



**T.C.**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**BÖLÜMÜ**

**ENERJİ LABORATUVARI**

**EVD SETİ DENEY FÖYÜ**

## 1. GENEL BİLGİLER

Enerji verimliliği denetleyicileri (EVD) deney seti, içerisinde çeşitli ölçüm cihazlarını barındıran bir deney setidir. Bu deney seti aşağıda sıralanan ekipmanları içermekte ve bu cihazların laboratuvarlarımızda kullanılmasına imkan sağlamaktadır.

### EVD deney seti ekipmanları

[Baca Gazı Analizörü](#)

[Datalogger](#)

[Desibelmetre](#)

[Enerji Analizörü](#)

[Kızılötesi Termometre](#)

[Lüxmetre](#)

[Takometre](#)

[Termal kamera](#)

[Termo Higrometre](#)

[Ultrasonik Debimetre](#)

## **Ölçüm Cihazının Adı:** Baca Gazı Analizörü

### **Ölçümün Amacı**

Gerçekleştirilen herhangi bir yanma prosesi sonrası açığa çıkan yanma ürünlerinin (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O vb.) miktarlarını belirlemek ve böylece, yanma prosesinin yapıldığı yerlerde (örneğin, santraller), ekonomik açıdan verimlilik optimizasyonu ve ekolojik açıdan da kirleticilerin azaltılmasına katkı sağlamaktır.

### **Analizörlerin Kullanım Alanları**

Baca gazı analizörünün kullanıldığı bazı yanma uygulamaları şöyledir:

Santraller ve çimento fabrikaları,

Atık yakma tesisleri,

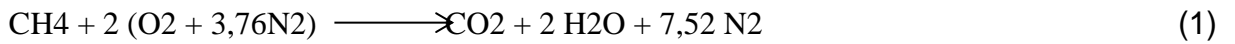
Rafineriler, kimya ve petrokimya endüstrileri,

Eczacılık, kağıt, gıda ve ağaç endüstrileri,

Belirli bir bölgenin ısıtılmasında kullanılan farklı ölçeklerdeki kazanlar.

### **Yanma**

Yanma; yakıtların genellikle havadan sağlanan O<sub>2</sub> ile hızlı oksidasyonu sonucu ısı ve sıcak yanma ürünlerinin açığa çıktığı kimyasal reaksiyondur. Aşağıda bir metan yanmasının stokiometri denklemi verilmiştir:



### **Hava Fazlalığı**

Hava fazlalık değeri; bir yanma prosesi için önemli bir parametredir ve yanma sonu ürünlerinin belirlenmesi sonucu aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\% \text{ hava fazlalığı} = \left[ \frac{(n_{\text{O}_2})_{\text{ürün}}}{(n_{\text{N}_2})_{\text{ürün}}/3.76 - (n_{\text{O}_2})_{\text{ürün}}} \right] \times 100 \quad (2)$$

### **Yanma Verimi**

Baca gazı analizörü tarafından, baca gazlarında ölçülen, oksijen, karbondioksit, baca gazı sıcaklığı ve ortam sıcaklığı gibi parametreler değerlendirilmek suretiyle, yanma verimi, otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Böylece, cihazı kullanan işletmeci tarafından yanma

verimi üzerinde yorum yapılabilmekte ve sonuca etki eden faktörler kolayca tespit edilebilmektedir.

### **Ölçüm Yapılacak Baca Gazı Analizörüne İlişkin Bazı Özellikler**

Ölçüm yapılacak olan baca gazı analizörü ECOM J2KNpro markalı, farklı emisyonları ölçme özelliğinde ileri teknolojiye sahip bir cihazdır ve bazı özellikleri şöyledir:

#### **Ölçülen Değerler:**

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| - O <sub>2</sub> (% 0 - 21)  | - NO <sub>2</sub> (0 -1000 ppm)  |
| - CO (0 – 4000 ppm)          | - SO <sub>2</sub> (0 – 5000 ppm) |
| - Hava sıcaklığı (0 – 99 °C) | - CO <sub>2</sub> (% 0 – 20)     |
| - Gaz sıcaklığı (0 – 500 °C) | - Verim                          |
| - Basınç (± 100 hPa)         | - Hava fazlalığı                 |
| - İç akış ölçümü             | - Islilik                        |
| - NO (0 – 5000 ppm)          |                                  |



**Şekil 1 - ECOM J2KN<sup>pro</sup> markalı Baca Gazı Analizörü**

## Ölçüm Cihazının Adı: Datalogger

### Nedir ve Ne İçin Kullanılır?

Datalogger bir bilgiyi önceden ayarlanmış zaman aralıklarına göre kaydedebilen cihazlardır. Bu cihazlar, aynı zamanda veri kaydedici olarak da adlandırılır. [Datalogger](#) cihazları çoğunlukla saha çalışmalarında, nakliye sırasındaki izlemelerde, ısıtma-soğutma-havalandırma testlerinde, sorun belirlemede, kalite çalışmalarında, genel araştırma ve eğitim bilimlerinde çalışanlar için idealdir. Veri kaydediciler geniş uygulama alanı olan cihazlardır.

[Datalogger](#) cihazları sıcaklık, nem, basınç, voltaj, su seviyesi vb. değerleri kullanıcıların belirlediği aralıklar içerisinde kaydedebilmektedir. Günümüzde sensör teknolojilerinin gelişmesi ile bir sensör tarafından ölçülebilen tüm değerler kayıt altına alınabilmektedir. Örneğin  $CO_2$  (Karbondiyoksit) gazı ölçebilen bir sensör ile ortamdaki  $CO_2$  miktarı istenilen zamanlarda ölçülerek kayıt altına alınabilir, bu ve bunun gibi datalogger cihazları genelde özel olarak geliştirilmekte ve üretilmektedir.

Günümüzde [datalogger](#) cihazları yoğun olarak sıcaklık ve nem kayıtlarında kullanılmaktadır. Datalogger cihazları taşınabilir, sabit ya da tek kullanımlık olarak çeşitlere ayrılabilir, örneğin bir soğuk hava deposundaki değerleri kaydedebilmek için sabit tip [datalogger](#) kullanılırken soğuk zincir ile taşınması gereken ürünlerde tek kullanımlık [datalogger](#) cihazları kullanılmaktadır.

[Data logger](#) cihazları yeni teknolojik gelişmeler sayesinde minyatür elektronik cihazlar haline getirilmişlerdir, pille çalışırlar ve bilgiyi daha sonra bilgisayarlara aktarmak üzere otomatik olarak kaydedebilirler. Boyutları ve maliyeti asgariye indirmek için, veri kaydedicilerin kullanımı ve tam kontrolü, özel bir yazılımla kişisel bilgisayarlar üzerinden gerçekleştirilir.

Ayrıca gelişen teknolojiye paralel olarak Wireless datalogger ve GSM data logger cihazları geliştirilmiştir. Bu tip [datalogger](#) cihazları kayıt altına aldıkları verileri GSM yada WİFİ bağlantıları üzerinden uzak bölgelerdeki merkezlere gönderebilmektedir ve bu sayede birden çok kullanıcı tarafından kayıtlı veriler incelemekte ve gerektiğinde çok daha hızlı müdahale edilebilmektedir.

Bölümümüz bünyesinde mevcut olan cihaz yandaki şekilde görüldüğü gibidir. Cihaz KIMO marka KT 110 IN tipi bir dataloggerdir. Cihaza termokupl bağlanarak herhangi bir parçanın belirli bir kısmının sıcaklık değeri ölçülebilmektedir. Bölümümüzde mevcut olan bu datalogger daha çok hava nemi ve belirli noktaların sıcaklığını ölçmek için kullanılmaktadır.



### Ölçüm Cihazının Adı: Desibelmetre



Şekil 1

Ses şiddeti, üretilen sesin kuvvetli ya da hafif olmasıdır. Sesin şiddeti genlik ile doğru orantılıdır. Ses dalgasının genliği arttıkça sesin şiddeti artar, genliği azaldıkça sesin şiddeti azalır. Ses dalgalarında genlik ne kadar büyük olursa sesin şiddeti de o kadar büyük olur. Ses şiddetine gürlük denir. Sesin şiddeti genlik değeri ile orantılıdır. Ses dalgasının genliği arttıkça sesin şiddeti artar, genliği azaldıkça sesin şiddeti azalır. Örneğin iş makineleri otomobillere göre daha büyük genlikte ses ürettiğinden iş makinelerinden çıkan ses insanları daha fazla rahatsız eder.

Ses şiddeti, ses kaynağına olan uzaklık ile ters orantılıdır. Ses kaynağından uzaklaştıkça ses dalgalarının taşıdıkları enerji azalacağından sesin şiddeti de azalacak, böylece belli bir uzaklığa ulaştığımızda sesi duymak da güçleşecek, belli bir uzaklık değerinden sonra ses hiç duyulamaz hâle gelecektir.

Seslerin işitme sağlığına zararlı olup olmadığı, bir sesin duyulup duyulmadığı, ses düzeyi denilen bir büyüklükle ilgilidir. Ses düzeyini ölçmek için kullanılan birim desibel olup dB sembolü ile gösterilir. İnsan kulağının algılayabileceği en düşük ses şiddeti işitme eşiğidir. Birçok insanın duyabildiği en düşük ses düzeyi olan işitme eşiği sıfır desibel olarak kabul edilir. Sıfır desibel sessizlik değil işitilmeyecek kadar düşük ses şiddetidir. Fısıltı yaklaşık 20 - 30 dB şiddetindedir ve zor işitilir. Uluslararası Standartlar Örgütünün ortaya koyduğu rahatsızlık duyma noktasının başlangıcı yaklaşık 60 dB'dir. 70 desibel ve üzeri sesler gürültü sınırına ulaşır. Normal bir konuşma şiddeti olan 60 dB'in üstü insana rahatsızlık verir. Kulağın yanında patlayan bir balon veya havalanan bir jet uçağının ses şiddeti yaklaşık 160 dB'i bulur. Bu da gürültü sınırının bir hayli üstündedir. Bu yüzden, ses düzeyi 60 dB'den büyük olan ortamlarda uzun süre kalındığında işitme sorunları ile karşılaşılabilir.

Yukarıda ifade edildiği gibi yaşam, çalışma ve eğlence ortamımızda her daim mevcut olan ses şiddetinin sağlığımız açısından çok büyük önemi vardır. Bu nedenle ses düzeyinin ölçülmesi ihtiyacı doğmaktadır. İşte ses düzeyini ölçmeye yarayan cihazlara desibelmetre (ses seviyesi ölçer) denilmektedir. Aşağıdaki şekilde bir adet desibelmetre görülmektedir. Bu cihaz KIMO marka olup SDA tipi bir ses seviyesi ölçerdir. Kullanımı kolay ve ölçüm hassasiyeti yüksek olan bu cihaz, iki zaman aralığında yani hızlı ve yavaş zaman aralığında ölçüm yapabilmektedir. Ayrıca stabil (durağan) veya çok az dalgalı ses kaynaklarında ölçüm yapmak için kullanılabilir.

Cihaz ses seviyesi ölçü birimi olarak dBA (desibel)'yı kullanmaktadır  $L_A$  olarak ifade edilmektedir. Bunun yanında cihaz ekranında  $L_{Amax}$ ,  $L_{Amin}$  değerleri de okunabilmektedir. Cihazın teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 2

### **CİHAZ TEKNİK ÖZELLİKLERİ:**

#### **Mikrofon:**

Mikrofon	prepolarized elektrot kondansatör
Nominal hassasiyet	20 mV/Pa

#### **Debimetre:**

Standart	IEC 61672-1 Class 2 / IEC 61651 Class 2 / IEC 60804 Class 2
Ölçülen parametreler	$L_A$
Diğer ölçülen parametreler	$L_{AFmax}$ , $L_{AFmin}$ , $L_{ASmax}$ , $L_{ASmin}$
Frekans ağırlığı	A
Ölçüm aralığı	30 – 130 dB
Zaman ağırlığı	Yavaş, hızlı
Aşırı yük göstergesi	Tepe noktası (pik) ses basınç seviyesi tespit edildiğinde
Arkası aydınlatmalı ekran	128x64 piksel ayarlanabilir kontrastlı ekran
Kararlılık	0,1 dB
Referans yönü	Mikrofon ekseni
Referans aralığı	30 – 130 dB

Referans seviyesi	94 dB
Referans frekansı	1000 Hz
<b><u>Çevresel Etkiler:</u></b>	
Depolama bağıl nemi	95 % RH max.
Depolama sıcaklığı	0 °C'den +50 °C'ye kadar
Çalışma sıcaklığı	-10 °C'den +50 °C'ye kadar
Nem dayanımı	Standartlara uygun %30 ve %90 RH aralığında %65 RH ve 40 °C referans olmaktadır
Statik basınç dayanımı	Sınıf 2 gerekliliklerine göre
Standartlar	IEC 61672-1 / IEC 61651 / IEC 60804
Elektromanyetik uyumluluk	89/336/CEE prensiplerine göre

### **Güç Kaynağı:**

Piller	3 adet AAA şarj edilebilir pil
Pil ömrü	Alkaline piller ile minimum 30 saat

### **Hızlı Çalıştırma:**

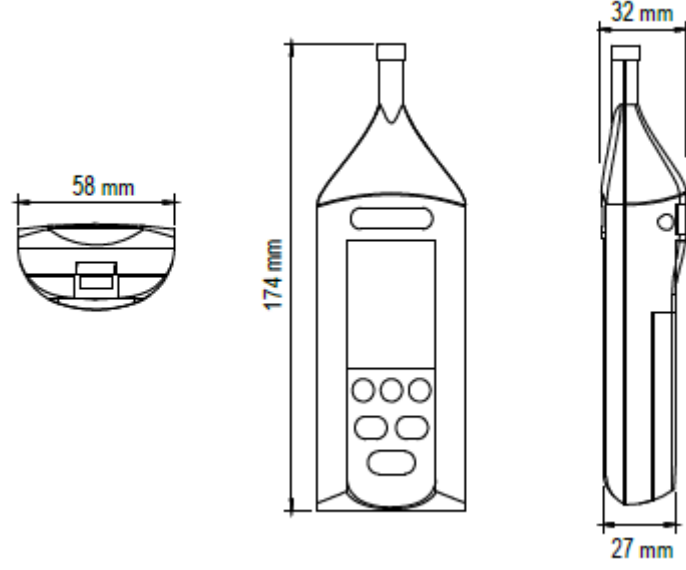
Cihaz üzerinde bulunan tuşlar sol taraftaki şekilde görüldüğü gibidir. Fakat tuşlar üzerinde herhangi bir numaralandırma yapılmamıştır. Şekilde numaralandırma sadece cihazın kullanımını tarif etmek için kullanılacaktır. Numaraların anlamı şu şekildedir;



Şekil 3

- 1, 2, 3= Fonksiyon tuşları
- 4= Silme ve bir önceki sayfaya geri dönme tuşu
- 5= Ekran tuşu
- 6= Açma/Kapama tuşu

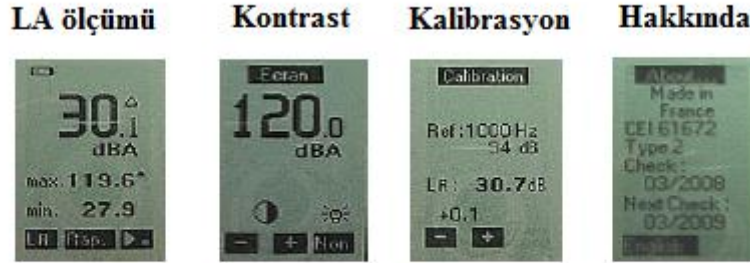




Şekil 4

Cihaza ait ölçüler yukarıdaki şekil 4'deki gibidir. Gayet küçük ve sade bir cihazdır.

Cihaz açıldığında direkt olarak ölçüm yapılabilmektedir. Bunun yanında ölçüm parametrelerini değiştirmek için bazı ayarlamalar yapmak gerekmektedir. Bu ayarlama ekranlarına ulaşabilmek için 5 numaralı tuşa birkaç kez basılmalı ve açılan ekranlardan gerekli ayarlar yapılmalıdır. 5 numaralı tuşa basıldığında açılan ekranlar aşağıdaki gibidir.



<< ^ >> sembolü girişte aşırı yük olduğunu gösterir, bu sembol ekranda görünür halde iken elde edilen ölçüm verileri dikkate alınmamalıdır.

### Fonksiyonlar:

#### $L_A$ ölçümü:

Cihaz açıldığı zaman 1 kez 2 numaralı tuşa basıldığında yavaş zaman ağırlığı aktif hale gelmiş olur. 2 kez 2 numaralı tuşa basıldığında ise hızlı zaman ağırlığı aktif hale gelmiş olur.

$L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$  değerlerini resetlemek için ölçüm yapılırken 1 kez 4 numaralı tuşa basılmalıdır. Böylece maksimum ve minimum  $L_A$  değerleri sıfırlanmış olur.

**L<sub>4</sub> bekletme fonksiyonu:**

Ölçüm sırasında 1 kez 3 numaralı tuşa basılırsa ölçme işlemi durmuş olur, 2 kez 3 numaralı tuşa basıldığında ise ölçüm işlemi tekrar başlamış olur.

**Kontrast ayarları:**

Cihaz açıldığında kontrast ayarlarını yapmak için 1 kez 5 numaralı tuşa basılır. Eğer kontrast arttırılmak istenirse 1 kez 2 numaralı tuşa, eğer azaltılmak istenirse 1 kez 1 numaralı tuşa basılır.

**Arka aydınlatma:**

Cihaz açıkken ekran aydınlatmasını ayarlamak için ilk olarak 1 kez 5 numaralı tuşa, daha sonra aktif hale getirmek için 1 kez 3 numaralı tuşa, inaktif hale getirmek içinse 2 kez 3 numaralı tuşa basılır.

**Kalibrasyon:**

Cihaz açıldığında kalibrasyon işlemi yapılmak istediğinde ilk olarak 2 kez 5 numaralı tuşa basılır ve kalibrasyon ekranı açılır. Kalibrasyon değerini 0,1 dB azaltmak için 1 kez 1 numaralı tuşa, kalibrasyon değerini 0,1 dB arttırmak içinse 1 kez 2 numaralı tuşa basılır.

**Dil uyarı:**

Cihazın sadece iki adet dil desteği vardır. Bunlar Fransızca ve İngilizce'dir. Dil seçim ekranına ulaşmak için cihaz açıldığında 3 kez 5 numaralı tuşa basılır, ardından İngilizce için 1 kez 1 numaralı tuşa, Fransızca için 2 kez 1 numaralı tuşa basılır.

Böylece cihazın istenen ayarları yapılmış olur.

## **Ölçüm Cihazının Adı:** Enerji Analizörü

### **Ölçümün Amacı**

Amaç; şebeke ya da cihazların(motor barındıran cihazlar) tek faz ve üç faz güç kalitesinin ölçümüdür. Enerji analizörü, anlık veya belirlenen zaman aralığı içindeki (1 sn'den 2 saate kadar) gerilim, akım, aktif güç, reaktif güç, görünür güç ve güç faktörü ve harmonik gibi parametrelerin hesaplanmasını sağlar. Çoklu görev ölçümleri sayesinde anlık gösterim, hata tespiti, değer kaydı ve inceleme imkânı sunar.

### **Analizörlerin Kullanım Alanları**

Enerji analizörünün kullanıldığı bazı uygulamalar şöyledir:

- Tüm Elektrik altyapı sisteminde 480V Faz-Nötr veya 960V faz faz AC gerilim ölçümleri
- 6500A'e kadar Akım
- Yıldız noktasındaki toprak akımlarının hesaplanması
- Akım ve gerilimde faz dengesizliğinin hesaplanması.
- Akım ve Gerilim pik faktörlerinin, max, min ve RMS değerlerin hesaplanması.
- Gerilim, Akım veya Güç50.dereceye kadar harmoniklerinin değerleri ve temel bileşene göre açılarının ölçümü

### **Güç Denklemleri**

**Aktif Güç:** Gücün her an değişik değer aldığı durumlarda iş gören, faydalı olan gücün ortalama değerine alternatif akımda aktif güç (etkin güç) denir. Alternatif akımda güç denildiğinde kastedilen **aktif güç**tür.

#### **Birimler**

P : Aktif güç watt (**W**)

I : Akım, amper (**A**)

V : Gerilim, volt (**V**)

$\phi$  :Gerilim ve akım arasındaki faz farkı

$$P = V . I . \cos \phi$$

**Reaktif güç:** Endüktif yüklü devrelerde, manyetik devrenin uyartımı için çekilip bir sonraki periyotta geri iade edilen güçtür. “Q” harfi ile gösterilir. B u güç endüktif yük üzerinde

harcanmaz, sadece depo edilir ve tekrar kaynağa gönderilir Dolayısıyla, kaynakla endüktif yük arasında sürekli olarak reaktif güç alışverişi yapılır.

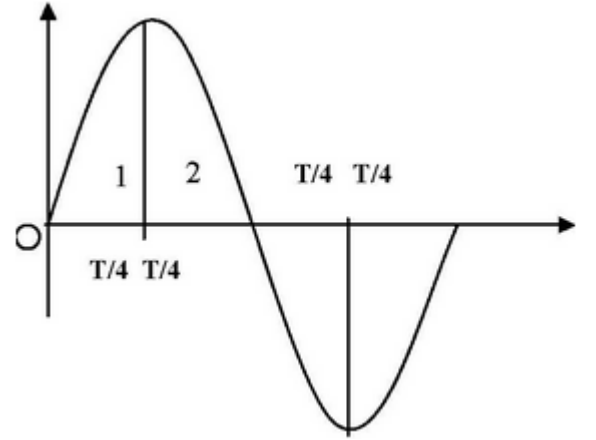
$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

Q: Reaktif güç volt-amper-reaktif (**VAR**)

I: Akım, amper (A)

V : Gerilim, volt (**V**)

$\phi$ : Gerilim ve akım arasındaki faz farkı

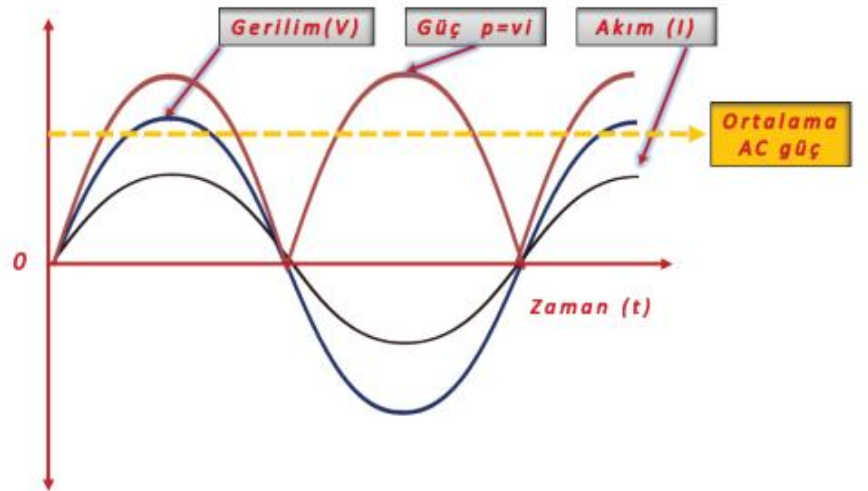


Şekil 1- Reaktif güç bir periyotluk sin dalgası

Şekil-1’de, 1.bölgede sistemden **güç alınır**.  
2.bölgeden alınan **güç sisteme iade edilir**.

**Görünür Güç:** Aktif gücü dirençler, reaktif güçleri de endüktif ve kapasitif devreler çekmektedir. Eğer bir devrede hem direnç hem de reaktanslar varsa bu devrede hem aktif hemde reaktif güç birlikte çekilir. Böyle devrelerde güç, akım ile gerilimin çarpımına eşittir. Bu güce de görünen veya görünür güç denir. Birimi VA’ dir.

$$S = V \cdot I$$

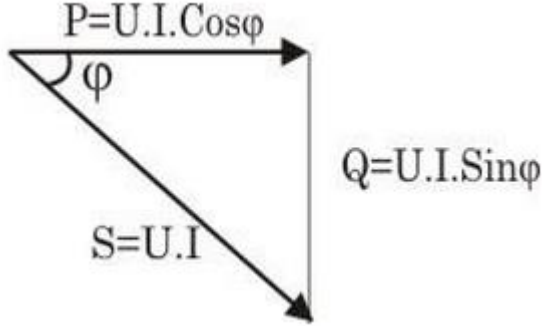


Şekil 2- Akım gerilim ve güç eğrileri

**Cos  $\phi$  (Güç Faktörü):** Bir sistemin güç faktörünün daima 1'e yakın olması arzu edilir.

Şekil-2; Güç faktörü 1 iken, AA gerilim ve akımdaki ani ve ortalama güç hesabını göstermektedir. Kırmızı çizgi eksen üstünde olduğunda(güç), tüm güç, yük tarafından tüketilen aktif güçtür.

Güç Üçgeni: üzere  $S^2 = P^2 + Q^2$  dir.



Şekil 3- Güç Üçgeni

### **RMS (Etkin Değer) ve Ortalama Değer Nedir?**

Alternatif bir akımın RMS değeri sabit bir direnç yükünden geçen ve aynı miktarda ısı enerjisi üreten DC akımın değerine eşittir RMS Karesel Ortalama Değer (Root Mean Square) anlamına gelir ve Etkin Değer, Efektif Değer olarak da isimlendirilir

Bir işaretin RMS değeri ayırık ( dijital ) olarak hesaplanırken şu adımlar izlenir:

- İşaretin bir periyot boyunca belirli örnekleme zamanıyla genlik değerleri alınır
- Alınan bu değerlerin kareleri toplanır
- Bu toplam alınan örnek sayısına bölünür
- Bu bölümün karekökü alınır

### **Güç Kalitesi**

Enerji analizörü tarafından, şebeke veya motordan ölçülen, aktif güç, reaktif güç, görünür güç, güç faktörü gibi parametreler değerlendirilmek suretiyle, enerji güç kalitesi üzerinde yorum yapılabilmekte ve sonuca etki eden faktörler kolayca tespit edilebilmektedir.

### **Ölçüm Yapılacak Enerji Analizörüne İlişkin Bazı Özellikler**

Ölçüm yapılacak olan enerji analizörü, güç kalitesini etkileyen değerleri ölçme özelliğinde bir cihazdır ve bazı ölçülen değerler şöyledir:

Ölçülen Değerler:

- Faz-Nötr gerilimi	- Gerilim tepe değer çarpanı
- Faz-Faz gerilimi	- Akım tepe değer çarpanı
- Min/Max değerler	- Harmonikler dahil gerçek CosQ
- Frekans (F) (10-70 Hz arası)	- Endüktif ve kapasitif güç
- Tek tek tüm harmoniklerin; % değeri, RMS gerçek değeri, faz açısı, min/max değerlerinin gösterimi	- Akım ve gerilim dalga formuna ait artı ve eksi alternanslardaki pik değerler
- Akım ve gerilimler arası faz açıları	- Akım ve gerilime ait anlık değerler



**Şekil 1 - CA8332B 3 Fazlı Portatif Enerji Analizörü**

**Ölçüm Cihazının Adı:** Kızılötesi Termometre – Kıray 300

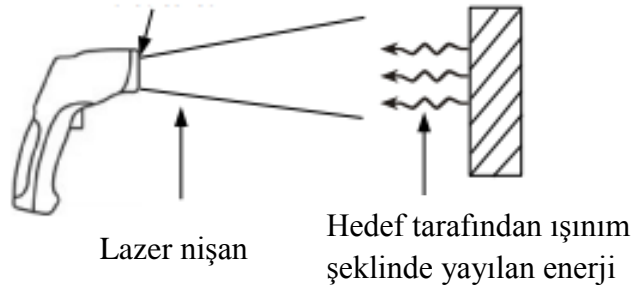


K tipi termokupl  
ile birlikte

**Şekil 1**

Kızılötesi termometre cisimlerin yüzey sıcaklıklarını ölçmek ve var olan ölçüm değerlerini doğrulamak için kullanılır. Çift lazer nişan ile tasarlanmış optik sistemi sayesinde belirli sınırlar dahilinde uzak hedeflerde de ölçüm yapılabilir. Termometrenin optik lensleri sıcaklığı ölçülecek cismin yüzeyinin yaydığı ve yansıttığı enerjiyi ölçer. Bu enerji detektör üzerinde depolanır ve odaklanır. Detektör üzerinde toplanan bu bilgi sıcaklık olarak cihaz ekranından okunur. Lazer işaretçi sadece hedefi odaklamak için kullanılır. Termometrenin yapılan ölçümlerden 100 tanesini de hafızasına kaydetme özelliği vardır. Ayrıca cihaz K tipi termokupl ile uyumludur.

Kızılötesi sensör

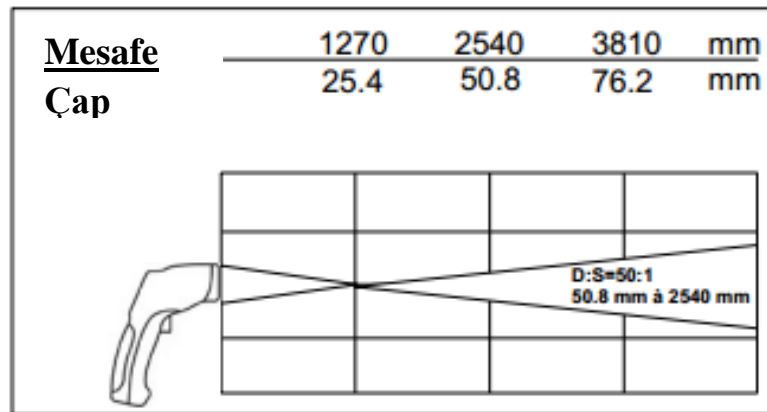


Şekil 2

Yukarıda bahsi geçen K tipi termokupl ölçüm yapılan noktanın gerilimini ölçmeye yaramaktadır. **Termokupl** veya **ısı çifti**, bir tür sıcaklık sensörüdür. Farklı iki iletken malzemeden oluşur. Bu malzemelerin iki ucu birleştirilir (*sıcak nokta*) ve ısıtılırsa, diğer uçlarda (*soğuk nokta*) gerilim elde edilir. Bu gerilimin değeri kullanılan malzemenin cinsine ve birleşim noktasının ısınma miktarına bağlıdır. Sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkıyla orantılıdır. Sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkı termokupl üzerinde gerilim (EMF) yaratır.

K tipi termokupl şu yapılardan oluşmaktadır: (kromal { %90 nikel ve %10 krom }—alümel { %95 nikel, %2 mangan, %2 alüminyum ve %1 silikon } ), en genel amaçlı termokupldur. Algılaması yaklaşık olarak  $41 \mu V/^{\circ}C$ 'dir. Maliyetleri düşüktür ve probalar  $-200^{\circ}C$  ile  $+1250^{\circ}C$  arasında kullanılır.

Kızılötesi termometre cisimlerin yüzey sıcaklıklarının yanında boru gibi silindirik yüzeylere sahip sistemlerde de kullanılır fakat aşağıdaki gibi sınır şartları mevcuttur.



Şekil 3

### CİHAZ TEKNİK ÖZELLİKLERİ:

Tablo 1



Spektral tepki	8 - 14 $\mu$ m
Optik	D.S: 50:1 (50.8 mm at 2540 mm)
Sıcaklık aralığı	-50 - +1850°C aralığında
Doğruluk (Tamlık)	-50 - +20°C aralığında: $\pm 3^\circ\text{C}$ +20 - +500°C aralığında: $\pm 1\% \pm 1^\circ\text{C}$ +500 - +1000 °C aralığında: $\pm 1.5\%$ +1000 - +1850°C aralığında: $\pm 2\%$
Kızılötesi tekrarlanabilirlik	-50 - +20°C aralığında: $\pm 1.5^\circ\text{C}$ +20 - +1000°C aralığında: $\pm 0.5\%$ or $\pm 0.5^\circ\text{C}$ +1000 - +1850°C aralığında: $\pm 1\%$
Ekran çözünürlüğü	0.1°C
Cevap süresi	150 ms
Aralık göstergesi üzerinde	Ekran göstergesi: « ---- »
Çift lazer nişanı	Dalgaboyu: 630 nm - 670 nm aralığında Çıkış < 1mW, Class 2 (II)
Pozitif ya da negatif sıcaklık göstergesi	Otomatik (pozitif sıcaklık değeri için ayrıca bir gösterge yok) Negatif sıcaklık değeri için (-) işareti var
Ekran	3 satırlı, 4 dijitali arkadan aydınlatmalı LCD
Otomatik sönmeye (otomatik kapanma)	Otomatik 7 sn'lik hareketsizlikten sonra
Yüksek/Düşük alarmı	Ekranı yanıp sönen sinyal ve ayarlanabilir eşik değerinde bip sinyali
Güç kaynağı	9V alkalın pil
Kendi kendini yönetme	95 saat (inaktif lazer ve ekran aydınlatması) 15 saat (aktif lazer ve ekran aydınlatması)
Kullanım sıcaklığı	0 - +50 °C arası
Depolama sıcaklığı	- 10 - +60 °C arası
Bağıl nem	Kullanım sırasında % 10 - % 90 bağıl nem oranında Depolama sırasında % 80 den düşük bağıl nemde
Ölçüler	200 x 140 x 50 mm
Ağırlık	320 g (pil dâhil)
Hafıza	100 sıcaklık değerine kadar



Şekil 4



Şekil 5

### **CİHAZ TUŞLARI VE GÖREVLERİ:**

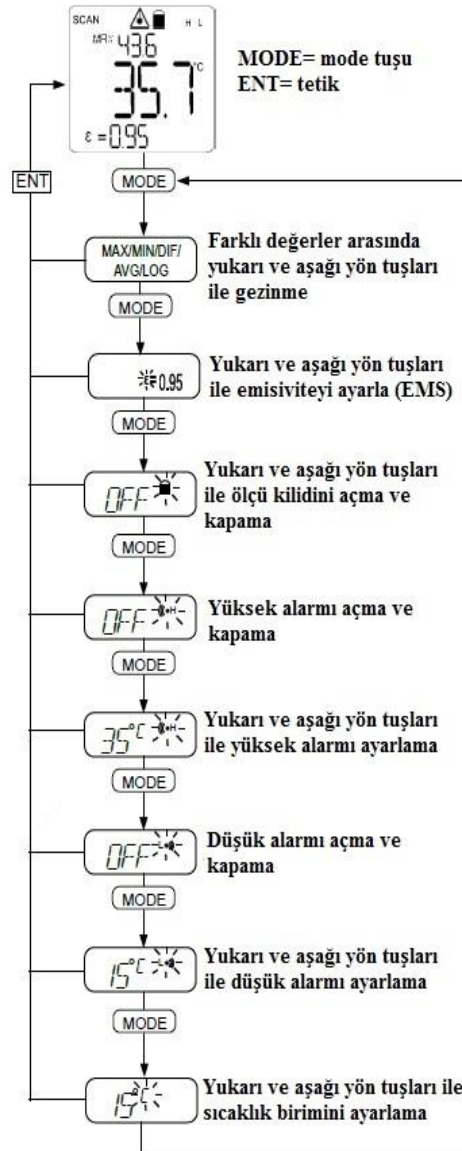
- 1. Yukarı yön tuşu:** Emisiviteyi ve yüksek ve düşük alarm eşik değerlerini artırmayı sağlar. Ayrıca kayıt edilen sıcaklık değerlerinde yukarı yönde gitmeyi ve MAX, MIN, AVG ve LOG değerleri arasında gezinmeyi sağlar.



2. **Arka plan aydınlatma ve lazer tuşu:** Ekranın arka plan aydınlatmasını aktif ve deaktif etmeyi sağlar ve ayrıca ölçüm değerlerini kaydetmeye imkan verir.
3. **Mode tuşu:** MAX ve MIN değerler, DIF ve AVG, emisivite, yüksek ve Düşük alarm eşik değerleri ve ölçüm birimleri arasında gezinmeyi sağlar.
4. **Aşağı yön tuşu:** Emisiviteyi ve yüksek ve düşük alarm eşik değerlerini azaltmayı sağlar. Ayrıca kayıt edilen sıcaklık değerlerinde aşağı yönde gitmeyi ve MAX, MIN, AVG ve LOG değerleri arasında gezinmeyi sağlar.

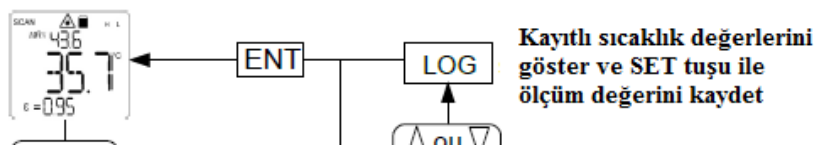
Şekil 6

#### Mode tuşu iş akış şeması:



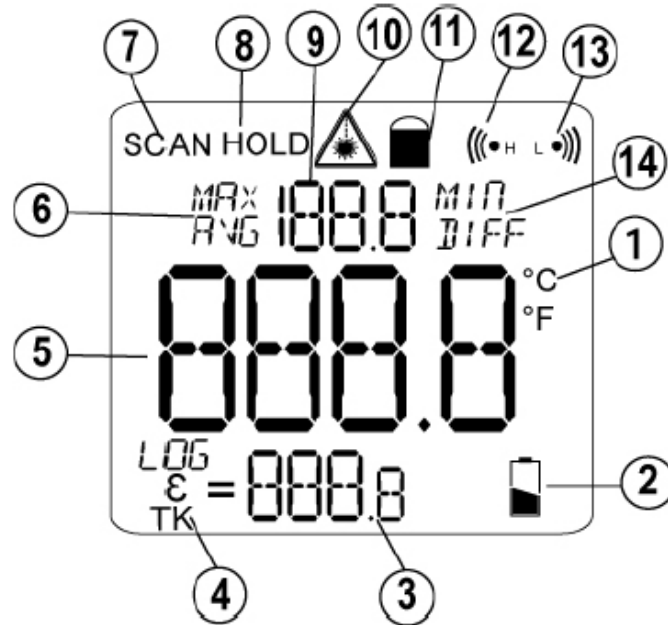
Sekil 7

#### Mode tuşuna basıldığında LCD ekranda ayarları yapılan ifadeler:



Yukarıdaki akış şemasında “MODE” tuşuna basıldığında ekranda beliren MAX, MIN, AVG, DIF ve LOG ifadelerinin ne anladığını Şekil 8’de görebilirsiniz. Ölçüm yapılan ortamdan elde edilen sıcaklık değerleri ile bu konuları Şekil 8’de görebilirsiniz. İstenilen değeri ekranda görmek için ENT (tetik)’ ye basılı halde iken “MODE” tuşuna daha sonra istenilen özelliğin olduğu ekrana gitmek içinde yön tuşlarını kullanınız.

#### **Cihaz Ekranı:**



Şekil 9

1. Ölçüm birimi (°C / °F)
2. Düşük pil göstergesi
3. LOG değeri (kayıtlı ölçüm değeri), EMS (emisivite) ve TK (K tipi termokupl)
4. LOG değeri (kayıtlı ölçüm değeri), EMS (emisivite) ve TK (K tipi termokupl) göstergesi
5. Sıcaklık değeri

6. MAX (maksimum) ve AVG (ortalama) ölçüm değeri göstergesi
7. Mevcut ölçüm göstergesi
8. HOLD (sabit ölçüm) göstergesi
9. MAX (maksimum), MIN (minimum), AVG (ortalama), DIF (maksimum ile minimum değerler arasındaki fark) değerleri
10. Lazer çalışma göstergesi
11. Sürekli ölçüm göstergesi
12. Yüksek alarm göstergesi
13. Düşük alarm göstergesi
14. MIN (minimum) ve DIF (maksimum ile minimum değerler arasındaki fark) göstergesi

### **CALIŖTIRMA MODU:**

- Cihazı açmak için ENT (tetik)' e bas. Tetiğ'e basınca ekran, sıcaklık göstergesi ve lazer ışığı açılmış olur.
- Ölçüm almak için tetiğ'e basılı tut ve lazer ışığını sıcaklığı ölçülecek cismin ortasına tut.
- Tetiğ'i bırak.
- Erkanda görülen sıcaklığı oku. (Ekrandaki değ'er 7 saniye boyunca aktif olur.)
- HOLD ekranın sol üst kısmında belirir; ölçüm görünür halde kalır.
- Ölçüm birimini değ'iştirmek için yukarı ve aşağı yön tuşlarına bas.

### **KOMUT DÜĞMELERİ:**

#### **ENT (Tetik)**

Tetik cihazın arka tarafında bulunmaktadır. Aşağıdaki işlemleri bu tuşla yapabiliriz.

- Cihazı açabiliriz.
- Tetiğ'e basılı halde iken lazer ışığını ve sıcaklık ölçümünü aktif hale getirebiliriz. Ayrıca basmaya devam ettiğimizde yukarı ve aşağı yön tuşları ile emisivite değ'erin'i değ'iştirebiliriz. Tetiğ'e basılı halde iken ön tarafta bulunan "mode" tuşuna basarak MAX, MIN, DIF ve AVG değ'erlerini görünür hale getirebiliriz.
- Tetiğ'i bıraktığımızda ekranda HOLD komutu aktif hale gelir ve son ölçüm değ'eri ekrandan okunur ayrıca 7 saniye boyunca herhangi bir başka tuşa basılmaz ise ekran kapanır.

#### **MODE (Mod tuşu)**

Bu tuşa defalarca basarak emisivite, kilitleme, yüksek alarm, düşük alarm, değ'er kaydetme vb. ölçüm tiplerini ayarlayabiliriz. Aşağıda "mode" tuşuna basarak yapılabilecek ayarlar tarif edilmiştir.

- EMS; cihaz açıldığında ekranda  $\epsilon$  işareti yanıp sönünceye kadar "mode" tuşuna basılır. Cihazın set  $\epsilon$  değ'eri 0.95 dir fakat bu değ'eri arttırmak için yukarı yön

tuşuna, azaltmak için aşağı yön tuşuna basılır. Ölçüme geri dönmek için tekrar tetiğe basılır sonrasında “mode” tuşuna basılır ve bir sonraki moda geçilir.

- Lock (Kilitleme); cihaz açıldığında ekranın üst kısmında kilitleme komutu OFF konumunda yanıp sönünceye kadar “MODE” tuşuna basılır. OFF konumundan ON konumuna getirmek için yukarı veya aşağı yön tuşlarına basılır. Cihazı bu ara yüzden çıkarıp ölçüme devam etmek için ya tekrar “MODE” tuşuna ya da tetiğe basılır. Kilitleme modunu iptal etmek için bir kez tetiğe basılır.
- Yüksek alarm; cihaz açıldığında H harfi ekranın sağ üst köşesinde belirene kadar “MODE” tuşuna basılır. Yüksek alarm modunu aktif veya pasif hale getirmek için yukarı veya aşağı yön tuşları kullanılır. Yüksek alarmı aktif edip eşik değerini ayarlamak için “MODE” tuşuna basılır. Eşik değerini arttırmak için yukarı yön tuşuna, azaltmak için aşağı yön tuşuna basılır. Ölçüme geri dönmek için ilk olarak tetiğe ardından “MODE” tuşuna basılır ve sonraki moda geçilir.
- Düşük alarm; cihaz açıldığında L harfi ekranın sağ üst köşesinde belirene kadar “MODE” tuşuna basılır. Düşük alarm modunu aktif veya pasif hale getirmek için yukarı veya aşağı yön tuşları kullanılır. Düşük alarmı aktif edip eşik değerini ayarlamak için “MODE” tuşuna basılır. Eşik değerini arttırmak için yukarı yön tuşuna, azaltmak için aşağı yön tuşuna basılır. Ölçüme geri dönmek için ilk olarak tetiğe ardından “MODE” tuşuna basılır ve sonraki moda geçilir.
- °C / °F; cihaz açıldığında ekranda görülen ölçüm değerinin sağında bulunan ölçüm birimi yanıp sönünceye kadar “MODE” tuşuna basılır. °C veya °F olarak ayarlamak için aşağı ve yukarı yön tuşları kullanılır. Ölçüme geri dönmek için önce tetiğe basılır sonrasında “MODE” tuşuna basılıp sonraki moda geçilir.
- LOG; ölçüm sırasında tetik basılıyken veya kilitleme modu aktifken ekranın sol alt köşesinde LOG işareti belirene kadar “MODE” tuşuna basılır. Bu arada ekranın üstünde 1 den 100 ye kadar sayılar belirir ki bu sayılar cihazın imkan verdiği ölçüde kayıtlı olan ölçüm değerleridir. Eğer önceki ölçüm değerleri kayıt edilmemişse <<---->> şeklinde ibare çıkar buda kayıt için boş yer olduğu anlamına gelir. Eğer kayıtlı değerler varsa bir önceki ibare yerine kayıtlı ölçüm değeri gözüktür. Cihazın hafızasına almış olduğumuz ölçüm değerini kayıt etmek için şu işlem aşamaları takip edilmelidir:
  - Öncelikle cihaz LOG modunda olmalıdır.
  - Ardından boş bir kayıt yeri yani <<---->> şekli seçilir ve ölçüm sırasında (tetige basılı haldeyken) veya tetiği saldıgımızda cihaz HOLD(bekleme) durumunda iken cihazın ön kısmında bulunan laser/backlighht (lazer/arka plan ışığı)tuşuna basılır ve kayıt işlemi yapılmış olur.
  - Kayıtlı ölçüm değerlerini silmek için ise şu işlem sırası takip edilmelidir:
    - ✓ LOG modunda iken tetige basılır ve basılı halde iken ilk kayıt değerine ulaşana kadar aşağı yön tuşuna basılır. İlk kayıt değerine ulaşılınca laser/backlight (lazer/arka plan ışığı) tuşuna tetik basılı halde iken basılır ve bip sesi duyulana kadar devam edilir. Bip sesi

duyulduğunda LOG konumu “1” e dönüşür ki buda diğer kayıtlı verilerin silindiği anlamına gelir.

### **EMİSİVİTE(Emissivity):**

Emisivite maddelerin enerji yayma karakteristiklerini tarif etmek için kullanılmaktadır. Çoğu organik maddelerin ve boyalı yada oksitlenmiş yüzeylerin emisivite değeri cihazın set değeri olan 0,95’dir. Hatalı ölçümler parlak ya da parlatılmış yüzeylerden ölçüm alındığında oluşur. Ancak hatalı ölçümleri elimine etmek için parlak yüzeyleri maskeleyen bantları veya düz siyah boya ile kapatmak gerekmektedir. Kapatma işleminden sonra sıcaklığı ölçülecek yüzey ile kapatma elemanının aynı sıcaklığa gelmesi için biraz beklenmeli ve ondan sonra ölçüm yapılmalıdır. Diğer önemli maddelerini sıcaklıklarını ölçerken kullanılmak üzere hazırlanmış emisivite tablosu aşağıdaki gibidir.

Tablo 2

Alüminyum	0,30	Buz	0,98
Asbest	0,95	Demir	0,70
Asfalt	0,95	Kurşun	0,50
Bazalt	0,70	Kireç taşı	0,98
Pirinç	0,50	Yağ	0,94
Tuğla	0,90	Boya	0,93
Karbon	0,85	Kağıt	0,95
Seramik	0,95	Plastik	0,95
Beton	0,95	Kauçuk	0,95
Bakır	0,95	Kum	0,90
Kir	0,94	Deri	0,98
Dondurulmuş gıda	0,90	Kar	0,90
Sıcak yemek	0,93	Çelik	0,80
Cam	0,85	Kumaş	0,94
Su	0,93	Ahşap (odun)	0,94

### **Doğru bir ölçüm yapabilmek için dikkat edilmesi gereken hususlar:**

1. Parlak veya yansıtıcı metal yüzeylerden ölçüm almayınız. Bu yüzeylerden yukarıda da bahsedildiği gibi işlem uygulandıktan sonra ölçüm alınız.
2. Cam gibi şeffaf (saydam) yüzeyler aracılığı gibi ölçüm almayınız.
3. Su buharı, toz, duman vb. yapılar cihazın optik ayarlarını bozarak doğru ölçüm almayı engellediği için bunlara dikkat ediniz.
4. Ölçüm yapılacak hedefin cihazın lazer hedef alanına büyüklüğünden daha büyük olmasına dikkat ediniz.

### **Herhangi bir olumsuz duruma yol açmamak için dikkat edilmesi gereken hususlar:**

1. Lazer ışığı gözlerden uzak tutunuz.
2. Cihaz ekranında pilin bittiğini gösterir ibare belirdiğinde bekletmeden pili değiştiriniz.

3. Termometre etrafında patlayıcı gaz, buhar veya toz kullanmayınız.
4. Cihazı LOCK (kilitleme) modunda bırakmayın çünkü bu modda iken cihaz otomatik olarak ölçüme devam edemez

#### Ölçüm Cihazının Adı: Lüksmetre



Işık, elektromanyetik radyasyondur. Işığın üç önemli fiziksel özelliği vardır:

- Işık düz çizgiler halinde hareket eder.
- Bir cisme çarptığında o cismin özelliğine oranla yansır.
- Bir ortamın içine girince kırılır.

Işığın kütlesi yoktur. Işığın daha doğrusu ışığı oluşturan parçacıkların yani fotonların kütlesi yoktur. Onlar sadece enerjidir. Işık bizim görmemizin ana kaynağıdır. Çünkü görme işleminde ışık kaynağından çıkan ışınlar etrafımızdaki cisimlere çarparak gözümüze ulaşır. Işık foton denen kütlesiz ve yüksüz atom altı parçacıklardan oluşur. Tüm parçacıklar gibi fotonlar da dalga özelliği gösterir. Yani bir dalga boyları ve bir frekansları vardır. Işık ışınları da fotonların ilerlerken aldıkları yoldan başka bir şey değildir. Fotonlar kaynaklarından çıktıktan sonra –eğer önlerinde hiçbir engel yoksa- düz doğrultuda ve hiç sapmadan yayılır. Herhangi bir cisme çarpınca da cismin şeffaf olup olmamasına göre yansır veya kırılır.

#### **Işık – Aydınlatma:**



Işık akısı, bir fiziksel niceliktir ve insan gözünün algıladığı ışık gücünün miktarını ifade eder. Bu tariftten de anlaşıldığı gibi, ışık akısı hem ışıyım yapan kaynağın gücüne hem de insan gözünün özelliğine bağılıdır. SI biriminde yani MKS sisteminde ışık akısının birimi (ışık gücü) lumen'dir.(İm kısaltmasıyla gösterilir.)

### Dalga boyu ve Frekans:

İşinım dalga boyu veya frekans ile tarif edilebilir. İkisi arasındaki ilişki

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Burada  $\lambda$  dalga boyu,  $f$  frekans ve  $c$  de ışık hızıdır. Işık hızı boşlukta **299792458 m/s**'dir. MKS sisteminde dalga boyu birimi **metre (m)** , frekans birimi ise **Hertz (Hz)** dir. (Yukardaki ilişkide frekans **GHz** cinsinden verilirse, dalga boyu da **nm** (nanometre) cinsinden hesaplanabilir.)

### İşinım ve Dalga Boyu:

İşinım yapan kaynaklar sıcaklığa bağılı olarak elektromanyetik spektrumun her noktasında işinım yapabilirler. İşinım tek bir dalga boyunda değıl, çok geniş bir bant içerisindeydir. Fakat sıcaklığa bağılı olarak işinımın maksimum olduğı bir dalga boyu vardır. İdeal kara cisim için bu dalga boyu Alman fizikçi Wilhelm Wien (1864-1928) tarafından hesaplanmıştır.

Burada  $\lambda$  işinımın maksimum olduğı dalga boyu,  $T$  ise mutlak sıcaklıktır. ( $T$  sıcaklığı  $k_B$  (Boltzmann sabiti) cinsinden)  $b$  sabitinin değeri yaklaşık olarak  **$2.897769 \cdot 10^{-3}$**  dir Yukarıdaki ilişkiden görüldüğü gibi  $\lambda = \frac{b}{T}$  sıcaklık arttıkça maksimum dalga boyu da kısalır. Yandaki şekilde sıcaklık arttıkça maksimum noktanın daha kısa dalga boyuna (daha yüksek frekansa) doğru kaydığı görülmektedir.

### İnsan Gözü:

İnsan gözü **380-740 nm** (nanometre) arasındaki dalga boylarına duyarlıdır. Bu bandın uç noktalarında duyarlılık düşüktür. Maksimum duyarlılığın olduğı dalga boyu (aydınlık ortamda) **555 nm**'dedir. ( Ya da frekans birimleriyle verilecek olursa **540 THz**) Bu dalga boyu yeşil renk bölgesindedir. Güneş ışığının spektral açılımı incelenecek olursa, Güneş ışığının da insan gözünün duyarlılığının yüksek olduğı bir bölgede yoğunlaştığı görülr.

### Işık Şiddeti ve Işık Akısı:

Bir ışık kaynağının toplam ışık akısını ölçmek için o kaynağı bir küre içine alıp küre duvarından geçen akı toplamını bulmak gerekir. Kürenin yüzey alanı  **$4\pi r^2$**  olduğundan yüzey alanının  **$4\pi$** ye bölümü  **$r^2$**  genişliğinde bir alanı gösterir. Bu alanı oluşturan katı açığa da steradyan denilir. Bir steradyandan geçen ışık akısı da ışık şiddetidir.(Kısaltması **cd**) Işık şiddetinin birimi **candela**'dır. (**cd** kısaltmasıyla gösterilir.) Candela uluslararası **SI** birimler arasında temel birimlerden biridir. (diğerleri metre, kilogram, saniye, ampere, Kelvin ve mol)

Düzgün (alanın her noktasına eşit dağılımlı) işinım için,

$$I = \frac{\Phi}{A}$$

Burada  $I$  ile ışık şiddeti,  $\Phi$  ile toplam ışık akısı ve  $A$  ile de steradyan cinsinden alan gösterilmiştir.

Her yöne eşit işinım yapan bir kaynak için,

$$I = \frac{\Phi}{4 \cdot \pi r^2}$$

Ama şayet kaynak noktasal değilse bu takdirde aydınlık şiddeti kaynağın geometrisine göre hesaplanır. Mesela yarım küre içinde ışınlam yapan bir kaynakta

$$I = \frac{\Phi}{2 \cdot \pi}$$

#### Aydınlanma ve Işık Akısı

Aydınlanma (ışık akısı yoğunluğu) kaynakla değil, aydınlanan yüzeye ilgili bir niceliktir ve birim alan üzerine dik olarak düşen ışık akısı anlamına gelmektedir. Birimi lüks'tür. (**Ix** kısaltmasıyla gösterilir.)

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Burada **S** ışığın aydınlattığı alandır; Şayet bu alan ışık geliş yönüne dik değil ise

$$E = \frac{\Phi \cdot \sin(\theta)}{S}$$

Burada **θ** ışığın geldiği yön ile alan arasındaki açıdır.

Noktasal kaynakta ve **r** yarıçaplı bir küre yüzeyinde alan  $4 \cdot \pi \cdot r^2$  olduğundan;

$$E = \frac{\Phi}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Işık şiddetiyle aydınlanma arasındaki ilişki ise;

$$E = \frac{\Phi}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{I \cdot 4 \cdot \pi}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{I}{r^2}$$

#### Aydınlatma Şiddetinin Ölçülmesi

Lüksmetre, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir foto elektrik pil ile, lüksel olarak kalibre edilmiş çok duyarlı bir miliamper metreden oluşmaktadır. Fotoelektrik pil üzerine ışık düştüğü zaman, küçük bir doğru gerilim oluşur. Bu gerilim hassas galvanometreyi çalıştıracak büyüklüktedir. Galvanometrenin skalası lük cinsinden taksimatlandırılmıştır. Aletin göstergesinin sapma miktarı, foto eleman yüzeyine gelen ışık şiddeti ile orantılıdır. Lüksmetrenin filtre sistemi, spektral duyarlılığı insan gözünün spektral duyarlılığının aynı olacak şekilde yapılmıştır. Lüksmetre ile çalışmak çok kolaydır: Aydınlatma şiddetini ölçmek istediğimiz yüzeye doğru lüksmetrenin dedektörünü çevirmek (bazı cihazlar için uygun aralığı seçmek) ve göstergeden lüks değerini okumak yeterlidir

#### Lüksmetrenin Yapısı

Aydınlık şiddetini ölçen alettir. Bu alet fotoelektrik pil ile galvanometreden meydana gelmiştir. Fotoelektrik pil; bazı kimyasal (ışığa en duyarlı potasyum, sodyum, sezyum, lityum, rubidyum gibi metaller) metaller ışığa çok duyarlıdır. Bu metaller üzerine ışık düştüğü zaman elektriksel olay başlar ve bir elektro motor kuvveti (emk) oluşur ve bu olaya fotoelektrik denir. Bu olayın oluşmasını sağlayan elemana ise fotoelektrik pil veya fotosel denir.

Çoğu zaman bu fotoelektrik pil ve galvanometre aynı portatif kutu içerisine konularak sabit fotoselli lüksmetre yapılır. Uygulamada kullanılan lüksmetreler çok çeşitli olup genellikle portatif tipte yapılırlar. Aynı aletle, değişik kademelerdeki aydınlık şiddetlerini ölçebilmek için aletin üzerine bir

kademe anahtarı konulmuş olabilir ve değer okunurken buna uygun bölümden okuma yapılması gerekmektedir.



**Ölçüm Cihazının Adı:** Takometre (Devir ölçer)

### **Genel Bilgi:**

En genel anlamda herhangi bir döner cihazın dakikadaki devrini ölçmeye yarayan alet olarak tanımlanır. Dönme hareketi yapan bir makine parçasının, özellikle bir motor ana milinin dönüş sayısını dakikada devir cinsinden ölçen aygıttır. Taşıtlarda ise takometre, devir saati ya da RPM saati, motorun (şaftın veya disklerin) birim zamandaki devir sayısını gösteren motor saati olarak adlandırılır. Genellikle 1 dakikadaki devir sayısını gösteren analog bir saattir ancak dijital göstergeler de yaygınlaşmaktadır.

Türkçeye Almanca “tachograph” sözcüğünden geçmiştir. Yunanca “ταχος” (hız) ve “metron” (ölçmek) sözcüklerinden türetilmiştir.

Sinema sektöründe kameraya takılan ve saniyede geçen resim (kare) sayısını gösteren aygıt (hız ölçer) olarak tanımlanmaktadır.

Günümüzde en çok uygulama alanı taşıtlardır. Fakat taşıtlarda bulunan takograf ile takometre karıştırılmaktadır. Takograf ise, hız, mesafe, zaman gibi ölçümleri yapıp kaydeden cihazın adıdır. Otobüs, kamyon, tır gibi uzun yol araçlarının denetlenmesi amacıyla takılan ve yasal bir zorunluluk olan cihazlardır. Takografa müdahale etmek suçtur.



### **Takometre Çeşitleri:**

#### **1.Analog Takometreler:**

Aletin uç kısmında bulunan parça plâstikten yapılmış olup devir sayısı ölçülecek makinenin miline değiştirilir. Bu tip takometrelerin el tipi olduğu gibi, devri ölçülecek makinenin miline montajı yapılanlar da vardır. Analog takometrelere, arabalardaki devir ölçerler ile bisikletlerde kullanılan hız göstergelerini örnek olarak gösterebiliriz. Resimde dokunmalı tip, dijital yapılı tur metre örneği görülmektedir.

#### **2.Dijital Takometreler:**

Elektro-optik takometrelerdir. Elektro optik bir algılayıcıdan bir ışık huzmesi gönderilir. Dönen cismin üzerindeki bir noktadan periyodik olarak geri dönen ışık toplanır. Bu yansıma elektronik devre tarafından algılanır. Bu ışığın periyodu dönen cismin periyodu ile aynıdır. Frekansı gerilime çeviren devre sayesinde devir sayısı ölçülmüş olur. Resimde optik tip, dijital yapılu tur metre örneği görülmektedir.



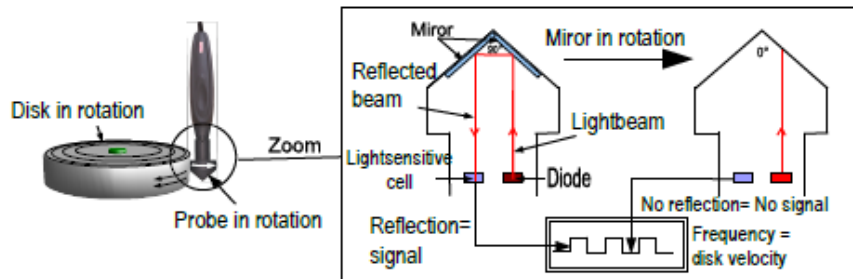
### **Takometre Çalışma Prensibi:**

Yukarıda sınıflandırılması yapılan takometre çeşitlerinin çalışma prensipleri şu şekildedir.

Temaslı takometreler adından da anlaşılacağı gibi ölçüm yapılacak dönen yüzeye temas ettirilecek ölçüm yapılır. Aşağıdaki resim bir temaslı takometreye aittir. Ölçüm yapılacak yüzeye sol taraftaki adaptörün plastik uçlu kısmı temas ettirilir.



Cihaz açık konumda iken temas olduğunda aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi cihaz tarafından ışık hüzmesi diyottan dönen yüzeye temas eden kısma gönderilir ve temasta olan kısımda bulunan aynalardan yansır. Bu yansıyan ışık hüzmesi, ışığa duyarlı hücre tarafından alınır ve dönen cismin dönme hızına bağlı olarak bir frekansa dönüştürülür ve böylece devir sayısı ile orantılı bir frekans değeri elde edilmiş olur.



Bir diğer takometre çeşidi ise dijital takometredir. Dijital takometreler elektro-optik prensibine göre çalışmaktadır. Yanda da bu prensibe göre çalışan bir takometre görülmektedir.

Elektro-optik takometrede, temaslı takometrenin ihtiyaç duyduğu dönen yüzeye temasa ihtiyaç yoktur. Yine ölçüm cihazının probunda bulunan bir diyot tarafından ışık hüzmesi, dönen yüzey

veya cisim üzerindeki bir noktadan geri yansır Bu yansıyan ışık hüzmesi, ışığa duyarlı hücre tarafından alınır ve dönen cismin dönme hızına bağlı olarak bir frekansa dönüştürülür ve böylece devir sayısı ile orantılı bir frekans değeri elde edilmiş olur. Aşağıdaki şekilde çalışma prensibi açıkça görülmektedir.



**Ölçüm Cihazının Adı:** Termo higrometre

### **Nem Ölçümü ve Kontrolü**



Havadaki su buharı miktarına **nem** denir. Nem ölçümlerinde **mutlak**, **bağıl (izafi, nisbi)** ve **spesifik** olmak üzere genellikle üç değişik ifade kullanılır.

#### **1. Mutlak Nem (Derişiklik veya Konsantrasyon)**

Mutlak nem, 1  $m^3$  nemli havanın içerdiği su buharının kütlesine denir. Bir diğer ifade ile havanın birim hacmi ( $m^3$ ) başına içerdiği su buharının gram cinsinden kütlesine denir. Nemli havanın hacmi  $V$ , içindeki su buharı miktarı  $m_b$  ise, mutlak nem,

$$e_b = \frac{m_b}{V} = \frac{P_b}{R_b T} = \frac{1}{v_b} = \rho_b$$

şeklinde bulunur. Görüldüğü gibi mutlak nem, nemli hava içindeki su buharının yoğunluğuna eşittir. Mutlak nem (derişiklik veya konsantrasyon) kavramı özellikle su buharının kütle transferiyle havaya karışması ve meteoroloji ile ilgili problemlerde sıkça kullanılır.

## **2. Bağıl (İzafi, Nisbi) Nem**

İzafi nem, havanın içerisindeki su buharı kütlesinin, havanın aynı sıcaklıkta alacağı maksimum su buharı kütlesine oranıdır. Başka bir ifade ile doyma durumundan uzaklaşmayı veya yaklaşmayı belirten boyutsuz bir sayıdır.

$$\phi = \frac{m_b}{m_{b,d}}$$

Burada paydaki ifade T sıcaklığında, nemli hava içindeki su buharı kütlesini, paydadaki ifade ise aynı sıcaklıkta doymuş hava içindeki su buharı kütlesini ifade etmektedir.

## **3. Spesifik Nem**

Spesifik nem, bir gaz içerisinde bulunan nem kütlesinin (su buharı) gaz kütlesine oranıdır.

## **Nem Ölçme Metotları**

Nem ölçmede genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlar;

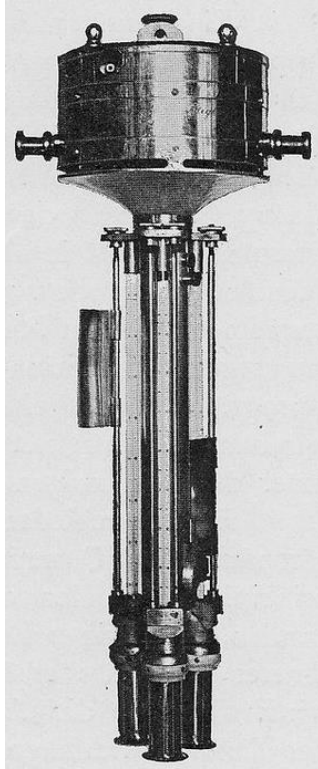
- Psikrometrik ölçümler,
- Higroskopik maddelerin boyutlarının değişmesi esasına dayanan metot (saçlı higrometre ve benzeri metotlar),

## **Psikrometre Çeşitleri**

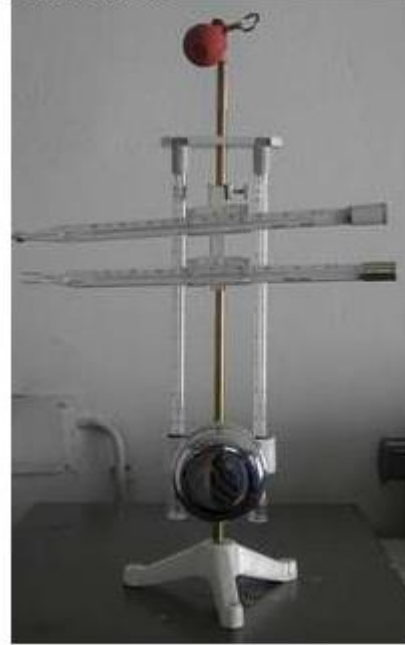
Psikrometreleri, havalandırma şekline göre iki kısma ayırabiliriz.

- Basit psikrometreler (tabi vantilasyonlu tip): Bir kuru ve bir ıslak termometrenin meydana getirdiği takıma psikrometre denir.
- Suni havalandırılmalı psikrometreler: Bu tip psikrometrelerin, basit psikrometrelerden farkı, suni havalandırma kaynağına sahip olmalarıdır. Sabit kasa tipi psikrometreye, aspiratör denilen hava akımı temin eden cihaz takılarak bu psikrometreler elde edilir.

### Saçlı



### Psikrometre



### Higrometreler

Havanın bağıl nemini doğrudan doğruya gösteren aletlere **higrometre** denir. Dijital ve analog yapıları mevcuttur. Bir saç demetinin, havadaki nisbi nem oranına göre uzayıp, kısalması esasına dayanarak saçlı higrometre aleti yapılmıştır. Meteorolojide saçlı higrometreler kullanılmaktadır.

**Higrograf:** Bulunduğu yerin nisbi nemini devamlı olarak kaydeden aletlere higrograf denir.

### **Higrometre Nedir ve Çeşitleri Nelerdir?**

Higrometre, atmosferdeki nem (rutubet) miktarını ölçmeye yarayan alettir. "Hygro" Yunancada nem, "meter" ise ölçen demektir. Bu aletler nemi tespit etme metotlarına göre tasnif edilebilirler. Başlıcaları şunlardır:

Psikrometre denilen ve yan yana iki termometrelerden birinin haznesine ıslak bir bez örtülür. Havadaki nem miktarı düşükçe ıslak hazneden daha fazla buharlaşma olacağı için, iki termometrenin göstereceği sıcaklıklar arasındaki fark, o nispette büyük olacaktır.

Çiğ husulü (buhar yoğunlaşması) için gerekli ortamı simüle (benzerini hasıl) eden alet. Soğutucu tertibat ile havadaki su buharının yoğunlaşmasını sağlar ve bu yoğunlaşmanın meydana getirdiği sıcaklığı ölçer. Bu da nem miktarını gösterir.

Saç veya öküz bağırsağından parçalar kullanılarak yapılan aletler. Alette, havadaki izafî (bağıl, rölatif, nisbî) nem miktarı arttıkça söz konusu organik maddelerin boylarının uzayacağı prensibi kullanılır.

Havadaki rutubeti emen kimyevî maddeleri kullanan aletler. Havadaki nem miktarı arttıkça, bu maddeler daha fazla nem emerler ve dolayısıyla ağırlıkları da o nisbette artar.

Kimyevî olarak işlenmiş metal tellerin elektrikî dirençlerinin havadaki nemden etkileneceği prensibinden istifade eden aletler. Bütün bu aletler, uygun bir kalibrasyon (ölçülen değerle nem arasındaki bağıntı ayarı) yardımıyla sonucu verir. Ölçüm değeri umumiyetle bir mekanizma vasıtasıyla bir ibre, yazıcı uç veya elektronik göstergeye intikal eder.





Dijital ve analog higrometre



Psikrometre



Higrograf



İşba dolabı

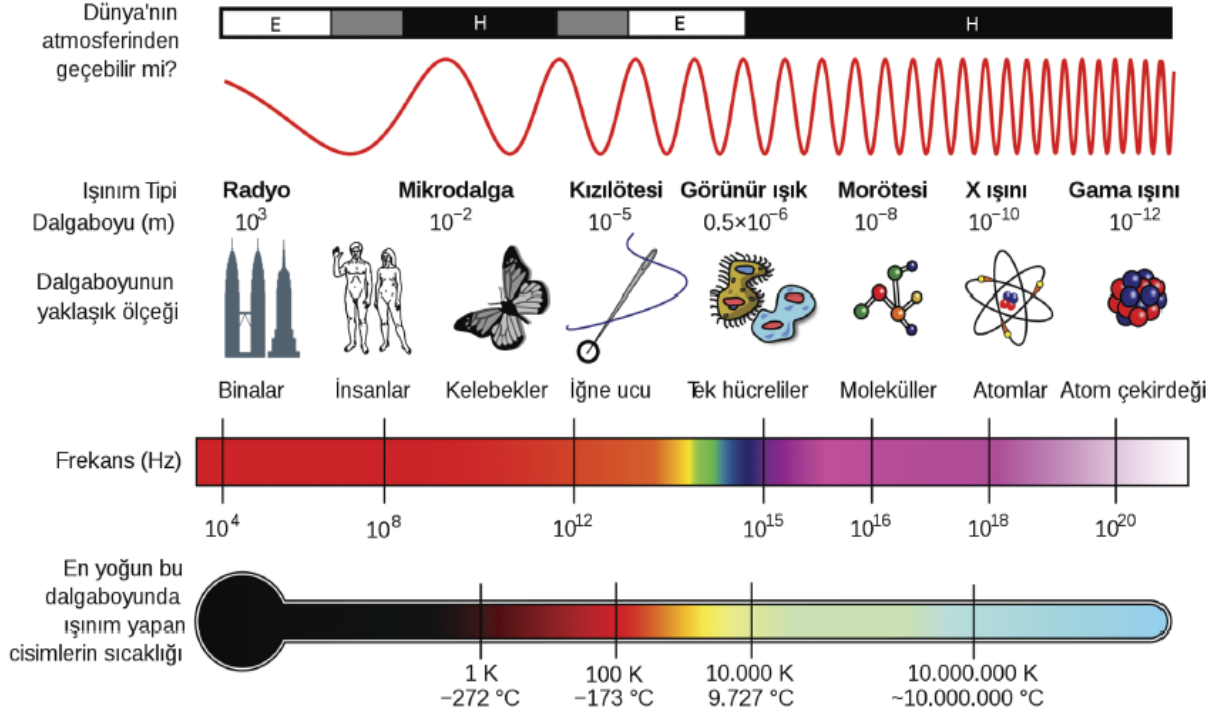
## Ölçüm Cihazının Adı: Termal Kamera

### Ölçümün Amacı

Termal kameranın çalışma ilkelerini kavramak, termal kamera kullanımını ve görüntü çekiminde dikkat edilmesi gereken hususları öğrenmek, termal kameranın kullanım alanları hakkında bilgi sahibi olmak ve termal kameradan elde edilen görüntülerin analizini yapabilmek.

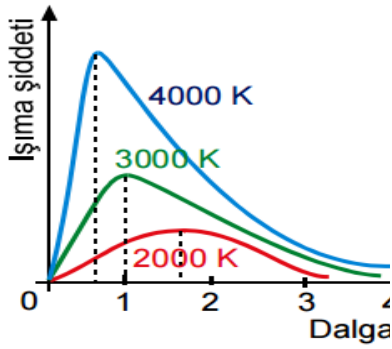
### Termografi Teorisi

1800 yılından önce, elektromanyetik spektruma ait kızılötesi ışınların varlığından şüphe dahi edilmiyordu. İngiltere Kralı III. George'un Kraliyet Astronomu ve Uranüs gezegenini keşfeden kişi olan Sir William Herschel güneşle ilgili gözlemleri sırasında teleskoplardaki güneş görüntüsünün parlaklığını azaltmak için yeni bir optik filtre materyali üzerinde araştırma yapmaktaydı. Herschel, camlı termometresinin hassas cıva dolu ampulünü mürekkeple karartmış ve bunu radyasyon detektörü olarak kullanmış, güneş ışığını bir cam prizmadan geçirerek, bir masanın üzerinde oluşan spektrumdaki değişik renklerin ısınma etkisini test etmeye başlamıştır. Güneş ışınlarının dışında bulunan diğer termometreler kontrol olarak kullanılmıştır. Karartılmış termometre, spektrumun renkleri arasında yavaşça ilerlerken, elde edilen sıcaklık değerleri, mor uçtan kırmızı uca tutarlı bir artış olduğunu göstermiştir. Ancak, ısınma etkisinin maksimum bir değere ulaştığı bir nokta olması gerektiğini anlayan Herschel, spektrumun görülen kısmındaki ölçümlerde bu noktanın yerini tespit edememiştir. Herschel, termometreyi spektrumun kırmızı ucunun ötesindeki koyu bölgeye ilerleterek, ısınmanın artmaya devam ettiğini görmüştür. Isının en yüksek seviyeye ulaştığı nokta, kırmızı ucun tam olarak ötesinde kalmıştı – ki bugün bu noktaya 'kızılötesi dalga boyları' adı verilmektedir. İlk "ısı resim" 1840 yılında, kızılötesinin kâşifinin ve en ünlü astronomlardan birinin oğlu olan Sir John Herschel'in çalışmasının ürünü olarak ortaya çıkmıştır. İnce bir yağ film tabakasının kendi üzerine odaklanan bir ısı modeline maruz kalması sonucu ortaya çıkardığı farklı buharlaşmaya dayalı olarak, termik resim yansıyan ışıktan görülebilmekteydi, burada yağ film tabakasının bozucu etkileri resmin gözle görülür olmasını sağlamaktadır. Sir John ayrıca, termik resmin kağıt üzerinde ilkel bir kaydını almayı da başarmış ve "termograf" adını vermiştir. 1900 yılların başında modern fiziğin temel kanunları olan Planck kanunu, Wien yer değiştirme kanunu, Stephan-Boltzmann kanunun bulunmasıyla termal kameralar bugünkü modern kullanımına ulaşmıştır. Elektromanyetik spektrum, radyasyon üretmek ve tespit etmek için kullanılan metotlara göre ayrılan ve bantlar adı verilen bir dizi dalga boyu bölgesine denir. Kızılötesi bandı, sınırları bilerek çizilen dört küçük banda ayrılmıştır. Bunlar: en uzun kızılötesi (0.75–3  $\mu\text{m}$ ), orta kızılötesi (3–6  $\mu\text{m}$ ), en kısa kızılötesi (6–15  $\mu\text{m}$ ) ve aşırı kızılötesi (15–100  $\mu\text{m}$  (10<sup>6</sup> metre)).



Şekil 2- Elektromanyetik spektrum

Bir kara cisim, herhangi bir dalga boyu üzerinden, maruz kaldığı tüm radyasyonu absorbe eden nesnedir. Kara cisim ışıması ise bir cismin sıcaklığından dolayı etrafa yaydığı ışıma (elektromanyetik dalga) dır. Kâinatta mevcut olabilecek en düşük sıcaklık  $0^\circ \text{K}$  dir. Termodinamiğin üçüncü kanununa göre bu sıcaklıkta maddenin tanecik hareketi tamamen hareketsizdir.  $0^\circ \text{K}$  den daha sıcak olan tüm cisimler ışıma yaparlar. Cismin sıcaklığı arttığında görünür ışık yaymaya başlar.



Bu durum Wien Yer Değiştirir

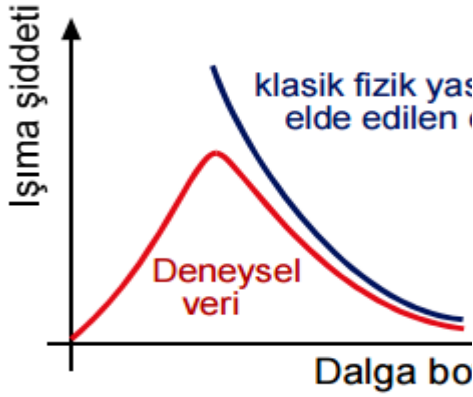
$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$

$\lambda_{\text{max}}$ : Eğrinin tepe yaptığı dalga boyunu,

T : Işıma yapan cismin mutlak sıcaklık değeri

Wien Yer Değiştirme Yasası'na göre, eğrinin tepe noktasındaki dalga boyu mutlak sıcaklık derecesi ile ters orantılıdır. Yani sıcaklık yükseldikçe tepe noktası daha küçük dalga boylarına doğru kayar.

Cismin sıcaklığına bağlı olarak ortaya çıkan ikinci sonuç, cismin yayınladığı toplam enerji miktarının sıcaklık ile artmasıdır. Klasik fizik yasalarının kullanılmasıyla elde edilen kara cisim ışıması dağılımı ile deneysel veriler, yüksek dalga boyları için birbiriyle uyuşurken düşük dalga boylarında uyuşmamaktadır. Ayrıca, klasik fizik yasalarına göre tüm dalga boyları için ışıma enerjilerinin toplamı sonsuz olmalıdır.



Bu durum yandaki kara cisim ışımasının deneysel sonuçları olan grafikte incelendiğinde klasik fizik yasaları olarak adlandırılan eğrinin altında kalan alanın sonsuz olmasını gerektirir. Oysa bu durum, deneysel verilerle kesinlikle uyuşmamaktadır (Morötesi Felaket). Bu sorun 1900'lü yıllarda Max Planck (Plank) tarafından ortaya atılan yeni bir modelle çözülmüştür.

Işığı, klasik yaklaşımların öngördüğü şekilde yani dalga olarak değil de kuantalardan oluşmuş bir parçacık gibi düşünmüştür. Planck'a göre ışık, her bir parçacığının enerjisi  $h\nu$  olan enerji paketleri halinde uzayda ilerlemekteydi. Burada;  $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$  değerine sahip ve Planck sabiti olarak bilinen evrensel bir sabittir.  $\nu$  ise parçacığın frekansdır. Planck'ın ortaya attığı bu yeni kurama göre, kara cismin yüzeyindeki moleküller; kesikli enerji değerlerine sahip olabilirler ve kesikli paketler hâlinde enerji yayınlar ve soğururlar. Planck'ın matematiksel olarak eksiksiz olan yeni modelinin kabul görebilmesi için deneysel olarak da desteklenmesi gerekmektedir. Bu destek Einstein tarafından çok geçmeden sağlandı.

Stefan-Boltzmann kanunu, bir kara cismin toplam yayılım gücü olan  $E_b$  değerinin şu denklemlerle elde edileceğini ifade eder:

$$E_b = \sigma T^4$$

burada  $\sigma$ , Stefan-Boltzmann sabitidir ve  $T$ , kara cismin mutlak sıcaklığıdır. Stefan-Boltzmann sabitinin değeri:  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$  veya  $3,3063 \times 10^{-15} \text{ Btu/s.in}^2 \text{ F}^4$ . Kara cisim ışımasının spektral varyasyonu, Planck dağılımı ile tanımlanır. Planck dağılım kanununun tüm dalga uzunluklarına ( $\lambda$ ) integrasyonu, Stefan-Boltzmann kanununu ortaya çıkarmaktadır.

(A) yüzey alanına sahip bir kara cisim, ortam sıcaklığı  $T_a$  olan bir ortama daldırıldığında kara cismin yaydığı ısıya net oranı şu denklemlerle elde edilir:

$$Q_{ışma} = \sigma A (T_s^4 - T_a^4), T_s > T_a.$$

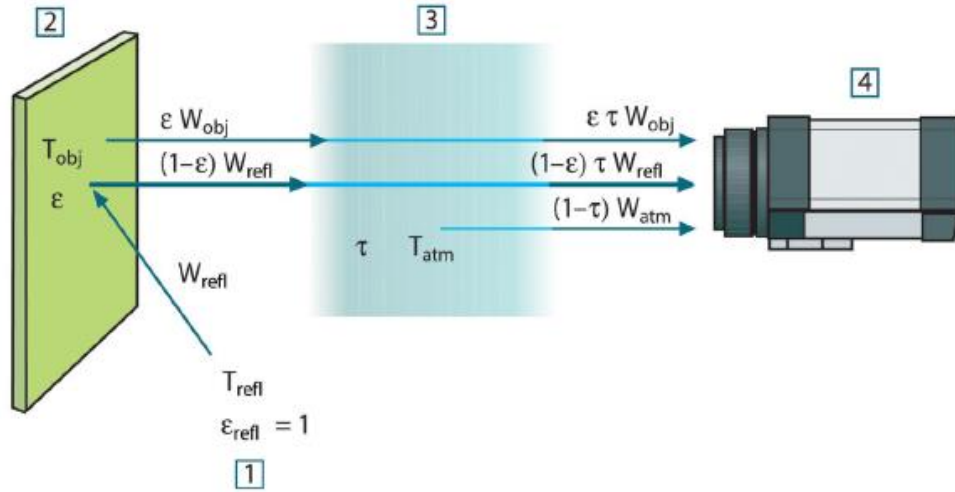
burada:

$T_s$  = Kara cismin mutlak sıcaklığı

$T_a$  = Çevreleyen ortamın mutlak sıcaklığı (ortam sıcaklığı)

Ölçüm metodu

Bir nesneyi görüntülerken kamera sadece nesneden radyasyon almaz. Kamera ayrıca, nesnenin yüzeyinden yansıyan, çevreden gelen radyasyonu da toplar. Her iki radyasyon katkısı, ölçüm yolundaki atmosfer nedeniyle belirli bir ölçüye kadar azalır. Bu bağlamda, atmosferin kendisi, üçüncü bir radyasyon katkısı sağlar. Ölçüm durumu hakkındaki bu açıklama, aşağıdaki resimde de gösterilmiştir, gerçek koşullar hakkında bu güne kadar yapılan en doğru açıklamadır.



Genel termografik ölçüm durumunun şemayla gösterilmesi. 1: Çevre; 2: Nesne; 3: Atmosfer; 4: Kamera

Atmosferde kırılan güneş ışıkları veya görüş alanı dışındaki yoğun radyasyon kaynaklarından gelen radyasyon gibi hususlar göz ardı edilmiş olabilir. Bu tip bozulmaların miktarını belirlemek zordur ancak birçok durumda göz ardı edilebilecek kadar küçüktürler. Göz ardı edilememeleri durumunda, ölçüm konfigürasyonu, en azından eğitimli bir operatör için bozukluğun gözle görülür olması kadar olur. Bu nedenle, görüş yönünü değiştirmek, yoğun radyasyon kaynaklarını perdelemek gibi yollarla ölçüm durumunu modifiye ederek, bozulmayı önlemek operatörün sorumluluğunda olur.

Termografik ölçüm teknikleri

Gerçekte, radyasyon nesnenin yüzey sıcaklığının bir işlevidir ve kameranın bu sıcaklığı hesaplamasını ve göstermesini sağlar. Ancak, kameranın ölçtüğü radyasyon sadece nesnenin sıcaklığına bağlı değildir, aynı zamanda emisyonun bir işlevidir. Radyasyon ayrıca çevreden de yayılabilir ve nesneden yansıtılabilir. Nesneden yayılan radyasyon ve yansıtılan radyasyon ayrıca atmosferdeki emilimden de etkilenir. Bu nedenle, sıcaklığı tam olarak

ölçmek için, bir dizi farklı radyasyon kaynağının etkilerinin kompanse edilmesi gerekir. Bu işlem, kamera tarafından online olarak yapılmaktadır. Ancak, kameraya nesne ile ilgili aşağıdaki parametreler sağlanmalıdır:

- Nesnenin emisyonu
- Yansıyan görünür sıcaklık
- Nesne ve kamera arasındaki mesafe
- Bağlı nem
- Atmosfer sıcaklığı

#### 4.1. Emisyon

Nesneyle ilgili en önemli parametre emisyonun doğru biçimde ayarlanmasıdır ki bu kısaca, aynı sıcaklıkta tam bir kara nesneyle karşılaştırıldığında, nesneden ne kadar radyasyon yayıldığıнын ölçülmesidir. Normalde, nesne materyalleri ve yüzey işlemleri, yaklaşık 0.1 ila 0.95 arası bir emisyon gösterir. Son derece cilalı bir yüzey (bir ayna), 0.1 değerinden düşüktür, ancak oksitli veya boyalı bir yüzey daha fazla emisyona sahiptir. Görünür spektrumdaki rengi ne olursa olsun, yağ bazlı boyalar, kızılötesinde 0.9 değerinden daha yüksek emisyon gösterir. İnsan cildinin emisyonu 0,97 - 0,98 arasındadır. Oksitli olmayan materyaller, tam bir opaklık ve yüksek yansıtma gibi aşırı durumlar gösterir ki bunlar dalga boyuyla çok fazla değişkenlik göstermez. Son olarak, metallerin emisyonu düşüktür – sadece sıcaklıkla artar. Metal olmayan maddelerde emisyon yüksek olma eğilimi gösterir ve sıcaklıkla azalır.

#### 4.2 Yansıtılan görünür sıcaklık

Bu parametre, nesne tarafından yansıtılan radyasyonu kompanse etmek için kullanılır. Emisyonun düşük olması ve nesne sıcaklığının yansıtılandan göreceli olarak uzak olması durumunda yansıtılan görünür sıcaklığın doğru ayarlanması ve kompanse edilmesi önemli olacaktır.

#### 4.3 Mesafe

Mesafe, nesne ile kameranın ön objektifi arasındaki mesafedir. Bu parametre aşağıdaki iki durumu kompanse etmek için kullanılır:

- Hedeften yayılan radyasyon, nesne ile kamera arasındaki atmosfer tarafından emilmektedir.
- Atmosferde bulunan radyasyon da kamera tarafından algılanmaktadır.

#### 4.4 Bağlı nem

Kamera ayrıca, iletimin aynı zamanda atmosferdeki bağıl neme de bağlı olması hususunu kompanse edebilir. Bunun için, bağıl nemi doğru değere getirin. Kısa mesafeler ve normal nem durumlarında, bağıl nem varsayılan %50 değerinde bırakılabilir.

Termal kameranın kullanım alanları

Elektrik sistemleri ile ilgili uygulamalar

Elektromekanik ve mekanik uygulamalar

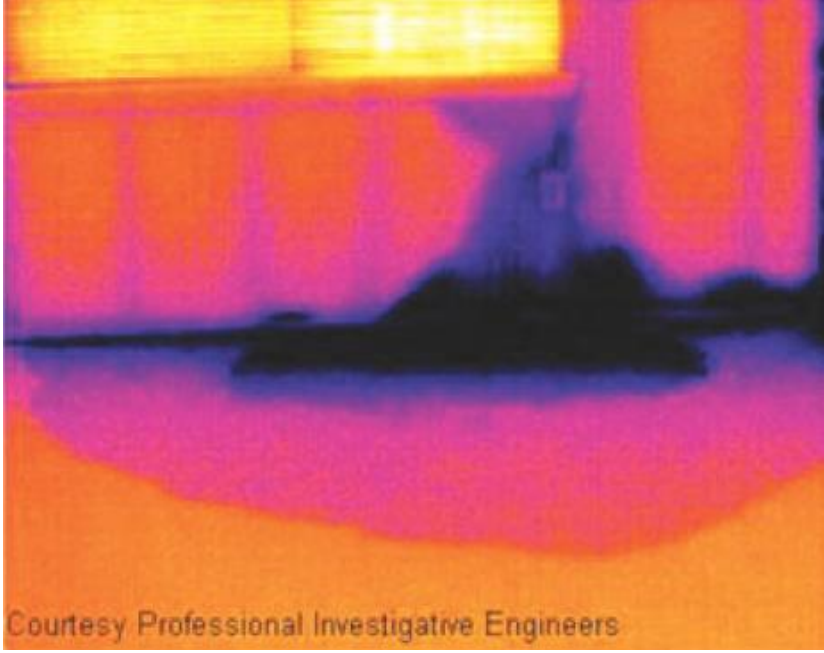
Bina Tanılaması(Çatı nem denetlemeleri, Bina yalıtımı denetlemeleri vb.)

Sağlık Uygulamaları

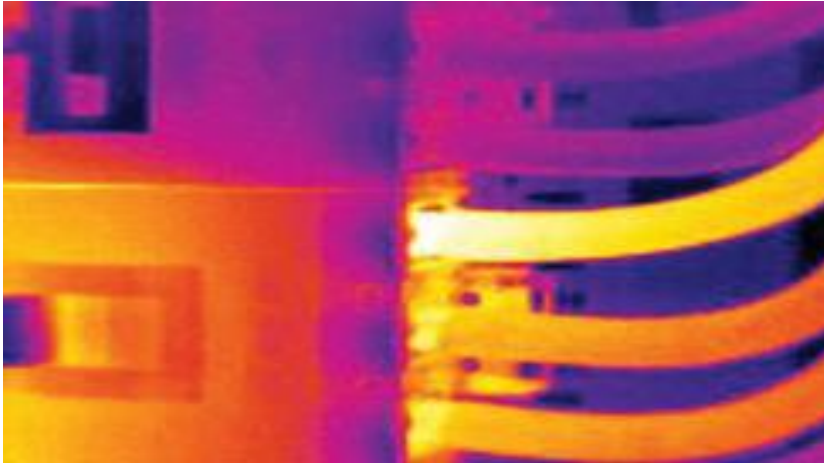
Savunma Uygulamaları

Termal kamera görüntü örnekleri

Bir evde nem ve suya dayalı zarar, genellikle kızılötesi kamera kullanılarak belirlenebilir. Bunun nedeni kısmen hasar görmüş alanın ısı iletimi özelliğinin farklı olmasıdır; söz konusu alanın ısı saklama termik kapasitesi etrafındaki malzemeden farklıdır. Nem ve su kaynaklı zararların kızılötesi resimde nasıl görüneceği konusunda birçok etken söz konusudur. Örneğin bu kısımlar, malzemeye ve günün hangi saati olduğuna bağlı olarak farklı hızlarda ısınır ve soğur. Bu nedenle, nem ve suya dayalı zararlar kontrol edilirken diğer yöntemlerin de kullanılması önemlidir. Aşağıdaki resimde, hatalı takılmış pencere pervazı nedeniyle suyun dış yüzeyden içeriye girdiği ve dış duvarda sudan kaynaklanan önemli bir zararın olduğu görülmektedir.

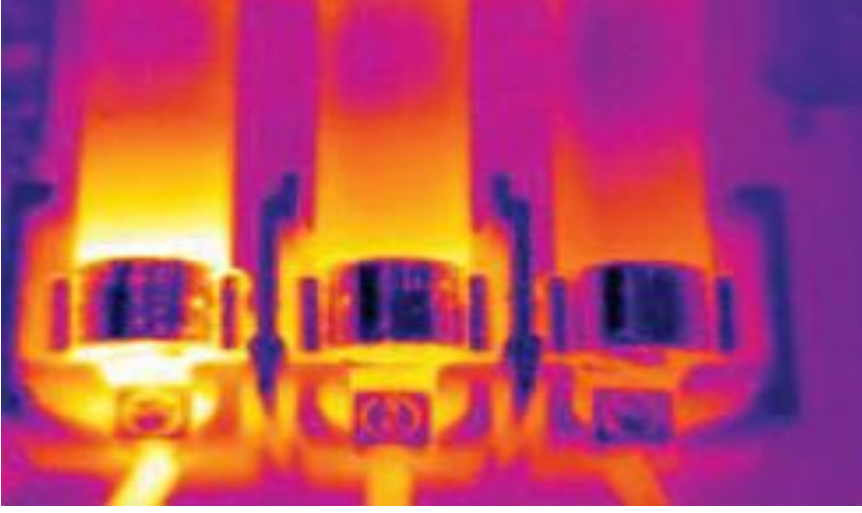


Prizin bağlantı türüne bağlı olarak, kablounun hatalı biçimde bağlanması yerel sıcaklık artışlarıyla sonuçlanabilir. Bu sıcaklık artışının nedeni, gelen kablounun bağlantı noktası ile prizin temas alanının azalmasıdır ve bu durum yangına neden olabilir. Aşağıdaki resimde, bağlantıda hatalı temasın yerel sıcaklık artışına neden olduğu bir kablo - priz bağlantısı görülmektedir.

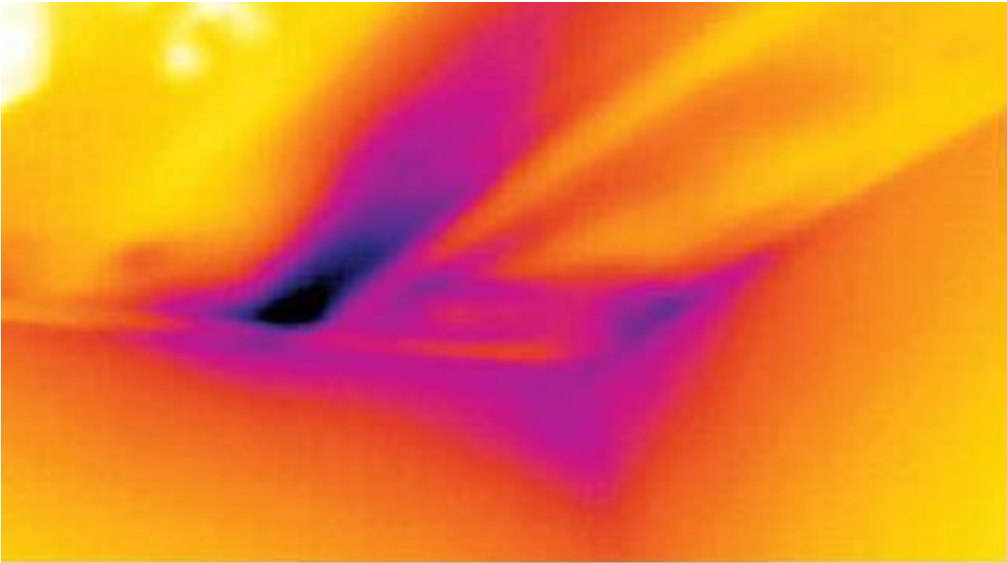


Priz tipine ve prizin takılmış olduğu ortama bağlı olarak, prizin temas yüzeylerinde oksitlenme görülebilir. Bu oksitlenmeler priz yüklendiğinde yerel direnç artışlarıyla sonuçlanabilir; bu artışlar kızılötesi resimlerde yerel sıcaklık artışı olarak görülür. Aşağıdaki resimde, bir tanesinin sigorta tutucusu temas yüzeylerinde sıcaklığın artmış olduğu bir dizi sigorta görülmektedir. Sigorta tutucunun metal yüzeyleri nedeniyle, sıcaklık artışı söz konusu bölgede değil sigortanın seramik malzemelerinde görülmektedir.

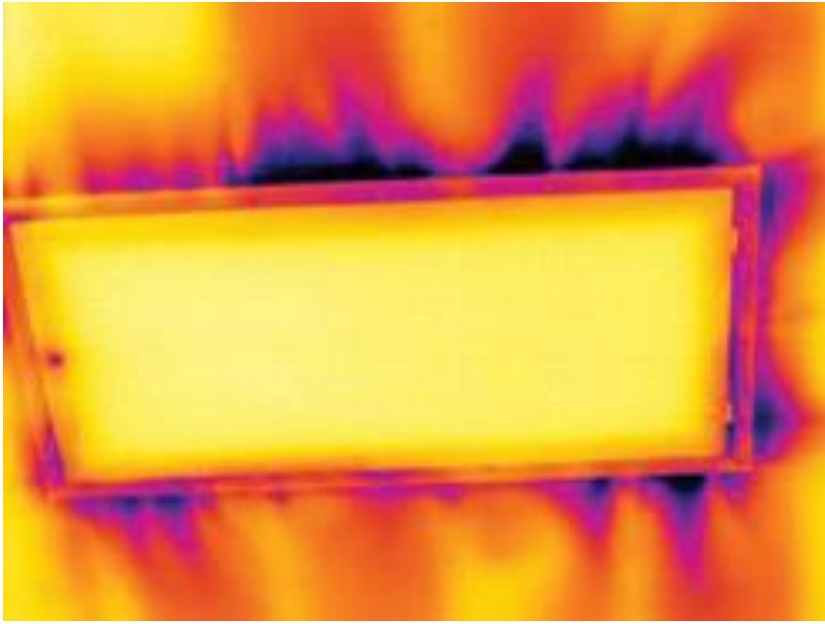




Yalıtım sorunları, zaman içinde yalıtım malzemesinin hacmen azalması ve duvarlardaki boşlukları tam olarak dolduramamasından kaynaklanabilir. Bu bölgelerin uygun olarak yalıtılmış bölgelerden farklı bir ısı iletim özelliğine sahip olması ve/veya binaya giren havanın görülebilmesi nedeniyle, söz konusu yalıtım bozuklukları kızılötesi kamera aracılığıyla belirlenebilir. Bir bina incelenirken, binanın içi ile dışı arasındaki sıcaklık farkı en az 10°C olmalıdır. Dikmeler, su boruları, beton kolonlar ve benzer parçalar, kızılötesi resimlerde yalıtım bozukluklarıyla benzerlik gösterebilir. Doğal olarak küçük farklılıklar söz konusu olabilir. Aşağıdaki resimde, çatı iskeletindeki yalıtımın eksik olduğu görülmektedir. Yalıtım eksikliğine bağlı olarak, hava çatıdan içeriye girmiş, bu da kızılötesi resim üzerinde farklı görüntüler oluşturmaktadır.



Elektrik süpürgeliklerin altında, kapı ve pencerelerin çevresinde ve tavanda söz konusu olabilir. Bu tür elektrik kaçakları, daha soğuk bir hava akımı etrafındaki yüzeyi so uttu undan, genellikle kızılötesi kamerayla görülebilir. Bir evde elektrik kaçağı olup olmadığını incelerken, evdeki basınç atmosfer basıncının altında olmalıdır. Tüm kapıları, pencereleri ve havalandırma kanallarını açın ve kızılötesi resimleri çekmeden önce mutfak fanlarını bir süre çalıştırın. Elektrik ka a ının kızılötesi resminde tipik bir akış modeli söz konusudur. Bu akış modelini aşağıdaki resimde açıkça görebilirsiniz. Ayrıca elektrik ka a ının zeminden ısıtma devrelerinin yarattığı ısı tarafından gizlenebilece ini unutmayın. Aşağıdaki resimde hatalı kurulum nedeniyle güçlü bir elektrik ka a ının söz konusu olduğu bir tavan kapağı görülmektedir.

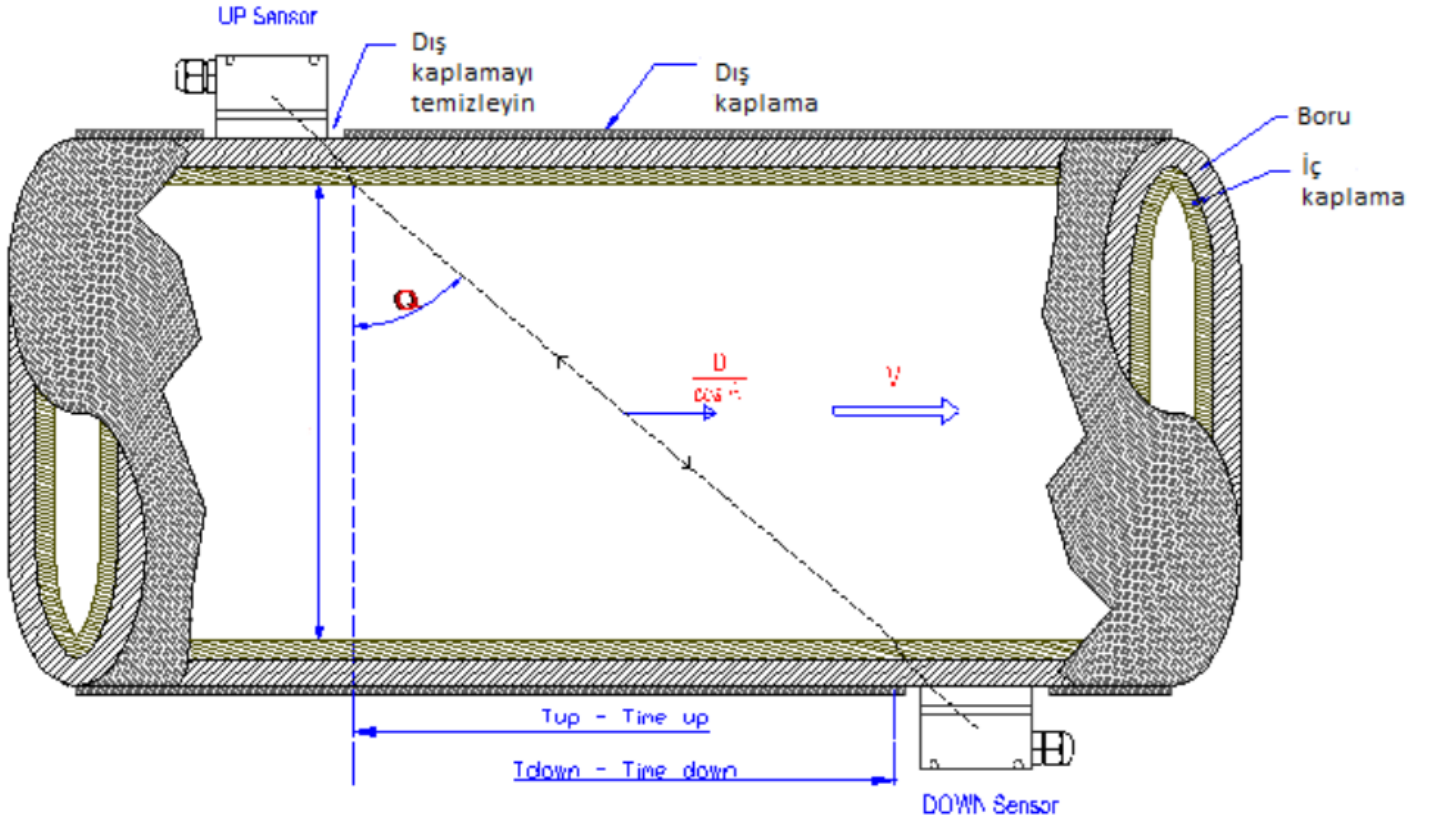


### Ölçüm Cihazının Adı: Ultrasonik Debimetre

Cihaz, boru içinde ileri veya geri doğru hareketli sıvı içindeki ultrasonik dalganın yayılma zamanını hesaplayarak debi ölçümü yapar. Bu debimetreler çoğunlukla içinde hava kabarcıkları olmayan ve çok az yüzdede askıda katı parçacık olan homojen sıvıların debisini ölçmek için kullanılırlar.

### Ölçümün Amacı

Endüstride yaygın olarak kullanılan boru tesisatlarında akışkan debisinin ölçümünde bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Debi ölçümü yapılacak borudan geçen akışkanın kimyasal içerikli olması, ölçüm yapabilmek için gerekli alanın yetersiz olması ve buna benzer problemlere endüstride sıkça rastlanmaktadır. Bununla birlikte hızlı bir ölçüm alabilmek de önem arz etmektedir. Bu tip ihtiyaçların sağlıklı ve doğru bir şekilde giderilmesi için ultrasonik debimetreler kullanılmaktadır. Ultrasonik debimetreler temassız ölçümlere olanak verirler.



## Ölçme Prensipleri

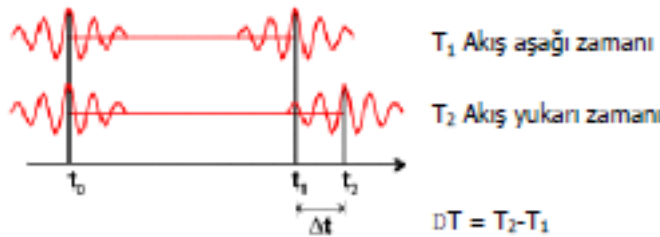
Ölçüm sistemi borunun dışından akustik olarak eşleşmiş bir çift ultrasonik sensör'den oluşur ve sunucu ünite sensörlerden gönderilen ve alınan sinyalleri çözümler. Sunucu ünite bir DSP(Digital Signal Processing= Sayısal işaret işleme ) mikroişlemci ünitesine sahiptir ve bu ünite ara yüz ile kontrol ve proses sistemlerine sinyal gönderir. Bu cihaz için ölçme işlemi sırasında geçen zaman farkı: 0.2 ns.'dir.

Eğer iki yayılma zamanları arasındaki fark doğru olarak ölçülürse akış hızını hesaplamak mümkün olacaktır.

Ölçümler borunun dış yüzeyine doğrudan temas eden 2 sensör ile alınır. Bir sensör borunun üst kısmının dış yüzeyine diğeri ise borunun alt kısmının dış yüzeyine yerleştirilir. Sensörlerin yerleşim pozisyonları “Z” “V” veya eğer boru küçük çaplı ise “W” gibi olabilir. Alınan veriler ışığında debi ölçüm işlemi aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$(1) \quad T_{up} = \frac{M * D}{Co + V \sin \theta} \quad (2) \quad T_{down} = \frac{M * D}{Co - V \sin \theta} \quad (3) \quad V = \frac{M * D}{\sin 2\theta} * \frac{\Delta T}{T_{up} * T_{down}}$$

Tipik zamanlama sinyali



M	Yayılma zamanı
D	Boru iç çapı
θ	Gönderme (iletim) açısı
Co	Akışkan durağan halde iken ses yayılım hızı
Tup	Pozitif yönde yayılma zamanı
Tdown	Negatif yönde yayılma zamanı
V	Akış hızı

DT değeri gaz kabarcıksız homojen bir akışkan içinde yayılma zamanı farkıdır. 3 nolu eşitlik ideal şartlardaki her çeşit akışkanlar için kullanılabilecek ortalama “V” hızını hesaplamak içindir.

Ölçülen akışkan hızı hassasiyetini azaltacak farklı faktörler: boru iç duvarlarındaki aşınmalar, yüksek miktarda hava kabarcıkları ve katı parçacıklar, sıcaklık değişimleri olarak sayılabilir, bunlar transit zamanlı debimetrenin ölçüm prensibine olumsuz etkir.

### **Kullanım Alanları**

Ultrasonik debimetrelerin kullanıldığı alanlara örnek olarak ;

- Atık su tesisleri,
- Kimyasalların dolaştığı boru tesisatları,
- Arıtma tesisleri
- Tesis atıkları
- Otomobil endüstrisi
- Yiyecek ve kağıt endüstrisi

verilebilir.

### **Ölçüm İçin Gereken Bilgiler**

- Borunun dış çapı
- Borunun iç çapı (veya et kalınlığı)
- Boru malzemesi veya bu malzemede ses hızı
- İç kaplama (eğer varsa)
- Akışkan tipi (veya bu akışkandaki ses hızı)
- Sensör tipi
- Transduser montaj metodu