

## SIVI-CAM TERMOMETRELER

*Aliye Kartal Doğan, Ali Uytun, Ufuk Abacıoğlu*

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü PK.21 41470 Gebze-Kocaeli TÜRKİYE  
Tel:262.6466355 E-Mail:aliye@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

Yaklaşık 250 yıldan beri kullanılan sıvı-cam termometreler ilk termometre modellerinden birisidir ve termometre üretiminin gelişiminde çok önemli katkılara sahip olmuştur.  $-200^{\circ}\text{C}$  ile  $600^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında kullanılan sıvı-cam termometreler, sıcaklık farkı ölçümlerinde milikelvin mertebelerine kadar inerek günümüz teknolojisinde büyük gelişmeler göstermiştir.

Sıvı-cam termometrelerin, sıcaklığın okunmasında direnç termometrelerinde olduğu gibi bir multimetre veya direnç köprüsü gerektirmiyor olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Saklanması, taşınması ve kullanım pratikliğinin yanı sıra düşük maliyete sahip olması, kolay kırılabilir olmasına rağmen endüstriyel yaygınlığının korunmasını sağlamıştır.

Bu noktadan hareketle çalışmamızda, sıvı-cam termometrelerinin yapısı, çalışma prensibi, daldırma derinliklerine göre termometre çeşitleri, termometre yapımında kullanılan camlar ve termometrik sıvılardan bahsedilecektir[1]. Bunun yanı sıra, kullanımda dikkat edilmesi gereken hususlara yer verilecektir.

**Anahtar sözcükler:** sıvı-cam termometre, kalibrasyon

### 1.Sıvı-Cam Termometrenin Yapısı

Sıvı-cam termometreler, *kapalı ölçek termometre* ve *gövde termometre* olmak üzere iki çeşidi vardır (Şekil-1). Gövde termometrede ölçek doğrudan gövdeyi oluşturan cam tüp üzerine işaretlenir, fakat kapalı ölçek termometrede ölçek ayrı şerit olarak kılcalın üzerine yerleştirilir. Kapalı ölçek termometre de ölçek gövdede bulunan küçük kılcal cam tüpe yerleştirilir ve cam ile tepeden kapatılır. Kapalı ölçek termometrenin ölçeği sabit olmalı ki kılcal tüp üzerinde hareket etmemelidir. Paralaks (Snell kanununa göre ışığın kırınımı) hatasının azalmasından dolayı kapalı ölçek termometrenin okunması diğerine göre daha kolaydır.

Gövde termometrede doğru bir okuma için sehpa üzerine lens sistemi yerleştirilerek okuma yapılması gerekir. Kapalı ölçek termometrede okuma yapmak için basit bir el büyüteci yeterlidir.

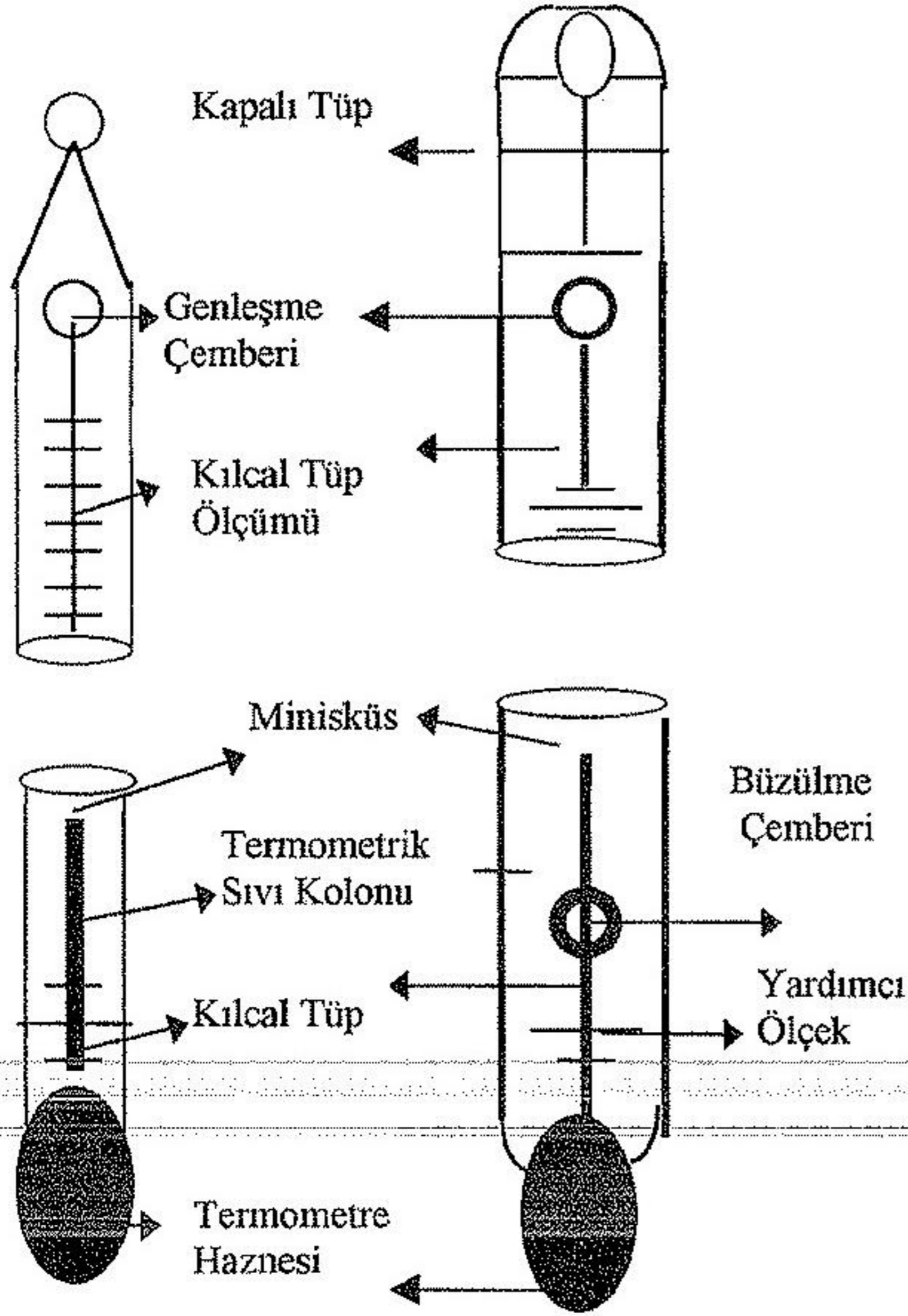
Sıvı-cam termometre imalatında termometre ölçeği  $1^{\circ}\text{C}$  aralığı gösterip istenilen bütün sıcaklık aralığını içermelidir. Sıvı haznesinin büyüklüğü termometrenin çıkabileceği maksimum sıcaklığa göre sıvının yükseleceği sıvı kolonunun hacmi göz önüne alınarak hesaplanır. Uygulamada sıvının yükseleceği kolonun çapları 0.02 mm-0.4 mm arasında değişim gösterebilir.

Termometre ölçeğinin üzerine çizilen ve belli sıcaklıkları temsil eden çizgilerin arasının çok açık olması gözle yapılan tahmini bölmelendirmeyi güçleştirir. Normalde minimum aralığın 0.7 mm. ve çizgi kalınlığının ise aralığına oranı yaklaşık 1:5 olmalıdır.

## 2. Sıvı-Cam Termometrenin Çalışma Prensibi ve Genel Tanımlar

Sıvı cam termometrenin çalışma prensibi cam içerisinde bulunan sıvının sıcaklık ile genişlemesine dayanır. Hazne içindeki sıvı sıcaklığı arttıkça, sıvının genişip kılcal kolon üzerinde ölçülebilir bir yükseklik oluşturur. Yani sıvı haznesinin sıcaklığı işaretli ölçeğe göre civa kolonunun en üst noktasını gösterir. "Şekil 2" 'de sıvı cam termometrenin ana bölümlerini göstermektedir.

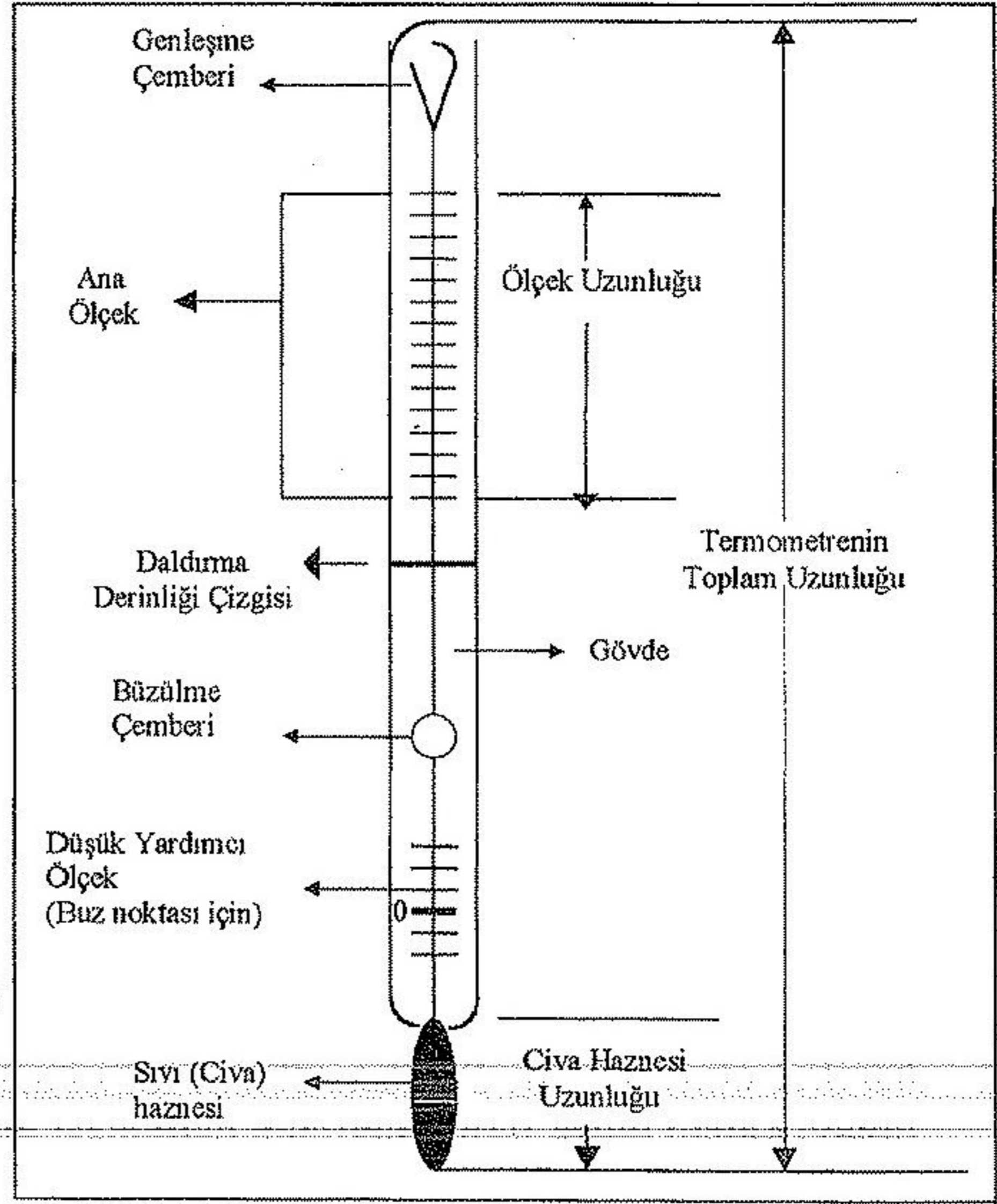
*Sıvı (Civa) Haznesi* termometrenin diğer kısımlarına göre daha dar, silindirik şeklinde ve sıvı hacmini oluşturan ince cam bölümden oluşmaktadır (termometrenin sıvı deposu). Cam uygun türden olmalı ve doğru olarak tavlmalıdır. Sıvı haznesinin hacmi termometre sıvısının genişleme katsayısı ve hazne camına bağlı olmasından dolayı termometre ölçeğinin de belli sayıdaki dereceye eşittir.



Gövde Termometre

Kapalı Ölçek Termometre

Şekil 1. Yapısına Göre Sıvı-Cam Termometre:  
1)Gövde Termometre  
2)Kapalı Ölçek Termometre



Şekil 2. Genel Sıvı-Cam Termometre

Gövde termometrenin yapısına uygun camdan seçilmelidir. Gövde, ya gaz ile doldurulur ya da atmosferik basıncın altına kadar boşaltılır.

Termometre *SIVISI* genelde civa veya organik sıvılardır. Tablo 1 'de çeşitli sıvıların genleşme katsayısı verilmektedir.

TABLO 1. Bazı termometrik sıvıların genleşme katsayısı

Termometrik Sıvılar	Genleşme katsayısı
Civa, Civa-Talyum	0.00016 K <sup>-1</sup>
Galyum	0.00010 K <sup>-1</sup>
Etanol, Toluol, Pentan	0.001 K <sup>-1</sup>

İşaretleme genelde gövde üzerine kazıma yöntemi veya baskı yöntemi ile yapılır. İşaretleme çeşitli ölçeklerin yanı sıra başka bilgilerde verir.

Genleşme Çemberi termometrenin tepesinde bulunur. Diğer bir adı ise 'Güvenlik Baloncuğu'. Bu çember civa yükselme kolonunun güvenliği için mevcuttur. Termometre üst aralığına yakın bir noktada kullanılırsa, genleşme çemberi oluşan gaz basıncını önler. Çünkü civanın yükselmesi ile oluşan gaz basıncı termometre kolonunu gererek kırabilir.

Büzülme Çemberi ana ölçeğin altına veya ana ölçek ile yardımcı ölçek arasına yerleştirilmiştir.

Ana ölçek termometre üzerindeki tek ölçektir. Fakat bazı termometreler üzerinde küçük yardımcı ölçekler vardır. Eğer büzülme çemberi kullanıldı ise *yardımcı ölçek* buz noktası ölçmek için vardır. Bu yardımcı ölçek uygun referans sıcaklıktır. Referans sıcaklık termometrenin kalibrasyonunda kontrol amacıyla kullanılır.

### 3.SIVI-CAM TERMOMETREDE DALDIRMA DERİNLİKLERİ

Sıvı-cam termometrede üç çeşit daldırma derinliği vardır. "Şekil 3" de gösterilmektedir.

#### 3.1. Kısmi Daldırma

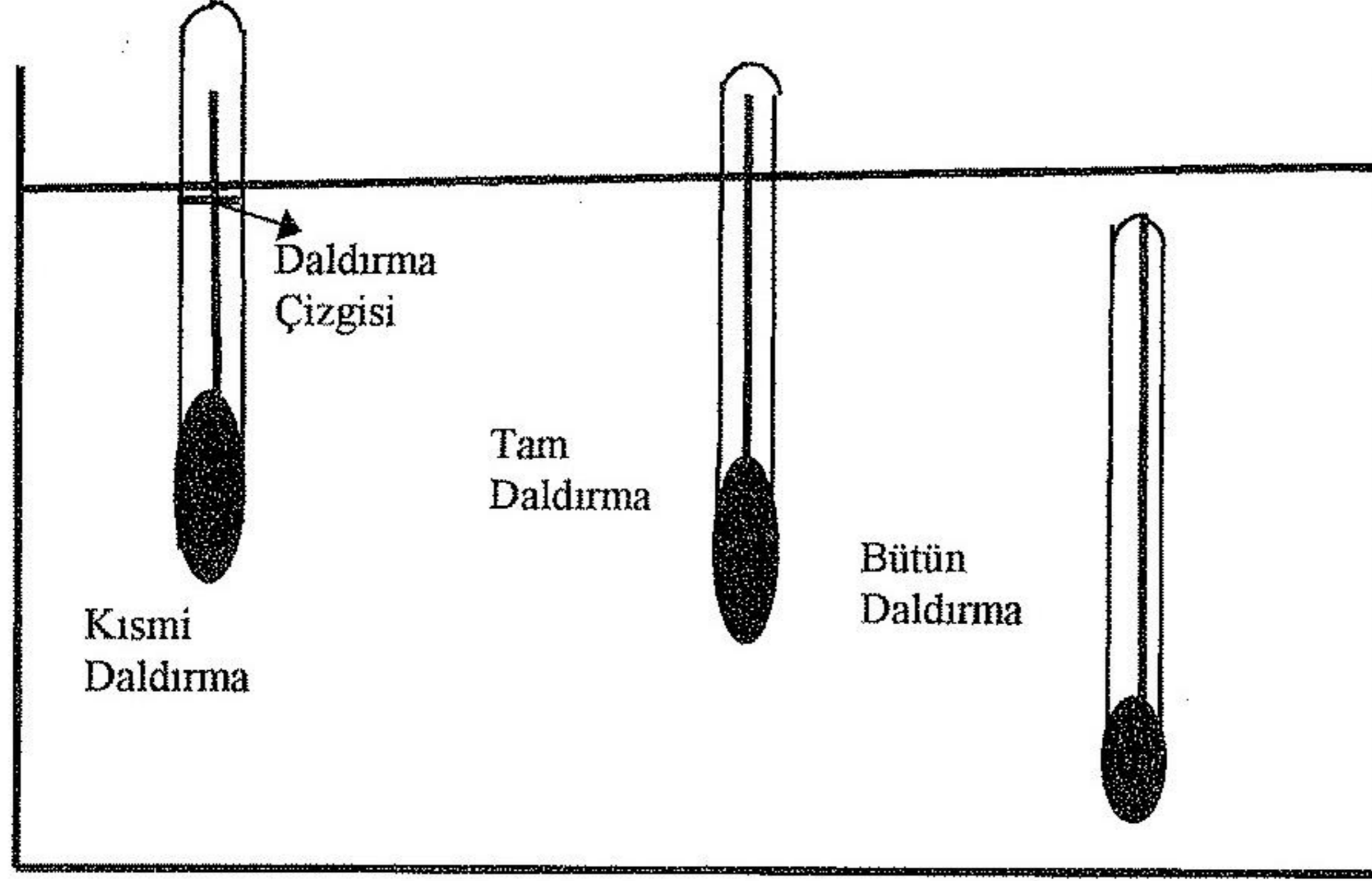
Kısmi Daldırma termometrelerin daldırma derinliği termometrenin gövdesi üzerinde işaretlidir. Bu tür termometrelerde sıvı haznesi ile daldırma çizgisine kadar olan kısım ölçümü istenilen sıcaklıkta banyo ortamına daldırılır. Kısmi daldırma termometrelerin daldırma çizgisi açıkça işaretli olmalıdır veya daldırma çizgisi termometre üzerinde işaretli değilse yapılması gereken işlem termometre sıvı haznesinden en altından itibaren 76 mm banyo ortamına daldırılmalıdır. Daldırma çizgisi en az sıvı haznesinden 13 mm üstte olmalıdır (Şekil 3).

#### 3.2. Tam Daldırma

Tam daldırma termometrenin sıvı haznesi ve sıvı kolonu ölçülmek istenilen sıcaklığa kadar banyo ortamına daldırılır. Sıvı kolonu banyo ortamından 12 mm üzerinde olması gerekir. Böylece termometre kolay bir şekilde okunur. Miniskus asla ortam yüzeyinin altında veya üstünde olmamalı; banyo yüzeyi ile aynı seviyede olmalıdır (Şekil 3).

### 3.3. Bütün Daldırma

Bütün daldırmada termometrenin tamamının banyo ortamına batırılması gerekir. Eğer termometrenin sıvı haznesi ve gövdesi aynı sıcaklığa daldırıldığı zaman termometre bütün olarak daldırılmıştır. Bu tür termometre modeli çok nadir kullanılmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda bütün daldırılmalı termometrelerden kaçınılmalıdır. Çünkü yüksek sıcaklıkta cıvanın patlama tehlikesi vardır (Şekil 3).



Şekil 3. Daldırma türlerine göre sıvı-cam termometreler

## 4. TERMOMETRİK SIVILAR

Tablo 2 'de, genelde kullanılan termometrik sıvıları ve kullanım aralıklarını özetlemektedir.

TABLO 2. Termometrik Sıvılar

Termometrik sıvı		$t_s$ °C	$t_B$ °C
Cıva		-38.9	356.6
Cıva / Talyum	kuru	-59	
Galyum	(kılcal tüpe tutunmayan)	29.8	2060
Organik sıvılar			
Ethanol		≈-110	
Toluol	ıslak	≈-90	
Pentan	(kılcal tüpe tutunan)	≈-200	

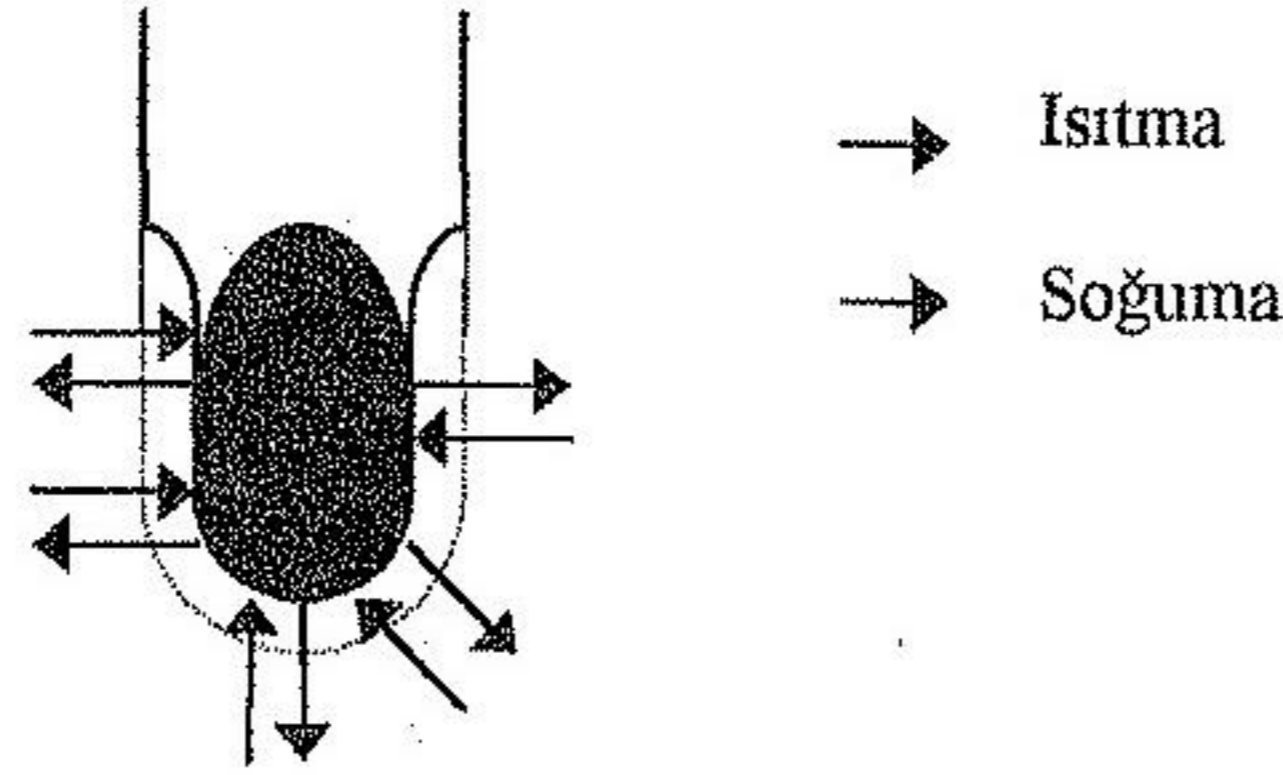
$t_s$  = Donma noktası ve/veya uygulanan en düşük sıcaklık

$t_B$  = Sabit basınç altındaki kaynama noktası

## 5. BUZ NOKTASI DEĞERİNİN ZAMANLA DÜŞMESİ

Hassas sıvı-cam termometreler veya en azından sıvı hazneleri, düşük termal etkisi olan camdan imal edilmesi gerekir (Tablo 3). Cam, termal histerisiz etkisine sebep olur. Termal histerisiz etkisi, 0°C'de gözlenen sıcaklık değişimidir. Örneğin; eğer normal cam termometre önce buz noktasında ölçülür; daha sonra 100°C'ye kadar ısıtılır ( termometre ısıtıldıkça genişler) ve sonra tekrar soğumaya bırakılırsa (0°C), termometre haznesi tekrar eski orijinal hacmi gibi büzülmez (Şekil 4). Tekrar buz noktasında ölçüm alınır. İki buz noktası ölçümü arasında fark vardır. Dolayısıyla bu fark genişlemenin buz noktası değerinin zamanla

düşmesine yol açtığını gösterir. Bu olay buz noktası değerinin zamanla düşmesidir. Bu da bütün ölçüm aralığında sabit olarak kalır. Termometre iyi bir camdan (normal cam) yapılmış ise 100°C'ye kadar ısıtılıp soğutulduktan sonra buz noktası değerinin düşmesi 0.05°C'den çok olamaz. Bu değer borosilikat cam için 0.02°C'dir. Buz noktası değerinin düşmesi, homojen olarak hazırlanmış buz noktası ile kolay ve doğru olarak tespit edilir. Bu nedenle termometrelerin ölçüm aralığı buz noktasını içermiyorsa, buz noktası ölçümü için termometrenin yardımcı ölçeği vardır. Buz noktası ölçümü, kalibrasyondan önce ve sonra mutlaka yapılmalıdır.



Şekil 4. Buz Noktası Değerinin Zamanla Düşmesi

TABLO 3. Sıvı-cam termometrelerinin imal edilmiş oldukları camlara göre maksimum çalışma sıcaklıkları ve imalatçıları

Cam	İmalatçı Firma	İşareti	°C
Normal cam Schott-N16	Jenaer Glaswerk Schott and Genossen Mainz	Tek kırmızı çizgi veya N16	350
Termometrik cam Schott-2954	Jenaer Glaswerk Schott and Genossen Mainz	Tek siyah çizgi	460
Schott-Supremax R 8409	Jenaer Glaswerk Schott and Genossen Mainz	SPX 8409	600
Normal cam	Whitefriars Glass Ltd.	Tek mavi çizgi	350
Normal cam , Dial	Plowden and Thompson Ltd.	Çift mavi çizgi	350
Normal cam 7560	Corning Glass Co.	CN	350
Corning borsilicate cam	Corning Glass Co.	CB	450
Corning cam, 1720	Corning Glass Co.	C1720	600
Borosilicate cam	Whitefriars Glass Ltd.	Tek beyaz çizgi	460

Not: Termometrenin performansı üretim esnasında uygulanan sabit ısıya bağlıdır. Normal camdan iyi yapılmış bir termometre 400 °C ye kadar çalışabilir. Diğer bir yandan 350 °C nin altındaki sıcaklıklarda iyi bir belirsizlik için borosilikat camlar tercih edilir. Genellikle en düşük ve en yüksek sıcaklıklar termometrenin 0 noktasındaki sabitliği ile tespit edilmelidir.

## 6. TERMOMETRENİN OKUMA DÜZELTMESİ

Sıvı-cam termometre ölçümlerde yüksek doğruluk sadece doğru sıcaklık ile aşağıdaki formüle göre çıkarılır.

$$\text{Doğru Sıcaklık} = \text{Termometrenin Okuduğu Sıcaklık} + \text{Düzeltilme} \quad (1)$$

Termometreyi etkileyen çeşitli hata kaynakları farklı türde düzeltme gerektirmektedir.

### 6.1. Okuma Hatası

Termometreyi imal eden üretici firma ölçüm aletini hatasız olarak imal etmesi imkansızdır. Aslında okuma hatası bununla ilgilidir. Okuma hatası, belirli koşullarda standart termometrelerle karşılaştırma sonucunda belirlenir. Termometre okuması sadece sıvı haznesindeki sıcaklığa bağlı değil aynı zamanda termometrik sıvının bulunduğu kolonun sıcaklığına da bağlıdır. Termometrelerin nasıl daldırılması gerektiği tam olarak (Kısmi daldırma veya tam daldırma) bilinmelidir. Sıvı-cam termometre de okuma çok dikkatli olarak yapılmalıdır. Termometredeki işaretleme doğru olmalı ve kolon çapı çok düzgün olmalıdır. Okuma yaparken, göz ile termometrenin miniskusu aynı seviyede (aynı yükseklikte) olmalı ve ölçülecek aralığa doksan derecelik açı ile bakılmalıdır. En uygun yol ise uygun yüksekliğe dürbün yerleştirilmesi veya büyüteç ile okuma yapılmasıdır. Böylece ölçeğin en küçük aralığı daha rahat şekilde daha çok ve uygun parçalara ayrılabilir ve okunur. Bütün yukarıdaki uygun okuma düzeninin yanı sıra okumayı etkileyecek önemli faktörlerden birisi de, EĞİTİM ve DENEYİMDİR. Okumayı yapan gözlemci bu konuda ne kadar eğitilmiş ve çok tecrübeli ise okumayı da bir o kadar hassas olarak yapabilir.

## 7. SIVI - CAM TERMOMETRİN KULLANIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

- Sıvı-cam termometrenin sıvı kolonunun sağlamlığı kontrol edilir.
- Termometrenin bölmeleri ve numaralandırılması doğru olmalı ve çizgileri düzgün olmalıdır.
- Termometrenin yapısı ve yapımında kullanılan cam kalibrasyona uygun olmalıdır. Bunları yaparken büyüteçten faydalanılır. Zira termometredeki bozukluk gözden kaçabilir. Eğer termometre kalibrasyon için uygun değilse kalibrasyona kabul edilmez.
- Termometre sıvı haznesinde hava kabarcığı bulunabilir veya sıvı kolonundaki sıvının arasına hava boşluğu girmiş olabilir. Bu çok rastlanan bir durumdur ve katı CO<sub>2</sub> kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Bunun için uygulanılacak metot: Sıvı haznesi katı CO<sub>2</sub> içersinde bekletilerek tüm sıvı hazne içersine toplanır. Eğer bir miktar sıvı hala hazne içersinde kalmış ise termometre hazne kısmından avuç içersine alınarak çok sert olmamak şartı ile sadece el masaya degecek şekilde vurularak sıvı bir miktar aşağı itilir. Bu arada elinizden dolayı termometre ısınacağından civa kolonu üzerinde yükselir. Aynı işlem başarılı oluncaya kadar devam ettirilir.
- Civa kolonu içersinde bulunan civanın kopma olup olmadığına dikkat edilmelidir. Eğer civada kopma varsa elle hafiften termometrenin o kısmına vurularak civadaki kopma düzeltilebilir.

## 8. SONUÇ

Bu bildiride, -200°C ile 600°C aralığında kullanılan sıvı-cam termometrelerin çalışma prensibi, yapısı, daldırma derinliklerine göre cam termometre çeşitleri hakkında bilgi verildi. Ayrıca sıvı-cam termometrenin yapımında kullanılan camlar ve termometrik sıvılar ve sıvı-cam termometrelerin kullanımını esnasında dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmiştir.

## 9.KAYNAKLAR

1.J.V.Nikolas, D.R. White"Traceable Temperature" John Wiley & Sons Ltd.,Chichester, 1994, s199-237