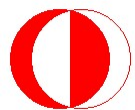


# ***Hidroelektrik Generatörler Yapısal Tasarımı ve Analizi***

*EGEN PROJESİ - Elektrik Generatör Tasarımına Giriş  
Eğitimleri*

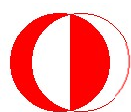
*Yer: EÜAŞ Bakım Yönetim Müdürlüğü, Toplantı Salonu  
Tarih: 09.Eylül.2022*

***Dr. Öğr. Üyesi Gökhan O. Özgen***



# İçerik

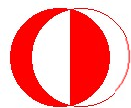
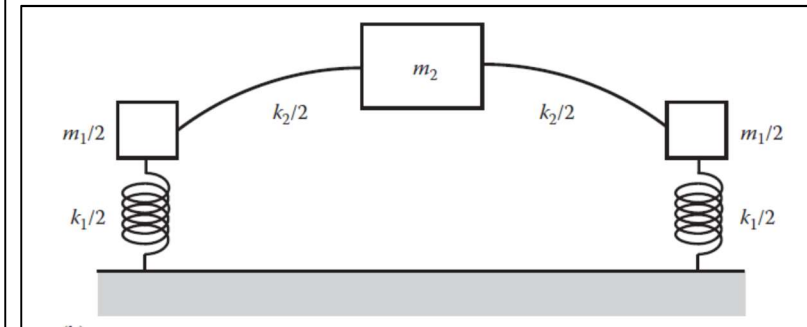
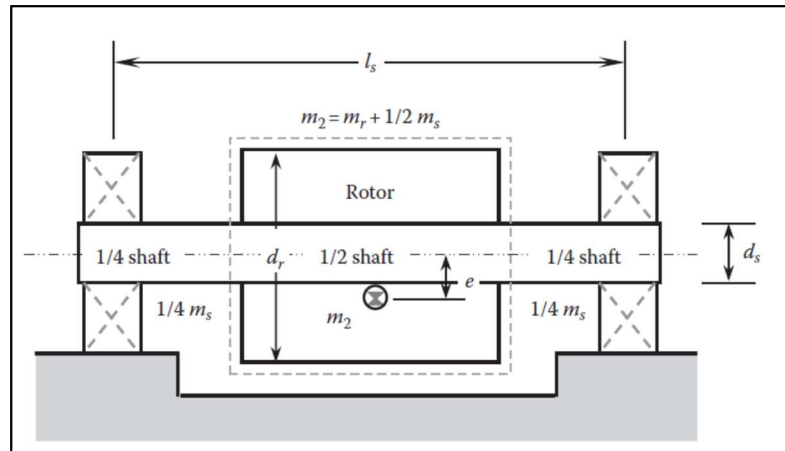
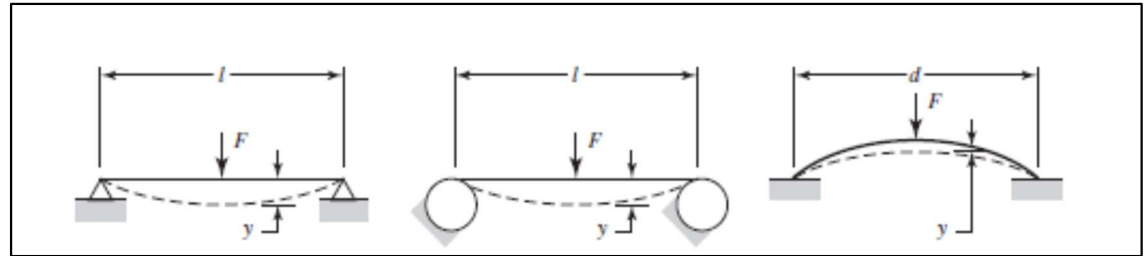
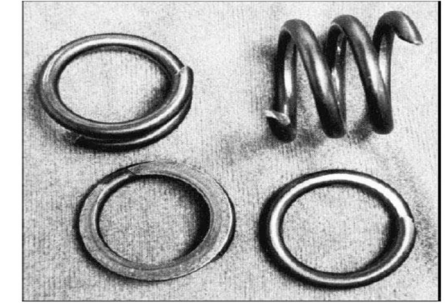
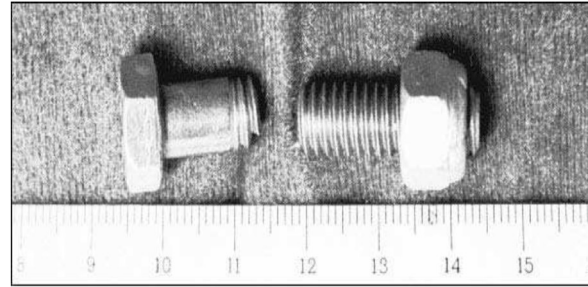
- ☐ Giriş
- ☐ Mekanik bileşenlerin tasarım kriterleri
- ☐ Gerilme ve sehim için modelleme analiz yöntemleri
- ☐ Hidrogeneratör mekanik yükleme senaryoları



# Giriş

## ❑ Mekanik bileşenlerin tasarım kriterleri

- ❑ *Mukamevet*
- ❑ *Yer değiştirmeler (sehim)*
- ❑ *Titreşim*
- ❑ *Yaşlanma*
- ❑ *Aşınma*



# Mekanik bileşenlerin tasarım kriterleri:

## Mukamevet

### ❑ Mukamevet

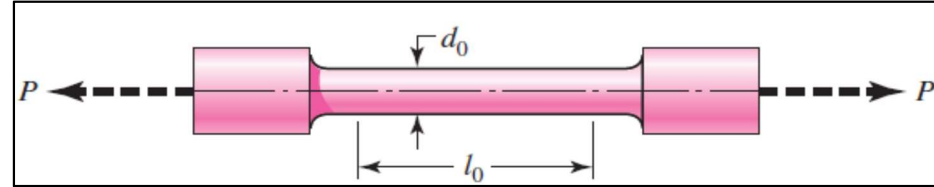
### ❑ Normal gerilme $\sigma$ (sigma)

❑ **Birim alana düşen dik yönlü kuvvet**

### ❑ Malzeme **dayanımı**: **S**

❑  **$S_y$  akma dayanımı**  
(kalıcı şekil değişikliği)

❑  **$S_u$  kopma dayanımı**  
(kopma gerçekleşir)

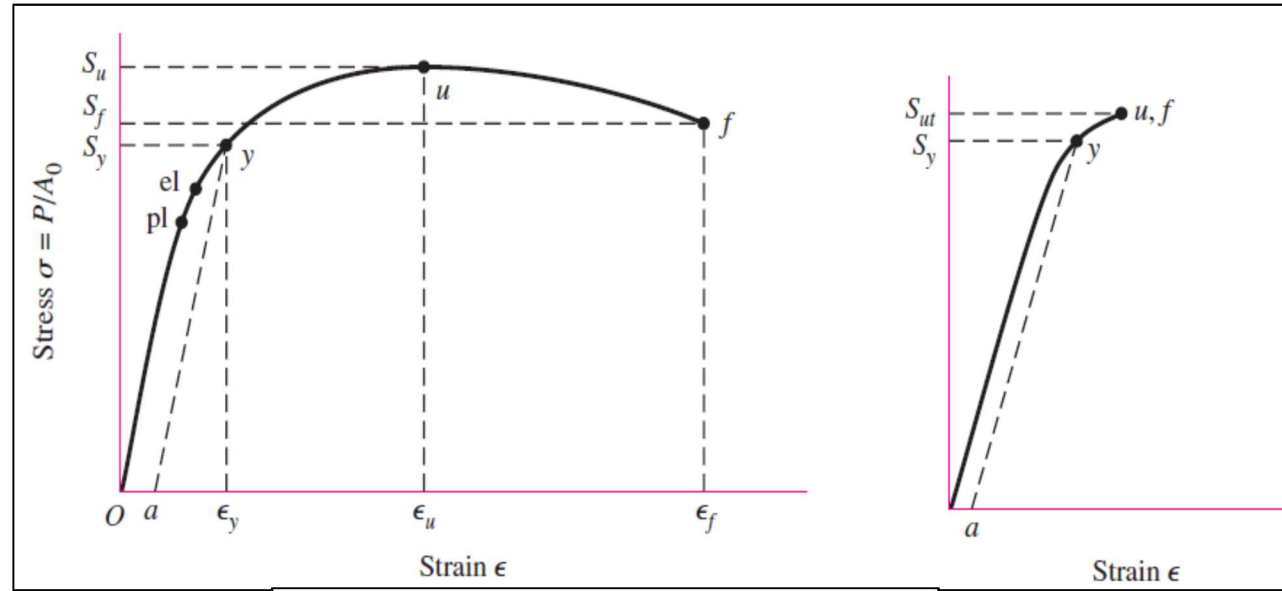


$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

$$A_0 = \frac{1}{4} \pi d_0^2$$

$$\sigma = E \epsilon$$

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$



# Mekanik bileşenlerin tasarım kriterleri:

## Mukamevet

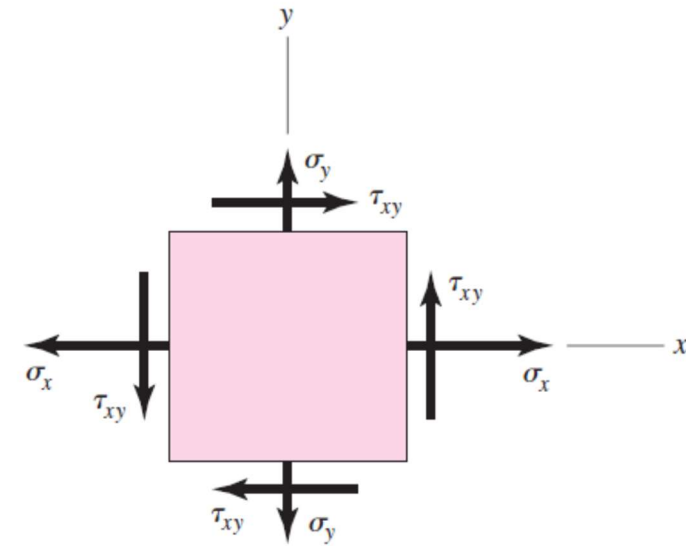
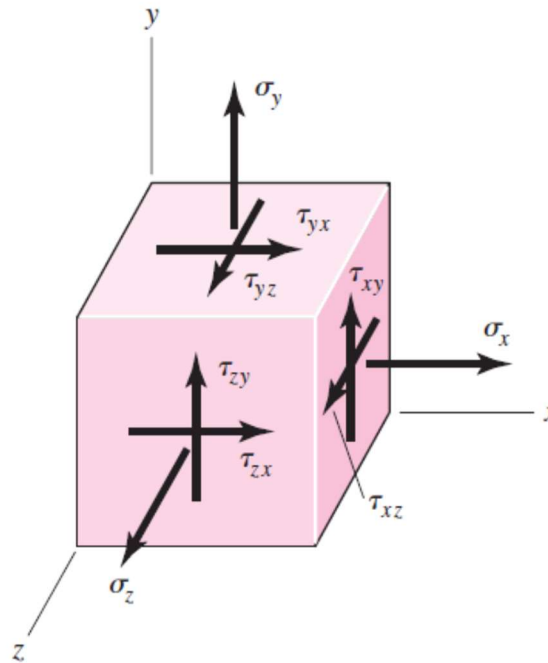
### ❑ Mukamevet

❑ Gerçek uygulamalarda çoğu zaman gerilmeleri boyutlu olarak gözlemleniyor.

❑ Statik mukamevet hesapları için eş değer gerilmeler tanımlanır.

❑ Statik *iş görmezlik kriterleri*

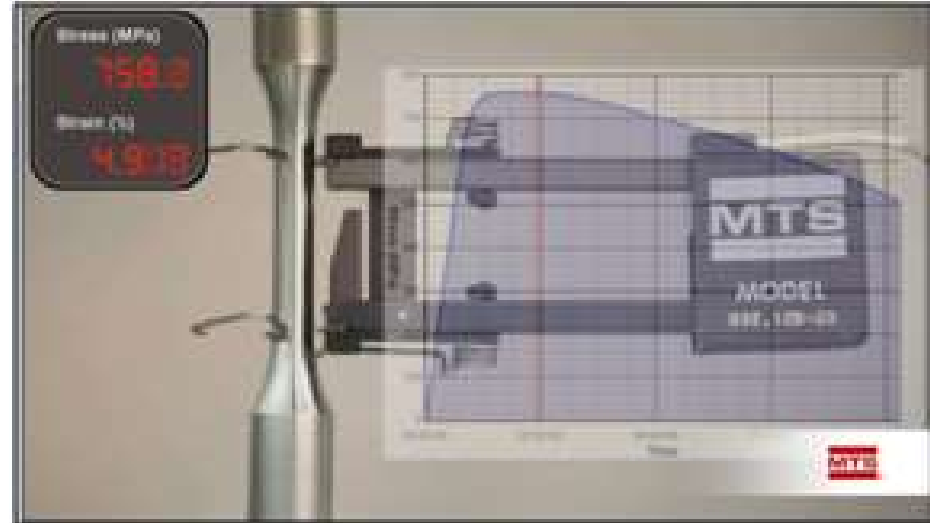
❑ *Von Mises gerilmesi*



# Mekanik bileşenlerin tasarım kriterleri:

## Mukamevet

- ☐ Mukamevet
- ☐ **Statik yükler** ve iş görmezlik durumu
  - ☐ Akma ve kopma mekanizması geçerli
- ☐ **Dinamik yükler** ve iş görmezlik durumu
  - ☐ Çatlak ilerlemesi ile aniden kopma gerçekleşir
  - ☐ Yorulma (fatigue)





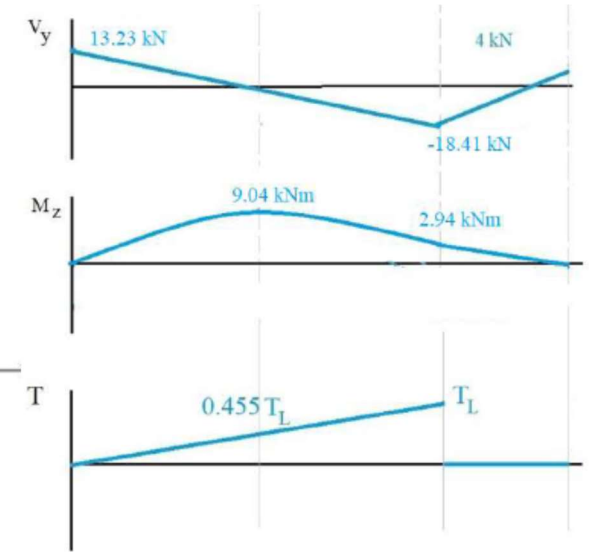
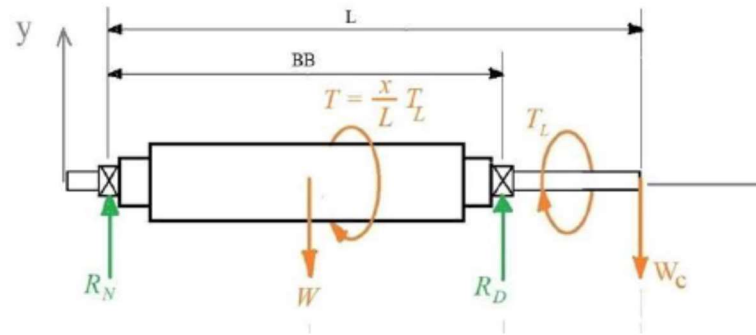
# Gerilme ve sehim için modelleme analiz yöntemleri

## Basit geometriye sahip bileşenler

## Analitik yöntemler

Mil

Cıvata



$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{s_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{s_y} \left[ 4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right) \quad (1)$$

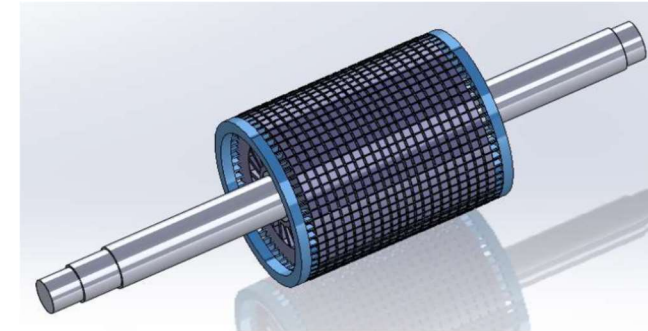
$s_e$  Değiştirilmiş Dayanıklılık sınırı

$s_y$  Akma gerilmesi

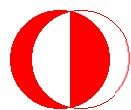
$K_f, K_{fs}$  Sırasıyla eğilme ve burulmadaki gerilme konsantrasyon faktörleri

$M_a, M_m$  Değişken ve Ortalama eğilme momentleri

$T_a, T_m$  Değişken ve Ortalama torkları



Maksimum çap (tasarım 866)	
DE'de yüklü mil (sadece kaplinin ağırlığı)	244 mm



# Gerilme ve sehim için modelleme analiz yöntemleri

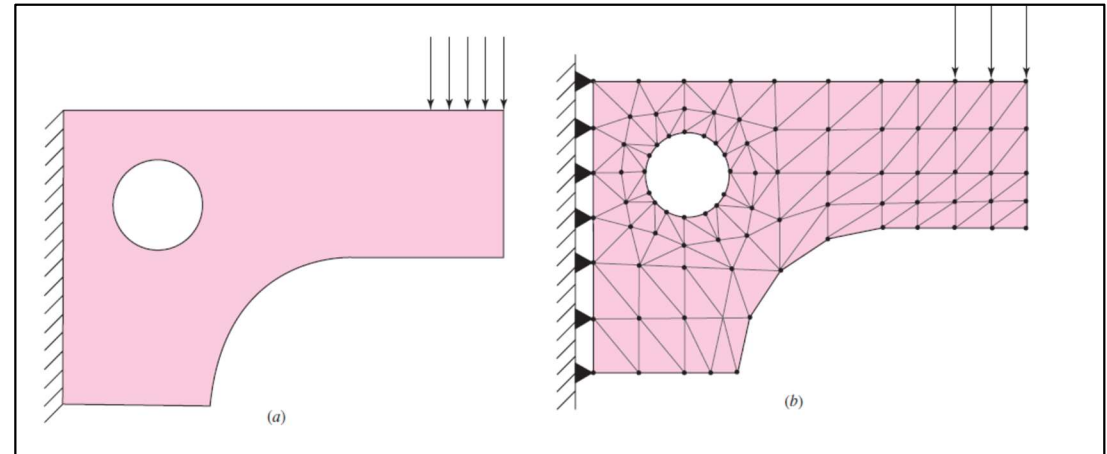
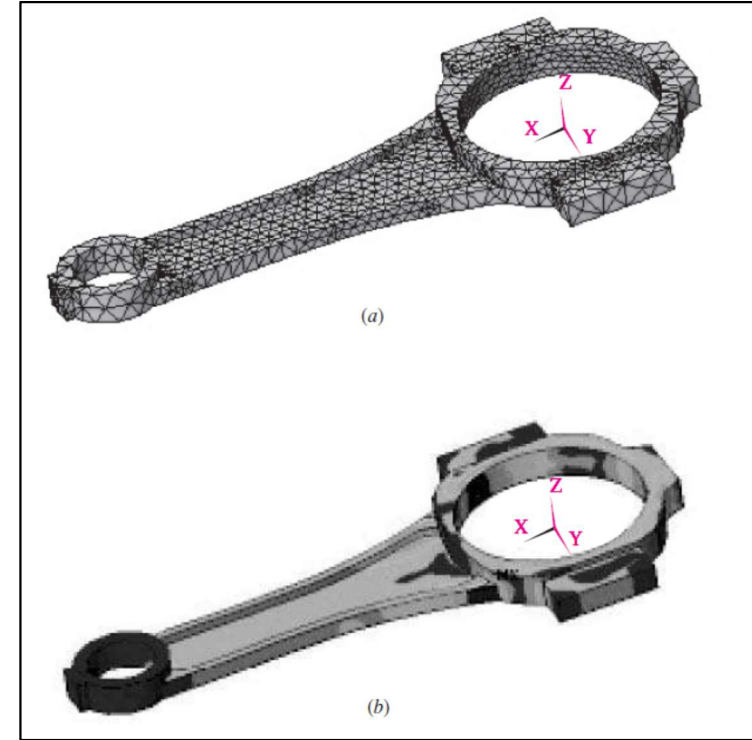
❑ Karmaşık geometriye sahip bileşenler

❑ Elastisite teorisinden **15x15 kısmi diferensiyel denklem** sistemi elde edilir.

❑ **Analitik çözüm** çoğu zaman **mevcut değil**.

❑ **Sonlu elemanlar yöntemi**

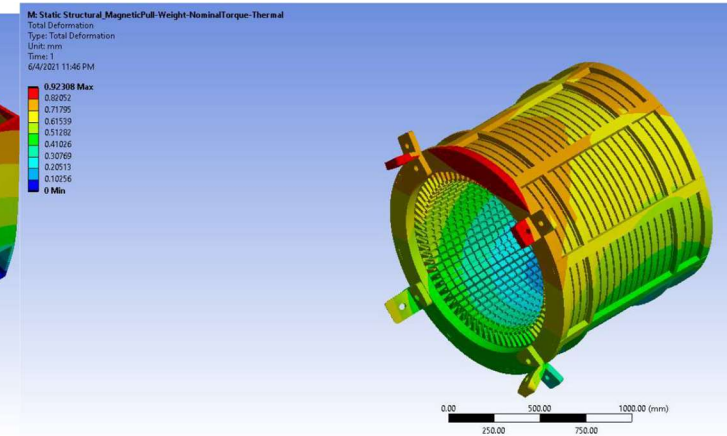
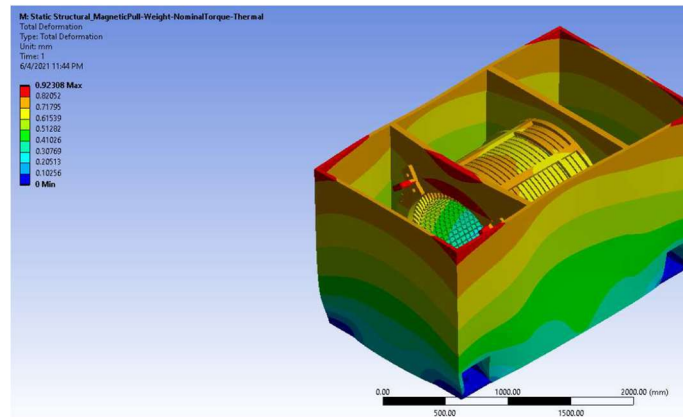
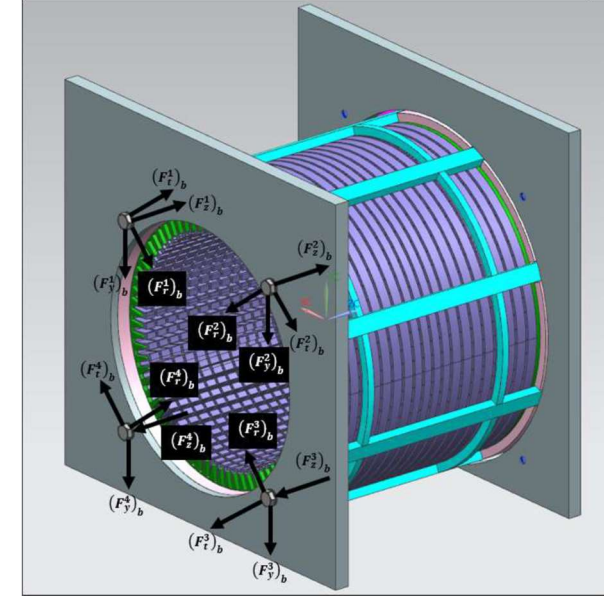
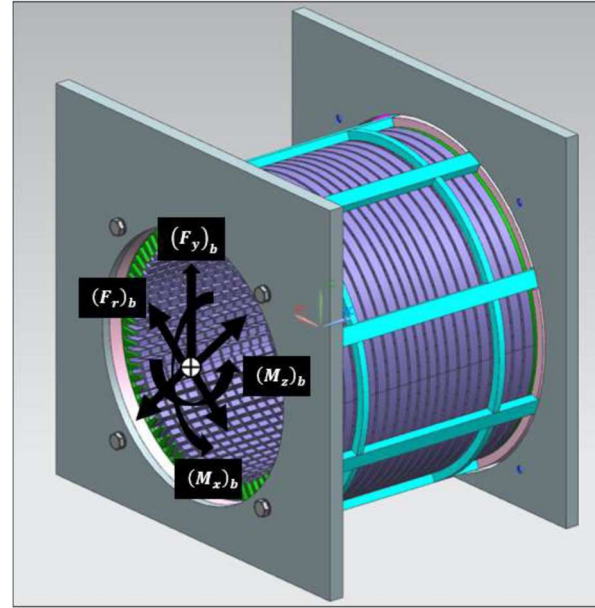
❑ Kısmi diferensiyel denklem çözümü için **sayısal bir yöntem**





# Gerilme ve sehim için modelleme analiz yöntemleri

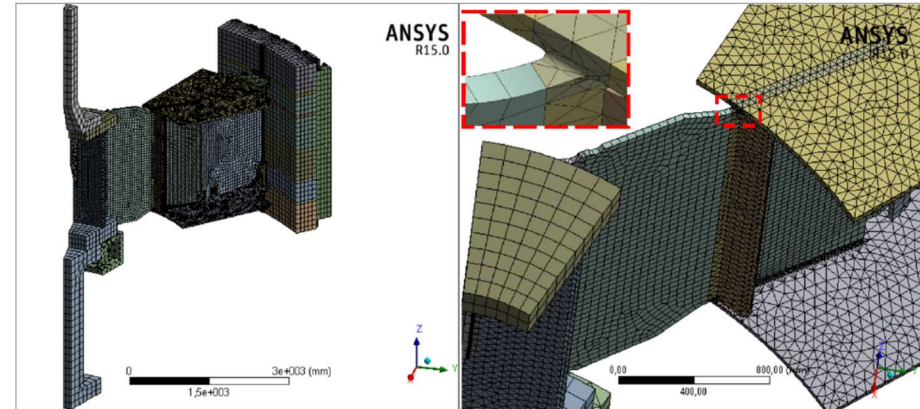
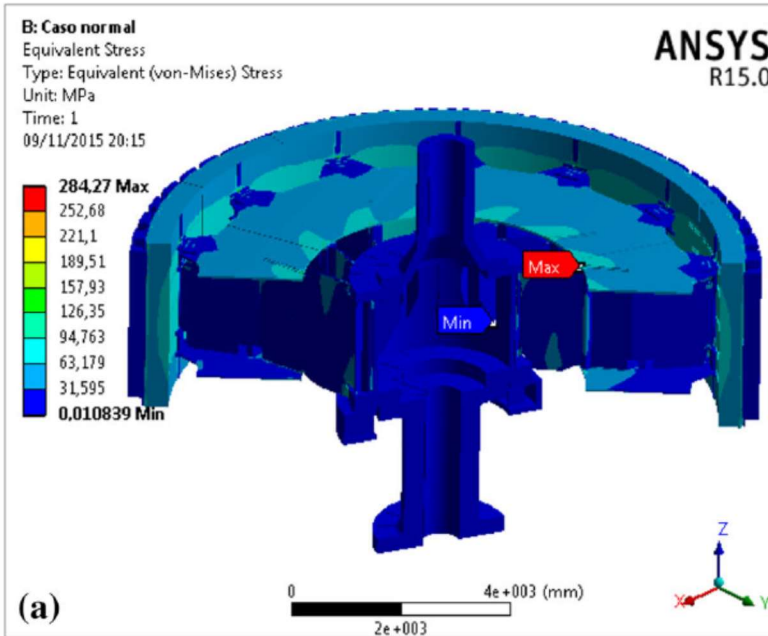
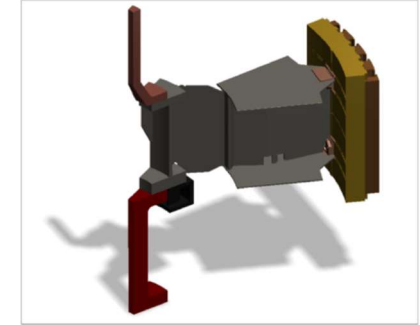
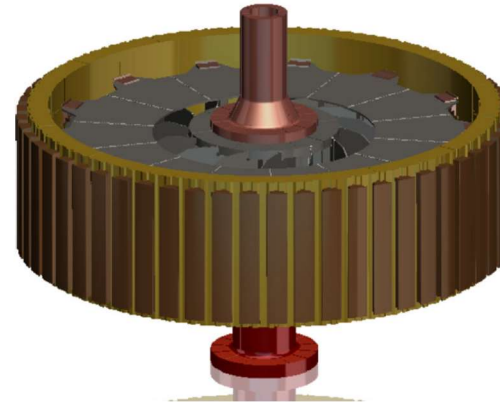
- ❑ Örnek sonlu elemanlar analizi
- ❑ **5 MW sincap kafes generatör** için gerilme ve sehim analizi
  - ❑ Manyetik, yerçekimi, ve termal yükler uygulandı.
  - ❑ Gerilmeler, bağlantı cıvatası yükleri ve deplasmanlar elde edildi ve incelendi.



# Gerilme ve sehim için modelleme analiz yöntemleri

## ❑ Örnek sonlu elemanlar analizi

## ❑ Rotor *yorulma* analizi



**Kaynak:** Putini, E.P.G., Silva, F.A. Fatigue life estimation in a hydrogenerator rotor with cracks using the finite element method. J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 40, 429 (2018).

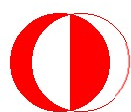
# Hidrogeneratör mekanik yükleme senaryoları

## ❑ **Stator Karkası**

- ❑ Manyetik yükler, termal yükler, ağırlık yükleri altında
  - ❑ Stator Karkasında oluşan sehimler ve gerilmeler
  - ❑ Stator kompleksi ile gövde arasındaki bağlantı elemanlarındaki oluşan yükler ve gerilmeler

## ❑ **Stator**

- ❑ Manyetik yükler, termal yükler, ağırlık yükleri altında
  - ❑ Stator nüvesinde oluşan sehimler ve gerilmeler
  - ❑ Stator sargılarında oluşan sehimler ve gerilmeler



# Hidrogeneratör Mekanik Yükleme Senaryoları

## ❑ Rotor

- ❑ Manyetik yükler, termal yükler, ağırlık yükleri, dönme kaynaklı dinamik yükler altında
  - ❑ Nüvelerde oluşan sehimler ve gerilmeler
  - ❑ Alt bileşenler arası arayüzlerde oluşan sehimler ve gerilmeler

## ❑ *Nüvelerin ön yükleme işlemlerinin simüle edilmesi*

- ❑ Laminasyonlarda oluşan baskı gerilmelerinin kestirimi
- ❑ Baskı çubuklarında oluşan gerilmeler
- ❑ Baskı çubuklarına uygulanacak torkların tespiti

