

## 1. GİRİŞ

Hidrolik, genel anlamda durgun veya hareket halinde bulunan sıvıların hareketlerini ve bunların ilgili tesislerle olan karşılıklı ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır.

Hidrolik bilimi de diğerleri gibi insan ihtiyaçlarından doğmuştur. İnsanlık evriminin kronolojik gelişimi incelenecek olursa, ilk insanlar daha ziyade suların yakınlarında yerleşir ve yaşarlardı. Suyun az olduğu yerleri bırakarak daha fazla olduğu yerlere giderek bulabildiklerini yemek ve avlanmak suretiyle göçebe halinde yaşantılarını devam ettirirlerdi. Zamanla tarım devri başladı ve böylece göçebelikten kurtuldu. Bunun sonucu yerleşme dediğimiz belirli topluluklar halinde yaşama düzenine geçilmiş oldu. Yağışın az olduğu yer ve zamanda da yetiştirdikleri ürünlerin az olduğunu görmeleri sonucu suya şiddetle ihtiyaç duydular. Bitkiler suya götürülemeyeceğine göre suyun bitkilere götürülmesi gerekliliğini düşündüler. Suyun ilk defa bitkilere verilmesi muhtemelen basit kova ve kaplar ile olmuştur. Sulama böylece başlamış oldu.

İnsanların yıkanması ve içmesi için de suya ihtiyaçları olduğundan yerleşim yerlerine suyu getirmeye çalıştılar ve böylece de hidrolik bilimi doğmuş oldu.

Suyu getirme sistemlerinin inşasına ilk defa MÖ VI. yüzyılda bazı Yunan şehirlerinde başladığını tarihsel kayıtlardan anlamaktayız. Yerleşim ünitelerine suyu getirmede kullanılan su olukları ve su sistemlerinin en büyük inşacıları olarak Romalıları görmekteyiz. İlk su oluklarını MÖ 312 yılında 11 mil uzunluğunda olmak üzere meydana getirmişlerdir. En büyük su oluğunu da MÖ 140 yılında 50 mil olarak inşa etmişlerdir. Sadece Roma şehrinde 11 tane su temin sistemi meydana getirmişlerdir. Bu sistemlerin birkaç tanesi günümüzde halen daha kullanılmaktadır.

Romalıların hidrolik konuları ile ilgili olarak yaptıkları en ustalık çalışması MS 112 yılında tamamladıkları Affliano dağlarının altında 3 mil uzunluğunda kazdıkları su iletme tünelidir (Ayyıldız 1989). Bu imparatorluk çökerek çeşitli kısımlara parçalanınca medeniyet ve mühendislikte gerileme başladı ve hemen hemen ortadan kalktı.

Sonunda Rönesans ile birlikte tekrar suyun kullanılma ve kontrolü konusu üzerinde durulmaya başlandı. İlgi o kadar fazla oldu ki çağımızın dev eserleri meydana getirildi. Bunlar

arasında dünyanın en büyük barajları arasında bulunan Boulder veya Hoover baraj gövdesi 222 m yüksekliğinde olup meydana gelen gölün uzunluğu da 130 mil kadardır. Ayrıca Büyük okyanus ile Atlas Okyanusunu birleştiren Panama Kanalı da bu konuda meydana getirilen önemli yapıtlar arasında bulunmaktadır. 1905 yılının Ağustos ayında işletmeye açılan bu kanal bir okyanustan diğer okyanusa 45 000 tonluk gemileri deniz seviyesinden 43.5 m yüksekliğe çıkartıp tekrar deniz seviyesine indirebilen havuz sistemine sahip bulunmaktadır. Bu kanalın en dar yeri 91 m, en geniş yeri 300 m olup su derinliği de 12.5-13.5 m'dir.

Cumhuriyetin ilanından sonra ülkemizde yapılan ilk baraj Ankara Çubuk Barajı'dır. Kemer şeklinde betonarme olarak inşa edilen bu barajın gövdesi 33 m yüksekliğindedir. Gövde kret uzunluğu 220 m olup meydana gelen göl hacmi 13.5 milyon m<sup>3</sup> tür. Cumhuriyetimizin 50. yıl dönümünde tamamlanan en büyük barajlarımızdan birisi de Keban Barajıdır. Yıllık üretimi 5871 milyon KWH olacak olan bu barajımızın gövde yüksekliği 207 m, gövde kret uzunluğu 1097 m olup meydana gelecek gölün uzunluğu 425 km dir.

Akarsular üzerinde su biriktirmek, suyun seviyesini yükseltmek, elektrik enerjisi üretmek, taşkınlardan korunmak, ulaşım sağlamak, kır ve eğlence yerleri tesis etmek amacıyla meydana getirilen engel yapılarına baraj denilmektedir. Bir baraj, içme suyu temini, sanayi suyu temini, sulama suyu temini, hidroelektrik enerji üretimi, taşkın kontrolü, akışın düzenlenmesi, iç su taşımacılığının geliştirilmesi, mesire yeri temini, sediment kontrolü, canlı hayatın korunması, sanayi artıklarının tutulması amaçlarından biri veya bir kaçına hizmet etmek için yapılır.

Bütün bunlara rağmen hidrolikte karşılaşılan problemlerin güç ve karışık olmaları nedeniyle oldukça eski bir geçmişe ve uygulamaya rağmen hidrolikte ilerleme ve gelişme istenilen düzeyin altında ve çok yavaş olmuştur. Hidrolik ancak XVII. ve XVIII. yüzyıllarda Toriçelli (1608-1647), Pascal (1623-1662) ve Bernoulli'nin (1700-1782) attığı temeller üzerinde gelişme göstermiştir.

İlk zamanlarda hidrolikteki formüller sadece deneylerden elde edilen sonuçları kapsamaktaydı. Sonraları Euler, Lagrange, Reynolds, Froude, Prandtl ve Von Karman tarafından akışkanlar hareketinin genel denklemleri elde edilince deneyden faydalanmadan doğrudan doğruya sıvıların akım problemleri için çözümler aranmış ve böylece Klasik hidrodinamik doğmuştur. Ancak etüt edilen sıvının doğal sıvılardan tamamıyla farklı olması nedeniyle, elde edilen çözümler mühendisler için bir fayda sağlayamamıştır.

Teorik bilgilerin uygulama ile bütünleşmesi düşünülerek ve teori ile uygulamanın ilişkileri sağlanarak akışkanlar mekaniği adı altında bir bilim haline sokulmuştur.

Akışkanlara diğer bir deyimle sıvılara ve gazlara etki eden kuvvetleri ve bu kuvvetlerin meydana getirdiği sonuçları inceleyen bilim dalı olarak akışkanlar mekaniği doğmuştur. Son zamanlarda akışkanlar mekaniği, bilimsel ve teknik eğitimin temellerinden sayılmaktadır.

Hidrolik, sıvılarla ilgili mühendislik uygulamalarının temelini oluşturur. Özellikle suyun boru akımlarına ve serbest düzeyde akım çeşitleri ile ilgili karşılaşılabilecek sorunların çözümlenmesinde, suyun kullanma ve kontrol amacıyla oluşturulacak tesislere ve yapıların boyutlandırılmasında ve projelendirilmesinde, su kaynaklarının debilerinin ölçülmesinde, yüzey ve basınçlı sulama sistemlerinin projelendirilmesinde vb. kullanılabilir uygulamaya yönelik bir bilim dalıdır.

Hidrolik ya da bir anlamda akışkanlar mekaniği günümüzde inşaat, çevre, makine, kimya, meteoroloji, tarım, denizcilik, havacılık, uzay bilimleri gibi alanlarda karşılaşılan akışkanların hareketi ile ilgili her türlü problemi inceleyen ve çözümü için temel bilgileri kapsayan bir bilim dalıdır.

Akışkanlar mekaniği genel anlamda hidrostatik, kinematik ve hidrodinamik olmak üzere başlıca üç gruba ayrılmaktadır.

Bunlardan hidrostatik sıvıların hareketsiz yani durgun haldeki mekaniği ile ilgilenen, sıvıların denge koşullarını ve denge halindeki hareketsiz sıvılara etki eden kuvvetleri inceleyen dalı olarak tanımlanmaktadır.

Kinematik ise sıvıların hızları ve akım çizgileri ile ilgilenen ve kuvvet veya enerjiyi göz önüne almayan bir bölümdür.

Hidrodinamik ise sıvıların hızları ve ivmeleri arasındaki ilişkileri ve hareket halindeki sıvıların veya sıvı üzerine gelen kuvvetlerle ilgilenen sıvıların akımını sağlayan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin etkilerini ve hareket halindeki sıvılarda hareket değişimlerini inceleyen dalıdır.

İnsanlar için önemli bir ihtiyaç olan su, içme ve kullanma suyu olarak da kullanılmaktadır. Su ihtiyacına nüfus, iklim, kentte park ve bahçelerin mevcudu, su tarifesi, su verilme süresi, hayat standardı, kanalizasyon, suyun özellikleri, suyun tazyiki ve kayıplar etki eder.

İhtiyaca cevap verecek miktarda iyi, temiz ve güvenilir bir suya sahip olmak insan topluluklarının en büyük ihtiyaçlarındandır. Böyle bir su sağlık garantisi olduğu gibi ekonomik kalkınmayı da sağlar. Tabiatta bulunan sular kimyasal olarak temiz olmayabilirler. Suların kullanılabilir hale gelmesi için çeşitli arıtım işlemlerinden geçirilmelidir. İçme ve kullanma sularının sağlık bakımından bazı şartları bulundurması gerekir. Bu şartlar Türk Standartları 266 da verilmiştir.

İçme suları, hastalık yapan ve sağlığa zarar veren herhangi bir özelliğe sahip olmamalı, mikropsuz olmalı, içilirken iştah vermeli, yenilen yemekleri hazmettirecek özellikte olmalı, renksiz, kokusuz ve berrak olmalı, içme suyu içindeki madde miktarları belirli değerleri aşmamalı, korozyona sebep olmamalı, temin edilen suyun miktarı devamlı dağıtımı karşılayabilecek seviyede olmalıdır.

Kullanma suları, bünyesinde Fe, Mn vs. bileşikleri bulundurmamalı, içinde fazla miktarda askıda madde bulundurmamalı, temizlik suları ve içme sularının sertliği az olmalı

## 1.1. Hidrolikle İlgili Temel Kavramlar

### Hidrolikte Kullanılan Birimler

| Cinsi               | Sembol         | CGS (GC)                            | MKS (KM)                           |
|---------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Uzunluk             | L,l            | cm                                  | m                                  |
| Alan                | A              | cm <sup>2</sup>                     | m <sup>2</sup>                     |
| Kütle               | M              | gr s <sup>2</sup> / cm              | kg s <sup>2</sup> / m              |
| Hacim               | V              | cm <sup>3</sup>                     | m <sup>3</sup>                     |
| Özgül hacim         | $\gamma_v$     | gr / cm <sup>3</sup>                | kg / m <sup>3</sup>                |
| Hız                 | V,v            | cm / s                              | m / s                              |
| İvme                | A,g            | cm / s <sup>2</sup>                 | m / s <sup>2</sup>                 |
| Debi                | Q,q            | cm <sup>3</sup> / s                 | m <sup>3</sup> / s                 |
| Kuvvet, ağırlık     | F,G            | gr                                  | kg                                 |
| Özgül ağırlık       | $\gamma$       | gr / cm <sup>3</sup>                | kg / m <sup>3</sup>                |
| Yoğunluk            | D              | Boyutsuz                            | Boyutsuz                           |
| Özkütle             | $\rho$         | gr s <sup>2</sup> / cm <sup>4</sup> | kg s <sup>2</sup> / m <sup>4</sup> |
| Basınç              | P,p            | gr / cm <sup>2</sup>                | kg / m <sup>2</sup>                |
| Enerji              | E              | gr cm                               | kg m                               |
| Güç                 | P              | erg                                 | kg m / s                           |
| Viskozite           | $\mu$          | din s / cm <sup>2</sup> (Poise)     | kg s / m <sup>2</sup>              |
| Kinematik viskozite | $\nu$          | cm <sup>2</sup> / s (stoke)         | m <sup>2</sup> / s                 |
| Yüzey gerilimi      | $\tau, \sigma$ | gr / cm                             | kg / m                             |

### Örnek 1.2

|                                       |   |          |                                  |
|---------------------------------------|---|----------|----------------------------------|
| 12.5 gr/cm <sup>3</sup>               | : | 12500    | kg/m <sup>3</sup>                |
| 218 dins/cm <sup>2</sup>              | : | 2.222    | kgs/m <sup>2</sup>               |
| 196 grs <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> | : | 19600000 | kgs <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> |
| 14 gr/cm                              | : | 1.4      | kg/m                             |
| 9.75 gr/cm <sup>2</sup>               | : | 97.5     | kg/m <sup>2</sup>                |

**Kütle** : Bir cismin ağırlığının yer çekimi ivmesine oranıdır. Buna ilişkin formül (1) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$M = \frac{G}{g} \quad (\text{kg s}^2 / \text{m}) \quad (1)$$

M : Kütle ( kg s<sup>2</sup> / m )

G : Cismin ağırlığı ( kg )

g : Yer çekimi ivmesi ( m / s<sup>2</sup> )

**Özgül ağırlık** : Birim hacimdeki sıvının ağırlığı ya da maddenin birim hacim ağırlığıdır. Buna ilişkin formül (2) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \rho = \frac{G}{g \cdot V} = \frac{\gamma}{g} \quad \gamma = \rho \cdot g \quad (\text{kg} / \text{m}^3) \quad (2)$$

$\gamma$  : Özgül ağırlık ( kg / m<sup>3</sup> )

G : Cismin ağırlığı ( kg )

V : Hacim ( m<sup>3</sup> )

G : Cismin ağırlığı ( kg )

g : Yer çekimi ivmesi ( m / s<sup>2</sup> )

$\rho$  : Özgül kütle ( kg s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup> )

**Özgül kütle** : Birim hacimdeki sıvı kütesidir. Başka bir deyişle maddenin birim hacminin kütesidir. Buna ilişkin formül (3) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{G/g}{V} = \frac{G}{g \cdot V} = \frac{\gamma}{g} \quad (\text{kg s}^2 / \text{m}^4) \quad (3)$$

$\rho$  : Özgül kütle ( kg s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup> )

M : Kütle ( kg s<sup>2</sup> / m )

V : Hacim ( m<sup>3</sup> )

G : Cismin ağırlığı ( kg )

g : Yer çekimi ivmesi ( m / s<sup>2</sup> )

$\gamma$  : Özgül ağırlık ( kg / m<sup>3</sup> )

**Özgül hacim** : Birim ağırlığındaki sıvının hacmidir. Buna ilişkin formül (4) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$\gamma_v = \frac{1}{\gamma} \quad (\text{m}^3 / \text{kg}) \quad (4)$$

$\gamma_v$  : Özgül hacim ( m<sup>3</sup> / kg )

$\gamma$  : Özgül ağırlık ( kg / m<sup>3</sup> )

**Yoğunluk** : Cismin özgül kütleinin +4 °C deki suyun hacmine oranıdır. Birimi yoktur yani boyutsuzdur. Özgül kütle ile yoğunluk çoğu kitapta benzer şekilde ifade edilmektedir. Buna ilişkin formül (5) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$d = \frac{\gamma_{cisim}}{\gamma_{su}} \quad (\text{boyutsuz}) \quad \gamma_{su} = 1000 \text{ kg / m}^3 \quad (5)$$

d : Yoğunluk ( boyutsuz )

$\gamma_{cisim}$  : Cismin özgül ağırlığı ( kg / m<sup>3</sup> )

$\gamma_{su}$  : Suyun özgül ağırlığı ( kg / m<sup>3</sup> )

## Örnek 2.

Hacmi 200 L olan yağın ağırlığı 182 kg'dır. Bu yağın, özgül ağırlığını, özgül hacmini, kütleini, özgül kütleini ve yoğunluğunu bulunuz. (  $\gamma = ?$   $\gamma_v = ?$   $M = ?$   $\rho = ?$   $d = ?$  )

$$G = 182 \text{ kg} \quad V = 200 \text{ L} = 200 \text{ dm}^3 = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{182}{0.2} = 910 \text{ kg / m}^3$$

$$\gamma_v = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{910} = 0.0010989 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$M = \frac{G}{g} = \frac{182}{9.81} = 18.55 \text{ kg s}^2 / \text{m}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{910}{9.81} = 92.76 \text{ kg s}^2 / \text{m}^4$$

$$d = \frac{\gamma_{cisim}}{\gamma_{su}} = \frac{910}{1000} = 0.91$$

**Yüzey gerilimi** : hareketsiz durgun halde bulunan sıvıların atmosfer ile temasta bulunan su yüzeyi sanki ince bir zar ile kaplanmış gibidir. Bu zarı delmek için bir kuvvet sarfetmek gerekir. Sarfedilecek kuvvet sıvının cinsine ve özelliğine bağlıdır.

Bir sıvı üzerinde 1 cm lik bir doğru parçasına dik olarak etkiyen yüzey gerilim kuvvetine sıvının yüzey gerilim kat sayısı adı verilir ve  $\sigma$  ile gösterilir. Buna ilişkin formül (6) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

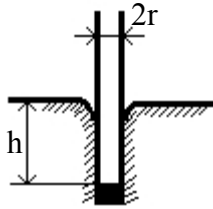
$$\sigma = \frac{F}{I} \quad (6)$$

$\sigma$  : Yüzey gerilim kat sayısı

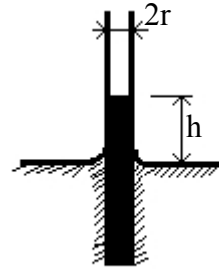
F : Çekme kuvveti

I : Yüzey kesitinin uzunluğu

**Kılcallık (Kapilarite)** : Sıvıların yüzey gerilimi en iyi biçimde sıvıya batırılmış ince kılcal borularda izlenebilir. Çapı mm den daha küçük olan borulara kılcal boru adı verilmektedir. Bu tür borular bir sıvı içerisinde daldırıldığında sıvı bileşik kaplar kuralına uymayarak alçalmakta veya yükselmektedir.



Alçalıyorsa ıslatmayan sıvı (civa)

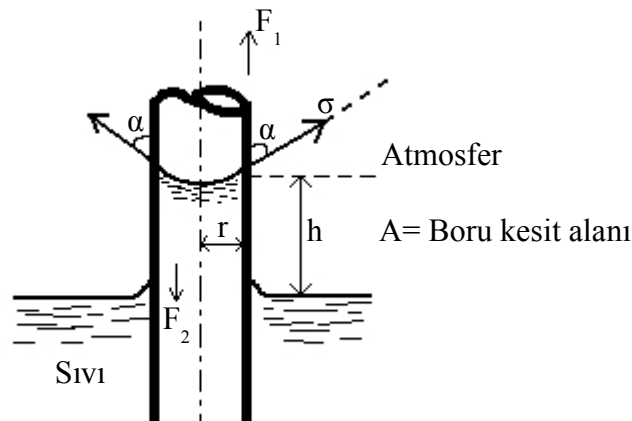


Yükseliyorsa ıslatan sıvı

Kapilarite yüzey gerilim kuvvetini yeninceye kadar boru içerisinde sıvı alçalır. Kapilarite yüzey gerilim kuvvetini yendikten sonra da boru içerisinde sıvı yükselir. Bu yükselme miktarı borunun çapı ile ters orantılıdır. Boru çapı küçüldükçe yükselme miktarı artar.

### Kılcal Borulardaki Yükselme Miktarının Hesaplanması

Kılcal borulardaki yükselme miktarının hesaplanmasında Jurin Formülü kullanılmaktadır. Buna ilişkin formül (7) numaralı eşitlikte verilmiştir.





$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \alpha}{\gamma \cdot r} \quad \text{veya} \quad h = \frac{2 \cdot \sigma}{\rho \cdot g \cdot r} \cdot \cos \alpha \quad (\text{cm}) \quad (7)$$

h : Yükselme miktarı

$\sigma$  : Yüzey gerilim katsayısı

cos  $\alpha$  : Temas açısı

$\gamma$  : Sıvının özgül ağırlığı

r : Kılcal borunun yarıçapı

Jurin formülüne göre kılcal borulardaki yükselme ya da alçalma miktarı sıvının yüzey gerilim kat sayısı ile doğru orantılı, kılcal borunun yarı çapı ile ters orantılı, sıvının özgül ağırlığı ile ters orantılıdır.

### Örnek 3.

Bir toprakla ortalama çapı 0.018 mm olan kılcal bir boşlukta yüzey gerilim kat sayısı  $\sigma = 0.080$  gr / cm ve temas açısı  $\alpha = 20^\circ$  olduğuna göre bu boşlukta suyun yükseleceği miktarı bulunuz.

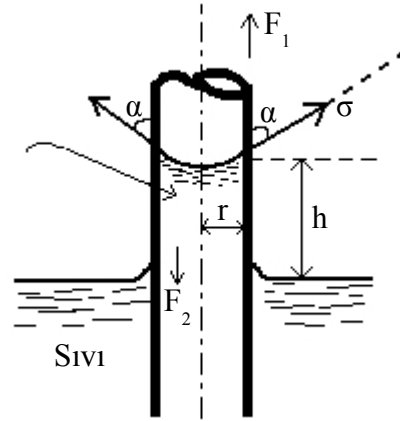
$$\sigma = 0.080 \text{ gr / cm} = 0.0080 \text{ kg / m}$$

$$\cos 20 = 0.94$$

$$r = 0.009 \text{ mm} = 9 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\gamma = 1000 \text{ kg / m}^3$$

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \alpha}{\gamma \cdot r} = \frac{2 \cdot 0.008 \cdot 0.94}{1000 \cdot 9 \times 10^{-6}} = 1.67 \text{ m}$$



### Örnek 4.

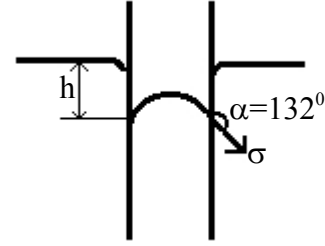
Cıvanın yüzey gerilim katsayısı 540 din/cm ve camla olan değme açısı  $\alpha = 132^\circ$  dir. Çapı D:1mm olan kılcal boruda cıva yüzeyinin değişimini hesaplayınız ve şekil üzerinde gösteriniz ( $\gamma_{\text{cıva}}: 13.6\text{t/m}^3$ ).

$$\sigma = 540 \frac{\text{din}}{\text{cm}} \cdot \frac{1\text{kg}}{9.81 \times 10^5 \text{din}} \cdot \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} = 0.055 \text{kg/m}$$

$$\cos 132 = -0.6691$$

$$D = 1 \text{ mm olduğuna göre } r = 0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m}$$

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \alpha}{\gamma \cdot r} = \frac{2 \cdot 0.055 \cdot -0.6691}{13600 \cdot 0.0005} = -0.0108 \text{ m} = -1.08 \text{ cm}$$



### Sıvılarda Sıkışma Ve Elastisite Modülü

Herhangi bir sıvıya bir basınç kuvveti uygulanması durumunda sıvının hacmi değişiyorsa buna sıkışma denir. Uygulanan basıncın kaldırılması ile sıvının eski halini alma durumuna ise elastiklik ya da elastisite denir ve elastisite modülü ( $\varepsilon$ ) ile ifade edilir. Belirli sabit bir sıcaklıkta hacmi  $V$  olan bir sıvı üzerine bir basınç uygulandığında sıvının hacminde bir

küçülme meydana geliyorsa basınç artımı ile hacim değişimi arasındaki ilişki;  $k \cdot dp = \frac{dV}{V}$

şeklinde yazılır. Elastisite modülü ise sıkışma kat sayısının tersi diğer bir ifade ile (8) ve (9) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\varepsilon = \frac{1}{k} \quad (8)$$

$$\varepsilon = \frac{dp}{dV/V} = V \cdot \frac{dp}{dV} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (9)$$

$\varepsilon$  : Elastisite modülü

$k$  : Sıvının sıkışma kat sayısı

$dp$  : Basınç artımı ( $\text{kg/cm}^2$ )

$dV$  : Hacim değişmesi ( $\text{cm}^3$ )

Suyun hacmini %1 oranında küçültebilmek için hacmine  $200 \text{ kg/cm}^2$  lik bir basınç uygulamak gerekir. Bu nedenle pratikte suyun sıkışmayan bir akışkan olduğu kabul edilir.

### Örnek 5.

Elastisite modülü 20000 kg/cm<sup>2</sup> ve sıcaklığı 20<sup>0</sup> olan 1 L suyun basıncı 22 kg/cm<sup>2</sup> arttırıldığında meydana gelecek hacim değişimini hesaplayınız.

$$\varepsilon = -\frac{dp \cdot V}{dV} \quad 20000 = -\frac{22 \cdot 1000}{dV} \quad dV = -1.1 \text{ cm}^3$$

### Örnek 6.

Sıcaklığı 21<sup>0</sup> olan suyun 14 kg/cm<sup>2</sup> basınç altındaki hacmi 1000 cm<sup>3</sup>, 36.4 kg/cm<sup>2</sup> basınç altındaki hacmi ise 999 cm<sup>3</sup> tür. Buna göre suyun elastiklik modülünü nedir?

$$dp = 36.4 - 14 = 22.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$dV = 999 - 1000 = -1 \text{ cm}^3$$

$$V = 1000 \text{ cm}^3 \text{ (Başlangıçtaki hacim)}$$

$$\varepsilon = -\frac{dp \cdot V}{dV} = -\frac{22.4 \cdot 1000}{-1} = 22400 \text{ kg/cm}^2$$

### Viskozite

Akışkan durgun halde iken kesmeye karşı bir direnci yoktur. Hareket haline geçince moleküller arasındaki sürtünmeden dolayı bir direnç oluşur. Buna göre viskozite akışkan hareket halindeyken akışkanın kesilmeye ( kesme-kayma kuvvetlerine) karşı direncidir.

Doğada bulunan bütün akışkanlar sürtünme direnci meydana getiren viskoziteye sahiptirler. Bu sürtünmenin değeri akışkanın cinsine, fiziksel durumuna ve akım boyunca oluşan fiziksel şartlarına bağlıdır.

Eğer viskozite ihmal edilebilecek kadar küçük ise bu akışkana ideal akışkan adı verilir. İhmal edilemeyecek kadar büyük ise bu akışkanlara gerçek akışkan adı verilir.

İdeal sıvı, viskozitesi sıfır olan bir sıvı olarak tanımlanmaktadır. Gerçek halde böyle bir sıvı yoktur.

Gerçek sıvı ise, sürtünmesi yani viskozitesi olan sıvıdır. Bu gibi sıvılarda hareket meydana gelince basınç kuvvetlerinden başka kayma veya kesme kuvvetleri de ortaya çıkar. Böylece sıvının sürtünmesi artar. Ortaya çıkan kuvvet sıvı zerrelerinin hareketlerini engellemeye çalışır. Buna da genel anlamda sürtünme kuvvetleri adı verilir.

Buna göre viskozite sıvıların kesme kuvvetlerine ya da deformasyonlara karşı gösterecekleri dirençtir ve  $\mu$  ile gösterilir. Buna ilişkin formül (10) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$\mu = \tau \cdot \frac{dy}{dV} \quad (10)$$

$\mu$  : Mutlak viskozite

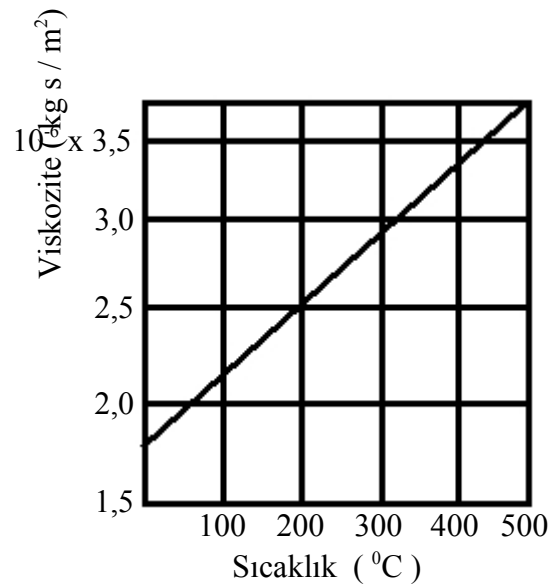
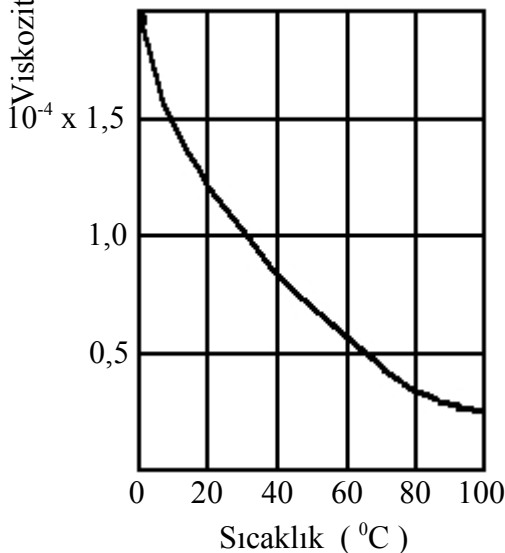
$\tau$  : Kesme, kayma gerilmesi

$dy$  : Alınan yol miktarı

$dV$  : Birim hız miktarı

Kinematik viskozite, mutlak viskozitenin özgül kütleye oranıdır. Buna ilişkin formül (11) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2 / \text{s}) \quad (11)$$



Havanın viskozitesinin sıcaklık ile değişimi

Suyun viskozitesinin sıcaklık ile değişimi