

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNSAN BİYOGERİBESLEME SİSTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Kazım BESLER**

**Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği**

**Programı: Biyomedikal Mühendisliği**

**HAZİRAN 2010**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNSAN BİYOGERİBESLEME SİSTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Kazım BESLER**  
**(504891057)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 08 Haziran 2010**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet KORÜREK (İTÜ)**  
**Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Sadık KARA (FÜ)**  
**Prof. Dr. Zümray Dokur ÖLMEZ (İTÜ)**

**HAZİRAN 2010**

## ÖNSÖZ

“İnsan Biyogeribesleme Sistemi” isimli yüksek lisans tez çalışmamı tamamladım.

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde destek ve yardımlarını eksik etmeyen hocalarıma, arkadaşlarıma ve eşim Hülya BESLER’e teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında bana her konuda yardımcı olan, danışman hocam Prof. Dr. Mehmet KORÜREK’e teşekkürlerimi sunarım.

Uzun yıllar sonra yüksek lisans tezimi vermem için beni ikna eden kızım İdil BESLER’in gözlerinden öperim.

Mayıs 2010

Kazım BESLER

(Elektronik ve Haberleşme Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                                  | iii  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                           | v    |
| KISALTMALAR .....                                                           | vii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                        | ix   |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                          | xi   |
| ÖZET.....                                                                   | xiii |
| SUMMARY .....                                                               | xv   |
| 1.GİRİŞ .....                                                               | 1    |
| 1.1 Tezin Amacı .....                                                       | 1    |
| 1.2 Literatür Özeti .....                                                   | 1    |
| 2.BİYOGERİBESLEME .....                                                     | 5    |
| 2.1 Biyogeribesleme Nedir? .....                                            | 5    |
| 2.2.Biyogeribeslemenin Çalışma Prensibi .....                               | 5    |
| 2.3 Biyogeribeslemede Negatif ve Pozitif Geribesleme .....                  | 8    |
| 2.4 Biyogeribeslemenin Avantajları.....                                     | 10   |
| 2.5 Biyogeribeslemenin Dezavantajları .....                                 | 11   |
| 2.6 Biyogeribeslemenin Uygulama Alanları.....                               | 11   |
| 2.7 Stres ve Biyogeribesleme Uygulamaları .....                             | 12   |
| 2.8 Öğrenme Modunda Biyogeribesleme.....                                    | 13   |
| 2.9 Biyogeribeslemenin Amacı .....                                          | 15   |
| 2.10 Biyogeribesleme Çeşitleri .....                                        | 15   |
| 2.11 Temel Bazı Biyogeribesleme Çeşitlerinin İncelenmesi .....              | 16   |
| 2.11.1 Elektromiyografik (EMG) biyogeribesleme .....                        | 16   |
| 2.11.2 Elektroensefalografik (EEG) biyogeribesleme .....                    | 17   |
| 2.11.3 Galvanik deri yanıtı (GSR) biyogeribesleme.....                      | 17   |
| 3. GALVANİK DERİ YANITI (GSR) .....                                         | 19   |
| 3.1 Galvanik Deri Yanıtı Nedir? .....                                       | 19   |
| 3.2 Deri ve Ter Bezlerinin Rezistif Özellikleri .....                       | 20   |
| 3.3 GSR Çalışmalarının Geçmişi .....                                        | 22   |
| 3.4 Biyogeribesleme Uygulamalarında GSR .....                               | 23   |
| 3.5 Deri Direncinin Belirttiği Biyolojik Vücut Bileşenleri Nelerdir?.....   | 25   |
| 4. İNSAN BİYOGERİBESLEME SİSTEMİ.....                                       | 27   |
| 4.1 Amaç .....                                                              | 27   |
| 4.2 Sistemde Kullanılan Yapıların İncelenmesi.....                          | 28   |
| 4.2.1 Elektrotlar.....                                                      | 28   |
| 4.2.1.1 Elektrodun elektriksel devre modeli ve elektriksel özellikleri..... | 30   |
| 4.2.2 Analog sayısal çeviriciler (ADC).....                                 | 30   |
| 4.2.2.1 ADC0831 seri analog çeviricinin özellikleri .....                   | 30   |
| 4.2.2.2 ADC0831'in çalışma ilkesi.....                                      | 31   |
| 4.2.3 CD4066'nın yapısı .....                                               | 32   |
| 4.2.4 Paralel portun yapısı.....                                            | 33   |
| 4.3 İnsan Biyogeribesleme Sistemi İçin Gerçeklenen Cihaz .....              | 36   |

|                                                      | <b><u>Sayfa</u></b> |
|------------------------------------------------------|---------------------|
| 4.3.1 Sistemde kullanılan malzemeler .....           | 37                  |
| 4.3.2 Devrenin çalışması.....                        | 39                  |
| 4.3.3 Yazılım ve devre elemanlarının yerleşimi ..... | 42                  |
| 4.3.4 Sistemin kullanımı .....                       | 43                  |
| <b>5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....</b>                  | <b>49</b>           |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                               | <b>51</b>           |
| <b>EKLER.....</b>                                    | <b>55</b>           |

## KISALTMALAR

|               |                                              |
|---------------|----------------------------------------------|
| <b>AD</b>     | :Analog Sayısal                              |
| <b>ADC</b>    | :Analog Sayısal Dönüştürücü                  |
| <b>Ag</b>     | :Gümüş                                       |
| <b>AgCl</b>   | :Gümüş Klorür                                |
| <b>BFN</b>    | :Biyolojik Fonksiyon                         |
| <b>CD</b>     | :Compact Disc                                |
| <b>CLK</b>    | :Clock                                       |
| <b>CS</b>     | :Chip Select                                 |
| <b>DO</b>     | :Data Out                                    |
| <b>EDA</b>    | :Elektrodermal Aktivite                      |
| <b>EDR</b>    | :Elektrodermal Refleks                       |
| <b>EEG</b>    | :Elektroensefalografi                        |
| <b>EKG</b>    | :Elektrokardiyografi                         |
| <b>EMG</b>    | :Elektromiyografi                            |
| <b>FC</b>     | :Geibesleme Kontrol Birimi                   |
| <b>GSR</b>    | :Galvanik Skin Response                      |
| <b>HRV</b>    | :Heart Rate Variability                      |
| <b>Hz</b>     | :Hertz                                       |
| <b>IC</b>     | :İntegrated Circuit                          |
| <b>ICS</b>    | :İç Kontrol İşareti                          |
| <b>IFB</b>    | :İnternal Feedback                           |
| <b>İBS</b>    | :İrritabl Bağırsak Sendromu                  |
| <b>KHz</b>    | :Kilo Hertz                                  |
| <b>Kohm</b>   | :Kilo ohm                                    |
| <b>LPT</b>    | :Line Print Terminal                         |
| <b>LS</b>     | :Öğrenme Sistemi                             |
| <b>µA</b>     | :Mikro Amper                                 |
| <b>µC</b>     | :Mikro İşlemci                               |
| <b>µF</b>     | :Mikro Farad                                 |
| <b>Mohm</b>   | :Mega ohm                                    |
| <b>MSS</b>    | :Merkezi Sinir Sistemi                       |
| <b>mV</b>     | :Mili Volt                                   |
| <b>NaCl</b>   | :Sodyum Klorür                               |
| <b>OFB</b>    | :Dış Geribesleme Yolu                        |
| <b>PC</b>     | :Personal Computer                           |
| <b>PCMCIA</b> | :Personal Computer Memory Card International |
| <b>PGR</b>    | :Psiko-galvanik Refleks                      |
| <b>RAS</b>    | :Reticular Activity System                   |
| <b>SC</b>     | :Deri İletkenliği                            |
| <b>SCL</b>    | Skin Conductance Level                       |
| <b>SCR</b>    | :Deri İletkenlik Yanıtı                      |
| <b>SP</b>     | :Cilt Gerilim Aktivitesi                     |
| <b>SR</b>     | :Deri Direnci                                |

|            |                           |
|------------|---------------------------|
| <b>SRL</b> | :Skin Rezistance Level    |
| <b>SRR</b> | :Skin Rezistance Responce |
| <b>SSR</b> | :Sympahetic Skin Response |
| <b>V</b>   | :Volt                     |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1 : Sistemin Laplace dönüşümleri .....                               | 14 |
| Çizelge 4.1 : 25 pinli Centronics konnektörün pin numaraları ve pinlerin ..... | 34 |
| fonksiyonları                                                                  |    |
| Çizelge 4.2 : Pinlerin yer aldıkları adresler .....                            | 35 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : Biyogeribeslemenin genel kontrol işlemi olarak gösterim.....                                                                                           | 6  |
| Şekil 2.2 : Biyogeribeslemenin temelini oluşturan sinir sistemi bileşenleri.....                                                                                   | 6  |
| Şekil 2.3 : Doğrudan tedavi .....                                                                                                                                  | 7  |
| Şekil 2.4 : Dolaylı tedavi .....                                                                                                                                   | 7  |
| Şekil 2.5 : Biyogeribeslemenin çalışma prensibi.....                                                                                                               | 8  |
| Şekil 2.6 : Sistemi istenen bir hedef konumuna getirmek amacıyla bir hata.....<br>işaretinin üretildiği ve girişe eklendiği biyogeribesleme<br>kontrol mekanizması | 8  |
| Şekil 2.7 : Sistem çıkışında negatif geribesleme etkisi.....                                                                                                       | 9  |
| Şekil 2.8 : Sistem çıkışında doğrudan pozitif geribeslemenin etkisi .....                                                                                          | 9  |
| Şekil 2.9 : Davranışın istatistiksel dağılımı .....                                                                                                                | 9  |
| Şekil 2.10 : Temel geribesleme sistemi, negatif geribesleme, homeostatik .....                                                                                     | 10 |
| mekanizma                                                                                                                                                          |    |
| Şekil 2.11 : Öğrenme modunda biyogeribesleme.....                                                                                                                  | 13 |
| Şekil 3.1 : Derinin yapısı .....                                                                                                                                   | 20 |
| Şekil 3.2 : Deri ve ter bezi içinden geçen rezistif yolların şematik gösterimi .....                                                                               | 21 |
| Şekil 4.1 : İnsan biyogeribesleme sisteminin blok diyagramı .....                                                                                                  | 27 |
| Şekil 4.2 : Biyolojik işaretlerin algılanması .....                                                                                                                | 28 |
| Şekil 4.3 : Elektrodun eş değer devre modeli .....                                                                                                                 | 30 |
| Şekil 4.4 : ADC0831 'in bacak bağlantıları ve zamanlama diyagramı .....                                                                                            | 30 |
| Şekil 4.5 : ADC0831 'in 8031µC işlemcisi ile olan bağlantısı .....                                                                                                 | 31 |
| Şekil 4.6 : ADC0831 'de çevrilen bilgilerin okunmasına örnek akış diyagramı.....                                                                                   | 32 |
| Şekil 4.7 : CD4066 'nın bacak bağlantıları .....                                                                                                                   | 33 |
| Şekil 4.8 : CD4066'nın iç anahtarlama yapısı .....                                                                                                                 | 33 |
| Şekil 4.9 : Paralel portun status,data ve kontrol pinleri.....                                                                                                     | 35 |
| Şekil 4.10 : Bükülebilir yüzey elektrot yapımı .....                                                                                                               | 38 |
| Şekil 4.11 : Deri iletkenlik ölçümü için elektrotların parmak uçlarına yerleşim.....<br>noktaları                                                                  | 39 |
| Şekil 4.12 : Sistemde kullanılan cihazın devre şeması .....                                                                                                        | 40 |
| Şekil 4.13 : Cihazın devre elemanlarının yerleşimi ve baskı devresi .....                                                                                          | 43 |
| Şekil 4.14 : Sistemin açılış ekranı .....                                                                                                                          | 44 |
| Şekil 4.15 : Sistemin ölçüm ekranı .....                                                                                                                           | 45 |
| Şekil 4.16 : Oturumun zamana bağlı grafiği.....                                                                                                                    | 46 |
| Şekil 4.17 : Oturumun örnek sayısına bağlı grafiği.....                                                                                                            | 46 |
| Şekil 4.18 : Analiz ekranı .....                                                                                                                                   | 47 |
| Şekil 4.19 : Sürekli ölçüm ekranı .....                                                                                                                            | 48 |
| Şekil B.1: Erkek, 1 yaşında uyurken yapılan ölçüm .....                                                                                                            | 61 |
| Şekil B.2 : Erkek, 10 yaşında uyurken yapılan ölçüm.....                                                                                                           | 61 |
| Şekil B.3 : Erkek, 10 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm.....                                                                                            | 62 |
| Şekil B.4: Erkek, 10 yaşında bilgisayar oyunu oynarken yapılan ölçüm .....                                                                                         | 62 |
| Şekil B.5 : Erkek, 10 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm.....                                                                                              | 63 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil B.6 :</b> Erkek, 10 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm.....                         | 63 |
| <b>Şekil B.7 :</b> Erkek, 10 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin ilk bölümünü dinlerken<br>yapılan ölçüm.....   | 64 |
| <b>Şekil B.8 :</b> Erkek, 10 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin son bölümünü dinlerken<br>yapılan ölçüm.....   | 64 |
| <b>Şekil B.9 :</b> Kadın, 39 yaşında uyurken yapılan ölçüm .....                                              | 65 |
| <b>Şekil B.10 :</b> Kadın, 39 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm .....                              | 65 |
| <b>Şekil B.11 :</b> Kadın, 39 rock müzik dinlerken yapılan ölçüm.....                                         | 66 |
| <b>Şekil B.12:</b> Kadın, 39 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm.....                         | 66 |
| <b>Şekil B.13:</b> Kadın, 39 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin ilk bölümünde yapılan<br>ölçüm.....            | 67 |
| <b>Şekil B.14:</b> Kadın, 39 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin son bölümünde yapılan<br>ölçüm.....            | 67 |
| <b>Şekil B.15 :</b> Kız, 15 yaşında uyurken yapılan ölçüm .....                                               | 68 |
| <b>Şekil B.16 :</b> Kız, 15 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm .....                                | 68 |
| <b>Şekil B.17 :</b> Kız, 15 yaşında bilgisayar oyunu oynarken yapılan ölçüm.....                              | 69 |
| <b>Şekil B.18 :</b> Kız, 15 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm .....                                  | 69 |
| <b>Şekil B.19 :</b> Kız, 15 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm.....                          | 70 |
| <b>Şekil B.20 :</b> Kız, 15 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisini dinlerken yapılan ölçüm .....                    | 70 |
| <b>Şekil B.21:</b> Erkek, 33 yaşında uyurken yapılan ölçüm.....                                               | 71 |
| <b>Şekil B.22 :</b> Erkek, 33 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm.....                               | 71 |
| <b>Şekil B.23 :</b> Erkek, 33 yaşında akşam uyanıkken yapılan ölçüm.....                                      | 72 |
| <b>Şekil B.24 :</b> Erkek, 33 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm.....                                 | 72 |
| <b>Şekil B.25 :</b> Erkek, 33 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm.....                        | 73 |
| <b>Şekil B.26 :</b> Erkek, 33 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisini dinlerken yapılan ölçüm ..                     | 73 |
| <b>Şekil B.27 :</b> Kadın, 57 yaşında uyurken yapılan ölçüm .....                                             | 74 |
| <b>Şekil B.28 :</b> Kadın, 57 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm .....                              | 74 |
| <b>Şekil B.29 :</b> Kadın, 57 yaşında akşam uyanıkken yapılan ölçüm.....                                      | 75 |
| <b>Şekil B.30 :</b> Kadın, 57 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm .....                                | 75 |
| <b>Şekil B.31 :</b> Kadın, 57 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm.....                        | 76 |
| <b>Şekil B.32 :</b> Kadın, 57 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin ilk bölümünü dinlerken<br>yapılan ölçüm.....  | 76 |
| <b>Şekil B.33 :</b> Kadın, 57 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin son bölümünü dinlerken<br>yapılan ölçüm ..... | 77 |

## İNSAN BİYGERİBESLEME SİSTEMİ

### ÖZET

Biyogeribesleme eğitiminin temel fikri, bireylere vücutlarında ve beyinlerinde oluşan bilgiyi aktarmaktır. Biyogeribesleme kişinin zihnini kullanarak bedensel işlevlerini kontrol etmeyi öğrenmesi sonucu oluşan tamamlayıcı ve alternatif bir tıp tekniğidir. Biyogeribeslemede vücutla irtibatlandırılan sensörler yardımıyla beyin dalgaları, cilt sıcaklığı, galvanik deri yanıtı ve kas gerginliği gibi vücudun fizyolojik durumu tespit edilir. Bu çalışmada biyogeribesleme yönteminin bir bilgisayar ile görüntülenmesi yoluyla kişinin stres düzeyinin azaltılması amaçlanmıştır.

Galvanik deri yanıtı (Galvanic Skin Response-GSR) biyogeribeslemede kullanılan önemli bir parametredir. Galvanik deri yanıtı, parmaklar üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile ter bezleri aktivitesinin ölçülmesidir.

Bu çalışmada yapılan cihaz ile kişinin galvanik deri yanıtındaki değişiklikler ölçülerek stres seviyesi belirlenmiş ve bir bilgisayar yardımıyla görüntülenerek kişinin stres seviyesi tespit edilmiş ve görüntüleme yoluyla kişiye bu bilgi bildirilmiştir. Stres düzeyinin azaltılma çalışmaları sırasında kişinin kendi kendine öğrenme gelişimi sağlanmıştır. Böylece kişiye, düşünce ve duygu yapısını kontrol edebilme kapısı aralanmıştır. Bunun sonucunda kişinin duygu ve düşüncelerini kontrol etmesi sağlanarak stres seviyesini düşürmesi ve kontrol etmesi başarılmıştır. Kullanılan cihaz basit fakat kullanışlıdır. Çalışmada bağlantı için bilgisayarın paralel portu kullanılmıştır.

Çalışmanın başlangıç bölümünde tezin amacına yönelik bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde biyogeribeslemenin ne olduğu, hangi amaçlarla kullanıldığı, uygulama alanları, amacı, biyogeribeslemenin öğrenmeyle ilişkisi, avantajları, dezavantajları ve çeşitlerine yönelik bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde galvanik deri yanıtının ne anlama geldiği, deri ve ter bezlerinin çalışma yapısı incelenerek galvanik deri yanıtı ile ilgili geçmişte yapılan çalışmalara kısaca değinilmiş ve biyogeribesleme çalışmalarında galvanik deri yanıtının kullanımı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde gerçekleştirilen ve ölçüm için kullanılan sistemdeki yapılar kısaca incelenmiştir. Elektrotların eşdeğer devresi incelenmiş, analog sayısal dönüştürücülerin genel yapısı hakkında bilgi verildikten sonra sistemde kullanılan ADC0831 ve CD4066 entegreleri hakkında bilgi verilmiştir. Cihazla bilgisayarın veri alış verişini sağlayan paralel port yapısı incelenmiştir. Bu bölümde sistemin kullanımı ile ilgili bilgiler verildi.

Sonuçlar bölümünde, çalışmayla ilgili sonuçlar belirtilmiştir. Farklı yaş ve cinsiyetteki kişilerden farklı zamanlarda ve farklı durumlarda alınan yanıtlar değerlendirilmiştir. Kişilerin bir kısmına rock müzik, sevdiği bir şarkı ve Mozart'a ait bir eser dinletilerek elde edilen farklı sonuçlar değerlendirilmiştir.

Ekler bölümünde sisteme ait yazılımın algoritması verilmiş ve farklı kişilerden farklı durumlarda alınan ölçüm sonuçlarına ait grafikler gösterilmiştir. Visual Basic dilinde yazılmış olan program bir CD ile tezin arka kapağına eklenmiştir.

## **HUMAN BIOFEEDBACK SYSTEM**

### **SUMMARY**

The main idea behind biofeedback education is to inform individuals about the information that is generated by their bodies and brains. Biofeedback is an alternative, supplemental medical technique in which an individual learns how to control his or her bodily functions by using his mind. In biofeedback, physiological properties of a body such as brain waves, skin temperature, galvanic skin response and muscle tension is measured by sensors that are placed on a body. In this study to the main objective is to reduce the stress level of the person by monitoring the biofeedback procedure on a PC.

Galvanic skin response, an important parameter of sweat glands activity by electrodes that are placed on fingers.

In this study, a measurement device is constructed and related stress levels of several individuals are determined. The obtained results are monitored with a PC and communicated back with the individuals participated in this study. Through the stress reducing studies it was managed to make the person (experimental subject) to learn how to reduce the stress level by himself. By doing this, each individual is given an opportunity to be able to control his/her mind and emotions. As a result, the participants are helped to control their emotions and thinking and to lower their stress levels. The device used is simple but useful. For the connection parallel port of the computer has been used.

In introduction, objectives of this study are given.

In Chapter 2, the definition, use, applications and purpose of biofeedback are given along with its relationship with learning, its types, advantages and disadvantages.

Chapter 3 gives the definitions of galvanic skin response. It also discusses how skin and sweat glands operate and gives a brief overview of past studies. The use of galvanic skin response in biofeedback studies is also given.

In Chapter 4 structure and components of the developed measurement system are examined. Equivalent circuit of the electrode is also examined and general structure of the analog digital converters are given as well as information on ADC0831 and CD4066 integrated circuits used in this study. Structure of a parallel port that provides communication between the measurement system and a computer is also discussed. In this chapter general information on the use of the system is given.

The results of this study are given in the results section.

In appendix, the system's code algorithm is given along with figures that show the obtained results for different individuals who were subjected to the test in different conditions. A CD that includes the code written in Visual Basic is enclosed at the end of this thesis.





## **1.GİRİŞ**

Biyogeribesleme, bilinçaltı sınırları içinde bastırılan, mevcut duygusal yüklerin tespit edilebildiği, görüntülenebildiği ve kaydedilebildiği bir yöntemdir. Bu yöntemi kişi kendi kendine kolayca uygulayabilir. Psikoterapi ve kişisel gelişme çalışmalarında biyogeribeslemenin izlenmesinin kullanımı için daha fazla kapsama alanı vardır. Bir biyogeribesleme yapısında elektrotlarla yapılan galvanik deri yanıt ölçümü ile psikoterapi ve kişisel gelişim prosedürleri uygulanabilir. Galvanik deri yanıt genellikle psikofizyolojik değişimleri ifade eden elektriksel aktiviteyi açıklamak için kullanılan bir terimdir. Elektrodermal yanıt, psikofizyoloji topluluğunun sempatik sinir sistemindeki tepkiler sonucu epidermis tabakasında gerçekleşen değişimleri açıklamak için kullandığı daha geniş anlamlı bir terimdir.

### **1.1 Tezin Amacı**

Yapılan bu tez çalışmasında kişiye ait galvanik deri yanıt tepit edilerek elde edilen değerlerin bir monitör üzerinde oluşturulan skalada stres seviyesinin gösterilmesiyle bir biyogeribesleme oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca kişiye öğrenme yoluyla duygu ve düşüncelerini kontrol ederek fizyolojik değerlerini değiştirmeye yönelik bir öğrenme süreci oluşturulmak istenmiştir. Gerçeklenen cihazın ve sistemin özellikle düşük maliyetli olması ve herkes tarafından kolayca kullanılabilir olması amaçlanmıştır.

### **1.2 Literatür Özeti**

Literatürde biyogeribeslemenin nasıl çalıştığını açıklamaya yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Biyogeribeslemenin nasıl çalıştığı anlaşıldığı zaman bunun güçlü bir kendi kendini tedavi aracı olduğu da anlaşılır. Biyogeribesleme kişinin vücudu ile nasıl iletişim kuracağını öğretir. Bu kişinin kişisel farkındalık ve refahı için kendine olan güvenini arttıran bir araçtır. Bu kişiye vücuduna ait küçük uyarı işaretlerinin farkında olmasını ve sağlığının kontrolünü eline almasına olanak verir.

Biyogeribesleme, normalde bilinçsizce düzenlenmiş bir süreçte, duyularımız üzerine bilgiye dayalı bilinçli bir etkinin uygulanması olduğu düşünülmüştür [1].

Sinir sistemi bileşenleri, biyogeribeslemenin temel bileşenleridir [2]. Bunlar motor sinirleri, duyu sinirleri efektörler, reseptörler ve beyindir. Biyogeribeslemede temel olarak iki yöntem uygulanır. Bunlardan biri negatif geri besleme diğeri pozitif geri beslemedir. Her ikisinin sistem çıkışlarının farklı özellikler gösterdiği belirtilmiştir [3]. Negatif geri beslemenin en büyük özelliği sistemi her zaman başlangıçtaki duruma geri döndürmeye çalışır.

Biyogeribesleme vücuda fiziksel müdahale yapmadığı için güvenlidir. Yanetkisi olmayan bir yöntem olarak kullanılmaktadır [4]. Ayrıca gevşeme eğitimi için güçlü bir araçtır. Ençok kullanıldığı alanlar, stres, başağrısı, yüksek tansiyon, ankiyeste, idrar kaçırma, bilimsel migren tedavisidir.

Öğrenme biyogeribeslemenin temelidir. Öğrenme ve biyogeribesleme birlikte yol alır. Öğrenme sisteminin karakteristiği, biyolojik fonksiyon karakteristiği ile ters olarak çalıştığı belirtilmiştir [1,5]. Biyogeribeslemenin nihai hedefi kişinin geribildirimini değiştirmek ve vücudun fizyolojik reaksiyonlarını kontrol etmek için, düşüncelerini, duygularını veya davranış şekillerini değiştirmeyi kendi başına öğrenmesidir. Biyogeribesleme günümüzde artan yaygınlıkta kullanılan bir terim olmuştur [6].

Fiziksel olarak galvanik deri yanıtı, uyarıcının farklı çeşitlerine karşı derinin elektriksel yapısında verdiği yanıtta değişimdir. Cilt yüzeyinden ölçülen gerilimdeki değişimler kaydedilir.

Elektrodermal aktivite (EDA), derideki tüm elektriksel olayları kapsayan genel bir kavram olarak kullanılmaktadır [7]. Elektriksel direncin büyüklüğünün sadece kişinin genel ruh halinden değil, kişinin duygusal reaksiyonlarından da etkilendiği yıllardır bilinmektedir. Bu gerçekler ilk defa Tarchanoff tarafından 1890 yılında belirtilmiştir. Son kırk yıl içinde bunun altında yatan sebeplerin deri direncindeki değişim olduğu keşfedildi [8]. Biyolojik işaretlerin özellikle tıpta teşhis amacına yönelik olarak algılanabilmesi için vücut ile ölçme düzeni arasındaki iletişimi sağlayan ve ayrıca çeşitli amaçlar ve özellikle tedavi amacı için organlara akım gönderilmesini sağlayan elemanlara elektrot adı verilir. Biyoelektrik gözlemlerin ilk basamağı olarak elektrotlar kullanılır [9]. Elektrik akımı, doku ve sıvılarda iyonlarla,

metallerde ise elektronlarla taşınmaktadır. Sıcaklık, hız, basınç gibi temel ölçülen özellikler analog işaretlerdir. Elektriksel mekanik veya herhangi bir fiziksel sistemden alınan işaret büyük bir çoğunlukla sürekli zamanlı analog elektriksel işaretlerdir [10]. Bu analog işaretleri sayısal veriye çeviren birimlere analog sayısal dönüştürücü (Analog Digital Converter - ADC) denir [11].

Biyolojik geribesleme yöntemiyle stres azaltma yöntemi zamanla etkisi kanıtlanmış basit bir yöntemdir [12]. Kişinin çeşitli konular üzerinde düşünürken stres düzeyini ölçmeye dayalı bir sistem olduğunu söylemek isabetli olur. Kişinin stres düzeyi gerçek zamanlı olarak düzenekteki bir takım sesli ve/veya görsel uyarı sistemi ile kişiye bildirilir. Bu şekilde kişi, kendini rahatlatan ve stres düzeyini en aza indiren zihinsel egzersizleri tespit edebilir ve günlük hayatta biyolojik geri bildirim düzeneklerinin yardımı olmadan da bu egzersizler vasıtasıyla stres düzeyini azaltılabilir. Bir anlamda geribesleme cihazları bir tür zihinsel eğitim aracı olarak da kullanılabilir [12].

Stres düzeyini kontrol edilebilmeye başladığında artık yapay desteğe ihtiyaç duyulmadığı görülebilir. Stres düzeyini kontrol etmek için uygulanacak elektrotların yerleşim yerleri çok önemlidir [13]. Gerçeklenen sistem başarıyla çalışmış ve sistem yardımıyla farklı kişilerin stres düzeyleri sürekli ölçüm yöntemi ile tespit edilmiştir. Ayrıca seçilen bir kişi biyogeribesleme döngüsüne dahil edilerek stres seviyesi cihaz yardımıyla düşürülebilmektedir.



## **2. BİYGERİBESLEME**

### **2.1 Biyogeribesleme Nedir?**

Biyogeribesleme veya diğer adıyla biofeedback fizyoloji, psikoloji ve elektronığın birleştirildiği bir alandır. Biyogeribesleme tekniğinde dahili vücut aktivitelerini hassas bir şekilde belirleyip kuvvetlendiren elektronik cihazlar kullanılır. Bu aktiviteler gözlemlendikten sonra değiştirilebilir. Çok çabuk öğrenme tekniğiyle, gözlemlenen bu değerlerde iyileştirme yapılarak kişinin kendi stres, kan basıncı gibi değerleri istenilen düzeye çekilebilir. Kişi beklenen sonuçları elde etmek için kendi kendini eğitebilir. Stres altındaki vücut farkedilir biçimde bununla başetmeğe çalışır. ve değişik tepkiler verir, kalp atışları hızlanır, kaslar gerilir. Biyogeribesleme elektronik cihazlar yardımıyla kontrol edilebilir.

Biyogeribesleme, normalde bilinçsizce düzenlenmiş bir süreçte, duyularımız üzerine bilgiye dayalı bilinçli bir etkinin uygulanmasıdır [1].

Biyogeribesleme kontrolü, kişinin ayarlanabilen fizyolojik işlemlerden, harici bir geribesleme yoluyla haberdar olduğu tıbbi yöntemlerin ve araştırmaların birleşimidir. Biyogeribesleme eğitiminin temel fikri, kişiye vücut ve beyine ait bilgileri hassas bir şekilde temin etmektir [14]. Biyogeribesleme günümüzde artan yaygınlıkta kullanılan bir terimdir. Bu terim bir canlının temel fizyolojik süreçlerini değiştirmek amaçlı, biyolojik işaretlerden elde edilen bilgileri veren çok çeşitli deneysel yöntemlerle ilgili olarak kullanılmaktadır [6].

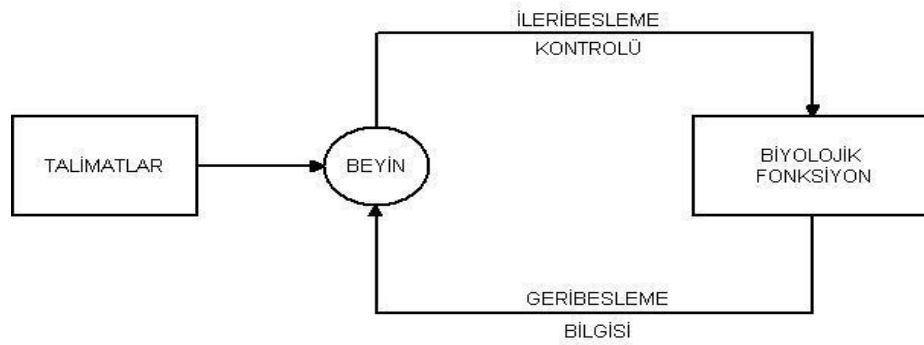
### **2.2 Biyogeribeslemenin Çalışma Prensibi**

Biyogeribeslemenin temeli aslında geribeslemedir. Gerçekte biyogeribeslemenin, geribeslemenin özel bir uygulaması olduğu düşünülür. Biyogeribeslemede geribesleme sisteminin denetleyicisi kişidir. Biyogeribesleme nörolojik ve psikolojik mekanizmaların altında yatan sebeplerin açıklanmasında etkili olan, klinik uygulama tasarımlarında etkili bir yöntemdir [2].

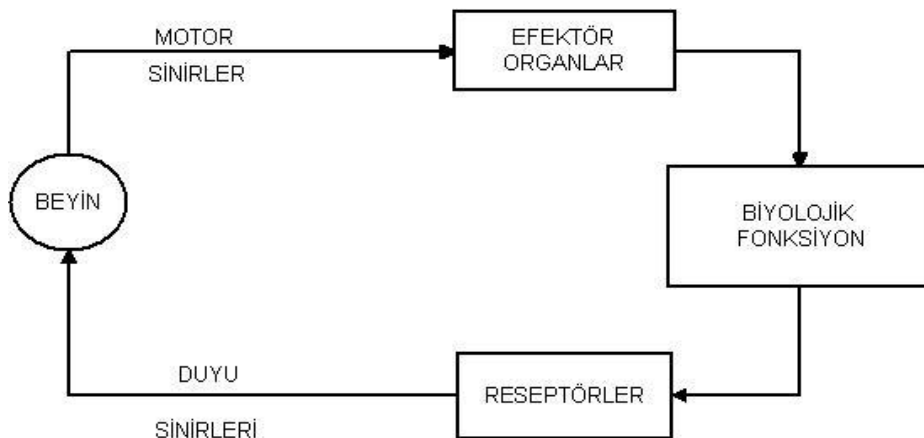
Kontrol sistemleri ve biyogeribesleme kişiye düzenli olarak verilen bir etkinin karşısında alınan yanıtın iyileştirme bilgisi olarak da tarif edilebilir. Bu tarif, geribeslemenin genel anlamda kullanılan tanımını biyogeribesleme için de doğrudan uygulanabilir hale getirir. Şekil 2.1 hem biyogeribeslemeyi hem de biyogeribesleme işleyişinin kendi kendine kontrol sürecini vurgular [2].

Çevrim içinde ileribesleme ve geribeslemenin rolleri paralellik gösterir. Biyogeribesleme için fizyolojik geribesleme veya klinik psikofizyoloji terimleri de kullanılabilir.

Biyogeribeslemin temel yapısını oluşturan sinir sistemi bileşenleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Reseptörler biyolojik fonksiyon değişimlerini kaydederken, motor nöronları biyolojik fonksiyon değişim bilgilerini, beyinden organlara ulaştırmak için alır. Biyolojik fonksiyon değişim bilgileri duyu sinirleri yoluyla beyine ulaştırılır [2].



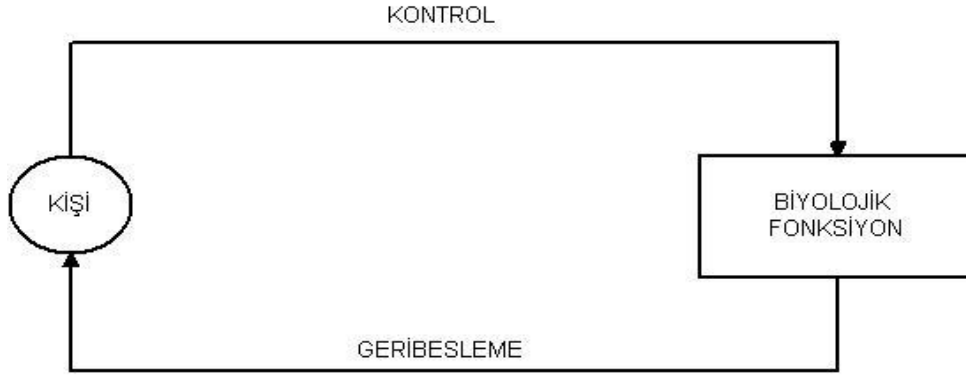
**Şekil 2.1:** Biyogeribeslemenin genel kontrol işlemi olarak gösterimi [2]



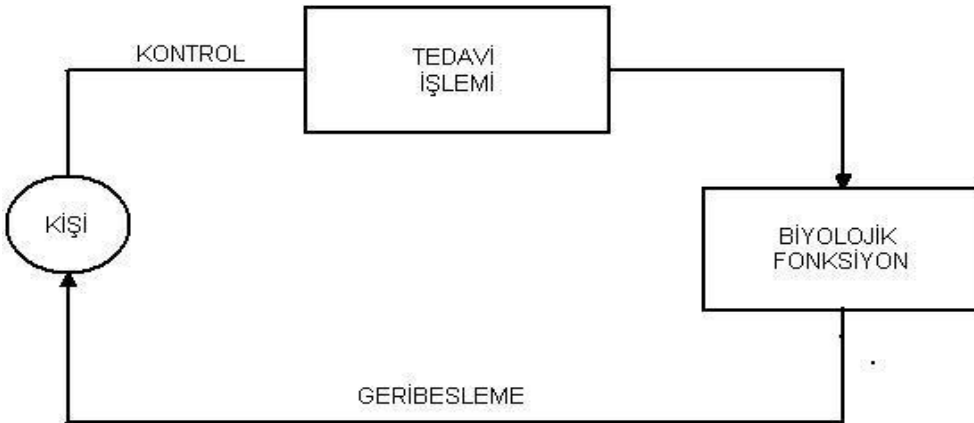
**Şekil 2.2:** Biyogeribeslemenin temelini oluşturan sinir sistemi bileşenleri [2]

Geribesleme yoluyla uygulanan tedavi yöntemlerinde iki yöntem öne çıkar. Bunlar doğrudan ve dolaylı tedavidir. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de doğrudan ve dolaylı tedavi

yöntemleri arasındaki fark gösterilmiştir. Doğrudan tedavide biyolojik fonksiyon kontrolü herhangi bir müdahale olmadan başlar. Dolaylı tedavide kişi bir iyileştirme işlemiyle kontrol sağlar. Kişi iyileştirme işlemini değiştirerek biyolojik fonksiyonlarda değişimler meydana getirebilir [2].



**Şekil 2.3:**Doğrudan tedavi [2]

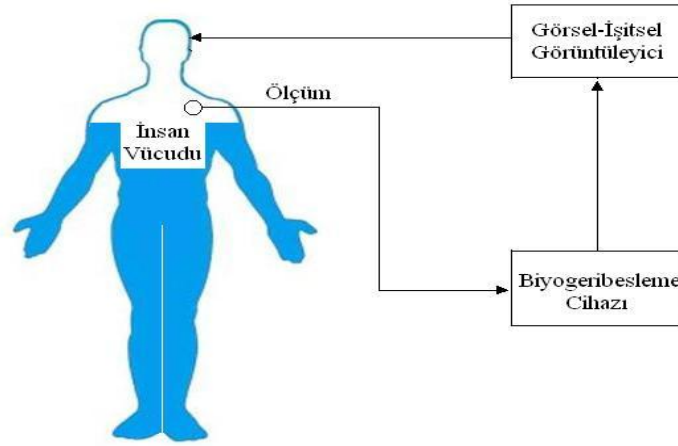


**Şekil 2.4:** Dolaylı tedavi [2]

Biyogeribesleme tekniği genelde bir terapist yardımıyla uygulanır. Kişi için hangi geribesleme tekniğinin kullanılacağına terapist karar verir. Bu belirli bir biyolojik fonksiyonun ölçümü ile yapılır. En çok kullanılan ölçümler deri sıcaklığı, kas gerginliği, beyin dalgaları aktivitesi ve ter bezi faaliyetleridir [4].

Bu ölçümler biyogeribesleme cihazı ile anlamlı bir bilgiye dönüştürülür. Cihaz bir monitör ve/veya ses sistemiyle desteklenir. Alınan biyogeribesleme bilgisi ile öğrenme süreci başlar. Alınan bu bilgilere karşı vücutta yavaş yavaş duygusal ve zihinsel değişimler oluşmaya başlar. Yapılan pekçok tekrar sayesinde kişi

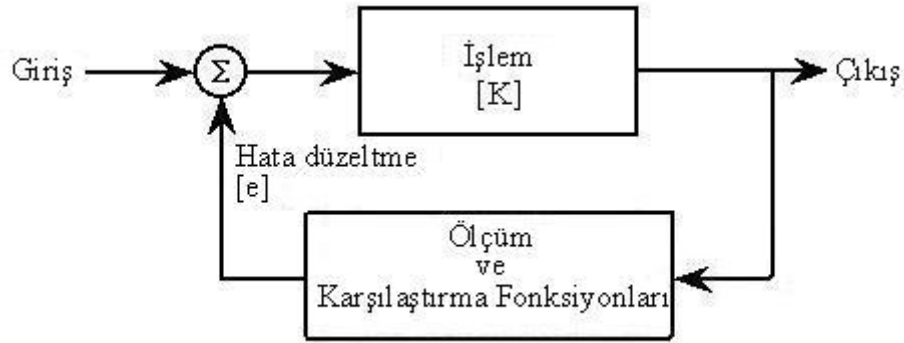
fizyolojisini kontrol etmeyi öğrenir. Şekil.2.5’de biyogeribeslemenin çalışma ilkesi gösterilmektedir.



**Şekil 2.5:** Biyogeribeslemenin çalışma prensibi

### 2.3 Biyogeribeslemede Negatif ve Pozitif Geribesleme

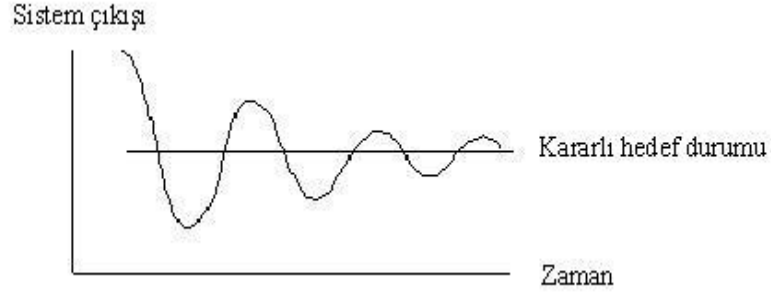
Şekil 2.6’da en basit durumda, tanımlanmış bir hedef durumuna ait olan bir işlem gösterilmiştir [3]. Ölçülen çıkış istenen bitiş değeriyle karşılaştırılır. Şekil 2.6’da sonradan oluşturulan bir hata düzeltme işareti doğrudan veya bir ayar süreci olarak giriş işaretiyle birleştirilir. Böylece istenen hedef konumuna ulaşılır.



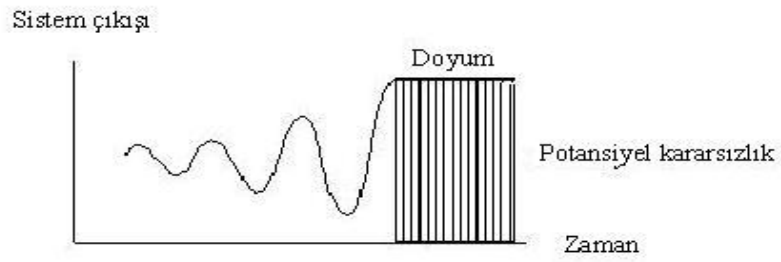
**Şekil 2.6:** Sistemi istenen bir hedef konumuna getirmek amacıyla bir hata işaretinin üretildiği ve girişe eklendiği biyogeribesleme kontrol mekanizması [3]

Belirli davranış şekillerinin dengelenmesinin yönetilebildiği negatif geribesleme Şekil 2.7’de, kararsızlık ve/veya sistem enerji doyumunun normal olarak yönetildiği pozitif geri besleme Şekil 2.8’de gösterilmiştir [3].





**Şekil 2.7:** Sistem çıkışında negatif geribesleme etkisi [3]



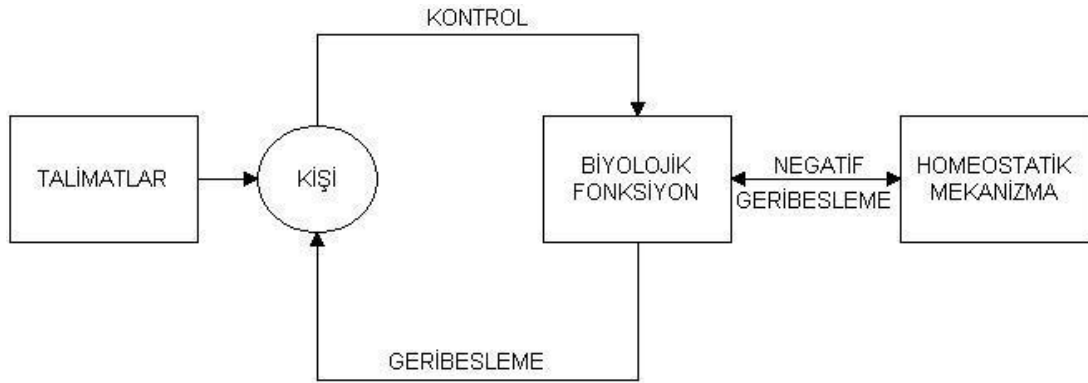
**Şekil 2.8:** Sistem çıkışında doğrudan pozitif geribeslemenin etkisi [3]

Öğrenmenin kısmi bir görünümü **K** ayarı olarak tarif edilebilir. Öyle ki, hata işareti 0 ' a doğru yaklaşırken istenen çıkış, minimum enerji harcamasıyla korunur. Bu homeostazik davranıştır. Davranışın istatistiksel dağılımında gösterildiği gibi bir biyogeribesleme sisteminde istenen hedefteki ortalama parametrik değeri ile temsil edilen ve ortalama etrafındaki dağılımla elde edilen hedefin başarımını, ilgili parametrik eksen boyunca davranışların istatistiksel dağılımı olarak ifade edilebilir. İçinde belirli bir davranışın meydana gelme olasılığını içeren kapalı bir çevrim sistemi, davranışın uygulamasının bir sonucu olarak da artırılır, böylece Şekil 2.9'daki gibi bir rezonans sistemi meydana gelir [3].



**Şekil 2.9:** Davranışın istatistiksel dağılımı [3]

Bir hata işaretinin ortalamalarıyla hedef durumun, ortalamasından uzaklaşarak şeklin zayıfladığı bir negatif geri besleme sisteminde, hedef durumu ile birleştirilen davranışın kuvvetlenmesine de neden olunur. Temel geribesleme sistemine negatif geribesleme ve homeostatik mekanizmanın eklenmesi Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Negatif geribesleme, sistemi her zaman başlangıçtaki durumuna döndürmeye gayret eder ve kişinin biyolojik fonksiyonda, kontrol mekanizması yoluyla yapmaya çalıştığı çabalara karşı koyar [2].



**Şekil 2.10:** Temel geribesleme sistemi, negatif geribesleme, homeostatik mekanizma [2]

#### 2.4 Biyogeribeslemenin Avantajları

Bir klinisyen biyogeribesleme yardımıyla kişinin sağlık sorununun temelinde yatan kronik davranış etkilerinin farkında olmasına yardımcı olur. Örnek olarak kişi boyun ve omuz kaslarında gerginlik meydana getiren bir davranışı alışkanlık haline getirir ve bu alışkanlık kişide kronik baş ağrısına neden olabilir. Bu durumda çoğu zaman ağrı kesicilerin yararı olmaz. Gerginlik bir bilgisayar ekranı ve elektromiyografi (EMG) –biyogeribesleme sistemi sayesinde kişinin bu gerginliği görsel olarak algılaması sağlanır. Önce ağrılı kas kramplarını , dolayısıyla baş ağrısını önleyecek davranış değişikliklerini öğrenebilir. Bu örnekteki baş ağrısına sahip kişinin boyun kaslarının gerginlik seviyesi kronik olarak çok yüksek olabilir. Bu gerginlik düzeyi değişik gevşeme teknikleri kullanılarak kişinin kas gerginlik seviyesi anında izlenebilir. Buradan şu sonuçlar çıkarılabilir: Kişi kendi vücudundaki fizyolojik süreçleri gözlemleyerek kronik stres ve olumsuz davranışların etkilerinin farkına varır. Terapist yardımıyla ve yapılan rahatlatma tekniklerinin uygulanması süresince geribeslemenin fizyolojik etkileri gözlemlenir ve öğrenilebilir. Bu edimsel

koşullanmadır. Bu yönlendirmelerle kişi öğrenme sürecinde hızlı bir şekilde gerekli davranış ve yaşam tarzı değişikliklerini yapar. Bu öğrenme sürecinin sonuçları, çeşitli oturumlar üzerinden görüntülenebilir. Böylece gelişmeler ve yöntemin sonuçları somutlaştırılır, zamanla ölçülür hale gelir [4].

## **2.5 Biyogeribeslemenin Dezavantajları**

Biyogeribesleme yöntemi genelde bir klinik yöntemi olarak kullanılır ve kişinin aktif olarak uygulamaya katılımını gerektirir. Davranış değişiklikleri bir ilaç veya emir komuta yoluyla değiştirilemez. Motivasyon ve zamana bağlı bir öğrenme sürecini gerektirir. Biyogeribeslemenin etkili olması için dört faktör önemlidir.

- Güvenilir Ekipmanlar
- Eğitimli ve deneyimli bir klinisyen veya terapist
- Motivasyonlu bir kişi veya hasta
- Oturumlar için yeterli zaman

Bu koşullar yerine getirildiği zaman biyogeribesleme yöntemi iyi sonuç verir. Kişi biyogeribesleme yöntemini terapist olmadan kendi kendine uygulasa bile bunun için belirli bir zaman ayırması gerekir. Bunun dışında biyogeribeslemenin bilinen hiçbir yan etkisi yoktur [4].

## **2.6 Biyogeribeslemenin Uygulama Alanları**

Biyogeribesleme, özellikle son yirmi yılda aşağıdaki alanlarda başarısı değişen ölçülerde uygulanmıştır.

- Kronik gerilim tipi baş ağrısı
- Stres
- Migren
- Raynaud Sendromu
- Hipertansiyon [15]
- Kalp hızı değişkenliği (Heart Rate Variability-HRV) [16]
- Performans geliştirme (Sporda) [17]

- Kaygı
- Astım
- Epilepsi
- Alkolizm
- Bel ağrısı
- İdrar tutamama
- Kemoterapinin yan etkileri
- Ağrı
- İrritabl Bağırsak Sendromu(İBS)

Biyogeribesleme güçlü bir yöntemdir ama sihirli bir yöntem değildir. Biyogeribesleme eğitilmiş klinisyenler elinde stres ve psikosomatik etkiye bağlı birçok sağlık sorununun tedavisinde etkilidir [18].

## **2.7 Stres ve Biyogeribesleme Uygulamaları**

Biyogeribesleme özellikle davranış ve yaşam tarzıyla ilgili sağlık problemleri ve stresle ilişkili sağlık sorunları uygulamalarında yararlıdır. Psikosomatik bileşenler içeren sağlık sorunlarından yakınan insan sayısı gittikçe artmaktadır. Kronik gerilim tipi baş ağrısı, yüksek tansiyon, reflü, tükenmişlik hissi, stresle ilgili belirtiler buna örnektir. Bu gibi sağlık sorunlarına genellikle disiplinler arası bir yaklaşım gerekmektedir. Biyogeribesleme bu çalışmalarda genelde iyi sonuçlar verir.

Araştırmalar kronik stresin ciddi sağlık sorunlarına yol açabileceğini göstermiştir. Kronik stres çoğu zaman sempatik sinir sisteminin aşırı aktivasyonuna neden olur. Otonom sinir sisteminin bu bölümü, kalp atışının hızlanması ve kan basıncının, kalp kası, vücut hormonal sisteminin ayarlanması gibi fonksiyonlardan sorumludur. Stres aynı zamanda hormonal sistemi de etkiler [4,14,19].

Vücudumuzun kendi kendini dengelemesi homeostazi olarak bilinir. Kişinin bağışıklık sistemi uzun süreli kronik strese olumsuz yanıt verir.

Biyogeribesleme, meydana gelen vücut davranışını ve stresin fizyolojik etkilerini doğrudan gösterir. Eğitilmiş bir klinisyen veya terapist bir biyogeribesleme sistemini

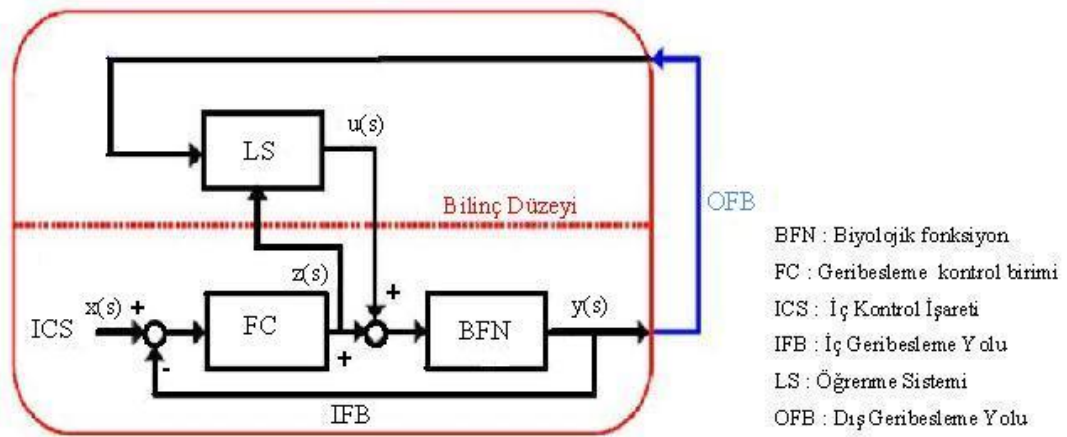
kişinin öğrenme sürecinde ve stres etkilerinin görüntülenmesinde güçlü bir araca dönüştürür [20].

Kişi bu süreçte vücudundaki bu etkilerin bilincinde olarak davranışlarında ve yaşam tarzında gerekli değişiklikleri yapabilir.

## 2.8 Öğrenme Modunda Biyogeribesleme

Biyogeribeslemenin nasıl çalıştığını anlamak için ilk olarak öğrenme nedir ve nasıl gerçekleşir konusu anlaşılmalıdır. Öğrenme geribeslemeyi gerektirir. Hedeflere ulaşmak ve becerileri geliştirmek için geribeslemeye güvenilir. Bir aşçı tatma yoluyla geribesleme alır. Piyano çalan bir kişi duyma yoluyla geribesleme alır. Hedefe atış yapan bir kişi hedefi vurup vurmadığını görsel yolla geribesleme olarak alır [5].

Öğrenme ve geribesleme birlikte yol alır. Biyogeribesleme sadece biyolojik fonksiyonların geribeslemesi ile ilgilidir. Vücuttaki küçük değişiklikler tespit edilir ve bu değişiklikler veya bilgiler kişiye görsel ve/veya işitsel olarak geri sunulur. Bu bilgileri görmek sonucu, deneme yanılma stratejisi ile kişi biyolojik yanıtlarını kontrol etmeyi öğrenir. Şekil 2.11’de öğrenme modunda biyogeribeslemenin etkisi gösterilmiştir [1].



Şekil 2.11: Öğrenme modunda biyogeribesleme [1]

Çizelge 2.1’ de gösterildiği gibi her bir transfer fonksiyonu ve her bir işaretin Laplace dönüşümü ifade edilir. Burada BFN Biyolojik fonksiyon, FC Geribesleme kontrol birimi, ICS İç Kontrol İşareti, IFB İç Geribesleme Yolu, LS Öğrenme Sistemi, OFB Dış Geribesleme Yolu,  $x(s)$ ,  $y(s)$ ,  $z(s)$  ve  $u(s)$  her bir işaretin Laplace dönüşümünü gösterir.

**Çizelge 2.1:** Sistemin Laplace Dönüşümleri

| Kategori            | Açıklaması                        | Laplace Dönüşümü |
|---------------------|-----------------------------------|------------------|
| Transfer Fonksiyonu | Öğrenme Sistemi (LS)              | $L(s)$           |
| Transfer Fonksiyonu | Geribesleme Kontrol Birimi (FC)   | $C(s)$           |
| Transfer Fonksiyonu | Biyolojik Fonksiyon (BFN)         | $K(s)$           |
| İşaret              | İç Kontrol İşareti (ICS)          | $x(s)$           |
| İşaret              | Biyolojik Fonksiyon Çıkışı        | $y(s)$           |
| İşaret              | Geribesleme Kontrol Birimi Çıkışı | $z(s)$           |
| İşaret              | Öğrenme Sistemi Çıkışı            | $u(s)$           |

$$z(s) = C(s) \cdot [x(s) - y(s)] \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1)'de  $z(s)$  geribesleme cihaz çıkışı,  $C(s)$  geri besleme kontrol birimi,  $x(s)$  iç kontrol işareti,  $y(s)$  biyolojik fonksiyon çıkışıdır.

$$y(s) = K(s) \cdot [z(s) + u(s)] \quad (2.2)$$

Eşitlik (2.2) de  $y(s)$  biyolojik fonksiyon çıkışını,  $u(s)$  öğrenme sistem çıkışını gösterir.

$$u(s) = L(s) \cdot y(s) \quad (2.3)$$

(2.3)'de  $u(s)$  öğrenme sisteminin çıkışı, LS öğrenme sistemi ve  $y(s)$  biyolojik fonksiyon çıkışına bağlı olarak elde edilir

öğrenme yakınsadığında  $z(s)$ , 0'a doğru eğilim gösterir. Bu yüzden;

$$[1 - L(s) \cdot K(s)] \cdot y(s) = 0 \quad (2.4)$$

(2.4) de denklem 0 'a eşitlenir. Sonuç olarak

$$L(s) = \frac{1}{K(s)} \quad (2.5)$$

(2.5) 'de öğrenme sisteminin karakteristiği  $L(s)$ , biyolojik fonksiyon karakteristiği  $K(s)$  'in tersine eşit olur. Böylece, öğrenme işlemi başladıktan sonra istemli kontrol yapılması mümkün olur [1].

## 2.9 Biyogeribeslemenin Amacı

Biyogeribesleme, tamamlayıcı ve alternatif bir tıp tekniği olarak kullanılmaktadır. Bu teknikte kişi zihnini kullanarak bedensel işlevlerini kontrol etmeyi öğrenir. Bu uygulamada vücuda ait ölçü ve bilgiler, vücuda bağlı olan elektriksel sensörlerin yardımıyla alınır. Biyogeribesleme sensörleri, kişiye ulaşılmak istenen sonuçları elde etmek için vücutta hangi küçük değişimlerin yapılması gerektiğini öğretmede yardımcı olur.

Aslında biyogeribesleme fiziksel performans ve vücudun sağlığını kontrol etmek için düşünceleri kullanarak vücuda güç verir. Genellikle bir gevşeme tekniği olarak kullanılır. Bazı koşullarda ilacın tolere edilemediği durumlarda alternatif olarak kullanılabilir.

Biyogeribesleme genellikle güvenli bir yöntemdir. Herkes için uygundur ama uygulamadan önce doktordan görüş alınması daha sağlıklıdır [6].

Bir biyogeribesleme oturumunda terapist vücudun değişik noktalarına elektriksel sensör uygular. Bu sensörler beyin dalgalarını, cilt sıcaklığını, galvanik deri yanıtını ve kas gerginliği gibi vücudun fizyolojik durumunu tespit eder. Termal ve elektrodermal aktivite biyogeribesleme uygulamasının etkili türleridir [19]. Bu bilgiler kişiye görsel ve/veya işitsel olarak bildirilir. Geribildirimi değiştirmek ve vücudun fizyolojik reaksiyonlarını kontrol etmek için, düşüncelerin, duyguların veya davranış şekillerinin değiştirilmesi öğrenilir. Biyogeribeslemenin nihai hedefi kişinin kendi başına bu tekniklerin kullanımını öğrenmesidir.

Tipik bir biyogeribesleme oturumu 15-60 dakika arasında sürer. Oturumun süresi ve oturum sayısı kişinin fiziksel tepkilerini kontrol etmeyi öğrenme sürecine bağlı olarak değişir.

## 2.10 Biyogeribesleme Çeşitleri

Biyogeribesleme uygulama çeşitleri genelde dört başlık altında yoğunlaşmıştır.

- Elektromiyografik(EMG) biyogeribesleme türü vücudun kas gerginliğini gevşetme uygulamalarında kullanılır.
- Elektroensefalografik biyogeribesleme bir bireyin beyinde oluşan EEG faaliyetinin izleme işleminin görüntülenmesidir.

- Termal biyogeribesleme ayaklara veya parmaklara bağı sensörler yardımıyla cildin ısısı ölçülür. Cildin ısını ölçmek için kullanılan cihazların yapısında genellikle termistör bulunur [21]. Stres altında vücut ısısı düşüktür.
- Galvanik deri yanıtı eğitimi derideki ter bezlerinin aktivitesiyle değişen, derideki ter miktarına bağı direnç değişimleri ölçülür ve izlenir.
- Kalp hızı değişkenliği biyogeribeslemesi kalp hızının değişkenliğinin kontrol edilmesine yönelik bir uygulamadır [16].

Biyogeribesleme eğitimi fizik tedavi merkezleri, sağık merkezleri ve hastanelerde alınabilir. Son zamanlarda biyogeribesleme cihazları ve programları ev kullanıcılarına yönelik olarak hazırlanmaktadır. Genelde elde de taşınabilen hafif cihazlar olarak tasarlanmaktadır.

## **2.11 Temel Bazı Biyogeribesleme Çeşitlerinin İncelenmesi**

### **2.11.1 Elektromiyografik (EMG) biyogeribesleme**

EMG biyogeribeslemesi, iskelet kaslarının oluşturduğu gevşeme ve kasılma şekillerinin izlenmesinin görüntülenmesidir. Bunun amacı kasılan kas mekanizmasının farkındalığını yükseltmek ve organdaki çalışma bozukluğu üzerinden denetimi sağlamaktır. İskelet kaslarının kontrol yeteneğinin başarısı fiziksel tıbbın fizyolojik, psikosomatik çözümlerinde doğrudan klinik uygulamalara sahiptir.

Uzun süreli kronik bir kas gerginliği olan bir kişinin kasındaki bu gerginlik ve kasın sürekli sert hali, devam eden bir stres durumunun belirtisi olabilir. Elektromiyografi biyogeribeslemesi uygun olmayan stres yanıtının objektif fizyolojik belirtilerinin ve doğumla ilişkili mekanizmaların her ikisinde de kişinin bilincini geliştirmede önemli bir rol oynayabilir.

Bir kas rehabilitasyon aleti olarak elektromiyografi geribeslemesi mevcut fiziksel terapi işlemlerine kolayca katılabilir ve hastanın iyileşmesine önemli bir katkı yapabilir [4].



### **2.11.2 Elektroensefalografik (EEG) biyogeribesleme**

Elektroensefalografik biyogeribesleme bir bireyin beyinde oluşan elektroensefalografik faaliyetinin izleme işleminin görüntülenmesidir. En yaygın klinik uygulaması psikolojik ve psikosomatik bozukluğun bir bileşenini oluşturan kronik bir zihinsel durumu doğrulamak ve düzeltmektir. Pekçok insan aşırı zihinsel uyarılma ve yüksek frekanslı elektroensefalografik aktivitesiyle ilişkili derin düşünme sonucu ortaya çıkan stresle ilişkili bozukluklardan sıkıntı duyar. Karakteristik olarak bu kişilerin senkronize alfa elektroensefalografik aktivitesi ile ilişkili periyodik zihinsel rahatlama deneyimleri yoktur.

İnsan beyninden yayılan elektroensefalografik potansiyeller insanın merkezi sinir sistemi aktivitesinin objektif ölçümünü sağlar. EEG şekillerinin dört farklı yapısı vardır. Bunlar frekanslarına göre sınıflandırılır. 12-20 Hz.arası beta, 8-12 Hz.arası alfa, 4-8 Hz.arası teta, 0-4 Hz.arası delta olarak adlandırılır. Erişkinlerde bu frekans bandlarının herbiri özel bir zihinsel uyarı seviyesini ifade eder.

Elektroensefalografik geribeslemede EEG aktivitesi kafa derisine tutturulan yüzey elektrot sensörleri ile tespit edilir sonra kuvvetlendirilir, analiz edilir, görsel ve/veya işitsel geribesleme olarak gösterilir. EEG genlik ve frekans dalgalanmalarını sürekli ve doğrudan alan kişi EEG aktivitesinin özel şekillerini bağdaştırmayı ve farketmeyi öğrenebilir. Zamanla istenilen EEG aktivitesi ile onun zihinsel ve fizyolojik bağlantısı kurulabilir [4].

### **2.11.3 Galvanik deri yanıtı (GSR)**

Galvanik deri yanıtı yeni bir bölüm olarak incelenecektir.



### **3. GALVANİK DERİ YANITI (GSR)**

#### **3.1 Galvanik Deri Yanıtı Nedir?**

Galvanik deri yanıtı, otonom sinir sistemine bağlı ter bezi fonksiyonunu bir parametre olarak elde etmenin basit bir yoludur [22,23].

Herhangi bir uyarıcıya karşı verilen yanıtın genliği fiziksel uyarının gücüne bağlıdır. Galvanik deri yanıtı sempatik sinir sistemi fonksiyonunu araştırmak için kullanışlı, basit ve tekrarlanabilir elektrofizyolojik bir tekniktir [23].

Zaman içinde galvanik deri yanıtı psikogalvanik refleks (Psycho Galvanic Reflex-PGR), elektrodermal refleks (Electrodermal Reflex-EDR) ve deri iletkenlik yanıtı (Skin Conductance Response-SCR) ve sempatik deri yanıtı (Sympathetic Skin Response-SSR) olarak da adlandırılmıştır [22].

Fiziksel olarak, galvanik deri yanıtı derinin elektriksel özelliklerinde uyarıcının farklı çeşitlerine verdiği yanıtta değişimdir. Cilt yüzeyinden ölçülen gerilimdeki değişimler kaydedilir [23]. Derinin elektriksel özelliklerindeki küçük değişimler parmak sensörleri ve elektrotları yardımıyla ölçülür. Galvanik deri yanıtı, stres ve rahatlama ile bağlantılıdır [24]. Derinin elektriksel direnci zihinsel, fiziksel ve duygusal uyarılma süresince hızlı bir şekilde dalgalanır [25].

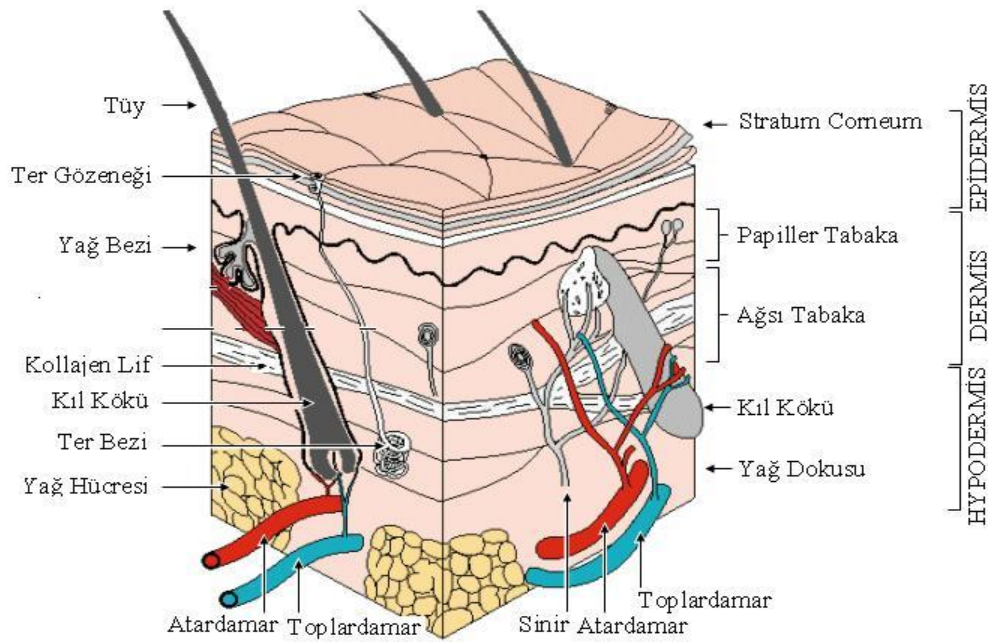
Elektrodermal aktivite, derideki tüm elektriksel olayları kapsayan genel bir kavramı ifade etmektedir. Bu elektriksel olaylar, deri ve onun ikinci derecede önemli yapılarının aktif ve pasif elektriksel özelliklerini içerir. Bu elektriksel karakteristiklerin incelenmesinde egzosomatik ve endosomatik olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Deride kendiliğinden oluşan biyoelektrik olaylar sonucu ortaya çıkan gerilimlerin gözlenmesi endosomatik yöntem olarak isimlendirilir [7, 26].

Egzosomatik yöntemde, bir elektriksel kaynağın sağladığı sabit akım veya sabit voltajın, dışarıdan deriye uygulanmasıyla deri direnci veya deri iletkenliği gözlenir. Kişi tümüyle dinlenme durumunda iken ölçülen deri direnci veya deri iletkenlik

değeri düzey kavramı ile, deri direnç seviyesi (Skin Resistance Level-SRL) veya deri iletkenlik seviyesi (Skin Conductance Level-SCL) şeklinde, herhangi bir dış uyaran sonucu ortaya çıkan değişiklik ise yanıt kavramı ile deri direnç yanıtı (Skin Resistance Response) veya deri iletkenlik yanıtı (Skin Conductance Response) olarak isimlendirilir [7, 26].

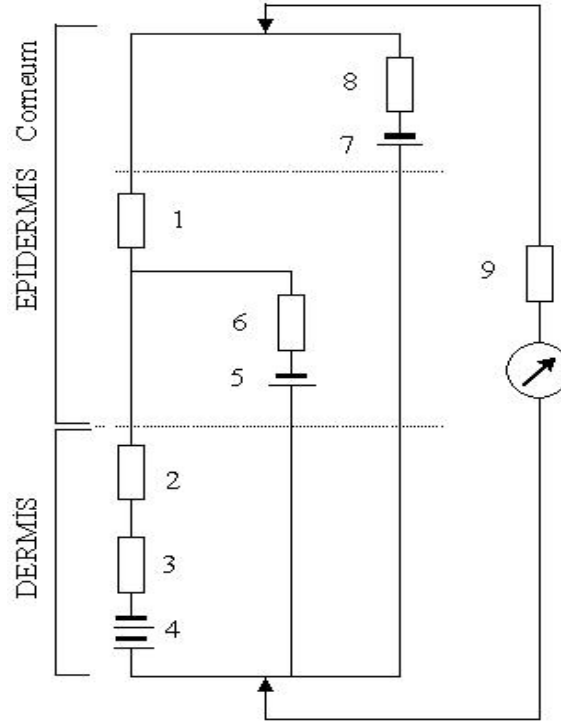
### 3.2 Deri ve Ter Bezlerinin Rezistif Özellikleri

Kan ve hücreler arası sıvılar ile beslenen subdermis ve dermis, değişebilen iyi bir elektriksel iletkenliğe sahiptir. Buna ek olarak, stratum corneum dışındaki epidermal tabakalar, oldukça iletken yapılar olarak düşünülebilir ve deri direncine önemsenecek etkileri yoktur. Derinin yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Su ve çözeltilere karşı daha az geçirgen olan stratum corneum tabakasının alt kısmı deri direncinden sorumlu temel bileşen olarak varsayılır. Böyle bir epidermal engelin tam lokalizasyonu imkansız olduğundan, stratum corneum tabakası sıvı alma derecesine bağlı olarak değişken direnç gibi değerlendirilir. Bununla birlikte bu tabakanın direnci, içerdiği sudan çok elektrolit yapısına bağımlı olarak değişir. Ter bezi kanalları stratum corneum içinden geçen kısa-devre iletkenlik yolları gibi davranırlar. Bu davranış, yüksek ter bezi yoğunluğu sonucu olarak elektrodermal kayıtlarda tercih edilen palmar ve plantar bölgeler açısından önemlidir. Genel olarak, deri iletkenliğinin kanaldaki ter sütunu yüksekliği ile arttığı düşünülmektedir.



Şekil 3.1: Derinin yapısı [13]

Deri ter bezi sisteminin rezistif özellikleri Şekil 3.2’de görülen seri ve paralel dirençlerle temsil edilebilir [7, 13].



**Şekil 3.2:** Deri ve ter bezi içinden geçen rezistif yolların şematik gösterimi [13]

Kişiden kişiye farklılıklar gösteren SRL 25 – 500 kohm, SRR ise 1 – 50 kohm arasında değişmektedir [7].

Bu eşdeğer devreyi oluşturan bileşenler verilen sayılarla uyumlu olarak:

- 1, 2 Ter kanalı direnci.
- 3, 6 Ter kanalı engel direnci.
- 4, 5 Kanal geçiş gerilimi
- 7 Corneum Gerilimi
- 8 Corneum Direnci
- 9 Toplam Direnç

Deri direncinin saptanmasında kullanılan sabit akım yoğunluğu için en uygun değer  $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  dir [27]. Sabit voltaj uygulamalarında, akım yoğunluğunun bu değerinin korunması önerilir ve bu koşulu sağlayabilecek gerilim değerinin 1-5 V aralığında yer alır [7].

Ağrı ve stresin ter üretimini etkilediği bilindiğinden, akut ağrı sonucu elektrodermal aktivitede ortaya çıkan değişiklikler incelenmiş ve deri direncinin ölçülmesi, bu duyumu izlemeye kullanılan diğer yöntemlerden (kalp hızı ve deri sıcaklığını ölçme) daha duyarlı olduğu saptanmıştır. Ölçülebilir parametrelerinin bir göstergesi olarak kullanılır.

Nispeten güvenilir ve kolay ölçülebilir bir yöntem olan galvanik deri yanıtı kişinin iç duygusal yüklerine ait ölçülebilir parametrelerinin bir göstergesi olarak kullanılır. EEG deki gibi ölçümlerin yansıtıldığı net bir anlaşılabilirlik yoktur. Galvanik deri yanıtı ter bezi aktivitesini ve sempatik sinir sistemindeki ölçüm değişkenlerindeki değişimleri yansıtır. Avuç içi veya parmak uçlarından ölçülen, elektrotlar arasındaki küçük elektrik akımındaki bağıl iletkenlikte değişimler vardır.

Ter bezleri aktivitesinin sempatik sinir sistemi uyarımına yanıtı iletkenlik seviyesinde bir artış olarak yansır.

Sempatik aktivite ile duygusal uyarılma arasında bir ilişki vardır. Benzer galvanik deri yanıtları üretebilen korku, öfke, irkilme, cinsel hisler bu duygular içinde yer alır [13].

### **3.3 GSR Çalışmalarının Geçmişi**

Basit psiko-galvanometre psikolojik araştırmaların ilk araçlarından birisidir. Bir psiko-galvanometre çok küçük elektrik akımını geçiren deri direncini ölçer. Elektriksel direncin büyüklüğünün sadece kişinin genel ruh halinden değil kişinin duygusal reaksiyonlarından da etkilendiği yıllardır bilinmektedir. Bu gerçekler ilk defa Tarchanoff tarafından 1890 yılında belirtilmiştir. Son kırk yıl içinde bunun altında yatan sebebin deri direncindeki değişim olduğu keşfedildi [8, 9].

Tarchanoff yanıtı, otonom sinir sisteminin nöronları arasındaki doğru gerilim değerindeki değişimdir.

Korteksin en gelişmiş katmanları ile özellikle baş ve işaret parmakları arasında bir bağlantı vardır. Fizyolojik yanıt sonucu alfa ritimlerindeki değişiklikler kılcal damarların yapısında değişime neden olur. Bu da direnci etkiler. Galvanik deri yanıtı etkisiyle otonom sinir sistemi aktivitesi deri iletkenliğinde bir değişime neden olur. Yüksek uyarılma anında (0,2 - 0,5 sn) deri direncinin düşmesine, düşük uyarılma (örneğin çekilmesi ile oluşur) deri direncinin artmasına neden olur.

Galvanik deri yanıtı 1900' lü yıllardan beri çok fazla ilgi çekmektedir. Psikanalizde galvanik deri yanıtı dökümanları içinde kullanılan ilk referanslardan biri Carl Gustav Jung'un 1906 yılında basılan "Studies In Word Analysis" dir. Burada İsveçli psikolog deri direncindeki değişimleri ölçmek için el elektrotlarının kullanıldığı bir tekniği açıklar. Bu cihaz herhangi bir kuvvetlendirici olmaksızın kullanılıyordu. 1930 'lu yıllarda kuvvetlendiricilerin kullanılmaya başlanmasıyla taşınabilir psiko-galvanometreler kullanılmaya başlandı. Volney Mathison özellikle 1940 lı yıllarda yalan dedektörleri üzerinden deneyler yapmıştır. Taşınabilir transistörlü GSR-metre cihazlarını geliştirmiştir. Daha sonra yapılan araştırmalarda gerginlik anında cilt direncinin düştüğü , zihnin rahatlama anlarında cilt direncinin arttığı görülmüştür. Bu konuya Dr.Apter'in Bristol Üniversitesi'ndeki kitabı "Reversal Theory" de dikkat çekilmiştir. Bu durum paradoksal uyarılma olarak ifade edilir [8,9].

Bastırılmış duygusal çatışma, zihinde sıkışmış enerjinin yapılanmasına neden olur. Bu durumdaki bir kişi psikoterapik bir oturumda olayları tekrar aktive eder.

1967 yılında Hendrik Fenz ve Stephen Epstein tarafından kaygı ve stres düzeylerinin belirlenmesi için önemli araştırmalar yapılmıştır. 1973 yılında Roskin yalan algılama konusunda ciltten elde edilen yanıtları anlamlandıran mekanizmalar üzerinde çalışmıştır. 1970 lerde biyogeribesleme araştırmaları sırasında, psikoterapide psiko-galvanometreler kullanıldı.

Elektrodermal aktivite araştırmaları yapanlar konuyu tam olarak algılayamadan bir fenomen olarak kabul etmiştir. Elektrodermal aktivite araştırmalarında en çok kullanılan terim galvanik deri yanıtıdır. Yapılan pekçok çalışmayla terminoloji güncellemeleri ve iyileştirmeler yapılmıştır. Bunlar arasında Society for Psychophysiological Research'ün önerisiyle terimleri elektrodermal yanıt çatısı altında toplayan C.C. Brown, P.H Venables ve I.Martin de vardır.

Günümüzde galvanik deri yanıtı, elektrokardiyografi, solunum ve fiziksel aktivitenin birlikte ölçülebildiği sistemler gerçekleştirilmiştir [27].

### **3.4 Biyogeribesleme Uygulamalarında GSR**

Biyogeribesleme kişinin farkındalık düzeyini kendi kendine düzenleme tekniğidir. Kortikal uyarılma düzeyi, kişinin farkındalık düzeyinin merkezidir. Kortikal uyarılma ile deri iletkenliği arasında basit bir ilişki vardır. Korteksin uyarılması deri

iletkenliğini arttırır. Tersine uyarımdaki düşüş deri iletkenliğini azaltır. Hassas bir seviye ölçümü ile bilinçli kontrol altına getirebilir. Birkaç saatlik pratik ile uyarılma seviyesi geniş sınırlar üzerinde bilinçli bir şekilde kontrol edilebilir.

Beynin limbik sisteminin çalışmasını bilmek, galvanik deri yanıtı işleyişinin anlaşılmasında yardımcı olur. Amigdala ve hipotalamus aralarında cinsel dürtü, açlık, susuzluk, öfke, coşku hissi oluşturur. Hipotalamus vücudun işleyişiyle ilgili çeşitli parametrelerin dengelenmesini sağlayan homeostasisden sorumludur. Bu işlev sürekli olarak kan yoluyla izlenir. Kanda çok az veya çok fazla karbondioksit varsa soluk alıp verme artar veya azalır. Şeker seviyesi düşükse kişi kendini aç hisseder. Vücut sıcaklığı çok düşük veya yüksekse titreme veya terleme başlar. Hipotalamus vücudun otonom sinir sistemi yoluyla hem retiküler aktive edici sistem (Reticular Activating System-RAS) yoluyla kortikal uyarılma tetikleyicisi olarak hem de aşırı uyarılma ve biçimlendirme sürecindeki önemli rolüyle doğrudan bu yanıtları yönlendirir. Yanıtlardan iki tanesi özellikle önemlidir. Deride direnç artışına eşlik eden (GSR metrede düşüşe neden olur) rahatlama, sakinleşme yanıtı, deride direnç düşümüne eşlik eden vücudun savaşıma yanıtıdır ( GSR metrede artışa neden olur). Genel olarak düşük iletkenlik rahatlama işaretidir. Yüksek iletkenlik ise duygusal, zihinsel veya fiziksel uyarılma işaretidir [29].

Galvanik deri yanıtı ölçüm cihazı, psikoterapi sürecinde değerli bir yardımcı olarak kullanılabilir. Terapiye alınan kişi düşük bilinç düzeyinde yüksek tabanlı bir dirençle başlayabilir. Yavaş yavaş sorunlarla yüzleştirilmeye başlayan kişinin deri direnci düşecektir. Kötü duygularını atmaya başlayan kişi sağlıklı düzey olan orta direnç bölgesinde kalır. Düşürülen direnç değeri yapılan terapi sayesinde orta direnç seviyesine yükseltilir. Bu yüzden galvanik deri yanıtı ölçüm cihazı terapinin yönlendirilmesinde önemlidir. Beynin uyarılma düzeyi ve duygusal durumu cilt direncini etkiler. Bu değişimi ölçmek için iki elektrot kullanılır.

Galvanik deri yanıtı kullanan geribesleme cihazları parmaktan veya avuç içinden deri iletkenliğini ölçer. Bazı insanlarda galvanik deri yanıtı duygularla yüksek hassasiyet gösterir. Galvanik deri yanıtı geribeslemesi duyarlılığı azaltma ve rahatlama eğitimlerinde dermatolojik koşullarla ilgili aşırı terleme tedavisinde de kullanılmıştır.



### **3.5 Deri Direncinin Belirttiği Biyolojik Vücut Bileşenleri Nelerdir?**

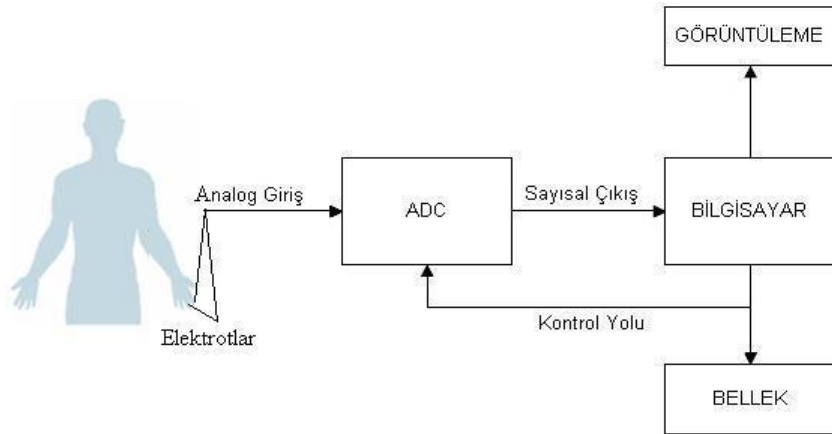
Elektrotlar ile sadece cildin yüzeyine temas edilir. Aslında ölçülen tüm vücut direncidir. Bu bir bütün olarak sinir sistemi tarafından elde edilen cevapların etkileşimidir. Sadece arttırılmış ter bezi emisyonunun neden olduğu arttırılmış iletkenlik yanıtı değildir. Buna ek olarak sinir sistemi, vücudun enerji ve iletişim akışı ve/veya tıkanıklık sistemi olarak açıklanabilen çakra sisteminin çok hassas enerjileriyle etkilenen bir elektrik sistemidir. Zihin ve manevi bilinci yönetme işi sadece fiziksel beyinle yapılmaz. Daha doğrusu sinir sistemi ve vücudun salgı bezi ve kas hareketleriyle, metafiziği arasında kanal görevi görür. Vücudun genetik tabanlı ve hayatta kalma merkezli kendi dinamikleri vardır. Bu eterikli zihin-vücut etkileşim yapısı pek çok kişide hakimdir.



## 4. İNSAN BİYOGERİBESLEME SİSTEMİ

### 4.1 Amaç

Kişinin psikolojik durumundaki değişimler kadar kişinin etrafında gerçekleşen olaylar kişinin derisinin elektriksel özelliklerinin değişimine neden olur. Bu elektrodermal yanıtlar bir cihaz yardımıyla tespit edilebilir. İnsan derisi iyi bir elektrik iletkeni olduğu için cilde zayıf bir akım uygulayarak cildin direnç değeri belirlenebilir. Cihaz ile cilde iki elektrot vasıtasıyla hissedilemeyen bir voltaj uygulanır. Voltaj sabit olduğu için, elektrotlar arasındaki akım deri iletkenliği ile orantılı, deri direnci ile ters orantılıdır. Cihaz elektrotlar arasında akan akımı tespit eder ve kaydedilebilen bir gerilim değerine çevirir. Kaydedilen gerilim  $\mu$ siemens olarak bilinen bir birime kolayca dönüştürülür. Yapılan çalışmada kişinin deri direnci iki elektrot vasıtasıyla ölçülmüş ve ölçülen bu değer monitör üzerinde görüntülenmiş, oluşturulan bir skala ile izlenmesi sağlanarak kişi bilgilendirilmiştir. Sistemin blok yapısı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



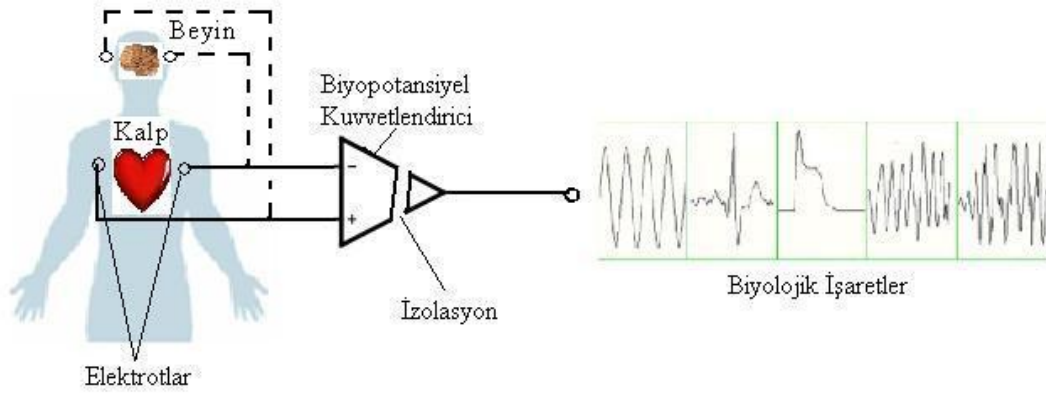
**Şekil 4.1:** İnsan biyogeribesleme sisteminin blok diyagramı

Sistemde, bilgisayarın bilgi alıp verme özelliğini kullanan LPT1 portu kullanılmış, cihaz içinde analog sayısal dönüştürücü olarak ADC0831 entegresi, anahtarlama yapısı olarak CD4066, elektrot olarak bükülebilir yüzey elektrotları kullanılmıştır. Cihaz 9V luk bir batarya ile beslenmiş böylece cihaz içinde izolasyon sağlanmıştır.

## 4.2 Sistemde Kullanılan Yapıların İncelenmesi

### 4.2.1 Elektrotlar

Canlı vücutundan elektrotlar veya dönüştürücüler aracılığıyla algılanan, elektrik kökenli olan veya elektrik kökenli olmayan işaretlere biyolojik işaretler denir. Bu işaretler elektrot vasıtasıyla canlının vücutundan algılanırlar. Bu işaretler çok küçük genliklidir ve alçak frekanslar bölgesinde yer alır (0,1 Hz ~ 2000 Hz). Bu işaretler fark işareti şeklindedir. Şekil 4.2’de biyolojik işaretlerin algılanması gösterilmiştir [9, 10].



**Şekil 4.2:** Biyolojik işaretlerin algılanması

Biyolojik işaretler, insan vücutundaki sinir sistemi beyin, kalp ve kas gibi çeşitli organların faaliyetleri sırasında oluşurlar. Biyolojik işaretlerin esasını, hücrelerdeki elektrokimyasal olayların sonucunda oluşan aksiyon potansiyeli oluşturur. Bu işaretler, elektrotlar yardımıyla algılanıp işaret işleme işlemlerinden geçirildikten sonra çeşitli hastalıkların teşhisinde kullanılmaktadır. Biyolojik işaretler, vücut içindeki karmaşık biyolojik yapıdan dışarıya kolay anlaşılabilir bilgi taşımazlar. Bunun için, elektrotlar yardımıyla algılanan bu işaretlerin işlenip yorumlanmaları gerekir [9,10]. Özellikle, biyolojik işaretlerin analizi zaman içerisinde birbirine yakın bir şekilde yerleşmiş kısa ömürlü, yüksek frekanslıve birbirine frekans olarak çok yakın olan uzun süreli bileşenlerden oluşur [30].

Biyolojik işaretlerin özellikle tıpta teşhis amacına yönelik olarak tesbit edilebilmesi için vücut ile ölçme düzeni arasındaki iletişimi sağlayan ve ayrıca çeşitli amaçlar ve

özellikle tedavi amacı için organlara akım gönderilmesini sağlayan elemanlara elektrot adı verilir

Biyoelektrik gözlemlerin ilk basamağını elektrotlar oluşturur. Metal veya sıvı yapıda olan elektrotlar, biyoelektrik olayların tesbit edilmesinden başka, dokulara elektrik akımı uygulamak için de kullanılır.

Elektrotların seçiminde fizyolojik zehirlilik, elektriksel iletkenlik ve mekanik dayanıklılığa dikkat edilir. Biyoelektrik uygulamalarında en çok kullanılan elektrot metalleri platin, altın, gümüş, tantal, tungsten, paslanmaz çelik veya alüminyumdur. Platinin pahalılık dezavantajı yanında yüksek iletkenliği, aşınmaya (korozyon) ve deformasyona dayanıklılığı nedenleri ile özellikle iridyum alaşımlı olarak, organ içine sürekli gömülü elektrotlar (örneğin, elektronik peacemaker) için en uygundur [31].

Gümüş iyi bir iletkenidir, yumuşaktır, fakat kolay oksitlenir. Paslanmaz çelik korozyona uğrasa da dış uygulamalar, bazen iç uygulamalar için de uygun sayılmaktadır. Yüzeysel uygulamalar için alüminyum da kullanılabilir. Bakır, zehirliliği nedeni ile uygun olmayan bir metaldir [31].

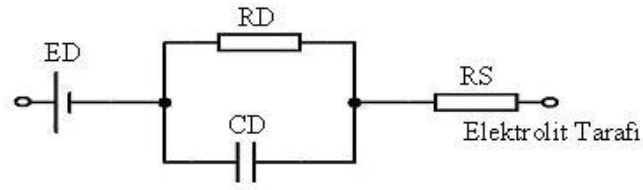
İncelenen dokuya, gözlenen veya uygulanan potansiyele, yerelliğin derecesine göre elektrot geometrisi, iğne biçiminden 5 cm'lik çap büyüklüğüne kadar değişebilir. Yüzeysel kayıt ve uygulamalar için disk veya elips biçiminde yapılan elektrotlara, dokulara daha iyi bir temas sağlamak için hafif bir içbükey geometrisi verilir. Ayrıca iyi bir elektriksel iletim için elektrot altındaki deriye NaCl çözeltisi veya özel elektrot pastası sürülmeli; lastik bağ veya tutucu bantlar yardımı ile elektrotların dokularla iyi teması sağlanarak, hareket etmesi önlenmelidir [31].

Elektrot çeşitlerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Metal plaka elektrot
- Emici düzenli elektrot
- Gezici tipten elektrot
- Tümüyle atılır elektrot
- Bükülebilir elektrot
- Kuru elektrot

#### 4.2.1.1 Elektrodun elektriksel devre modeli ve elektriksel özellikleri

Elektrodun elektriksel devre modeli Şekil 4.3’da gösterildiği gibidir. Bu yapıda CD, elektrot-elektrolit arayüzündeki yük birikiminin neden olduğu kapasiteyi; RD ise bu kapasitenin kaçak direncini ifade etmektedir. ED, elektrodun yarı hücre potansiyeline karşılık olan gerilim kaynağını gösterir. RS ise elektrolitin direncini belirtir. Kullanılan elektrot, Ag/AgCl elektrodu ise CD kapasite değeri oldukça küçüktür ve bu yüzden kapasitif etki oldukça az bir etki gösterir [9].



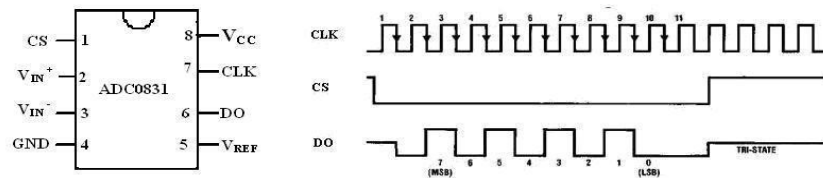
Şekil 4.3: Elektrodun eş değer devre modeli [9]

#### 4.2.2 Analog sayısal çeviriciler (ADC)

Sıcaklık, hız, basınç gibi temel ölçülen özellikler analog sinyallerdir. Elektriksel mekanik veya herhangi bir fiziksel sistemden alınan işaret büyük bir çoğunlukla sürekli zamanlı analog elektriksel işaretlerdir. Bu işaretlerin sayısal sistemlerde işlenmesi için genlik ve zaman bakımından kuantalanması yani sayısal sözcükler haline getirilmesi gerekir. Bu işlemi yapan elemana analog sayısal çevirici (ADC) denir [32].

##### 4.2.2.1 ADC0831 seri analog sayısal çeviricinin özellikleri

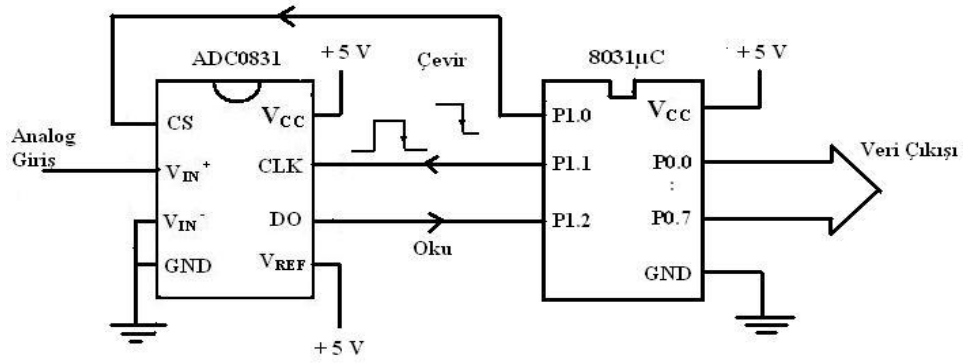
National Semiconductor Şirketinin geliştirmiş olduğu ADC0831 elemanı, 8 bitlik olup seri analog sayısal çevirici sınıfına girer. Şekil 4.4’de bu elemanın bacak bağlantıları ve zamanlama diyagramı gösterilmiştir. ADC0831, +5V’luk tek besleme gerilimiyle çalışmakta ve diferansiyel giriş kabul edebilmektedir. 8 bitlik bilgiyi 40µs’ye yakın bir süre içinde çevirebilmektedir [11].



Şekil 4.4: ADC0831 ‘in bacak bağlantıları ve zamanlama diyagramı [11]

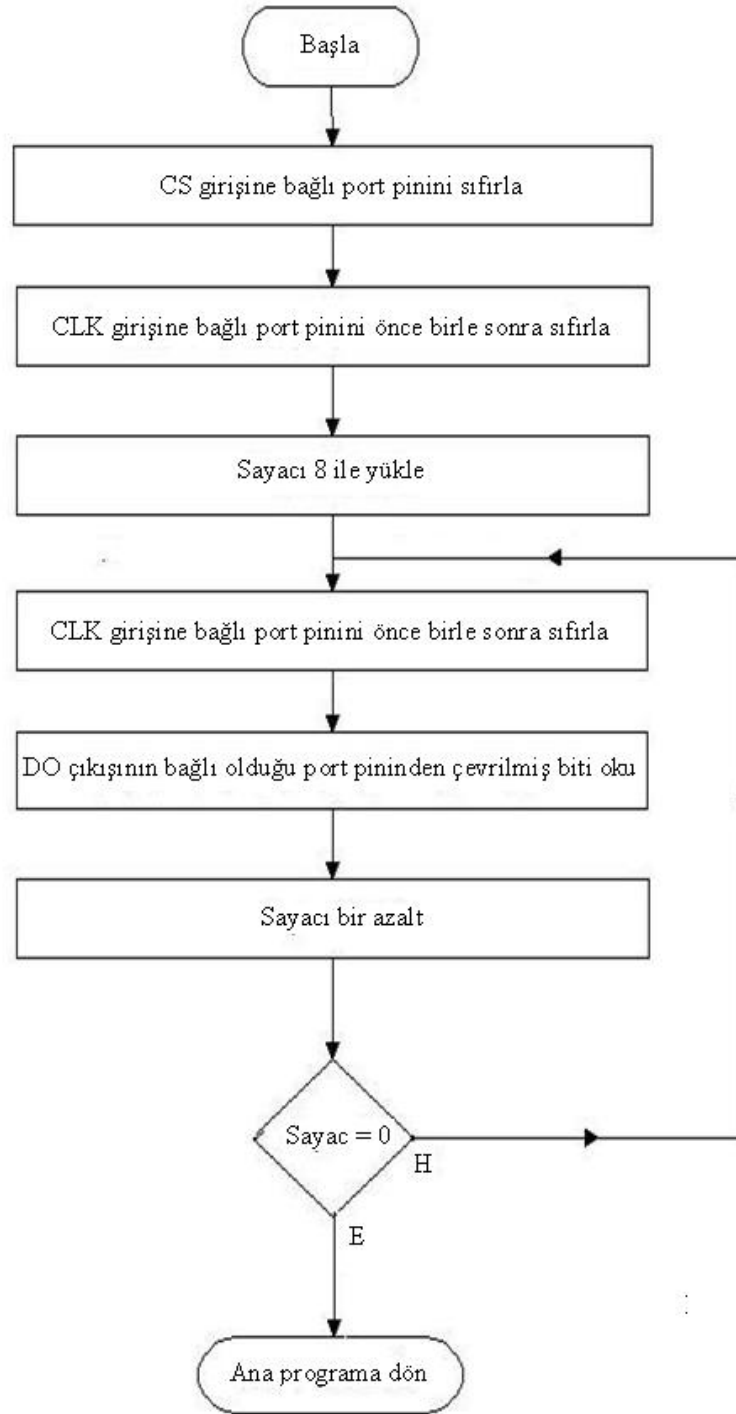
#### 4.2.2.2 ADC0831'nin çalışma ilkesi

Elemanın CS, CLK ve DO şeklinde üç kontrol ucu vardır. CS, diğer analog sayısal dönüştürücü elemanlarında karşılaşılan başla (START) girişine karşı gelmektedir ve düşük seviyede (low) aktiftir. CS, düşük seviyeye çekildikten sonra CLK darbesinin ilk düşen kenarına kadar olan süre, analog sayısal dönüştürücünün hazırlık süresidir ve bundan sonra gelen CLK darbelerinin düşen kenarlarında (başta en anlamlı bit olan D7 biti olmak üzere) sayısal çevrilen bitler, elemanın DO çıkış bacağından sırasıyla alınmaktadır. Buna göre, sayısal çevrilen seri bitler CLK darbesinin birinciden sonra gelen, her düşen kenarında hazır olduğu bilinerek, bu anlarda mikroişlemci tarafından sırasıyla okunabilmektedir. Bu yapıda 0-5 V arası gerilimler sayısal çevrilebilmektedir. Şekil 4.5'de ADC0831'in 8031 $\mu$ C işlemcisi ile olan bağlantısı gösterilmiştir [11].



Şekil 4.5: ADC0831'in 8031 $\mu$ C işlemcisi ile olan bağlantısı [11]

Şekil 4.6'da bu bağlantıya uygun olarak ADC'nin çevirme işlemini yapmasını sağlayacak bir programın akış diyagramı gösterilmiştir. Burada mikrodnetleyicinin P1 portu ile bağlantı kurularak işlem yapılmıştır. Önce P1.0 pininden ADC'ye başla komutu gönderilmektedir. Başla komutunun hemen arkasından, P1.0 pini düşük seviyede iken, P1.1 pini aracılığıyla analog sayısal çeviricinin CLK girişine uygun süreli saat darbeleri yollanır ve hemen ardından yeni çevrilmiş olan bir bitlik bilgi, analog sayısal çeviricinin DO çıkışına bağlı P1.2 pini yardımıyla mikrodnetleyici tarafından okunmaktadır [9].

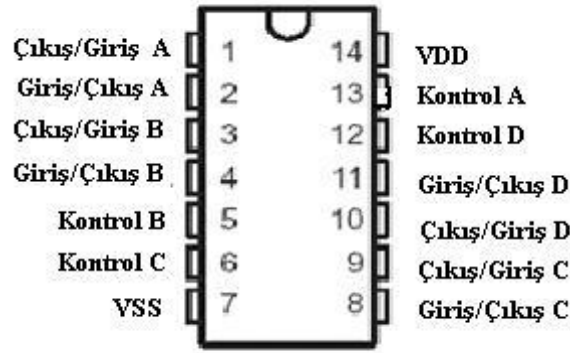


**Şekil 4.6:** ADC0831 ‘de çevrilen bilgilerin okunmasına örnek akış diyagramı

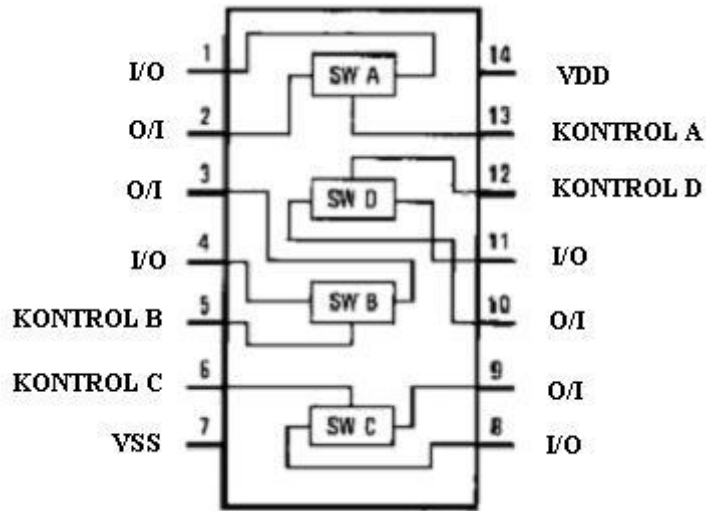
#### 4.2.3 CD4066’nın yapısı

CD4066 analog veya dijital sinyaller anahtarlama yeteneğine sahip bir entegredir. Yapısında dört adet anahtarlama devresi vardır. Entegre +5 V ile beslenir. Bacak bağlantıları Şekil 4.7’de, iç anahtarlama yapısı şekil 4.8’de gösterilmiştir.





Şekil 4.7: CD4066 ‘nın bacak bağlantıları



Şekil 4.8:CD4066’nın iç anahtarlama yapısı

#### 4.2.4 Paralel portun yapısı

Paralel port genelde centronics standardında yapılır. 25 pinli ve 36 pinli centronics standardında portlar vardır. Bilgisayarlarda en yaygın olarak kullanılan 25 pinli konnektörlerdir. Printer portunun adresi genellikle LPT1 için 378H' dir. Ancak bu adresler bilgisayardan bilgisayara değişiklik gösterebilir [33].

Centronicss standardındaki 25 pinlik konnektörün pin numaraları ve her bir pinin ne için kullanıldığı (giriş veya çıkış) Çizelge 4.1 'de verilmiştir. Çizelge 4.2 'de ise konnektördeki her bir pinin hangi adresde yer aldığı görülmektedir.

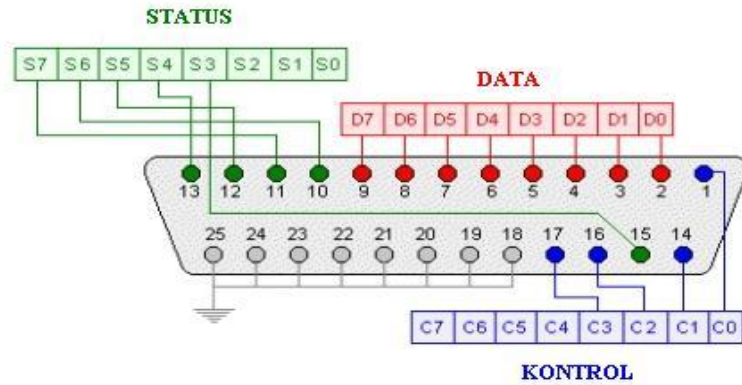
Dikkat edilirse başlangıç adresi 378H den itibaren 379H ve 37AH adresleri olmak üzere 1'er baytlık 3 adres port için ayrılmıştır.

Çizelge 4.1’de 25 pinli Centronics konnektörün pin numaraları ve pinlerin fonksiyonları gösterilmiştir. ( \* ) karakteri sinyallerin değillerinin alınacağını gösterir.

**Çizelge 4.1:** 25 pinli Centronics konnektörün pin numaraları ve pinlerin fonksiyonları [33]

| Pin No | Fonksiyonu  | G / Ç | Pin No | Fonksiyonu       | Giriş/Çıkış |
|--------|-------------|-------|--------|------------------|-------------|
| 1*     | Data Strobe | Çıkış | 10*    | Data Acknowledge | Giriş       |
| 2      | Data bit 0  | Çıkış | 11     | Busy             | Giriş       |
| 3      | Data bit 1  | Çıkış | 12     | Out of paper     | Giriş       |
| 4      | Data bit 2  | Çıkış | 13     | Selected         | Giriş       |
| 5      | Data bit 3  | Çıkış | 14     | AutoLine feed    | Çıkış       |
| 6      | Data bit 4  | Çıkış | 15*    | Erros status     | Çıkış       |
| 7      | Data bit 5  | Çıkış | 16*    | Initialize       | Çıkış       |
| 8      | Data bit 6  | Çıkış | 17     | Select           | Çıkış       |
| 9      | Data bit 7  | Çıkış | 18-25  | Ground           | Çıkış       |

Şekil 4.9’da paralel portun status, data ve kontrol pinleri gösterilmiştir. 5 adet status, 8 adet data, 4 adet kontrol girişi vardır. Çizelge 4.2’de Pinlerin yer aldıkları adresleri gösterir. LPT1 için taban adres 378H'dir. En küçük değerlikli bit D0 bitidir. En değerli bit D7 bitidir [33].



**Şekil 4.9:** Paralel portun status, data ve kontrol pinleri [34]

<http://www.elektromania.net/default.asp?page=cat&cid=1&stid=3&tid=165>

**Çizelge 4.2:** Pinlerin yer aldıkları adresler [33].

| Bit | Taban adres | Taban adres+1    | Taban adres+2    |
|-----|-------------|------------------|------------------|
| 0   | Data bit 0  | -                | Data Strobe      |
| 1   | Data bit 1  | -                | Auto line feed   |
| 2   | Data bit 2  | -                | Initilise        |
| 3   | Data bit 3  | Error Status     | Select           |
| 4   | Data bit 4  | Selected         | Interrupt enable |
| 5   | Data bit 5  | Out of paper     | -                |
| 6   | Data bit 6  | Data acknowledge | -                |
| 7   | Data bit 7  | Busy             | -                |

Paralel porttan analog giriş şu şekilde yapılır:

Paralel port üzerinden 8 bit genişliğinde ve 1Khz örneklem aralığında bir veriyi almak oldukça kolaydır. Bu bant genişliğinin ses sinyalleri için yeterli olmayacağı açıktır. Fakat oda sıcaklığı, ışık seviyesi ve pil gerilimi gibi ölçümler için yeterlidir. Paralel porttan analog girişler yapmak analog çıkışlar yapmaktan daha zor olmaktadır. Çünkü analogtan sayısala çevrilen veri bitlerini okuyabilmek için iki kontrol hattı daha gereklidir. Bu hatlardan biri analogdan sayısala çevirme işlemini

başlatırken diğeri çevirme işleminin bittiğini gösterir. Bilgisayarın paralel port sınırlı sayıda giriş ucuna sahip olduğundan dolayı analog giriş daha zor olabilir. Bu problemi çözmek için , bu çalışmada analogtan dijitale seri olarak dönüşüm yapan bir çevirici (ADC0831) kullanılmıştır. Bu AD çevirici 8 bitlik bir çeviricidir. Bu çeviricide her bitin çevrimi bir saat darbesi ile kontrol edilir. Bir de çeviricinin seçme ucu vardır. Böylece portun biri giriş altısı çıkış olmak üzere yedi ucu kullanılmış olur.

### **4.3 İnsan Biyogeribesleme Sistemi İçin Gerçeklenen Cihaz**

Biyolojik geribesleme yöntemiyle stres azaltma yöntemi zamanla etkisi kanıtlanmış basit bir yöntemdir. Kişinin çeşitli konular üzerinde düşünürken stres düzeyini ölçmeye dayalı bir sistem olduğunu söylemek isabetli olur. Kişinin stres düzeyi gerçek zamanlı olarak düzenekteki bir takım sesli ve/veya görsel uyarı sistemi ile bildirilir. Bu şekilde kişiyi rahatlatan ve stres düzeyini en aza indiren zihinsel egzersizleri tespit edebilir ve günlük hayatta biyolojik geri bildirim düzeneğinin yardımı olmadan da bu egzersizler vasıtasıyla stres düzeyi azaltılabilir. Bir anlamda geribesleme cihazları bir tür zihinsel eğitim aracı olarak da kullanılabilir [12].

Stres düzeyini kontrol edebilmeye başladığınızda artık yapay desteğe ihtiyaç olunmadığı memnuniyetle görülebilir. Ancak şu da eklenmelidir ki eğer yaşanan stresin kaynağı duygusal nedenden ziyade fiziksel bir problemten kaynaklanıyorsa o halde geribesleme cihazı bir doktor yada sağlık profesyoneli gözetiminde kullanılmalıdır. Günlük hayatın getirdiği gerginliği azaltmak ve rahatlamak için bu cihazı bir profesyonelin tam zamanlı kılavuzluğuna ihtiyaç duymadan gerekli talimatları uygulayarak rahatlıkla kullanılabilir [12].

Gerçeklenen sistemden verimli bir şekilde faydalanabilmek için cihazı kullanan kişinin stres düzeyini doğru ve gerçek zamanlı olarak ölçebilmek çok önemlidir. Stresin artmasına yada azalmasına neden olan düşüncelerin ve olayların tespiti bu noktada önem kazanmaktadır [12].

Cildin elektrik akımına verdiği tepkinin ölçüsü olan galvanik deri yanıtı çeşitli stres düzeylerine göre değişiklik gösterir. Dolayısıyla verdiği sonuç gerçek zamanlı olarak gözlemlenebilen ve geri bildirilebilen galvanik deri yanıtı sensörü cihazın etkili bir biçimde çalışabilmesinin en önemli dayanaklarından birisidir.

Bugüne kadar bu iş için bir çok değişik cihaz kullanılmıştır. Bu cihazlar temelinde, direnç-frekans dönüşümü olan sensörler ile çalışmaktadır. Stres düzeyi izleme düzeneği bu eski cihazlarda ayrı devreler halinde bir mikroişlemci yada bir tür bilgisayar şeklinde çalışıyordu.

Günümüzün yüksek hızda çalışan bilgisayar dünyasında, bilgisayar temelli direnç-frekans yaklaşımında birkaç eksiklik göze çarpmaktadır. İlk olarak sistem mikroişlemci saat hızında çalıştığı için bir bilgisayardan diğerine her seferinde tanıtılmalı ve ayarları yenilenmelidir. İkinci olarak sensörün frekansı direk olarak cildin elektrik akımına verdiği tepkiye göre değiştiği için cildin stresin düşük yada yoğun olduğu zamanlara göre verdiği sonuçlar arasında yüksek düzeyde uyumsuzluk olabilmektedir. Son olarak, alınan sonuç periyodik olarak bilgisayarın kontrol dışında devreye girmesiyle değişikliğe uğramakta ve sensörün bildirdiği stres bilgisi değişikliğe uğramakta ve sağlıklı sonuçlar elde etmek imkansız hale gelmektedir. Bilgisayarın kontrol dışı devreye girip bir takım güncellemeler ile sonuçları sekteye uğratmasını, bir saatin doğru bilgi verebilmesi için sürekli güncellenmesine benzetilebilir [12].

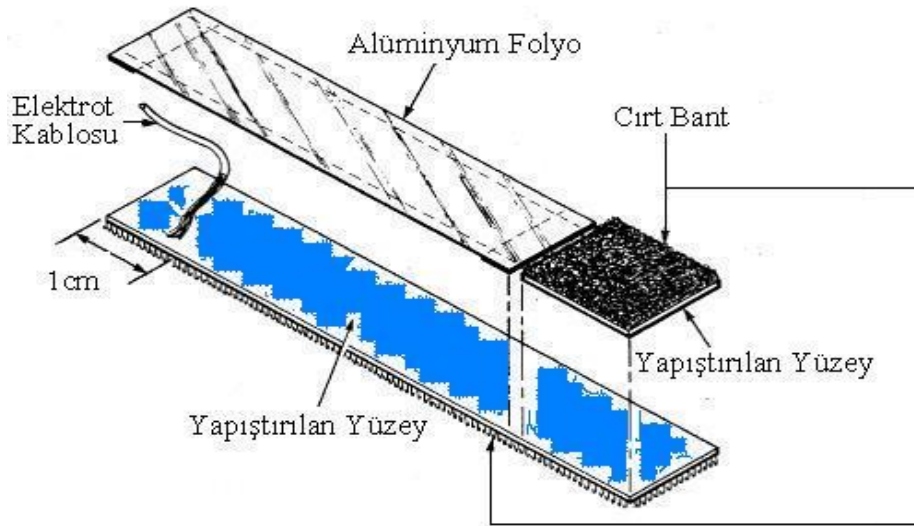
Burada tartışmaya açılan geribesleme cihazı düşük maliyetli ve bilgisayar temelli olmakla beraber yukarıda tespiti yapılan ve tartışılan direnç – frekans temelli tüm problemlerin üstesinden gelen bir stres düzeyi izleme düzeneğidir. Cildin verdiği tepkiyi sabit ve önceden bilinen bir direnç düzeyine göre ölçebilen bir analog-sayısal dönüştürücü kullanır. Özel teknikler kullanılmaksızın uygun parçaların kullanıldığı basit bir yöntemdir. Devre 9 voltluk tek bir pil kullanır ve bilgisayara paralel port (LPT1) üzerinden bağlanır .

#### **4.3.1 Sistemde kullanılan malzemeler**

- R1 direnci 22 kohm
- R2 direnci 2.2 kohm
- R3-R4 dirençleri 10 kohm
- R5 direnci 100 kohm
- R6 direnci 470 kohm
- R7 direnci 1Mohm

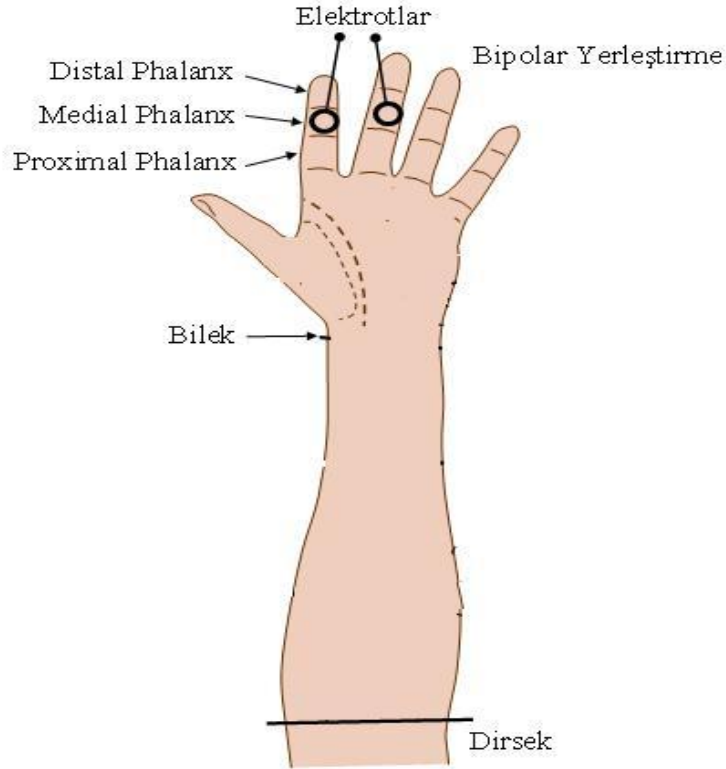
- R8 direnci 220 kohm
- C1 kondansatörü 1 $\mu$ F elektrolitik
- C2 kondansatörü 0,1  $\mu$ F seramik
- IC1 ADC0831 analog sayısal dönüştürücü entegre
- IC2 CD4066 dörtlü anahtarlama entegresi
- IC3 78L05 5 V regülatör entegresi
- 9 Voltluk batarya
- DB25 erkek konnektör ve kablosu
- S1 açma kapama anahtarı
- Elektrot yapımı için alüminyum folyo ,cırt bant ve iletken kablo

Elektrot temas yüzeyi için, iletkenliği iyi olduğundan alüminyum folyo kullanıldı. Bükülebilir yüzey elektrot tipinde olan elektrotların yapım ayrıntıları Şekil 4.10’da verilmiştir. Elektrot kablosunun özellikle parmak izi bölgesine karşılık gelmesine dikkat edilir.



**Şekil 4.10:** Bükülebilir yüzey elektrot yapımı[12]

Şekil 4.11’de deri iletkenliği ölçümü için elektrotların parmak uçlarına yerleştirme noktaları gösterilmiştir. Deri iletkenliği(SC) ölçümü için elektrotlar çift kutuplu olarak parmak ucuna yerleştirilir [13].



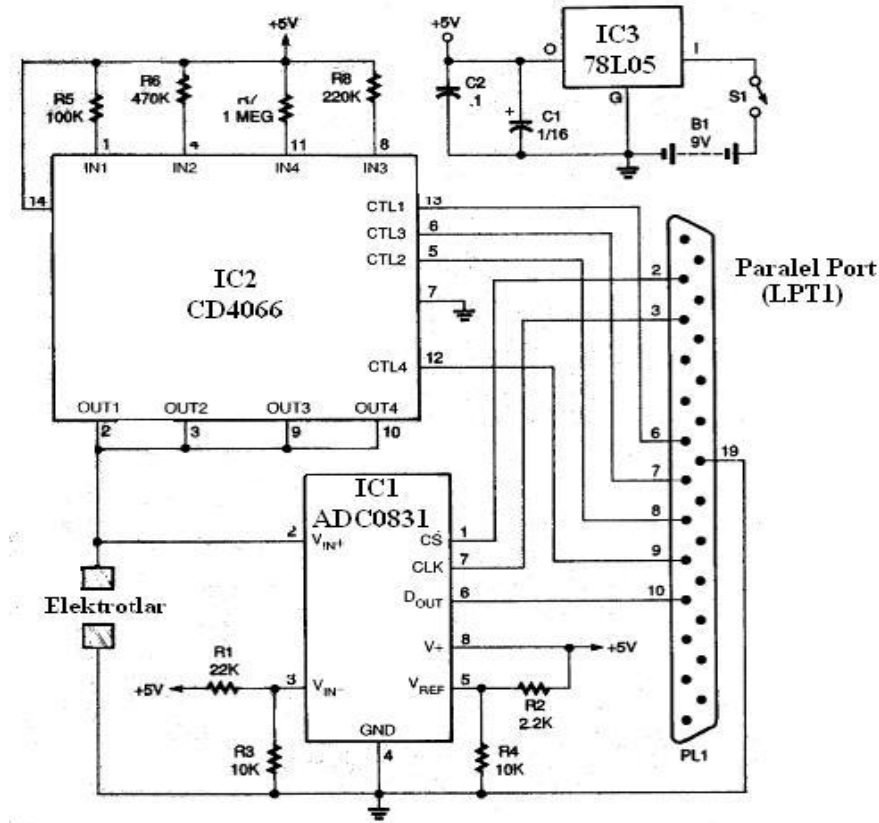
**Şekil 4.11:** Deri iletkenlik ölçümü için elektrotların parmak uçlarına yerleşim noktaları [13]

#### 4.3.2 Devrenin çalışması

Gerçeklenen sistemde 3 adet entegre vardır. Bir adet ADC0831 analog sayısal dönüştürücü (IC1), bir adet 4 lü CD4066 analog anahtar (IC2) ve bir adet 78L05 (IC3) voltaj regülatörü. Analog sayısal dönüştürücüyü kısa bir şekilde açıklarsak. Entegre IC1 0-5 V arasında değişen bir gerilim değerini 8 bitlik 0 ve 11111111(255 desimal, onluk ) arasında bir sayıya çevirir.  $V_{IN}^+$  ADC' nin sayısala dönüştürülecek analog girişidir.  $V_{IN}^+ = V_{IN}^-$  olduğunda çıkışta okunan değer 0 dır.

$V_{IN}^- + V_{REF} = V_{IN}^+$  olduğunda okunan değer 255 yani 11111111 dir. Bu devrede IC1(ADC0831) 5 voltdan düşük gerilim değerlerinin ölçülmesine olanak tanır. Giriş gerilimini sayısal bir değere çevirmek için CS değeri aşağı seviyeye çekilir ('low' konumu) ve CLK girişine saat işareti (darbesi) verilir. İçerdiği bilgi açısından en anlamlı ve önemli bit olan D7 biti  $D_{OUT}$  çıkışında tamda ikinci saat vuruşunun düşen kenarında belirir. Geriye kalan bitler de sırasıyla her saat vuruşunda  $D_{OUT}$  çıkışından okunur ve 8 bit okuması tamamlandığında CS girişi bir dahaki sefere hazır olması için yeniden yukarı seviyeye çekilir ('high'konumuna getirilir).

IC1 e gelen veri girişi iki dirençli bir gerilim bölücüsü olarak görev yapar. R5 ve R8 dirençleri gerilim bölücünün üst kısmını oluştururlar. Bu dirençler dörtlü ve çift taraflı-analog bir anahtar olan IC2 tarafından seçilir. IC2 birbirinin aynı dört adet anahtar içerir. Her birinin birer veri girişi, veri çıkışı ve kontrol girişi vardır. Bir anahtarın kontrol sinyali düşük seviyede (low) olduğunda giriş ve çıkış arasında (input-output) 50 Ohm civarında düşük dirençli bir bağlantı kurulur. Böylece R5- R8 arasındaki dört direncin kurduğu herhangi bir paralel yada tek kombinasyon IC2' ye ait kontrol sinyalleri ile seçilebilir. Bunlar IC2'nin 5, 6, 12 ve 13 nolu girişleridir. Anahtarların mümkün olan 16 değişik açma kapama kombinasyonlarından biri seçilerek, gerilim bölücüsünün üst kısmındaki direnç 56.000 Ohm ile 1 megaohm arasında ayarlanabilir. Gerilim bölücüsünün alt kısmı kişinin cildinin direncidir. Sistemde kullanılan cihazın devre şeması Şekil 4.12 'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.12:** Sistemde kullanılan cihazın devre şeması [12]

Elektrotlardan biri analog sayısal çeviricinin girişine takılırken diğeri de topraklanır. Elektrotlar kişinin parmaklarına bağlı olduğunda direnç değeri toprak ve IC1'in  $V_{IN+}$  girişi arasında ölçülür. Seçilen dirençler ve galvanik deri yanıtı birlikte gerilim bölücüsünü oluşturdukları için IC1'deki gerilim bölücüsü devreleri tarafından



sağlanan gerilim, elektrotlar boyunca galvanik deri yanıtı denilen cilt direncine orantılı olarak bölünür.

$V_{IN}^-$  ve  $V_{REF}$  gerilimleri, gerilim bölücüsü R1-R3 ve R2-R4 rezistör çiftleri tarafından üretilirler. Şekil 4.24’de gösterilen R1-R4 için kullanılan değerler göz önünde bulundurarak referans gerilim değerleri şu şekilde bulunur.  $V_{IN}^-$  için yaklaşık olarak 1.6 volt ve  $V_{REF}$  için de 2.6 volt. Bu gerilim değerleriyle IC1 1.6 volt ile 0 çıkış değeri ve 4.2 volt ile 255 çıkış değerini verir. IC1’ in çözünürlüğü bölünmüş giriş gerilim değerinin ikilik sistemdeki çıkış adımlarıdır. Bu da yaklaşık 10 mV/adım değerindedir. Örnek olarak sadece R5 (100 kohm) direncinin seçilmiş olduğunu düşünelim. Galvanik deri yanıtı değerinin de 100 kohm olduğunu varsayalım.

$$V_{IN^+} = 5 \cdot \left[ \frac{R_{SELECT}}{(R_{SELECT} + R_{PROBE})} \right] \quad (4.1)$$

Eşitlik (4.1)’de  $V_{IN^+}$  giriş gerilimi,  $R_{PROBE}$  elektrotlarla ölçülen GSR değeri,  $R_{SELECT}$  R5-R8 dirençleriyle belirlenen direnç kombinasyonudur.

$$\begin{aligned} V_{IN^+} &= 5 \cdot \left[ \frac{100.000}{100.000 + 100.000} \right] \\ &= 2,5 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Buradan şöyle bir sonuç çıkar:

$$R_{PROBE} = 5 \cdot \left( \frac{R_{SELECT}}{V_{IN^+}} \right) - R_{SELECT} \quad (4.2)$$

$R_{PROBE}$  ‘u hesaplayan formül (4.2) ‘de elde edilir.

10 mV (0.1 V) çözünürlüğünü kullanılarak giriş gerilimi 2,49 V veya 2,51 V değerine değiştiği zaman buna bağlı olarak çıkıştaki değişimi de görebiliriz.  $R_{PROBE}$  formülünde 2,51 V değerini kullanarak galvanik deri yanıtı değerini şu şekilde elde ederiz.

$$\begin{aligned} R_{PROBE} &= 5 \cdot \left( \frac{100.000}{2.5} \right) - 100.000 \\ &= 99,2 \text{ kohm} \end{aligned}$$

R5-R8 dirençleri ile seçilen direnç değerleri galvanik deri yanıtında yaklaşık %1 olarak değişir. IC2'nin gerilim bölücü ile sabitlenmiş direnç değerini bu şekilde hassas düzenlemesi ve IC1'in 5 V 'dan daha küçük bir giriş aralığında çalışma becerisiyle sistem çözünürlüğü iyi bir seviyede çalışır[12].

Sistemin kontrol hatları ve analog sayısal dönüştürücünün data hatları bir DB25 konnektör ile bilgisayarın paralel port (LPT1) girişine bağlanır. Sistemin beslemesi için 9 Voltluk batarya kullanılır ve böylece izolasyon sistem içinde yapılmış olur. IC3 çıkışından elde edilen 5 Volt ile IC1 ve IC2 'nin beslemesi yapılır. Devredeki C2 kondansotörü özellikle önemlidir. Eğer devreden C2 kondansotörü ayrılırsa, elektriksel gürültü nedeniyle analog sayısal dönüştürücüden düzensiz ve dengesiz okumalara neden olunur.

#### **4.3.3 Yazılım ve devre elemanlarının yerleşimi**

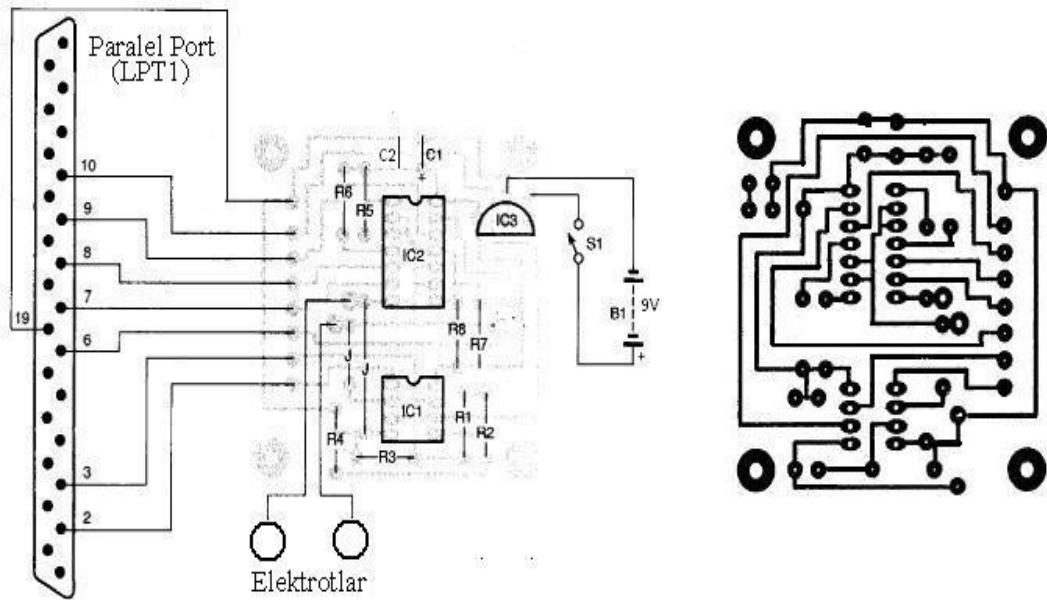
Bilgisayarın paralel port (LPT1) çıkışından rahatça okuma ve yazma yapılabildiğinden, yazılım Visual Basic ile yapılmıştır.

Programın başlangıcında, cihazın paralel porta bağlanması, paralel port adresinin doğru olup olmadığının kontrol edilmesi, eğer port adresi yanlış ise doğru adres bilgisinin girilmesi ve cihazın açılmasıyla ilgili uyarılar verilmektedir. Sistemin açılış ekranı Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Port adresini tespit etmek için Bilgisayarım>Özellikler>Donanım>Aygıt Yöneticisi>Bağlantı Noktaları>LPT1 Bağlantı Noktası>Kaynaklar bölümüne bakılır. Adres genelde 0378'dir. Ekranı LPT1 adresini girerken adresin sağdan üç rakamının önüne "&H" eklenir. Sonuçta adres &H378 olur. Yazılımda paralel port adres değişkeni olarak "add" değişkeni kullanılmıştır. xsupply1 ve xsupply2 değişkenleri IC1'in sırasıyla  $V_{IN}$  ,  $V_{REF}$  girişlerindeki gerilim değerleridir. Bu değerler cihaz meydana getirildikten sonra tekrar ölçülerek stabil değerler yazılım içinde bu değişkenlere atanmalıdır. Ölçüm başladığında elektrotlar yoluyla alınan galvanik deri yanıtı değeri ¼ sn içinde beş kez ölçülerek ortalama değeri alınır. Ölçüm esnasında elin hareket etmemesi özellikle önemlidir.

Ölçüm başladığında, 100 kohm değerindeki R5 direnci yazılım yoluyla gerilim bölücünün üst tarafı için devreye dahil edilir ve referans ölçümü yapılır. İkinci bölümde görüntüleme örneklerini elde etmek için benzer bir yaklaşım kullanılır. "mask" değişkeni başlangıç bölümündeki değere uygun direnç kombinasyonunu

ayarlar. Dirençlerin doğru yapılandırılmasında kalmasını sağlamak için sistem, veri çıkışı sağlar. İkinci bölümde de tıpkı birinci bölümde olduğu gibi beş örnek alınır ve aşırı değişkenliği minimize etmek için ortalaması alınır.

Bir sonraki aşamada ortalaması alınmış galvanik deri yanıtı değeri monitörde skala üzerinde gösterilir. Skalada 5 ile 2 arasındaki stres seviyeleri yani yüksek stres seviyeleri kırmızı renk ile 2 ile -2 arasındaki stres seviyeleri yani orta stres seviyeleri sarı renk ile -2 ile -5 arasındaki stres seviyeleri yani düşük stres seviyeleri yeşil renkte uyarı vermektedir. Şekil 4.27’ de böyle bir ekran görüntüsü vardır. İstenirse görsel uyarıya ek olarak stres seviyesine bağlı sürekli bir işitsel uyarı da sağlanabilir. Düşük stres seviyelerinde düşük ses tonu , yüksek stres seviyelerine çıktıkça artan bir ses tonu uyarısı verilebilir. Bu uyarıdan sonra yeni bir ölçüm yapılır. Kişi kendi duygu ve düşüncelerini kontrol ederek galvanik deri yanıtı seviyesini değiştirmeye dolayısıyla skala üzerindeki uyarımı sağ tarafa, yani düşük stres seviyesi bölgesine ulaşmaya çalışmaktadır. Cihazın devre elemanlarının yerleşimi ve baskı devresi Şekil 4.13’de gösterilmiştir. Devrede elemanları yerleştirirken iki adet jumper uygulaması yapılmıştır.



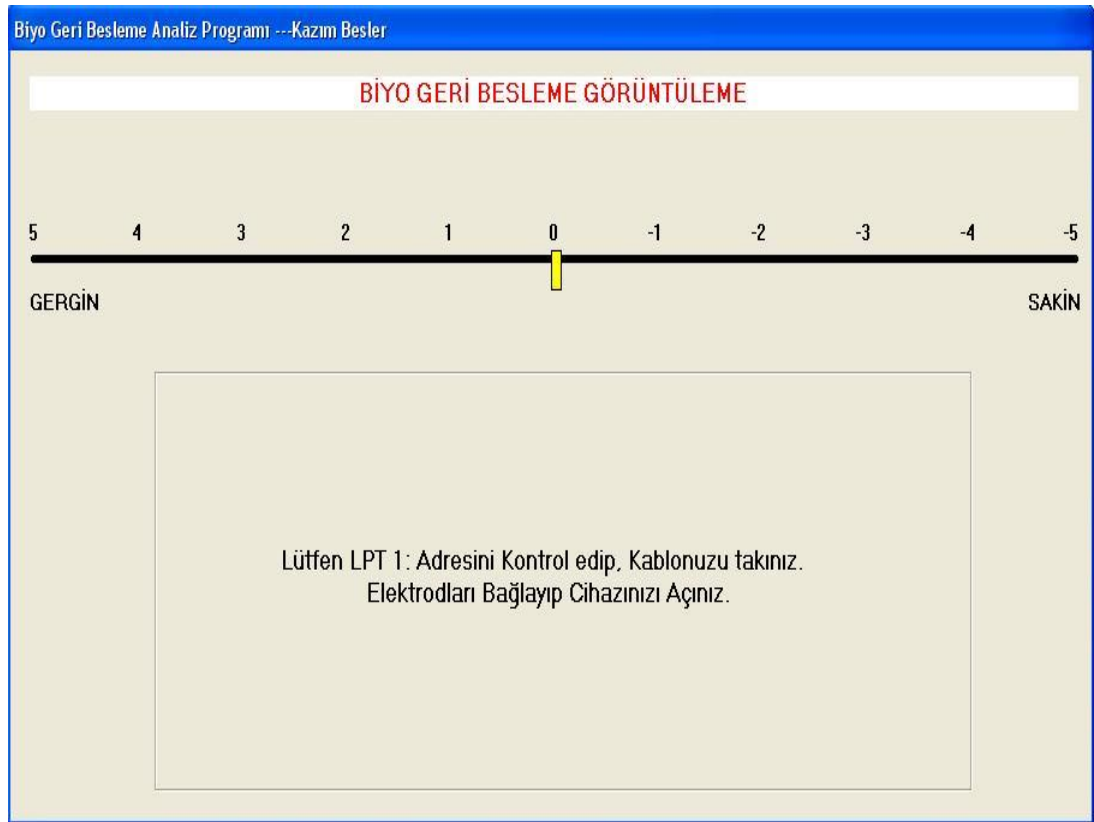
Şekil 4.13:Cihazın devre elemanlarının yerleşimi ve baskı devresi [12]

#### 4.3.4 Sistemin kullanımı

Galvanik deri yanıtı ölçümü yaparak kişinin stres düzeyini ölçen bu cihazı kullanmak kolaydır. Ünite bilgisayarın veri alış-verişi yapan paralel portuna bağlanır.

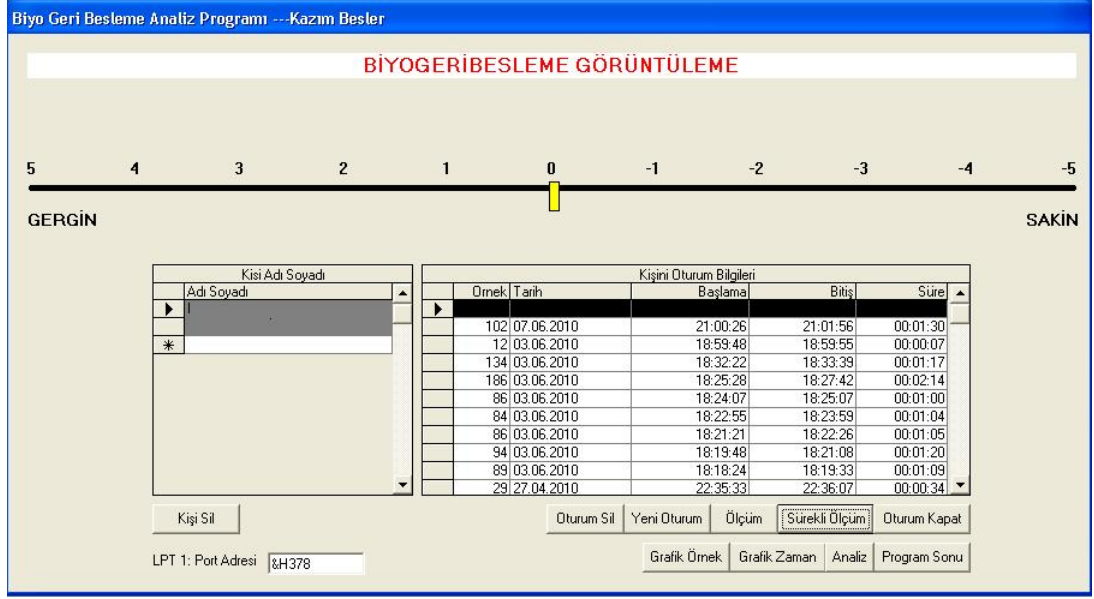
Bilgisayarın port adresi kontrol edilir. Uygun port adresi girildikten sonra sağ el kullanılıyorsa elektrotlardan bir tanesi sol el işaret parmağının ucuna takılır. Elektrot telinin parmak izinin altına gelmesi ve elden uzak olması sağlanır. Diğer elektrotta aynı şekilde orta parmağa uygulanarak cihaz açılır.

Elektrotların bağlı olduğu el düzgün bir yüzey üzerinde ön kol ve el kasında bir gerginlik olmadan durmalıdır. Elin konumu hareketsiz bir şekilde korunarak cihazı kontrol eden yazılım çalıştırılır. Şekil 4.14’de oturumun açılış ekranı gösterilmektedir.



**Şekil 4.14:**Sistemin açılış ekranı

Kişi adı girilip, oturum başlatıldıktan sonra ölçüm yapılmaya başlanır. Şekil 4.15’de ana çalışma ekranı ve ölçüm ekranı gösterilmektedir. Kişinin ölçüm sonucu stres seviyesi monitördeki skala üzerinde gösterilir. Daha fazla sakinlik durumu için göstergenin skala üzerinde sağ tarafa doğru hareket ettirilmesi için konsantre olmaya çalışılır. İlk başta bu konsantrasyonu sağlamak zor olabilir.



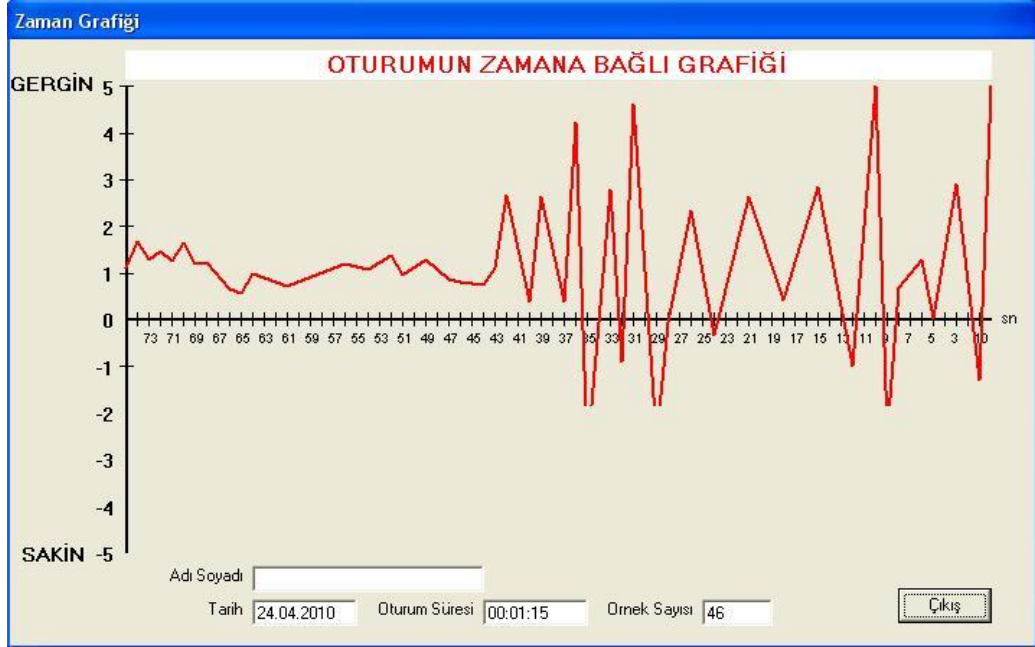
**Şekil 4.15:**Sistemin ölçüm ekranı

Başlangıçta bu durum çok normaldir. Bu durum skala üzerindeki gösterge ile düşünce süreci arasında etkili bir biyogeribesleme oluşturulamadığını gösterir. Bu döngüyü oluşturmak için kişi nefes alma şeklinin farkına varmaya başlamalıdır.

Stres ve ankiyeste kontrolünde nefes alma yapısının sonuçlarını anlamak için solunum fizyolojisinin izlenmesi gerekir. Aşırı hızlı soluk alıp vermenin tersine çevrildiği veya indirgenmiş duygusal aktivasyonun herhangi bir fizyolojik işaretini göstermeksizin nefes alan hastaların rahatlama hissini öğrenebilmeleri mümkün olabilir [35]. Uzun ve derin nefes alma denenir. Bir kaç dakika uzun ve derin nefes alınır. Bu süre sonunda rahatlama başlamalı ve gösterge skala üzerinde orta ve sağ taraf bölgesinde gözükmeye başlamalıdır. Bu biyogeribesleme döngüsünün başlangıcıdır. Bu işleme gösterge daha fazla sağ tarafa doğru hareket ettirilemeyinceye kadar devam edilir. Oturum, gösterge en sağa çekilince veya program sonlandırılınca sona erer.

Bu süreç, zihinsel resmi sahneler veya sakinleşmeye neden olan düşünceleri akla getirir. Bu cihazı kullanarak stres seviyesini azaltma yeteneğini geliştirmek için kişinin zihninde olumlu düşünceler oluşmasına yardımcı olur. Cihazı uzun zaman periyotlarında sürekli olarak kullanmak çok etkili olur. Biyogeribesleme oturumları için hergün 10-15 dakika ayrılabilir. Eğer bu sürekli olarak yapılırsa her bir oturumun kayıtları tutulabilir ve her bir oturum süresince oluşan gelişim grafikler halinde görülebilir.

Şekil 4.16’da nefes kontrolü sağlanarak gerginlik seviyesinin orta stres seviyesine çekildiği oturumun zamana bağlı grafiği gösterilmiştir. Aynı oturumun örnek sayısına bağlı grafiği Şekil 4.17’de görülebilir.



Şekil 4.16: Oturumun zamana bağlı grafiği



Şekil 4.17: Oturumun örnek sayısına bağlı grafiği

Ana çalışma ekranında programı kullanmak için ek seçenekler vardır. Bu seçenekler biyogeribesleme oturumuna başlamak, ölçüm yapmak, önceki oturumların kaydedilmiş bilgilerinin grafiklerini elde etmek, sürekli ölçüm yapmak ve analiz

etmektir. Şekil 4.15 bir oturuma ait izleme sonuçlarını göstermektedir. En son sonuç grafiğin solundadır. Önceki sonuçlar sağa doğru hareket eder. Oturum sonlandırıldığında sonuçlar kişiye ait dosyaya kaydedilir. Herhangi bir zamanda dosyanın içeriği analiz edilebilir. Şekil 4.18 bir kişiye ait 47 oturumun sonuçlarını içeren bir dosyanın analizini gösterir. Yatay eksendeki mavi renkli imlecin belirttiği oturuma ait analiz bilgileri, ekranın altında gözükmektedir.

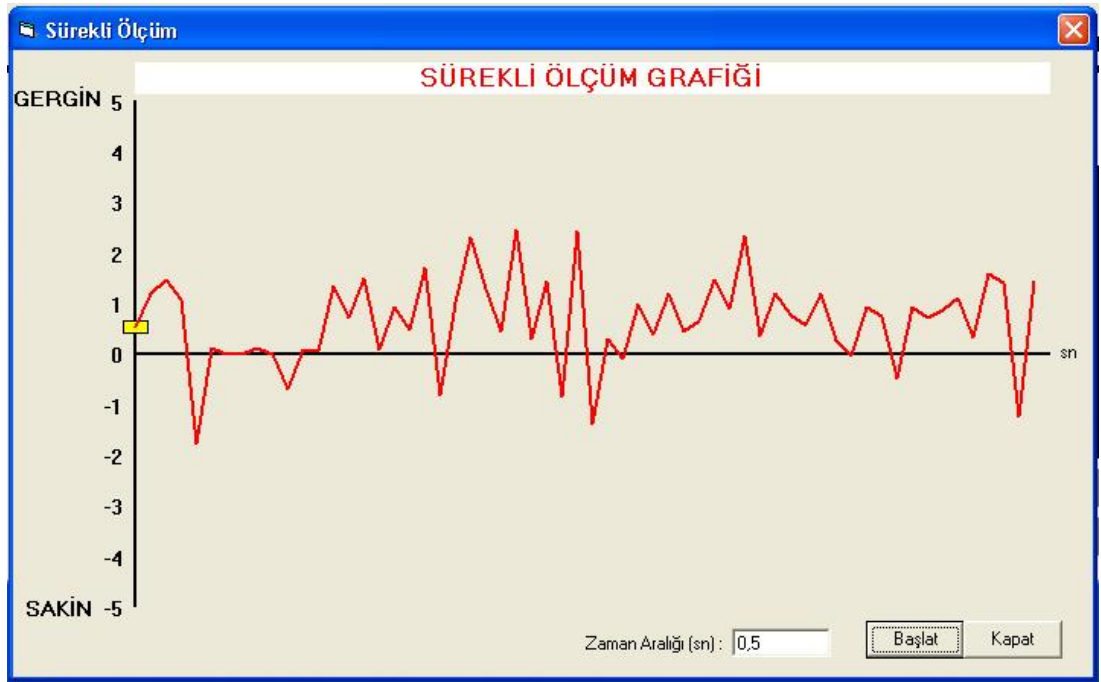


Şekil 4.18: Analiz ekranı

Analiz bilgileri içinde kişinin adı soyadı, kişiye ait toplam oturum sayısı, incelenen oturumun tarihi, incelenen oturumun numarası, incelenen oturumun süresi, incelenen oturumda alınan örnek sayısı, oturum sonunda ulaşılan bitiş değeri gösterilmektedir. Analiz ekranının altındaki sağ-sol tuşları ile mavi imleç hareket ettirilerek analiz edilmek istenen oturum bilgilerine ulaşılır. Mavi imlecin gösterdiği oturum en son oturumdur. Mavi imleç sağa doğru hareket ettikçe sırasıyla önceki oturum bilgilerine ulaşılır.

Analiz fonksiyonu, farklı günlerde strese neden olan olayların saptanmasına yardımcı olabilir. Böylece kişi kendisi için strese neden olan olaylardan uzak durmayı da öğrenebilir.

Ölçüm seçeneklerinden sürekli ölçüm seçeneği seçilerek anlık stres ölçümü sürekli zamanda izlenebilmektedir. Stres seviyesini sürekli zamanda izleyebilmek için örnek alma aralığı ekrandan girilerek izleme yapılabilir. Sürekli ölçüm ekranında stres seviyesi düşey eksende zaman bilgisi yatay eksende gösterilmiştir (Şekil 4.19). Eksen üzerinde 5 ile 2 arasındaki stres seviyeleri yani yüksek stres seviyeleri kırmızı renk ile 2 ile -2 arasındaki stres seviyeleri yani orta stres seviyeleri sarı renk ile -2 ile -5 arasındaki stres seviyeleri yani düşük stres seviyeleri yeşil renkteki imleç ile gösterilmektedir.



**Şekil 4.19:** Sürekli ölçüm ekranı

Bu yöntem kullanılarak farklı kişilerden farklı zamanlarda ölçüm alınmıştır. Elde edilen grafikler Ek B bölümünde Şekil B.1 den Şekil B.33 'e kadar gösterilmiştir. Bir yaşındaki bir bebekten sadece uyurken ölçüm alınabilmektedir. Bebek dahil toplam 6 kişiden uyurken, 5 kişiden uyandıktan hemen sonra, 3 kişiden gün sonunda (akşam) uyanırken, 2 kişiden bilgisayar oyunu oynarken, 5 kişiden rock müzik dinlerken, 5 kişiden sevdiği bir şarkıyı dinlerken, 5 kişiden Mozartın 9. Senfonisini dinlerken gerçek zamanlı olarak ölçüm alınmıştır. Ölçüm aralığı 0.5 sn olarak seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar sonuçlar bölümünde değerlendirilmiştir.



## 5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Uygulanan insan biyogeribesleme sisteminde, stresli bir kişi, biyogeribesleme yöntemine uygun bir cihaz kullanarak, fizyolojik yapısındaki parametreleri kontrol etmeyi öğrenebilmiş ve bu sistemi günlük yaşamına adapte ederek stres seviyesini cihaz yardımıyla düşürmeyi başarmıştır.

Psikoterapi ve kişisel gelişim çalışmalarında biyogeribeslemenin görüntülenmesinin kullanımına ait çok fazla alan vardır. Bir biyogeribesleme yapısında elektrotlarla yapılan galvanik deri ölçümü ile psikoterapi ve kişisel gelişim prosedürleri uygulanabilir. Çalışmada, bilinçaltı sınırları içinde bastırılan mevcut duygusal yüklerin tesbit edilebildiği ve görüntülenip kaydedilebildiği görülmüştür. Bu yöntemin kişinin kendi kendine uygulayabileceği kolay bir yöntem olduğu görülmüştür. Ölçüm sırasında elektrotların bağlı olduğu elin ve parmakların hareket ettirilmemesi önemlidir.

Farklı kişilerde değişik zamanlarda, farklı durumlarda yapılan ölçümler sonucunda bu kişilerde uyurken stres seviyesinin genelde çok fazla değişim göstermediği görülmüştür. Kişilerden sabah uyandığı anda ve akşam uyanırken ölçümler alınmış ve bunun sonucunda, sabah saatlerinde çok fazla değişkenlik göstermeyen ve nispeten düşük stres seviyelerinin, akşam saatlerinde belirli bir oranda değişkenlik gösteren daha yüksek seviyelere çıktığı görülmüştür. Buradan günlük yaşantı içindeki duygusal yüklerin, stres seviyesini yükseltmede etkili olduğu düşünülebilir. Biri kız diğeri erkek iki çocukta bilgisayar oyunu oynarken yapılan ölçümler sonucu, bilgisayar oyunu oynamanın stres seviyesinde ani değişimlere neden olup yükselttiği görülmüştür. Farklı kişilerde farklı müzik türlerinin kişinin stres seviyesini nasıl etkilediğini anlamak için kişilere önce bir rock parçası, sonra kişinin sevdiği bir şarkı en sonunda da Mozart'ın 9. Senfonisi dinletilerek ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sonucunda rock müziğin stres seviyesini yükselttiği ve seviyede hızlı değişimlere neden olduğu görülmüştür. Kişinin sevdiği bir şarkıyı dinlemesinin stres seviyesinde düşümlere neden olduğu ve değişimlerin az olduğu görülmüştür. Mozart dinlemenin ise stres seviyesinde ciddi oranlarda düşüme neden olduğu görülmüştür. Mozart'ın

eserinin ilk bölümlerinde stres seviyesinde düşüş görülürken, eserin sonlarına doğru bu düşüş oldukça belirginleşmiştir. Bazı kişilerde grafikte değişkenlik azalmıştır. Buradan, kişilerin stres seviyelerini düşürmek için sevdiği müzik parçalarını ve Mozart'ın eserlerini dinleyebileceği önerilebilir. Çocuklar için uzun süreli bilgisayar oyunu oynamanın stres seviyesini yükselteceği düşünülebilir. Bu konuda uzun süreli ve çok örnekli ölçümler yapılabilir. Bu ölçümler bu çalışmada kullanılmayan Türk Musikisi için de yapılabilir. Sistemde cihaz ile birlikte bir masa üstü bilgisayar kullanılmıştır. Cihazı günümüzde yaygın olarak kullanılan dizüstü bilgisayarlarla kullanabilmek için, PCMCIA paralel (DB25 giriqli) kart kullanılabilir.

Eğer bir biyogeribesleme yöntemi kişi için başarılı bir sonuç veriyorsa bu, kullanılan ilaç miktarının düşmesine neden olabilir. Kişinin durumuna bağlı olarak standart tedavinin yanında biyogeribesleme yöntemi de kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Klnowski W.**, 2006, “Neurobiofeedback and Chaosenology betweet concious and uncuncious”, *First COST B27 seminar May.12, Skopje, Macedonia*
- [2] **Olton and Noonberg .**,1980, “*Biofeedback Clinical Applications in Behavioral Medicine*”, Prentice Hall
- [3] **Rosenboom, D.**, 1990, “Extended Musical Interfece With The Human Nervous System: Assessment and prospectus”, *Leonardo Monograph Series Monograph Number , International Society for the Arts, Sciences and Technology (ISAST)*, San Francisco, California
- [4] <http://www.mayoclinic.com/health/biofeedback/MY01072> Alındığı Tarih: 03.02.2010
- [5] <http://www.stress-relief-tools.com/how-biofeedback-works.html> Alındığı Tarih 20.11.2009
- [6] **Beatty and Legewie**, 1977, “*Biofeedback and Behavior*”, Plenum Press
- [7] **Esen, F.**, 2000, “Elektrodermal Activity”, *T Klin Jmed Sci*, pp.27-34
- [8] **Perry, J.C.**, 2007, ”The Psychophysiology of Risk Processing and Decision Making Regional Stock Exchange”, Messachusetts Institue of Technology
- [9] **Yazgan, E., Ertuğrul, Korürek, M.**, 1996, “Tıp Elektroniği”, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi
- [10] **Jin Tao Li, Sio Hang Pun, Mang I Vai, Peng Un Mak, Pui In Mak, Feng Wan.**, 2009, “Design of Current Mode Instrumentation Amplifier for Portable Biosignal Acquisition System ”, *Biomedical Circuits and Systems Conference, 2009. BioCAS 2009. IEEE*, pp.9-12
- [11] **Korürek, M.**, 1996, “Tıp Elektroniğinde Tasarım İlkeleri”, İTÜ Elektrik Elektronik Fak.Ofset Baskı Atölyesi
- [12] **Barbarello, J.J.**, 1996, “Build A Biofeedback Monitor”, *Electronics Now*, pp.37-43
- [13] **Malmivuo, J., Plonsey R.**, 1995, “Bioelectromagnetism” Oxford University Press, Inc, Newyork
- [14] **Ahuja, N.D., Agarwal, A.K., Mahajan, N.M., Mehta, N.H., Kapadia, H.N.**, 2003, “GSR and HRV: its application in clinical diagnosis”,

- Computer-Based Medical Systems, 16th IEEE Symposium* , pp. 279-283
- [15] **Blanchard, E.B.**, 2002, “Biofeedback and Hypertension: A Déjà Vu Experience”, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 27, No. 1, pp.107- 109
- [16] **Hassett, A. L., Radvanski, D. C., Vaschillo, E. G. Vaschillo, B., Sigal, L. H., Karavidas, M. K., Buyske, S. Lehrer, P.M.**, 2007, “A Pilot Study of the Efficacy of Heart Rate Variability (HRV) Biofeedback in Patients with Fibromyalgia”, *Applied Psychophysiology & Biofeedback*, Vol. 32 Issue 1, pp.1-10
- [17] **Alahakone, A.U., Senanayake, S.M.N.A.**, 2009, “A real Time Vibrotactile Biofeedback System for Improving Lower Extremity Kinematic Motion during Sports Training”, *SOC PAR ' 2009 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition*, pp. 610-615
- [18] [http://www.aapb.org/providers\\_efficacy.html](http://www.aapb.org/providers_efficacy.html) Alındığı Tarih: 20.01.2010
- [19] **Linden, W., Moseley, J.**, 2006, “Efficacy of Behavioral Treatments for Hypertension “, *Applied Psychophysiology & Biofeedback*, Vol. 31 Issue, pp. 51- 63
- [20] **Zhai, J., Barreto, A.**, 2006, “Stress Detection in Computer Users Based on Digital Signal Processing of Noninvasive Physiological Variables Engineering in Medicine and Biology Society”, *28th Annual International Conference of the IEEE*, pp.1355 – 1358
- [21] **Shusterman, V.; Barnea, O.**, 2005, “Sympathetic nervous system activity in stress and biofeedback relaxation “, *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE* Vol. 24, Issue: 2, pp 52 – 57
- [22] **Tarvainen, M.P., Koistinen, A.S., Valkonen-Korhonen, M., Partanen, J., Karjalainen, P.A.**, 2001, “Analysis of galvanic skin responses with principal components and clustering techniques”, *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* Vol. 48, Issue: 10, pp. 1071 – 1079
- [23] **Tarvainen, M.P., Karjalainen, P. A., Koistinen, A.S., Valkonen- Korhonen, M.**, 2000, “ Principal component analysis of galvanic skin responses “, *Proceedings of the 22nd Annual EMBS International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* Vols 1-4, Vol.22, July 23-28, Chicago IL., pp.3011- 3014
- [24] **Xiong, J.**, 2010, “ Design of Health Relaxation System based on Biofeedback from Finger Sensors”, *Innovative Computing & Communication, 2010 Intl*

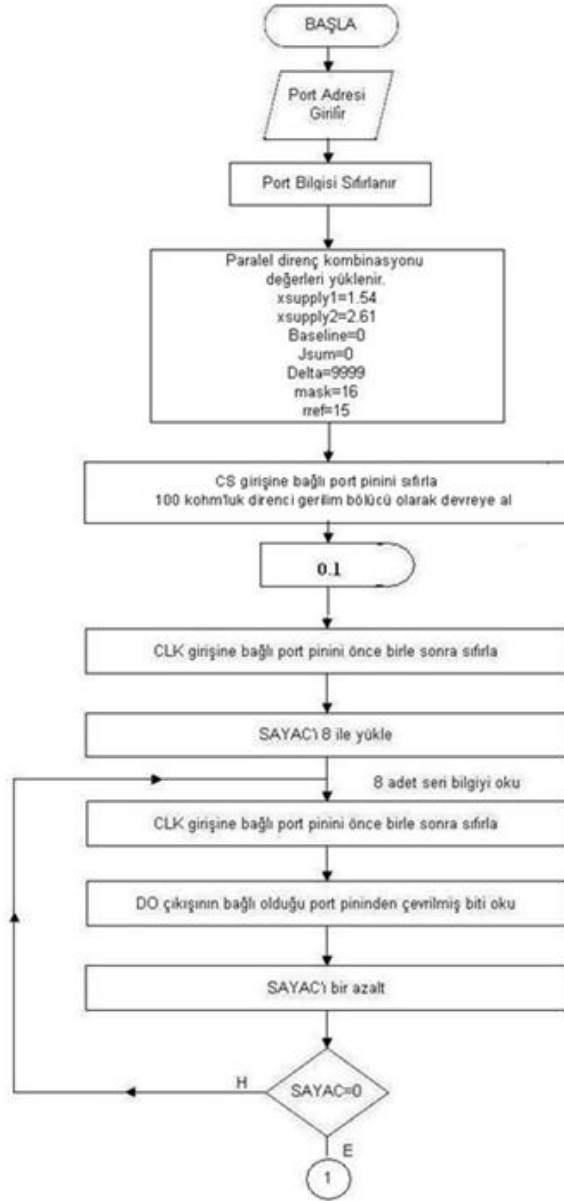
*Conf on and Information Technology & Ocean Engineering, 2010 Asia-Pacific Conf on (CICC-ITOE) , pp. 127-128*

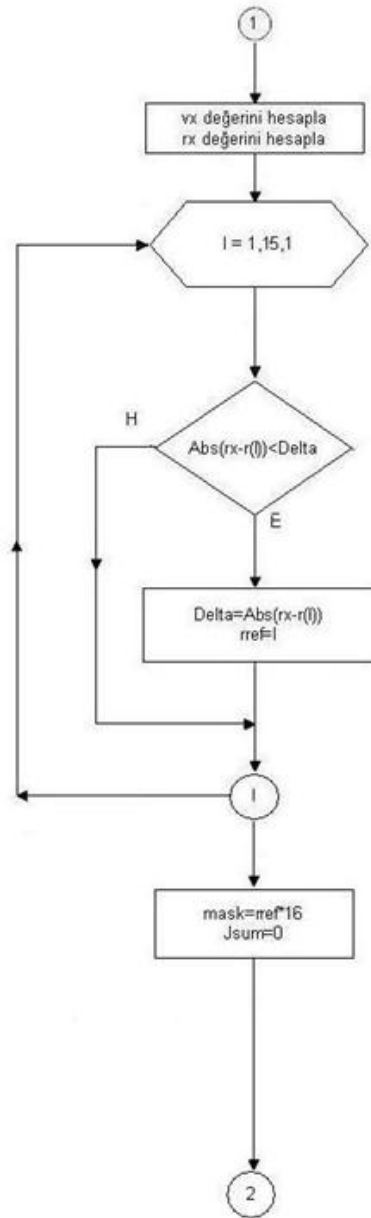
- [25] **Westeyn, T., Presti, P., Starner, T.**, 2006, "ActionGSR: A Combination Galvanic Skin Response-Accelerometer for Physiological Measurements in ActiveEnvironments Wearable Computers", *10th IEEE International Symposium on*, pp.129-130
- [26] **Margaret J.C.**, 1981, "Electrodermal activity in the 1980s: a review", *Journal of the Royal Society of Medicine* Vol. 74 , p p. 616-622
- [27] **Gharbi, A., Hey, S., Jatoba, L. , Grossmann, U., Ottenbacher, J., Kuncoro, C., Stork, W. , Muller-Glaser, K.D.**, 2008, "System for Body and Mind Monitoring in coaching process " *Medical Devices an Biosensors, 2008. ISSS-MDBS 2008. 5th International Summer School and Symposium on*, pp.89-91
- [28] **McCowan, P. K., Edin, M. D.**, 1926, "The Physico-Psycho-Galvanic Reflex in the Neuroses and Psychoses", *Journal of Mental Science*, pp. 492-503
- [29] **Shye, A., Yan Pan, Scholbrock, B., Miller, J.S., Memik, G., Dinda, P.A., Dick, R.P.**, 2008, "Power to the people: Leveraging human physiological traits tocontrol microprocessor frequency" , *41st IEEE/ACM International Symposium on*, pp.188-199
- [30] **Bai-Lian Li, Hsin-i Wu**,1996, "Change detection in nonlinear biosignal processing by wavelets " *Biomedical Engineering Conference, Proceedings of the 1996 Fifteenth Southern*, pp.307-310
- [31] [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/modul.pdf/522EE0154.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul.pdf/522EE0154.pdf)  
Alındığı Tarih 07.03.2010
- [32] **Valencic, V., Deval, P., Krummenacher, F.**, 1987, "8-bit micropower algorithmic A/D convertor", pp.932-933
- [33] **Axelson J.**, 1997, "Parallel Port Complete",Publisher: Lakeview Research; Pap/Dis Edition Madison,USA
- [34] <http://www.elektromania.net/default.asp?page=cat&cid=1&stid=3&tid=165>  
Alındığı Tarih: 12.03:2010
- [35] **Ansgar C., · Anett M., Sigrun D., Sunyoung K., Alicia E. M., Eileen W., Walton T. R.**, 2007, "Applied Psychophysiology & Biofeedback", *Jun2007, Vol. 32 Issue 2*, p. 89-98



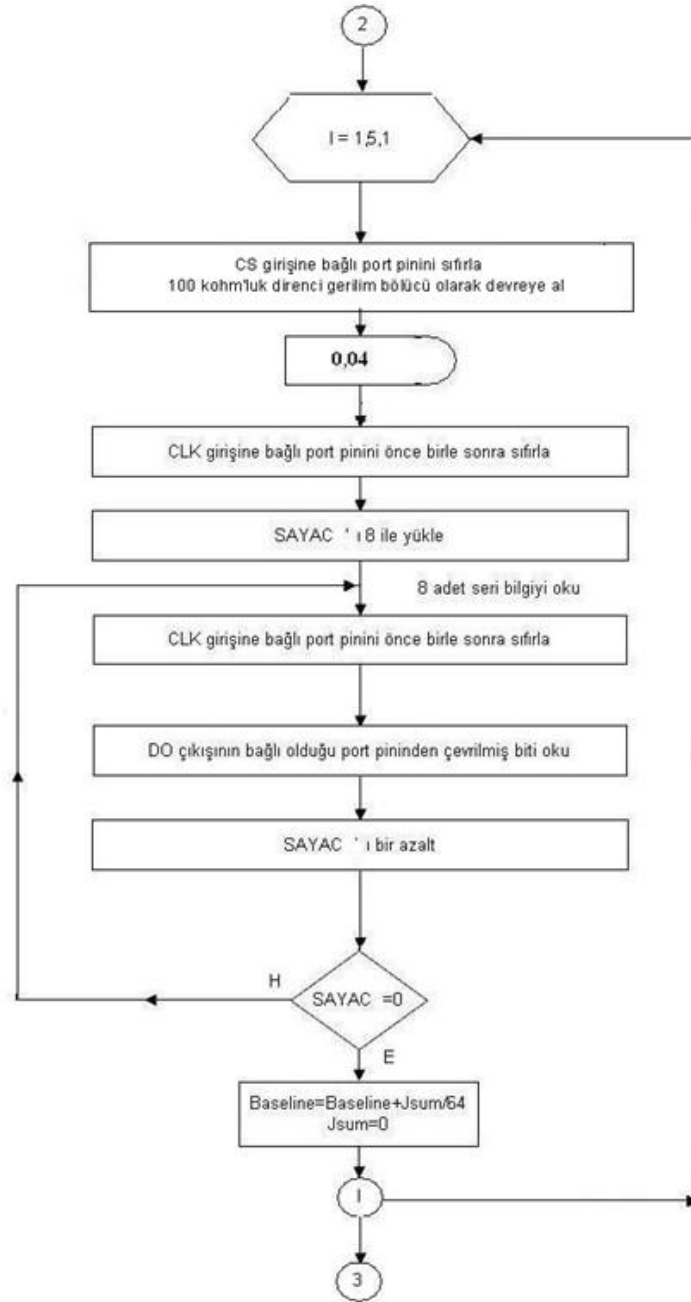
## EKLER

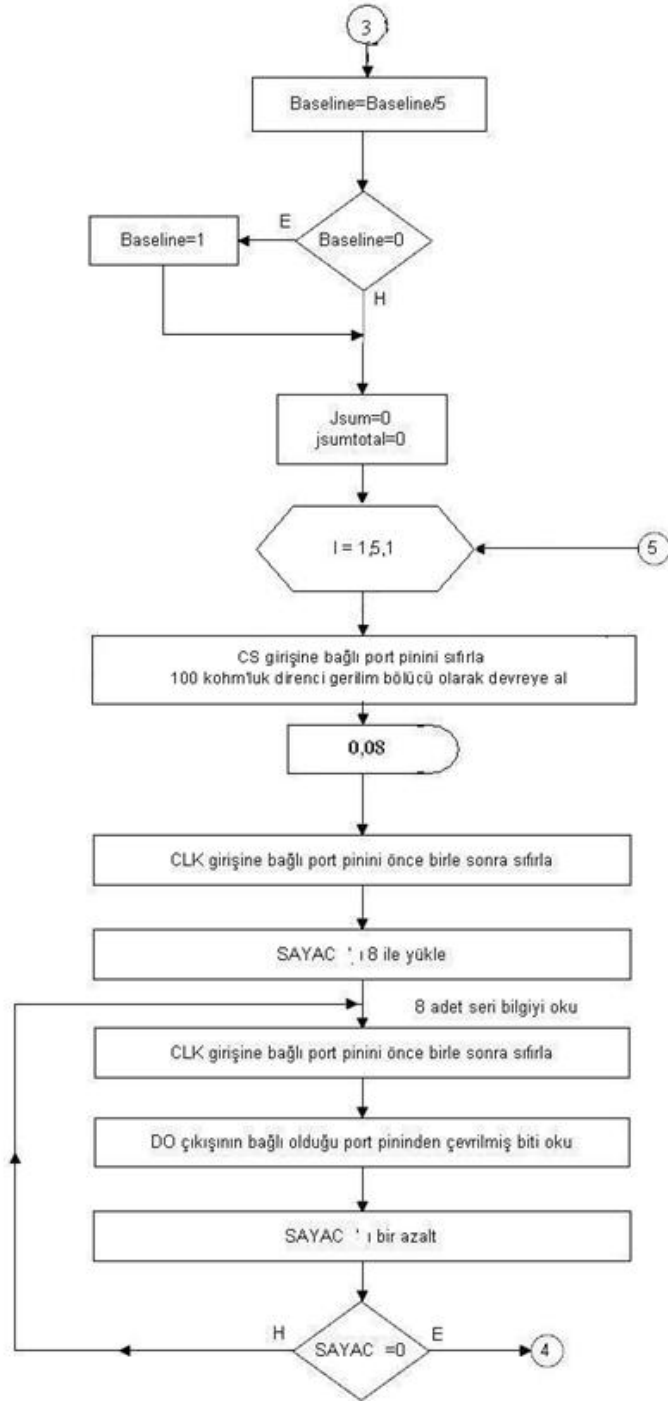
### EK A: ALGORİTMA

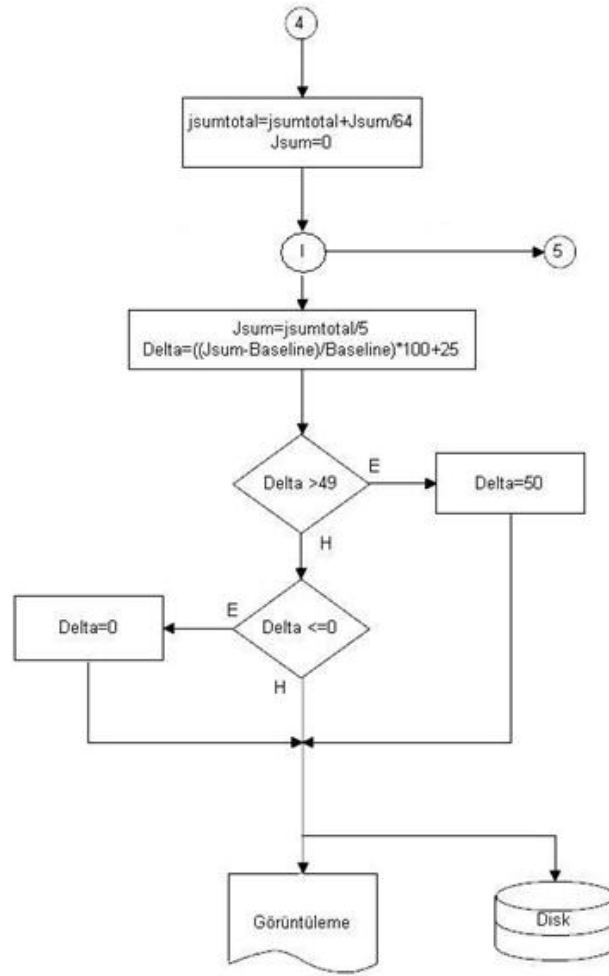






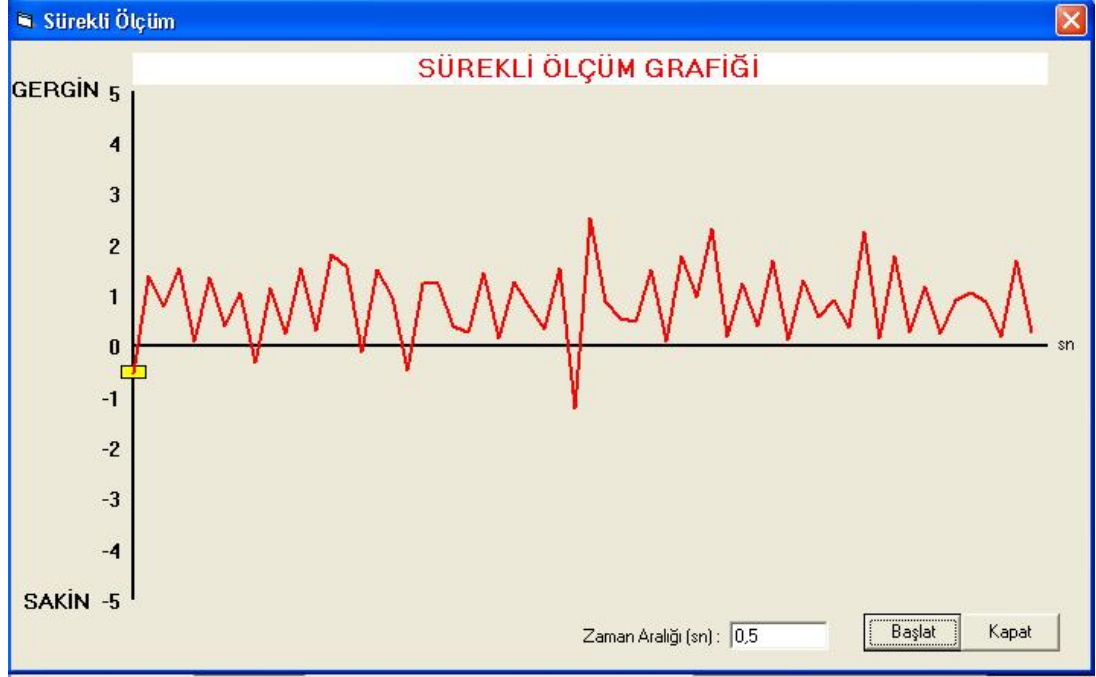




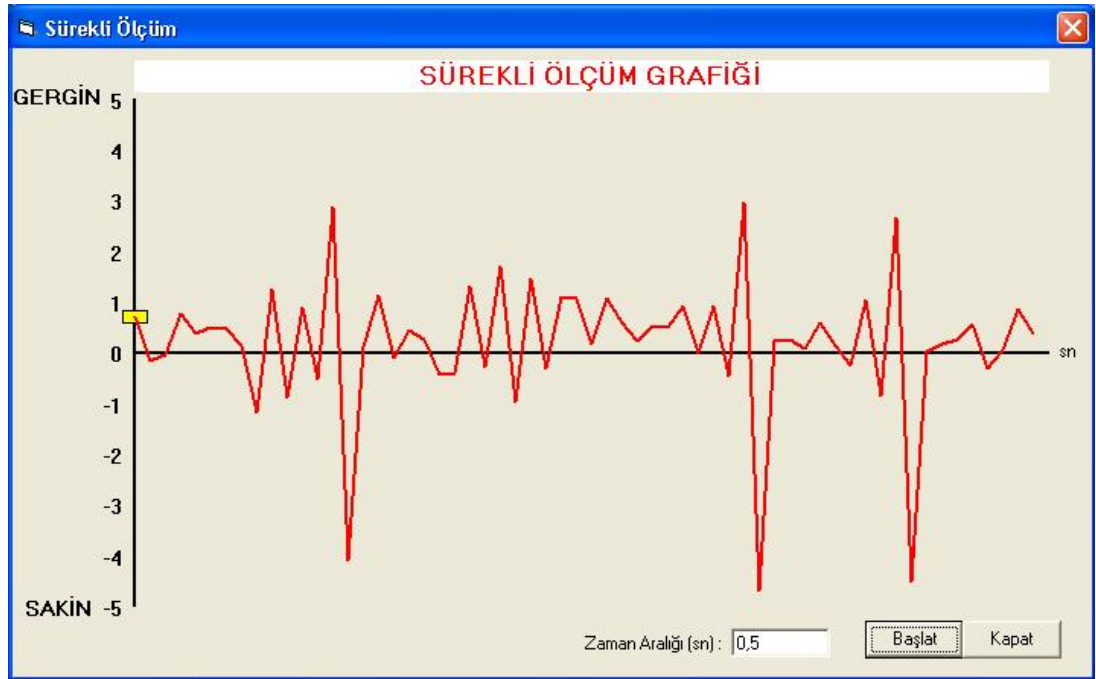




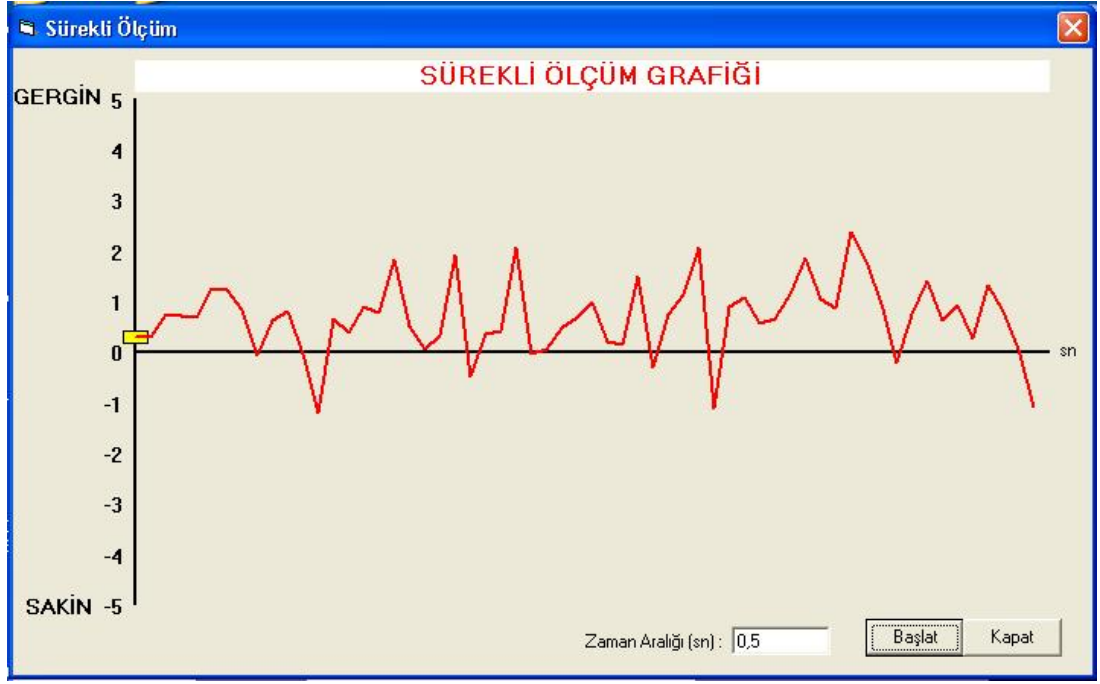
## Ek B: ÖLÇÜM GRAFİKLERİ



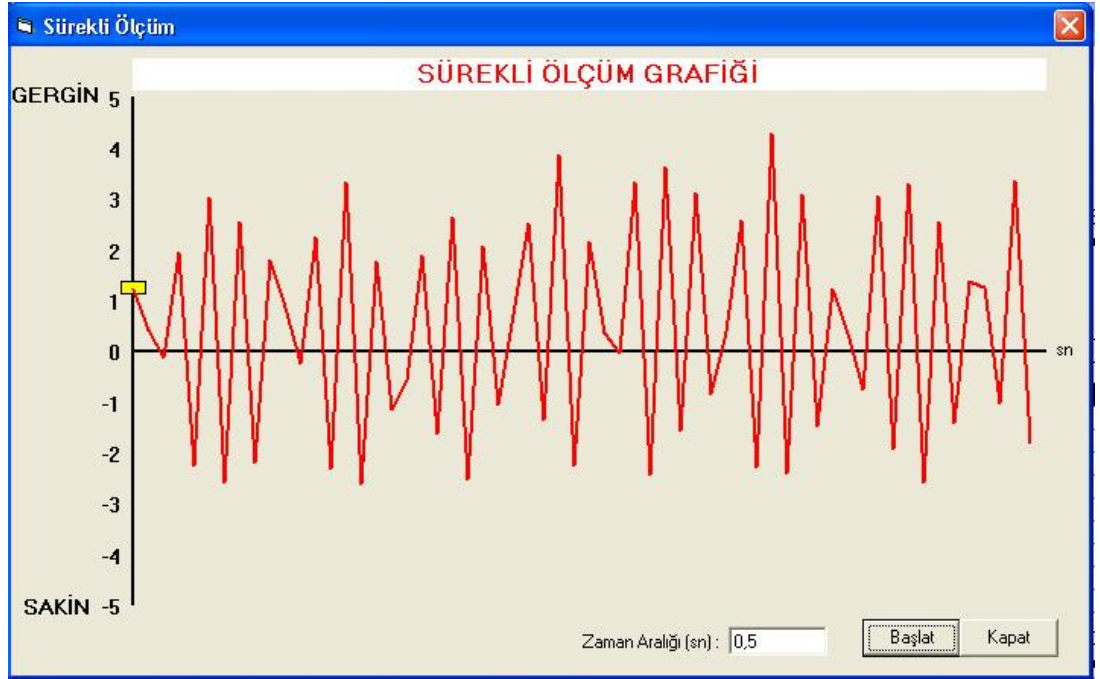
Şekil B.1: Erkek, 1 yaşında uyurken yapılan ölçüm



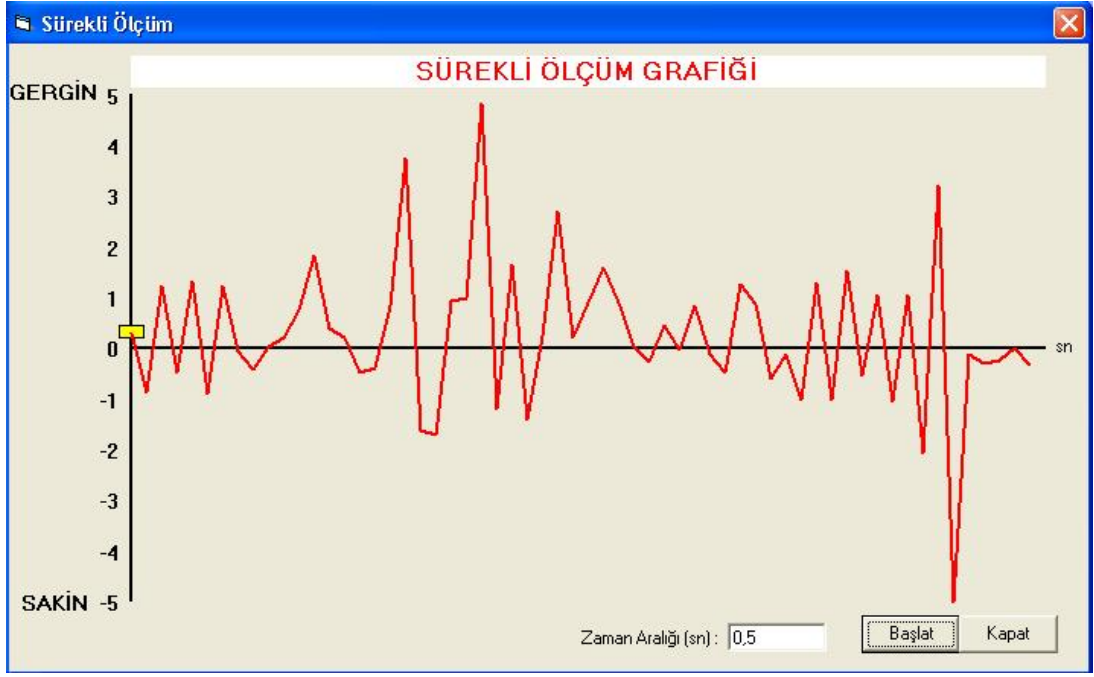
Şekil B.2 : Erkek, 10 yaşında uyurken yapılan ölçüm



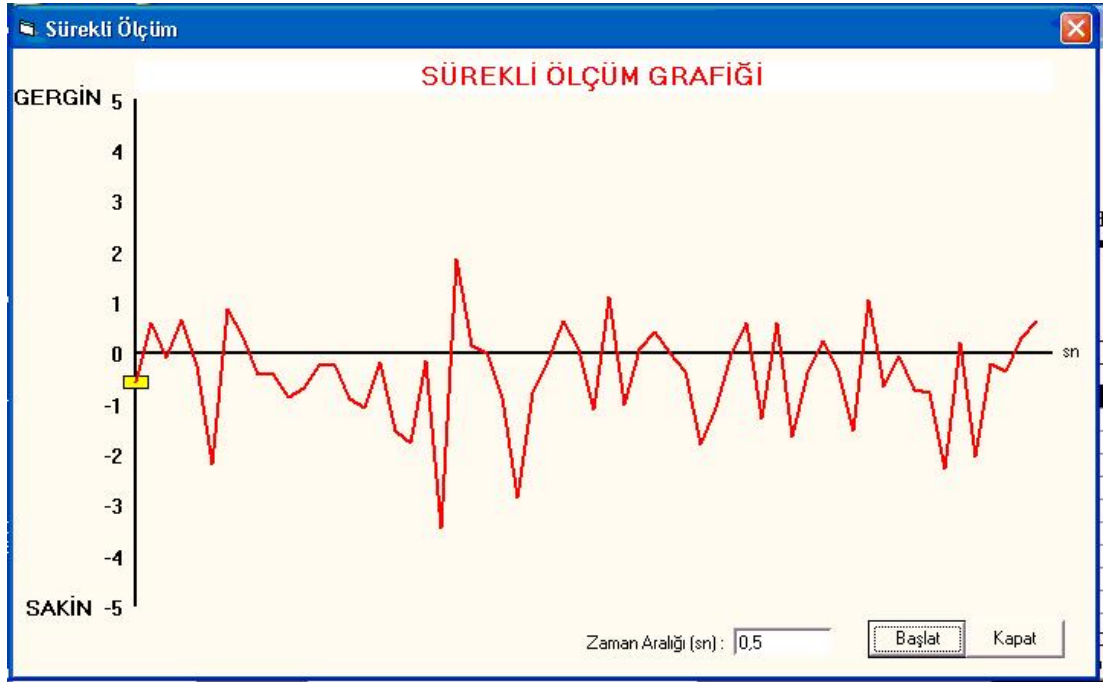
Şekil B.3 : Erkek, 10 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm



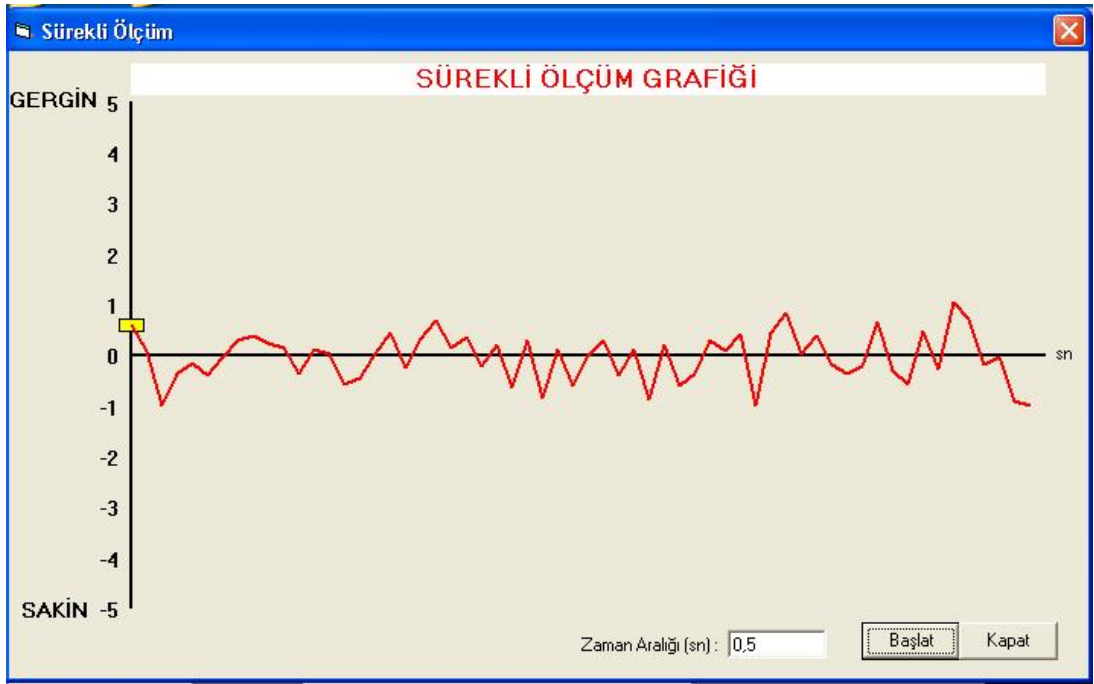
Şekil B.4: Erkek, 10 yaşında bilgisayar oyunu oynarken yapılan ölçüm



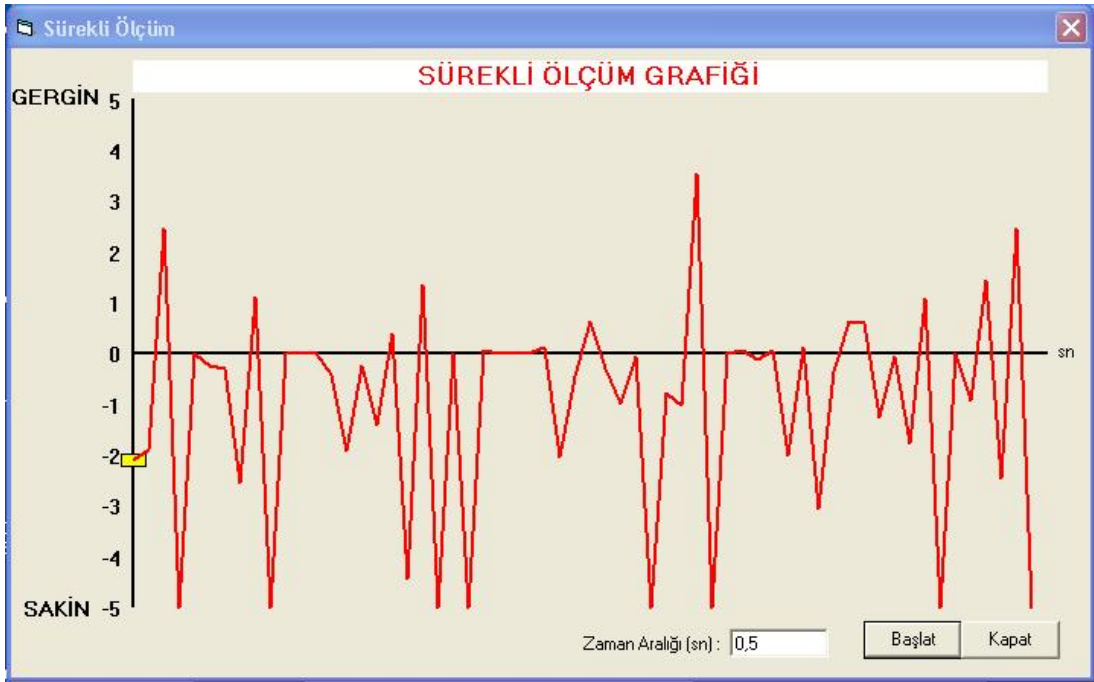
Şekil B.5 : Erkek, 10 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm



Şekil B.6 : Erkek, 10 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm

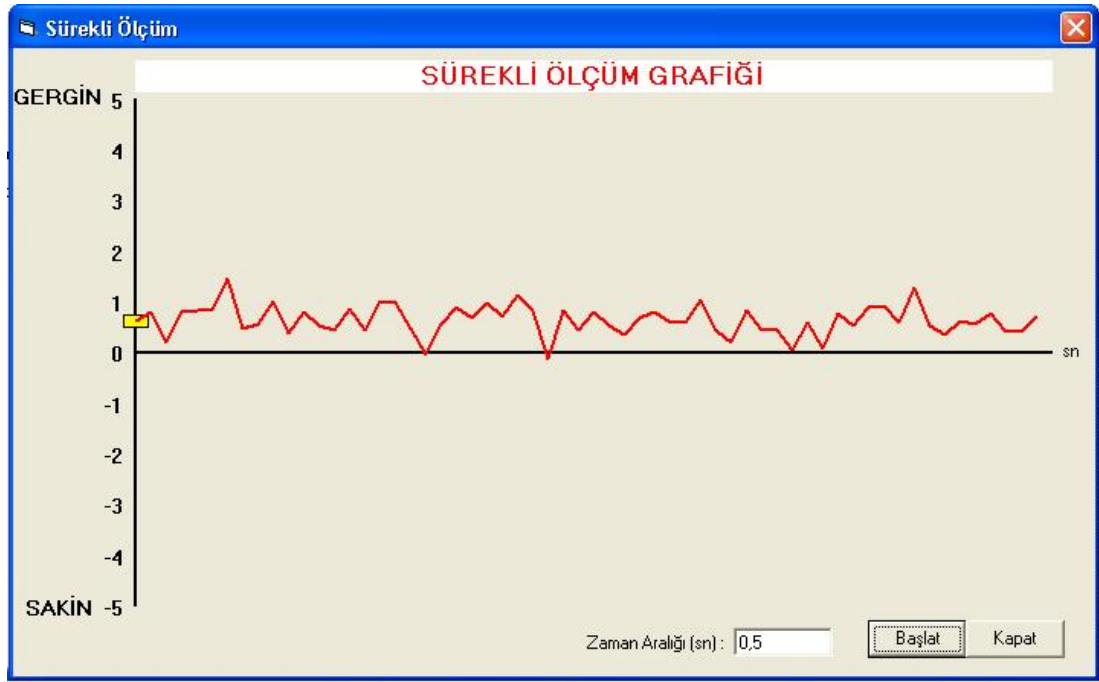


**Şekil B.7 :** Erkek, 10 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin ilk bölümünü dinlerken yapılan ölçüm

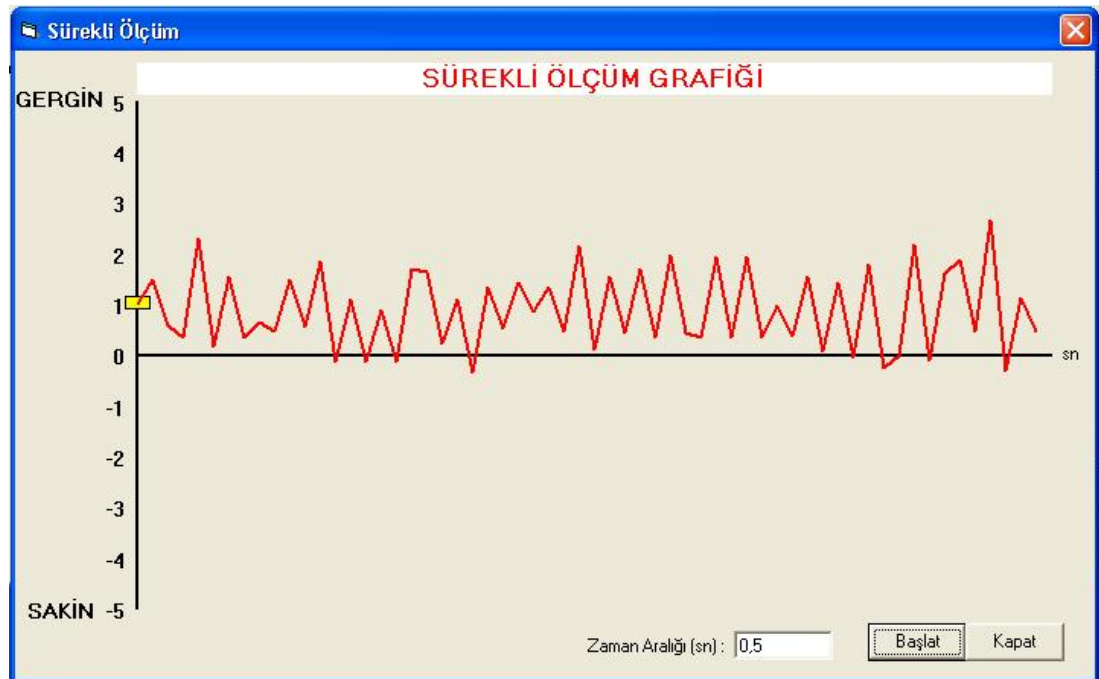


**Şekil B.8 :** Erkek, 10 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin son bölümünü dinlerken yapılan ölçüm

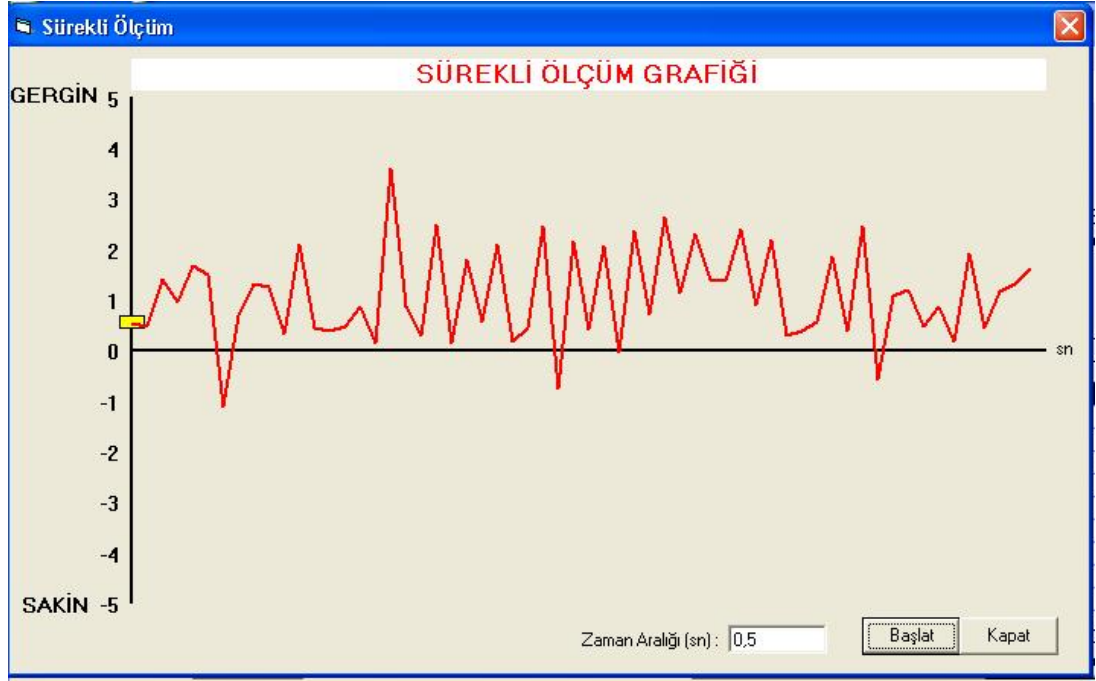




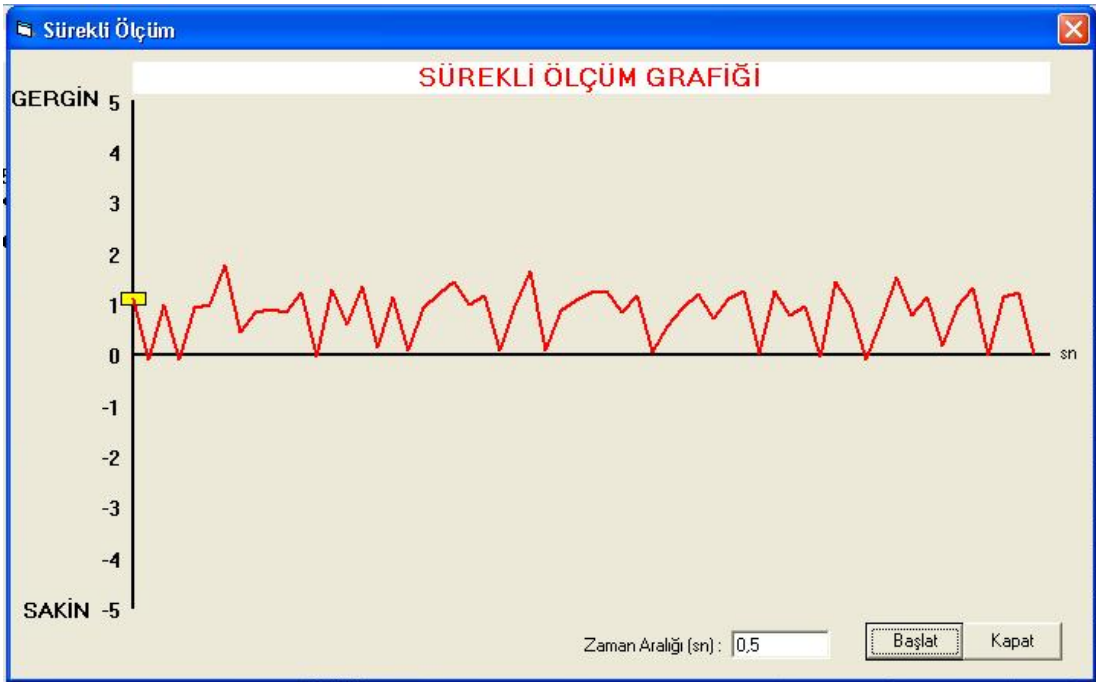
Şekil B.9 : Kadın, 39 yaşında uyurken yapılan ölçüm



Şekil B.10 : Kadın, 39 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm



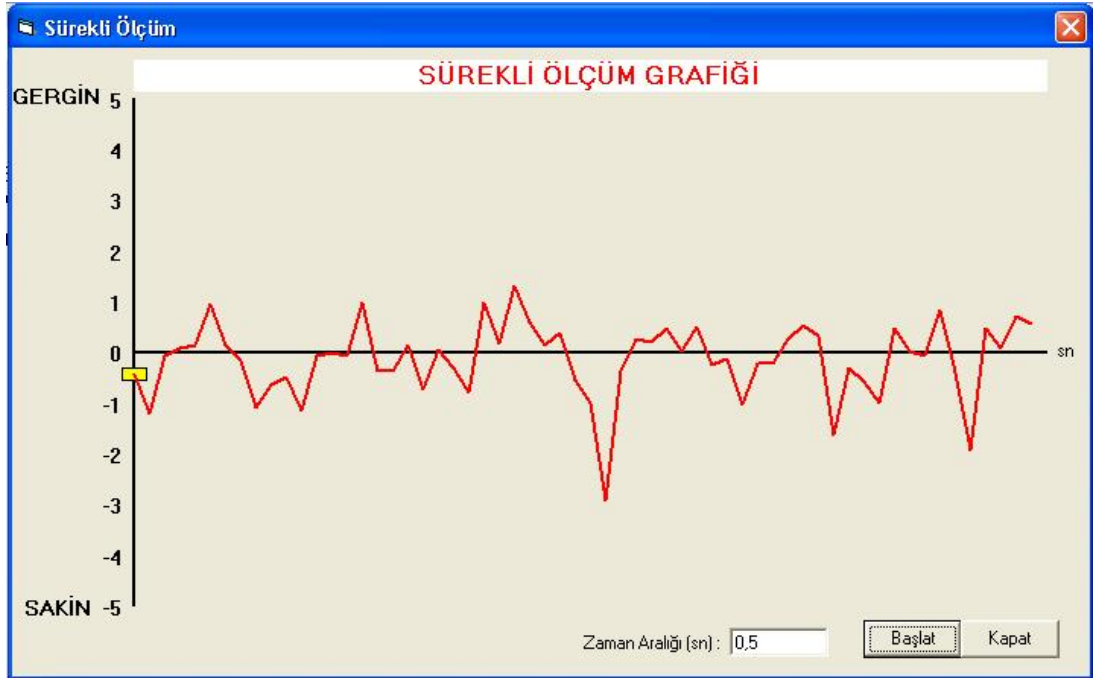
Şekil B.11: Kadın, 39 rock müzik dinlerken yapılan ölçüm



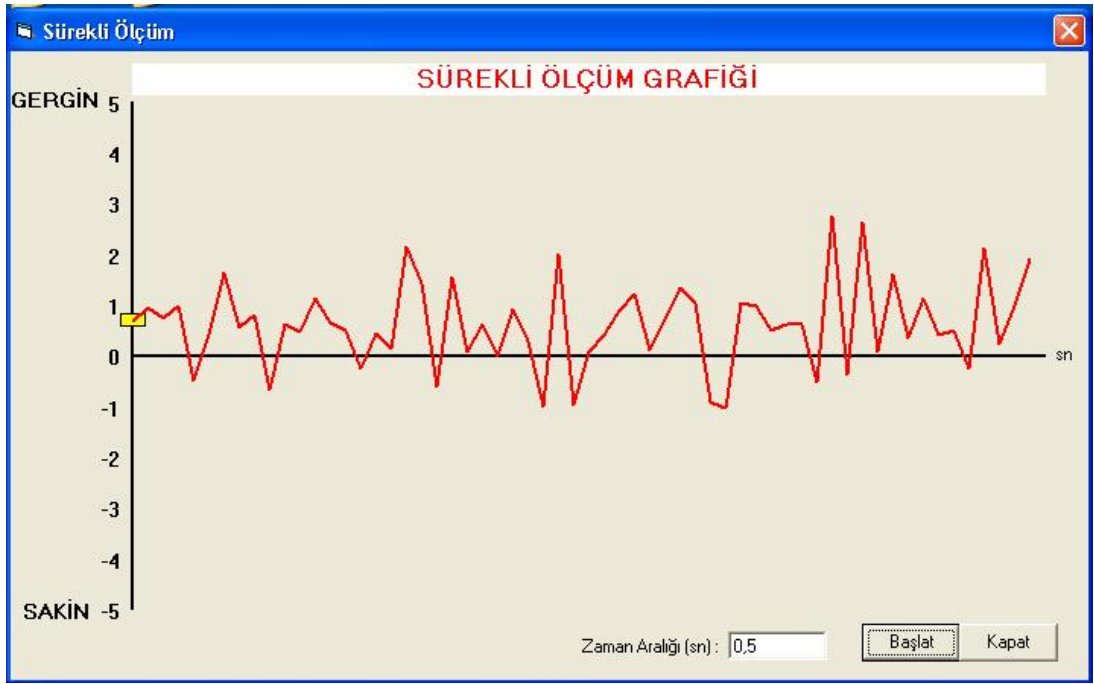
Şekil B.12: Kadın, 39 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm



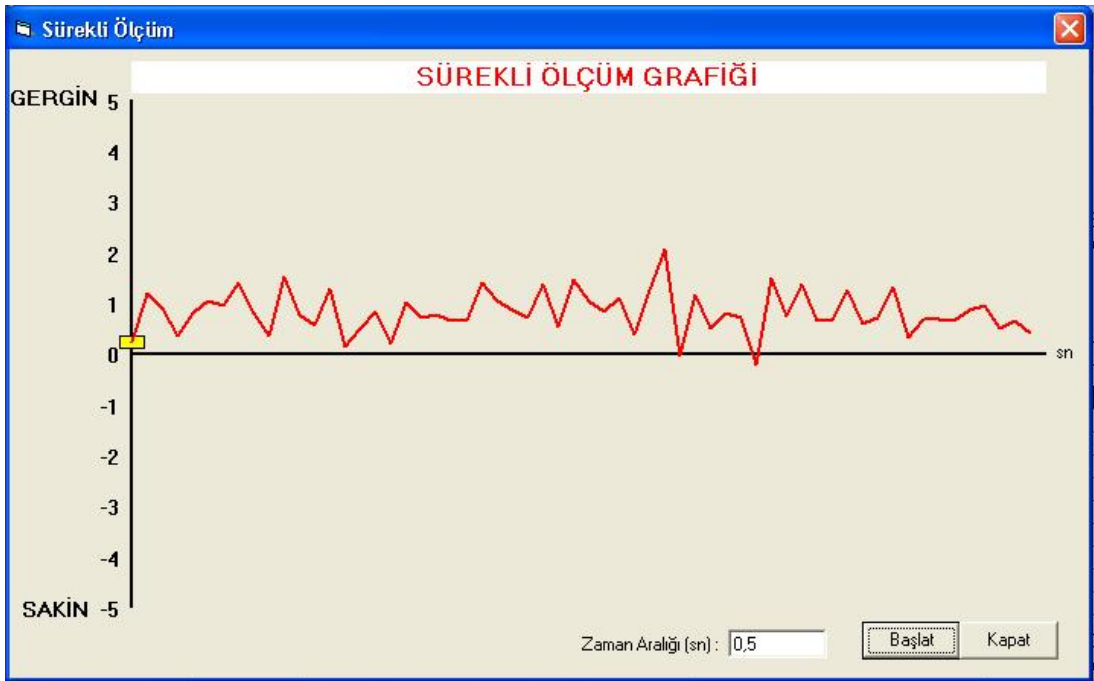
**Şekil B.13:** Kadın, 39 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin ilk bölümünde yapılan ölçüm



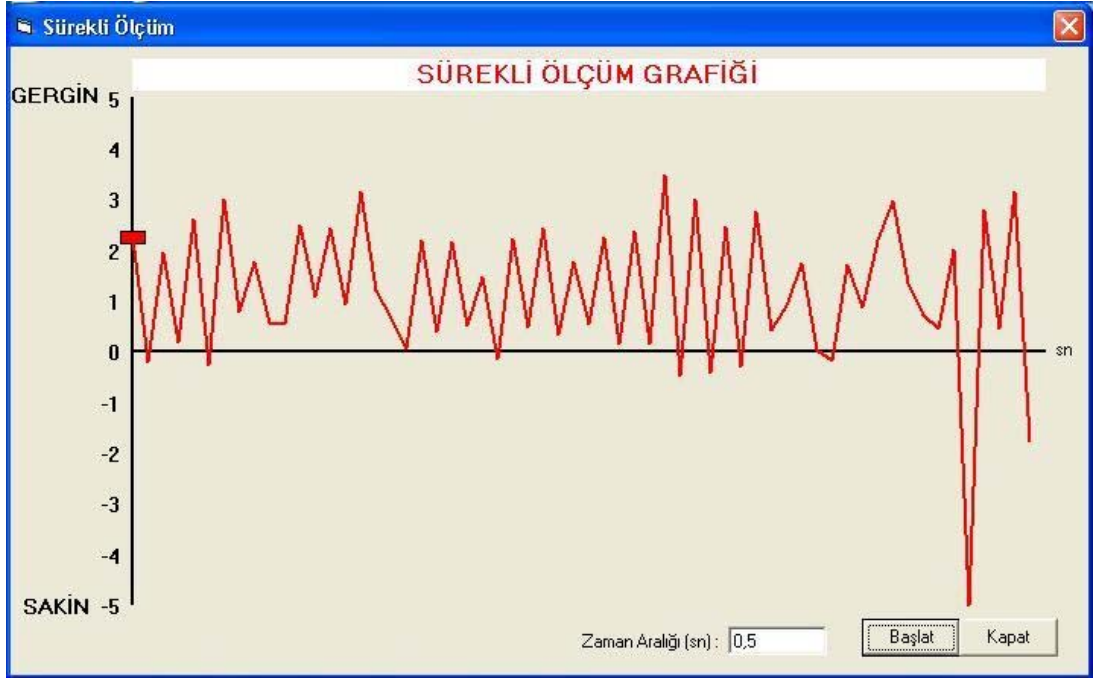
**Şekil B.14:** Kadın, 39 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin son bölümünde yapılan ölçüm



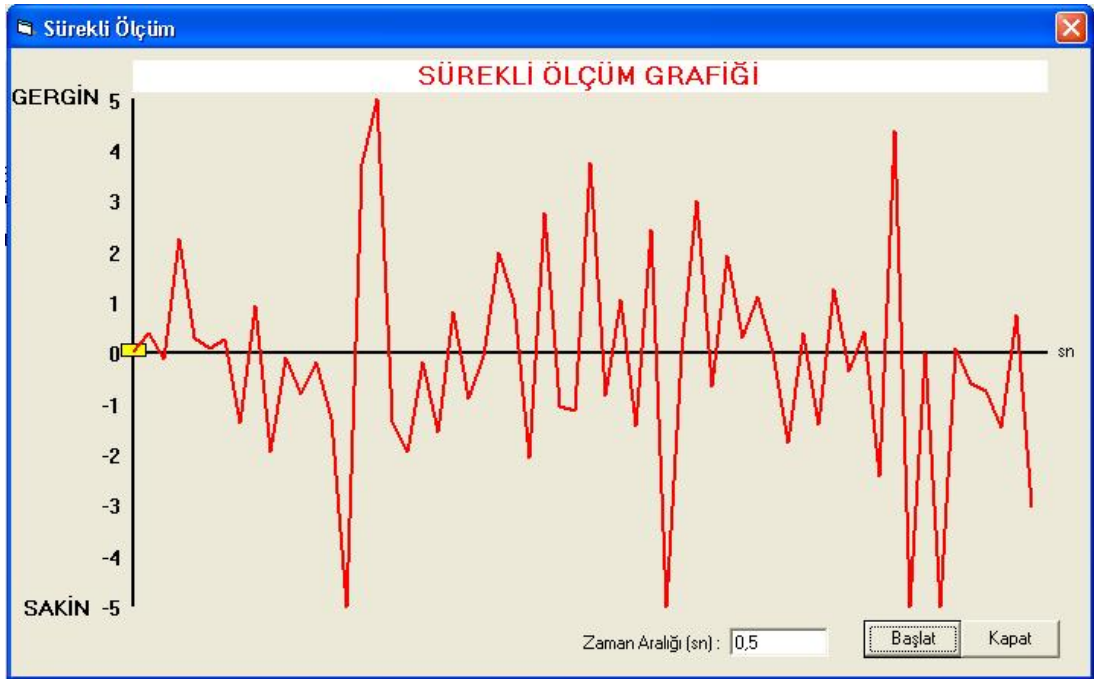
Şekil B.15 : Kız, 15 yaşında uyurken yapılan ölçüm



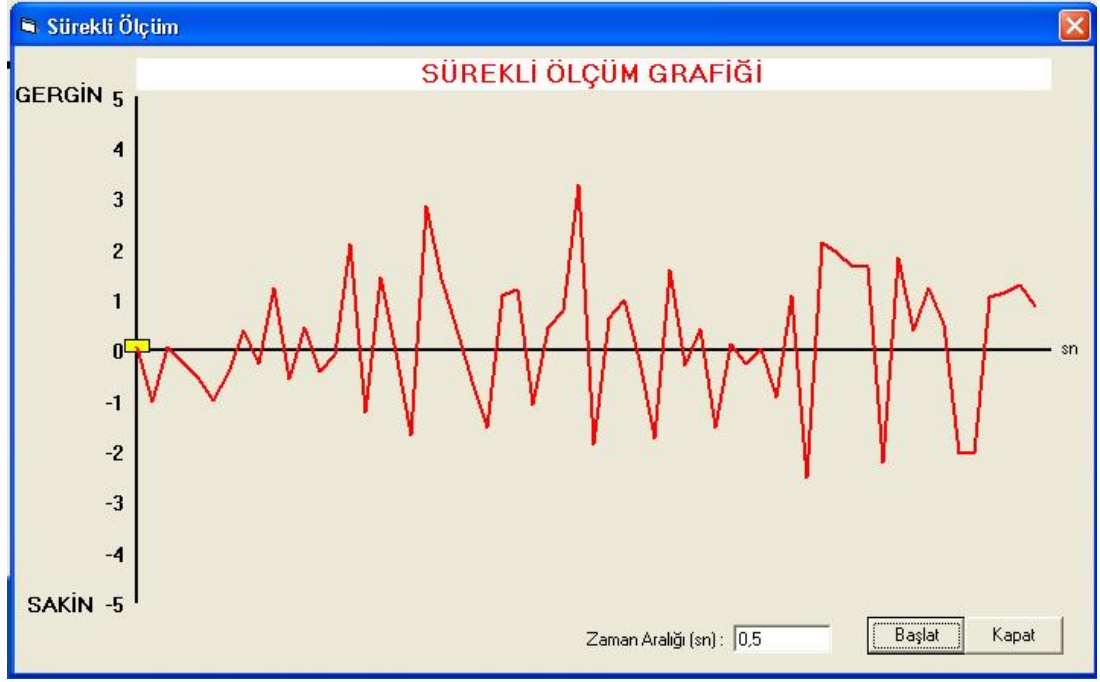
Şekil B.16 : Kız, 15 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm



Şekil B.17 : Kız, 15 yaşında bilgisayar oyunu oynarken yapılan ölçüm



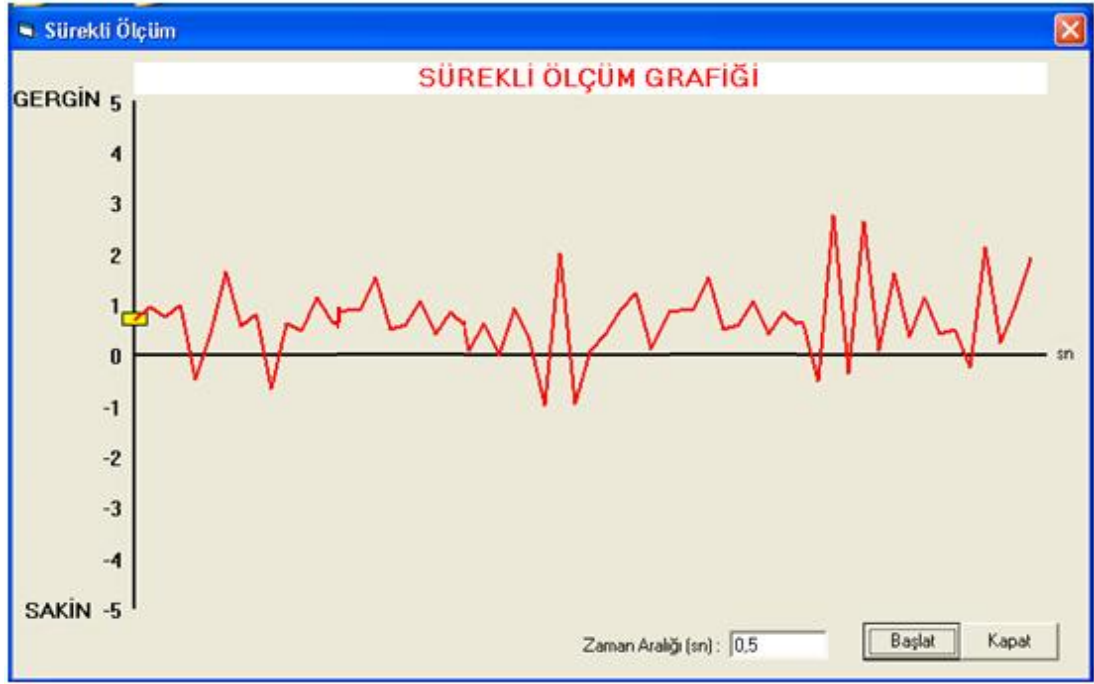
Şekil B.18 : Kız, 15 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm



Şekil B.19 : Kız, 15 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm



Şekil B.20 : Kız, 15 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisini dinlerken yapılan ölçüm

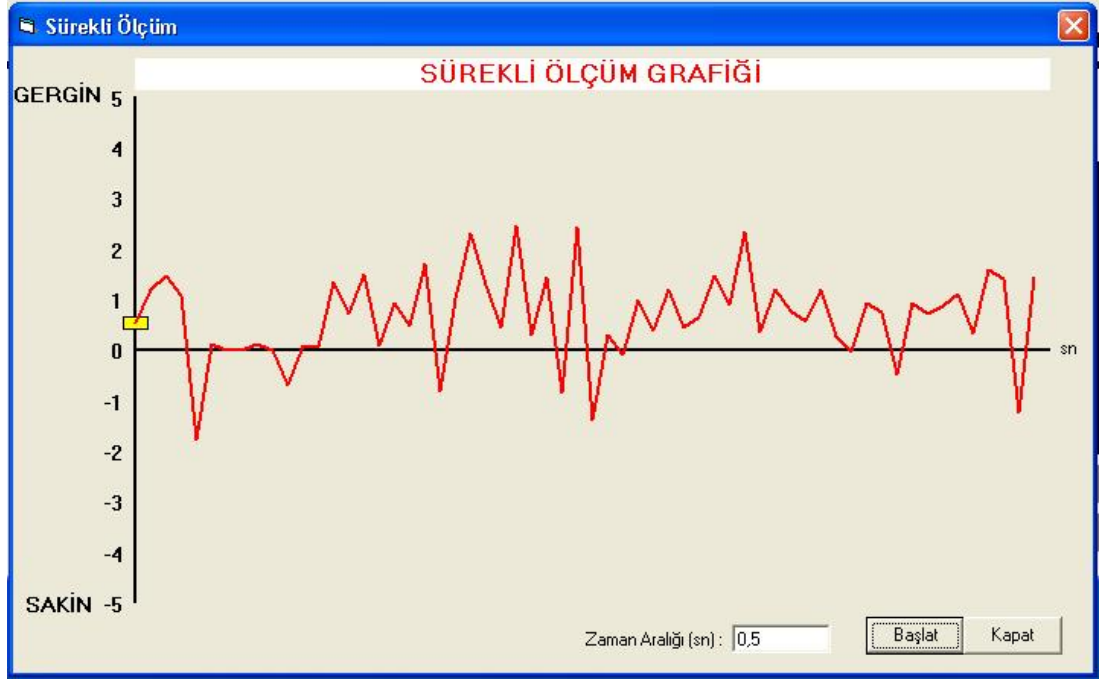


Şekil B.21: Erkek, 33 yaşında uyurken yapılan ölçüm

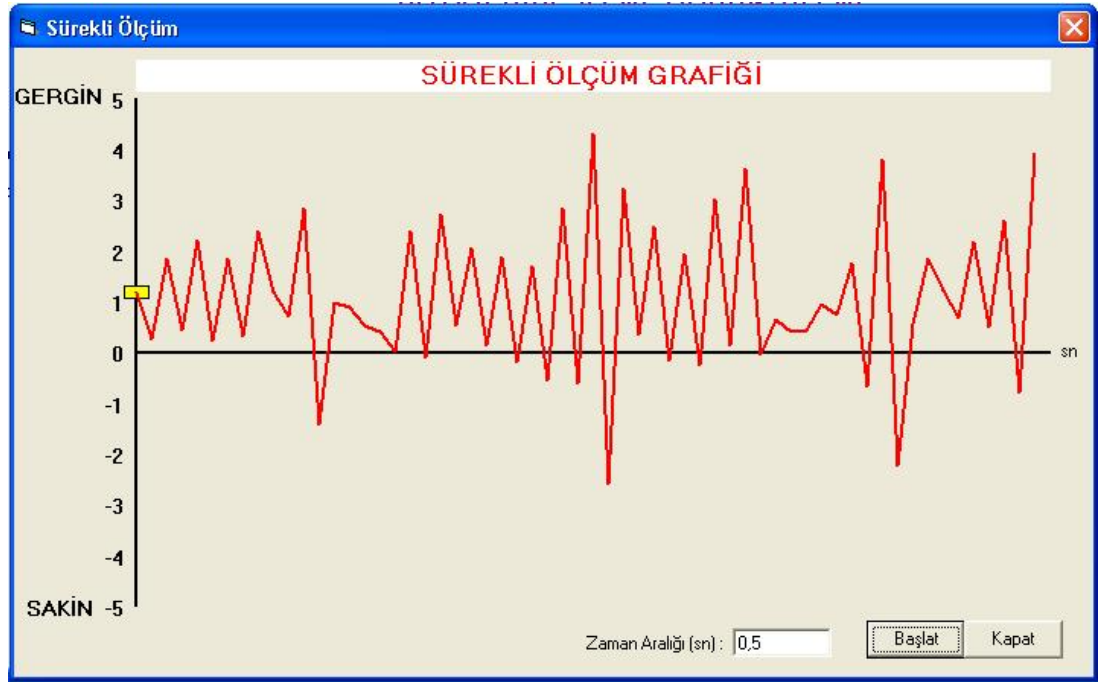


Şekil B.22 : Erkek, 33 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm



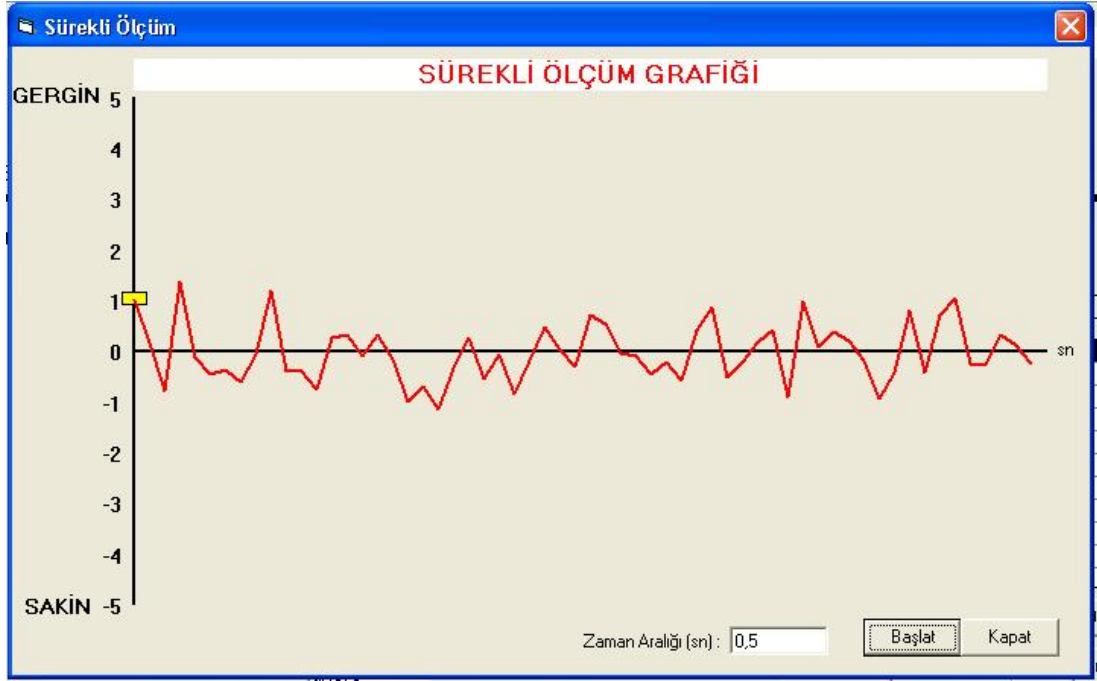


Şekil B.23 : Erkek, 33 yaşında akşam uyanırken yapılan ölçüm

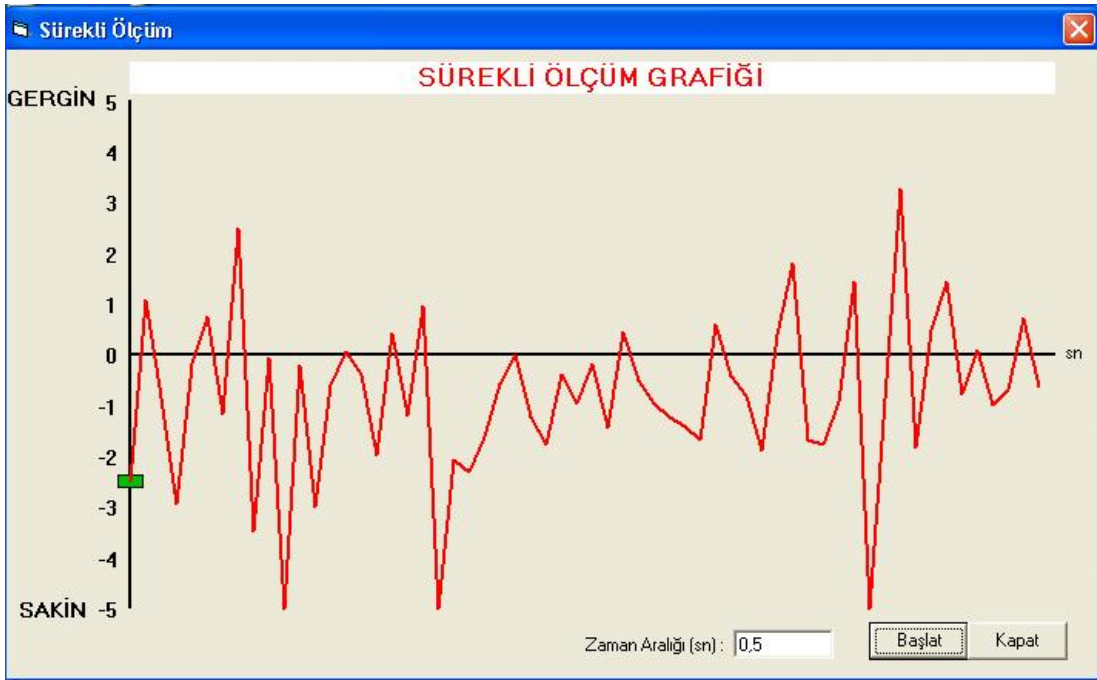


Şekil B.24 : Erkek, 33 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm

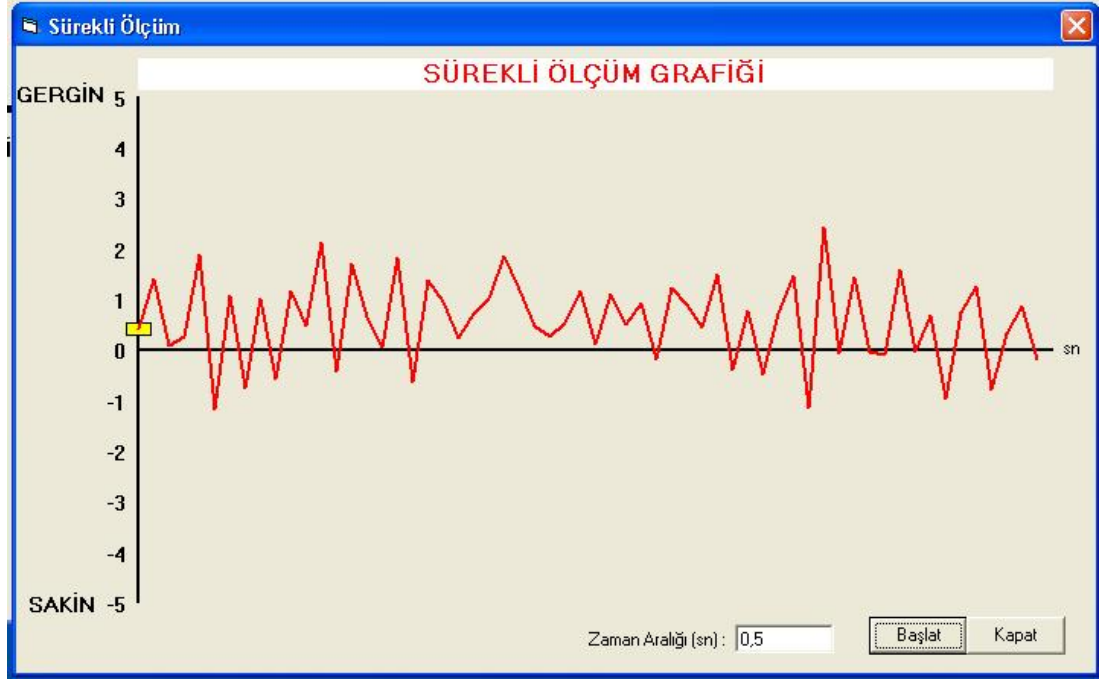




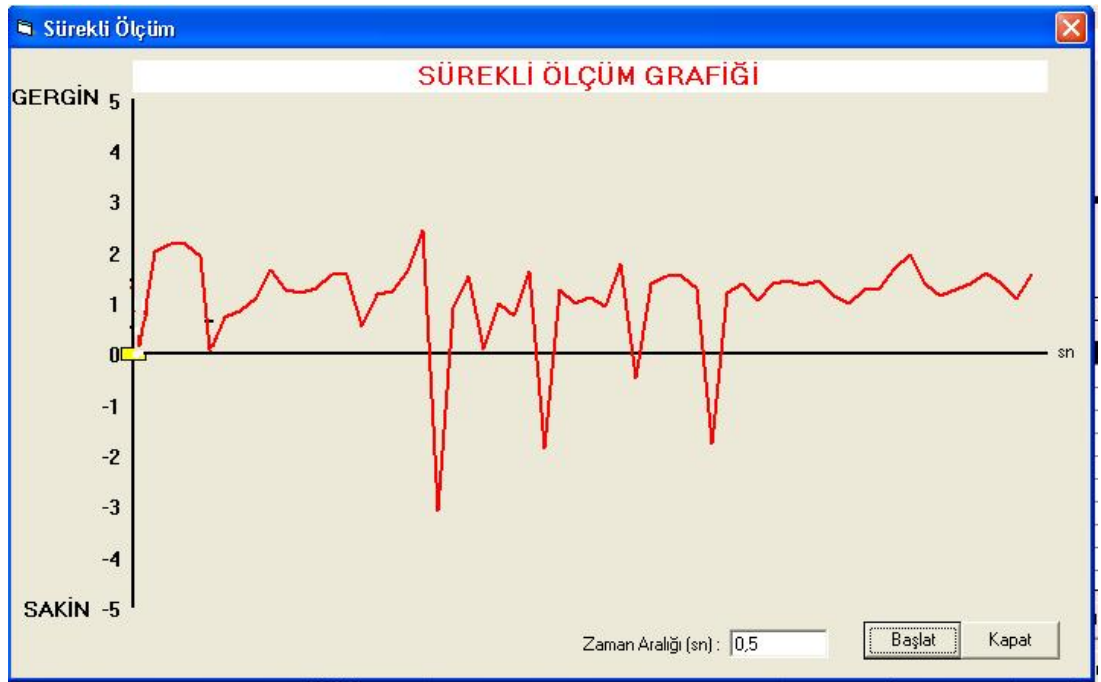
Şekil B.25 :Erkek, 33 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm



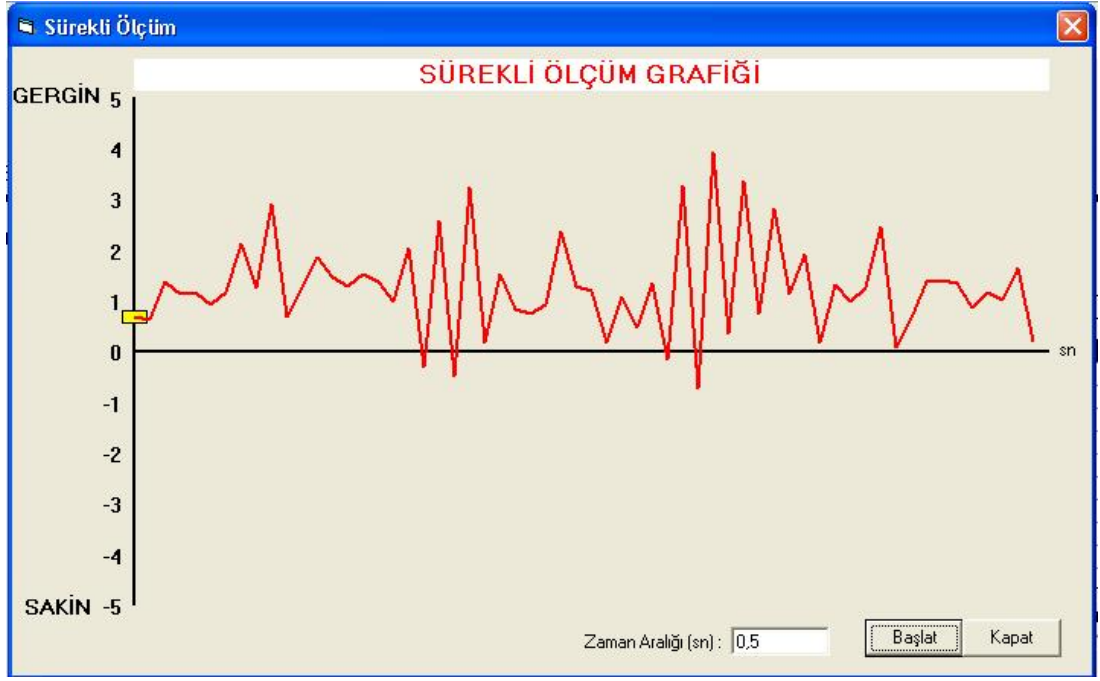
Şekil B.26 : Erkek, 33 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisini dinlerken yapılan ölçüm



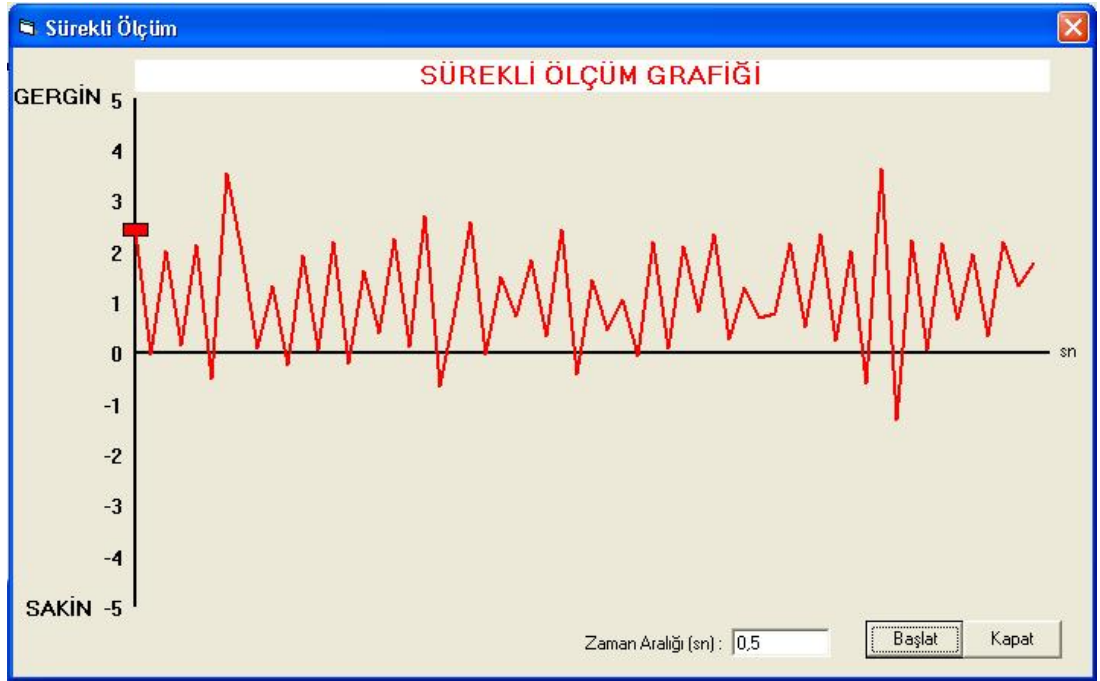
Şekil B.27 : Kadın, 57 yaşında uyurken yapılan ölçüm



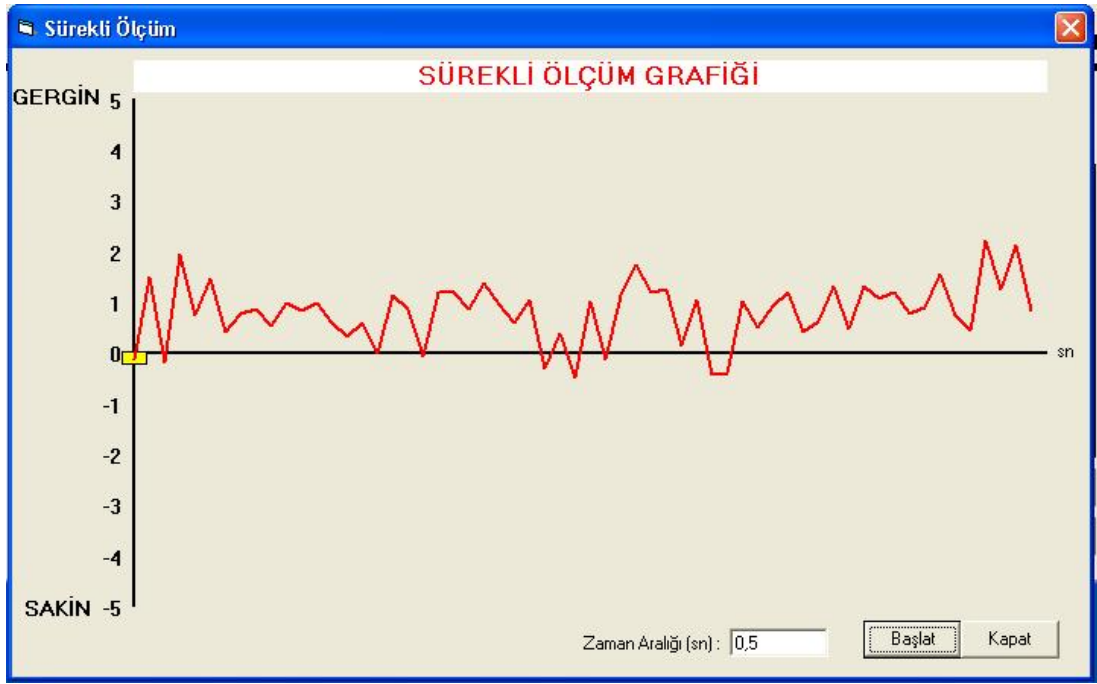
Şekil B.28 : Kadın, 57 yaşında uyandıktan hemen sonra yapılan ölçüm



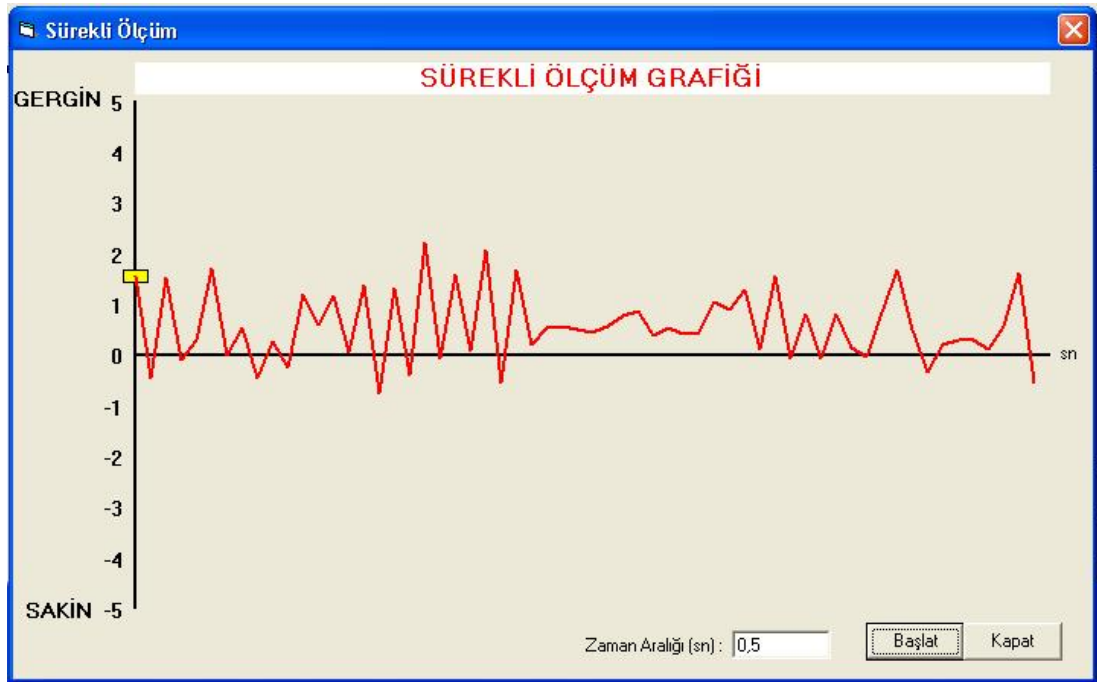
Şekil B.29 : Kadın, 57 yaşında akşam uyanıkken yapılan ölçüm



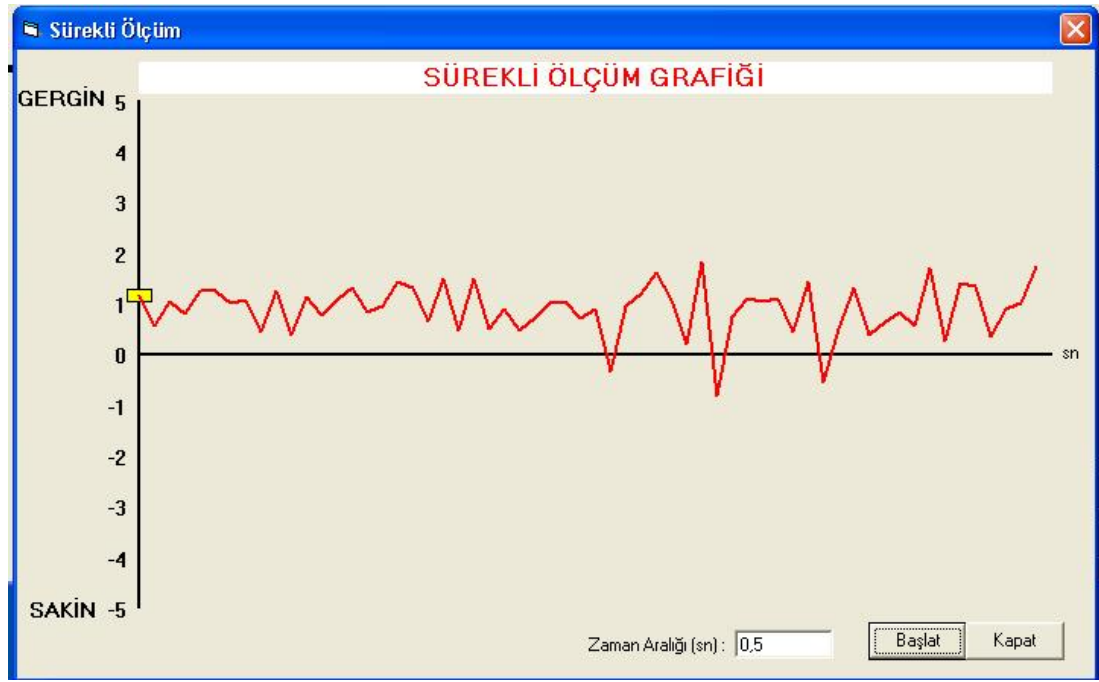
Şekil B.30 : Kadın, 57 yaşında rock müzik dinlerken yapılan ölçüm



Şekil B.31 : Kadın, 57 yaşında sevdiği bir şarkıyı dinlerken yapılan ölçüm



Şekil B.32 : Kadın, 57 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin ilk bölümünü dinlerken yapılan ölçüm



**Şekil B.33 :** Kadın, 57 yaşında Mozart'ın 9. Senfonisinin son bölümünü dinlerken yapılan ölçüm



## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad:** Kazım BESLER

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Düzce – 1967

**Lisans Üniversitesi:** İstanbul Teknik Üniversitesi - Elektronik ve Haberleşme  
Mühendisliği Bölümü

**Adres:** İstanbul Cad. Belediye İş Hanı No:9/I Düzce