

**DERS-4**

**-REOLOJİ-**

**VİSKOZİTE VE AKIŞ TIPLERİ**

# Görünür viskozite

- Görünür viskozite için “ $\eta$ ” (eta) sembolü, Newtonsal akışkanların viskozitesinden “ $\mu$ ” ayırmak için kullanılır.
- Kayma geriliminin kayma oranına bölünmesiyle, o kayma oranında görünür viskozite hesaplanır.

$$\eta(\dot{\gamma}) = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

→ Kayma oranı, 1/s

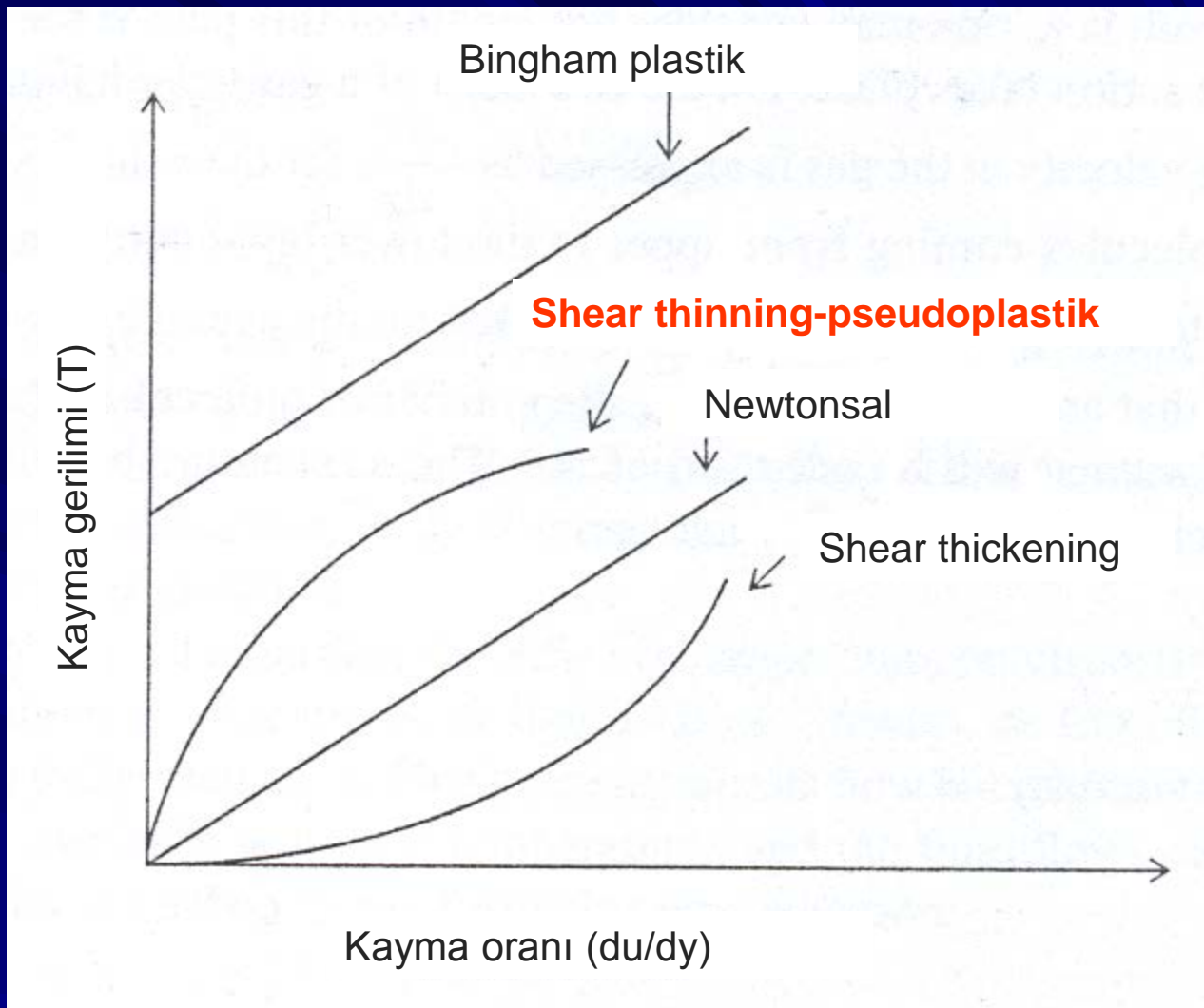
- Newtonsal akışkanlar için, Newtonsal viskozite ve görünür viskozite aynıdır , fakat “power law” akışkanlar için görünür viskozite;

$$\eta(\dot{\gamma}) = \frac{k(\dot{\gamma})^n}{\dot{\gamma}} = k(\dot{\gamma})^{n-1}$$

# Shear thinning (Pseudoplastik) akışkanlar

$$\eta(\dot{\gamma}) = \frac{k(\dot{\gamma})^n}{\dot{\gamma}} = k(\dot{\gamma})^{n-1}$$

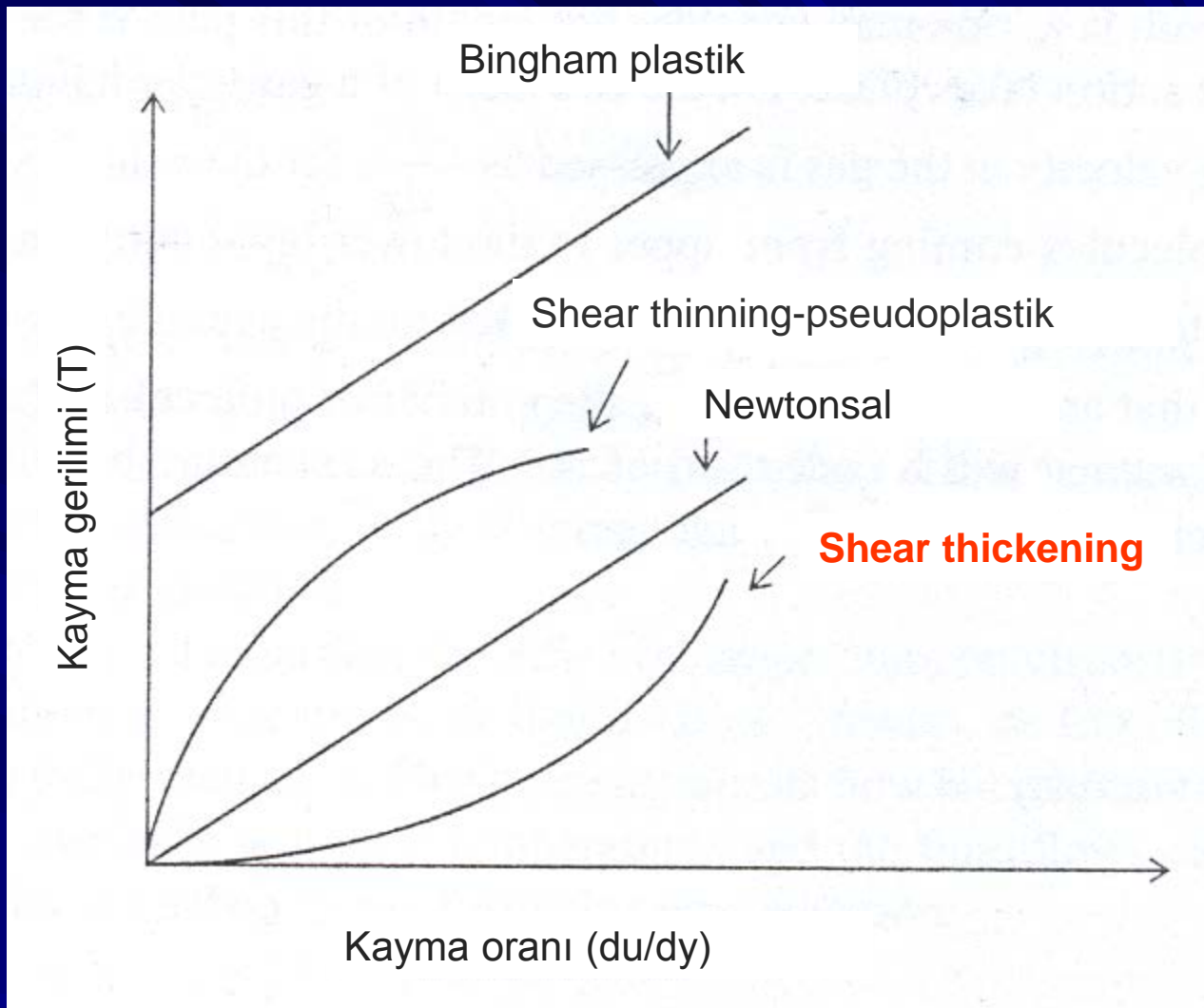
- $n < 1$  olduğunda eğri aşağı doğru konkavdır. Viskozite, düşük kayma kuvvetinde yüksektir. Kayma kuvveti arttıkça viskozite azalır. Çünkü, katmanlar arasındaki sürtünme azalır.
- Bu akışkanlar pseudoplastik (psöydoplastik) olarak adlandırılır.
- Yağlı boya bu akış özelliğine tipik bir örnektir.
- Gıdalarda bu akış şeklinin tipik örnekleri meyve konsantreleri, muz püresi, domates püresi vb.



Kayma oranı ve kayma gerilimine göre çizilen grafikte eğrinin eğimi Newtonsal olmayan akışkanlar için sabit değildir.

# “Shear thickening” akışkanlar

- $n > 1$  olduğunda, görünür viskozite, düşük kayma geriliminde düşüktür, çünkü iç sürtünme artar. Bu tip akışkanlar kayma oranı arttıkça daha viskoz hale gelir.
- Gıda sistemlerinde bu akış şekline bir örnek, mısır nişastası süspansiyonudur.
  - Mısır nişastası süspansiyonunun “Shear thickening” özelliğinden amilopektin sorumludur.
- Eğer viskozitedeki artış, hacim artışıyla birlikte görülüyorsa bu tür akışkanlara “dilatant” akışkanlar denir.



Kayma oranı ve kayma gerilimine göre çizilen grafikte eğrinin eğimi Newtonsal olmayan akışkanlar için sabit değildir.

# Plastik akışkanlar- Bingham plastik akışkanlar

- Bu tür akışkanlarda, kayma gerilimi, “yield stress”ten ( $\tau_0$ ) daha küçük olduğu durumlarda rijit halde kalır.
  - **“Yield stress”**: Newtonsal olmayan akışkanların hareket etmeye başlaması için uygulanan kuvvetin kritik bir değerin üzerinde olması gereklidir. Bu kritik kuvvet "yield stress" olarak bilinir.
- Ancak kayma gerilimi  $\tau_0$  'ı aştığında, Newtonsal akışa benzer akış gösterirler.
  - Akışın başlaması için bir kuvvet uygulanmalıdır.

# Plastik akışkanlar- Bingham plastik akışkanlar

- Diş macunu Bingham plastik akışkanlara tipik bir örnektir. Tüp sıkılmadıkça macun akmaz.
- Gıda sistemlerinde ise domates salçası bu akış tipine örnektir.
- Bingham plastik akışkan davranışını gösteren eşitlik; Bingham plastik akışkanların görünür viskozitesi ise

$$\tau_{yz} = \tau_0 + k \left( \frac{dv_z}{dy} \right)$$

$$\eta(\dot{\gamma}) = \frac{\tau_0 + k(\dot{\gamma})}{\dot{\gamma}} = \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} + k$$

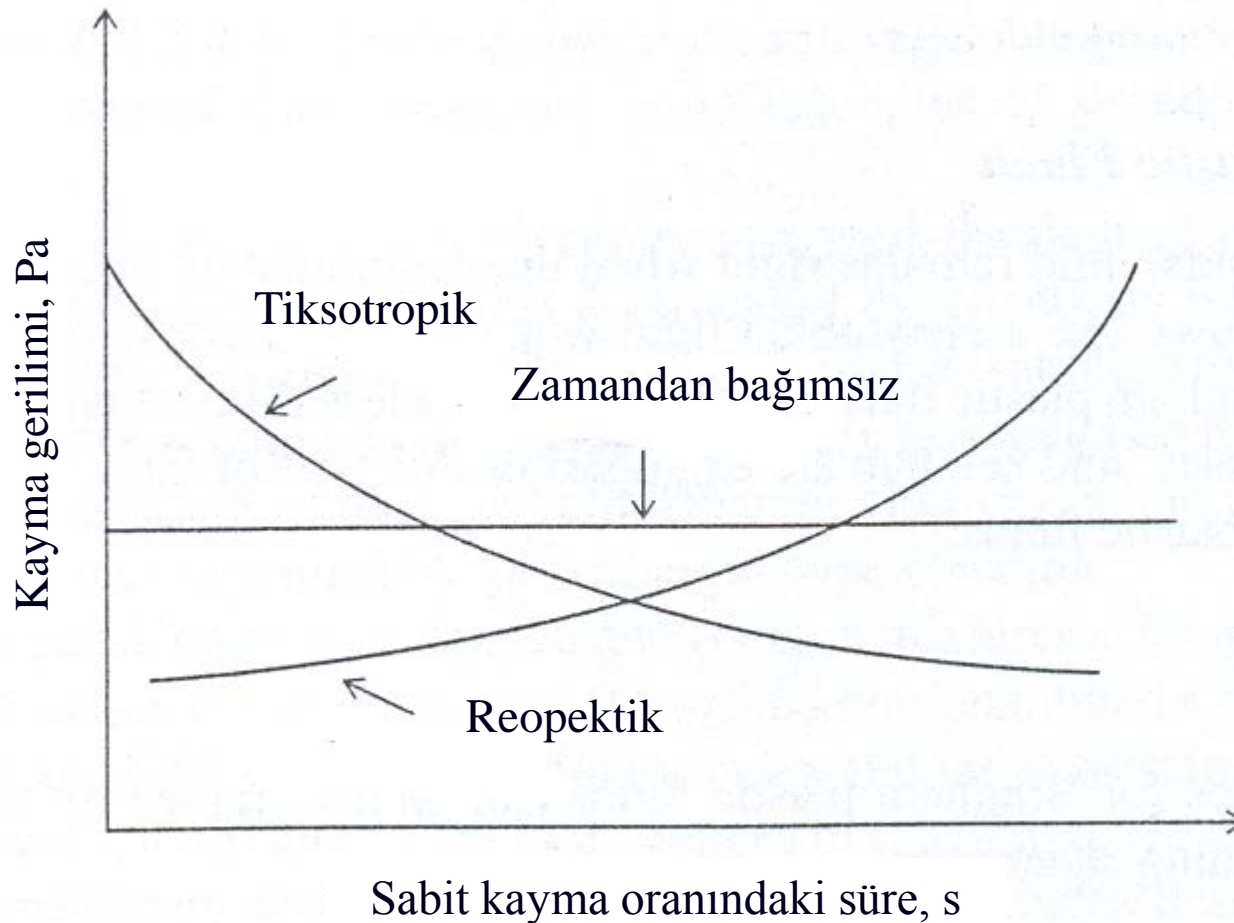


# Plastik akışkanlar- Non-Bingham (Bingham olmayan) plastik akışkanlar

- Bingham akışkanlardaki gibi, akış başlamadan önce minimum kayma gerilimi olarak bilinen “yield stress”in aşılması gerekir.
- Bu tür akışkanlarda kayma gerilimi-kayma oranı grafiği doğrusal değildir.
- Minimum kayma gerilimi ile ya “shear thinning” ya da “shear thickening” özellik gösterirler.

# Zamana bağımlı Newtonsal olmayan akışkanlar

- Bazı akışkanlar sabit bir kayma oranına maruz kaldıklarında zamana bağlı olarak daha koyu kıvamlı (thicker) ya da daha ince kıvamlı (thinner) hale gelebilirler.



**Zamana  
bağımlı akış  
şekilleri**

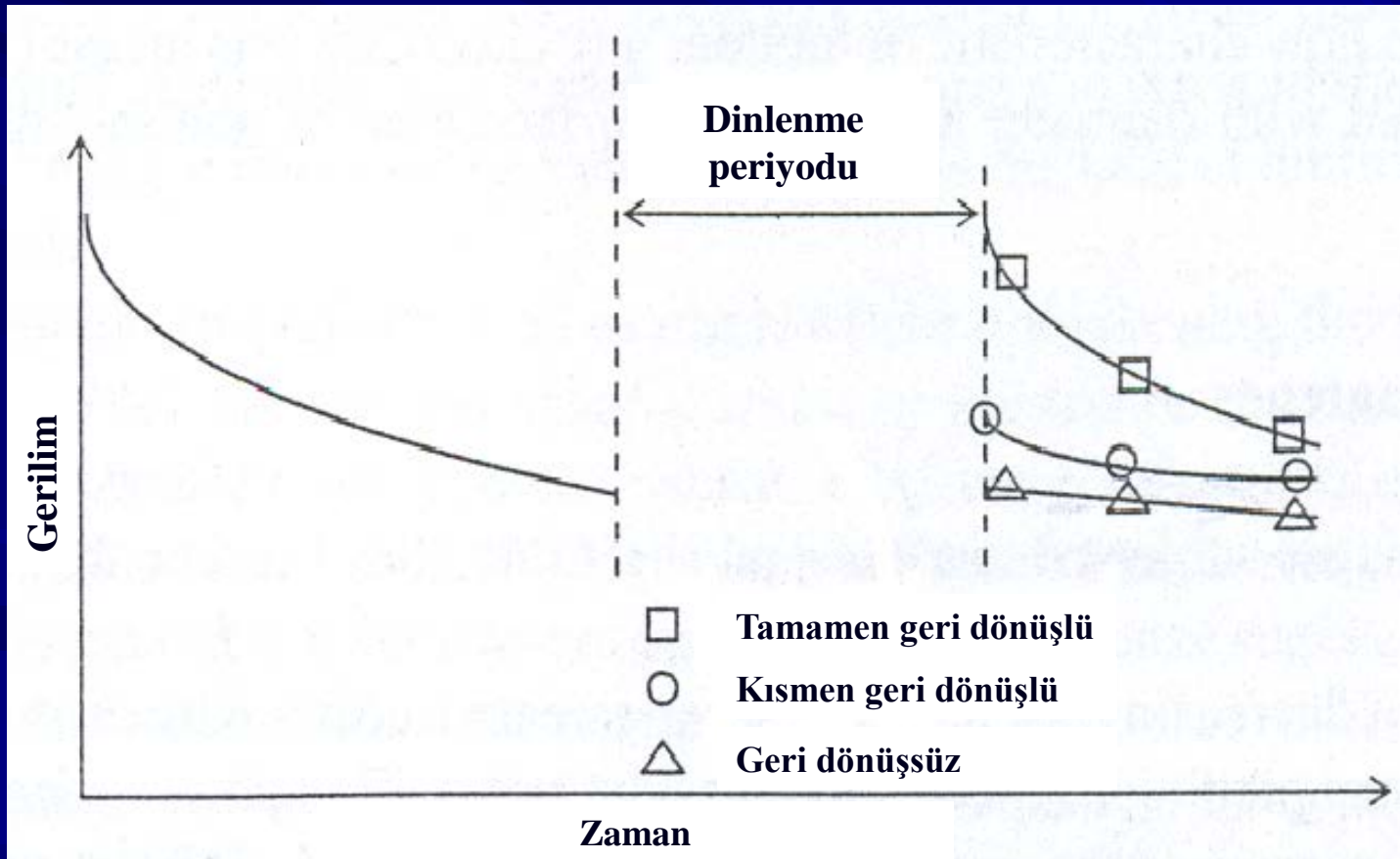
# Zamana bağımlı Newtonsal olmayan akışkanlar

## Tiksotropik akışkanlar

- Tiksotropik- Sabit bir kayma oranında zamana bağlı olarak kayma gerilimi ve viskozitede azalma gösteren akışkanlar.
- Bu olayın olası nedeni, mekanik etki (shearing) devam ettikçe materyalin yapısında kırılmalar olmasıdır.
  - ÖR: Jöle, shorteningler, yoğurt

# Zamana bağımlı Newtonsal olmayan akışkanlar- Tiksotropik akışkanlar

- Tiksotropik davranış geri dönüşlü, kısmen geri dönüşlü ya da geri dönüşsüz olabilir.
  - Geri dönüşsüz tiksotropi “reomalaksiz” olarak adlandırılır.



# Zamana bağımlı Newtonsal olmayan akışkanlar- Reopektik akışkanlar

- Zamana bağlı olarak daha koyu kıvamlı (shear thickening) hale gelen akışkanlar
- Kayma gerilimi ve görünür viskozite zamanla birlikte artış gösterir.
  - Yani yapı mekanik etki devam ettikçe oluşur.
- Gıda sistemlerinde sık rastlanmaz. Bentonit-çimento karışımı en tipik örnektir.