 59 |
| Çizelge 4.1.5 – “Na Na Na” Sesine Ait Korelasyon Analizi..... | 60 |
| Çizelge 4.1.6 – “Nu Nu Nu” Sesine Ait Korelasyon Analizi..... | 60 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

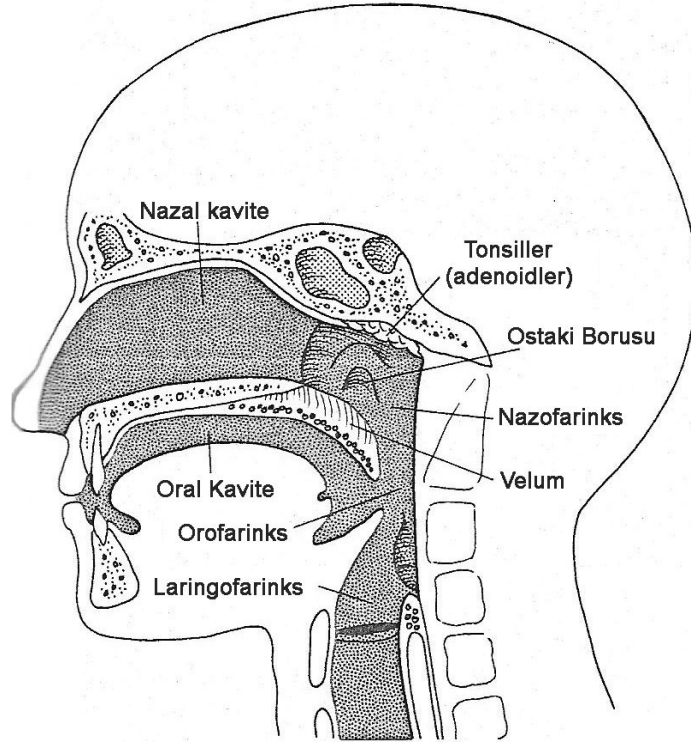
|                         |  |
|-------------------------|--|
| N                       | Nazal yoldan gelen enerji                          |
| O                       | Oral yoldan gelen enerji                           |
| cc                      | Sıvı ölçüm birimi                                  |
| Hz                      | Frekans birimi                                     |
| GUI                     | Grafiksel kullanıcı arayüzü                        |
| pO <sub>2</sub>         | Oksijen kısmı basıncı                              |
| pCO <sub>2</sub>        | Karbondiyoksit kısmı basıncı                       |
| O <sub>2</sub>          | Oksijen  |
| CO <sub>2</sub>         | Karbondiyoksit                                     |
| mmH <sub>2</sub> O      | Cıva basıncı                                       |
| dB                      | Desibel  |
| $\Omega$                | Ohm (direnç birimi)                                |
| k $\Omega$              | Kilo Ohm (direnç birimi)                           |
| V                       | Volt   |
| V <sub>rms</sub>        | Volt root mean square                              |
| mV                      | Mili volt  |
| THD                     | Total harmonik distorsiyon                         |
| V <sub>O</sub>          | Çıkış voltajı                                      |
| $\Delta$ V <sub>G</sub> | Çıkış kazancındaki fark                            |
| °C                      | Santigrat  |
| V <sub>CC</sub>         | Besleme gerilimi                                   |
| R <sub>L</sub>          | Yük direnci  |
| f                       | Frekans  |
| R <sub>g</sub>          | Direnç   |
| I <sub>cco</sub>        | Entegrenin giriş gerilimi olmadan harcadığı enerji |
| mA                      | Mili amper   |
| V <sub>G</sub>          | Voltaj kazancı                                     |
| W                       | Watt   |
| cm                      | Santimetre   |
| °                       | Derece   |
| $\Sigma$                | Toplam   |

|                      |   |
|----------------------|---|
| $H_0$                | Değişkenler arasında ilişki yoktur hipotezi         |
| $H_A$                | Değişkenler arasında ilişki vardır hipotezi         |
| Kanal 1 <sub>i</sub> | Nazal yoldan gelen sesin i. örneklemesine ait değer |
| Kanal 2 <sub>i</sub> | Oral yoldan gelen sesin i. örneklemesine ait değer  |
| $\sqrt{\quad}$       | Karekök   |

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Kapsam ve Tarihsel Gelişim

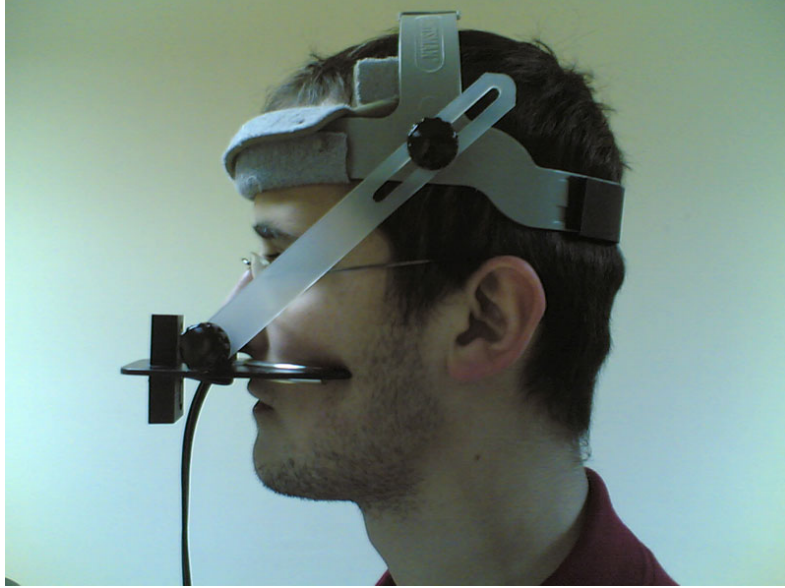
Nazometre (Nasometer) cihazı sesli konuşma sırasında oluşan oral hava basıncı ve nazal hava basıncını ayrı ayrı ölçerek bu iki değer arasında bir oran hesaplamaya yarayan cihazdır. Hastaya bir kafa başlığı takılmakta ve bu başlığa bağlı olan bir plaka hastanın burnu ile ağzı arasına hizalanmakta, dolayısı ile nazal ve oral kaviteyi gibi birbirinden ayrılmaktadır. Şekil 1.1 de nazal kavite, oral kavite, nazofarinks, orofarinks, laringofarinks, velum, östaki borusu ve tonsillerin anatomik yerleri gösterilmektedir.



**Şekil 1.1** – Kaviteyin Anatomik Yerleri: Nazal Kavite, Oral Kavite ve Nazofarinks, Orofarinks, Laringofarinks, Velum, Östaki borusu ve Tonsillerin anatomik yerleri

Daha önceden nazal yoğunluk değerleri bilinen hece, kelime ve cümleler hastaya okutularak, plaka üzerinde ve altında bulunan mikrofonlar aracılığı ile oral ve nazal

yoldan gelen sesler birbirine karışmadan kaydedilmektedir. Kaydedilen seslerden, yazılım aracılığıyla hesaplanan orana “nazalans oranı” denilmektedir, yüzde (%) olarak hesaplanmaktadır ve elde edilen değer hastanın konuşmasında ki nazalitenin göstergesidir. Şekil 1.2 de hastanın oral ve nazal yollarını ayıran test başlığı gösterilmektedir.



**Şekil 1.2** - Nazal ve Oral yolları birbirinden ayıran test başlığı

Hastanın nazalans skoru hesaplanırken:

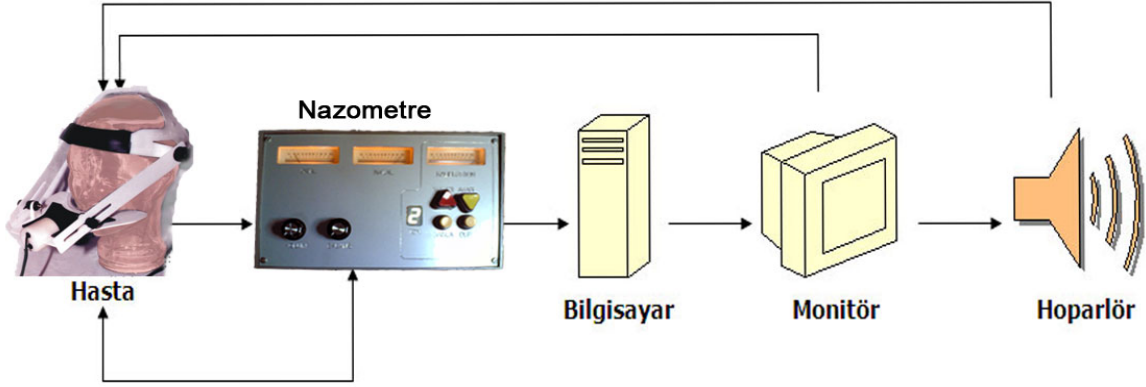
$$\text{Nazalans\%} = (N / (N+O)) \times 100 \quad (1.1)$$

eşitliği kullanılmakta olup, burada;

N: nazal yoldan gelen enerjiyi

O: oral yoldan gelen enerjiyi belirtmektedir.

Nazalans oranı ile ilgili istatistiksel bilgiler ve eğriler yazılım tarafından hesaplanmakta ve bilgisayar ekranında görüntülenmektedir. Bilgisayar ekranında gösterilen nazalans oranı eğrisi ve kaydedilen ses ile hastaya istenilen derecede velofaringel kontrolü sağlaması için hem görsel hem de işitsel geri bildirim sağlanmaktadır. Nazometre sisteminin çalışma prensibi Şekil 1.3 de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 - Nazometre sisteminin çalışma prensibi

İcadından günümüze yaklaşık 30 yıl geçmiş olmasına rağmen literatürde Nazometre sistemi hakkında çeşitli açıklamalar dikkat çekmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte Nazometre sisteminin imalatlarında yenilikler gelmiş; cihazın farklı alanlarda da kullanılabilir olduğu görülmüştür. Velum hareketlerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar 1956'lı yıllarda House ve Stevens'in yapmış olduğu seslerin nazal değerleri çalışmalarıyla başlamıştır. House ve Stevens bu çalışmalarında nazal ve oral kavitelelerin birbirine bağlı olduğu elektriksel devre şemaları ile velar açıklığının derecesini ölçmeye çalışmışlardır. [1]

Wooldridge, W.B. 1956 yılında nazal rezonansın olup olmadığını araştıran bir çalışma yayımlamış ve çalışmasında sekiz profesyonel şarkıcı ile çalışmıştır. Wooldridge şarkıcılara beş temel sesin oturtulmuş olduğu yedi notadan oluşan basit bir şarkı söyletmiş ve aradaki farkı gözlemlemek için, şarkıları ilk olarak şarkıcıların nazal kaviteleleri tıkalı bir şekilde daha sonra nazal kaviteleleri açık bir şekilde söyletmiştir. Alınan kayıtlar spektrografik olarak incelenmiş ve her iki koşulda da negatif olduğu neticesine varılmıştır. [2]



Vennard 1964 yılında Wooldridge'in yapmış olduğu çalışma üzerinde modifikasyonlar yaparak yeni bir çalışma yapmıştır. Vennard şarkıcıların nazal kavitelelerinin pamukla tıkanmasına ek olarak maksiler sinüslerine de 25 cc su doldurmuştur. Bu çalışmanın sonucunda "nazal rezonans" teriminin ses kalitesi ve şarkı söyleme sesinden bağımsız olduğu neticesine varmıştır. [3]

1965 yılında Lubker, J.F. ve Moll, K.L tarafından konuşma sırasında oral-nazal hava akışı ve basıncın artiküler postürler üzerindeki etkileri ile ilgili ölçümler yapılmaya başlanmıştır. [4]

Fletcher, S.G., ve Bishop M.E. tarafından 1970 yılında TONAR II adıyla basit bir cihaz üretilmiş ve nazalans skoru ölçümleri yapılmaya çalışılmıştır. Fletcher, Frost ve arkadaşları 1974 yılında yaptıkları çalışmalar sonucunda nazalans terimi ortaya çıkmış ve sesli konuşma esnasında velofaringeal yolun kapanması ile nazal yoldan yayılan akustik enerjinin oral yoldan yayılan akustik enerjiye olan oranının hesaplanmasını gerçekleştirmişlerdir. [5,6]

Velofaringeal kapanmanın enstrümantasyon olarak görüntülenmesine dair metodlar 1987 yılında Baken tarafından revize edilmiş, daha az invaziv metodlar kullanılan çalışma dört ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar, alçak frekansın ölçülmesi, temel olarak alt sesler (subsonic) ve sıfır frekansı içerenler, hava akışının burundan veya hem burun hem de ağız yolundan simültane olarak gerçekleşmesi, ağız içi basıncın (intraoral pressure) ölçülmesi, titreşim algılayıcının (accelerometer) buruna yerleştirilmesi ile burundan geçen sesin algılanması, ağız ve burundan gelen sesin (akustik basınç dalgası olarak) ölçülmesi, genelde üst dudağa katı bir bariyer konularak nazal ve oral seslerin ayrılması, bariyerin üstüne ve altına mikrofon konulması, ayrılmış seslerin akustik özelliklerinin analiz edilerek nazalizasyon ile ilgilerinin tanımlanmasıdır.

Bu farklı metotlar ölçümü yapılan velar kontrolün görünüşüne göre iki ayrı gruba ayrılmaktadır. bunlar oral basınca ihtiyaç duyan sessizlerin velar kontrollerinin

ölçülmesi ve seslilerin velar kontrollerinin ölçülmesidir. Seslilerin velar kontrollerinin ölçülmesindeki metotlar, seslilerin nazalizasyonun ölçülmesi için kullanılmaktadır ve başarı ile sisteme oturtulması daha zor olmuştur.

Yukarıda bulunan dört ayrı kategorinin her birinin metodolojisinde kendine has ciddi içsel olumsuzluklar bulunmaktadır.

Alçak frekansların (ya da alçak geçiren filtrelenmiş) hava akışı hacminin ölçülmesinde kullanılan metotlar kuvvetli oral basınca ihtiyaç duyan sesli veya sessiz hecelerde güzel oronazal desenler göstermektedir. Ancak, bu metodların alçak frekans hava akışı bileşenlerine dayanmasından dolayı, sesli harflerin dudak, çene hareketleri ve yumuşak damak yansımalarından belirgin alçak frekans gürültülerinden etkilendiği görülmektedir. Bu metotlarda ayrıca burun ve ağız veya nazal ve oral yolların ayrılmasını sağlayacak düzgün maskelere ihtiyacı bulunmaktadır. Kullanılan maskeler aynı zamanda sesin boğulmasına da sebebiyet vermektedir. Bu yüzden akustik olarak transparan diyaframlı maske duvarına sahip maskeler kullanılarak yüksek frekanslı bileşenlerin daha etkin bir biçimde algılanması sağlanmaktadır ve maskenin insan yüzünde oluşturduğu negatif etki bu şekilde azaltılabilir. Diğer kategorilerde belirtilen metotlar sesli hecelerin ölçümünde dikkat çekmektedir.

Titreşim ölçen (accelerometer) metotta ise genellikle burnun yanına konuşulan sese yüksek derecede bağımlı bir titreşim ölçer konulmaktadır, sesin perdesini (pitch), burun coğrafyası ve titreşim ölçerin uygun bir yere yerleştirilmesi gerekmektedir.

Oral/nazal basınç oranı ile ilgili olan metotlarda kullanılan ses ayırıcı plakanın şekli, mikrofonların yönselliği ve karakteristikleri, ölçülen kanaldaki enerjiye göre frekans aralığı önemlidir. Frekans aralığının belirlenmesi zor bir işlemdir zira oral ve nazal kanallardan elde edilen spektral dağılım çok büyük farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden çok geniş bant aralığının kullanılması halinde sistem daha çok burundan gelen alçak frekanslardaki ses harmoniklerinin ağızdan gelen

yüksek frekans harmonikleri ile karşılaştırılmasını yapacaktır. Bu yüzden mevcut sistemlerde 300Hz ve 750Hz arası veya yarım güç noktalarında 350Hz ve 750 Hz değerleri seçilmiştir.

Burundan gelen sesin ölçülmesinde, basınç dalgı formunda yayılan spektrumun sesli konuşma sırasındaki durumu incelenerek nazalizasyon derecesi belirlenmeye çalışılmıştır. Velofaringeal boşluğun tam kapanmaması durumunda sesli konuşma sesinin spektrumu konuşma sesinde yüksek derecede değişken ve nazal pasajların akustik özelliklerine yüksek derecede bağımlı olduğu gözlemlenmiştir. [7,8,9]

Baker tarafından 1987 yılında yapılan bu çalışmanın üzerinden 20 yıl geçmiş olmasına rağmen nazometre sisteminin temelleri halen bu verilere dayanmaktadır.

## **1.2 Amaç**

Yapılan kaynak taramasının tarihsel sıralaması göz önüne alındığında Nazometre cihazının birçok farklı bilim adamı tarafından incelendiği, farklı çalışma grupları ve problemler üzerine yoğunlaşıldığı ve böylece sistemin kullanım alanının genişlediği gözlemlenmiştir. Nazometre sistemlerinin gelişim sürecini göz önünde bulundurduğumuzda akademik araştırma gruplarının çalışmalarının yanı sıra ticari olarak bu sistemin daha yaygın kullanılabilir bir cihaz haline getirilmeye çalışıldığı da görülmüştür.

Tez kapsamında bir Nazometre cihazının üretilme hedefi, bu sistemin ülkemizde hekimlerimiz ve ses terapistlerimiz tarafından daha yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlamak, düşük maliyet ile sistemin ithal edilmeden yapılabileceğini göstermek, açık mimari (open architecture) ile istenildiği gibi sistemi geliştirebilmek, kullanıcı dostu bir ara yüz ile sistemin kullanılabilirliğini artırmak, dilimizin doğru ve düzgün konuşulması için bir katkıda bulunma isteğidir.

Yukarıda belirtilen hedeflerden yola çıkarak bu tezin ana amacı; bir Nazometre cihazı imal ederek septoplasti hastalarının ameliyat öncesi ve sonrası durumlarının karşılaştırılmasını sağlamak ve daha sonra yapılabilecek olan çalışmaların önünü açmaktır. Elektronik, donanım, aksesuar ve bir bilgisayar yazılımı kısımlarından oluşan bu sistemi oluşturmak ve sorunsuz çalışır hale getirmek istenmektedir.

Bu amaçla ilk olarak nazometre sisteminin ne işe yaradığı, hangi alanlarda kullanıldığı, ülkemizde mevcut ticari sistemlerin ne kadar etkin ve nerelerde kullanıldığı araştırılmıştır.

Donanım bölümünde, sistemi oluşturan ana bileşenlerin neler olması gerektiği düşünülmüş farklı entegreler ile denemeler yapılmış ve optimum değerlerin elde edildiği malzemeler kullanılmıştır.

Yazılım bölümünde ise, Matlab<sup>1</sup> programı ile kullanıcı dostu bir ara yüz GUI (Graphical User Interface – grafiksel kullanıcı arayüzü) ile hazırlanmıştır. Sistemin ses kayıtlarının yapılması, kaydedilmiş dosyaların yeniden dinlenmesi, kaydedilen seslerden “nazalans skorları”nın hesaplanması, hem grafiksel hemde istatistiksel olarak gösterilmesi bu yazılım aracılığı ile sağlanmıştır.

Aksesuarlar bölümünde ise, hastaya takılan özel başlık için farklı denemelerde bulunulmuş farklı kişilerin kafasına takılıp kullanılabileceği düşünülen en makul dizayn kabul görmüştür.

### **1.3. Yöntem**

Şu ana kadar, tez konusu ile ilgili ön bilgiler, tarihsel gelişim süreci ve bu tezde yapılması hedeflenen temel amaçlar hakkında bilgi verilmiştir. Tezin kalan kısmında, bu amaçlara ulaşmada etkili rol oynayan çalışmalara değinilmiştir.

---

1 Matlab; Mathworks firmasının bir ürünüdür.

İkinci bölüm'de fonasyonun anatomi ve fizyolojisi, nazometre cihazının kullanım alanlar, nazal ve oral sesler hakkındaki araştırmalar, mevcut ticari sistemler ile ilgili araştırılan temel kurallar ve kriterler "GENEL BİLGİLER" başlığı altında sunulmaktadır.

Üçüncü bölüm'de ise sistemde kullanılan elektronik eleman ve parçaların karakteristik özellikleri, yazılımda temel alınan esaslar sunulup bunlar hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca donanım ve elektronik kısımlar için yapılan tasarımlardan sırayla bahsedilerek çeşitli ölçülu şematik gösterim ve yerleşim planlarının analizi bu bölümde yapılmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmalar ile ilgili bilgiler "MATERYAL METOD" ana başlığı altında anlatılmaktadır.

Dördüncü bölüm'de ise "SONUÇ ve TARTIŞMA" adı altında tasarlanan devreler ile donanım ve aksesuarların imal edilmesinden, işlevsel testlerinden, elde edilen test sonuçlarından, yapılan iyileştirmelerden ve istatiksel sonuçlardan ve tüm parçaların bir araya getirilerek Nazometre cihazının oluşturulmasından bahsedilmiştir. Ayrıca tasarım sonucunda ortaya çıkan uygunsuzluklardan, eksikliklerden, elde edilen sonuçların tartışmalarından ve gelecek için hedeflenen çalışmalardan da bahsedilmiştir. Yapılan tasarım ve elde edilen sonuçlar detaylı olarak şekillerle desteklenmiştir.

Beşinci bölümde ise literatürden elde edilen bilgiler refere edilmiştir. Bu bilgiler çeşitli uluslar arası ve ulusal dergilerde yayımlanmış makaleler, tezler, kitaplar ve kişisel çalışmalardan oluşmaktadır ve "KAYNAKLAR" başlığı altında sunulmaktadır.

Altıncı ve son bölümde Matlab Kodlarının yer aldığı EK'ler bölümü bulunmaktadır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

Nazometre sisteminin temel görevi kişinin konuşma esnasında oral ve nazal yolda oluşan hava basınçlarının ayrı ayrı ölçülerek bu iki değer arasında bir yüzde oran hesaplamaktır. Böylece hekime veya ses terapistine hastanın durumu ve ameliyat edilip edilmemesine fayda sağlayacak nitelikte bilgi sağlanmakta, hasta bir terapi programına tabii tutuluyorsa zaman içinde konuşmasında ve artikülasyonunda ki gelişmenin derecesi ölçülebilir hale getirilmektedir.

### **2.1 Fonasyon Anatomisi ve Fizyolojisi**

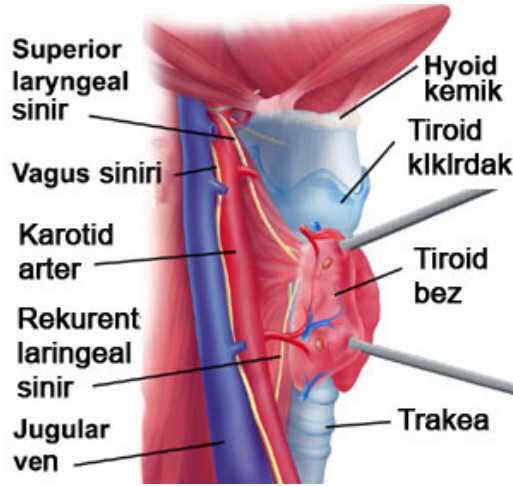
Nazometre sisteminin çalışma prensibini daha iyi anlayabilmek için fonasyon anatomisi ve fizyolojisinin nasıl işlediğinin anlaşılması gerekmektedir.

#### **2.1.1 Larenksin gelişimi**

Larenks iki ayrı taslaktan gelişmektedir. Bukkofarengeal tomurcuktan supraglottis, trakeobronşial tomurcuktan ise glottis ve subglottis gelişim göstermektedir. Bu farklı gelişimlerin klinik olarak önemleri bulunmaktadır. Postnatal dönemde gelişme devam etmekte; tiroid ve krikoid kıkırdak yirmi, aritenoid otuzlu, yaşlarda kemikleşmeye başlamakta ve atmışbeş yaş civarında bu kemikleşme tamamlanmaktadır.[10] Şekil 2.1.1 de Larenkste bulunan anatomik noktalar gösterilmiştir.

#### **2.1.2 Anatomik özellikler**

Yetişkin bir insanda larenksin üst sınırı tiroid kıkırdak üst kenarı veya üçüncü servikal vertebranın korpusunun alt kenarından geçen yatay bir planla alt sınırı krikoid kıkırdak alt kenarı veya altıncı servikal vertebra korpusunun alt kenarından



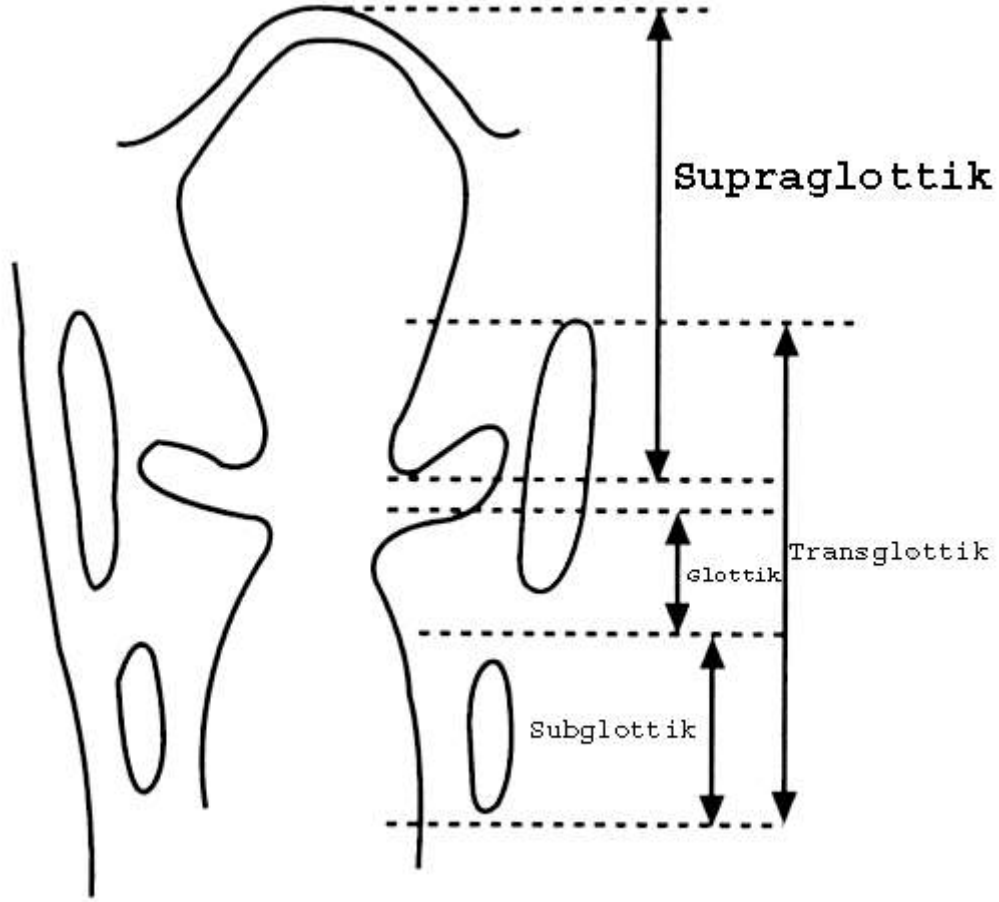
**Şekil 2.1.1** - Larenkste bulunan anatomik bölgeler <http://www.yoursurgery.com/> [11] kaynağından alınarak Türkçeleştirilmiştir.

geçen yatay plan arasında, hyoid kemik ile trakea arasında yerleşmiştir. Yeni doğan çocukta ise üst sınırını Atlas'ın alt kenarı, alt sınırını ise dördüncü servikal vertebranın korpusunun alt kenarı oluşturmaktadır. Yaş ilerledikçe yavaş yavaş aşağıya iner ve buluş çağında erişkindeki yerini alır. Vokal kordların seviyesine göre larenks üç kompartmana ayrılmaktadır bunlar Supralottik bölge, Glottik bölge ve Subglottik bölgedir. Şekil 2.1.2 de larenks kompartmanları gösterilmiştir.

Birinci bölge olan Supraglottik bölge ses tellerinin (vokal kordların) üstünde kalan kısımdır. Supraglottik bölgede epiglot, ariepiglottik plikalar, aritenoidler, bant ventriküller (yalancı vokal kordlar) ve laringeal ventriküller bulunur.

İkinci bölge Glottik bölge olarak adlandırılmaktadır ve ses tellerinin (vokal kordların) bulunduğu kısımdır. Her iki vokal kord, ön ve arka komissür ile Rima Glottis'den oluşur. Vokal kord yapısında vokal ligament, m.vocalis ve mukoza katları bulunur. Vokal kordun uzunluğu yeni doğanda 1,7 cm, kadınlarda 1,6-2 cm ve erkeklerde 2-2,4 cm. kadardır.

Üçüncü bölge ise Subglottik bölgedir, vokal kordların altında kalan ve 1. trakea halkasına kadar olan kısımdır.



Şekil 2.1.2 - Larenks Kompartmanları [10] kaynağından alınarak Türkçeleştirilmiştir.

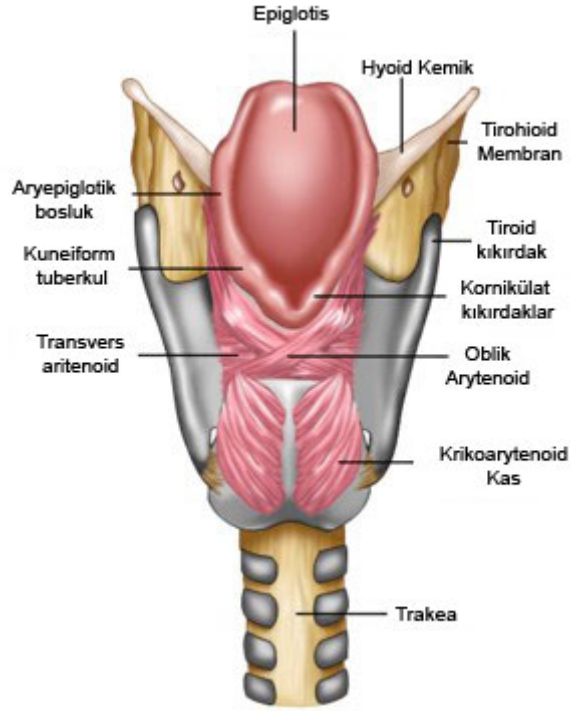
### 2.1.3 Larenks kıkırdakları

Larenks kıkırdakları; tek kıkırdaklar ve çift kıkırdaklar olarak kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır. Tek kıkırdaklar grubunda, Tiroid kıkırdak, krikoid kıkırdak, epiglot kıkırdak bulunmaktadır. Çift kıkırdaklar grubunda ise, kornikülat kıkırdaklar, aritenoid kıkırdaklar, kuneiform kıkırdaklar, sesamoid kıkırdaklar yer almaktadır.

Tek kıkırdaklardan tiroid kıkırdak, larenksin üst ve ön parçasını oluşturmaktadır. En geniş kıkırdaktır ve larenksin yumuşak dokularını taşımaktadır, hava yolunun açık kalması görevini üstlenmiştir. Krikoid Kıkırdak, larenksin alt kısmında halka şeklinde bir kıkırdaktır. Hyalen yapıdadır. Epiglot kıkırdak, ince, yumuşak bir yaprak şeklinde fibroelastik bir kıkırdak yapısındadır. Hyoid kemiğin ve dil kökünün arkasında yer almaktadır. Larenksin üst ön duvarının bir parçasını oluşturmaktadır.



Aritenoid Kıkırdaklar, piramide benzer hyalen bir kıkırdaktır. Krikoid kıkırdak ile beraber larenksin fonksiyonları açısından en önemli yapılarıdır. Kornikulat Kıkırdaklar Santorini olarak adlandırılır. Aritenoidin apeksine oturan bu kıkırdağın insanlarda fonksiyonu yoktur. Kuneiform kıkırdaklar, Wrisberg olarak adlandırılır. Kornikulat kıkırdağın önünde yer almaktadır. Şekil 2.3 te larenks kıkırdakları gösterilmektedir.



Şekil 2.1.3 - Larenks Kıkırdakları [12] kaynağından alınıp Türkçeleştirilmiştir.

#### 2.1.4 Larenks eklemleri

Krikotiroid eklem, tiroid kıkırdak inferior kornusu ile krikoid kıkırdak posteromedial parçası arasında yer alan küçük bir eklemdir. Rotasyon ve çok az öne arkaya kayma hareketleri yapmaktadır. Krikoaritenoid eklem, krikoid kıkırdak ile aritenoid kıkırdaklar arasında yer almakta, dışa aşağıya veya içe yukarıya kayma hareketi yapmaktadır. Plika vokalisleri birbirine yaklaştırıp uzaklaştırmaktadır.

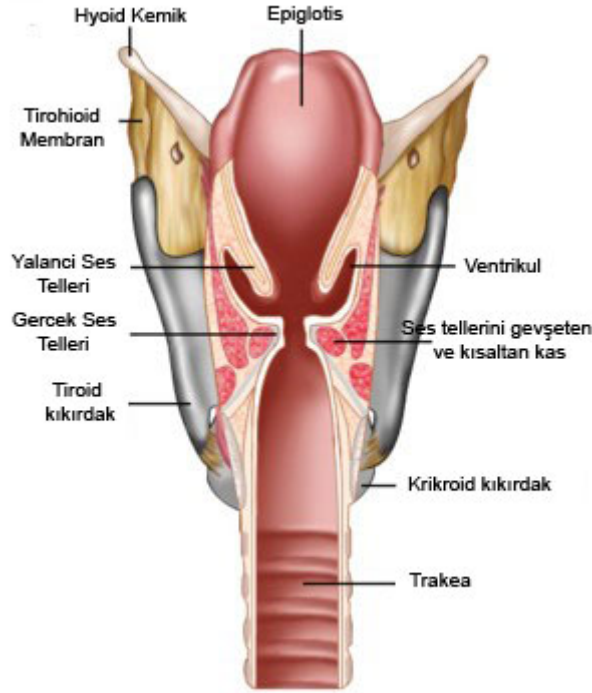
### **2.1.5 Larenks ligamentleri**

Hyoepiglottik ligament, epiglot'un ön tarafı ile hyoidin arka üst parçası arasında yer almaktadır. Krikotrakeal bağ, krikoid ile 1. trakea halkası arasında yer almaktadır. Farengoepiglottik bağ, epiglotun yan kenarlarından yanlara farenks fasyasına doğru uzanmakta ve farengoepiglottik plikayı yapmaktadır.

### **2.1.6 Larenks kasları**

Ekstresek larenks kasları incelenecek olursa larenksi alçaltan ve yükselten olarak ikiye ayrılmaktadır. Larenksi yükselten kaslar, mylohyoid, tirohyoid, geniohyoid, stilohyoid ve gastrik kastır. Larenksi alçaltan kaslar ise, omohyoid, sternohyoid ve sternotiroid kastır.

İntrensek larenks kasları, vokal kordlara abduksiyon ve adduksiyon yaptıran, tensor kaslar, larenks girişinin boyutlarını ayarlayan kaslar olarak dört grupta toplanmaktadır. Vokal kordlara abduksiyon yaptıran kas (glottisin açılması), posterior krikoaritenoid kastır (m.postikus). Vokal kordları geren (tensor) kaslar, krikotiroid ve internal tiroartenoid kastır (m.vokalis). Vokal kordlara (ses telleri) adduksiyon yaptıran kaslar (glottisin kapanması), lateral krikoaritenoid, interaritenoid kaslar (transvers ve oblik) ve Eksternal tiroaritenoid kastır. Larenks girişinin boyutlarını ayarlayan kaslar, ariepiglottik ve tiroepiglottik kas bulunmaktadır. Larenks kasları Şekil 2.1.6 da gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.6** - Larenks kasları [12] kaynağından alınıp Türkçeleştirilmiştir.

İntrensek larengeal kas hareketleri, interaritenoid ve oblik aritenoid kaslar aritenoidleri birbirine yaklaştırmakta ve adduksiyonu sağlamaktadır. İntrensek larengeal kas hareketleri, lateral krikoaritenoid kas muskuler çıkıntıyı laterale çekerek vokal kordlar adduksiyona geçip rima glottis kapanmaktadır. Tiroaritenoid kas vokal kordların adduktorudur. Kordlar gerilmekte, kısalmakta ve kalınlaşmaktadır.

### **2.1.7 Larenks membranları**

Eksternal ve internal membranlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Eksternal membranlar: krikotiroid membran, Tirohyoid membran ve Krikotrakeal membran bulunmaktadır. Tirohyoid membran'ın içerisinden superior larengeal arter, ven ve superior larengeal sinirin internal dalı geçmektedir. Krikotiroid membran, hava yolunun cilde en yakın olduğu yerdir, bu bölge koniotomi bölgesi olarak bilinmektedir. Krikotrakeal membran ise trakeanın tutunmasından sorumludur. İnternal membranlar ise Konus elastikus ve Kuadrangüler membrandır.

### **2.1.8 Potansiyel boşluklar**

Pre-epiglottik boşluk, önde tiroid kıkırdağın üst kısmı ve tirohyoid membran, üstte hyoepiglottik ligament ve vallekula mukozası, arkada epiglot ve kuadrangular membran ile aşağıda epiglot petiolusunun tiroid kıkırdak iç perikondriumuna yapıştığı yer ile sınırlıdır. Adipöz ve gözele doku içeren bu boşluk, lateralde paraglottik boşluk ile devam etmektedir.

Paraglottik boşluk, anterolateralde tiroid kıkırdak, inferomedialde konus elastikus, medialde ventrikül ve kuadrangular membran, arkada sinüs piriformis mukozası ile sınırlıdır. Bu boşluk direk olarak krikotiroid boşluk aracılığı ile boyunun paralaryngeal dokuları ile devam etmektedir.

Reinke boşluğu, vokal kordların epiteli ile vokal bağlar arasında yer alan subepiteliyal bir boşluktur. Aşağı ve yukarıda, superior ve inferior linea arkuata ile sınırlıdır.

### **2.1.9 Larenks arterleri ve venleri**

Larenks, a.tiroidea superior ve a.tiroidea inferior aracılığı ile kanlanması sağlanmaktadır.

Larenks venleri, V.laryngeus superior ile v.tiroidea superior ve sonra v.jugularis interna'ya; v.laryngeus inferior ile v.tiroidea inferior'a ve sonra da v.brakiosefalika sinistra'ya boşalmaktadır.

### **2.1.10 Larenksin fonksiyonları**

Larenksin, solunum yollarının korunması, solunum, fonasyon, konuşma, yutmaya yardımcı olma, öksürük ve ekspektoratif rolleri, emosyonel, dolaşıma yardımcı

olma, toraksik fiksasyon ve larenks refleksi gibi fonksiyonları bulunmaktadır. Larenksin en önemli ve filogenetik olarak ilk gelişen görevi "sfinkter" fonksiyonudur.

Alt Solunum Yollarının Korunması, yutma sırasında larenksin kapanması larenks fiziolojisinin en yaşamsal yönü olup sıvı ve katı gıdaların girişinde akciğerleri korumaktadır. Solunum ve sindirim yolları farenkste çapraz yapmaktadır. Bu da alt solunum yolunun korunmasını gerektirmekte ve bu görev larenks tarafından yerine getirilmektedir. Larenksin kapanması, rima glottisin kapanması, larenks vestibülünün kapanması ve epiglotun larenks lümenine doğru eğilmesi olmak üzere 3 adımda olmaktadır. Glottisin sfinkter görevi, larenksin esas ve temel fonksiyonudur. Yutma sırasında glottis refleksi olarak kapanmakta, lokal etkiler ve larenksin kimyasal stimülasyonu ile solunum ve kardiovasküler sistemlerde değişiklikler oluşmaktadır. Bunlar apne, bradikardi, hipertansiyon, bronkokonstrüksiyon, öksürük ve periferik vasküler direnç değişiklikleri olarak bilinmektedir. Larenks stimülasyonu ile bazı sistemik cevaplar larengeal kemorefleksi sonucu oluşmaktadır. Larenks sabit ve dominant glottik kapanma refleksiye sahiptir. Kapanma refleksi, superior larengeal sinirin stimülasyonuna cevap olarak tiroaritenoid kasının aniden kasılmasına denir. Yeni doğanda epiglot ve yumuşak damak yardımı ile nazofarenks ve larenks arasında bağlantı sağlanmaktadır. Böylece üst ve alt solunum yolları arasındaki bu bağlantı ile aspirasyon engellenmiş olur. Ayrıca bebek emme esnasında burun solunumu yapmaktadır ve burun solunumu zorunluluğu postnatal 4-6. aylara kadar devam etmektedir. Erişkinde epiglotun düz, kalkan gibi oluşu yutulmuş gıdanın yanlardan piriform sinüslere geçmesini sağlamaktadır. Epiglot lokmayı ortada larenks aditusundan uzaklaştırmaya yardım etmektedir. Ancak epiglotun cerrahi olarak çıkarılması, bu organın larenksin korunmasında önemli bir rolü olmadığını göstermiştir. Superior larengeal mukoza duyarsızlığı daha büyük önem taşımaktadır. Larenksi döşeyen titretilmiş tüylü epitel, üzerindeki mukus ve yabancı partikülleri ağıza doğru sevk etmekte, ancak bu aktivite burundaki kadar kuvvetli olmamaktadır.

Larenks aditusunun kimyasal, termal ve dokunma ile uyarılması superior larengeal sinirin elektriksel uyarılmasına eşdeğer şekilde rekürens adduktor dallarını uyarmaktadır. Supraglottik larenkse duyu lifleri, superior larengeal sinirin internal dalından gelmektedir. Subglottik bölgede ise rekürens ile ipsilateral duyu sağlanmaktadır. Aditus koruyucu özellikte olduğundan duyu innervasyonu larenks girişinde daha yoğundur.

Superior larenksin duyu komponenti; Mukozadaki dokunma reseptörleri, epiglot kemoreseptörleri, eklem baroreseptörler, aortik baroreseptörler, ilntrensek larenks kaslarındaki gerilme refleksleridir.

Larenksin sfinkterik fonksiyonu larenksteki üç kas katının koruyucu adduksiyonu sonucu oluşmaktadır. Bunlar yukarıdan aşağı doğru epiglot, ariepiglot plikalar, ventriküler bandlar ve vokal kordlardır. Larenksin sfinkter görevinin başlaması için iki taraflı superior larengeal sinirin uyarılması gerekmektedir.

Glottik refleksin uzaması ile oluşan larengospazm sonucu ölüm görülebilir. Larengospazm larenks mukozasının irritasyonu sona erinceye kadar devam eden ve nörofizyolojik açıdan uzamış tonik adduktor kas aktivitesinden oluşmaktadır. Larengospazmın yol açtığı obstruktif apne, hipoksi, hiperkapni ve sonunda ölüme neden olmaktadır.

Glottik refleks şu faktörlerle ortaya çıkabilir; ekspiryum fazı, arteriyel pCO<sub>2</sub> basıncının azalması, arteriyel pO<sub>2</sub> basıncının artması ve negatif intratorasik basınçtır. Glottik refleksi inhibe eden durumlar; inspiryum fazı, arteriyel pCO<sub>2</sub>'nin artması, arteriyel pO<sub>2</sub> azalması, pozitif intratorasik basınçtır.

Özet olarak sfinkter görevi; Epiglot, ariepiglottik plikalar, ventriküler bandlar, aritenoid ve vokal kordlar tarafından sağlanmaktadır.

Larenks solunum yolunun bir parçası olarak görev yapmaktadır. Solunum medulladaki merkez ile düzenlenmektedir. Solunum sırasında gereksinime göre,

larenks girişinin çapı değişmekte, inspiyumda kordlar ayrılmaktadır. İspirasyonun derinliğine bağlı olarak glottis aralığı genişlemektedir ve Diyafragma hareketleri ile larenks açılır. Ekspiryumda larenks parsiyel olarak kapanmaktadır. İspirasyondan sonra diyafram gevşemeye başlamaktadır. Hipoksi ve hiperkapnide vokal kord hareketleri etkilenmektedir. Bu işlemler pulmoner reseptörler ve solunum merkezinde vagal eferentlerle sağlanmaktadır. Derin anestezide inspiyum ve ekspiryumda vokal kord hareketleri etkilenmektedir. Adduktor aktivite, anestezi derinleştikçe daha duyarlı olmaktadır. Glottik hareketler solunum merkezi tarafından kontrol edilmektedir. Kandaki CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> basıncına bağlı olarak değişim görülmektedir. Glottik aralığın genişliği akciğerdeki hava miktarı tarafından kontrol edilmektedir. Kuvvetli inspiyonda kordlar abduksiyona geçmektedir. Rekürens sinir liflerinin çoğunluğu adduktor kasları daha azı da abduktor kasları innerve etmektedir. Larenks organizmanın gereksinimine göre lümeninin çapını ayarlamaktadır. Kordların adduksiyon veya abduksiyon durumuna bağlı olarak değişiklikler meydana gelmektedir. Vokal kordlar istirahatta iken ortada intermediate pozisyonda bulunurlar. İspiryumda glottik açıklık artmaktadır. Büyük fizyolojik efor veya şarkı söyleme sırasında yeterli hava süratle inspire edilirse vokal kordlar laterale doğru açılmaktadırlar. Volanter olarak veya hiç amaç olmadan da solunum sırasında kord hareketleri olabilir. Bunlar küçük amplitüdü aşağı, geri ve yanlara doğrudur olmaktadır. Bu hareketler respiratuar siklus esnasında intratorasik basınçtaki değişikliklere bağlı olarak artmaktadır. İspiryumda toraks içi negatif basıncın artmasının bu hareketlere etkisi fazladır.

Larenks ses çıkaran bir organ olmasına rağmen fonasyon, larenksin bugüne kadar en az anlaşılan ve üzerinde halen çalışmalar yapılan görevlerindedir. Damak, dudak, ağız boşluğunda da bazı sesler meydana gelmekte böylece konuşulan dilin temeli oluşmaktadır. Larenkste sesin meydana gelmesinde çeşitli bileşenler rol oynamaktadır. Bunlar; havanın basıncı, vokal kordların gerilmesi, rima glottisin şekli, solunum yollarının durumu, genişliğidir. Bazı fiziksel etkenlerde larenkste sesin meydana gelmesini etkilemektedir. Özellikle sinir sisteminin etkisi ile kaslarda uzama kasılma meydana gelmektedir. Ses oluşumunda işitmenin de önemli rolü bulunmaktadır. Fonasyon için hava akımının gerekliliği Hipokrat zamanından beri bilinmektedir. Ekspirasyon havasının akımı torasik ve abdominal

kaslarla kontrol edilmektedir. Hava akımına karşı kuvvetler ise pasif olarak duran dokular ile aktif rol alan larenks kaslarının kasılmasıdır. Bu karşı kuvvetler, ses oluşumunun miyoelastik aerodinamik teorisinde ele alınmıştır. Ancak karşı kuvvetlerin oluşu bile tek başına açıklamaya yeterli değildir.

Ses oluşumu için farklı yorumlar yapılmıştır. Ewald'ın miyoelastik teorisi'ne göre, kord vokallerdeki titreşim pasif olup sesin özelliği infraglottik basınca ve kordların gerilimine bağlıdır. Husson'un nörokronaksi teorisi'ne göre, vokal kordlar aktif rol alıp infraglottik basınca bağlı olarak ses şiddeti değişir. Rekürens sinirden gelen aksiyon potansiyelleri vokal kasları stimüle ederek glottis açılır ve saniyenin  $\frac{1}{4}$ 'ü gibi bir sürede yeni aksiyon potansiyeli oluşur. Glottisin açılma frekansları da rekürens aksiyon frekanslarına eşittir. Rekürensdeki uyarılar beyinden gelmektedir. Vokal kordların pasif açılıp kapandığının bilinmesi, iki rekürens uzunluk ve kalınlıklarının farklı olması yüzünden senkronize impulsları nasıl üretebildiğine ve vokal kord mukozasının önemli olan bu görevine değinmediği için bu teori önemini kaybetmiştir.

Ses oluşması için, vokal kordlar gergin olmalıdır. Bu işi krikotiroid ve vokal kas görmektedir. Bunların kontraksiyonu ile vokal kordlar gerilmekte ve kalınlaşmaktadır. Kıkırdakların uygun duruma geçmesi, vokal kordların gerilmesi ve rımanın kapanması ile kordlar fonasyon durumuna geçmektedir. Akciğerlerden gelen ekspirasyon havası rımayı kapatan vokal kordlara alttan basınç yapmaktadır. Hava basıncı belirli bir düzeye ulaştınca kordları gergin tutan kasların kuvvetinin üzerine çıkmaktadır. Kordları yanlara doğru iterek rımayı açmaktadır. Ses oluşması için 50 mmH<sub>2</sub>O basıncı gerekmektedir. Orta perdeli seslerin çıkması için 140-240 mmH<sub>2</sub>O, en ince sesler için 945 mmH<sub>2</sub>O basıncı gerekmektedir. Vokal kaslar izotonik kontraksiyonda iken ses oluşması için izometrik kontraksiyona geçerler.

Ses kısıklığı, hava akımının endolarengal türbülansı sonucu oluşan gürültünün ve kord vokallerin periyodik vibrasyonlardaki düzensizliği ile oluşmaktadır.



Konuşma için vokal kord hareketleri alt presentral girus tarafından kontrol edilmektedir. Konuşma, nefes verme, fonasyon ve artikülasyon ile birlikte sağlanmaktadır. Ekspiryumda subglottik hava akımı, glottiste kesintilere uğrayarak alternatif akımı oluşturup vokal kordlarda titreşimi sağlamaktadır. Glottiste oluşan sese glottik ses veya primer larengeal ton denilir. Glottik ses vokal traktustaki rezonans nedeni ile değişikliğe uğramakta, vokal traktusun dinamik hareketleri sonucu hava basıncındaki ani yükselme ve türbülansların eklenmesi ile ses oluşmaktadır. Artikulatuar organlar yardımı ile konuşma sesi ortaya çıkmaktadır. Konuşma sesleri artikülasyonda rolü olan organlarda üretilmektedir. Her bir ses için artikülatör organlar ayrı ayrı veya birlikte çalışmaktadırlar. Vagus çekirdeklerine ait beyin sapı lezyonlarında ciddi larengeal problemler oluşmaktadır. Vagusun innerve ettiği larenks ve yumuşak damak kaslarının fonksiyon bozuklukları nedeni ile konuşma bozuklukları yanında yutma bozuklukları da oluşmakta ve aspirasyon riski artmaktadır. Artikülatör organlar sesli harflerde pek hareket etmezler. Sessiz harflerde ise hareket vardır. Sessiz harfler larenks sesi ile artikülatör oluşumların sürtünmeleri ile ortaya çıkmaktadır. Sesli harfler ağız boşluğunun rezonansından oluşmaktadır. Larenksten gelen ses, ağızda rezonansa uğrar ve her harfte ağız değişik şekiller alarak rezonans değişmektedir. Ağız rezonansına burun ve sinüs boşlukları da katılmaktadırlar.

Yutma esnasında kasların sfinkter etkisi ile larenks girişi kapanmaktadır. Epiglotun yanlarından lokmanın özofagusa kayması sağlanmaktadır. Ayrıca yutma sırasında larenksin yükselmesi lokmanın özofagusa girişine yardım etmektedir. Larenks aditusunun dil kökü altında kalması ile lokma aditusu çaprazlayarak özofagusa gitmekte ve bu esnada vokal kordlar adduksiyon durumuna geçmektedir. Larenks sfinkterindeki gevşeme trakeaya kaçan partiküller nedeni ile öksürüğe neden olmaktadır. Hipofarenkse yabancı madde kaçtığında sensöriyal uyarana karşı larenksin sfinkterik fonksiyonu harekete geçmektedir. Hipofarenks ve larenks vestibülüne anestezi yapılmışsa tükürük, kan, pürülan postnazal akıntı, yabancı partiküller vs. trakeaya kaçmaktadır. Kusma sırasında larenksin sfinkterik fonksiyonu sayesinde trakeaya kaçış önlenmektedir.

Larenks öksürük ve balgamın dışarı atılmasında yardımcı rol oynamaktadır. İntratorasik basıncın artımına bağlı olarak bronş ve trakea sekresyonları kolayca dışarı atılmaktadır. İki taraflı vokal kord paralizlerinde ekspektorasyon görevi pek etkilenmemektedir, ancak ventriküler bandların pasif kapanması ile öksürük etkin bir şekilde meydana gelmektedir. Öksürük volanter (istemli) veya involanter (istem dışı) olmaktadır. Derin inspiyumla glottis kapanmakta, ekspiyum kasları kasılarak intrapulmoner basınç artmaktadır. Glottis aniden açılır açılmaz hızla çıkan hava birlikte aşağı solunum yollarındaki sekresyonu veya yabancı partikülleri dışarı atmaktadır. Kısa ve kuvvetli öksürük ile inhale edilen yabancı cisim balgamla dışarı atılmaktadır. Bu nedenle öksürüğün koruyucu fonksiyonu bulunmaktadır.

Larenks, kişinin psikolojik durumuna göre, heyecan, üzüntü, ağlama, esneme esnasında ses değişiklikleri meydana getirmektedir. Ses ve konuşmadaki değişiklikler kişinin ruhsal durumunu yansıtabilmektedir. Sinirli durumlarda ses daha aktif olmaktadır.

Trakeobronşial sistemde ve akciğer parenkiminde ki basınç değişikliklerinin etkisi ile kan dolaşımına bir pompa gibi etki yapmaktadır.

Respiratuar sistem birçok vücut fonksiyonunda glottis tarafından toraks içine hava kapatılır (öksürmek, defekasyon, miksiyon, kusma gibi). İstemli olarak yapılan bu kapatma işlemi mekanik bir yardım sağlamaktadır.

Larenks duyu reseptörleri bakımından zengin bir organdır. Uterus da fetüsün solunum hareketleri başlamaktadır. Bunun akciğer ve larenks kaslarının gelişmesinde önemli etkisi bulunmaktadır. Larenks refleksleri doğumda tam olarak gelişmemiştir. Postnatal ilk aylardan sonra latensi, eşik ve santral inhibisyonunda değişiklik olmaktadır.

Larenksteki refleks bölgeleri; Epiglotun larengeal yüzeyi, glottisin arka kısımları, subglottik bölgen oluşmaktadır. Respiratuar refleksler arasında, hava akımı kontrolü, öksürük, apne, larengospazm, bronkokonstrüksiyon sayılabilir.

Hava akımı kontrolünde, vokal kordlar inspirasyonda abduksiyona geçince rima glottis genişlemektedir. Ekspirasyonda ise kordlar birbirine doğru tedricen yaklaşmakta, fakat kapanmamaktadırlar. Larenksin inspiratuar abduksiyonu solunumun esas fonksiyonu gibi görünmektedir.

Öksürük istemli veya larenks ve aşağı solunum yolundaki reseptörlerin stimülasyonuna cevap olarak meydana gelmektedir. Öksürük inspiratuar, kompressif ve ekspulsif olmak üzere üç fazda oluşmaktadır. İlk fazda çabuk ve derin soluk almak için glottis çok genişlemektedir. Kompressif fazda vokal kordlar sıkıca kapanmaktadır. Daha sonra ekspiratuar kaslar aktif hale geçmektedir. Larenks aniden açılınca ekspulsif faz başlamakta, dışa doğru ani süratli hava akımı ile öksürük oluşmaktadır.

Direkt mekanik uyarılara karşı larenksin bir süre kapanmasına larengospazm denilmektedir. Üst solunum yolu enfeksiyonları larengospazm oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Larengospazm eşiği kandaki oksijen konsantrasyonu ile değişmekte, bazen kan oksijenasyonu çok iyi olsa bile spazm kolayca meydana gelebilmektedir. Hava yolu obstrüksiyonuna bağlı olarak kan oksijeninin azalması ile de spazm oluşmaktadır.

Larenksin mekanik ve kimyasal uyarılması ile ilintilidir. Uyarının etkisi kalksa bile bronkospazm devam edebilmektedir.

Yutma refleksleri ise; Yutma, oral, farengeal ve özofageal olmak üzere üç fazda oluşmaktadır. Oral fazda gıda çiğnenmekte ve yutma için lokma haline getirilmektedir. Farengeal faz, larenks, larenks mukozasındaki mekanoreseptör veya kemoreseptörlerin gıda, tükürük veya diğer materyal tarafından uyarılması ile başlamaktadır. Larenksteki tat cisimcikleri en ufak kimyasal uyarılara karşı duyarlı bir yapıdadır. Özofageal fazda, kontraksiyonlarla lokma mideye itilmektedir. Yutma esnasında solunum duraklamakta ve trakeaya aspirasyon engellenmektedir. Bunun için larenksin elevasyonu larenksin kapanması ve

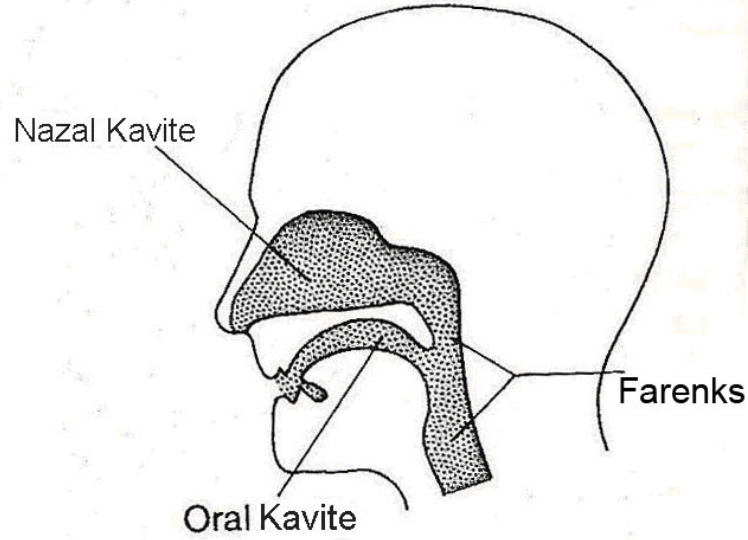
yardımcı olmaktadır. Larenksin elevasyonu, ekstrensek larenks kaslarının kasılması ile larenks dil köküne doğru yukarı öne çekilir. Piriform sinüsler genişler. Larenksin kapanması, vokal kordlar kasılarak glottis kapanır. Ventriküler bandlar birbirine yaklaşır. Epiglot, ariepiglottik plikalar kasılarak larenks girişi daraltılmaktadır. Larenksin kapanması için larenks kaslarının innervasyonu normal olmalıdır.

Larenksin uyarılması ile kalp ritminde ve tansiyon da değişiklikler, bradikardi oluşmaktadır. Endotrakeal entübasyon sırasında bunu kolayca görülmektedir. Obstrüktif uyku apnede, uykuda üst solunum yolu geçirgenliği yeterli olmadığından negatif basınç meydana gelir. Bu da larenksteki negatif basınç reseptörlerini uyararak kardiyak aritmiye neden olmaktadır. Larenksin direkt uyarılmasının kan basıncını yükseltici etkisi bulunmaktadır. Afferent yol superior larengeal sinirdir. Bradikardide afferent yol vagustur. Kan basıncının yükselmesi ile ilgili afferent yol kesin olarak halen bilinmemektedir.

Fonasyonun kontrolünde refleksler önemli bir yer tutmaktadır. Larenkste duyu reseptörleri kaslarda gerilme, eklem kapsülünde gerginlik, hava basıncı, dokunmaya cevap vermektedir. Reseptörler mukoza, submukoza, tendonlar, perikondrium, kas, eklem kapsülünde bulunmaktadırlar. Fonatuar cevaplarda bunların rolü bulunmaktadır. Konuşmada fonatuar stapediale refleks önemlidir. Konuşmanın başlangıcında larenks kasları aktive olurlar. [10]

## **2.2 Farenks**

Farenks, üstte kafatabanından (sfenoid sinüs tabanından) altta krikofarengeal sfinktere kadar uzanan, aşağı doğru gittikçe daralan, 1. ile 6. servikal vertebralar seviyesinde yerleşimli, erişkindeki uzunluğu yaklaşık 12-13 cm olan, mukoza ile kaplı, musküler bir yapı olarak görülmektedir. Şekil 2.2 de Farenks, oral kavite ve nazal kavitenin anatomik yerleri gösterilmektedir.



**Şekil 2.2** - Farenksin anatomik yeri [10]'dan alınarak Türkçeleştirilmiştir.

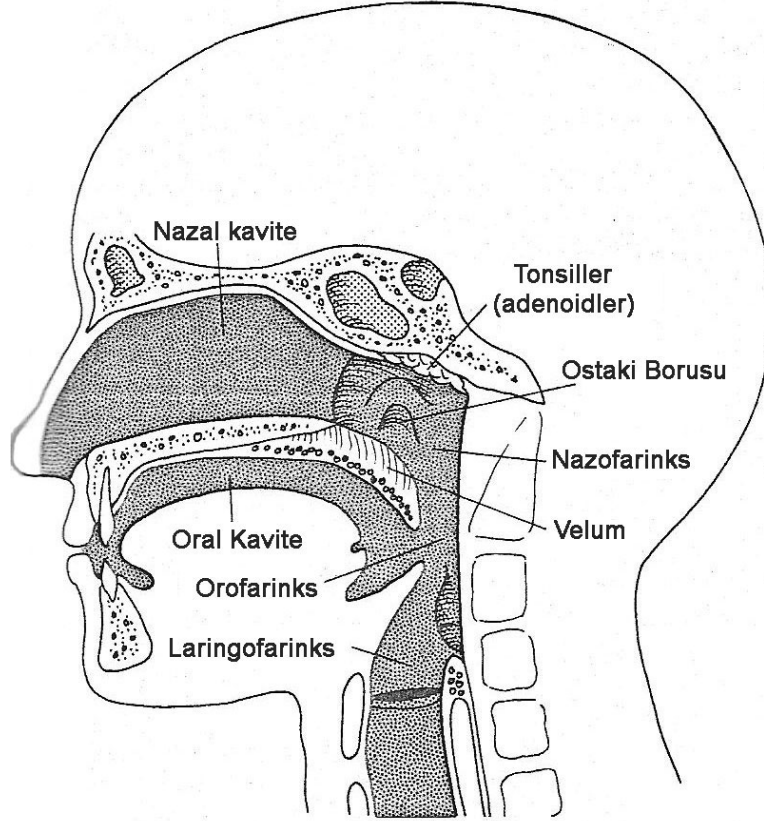
Arkadan ve yandan üst, orta ve alt farengeal konstrüktör kaslarla çevrili olup, önden birçok boşlukla bağlantılıdır. Önde koana ile nazal kaviteyle devamlılığı olan üst kısmı “Nazofarenks” veya “Epifarenks”, önde “isthmus faucium” ile oral kaviteyle devamlılığı olan orta kısmı “Orofarenks” veya “Mezofarenks”, önde “aditus ad laryngeum” ile larenksle devamlılığı olan alt kısmı ise “laringofarenks” veya “hipofarenks” olarak adlandırılır.

Arkada konstrüktör kasların altta bırakmış olduğu zayıf alana “Killian Üçgeni” denilmektedir ve buradan gelişen, özellikle yaşlılarda görülen divertikülüm ise “Zenker Divertikülü” olarak adlandırılmaktadır.

### **2.3 Nazofarenks**

Kafatabanından yumuşak damak seviyesine kadar uzanan, önde koanalar ile nazal kaviteyle devamlılık gösteren farenks bölümüdür. Şekil 2.3 de Nazofarenks, Orofarenks, Laringofarenks anatomik yerleri gösterilmektedir.[10]

Nazofarenkste bulunan normal anatomik yapılar, üstte kafatabanı, sfenoid sinüs tabanı, ön-üstte koanalar ve nazal kavite, ön-altta yumuşak damağın farengeal yüzü bulunmaktadır. Yanda ise, östaki ostiumları, tubal tonsiller (Gerlach Bademciği), rosenmüller çukurudur. Arkada ise, arka duvar ve farengeal tonsil (adenoid) bulunmaktadır.



**Şekil 2.3** - Nazofarenks, Orofarenks, Laringofarenks anatomik yerleri [10]' dan alınarak Türkçeleştirilmiştir.

## 2.4 Orofarenks

Yumuşak damak seviyesinden epiglot üst kenarına kadar uzanan farenks bölümüdür.

Önde oral kavite ile devamlılığı olan orofarenksin alt anatomik bölgeleri; Ön-üstte yumuşak damağın ön yüzü, ön-ortada "isthmus faucium" ve oral kavite, ön-altta dil

kökü ve vallekulalar, yanlarda palatinal tonsiller, arkada arka duvar ve 2.-3. servikal vertebraların korpusları ile prevertebral faysa bulunmaktadır.

## 2.5 Oral Kavite

Oral kavite (ağız boşluğu), önde vermilion hattından (alt ve üst dudakların mukoza ve cilt birleşim hattından) arkada isthmus faucium'a kadar uzanan, alttan ağız tabanı, üstten sert damak ve yanlarda yanak mukozası ile sınırlı bir anatomik boşluktur.

Yanda ön tonsil plikaları, üstte tonsil üst kutupları seviyesinden geçen hayali çizgi ve altta sulcus terminalis'in oluşturduğu isthmus faucium, arkada oral kaviteyi orofarenksten ayırmaktadır.

Ağız kapalı iken üst ve alt diş arkuları oral kaviteyi 2 bölüme ayırmaktadır: Ön bölüme vestibulum oris (oral kavite girişi), arka bölüme cavum oris propria (esas ağız boşluğu) denilmektedir. Ağız kapalı iken, bu 2 boşluğu birbirine bağlayan bölge, mandibula ramusu ile son molar diş arasında kalan retromolar trigon'dur. Bu alanın önemi; maksillofasiyal travma veya başka bir nedenle mandibülomaksiller fiksasyon yapılan kişilerde, bu bağlantı ile sulu gıdaların (bir pipet yardımıyla) alınabilmesidir.

Oral kavite bir boşluk olmasına rağmen, anatomik olarak homojen bir bölge değildir ve birçok alt anatomik bölgeyi içermektedir.

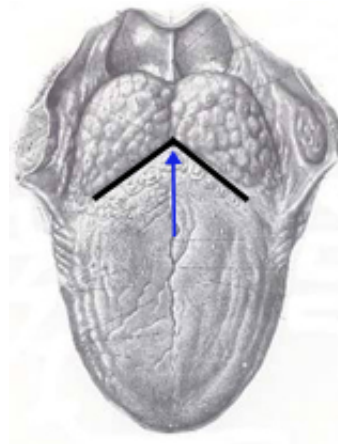
Bu alt anatomik bölgeler: Alt ve üst dudak mukozası, yanak mukozası, dişetleri ve dişler (üst ve alt diş arkuları), sert damak, yumuşak damağın bir kısmı, dil korpusu, ağız tabanı ve retromolar trigon'dur.

Oral kavitenin temel fonksiyonu, yeterli bir çiğneme için uygun ortam hazırlamaktır.

## 2.6 Dil

Çok katlı yassı epitelle döşeli bir kas ve yumuşak doku kitlesidir. Corpus linguae (dil gövdesi) ve radix linguae (dil kökü) olmak üzere 2 ana bölüme ayrılmaktadır.

Hareket eden ve fonksiyonları bakımından daha önemli olan ve kaslardan oluşan dil gövdesi, dilin 2/3 ön kısmını oluşturur ve oral kavite de bulunmaktadır. Hareket etmeyen ve daha çok lenfoid dokudan oluşan dil kökü, dilin 1/3 arka kısmını oluşturmakta ve orofarenkste bulunmaktadır. Bu iki bölümü ayıran yapı ters V şeklindeki sulcus terminalis'tir. Bu sulkusun arka orta bölümündeki çukurluk foramen caecum linguae'dır ve buradan embriyolojik olarak tiroid bezi köken alır. Şekil 2.6 da dilin genel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.6 - Dilin genel yapısı

## 2.7 Nazometre Cihazının Kullanım Alanları

Nazometre cihazı bir çok farklı gruptan kullanıcı ve uygulama alanlarına hitap etmektedir.



Dil – Konuşma patolojistleri, otolaringolojistler –yani **K.B.B (kulak burun boğaz) hekimleri** -, plastik cerrahi hekimleri tarafından; birincil olarak tanı konulmasına yardımcı, ikincil olarak ise hastanın operasyon sonrası takibinde ve rehabilitasyon protokollerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Non – Invasiv oluşu, kolay kullanılabilirliği ve neticelerin geçerli olup kolay değerlendirilmesi cihazın tercih sebebi olmasının başlıca nedenleridir. Nazometre cihazının uygulama alanları ise yarık damak ve yarık dudak, motor konuşma bozuklukları, işitme kayıpları, palatal ve prostetik uygulamalar, fonksiyonel nazalite problemleri, şarkı söyleme pedagojisidir. [7,8,9,10,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24]

### **2.7.1 Yarık damak ve yarık dudak**

Doğuştan olan yarık damak ve yarık dudak hastalarının operasyon sonrasında sesleri doğru çıkarabilmesi, artikülasyonu sağlayabilmesi amacı ile rehabilitasyon hizmetleri içinde kullanılmaktadır. Şekil 2.7 a ve 2.7 b de yarık damak ve yarık dudak ile ilgili resimler görülmektedir.

### **2.7.2 Motor konuşma bozuklukları**

Konuşma sırasında kullanılan motor organlardan (dil, dudak, diş) kaynaklanan problemlerin tedavisi ve rehabilitasyonu boyunca kullanılmaktadır.

### **2.7.3 İşitme kayıpları**

İletim, sensöri nöral ya da karışık tipte olan işitme kayıplarında, koklear implant uygulamalarında hastanın duyduğu seslerin artikülasyonunu düzgün bir şekilde sağlayabilmesi için rehabilitasyon süresi boyunca kullanılmaktadır.

#### 2.7.4 Palatal prostetik uygulamalar

Hastanın diş ve damağında bulunan problemlerden dolayı artikülasyonunu yapamadığı seslerin, palatal prostetik uygulamalar sonrasında iyileştirilmesi, normal değerler aralığına girmesi sağlanmak amacı ile yine rehabilitasyon hizmeti boyunca kullanılmaktadır.



(a)



(b)

**şekil 2.7** Yeni doğanda yarık damak yarık dudak - (a) Yarık Damak, (b) Yarık Dudak

#### 2.7.5 Fonksiyonel nazalite problemleri

Nazometre cihazı; septum deviasyonu, obstrüksiyon, septoplasti veya nazal polip'i olan hastaların operasyon öncesinde hekimin muayenesi esnasında tanı konulmasına yardımcı olmakta ve hekimin, hastanın ameliyat olup olmaması

gerektiği kararına destek vermektedir. Ayrıca operasyon sonrası dönemde hastaların nazometre ile takibi devam etmektedir. Böylece hekimin durum değerlendirmesi ve operasyon başarısı hakkında objektif bir yöntem elde edilmektedir.

### 2.7.6 Şarkı söyleme pedagojisi

Şarkı söylerken sanatçının hecelerin, kelimelerin artikülasyonunu doğru sağlayabilmesi için rehabilitasyon hizmetleri içinde kullanılmaktadır.

## 2.8 Nazal ve Oral Sesler

Nazal sesler dünyada ki birçok dilde bulunmaktadır. Dillerde ortak olarak görülen nazal sesler [m] ve [n] sesleridir. Nazal sesler, oral durduran sessizlerine benzerler ve her iki ses grubu da oral kavite de bir obstrüksiyon ile oluşmaktadır. Nazal sesler farklılık göstermektedir, ancak, tüm vokal yol boyunca nazal kavite ve nazofarinks dahil olmak üzere üretilmektedirler. Ayrıca nazal kavite boyunca hava akışını engelleyecek bir engel, **nazal pasajda oluşacak bir obstrüksiyon haricinde**, oral durdurma sessizleri gibi karakteristik olarak bulunmamaktadır. Nazal sesler, nazal ve orofaringel rezonatörlerin birleşmesi ile oluşmaktadır. Velum'un aşağı doğru hareketi ile, farinksten nazal kaviteye doğru bir pasaj açılmakta ve seslerin nazal kaviteden çıkması sağlanmaktadır.

## 2.9 Hipernazalite ve Hiponazalite

Hipernazalite ve hiponazalitenin ne demek olduğunu anlamak için öncelikle velum'un hareketlerini analiz etmek gerekmektedir. Konuşma terapisi alanının geçmişinde velum hareketi bulunmuş ve açık yada kapalı olarak basit bir şekilde tanımlanmıştır. Bu kadar kompleks bir yapının sadece açık yada kapalı olarak

açıklanması yeterli olmamaktadır. Velum yapı itibariyle hızlı konuşma ve konuşmama sırasında ki ihtiyaçların tümünü karşılayabilen bir yapıdır.

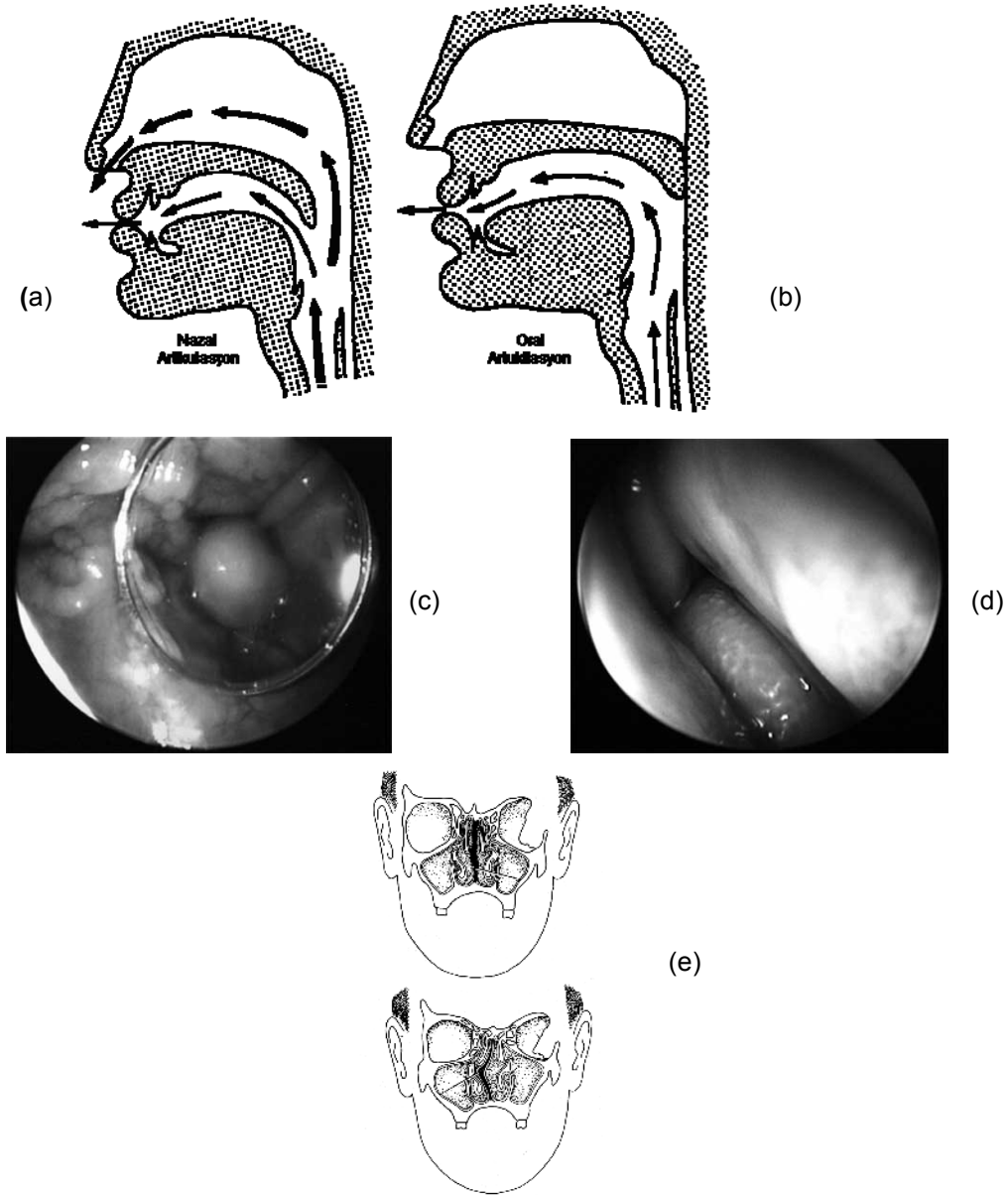
Velum genelde, palatoglossus kasının direk antagonisti olan levator veli palatini'nin kasılması sonucunda nazal olmayan konuşmalar için kapalı olarak bulunmaktadır. Hipernazalite yada hiponazalite oluşmaması için konuşma esnasında, velar portun açılıp kapanması doğru ve hızlı bir şekilde olmalıdır. Yumuşak damak diğer artikülatörler ile beraber koordineli bir şekilde çalışmakta ve böylece diğer fonemlerde ki nazal rezonans etkisi engellenmektedir. Gerçekte, bazı nazal asimilasyonlar kaçınılmaz, kabul edilebilir ve bazı coğrafik bölgelerde diyalektik olarak uygundur.

Yüksek basınçlı sessiz harflerin oluşturulması, durduran sesler gibi, daha fazla velofaringel efor sarfedilmesi gerektirmektedir. Bunun sağlanması için de üst faringel sınırlayıcı ve uvular kasların yardımı gerekmektedir [10].

Bu bilgilerden yola çıkılırsa hipernazalite; velum ve farinks dokularının düzgün kapanmadığı durumlarda karşılaşılan bir konuşma bozukluğudur. Bu açıklık ile hava oral yol yerine nazal yoldan kaçmaktadır. Özellikle "p","b","s" ve "k" gibi harflerin artikülasyonu bozulmaktadır. Hipernazalite hastalarının iyileştirilmeleri için prostetik, operasyon veya terapatik uygulamalar yapılmaktadır. [16,19]

Hiponazalite yada bir başka deyişle nazalitenin olmaması, nazal yolda olan bir obstrüksiyondan kaynaklanmaktadır. Nazal yoldan çıkması gereken hava oral yoldan kaçmaktadır. Hastanın nostrillerin de oluşan polip, deviasyon, obstrüksiyon olması hiponazalitenin başlıca sebepleridir. Şekil 2.9a ve 2.9b de nazal ve oral artikülasyonun farkı, Şekil 2.9c ve 2.9d de Nazal poliplerin endoskopik görüntüsü, Şekil 2.9e de Nazal septumda ki deviasyon neticesinde oluşan obstrüksiyon gösterilmiştir. [25]

Oral sesler, nazal sesler olan [m] ve [n] seslerinin dışında kalan seslerden oluşmaktadır. Konuşma oluşurken hava, akciğerlerden ses tellerine gelmekte oradan glotis, uvula ve velum yönünde hareket etmekte, sert damak ve damakta bulunan alveolar çizgi üzerinden ilerlemekte dil, diş ve dudakların hareketi ile heceler ve kelimelerin artikülasyonu sağlanmaktadır. Oral seslerin oluşmasında en önemli nokta havanın hareketi sırasında velum'a geldiği esnada, velum yukarı doğru hareketi ile nazaofarinkse giden yolu kapatmaktadır. Böylece hava akışı oral kaviteye doğru yönlendirilmektedir, bu şekilde oral sesler oluşmaktadır.



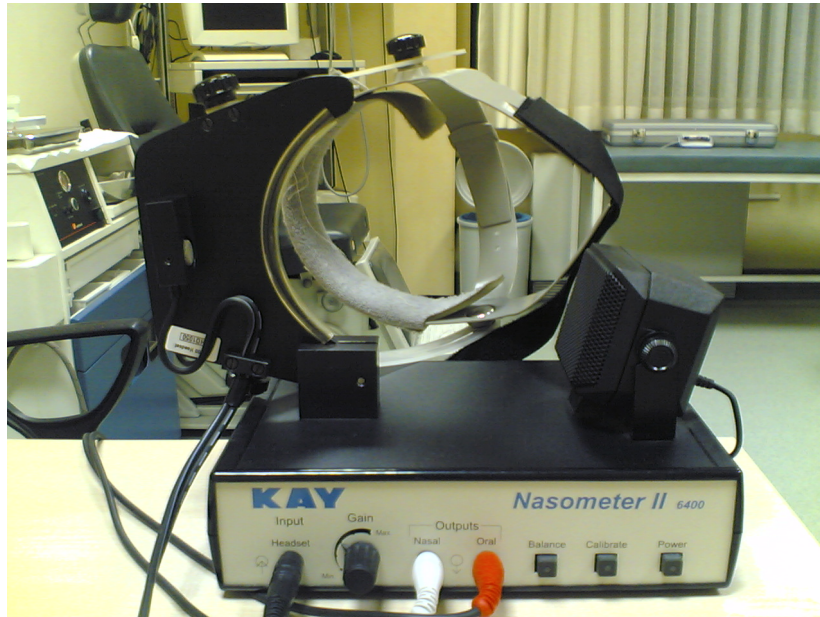
**Şekil 2.9 – Nazal Problemler:** (a) Nazal artikülasyon, (b) Oral artikülasyon, (c) ve (d)- Nazal poliplerin endoskopik görüntüsü, (e) Nazal septumda ki deviasyon neticesinde oluşan obstrüksiyon

## 2.10 Ticari Nazometre Sistemleri

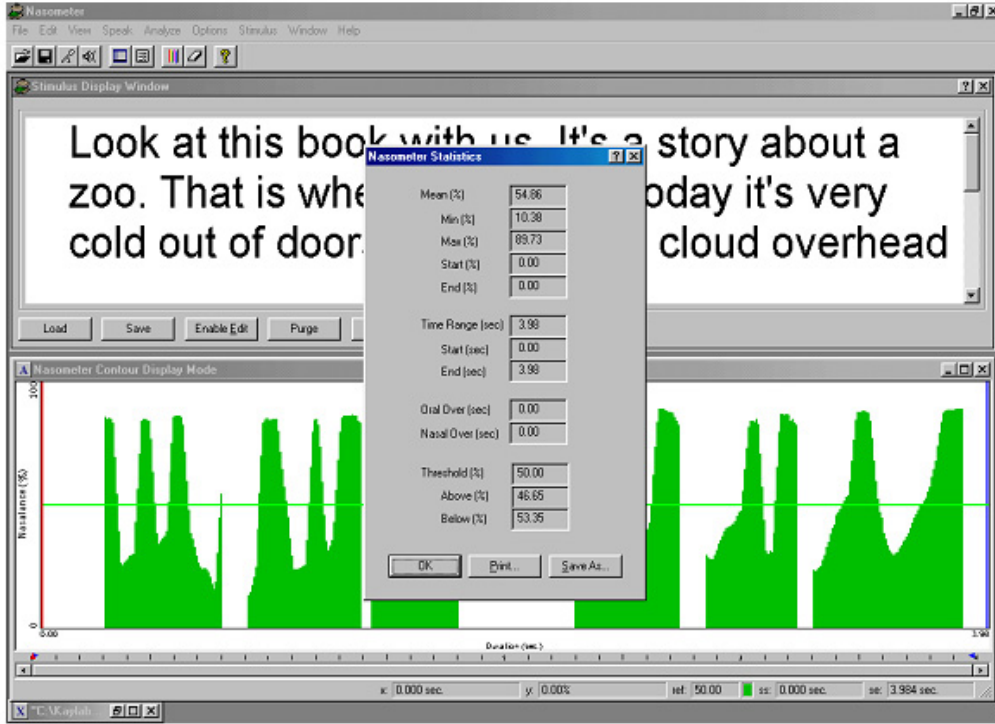
Günümüzde ticari olarak iki farklı firma tarafından üretilen nazometrik ölçüm sistemleri bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi KAY PENTAX firmasına ait olan Nasometer Model 6200'ün güncelleştirilmiş versiyonu; Nasometer II Model 6400, diğeri ise Dr. Speech'e ait olan NazalView cihazıdır.

### 2.10.1 KayPENTAX marka Nasometer II Model 6400 nazometre cihazı

KayPENTAX firması nazometre cihazını ilk olarak 1986 yılında Nasometer Model 6200 olarak piyasaya sunmuştur. Nazalite problemleri olan hastaların değerlendirilmesi, tanı konulmasına ve rehabilitasyonuna yardımcı bir cihaz olarak ilk geliştirilmiş ürün olmasından dolayı elde edilen neticeler dünyaca altın standart olarak kabul edilmiştir. Şekil 2.10.1a da KayPentax Marka Nazometre cihazı genel görünümü ve 2.10.1b de cihaz yazılımının ekran görüntüsü gösterilmektedir.



(a)



(b)

**Şekil 2.10.1 – Ticari Sistemler :** (a) KayPENTAX Marka Nasometer II Model 6400 Nazometre Cihazı, (b) KayPentax Nasometer II Model 6400 yazılım ekran görüntüsü

Sistem; kolay kullanılabilir, non invazif oluşu, gerçek zamanlı olarak hasta konuşmasını değerlendirebilmesi, çocuk hastalar için oyunlar bulundurması, yazılımı ve donanımı ile kullanılan ortama göre kendini akustik olarak kalibre edebilmesi, istenilen örnekleme hızında sinyal işleyebilmesi ve birçok araştırmada kullanılarak atıfta bulunulmuş olması ile dikkat çekmektedir.

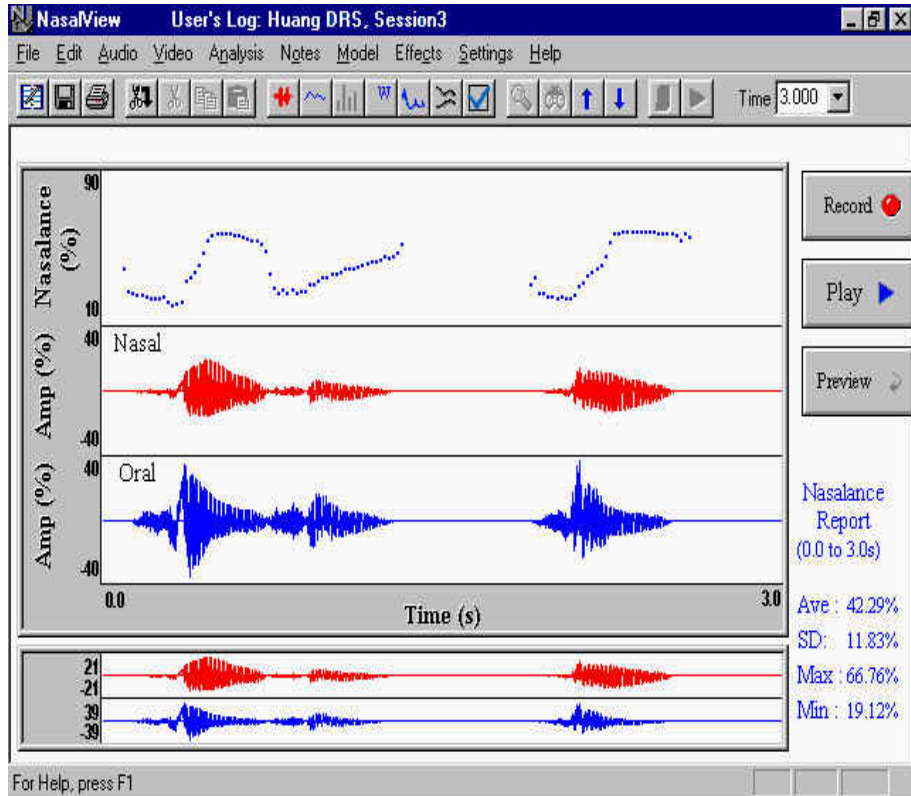
## 2.10.2 Dr. Speech marka NasalView model nazometre cihazı

Dr. Speech firmasına ait olan NasalView cihazı ise daha sonradan geliştirilmiş bir sistemdir. Tasarlanışı ve kullanım alanları aynı olmasına rağmen KayPENTAX firmasının ürünü olan Nasometer II Model 6400 kadar çok tercih edilmemektedir. Dr. Speech firmasının yeteri kadar teknik destek vermemesi ve cihaz özelliklerinin tam olarak belirtilmemesi ürünü tercih sebebi kılmamaktadır. Yine de bu cihaz ile yapılmış olan çalışmaları az da olsa bulabilmek mümkündür. Şekil 2.10.2 a da Dr.

Speech firmasına ait NasalView cihazının genel görünümü ve Şekil 2.10.2 b de cihaza ait yazılımın ekran görüntüsü gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2.10.2 – Ticari Sistemler : (a) Dr. Speech Nasal View Cihazı, (b) Dr. Speech NasalView Cihazı yazılım ekran görüntüsü.



### **3. MATERYAL ve METOD**

Tasarlanan Nazometre cihazı, donanım ve yazılım olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlere ait yapılan araştırma ve tasarım çalışmaları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

#### **3.1 Donanım Tasarlanması**

Donanım tasarlanması bölümünde ilk olarak sistemin genel görünümü ve elektronik karta ait akış diyagramı detaylı olarak anlatılacaktır. Sistemin donanımı üç ana bölümden oluşmaktadır, bunlar sırası ile; cihaz kutusu, hasta başlığı ve kalibrasyon hoparlörüdür.

##### **3.1.1 Cihaz kutusu**

İçerisinde cihaza ait elektronik devreler bulunmaktadır. Kutunun üst ve yan kısımlarında ise; bilgisayar ve hasta başlığı bağlantı noktaları, kalibrasyon hoparlörü, kalibrasyon tonu seçme ve Başlat/Durdur butonları, kalibrasyon VU metresi ve hasta başlığı mikrofonlarına ait VU metreler, balans, kazanç değerlerini ayarlamaya yarayan potlar ve adaptör girişi bulunmaktadır. Şekil 3.1.1 a da Tasarlanan Nazometre sisteminin genel görünümü, Şekil 3.1.1 b de cihaz devresinde ki entegreler gösterilmektedir.

##### **3.1.2 Hasta başlığı**

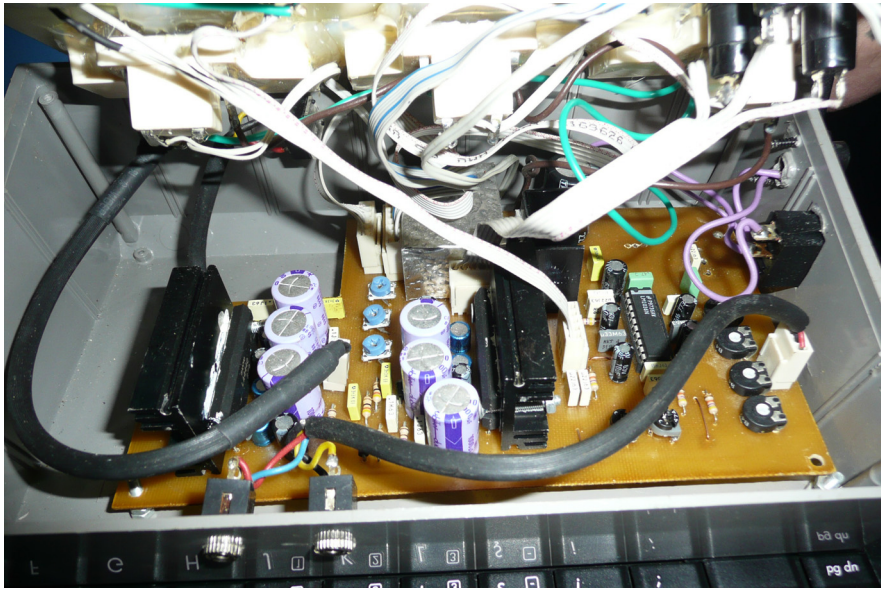
Hastanın oral ve nazal yolunu ayıran plaka üzerine monte edilmiş olan mikrofonları bulundurmaktadır.

Bu mikrofonlar, cihaz kutusu üzerinde ki girişlere bağlanarak hastadan ses kaydı alınabilmektedir. AV-JEFE marka TCM130 Model bir kondenser mikrofon kullanılmıştır. Bu mikrofonun tercih edilmesinin sebebi, frekans cevabının

30 Hz – 18kHz arasında olması ve yönsel yapıda olmasıdır. Mikrofon aynı zamanda ortam gürültüsünü engelleyen özelliktedir. Böylece sistem tarafından sadece hastanın ağzından ve burnundan gelen seslerin kaydedilmesi hedeflenmiştir. Mikrofonun giriş empedans değeri 1000  $\Omega$  (ohm) 'dur. Mikrofon hassasiyeti -65 dB  $\pm$ 3 dB'dir. Şekil 3.1.2 a ve 3.1.2 b de cihazda kullanılan hasta başlığı gösterilmiştir.



(a)



(b)

**Şekil 3.1.1 – Nazometre Sistemi: (a) Tasarlanan Nazometre Sisteminin Genel Görünümü, (b) Sistemdeki Entegreler**



(a)



(b)

**Şekil 3.1.2 – Nazometre Hasta Başlığı:** (a) Nazometre hasta başlığı, (b) Nazometre sistemi hasta başlığı üstten görünümü

### 3.1.3 Kalibrasyon hoparlörü

Cihaz kutusunun yanında bulunmaktadır. Hasta başlığının ortamın akustik koşullarına göre kalibre edilmesi işleminde kullanılmaktadır. Cihaz başlığı kalibrasyon hoparlöründen 20cm uzak mesafede olacak şekilde

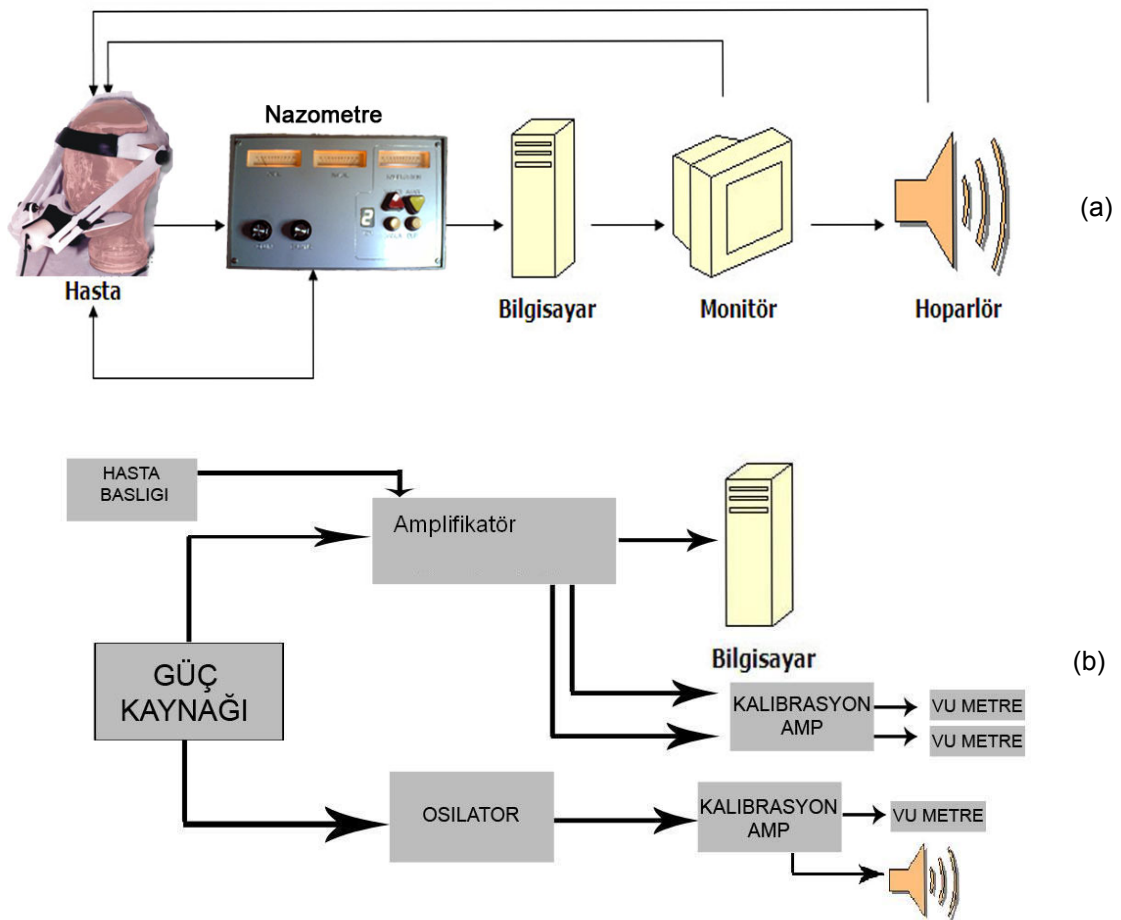
konumlandırılmıştır. Hasta başlığının üzerinde bulunan mikrofonların her defasında aynı koşullar altında kalibre edilmesi için sistem bu şekilde tasarlanmıştır. Kalibrasyon hoparlöründen, kullanıcının istediği doğrultusunda farklı frekans değerlerinde ton sinyalleri verilmektedir. Böylece sabit bir referansa göre hasta başlığı üzerinde bulunan mikrofonlar kalibre edilmektedir. Kalibrasyon işlemi yazılım aracılığı ile kontrol edilmekte, istenilen değer elde edilemediyse kullanıcı yazılım tarafından uyarılmaktadır. Şekil 3.1.3 de kalibrasyon hoparlörü gösterilmektedir. Kalibrasyon hoparlörünün frekans aralığı 90 Hz – 20kHz arasındadır. Hoparlörün toplam 4 W rms çıkış gücü bulunmaktadır.



**Şekil 3.1.3 – Kalibrasyon Hoparlörü**

### 3.2 Donanım çalışma prensibi

Hastaya takılan başlık ile alınan ses, hece ve/veya kelimeler cihaza aktarılmaktadır. Cihaza aktarılan sesler, bilgisayarın Line-In girişine uygun seviyeye çıkartılmak üzere National firmasının ait olan LM 1036 entegresi tarafından yükseltilmektedir. Kalibrasyon amplifikatörü tarafından ise VU Metreler beslenmektedir. Şekil 3.2 a da Sistem akış diyagramı ve Şekil 3.2 b de Sistem entegrelerinin akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.2 – Çalışma Prensibi : (a) Sistem akış diyagramı (b) Entegrelerin çalışma prensibi

Daha önce giriş bölümünde anlatıldığı gibi yükseltilmiş olan sesler bilgisayarda Matlab ile hazırlanmış olan GUI (Graphical User Interface – grafiksel kullanıcı

arayüzü) yazılımı ile kaydedilmekte ve hastanın kaydedilen ses, hece ve/veya kelimesine ait nazal skoru hesaplanmaktadır.

Hesaplanan nazalans skoru grafiksel olarak GUI de gösterilmektedir. Kayıt daha sonra tekrardan oynatılarak hastaya hem görsel hem de işitsel bir geribildirim sağlamaktadır.

### **3.3 Sistemde Kullanılan Entegreler ve Karakteristik Özellikleri**

Nazometre sistemi tasarlanırken farklı farklı entegreler ile birden fazla denemeler yapılmış ve son olarak Sanyo firmasına ait olan LA4440, National firmasına ait olan LM1036 amplifikatörleri kullanılmasına karar verilmiştir. Bu amplifikatörlerin neden tercih edildikleri detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

#### **3.3.1 VU metre entegresi**

Devre tasarlanırken SANYO firmasına ait olan LA4440 2 kanallı (dual) stereo ve bridge olarak kullanılabilen amplifikatör kullanılmıştır.

Entegre; Dual olarak 6W x 2, Bridge olarak 19W olarak çalışmaktadır. Minimum sayıda dış parçaya gereksinim duymaktadır. ON/OFF konumlarına geçerken az miktarda gürültü oluşturmaktadır ve açılış balansı iyi derecededir. 46dB'lik ripple rejection karakteristiği bulunmaktadır. Ayrıca entegre üzerinde termal koruyucu, aşırı gerilim koruyucusu, entegre bacakları arasında kısa devre olmasını engelleyen koruma bulunmaktadır.

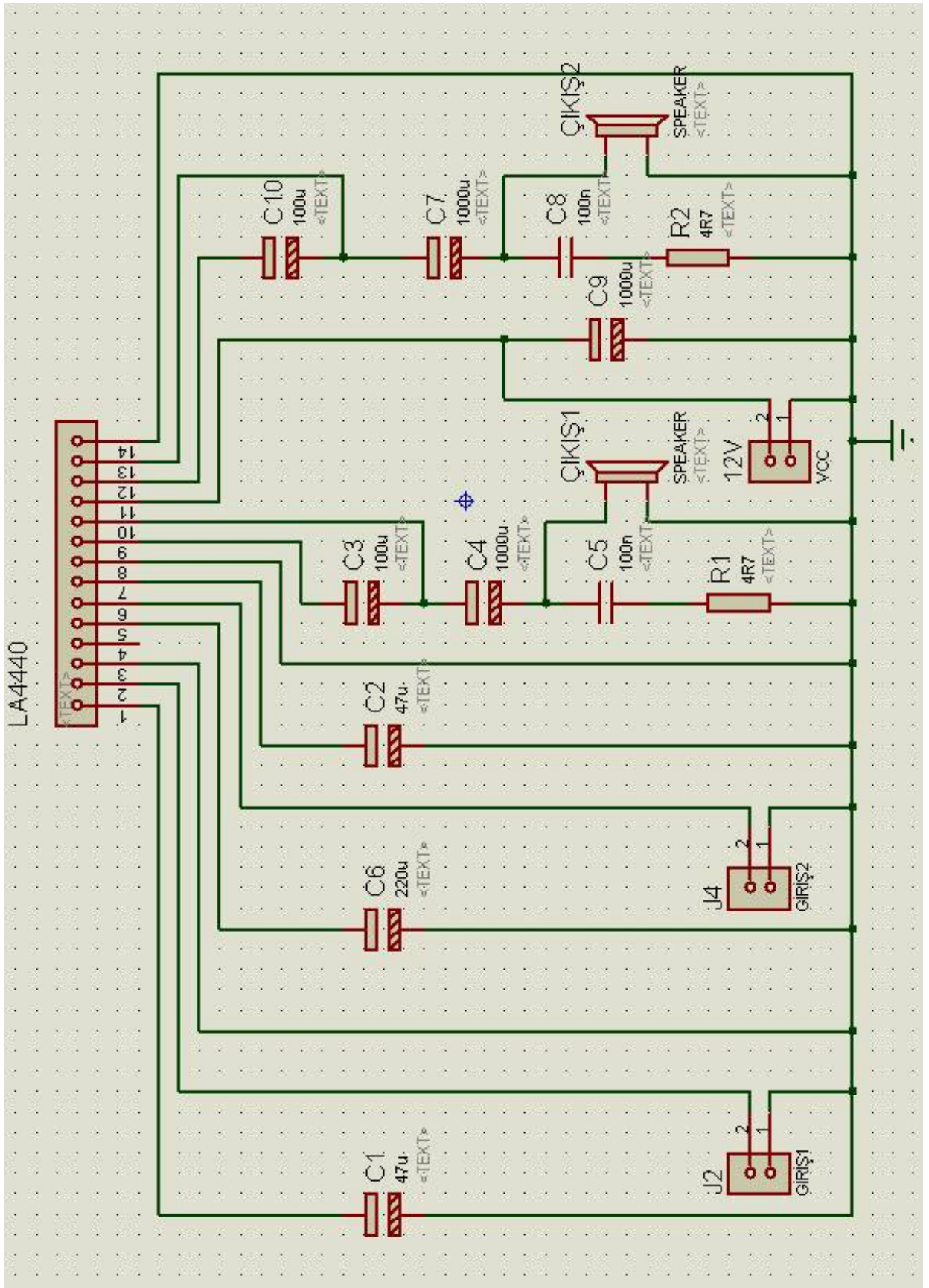
Entegrenin 25°C oda sıcaklığında kullanılırken besleme gerilimi 13,2 V'tur. Yük direnci ise stereo kullanımda 2  $\Omega$  – 8  $\Omega$  arasında istenilen değerde kullanılabilir. Bu aralığın geniş olması bu entegrenin tercihe edilme sebeplerinden birisidir.

Entegrenin çalışma karakteristikleri  $T_a = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 13.2\text{ V}$ ,  $R_L = 4\ \Omega$ ,  $f = 1\text{kHz}$ ,  $R_g = 600\ \Omega$  şartları altında test edildiğinde; Giriş gerilimi yokken ki entegrenin kendi kendine harcadığı enerji ( $I_{CCO}$ ) 100 mA, Voltaj kazancı (VG) yaklaşık 50dB, çıkış gücü stereo kullanımda 6W, harmonik distorsiyon (1W çıkış gücünde - THD) 0.1%, giriş direnci  $r_i = 30\text{ k}\ \Omega$ , çıkış gürültü voltajı  $V_{NO} = 0.6\text{ mV}$  ( $R_g = 0$  iken), dalgacık engelleme oranı: ( $V_R = 200\text{mV}$ ,  $f_R = 100\text{Hz}$ ,  $R_g = 0$ )  $R_r = 46\text{dB}$ , kanal ayırma değeri ( $V_O = 0\text{ dBm}$ ,  $R_g = 10\text{k}\ \Omega$ ) 55dB ve her iki kanal arasında ki kazanç farkı  $\Delta VG = 2\text{ dB}$  olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.3.1 a de Sanyo LA4440 Amplifikatör entegresi devre şeması, Şekil 3.3.1 b de Sanyo LA4440 Amplifikatör Entegresi PCB Şeması gösterilmektedir.

### 3.3.2 Bilgisayar bağlantı entegresi

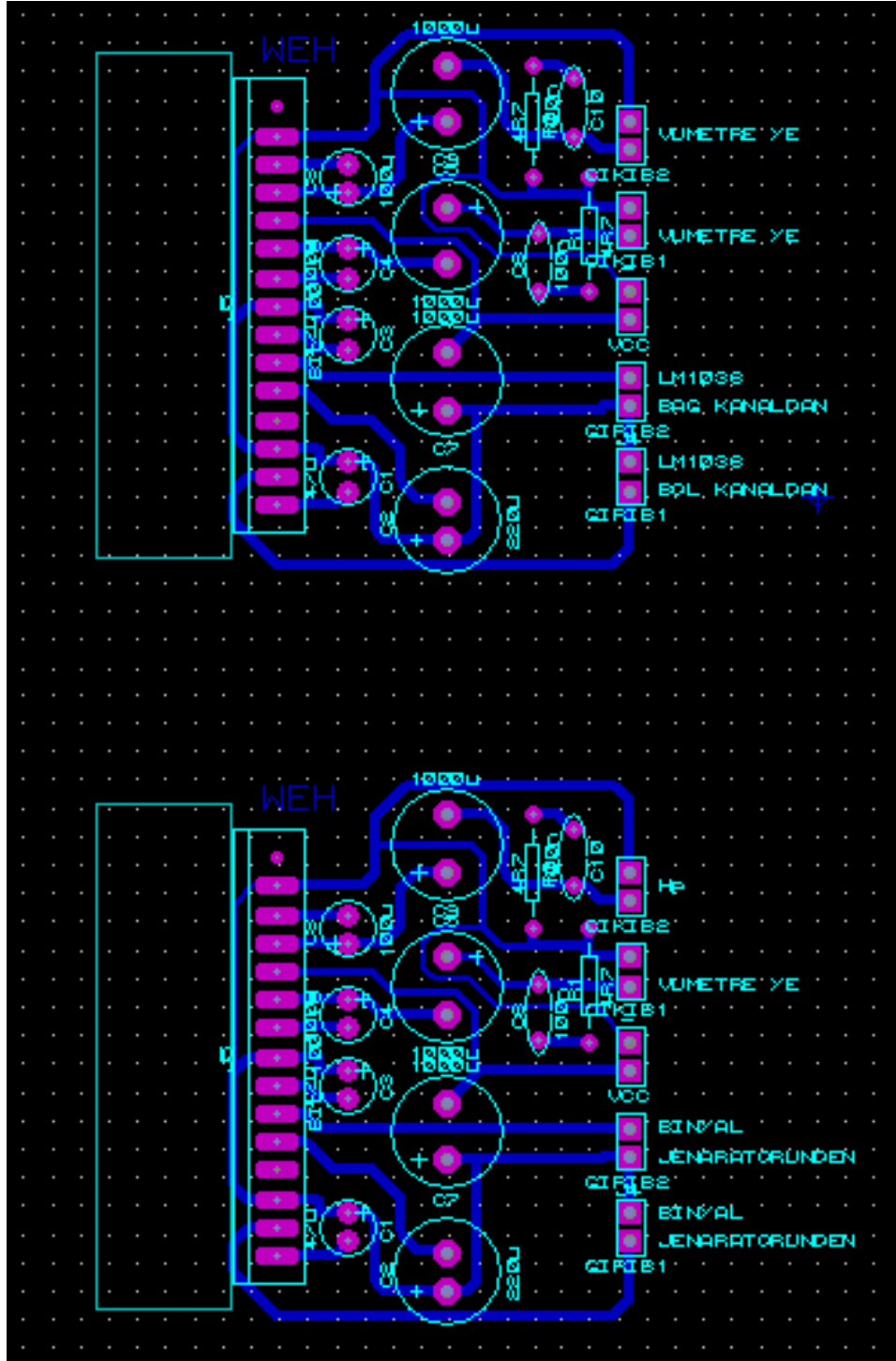
National - LM1036 entegresi, tasarlanan cihazda bilgisayar ile bağlantı kurulması için kullanılmıştır. Mikrofondan elde edilen analog sinyal burada bilgisayarın işleyebileceği genlik değerine yükseltilmiştir. Entegrenin genel özellikleri incelendiğinde cihazın kullanımında ihtiyaç duyulan; Ton (bas / tiz), volüm ve balans kontrolleri bulunmaktadır.

LM1036 entegresinin diğer özellikleri arasında 9V – 16V besleme gerilimleri arasında çalışmaktadır, 75dB'lik geniş bir volüm kontrol aralığı bulunmaktadır,  $\pm 15\text{dB}$ 'lik ton kontrolü, 75dB'lik kanal ayırması vardır. Entegrenin distorsiyon değeri 0.3Vrms girişinde %0.06'dır ve yine 0.3Vrms giriş seviyesinde 80dB'lik yüksek sinyal gürültü oranı (SNR) bulunmaktadır. Şekil 3.3.2 de National LM 1036 Entegresi devre şeması gösterilmektedir.



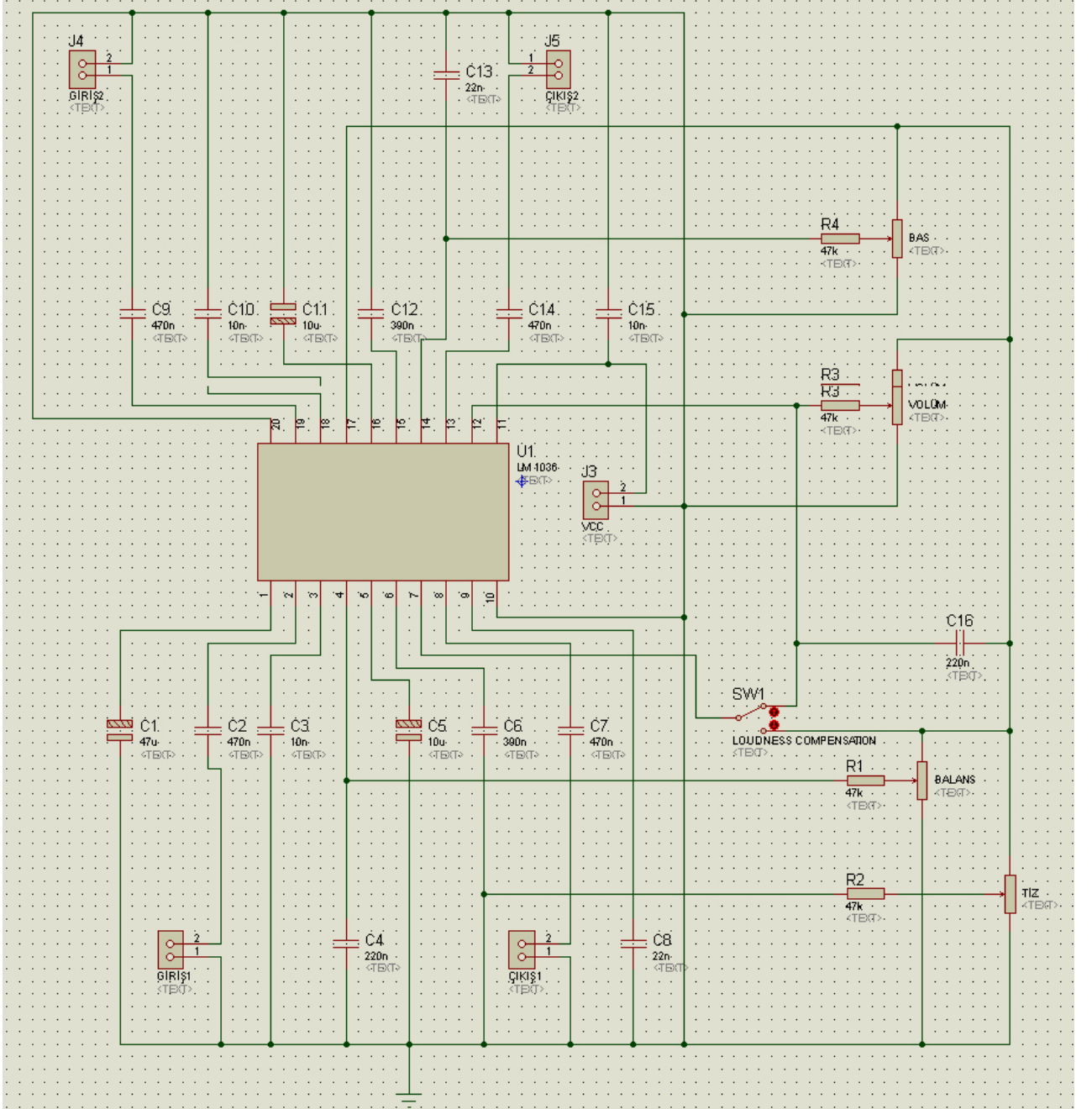
(a)





(b)

**Şekil 3.3.1 – Sanyo LA 4440 Devresi: (a) Sanyo LA4440 Amplifikatör entegresi devre şeması, (b) Sanyo LA4440 Amplifikatör Entegresi PCB Şeması**



Şekil 3.3.2 – National LM1036 Entegresi üstten görünümü

National LM 1036 entegresi 12V ile beslenmektedir. Bu besleme geriliminde çıkış gerilimi 0.8Vrms – 1.0Vrms aralığındadır. Böylece entegrenin farklı ses kartlarına bağlanması durumunda sorunsuz çalışması sağlanmıştır.

Entegrenin mikrofon bağlantısında maksimum giriş voltaj değeri 1.3Vrms – 1.6Vrms olarak belirtilmiştir. Entegrenin giriş empedansı yüksek bir değer olan 30 k  $\Omega$ , çıkış empedansı ise 20  $\Omega$ 'dur. Bu değerler devrelerin birbirini yükleme etkisini ortadan kaldırmaktadır, çünkü mikrofondan gelen sinyalin ön yükseltece transferi sırasında mikrofonun çıkış empedansının küçük olması, ön yükseltecin giriş empedansının yüksek olması istenir. Böylece ön yükselteç mikrofondan gelen akımın kendi ihtiyacı kadarını kullanarak çalışmaktadır.

Entegrede ses şiddeti kontrolü 7. bacağa uygulanan voltaj değeri ile yapılmaktadır; bu yüzden ton ve ses şiddeti fonksiyonları birbirinden bağımsız değildir. Standart devrede tiz yükseltmesine göre (40 Hz – 16 kHz) 1 dB daha fazla bas yükseltmesi bulunmaktadır. Tasarlanan devrede bu özellik ON konumunda bırakılmış ve 7. bacak 12. bacağa bağlanmıştır. Böylece ses şiddeti kontrolü her zaman uygulanmaktadır.

### 3.3.3 Mikrofon

Sisteme, mevcut mikrofonlardan farklı mikrofonlar bağlanması durumunda sistemin hata vermeden uyum sağlayarak çalışması için sabit dirençler yerine trimpotlar vasıtası ile gerilim bölünmüştür. Mikrofonun ihtiyacı olan gerilim değeri bu trimpotların ayarlanması ile elde edilmiştir.

Mikrofon üzerinden okunan gerilim değeri, RV2 trimpotunun üzerindeki gerilime eşittir.

Eşitlik olarak açıklanacak olursa;

$$V_{cc} = I \times RV1 + I \times RV2 \text{ ' dir.} \quad (2.1)$$

$V_{cc}$  = gerilim kaynağı

I = akım

RV1= trimpot

RV2= trimpot

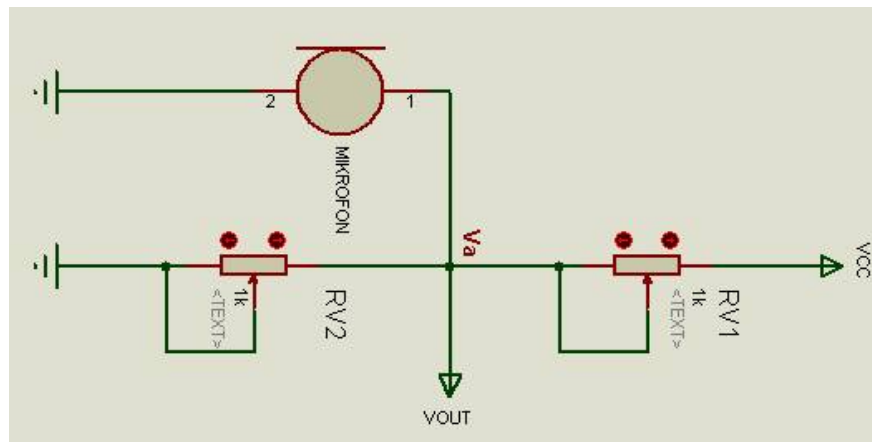
Bir başka ifadeyle;

$$RV2= V_{cc} - I \times RV1' \text{ dir.}$$

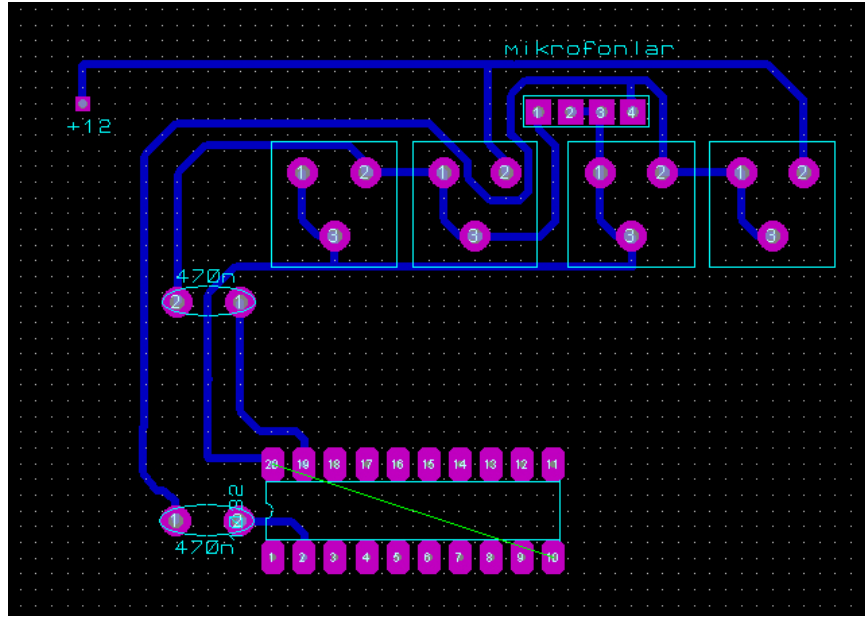
(2.2)

RV2 = R Mic değeridir. Buradan da mikrofonun üzerine düşen gerilim miktarı bulunmaktadır. Trimpotların ayarlanması ile mikrofonların çalışmasını sağlayacak olan gerilim elde edilmektedir. Şekil 3.3.3 a da mikrofon devre şeması, Şekil 3.3.3 b de Mikrofon PCB devre şeması gösterilmektedir.

Cihazda, AV-JEFE marka TCM 1310 model elektret kondenser mikrofon kullanılmıştır. Bu mikrofon kompakt yapıda, omni-yönel, 30 Hz – 18 kHz aralığında frekans cevabına ve geniş dinamik aralığa sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir. Mikrofonun 1,000 Hz deki empedans değeri 1000  $\Omega$  ve hassasiyeti -65dB  $\pm$  3 dB'dir. Bu özellikleri sebebiyle hastalardan alınan farklı ses, hece ve konuşma kayıtları için kullanıma uygun durumdadır.



(a)

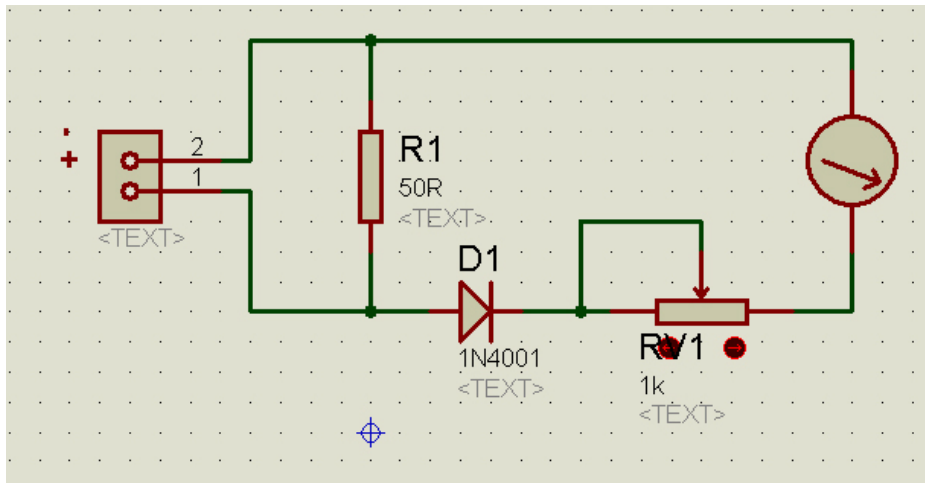


(b)

Şekil 3.3.3 – Mikrofon Devre Şeması: (a) Mikrofon Devre Şeması , (b) Mikrofon PCB devre şeması

### 3.3.4 VU metre

Şekil 3.3.4.a da görülen VU metre devre şemasında R1 ön akım bölücü direncidir.



(a)

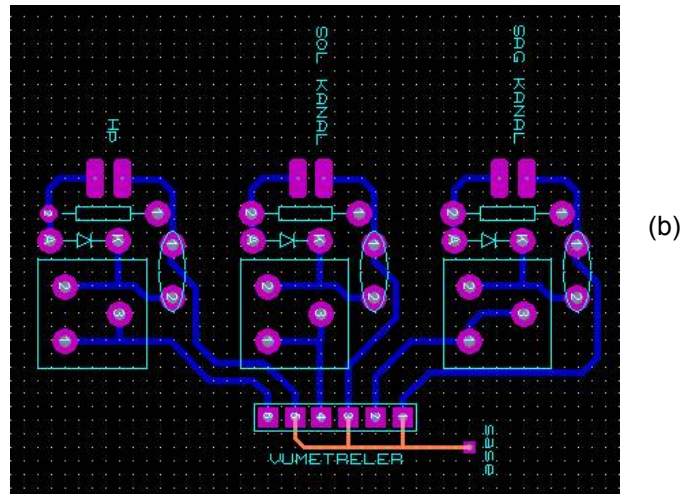
Şekil 3.3.4 – VU Metreler : (a) VU Metre Devre Şeması

Girişten gelen gerilimin önemli kısmı bu direnç üzerinden geri dönüp toprağa akmaktadır. Akımın arta kalan kısmı öyle bir değerde seçilmelidir ki bu akım ölçü aletinin maksimum sapmasını sağlayacak düzeyde olmalıdır.

Bu zorluğu ortadan kaldırmak için ölçü aletine seri RV1 trimpotu konulmuştur. Böylece ölçü aletinin iç direncine seri bağlı bir ayarlı direnç yaratılmıştır. RV1 trimpotu sayesinde ölçü aleti kolundan geçen akım, ölçü aletinden maksimum akım geçecek düzeye ayarlanmıştır.

RV1 değeri küçük seçildiği takdirde skala az bir sapma göstermekte, fazla seçildiği takdirde ise ölçüm alanı dışına çıkmaktadır. Her iki durum da ölçüm hatasına sebebiyet vereceğinden LA 4440'lı devreden maksimum akım ve gerilim uygulandığında, maksimum skala sapması gerçekleşene kadar RV1 değeri ayarlanmalı ve istenilen seviyeye geldiğinde bırakılmalıdır.

D1 diyotu ve C1 kondansatörü ölçü aletinin ihtiyacı olan DC gerilimi sağlamalıdır. D1 diyotu negatif gerilimleri kırtan kırıcıdır. C1 kondansatörü kırılmış bu gerilimleri filtre etmektedir. Şekil 3.3.4 b de VU Metre PCB devre şeması görülmektedir.



Şekil 3.3.4 – VU Metreler : (b) VU Metre PCB devre şeması

### 3.4 Yazılım

Hastadan alınan ses, hece ve/veya kelimelerin analiz edilmesi için Matlab programı ile bir GUI hazırlanmıştır.

Yazılım; cihazdan gelen seslerin kaydını yaparak bilgisayar hafızasına sıkıştırılmamış wav dosyası olarak  $F_s = 11.025$  örnekleme hızında 16bit olarak kaydetmektedir. Kaydedilen sesler GUI ekranında nazal ve oral yoldan alınan kayıtlar olarak ayrı ayrı görüntülenmektedir. Ses kayıtlarının görüntüleri için mavi renk, enerjileri ise yeşil olarak gösterilmiştir. GUI ekranının sol tarafında bulunan başlat, duraklat, devam ettir, durdur, aç, ses kaydet, hafızaya kaydet, ekrana sığdır, ekrana sığdırmayı geri al, ekranı temizle gibi butonlar aracılığı ile kullanıcının en verimli ve en hızlı şekilde işlem yapabilmesi hedeflenmiştir.

Kalibrasyon butonu ile hasta başlığının ortamın akustik koşullarına göre kalibrasyonu yapılmaktadır. Kalibrasyon işlemi yapılırken ortam sessiz olmalı, oda içerisinde eko yaratacak koşullar minimuma indirilmelidir. Kalibrasyona başlamadan önce hoparlör üzerinden istenilen kalibrasyon tonu seçilmeli, hasta başlığının hoparlörün karşısına gelecek yuvaya yerleştirilmiş olması gerekmektedir. Daha sonra GUI ekranından "Calibrate" butonuna basılarak kalibrasyon işlemine başlanmaktadır.

Kalibrasyon işlemi sırasında her iki mikrofondan kayıt alınmakta ve alınan kayıta birinci kanalın ikinci kanala göre hata yüzdesi toplam karesel hata metodu ile hesaplanmaktadır. Hata yüzdesine ait denklem Eşitlik 3.4'te belirtilmiştir.

$$\text{Hata Yüzdesi} = 100 \times \sqrt{(\sum (\text{Kanal } 1_i - \text{Kanal } 2_i)^2) / \sum ((\text{Kanal } 2_i)^2)} \quad (3.4)$$

Eşitlik açıklanacak olursa;

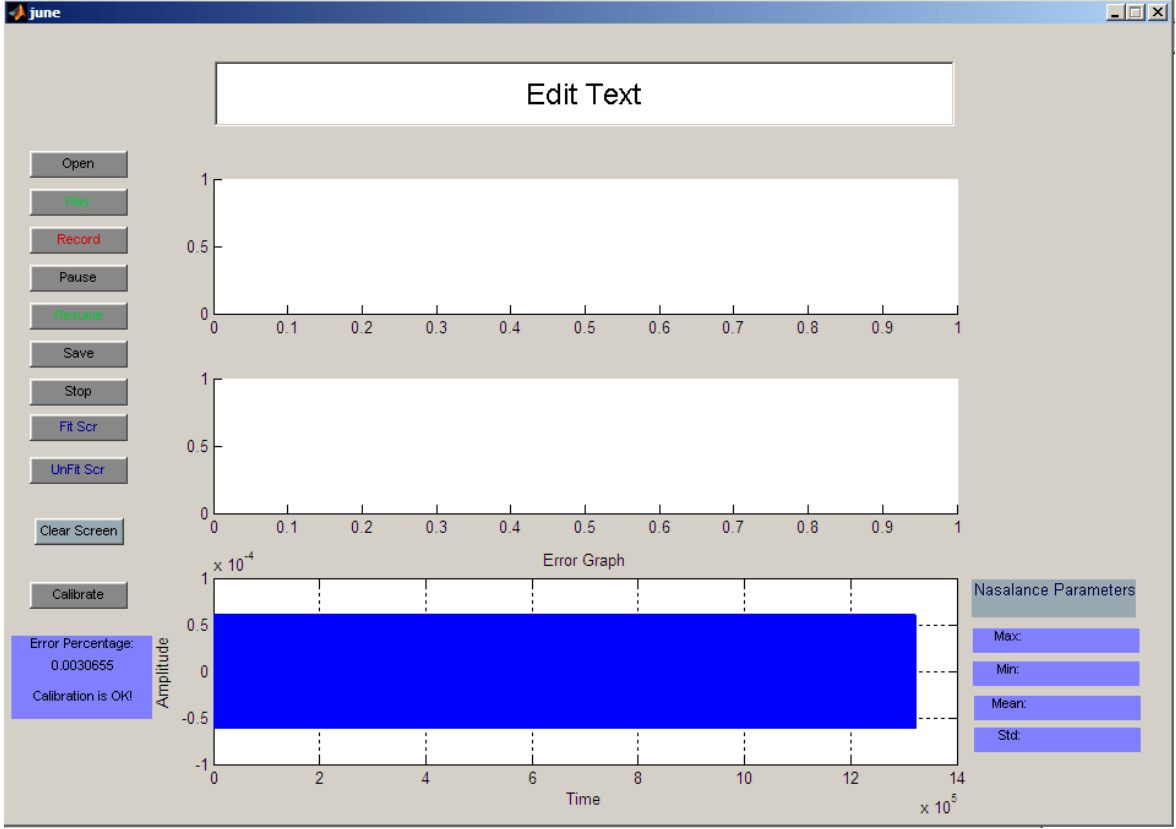
Kanal 1<sub>i</sub> = Nazal yoldan gelen sesin i. örneklemesine ait değerdir,

Kanal 2<sub>i</sub> = Oral yoldan gelen sesin i. örneklemesine ait değerdir.

Uygulamaya göre belirlenecek bir eşik değeri ile kanalların birbirine olan uyumluluğu değerlendirilmelidir. Cihaz üzerindeki hoparlör referans nokta olarak belirlenmiştir. Her iki mikrofonun hoparlöre olan uzaklığı eşit olduğundan, yine her iki mikrofondan aynı kalibrasyon tonunu kaydetmesi ve toplam karesel hata metodu ile hesaplanan hata yüzdesi değerinin minimum değeri sağlanması beklenmektedir. Ortamın akustik özellikleri, cihaz veya mikrofonlardan kaynaklanabilecek olası bir arıza durumunda sistem kalibrasyonu düzgün yapamayacağından cihaz kullanılmamalıdır. Yapılan kalibrasyon neticesinde elde edilen kalibrasyon ekranı, yazılım ara yüzünde grafiksel olarak Şekil 3.4.1 de gösterildiği gibi elde edilmektedir. Bu grafik birinci kanalın ikinci kanaldan farkını göstermektedir. İdeal olan neticede grafiğin sıfır hizasında bir doğruyu temsil etmesi beklenmektedir. Şekil 3.4.1 de görülen netice kalibrasyonu düzgün olan bir ölçümü göstermektedir. Kanallar arasındaki farkın fazla olması, mikrofonların arızalanması gibi durumlarda grafik y-eksenine göre pozitif veya negatif hata değerleri olacaktır.

Yazılım ara yüzünde bulunan “Play” butonu ile kaydedilen ses verisi oynatılmakta, “Pause” butonu ile oynatılmakta olan ses duraklatılmakta, “Resume” butonu ile duraklatılmış olan ses kaydının çalınmasına devam edilmekte, “Stop” butonu ile çalmakta olan ses kaydı durdurulmaktadır. “Record” butonu ile hastadan ses kaydı alınmakta ve bilgisayar hafızasına kaydetmek için “Save” butonu kullanılmaktadır. “Fit Screen” butonu ile ekranda yer alan nazal ses, oral ses ve nazalans eğrisi ekran içerisinde büyütülerek daha rahat gözlemlenebilir bir hale getirilmektedir. Kullanıcı eğrileri eski haline döndürmek için “Unfit Screen” butonunu kullanmalıdır. “Clear Screen” butonu ile de kullanıcı ara yüz ekranında bulunan verileri temizleyebilmektedir.





**Şekil 3.4.1** – Kalibrasyon Ekranı

Kaydedilen seslerin yine yazılım aracılığı ile maksimum ve minimum nazalans değerleri, ortalama ve standart sapma olmak üzere dört farklı parametre de analizi yapılmıştır.

Maksimum ve minimum nazalans değerleri, nazalans skoru hesaplanan ses kaydı içerisinde bulunan maksimum ve minimum yüzde (%) nazalans değerleridir. Hekimler, hastanın durumu ile ilgili teşhislerini bu bilgiler ile desteklemektedir. Nazalans skoru içindeki maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması daha önce 1. bölümde belirtilen 1.1 eşitliği kullanılarak yapılmaktadır.

$$\text{Nazalans\%} = (N / (N+O)) \times 100 \quad (1.1)$$

Burada;

N: nazal yoldan gelen enerjiyi

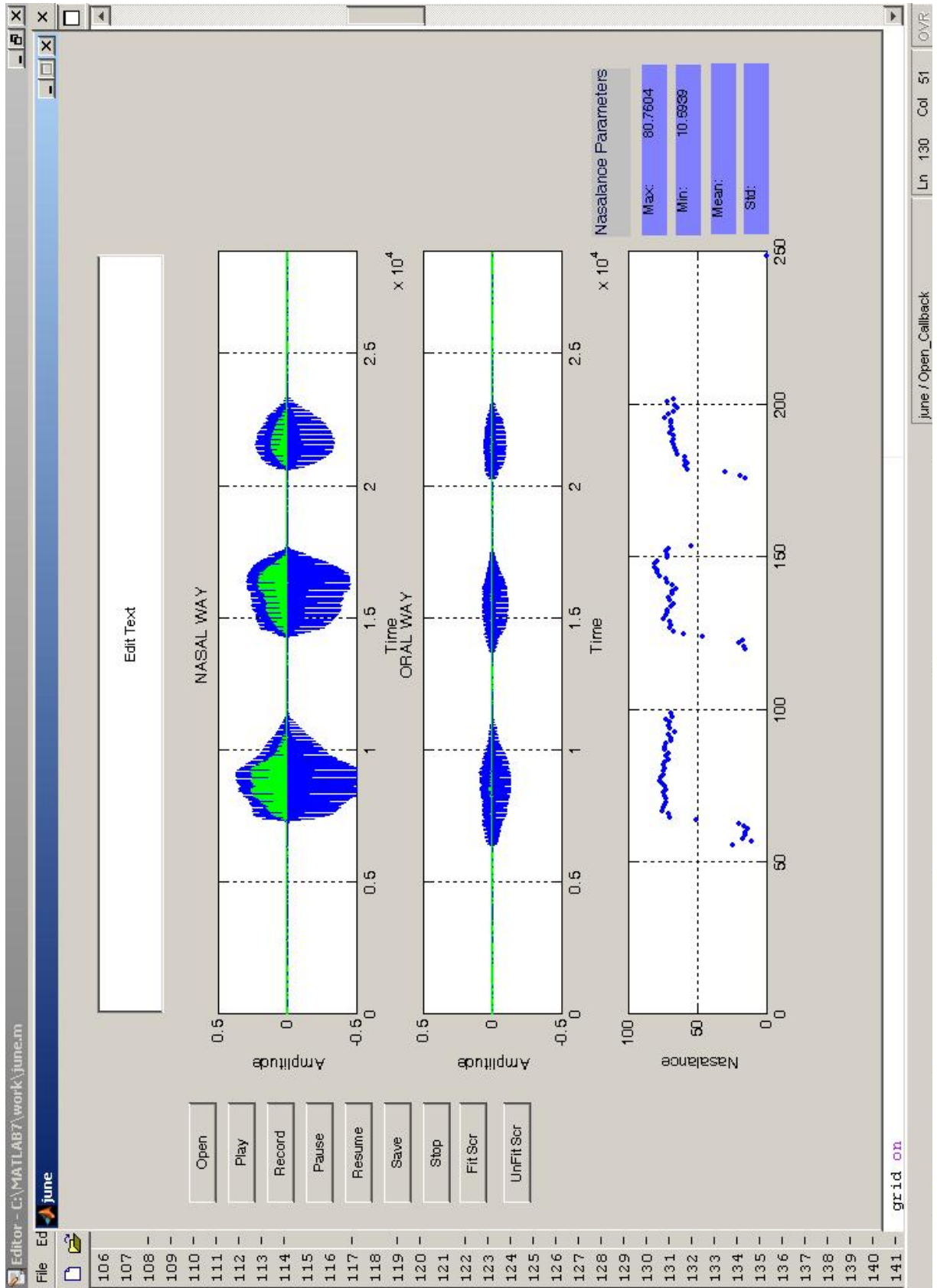
O: oral yoldan gelen enerjiyi belirtmektedir.

1.1 eşitliğinin sıfıra eşit olması durumunda bunu sağlayan dizi elemanı nazalans skoru hesaplanmasında kullanılan döngüye eklenmiş ancak Matlab dan kaynaklanan uyarı mesajları ekrana gelmeyecek şekilde engellenerek yazılım kodlanmıştır. Böylece kullanım sırasında sistemin bloke olması engellenmiştir. Yapılan bu düzenlemenin analiz neticelerine etki etmediği gözlenmiştir.

Ortalama, nazalans skoru hesaplanan ses kaydının Matlab kütüphanesinde bulunan "mean" komutu ile hesaplanmış ortalama değerdir. Maksimum ve minimum değerlerinden sonra hekimin hasta hakkında koyacağı tanıya yardımcı olacak bir bilgi olarak yazılımda yer almaktadır.

Standart sapma, nazalans skoru hesaplanan ses kaydının standart sapma değerini göstermektedir. Matlab kütüphanesinde bulunan "std" komutu ile hesaplanmıştır.

Şekil 3.4.2'de Matlab ile tasarlanan GUI ara yüzü görüntülenmektedir.



Şekil 3.4.2 - Matlab ile tasarlanan GUI ara yüzü

#### 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu bölüm yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemleri ve detaylarını içermektedir. Gerçekleştirilen çalışmanın ilk kısmında septoplasti hastalarından elde edilen ses kayıtlarının analizi yapılmıştır. İkinci kısımda elektronik ve donanımsal olarak gerçekleştirilen bileşenler hakkında bilgi verilmiş ve çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılarak ortaya çıkan temel tasarım ve gerçekleştirme hatalarından ve bunlara karşı alınan tedbirlerden söz edilmiştir.

##### 4.1 Septoplasti Verilerinin Analizi

Çalışmanın bu aşamasında, üretilmiş olan nazometre cihazı ile 25 - 40 yaş aralığında 24 erkek septoplasti hastasından pre-operatif olarak alınan ses kayıtları kullanılmıştır. Gülhane Askeri Tıp Akademisi (GATA), Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalında bulunan Kay Elemetrics Marka Nasometer II Model 6400 ile ortak hastalardan alınan kayıtlar ve üretilmiş olan cihazın neticeleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sırasında incelenen parametreler; maksimum, minimum nazalans skorları ve ortalama (mean) verileridir. Her iki sistemden kaydedilen sonuçlar Excel'e aktarılarak tablolar oluşturulmuştur. Bu neticeler daha sonra korelasyon analizi yapılmak üzere SPSS programında incelenmiş, hazırlanan yazılımın değerlendirilmesi yapılmıştır.

SPSS programı kullanılarak korelasyon analizi Spearman metoduna göre yapılmıştır. Spearman korelasyon katsayıları ile ticari sistemden ve hazırlanan yazılımdan elde edilen neticelerin değişim derecesi incelenmiştir.

SPSS programı ile yapılan analizde heceler kısmında kullanılan sesler; Aaa, Mmm, Nnn, Ma ma ma, Na na na ve Nu nu nu'dan oluşmaktadır. [26]

Yapılan analiz için kurulan  $H_0$  hipotezi ve alternatif  $H_A$  hipotezi şu şekilde oluşturulmuştur.

$H_0$ : Değişkenler arası ilişki yoktur.

$H_A$ : Değişkenler arası ilişki vardır.

Korelasyon hesaplanırken hipotez kontrolü için p değerini gözlemlemek gerekmektedir. Eğer  $p < 0.05$  ise hipotez ret edilir. Yani istatistik olarak önemli olduğu söylenir. Eğer  $p > 0.05$  ise hipotez kabul edilir. İstatistik olarak önemli değildir.  $H_0$  hipotezinin ret edildiği durumlarda,  $H_A$  koşulunda, değişkenler arasında ilişki olduğu kabul edilmiştir. Buda hesaplanan korelasyon katsayısının sıfırdan farklı olmasının tesadüften değil, bu örneğin alınmış olduğu popülasyondaki korelasyon katsayısının sıfır olmayışındandır

SPSS analizi ekinde bulunan neticelerden aralarında korelasyon ilişkisi beklenen değişkenler yerlerinin daha kolay bulunup anlaşılabilmesi için birbirlerine karşılık gelen satır ve sütunların kesişme noktalarında kalın ve kırmızı karakterler ile belirtilmiştir. Çift yıldızlılarla işaretlenmiş olan değerler, yanılma düzeyinin 0,01'den küçük olduğunu, tek yıldızla işaretlenmiş olan değerler ise yanılma düzeyinin 0.05 ve altında olduğu değerler için  $H_0$  hipotezini ret etmekte,  $H_A$  koşulunu kabul etmektedir. İncelenen değer üzerinde hiç yıldız bulunmuyorsa yanılma düzeyinin üzerinde bir değer elde edildiği anlaşılmaktadır.

SPSS korelasyon analiz tablolarındaki değerler detaylı olarak incelendiğinde "aaaa" sesinin ortalama değeri %1'lik yanılma düzeyinde, orijinal yazılımla karşılaştırıldığında %80,5 lik bir korelasyon ilişkisi içerisindedir. Minimum nazalans değeri de %1'lik yanılma düzeyinde %81,5'lik bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. "aaaa" sesinin maksimum neticesi incelendiğinde %1'lik yanılma düzeyinde %80,7'lik bir korelasyon ilişkisi içerisinde olduğu analiz edilmiş,  $H_0$  koşulu ret edilmiş,  $H_A$  koşulu kabul edilmiştir. Çizelge 4.1 de "aaaa" sesine ait SPSS karşılaştırma sonuçları görüntülenmektedir.

Elde edilen bu analiz sonucunda üretilen cihaz ve Matlab ile kodlanmış olan yazılımın, ticari sisteme ait donanım ve yazılım ile alınan kayıtlarla yüksek oranda benzerlik gösterdiği görülmektedir. Yapılan analiz neticesinde p değerinin

$p > 0.05$ 'den büyük olduğu ve  $H_0$  hipotezinin kabul edildiği değerlerde elde edilmiştir. Bunun nedeninin yazılım algoritmasından ve cihazın elektronik devrelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.1.1 - “aaaa” sesine ait korelasyon analizi

**Korelasyonlar**

|                     |            |                      | A Ortalama Recai | a Min recai     | A Max recai     |
|---------------------|------------|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Spearman'nın rho'su | A Ortalama | Korelasyon Katsayısı | <b>,805(**)</b>  |                 |                 |
|                     |            | Sig. (2-tailed)      | <b>0,000</b>     |                 |                 |
|                     |            | N                    | <b>24</b>        |                 |                 |
|                     | a Min      | Korelasyon Katsayısı |                  | <b>,815(**)</b> |                 |
|                     |            | Sig. (2-tailed)      |                  | <b>0,000</b>    |                 |
|                     |            | N                    |                  | <b>24</b>       |                 |
|                     | A Max      | Korelasyon Katsayısı |                  |                 | <b>,807(**)</b> |
|                     |            | Sig. (2-tailed)      |                  |                 | <b>0,000</b>    |
|                     |            | N                    |                  |                 | <b>24</b>       |

\*\* . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

\* . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

SPSS analizinde incelenen ikinci ses “mmmm” sesi olmuştur. Bu sese ait olan ortalama değerleri incelendiğinde, Çizelge 4.1.2 de de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlardan ortalama değerlerin %1'lik yanılma düzeyinde orijinal donanım ve yazılım ile alınan kayıtlarla %51,8 lik bir korelasyon ilişkisi içerisinde olduğu, minimum değerinde yine %1'lik yanılma düzeyinde %58,8'lik korelasyon ilişkisi olduğu görülmektedir. Maksimum değerden elde edilen neticeler de ise yine %1'lik yanılma düzeyinde %60,3'lük bir korelasyon ilişkisine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1.2 – “m m m m” sesine ait korelasyon analizi

**Korelasyonlar**

|                        |               |                         | m 2 ortalama<br>Recai | m 2 min<br>recai | m 2 max<br>Recai |
|------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| Spearman'nın<br>rho'su | M<br>Ortalama | Korelasyon<br>Katsayısı | <b>,518(**)</b>       |                  |                  |
|                        |               | Sig. (2-tailed)         | <b>0,010</b>          |                  |                  |
|                        |               | N                       | <b>24</b>             |                  |                  |
|                        | M Min         | Korelasyon<br>Katsayısı |                       | <b>,588(**)</b>  |                  |
|                        |               | Sig. (2-tailed)         |                       | <b>0,003</b>     |                  |
|                        |               | N                       |                       | <b>24</b>        |                  |
|                        | M Max         | Korelasyon<br>Katsayısı |                       |                  | <b>,603(**)</b>  |
|                        |               | Sig. (2-tailed)         |                       |                  | <b>0,002</b>     |
|                        |               | N                       |                       |                  | <b>24</b>        |

\*\* . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

\* . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

“Maa” sesinin SPSS analizi incelendiğinde, ortalama değer in %5’lik yanılma düzeyi içerisinde bulunduğu gözlemlenmektedir. Bu netice ile kurulan  $H_0$  hipotezi ret edilmiştir. Minimum değerinde elde edilen sonuçlarda ise %1’lik yanılma düzeyinde %56,5’lik bir korelasyon ilişkisi olduğu görülmüştür. Maksimum değerinden elde edilen neticelerin aranılan yanılma düzeyinin üzerinde olduğu ve  $H_0$  hipotezinin kabul edildiği, değişkenler arasında ilişki olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.1.3 – “Maa” sesine ait korelasyon analizi

**Korelasyonlar**

|                     |         |                      | ma 2 ortalama<br>recai | ma 2 min Recai  | ma 2 max Recai |
|---------------------|---------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| Spearman'nın rho'su | Ma Mean | Korelasyon Katsayısı | <b>,410(*)</b>         |                 |                |
|                     |         | Sig. (2-tailed)      | <b>0,047</b>           |                 |                |
|                     |         | N                    | <b>24</b>              |                 |                |
|                     | Ma Min  | Korelasyon Katsayısı |                        | <b>,565(**)</b> |                |
|                     |         | Sig. (2-tailed)      |                        | <b>0,004</b>    |                |
|                     |         | N                    |                        | <b>24</b>       |                |
|                     | Ma Max  | Korelasyon Katsayısı |                        |                 | <b>0,400</b>   |
|                     |         | Sig. (2-tailed)      |                        |                 | <b>0,053</b>   |
|                     |         | N                    |                        |                 | <b>24</b>      |

\*\* . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

\* . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

Hastalardan alınan “Mu Mu Mu” sesi incelendiğinde elde edilen neticeler çizelge 4.1.4 te gösterilmiştir. Bu sese ait ortalama değerler analiz edildiğinde, elde edilen sonucun %5’lik yanılma düzeyinde %49,5’lik bir korelasyon ilişkisi içerisinde olduğu görülmektedir. Minimum değerine ait sonuçlara bakıldığında %1’lik yanılma düzeyinde %55,6’lık bir korelasyon ilişkisi görülmektedir,  $H_A$  koşulu kabul görmektedir. Maksimum değerine ait olan sonuçları incelediğimizde ise istenilen yanılma düzeyinin dışında kaldığını ve hipotezin kabul edilerek değişkenler arasında bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1.4 – “Mu Mu Mu” sesine ait korelasyon analizi  
Korelasyonlar

|                        |                |                         | mu 2 ortalama<br>recai | mu 2 min<br>Recai | mu 2 max<br>recai |
|------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| Spearman'nın<br>rho'su | Mu<br>ortalama | Korelasyon<br>Katsayısı | <b>,495(*)</b>         |                   |                   |
|                        |                | Sig. (2-tailed)         | <b>0,014</b>           |                   |                   |
|                        |                | N                       | <b>24</b>              |                   |                   |
|                        | Mu Min         | Korelasyon<br>Katsayısı |                        | <b>,556(**)</b>   |                   |
|                        |                | Sig. (2-tailed)         |                        | <b>0,005</b>      |                   |
|                        |                | N                       |                        | <b>24</b>         |                   |
|                        | Mu Max         | Korelasyon<br>Katsayısı |                        |                   | <b>0,211</b>      |
|                        |                | Sig. (2-tailed)         |                        |                   | <b>0,322</b>      |
|                        |                | N                       |                        |                   | <b>24</b>         |

\*\* . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

\* . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

“Na Na Na” sesine ait yapılan analizler neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1.5’te gösterilmiştir. Elde edilen neticeler doğrultusunda ortalama değere ilişkin %1’lik yanılma düzeyinde %55,0’lik bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır.

Minimum değerinden elde edilen sonuçlarda ise %1’lik yanılma düzeyinde %51,8’lik korelasyon ilişkisi bulunmuş  $H_0$  hipotezi ret edilmiş, değişkenler arasında ilişki olduğu gözlenmiştir. Maksimum değerini analizi sonucunda ise elde edilen değerlerin yanılma düzeylerinin üzerinde olduğu görülmüş ve  $H_0$  hipotezi kabul edilerek değişkenler arasında ilişki olmadığı belirlenmiştir.



Çizelge 4.1.5 – “Na Na Na” sesine ait korelasyon analizi

**Korelasyonlar**

|                        |                |                      | na 2 ortalama<br>Recai | na 2 min<br>recai | na 2 max<br>Recai |
|------------------------|----------------|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| Spearman'nın<br>rho'su | Na<br>ortalama | Korelasyon Katsayısı | <b>,550(**)</b>        |                   |                   |
|                        |                | Sig. (2-tailed)      | <b>0,005</b>           |                   |                   |
|                        |                | N                    | <b>24</b>              |                   |                   |
|                        | Na Min         | Korelasyon Katsayısı |                        | <b>,518(**)</b>   |                   |
|                        |                | Sig. (2-tailed)      |                        | <b>0,009</b>      |                   |
|                        |                | N                    |                        | <b>24</b>         |                   |
|                        | Na Max         | Korelasyon Katsayısı |                        |                   | <b>0,268</b>      |
|                        |                | Sig. (2-tailed)      |                        |                   | <b>0,205</b>      |
|                        |                | N                    |                        |                   | <b>24</b>         |

\*\* . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

\* . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

“Nu Nu Nu” sesinde yapılan değerlendirmeler neticesinde elde edilen SPSS sonuçları Çizelge 4.1.6’da gösterilmektedir. Bu çizelge incelendiğinde ortalama değer için %1’lik yanılma düzeyinin içerisinde ve %82’lik bir korelasyon ilişkisine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçta bize  $H_0$  hipotezinin ret edildiğini, değişkenler arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Minimum değerden elde edilen sonuçlarında %1’lik yanılma düzeyinde %75’lik bir korelasyon ilişkisine sahip olduğu görülmektedir. Maksimum değerlerin ise yanılma düzeyinin dışında kaldığı ve  $H_0$  hipotezinin kabul edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.1.6 – “Nu Nu Nu” sesine ait korelasyon analizi

**Korelasyonlar**

|                     |             |                      | nu 2 ortalama<br>recai | nu 2 min<br>recai | nu 2 max<br>recai |
|---------------------|-------------|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| Spearman'nın rho'su | Nu ortalama | Korelasyon Katsayısı | <b>,820(**)</b>        |                   |                   |
|                     |             | Sig. (2-tailed)      | <b>0,000</b>           |                   |                   |
|                     |             | N                    | <b>24</b>              |                   |                   |
|                     | Nu Min      | Korelasyon Katsayısı |                        | <b>,750(**)</b>   |                   |
|                     |             | Sig. (2-tailed)      |                        | <b>0,000</b>      |                   |
|                     |             | N                    |                        | <b>24</b>         |                   |
|                     | Nu Max      | Korelasyon Katsayısı |                        |                   | <b>0,137</b>      |
|                     |             | Sig. (2-tailed)      |                        |                   | <b>0,524</b>      |
|                     |             | N                    |                        |                   | <b>24</b>         |

\*\* . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

\* . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed)

## 4.2 Sistemde Gözlemlenen Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Cihaz tasarlanma aşamasında kullanılan entegreler birbirinden bağımsız olarak test edildiklerinde oldukça iyi neticeler vermesine rağmen sistem birleştirilip tek bir kutu içerisinde toplandığında bir takım aksaklıklar gözlenmiştir.

İlk olarak; ses kaydı alınırken orijinal ses sinyalinde bulunmayan parazit ve gürültülerin kaydın üzerine bindiği görülmüş ve ses kalitesini bozabileceği düşünülmektedir. Bu düşüncenin sebebi; her katın kendi ekranlama kutusu içerisine konması gerektiği fikridir. Buna ek olarak besleme katlarının her birinin bağımsız olarak yerleştirilmesi gerektiği fikri değerlendirilmeli ve denenmelidir. Fakat bu durumda ortak şase problemleri çıkabilir, bu sorunların ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Devre içerisinde kalibrasyon yapmak amacı ile tasarlanan mikro denetleyicili sistem ve buna bağlı olan kristal ciddi bir gürültü kaynağıdır. Gerekli ekranlama yapıp üzerindeki elektronik kirleticiler toprak hattına bağlanmalıdır.

Bu nedenle yapılan çalışmada kalibrasyon butonlarının cihaz kutusu üzerindeki fonksiyonları iptal edilmiş, mikro denetleyici ve kristal devre kart üzerinden sökülmüş ve kalibrasyon hoparlörünün içerisine entegre edilerek çalıştırılmıştır. Böylece sistem olumsuz etkileyen gürültüden kurtulmuştur.

LM1036 entegresi stereo özelliklerini tek bir kılıf içerisinde toplamıştır. Dolayısı ile bu iki devrenin entegre içerisinde ortak kullandıkları bir takım devreler, birbirinden bağımsız çalışması gereken bu iki devrenin üzerlerine istenmeyen bir takım etkiler yaratabilir. Bunun giderilmesi için her iki kanalın mono entegreler ile sürülmesi düşünülmelidir. Böylece iki kanalın birbirini etkileme oranı minimize edileceği düşünülebilir.

#### **4.2.1 Matlab GUI de karşılaşılan sorunlar ve yazılımda yapılan düzeltmeler**

Matlab ile hazırlanan yazılımın ilk denemesinde hastadan alınan kayıtların analizi esnasında beklenmeyen ses verilerinin kayıt sinyallerinin üzerine bindiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde bu gürültü sinyallerinin yazılımdan elde edilen neticelere olumsuz etkisi olduğu görülerek yazılımın geliştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Şekil 4.2.1a da yazılımın ilk halinden alınan gürültülü ses analiz ekranı, Şekil 4.2.1b de ise yazılımın geliştirildikten sonra elde edilen analiz ekranının görüntüsü bulunmaktadır.

Ayrıca yazılıma daha sonradan eklentiler de yapılmıştır. Bunlar nazalans parametrelerinin analiz ekranının sağ alt köşesinde gösterilmesi ve kalibrasyon butonunun eklenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Böylece kullanıcı kaydını yapmış olduğu seslerin değerlendirmesini aynı ekranda görüntüleyebilmekte, cihaz kalibrasyonunun doğru olup olmadığını yine aynı ekrandan öğrenebilmektedir.

#### **4.3 Çalışma Önerileri**

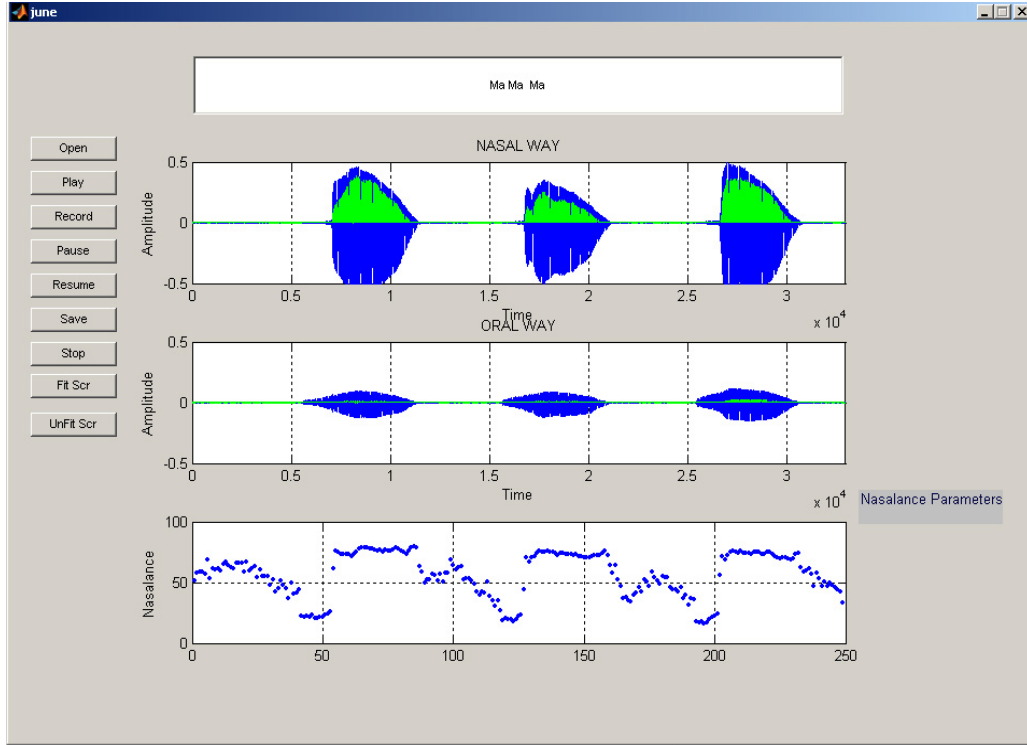
Tasarlanıp üretilen nazometre cihazının ve yazılımının gelecekte devam edecek bir takım çalışmalara temel oluşturması hedeflenmektedir.

Bu çalışmalardan birisi Türkçemiz de yer alan ses, hece, kelime ve cümlelerin nazal, oral, oronazal, non nazal cümleler gibi daha detaylı ve kesin bir şekilde belirlenerek, anatomik ve morfolojik olarak bir rahatsızlığı bulunmayan kişilerce okutulup kaydedilmesi ve bu esasla dilimize ait bir nazalans skor değerlendirilmesi yapılması hedeflenmektedir. Böylece hekimlerimiz ve ses terapistlerimizin hastalarına tanı koymasına yardımcı olmak istenmektedir.

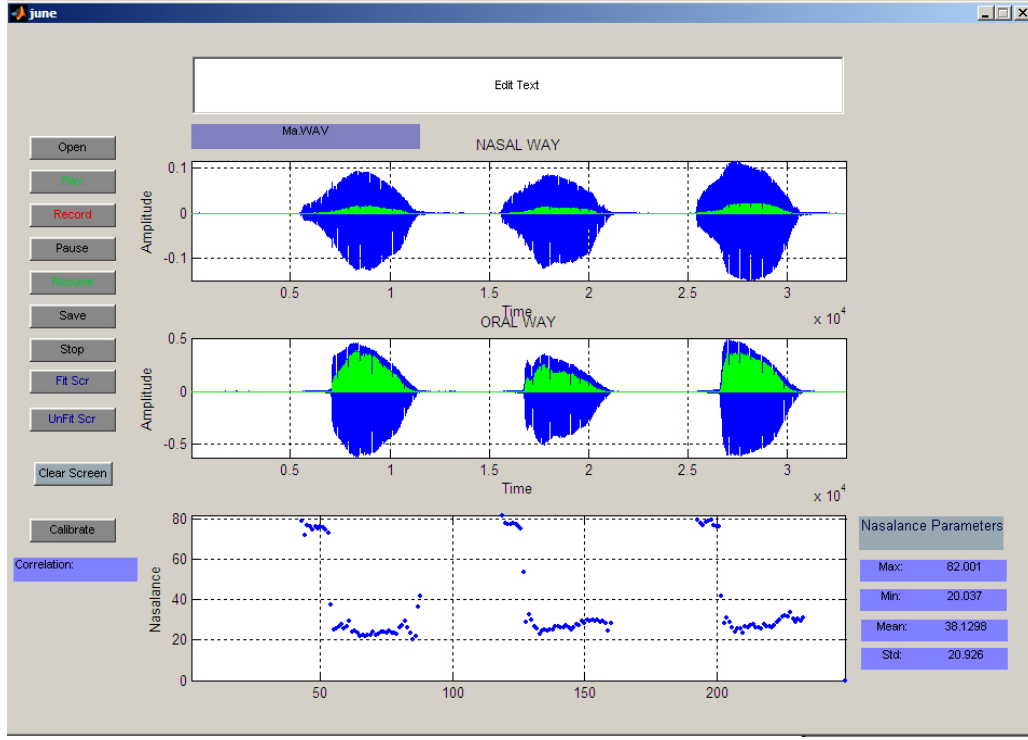
Bundan sonraki adım olarak Neural Networks algoritmaları kullanılarak cihazla ölçümü yapılan ses kayıtlarının yazılım aracılığı ile sınıflandırılmasının yapılması hedeflenmektedir. Böylece hekim hastaya testi uyguladıktan sonra otomatik olarak

hastanın rahatsızlığı ile ilgili bilgiye sahip olabilmesi, neticeleri daha doğru bir şekilde yorumlayabilmesi, hastaya daha kesin tanı koyabileceği düşünülmektedir.

İmal edilen bu nazometre cihazı ve kodlanan yazılımı birden fazla hasta grubuna hitap etmekte ve rehabilitasyon çalışmalarında kullanılabilir.



(a)



(b)

**Şekil 4.2.1** Matlab GUI yazılımı (a) Gürültülü ses analiz ekranı, (b) Yazılım geliştirildikten sonra elde edilen analiz ekran görüntüsü

## KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] House, A. S., and Stevens, K. N., "Analog studies of the nasalization of vowels", *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 21, 218-232, 1956.
- [2] Wooldridge, W.B., "Is there nasal resonance?" *The NATS Bulletin*, 13, 28-29, 1956.
- [3] Vennard, W., "An experiment to evaluate the importance of nasal resonance in singing", *Folia Phoniatica*, 16, 146-153, 1964.
- [4] Lubker, J.F. & Moll, K.L., "Simultaneous oral-nasal air flow measurements and cinefluorographic observations during speech production", *Cleft Palate Journal*, 2, 257- 272, 1965.
- [5] Fletcher, S.G., & Bishop M.E., "Measurement of nasality with TONAR", *Cleft Palate Journal*, 7, 610-621, 1974.
- [6] Fletcher S.G. and Frost, S.D. "Quantitative and graphic analysis of prosthetic treatment for "nasalance" in speech", *J. Prosthet. Dent.* 32, No. 3, pp. 284-291, 1974.
- [7] Baken, R. "Clinical Measurement of Speech and Voice", Little, Brown & Co. - College Hill Pres, 1987
- [8] McLean, C.C., et al. An instrument for the non-invasive objective measurement of velar function during speech, *Med. Eng. Phys.* 19, No.1, pp. 7-14, 1999
- [9] Nasometer Manual, Kay Elemetrics, Pine Brook, New Jersey, 1999 edition.
- [10] J. Anthony Seikel, Douglas W. King, David G. Drumright "Anatomy and Physiology for Speech, Language and Hearing", Thomson Delmar Learning 3rd Edition, 2005
- [11] <http://www.yoursurgery.com/procedures/laryngectomy/images/LarynxAnat.jpg>

- [12] <http://www.gbmc.org/bin/z/j/LarynxBacksm.jpg>
- [13] Gonzalez Landa, G., I. Sanchez-Ruiz, et al. (2000). "[Clinical and nasometric study of velopharyngeal function in two-stage palatoplasty]." Acta Otorrinolaringologica Espanola 51(7): 581-6, 2000
- [14] Pinborough-Zimmerman, J., C. Canady, et al. "Articulation and nasality changes resulting from sustained palatal fistula obturation." Cleft Palate-Craniofacial Journal 35(1): 81-7, 1998
- [15] David, L. R., D. Blalock, et al. "Uvular transposition: a new method of cleft palate repair." Plastic & Reconstructive Surgery 104(4): 897-904, 1999
- [16] Bressmann, T., R. Sader, et al. (1999). "[Quantitative diagnosis of hypernasality in cleft lip and palate patients by computerized nasal quality assessment]." Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie 3(Suppl 1): S154-7, 1999
- [17] Lin, K. Y., D. Goldberg, et al. "Long-term outcome analysis of two treatment methods for cleft palate: combined levator retropositioning and pharyngeal flap versus double-opposing Z-plasty." Cleft Palate-Craniofacial Journal 36(1): 73-8, 1999
- [18] Williams, W. N., K. R. Bzoch, et al. "Velopharyngeal function for speech after the Frolova primary palatoplasty technique." Cleft Palate-Craniofacial Journal 35(6): 481-8, 1998
- [19] Hoolsema, E. M. "Cautery-assisted palatal stiffening operation and nasalance of speech." Annals of Otology, Rhinology & Laryngology 108(7 Pt 1): 705-7, 1999
- [20] Watterson, T., K. E. Lewis, et al. "Nasalance and nasality in low pressure and high pressure speech." Cleft Palate-Craniofacial Journal 35(4): 293-8, 1998
- [21] Colyar, T. C. and J. M. Christensen (1980). "Nasalance patterns in esophageal speech." Journal of Communication Disorders 13(1): 43-8, 1980

- [22] Fletcher, S. G. and J. M. Higgins "Performance of children with severe to profound auditory impairment in instrumentally guided reduction of nasal resonance." *Journal of Speech & Hearing Disorders* 45(2): 181-94, 1980
- [23] Stellzig, A., W. Heppt, et al. "[The nasometer. An instrument for the objective study of hyperrhinophonia in cheilognathopalatoschisis patients]." *Fortschritte der Kieferorthopadie* 55(4): 176-80, 1994
- [24] Haapanen, M. L., J. Ignatius, et al. "Velopharyngeal insufficiency following palatine tonsillectomy." *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 251(3): 186-9, 1994
- [25] Dalston, R. M., G. S. Neiman, et al. "Nasometric sensitivity and specificity: a cross-dialect and cross-culture study." *Cleft Palate-Craniofacial Journal* 30(3): 285-91, 1993
- [26] Douglas C. Montgomery , "Introduction to Statistical Quality Control", John Wiley & Sons Inc. 4th Edition, 2001



## EK-1 MATLAB Kodları

```
function varargout = june(varargin)

% JUNE M-file for june.fig

%   JUNE, by itself, creates a new JUNE or raises the existing
%   singleton*.

%
%   H = JUNE returns the handle to a new JUNE or the handle to
%   the existing singleton*.

%
%   JUNE('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in JUNE.M with the given input arguments.

%
%   JUNE('Property','Value',...) creates a new JUNE or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before june_OpeningFunction gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to june_OpeningFcn via varargin.

%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".

% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

% Edit the above text to modify the response to help june
```

```
% Last Modified by GUIDE v2.5 12-Jul-2007 22:35:23
```

```
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
```

```
gui_Singleton = 1;
```

```
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...  
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...  
                  'gui_OpeningFcn', @june_OpeningFcn, ...  
                  'gui_OutputFcn', @june_OutputFcn, ...  
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...  
                  'gui_Callback', []);
```

```
if nargin && ischar(varargin{1})
```

```
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
```

```
end
```

```
if nargout
```

```
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

```
else
```

```
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

```
end
```

```
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

```
% --- Executes just before june is made visible.
```

```
function june_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
```

```
% This function has no output args, see OutputFcn.
```

```
% hObject    handle to figure
```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% varargin command line arguments to june (see VARARGIN)

% Choose default command line output for june
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes june wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = june_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in Open.
function Open_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject handle to Open (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

global a;

global Fs;

global Bits;

global y;

global mylength;

global newpercent;

warning off all

set(handles.calibrationText,'Visible','off');

set(handles.corrValue,'String',' ');

try

    [filename pathname]= uigetfile('*.wav','Lutfen bir *.wav dosyasi seciniz!..');

[y,Fs,Bits]=wavread(filename);

save ('loaded.mat','y','-double');

set(handles.dosyaValue,'Visible','on');

set(handles.dosyaValue,'String',filename);

cla;

axes(handles.axes1);

cla;

axes(handles.axes2);

A=importdata('loaded.mat');

a=audioplayer(A,Fs,Bits);

play(a);

```

```

mylength=size(y);

index=round(linspace(1,mylength(1),250));

for i=1:249
    if(i<249)
%       newpercent(i)=mean(percent(index(i):index(i+1)-1));
        sum=0;
        number_of_element_added=0;
        for j=index(i):index(i+1)-1
            if(percent(j)~=0)
                sum=sum+percent(j);
                number_of_element_added=number_of_element_added+1;
            end
        end
        newpercent(i)=sum/number_of_element_added;
    elseif(i==249)
        newpercent(i)=mean(percent(index(i+1):end));
    end
end

set(handles.maxValue,'String',num2str(mymax));
set(handles.minValue,'String',num2str(mymin));
set(handles.meanValue,'String',num2str(mymean));
set(handles.stdValue,'String',num2str(mystd));

catch

```

```
    display('error');  
end
```

```
% --- Executes on button press in Play.
```

```
function Play_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to Play (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global a;
```

```
play(a);
```

```
% --- Executes on button press in Pause.
```

```
function Pause_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to Pause (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global a;
```

```
pause(a);
```

```
% --- Executes on button press in Stop.
```

```
function Stop_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to Stop (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global a;
```

```
stop(a);
```

```
% --- Executes on button press in Resume.
```

```
function Resume_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to Resume (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global a;
```

```
resume(a);
```

```
% --- Executes on button press in Save.
```

```
function Save_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to Save (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global a;
```

```
global Fs;
```

```
global Bits;
```

```
[filename pathname]= uiputfile('*.wav','Dosyanizi Kaydediniz!..');
```

```
audioarray = getaudiodata(a);
```

```
save('loaded.mat','audioarray','-double');
```

```
A = importdata('loaded.mat');
```

```
wavwrite(A,Fs,Bits,filename);
```

```
% --- Executes on button press in Record.
```

```
function Record_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to Record (see GCBO)
```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

global a;

global Fs;

global Bits;

set(handles.calibrationText,'Visible','off');

Fs=11025;

nBits=16;

channels=1;

a = audiorecorder(Fs,nBits,channels);

record(a);

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit1 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit1 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

```



```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end

% --- Executes on button press in FitScr.
function FitScr_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to FitScr (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
axes(handles.axes1);
axis tight;
axes(handles.axes2);
axis tight;
axes(handles.axes3);
axis tight;

% --- Executes on button press in UnFitScr.
function UnFitScr_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to UnFitScr (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
global y;

```

```
global mylength;
global newpercent;
axes(handles.axes2);
plot(y(:,2));
energyr=(y(:,2)).^2;
hold on;
plot(energyr,'g');
axis ([0 mylength(1) -0.5 0.5]);
grid on
title('NASAL WAY');
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
hold off
```

```
axes(handles.axes1);
plot(y(:,1));
energyl=(y(:,1)).^2;
hold on;
plot(energyl,'g');
axis ([0 mylength(1) -0.5 0.5]);
grid on
title('ORAL WAY');
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
hold off
```

```
%NASLANCE GRAPH
```

```
axes(handles.axes3);
```

```
plot(newpercent, '.');
```

```
axis ([0 250 0 100]);
```

```
grid on
```

```
ylabel('Nasalance');
```

```
function nasalanceParameters_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to nasalanceParameters (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of nasalanceParameters as text
```

```
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of nasalanceParameters  
as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function nasalanceParameters_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to nasalanceParameters (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
% See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
else
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
```

end

% --- Executes on button press in calibrate.

function calibrate\_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to calibrate (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

global a;

global y;

global Fs;

global Bits;

Fs=11025;

nBits=16;

channels=2;

%mic record

a = audiorecorder(Fs,nBits,channels);

recordblocking(a,5);

audioarray = getaudiodata(a);

%size(audioarray) %to check size of audio array

%from file calibration check

%x=corr2(y(:,1),y(:,2));

%correlation for mic inputs

x=corr2(audioarray(:,1),audioarray(:,2));

```

set(handles.corrValue,'String',num2str(x));

if x>0.8
    set(handles.calibrationText,'Visible','on');
    set(handles.calibrationText,'String','Calibration is OK!');
else
    set(handles.calibrationText,'Visible','on');
    set(handles.calibrationText,'String','Repeat Calibration!');
end

```

```

% --- Executes on button press in clear.

function clear_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to clear (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

cla;

axes(handles.axes1);

cla;

axes(handles.axes2);

cla;

axes(handles.axes3);

set(handles.maxValue,'String','');
set(handles.minValue,'String','');

```

```
set(handles.meanValue,'String','');
```

```
set(handles.stdValue,'String','');
```

```
set(handles.calibrationText,'Visible','off');
```

```
set(handles.corrValue,'String','');
```

```
set(handles.dosyaValue,'Visible','off');
```

```
set(handles.dosyaValue,'String','');
```

