

MAKAS KÖPRÜ (TRUSS BRIDGE) MÜHENDİSLİĞİ

Geliştirici: Mehmet TÜRK

Hedef Kitle: Ortaokul (6, 7, 8. Sınıf)

Süre: 4 Ders Saati (40 dk x 4 = 160 Dakika)

Tema: Ulaştırma ve İnşaat Mühendisliği, Yapısal Statik, Kuvvet Dağılımı

Yöntem ve Model: 5E Öğrenme Modeli & STEM Tasarım Döngüsü

1. AKADEMİK ODAK KAZANIMLAR (Disiplinler Arası)

- Fen Bilimleri (Science):** Katı malzemeler üzerine binen germe (tension) ve sıkışma (compression) kuvvetlerini açıklar. Kuvvetlerin yönünü ve büyüklüğünü yapısal elemanlar üzerinde analiz eder. Malzeme mukavemetinin yapı ömrüne etkisini kavrar.
- Teknoloji (Technology):** Katmanlı imalat (3D yazıcı) konektörlerinin modüler inşaat ve hızlı prototipleme süreçlerindeki esnekliğini ve standardizasyon avantajlarını değerlendirir.
- Mühendislik (Engineering):** Belirlenen kriter ve kısıtlar (açıklık, malzeme sınırı, yapıştırıcı yasağı) çerçevesinde Warren, Pratt veya Howe makas modellerinden birini seçerek köprü prototipi geliştirir. Sistemi en yüksek taşıma kapasitesine ulaştıracak şekilde optimize eder.
- Matematik (Mathematics):** Köprünün açıklık (span) mesafesini ölçer. Açısal dengeleri hesaplar. Köprünün performansını belirlemek için veri tabanlı *Verimlilik Endeksi* formülünü uygular.

STEM İçerik Merkezi

2. MÜHENDİSLİK SENARYOSU, KRİTERLER VE KISITLAR

Senaryo: "Kanyon Vadisi" iki yakası arasında ulaşımı sağlamak amacıyla yeni bir tren yolu köprüsü inşa edilecektir. Çevre bakanlığı, vadi tabanına direk dikilmesini (doğal yaşama zarar vermemek adına) yasaklamıştır. Mühendislik takımlarınızdan beklentisi; iki yaka (iki masa) arasındaki boşluğu tek seferde geçebilen, minimum malzeme kullanan ancak üzerine binen tonlarca ağırlığı vadi duvarlarına başarıyla aktaran bir makas (truss) köprü tasarlamaktır.

TASARIM (Zorunluluklar)	KRİTERLERİ	TASARIM KISITLARI (Sınırlar)
1. Köprü, iki masa arasında belirlenen en az 40 cm'lik açıklığı (span) kesintisiz geçmelidir.	1. Yapıştırıcı, bant, silikon, ip veya sabitleyici kullanımı tamamen yasaktır.	
2. Köprünün tam ortasından sarkıtılacak test kovalasına konulacak yükü (su/kum) taşıyabilmelidir.	2. Tüm birleşimler yalnızca image.png görselindeki dikey, yatay ve açılı 3D konektörlerle yapılmalıdır.	
3. Köprü gövdesi tren geçişine uygun düz bir hat (taban yolu) barındırmalıdır.	3. Takım başına malzeme: Maksimum 80 adet ahşap dil çubuğu ve 30 adet karma konektör.	

3. 5E MODELİ ADIM ADIM UYGULAMA YÖNERGESİ

A. GİRME (Engage) – [Süre: 20 Dakika]

- **Öğretmen Söylemi ve Rolü:** Öğretmen sınıfa iki adet ince kağıt şerit getirir. Şeritlerden birini dümdüz iki kitap arasına koyar ve üzerine bir silgi bırakır (kağıt hemen çöker). İkinci kağıdı ise akordeon gibi zikzaklar (üçgenler) oluşturacak şekilde katlayıp kitapların arasına koyar ve üzerine silgiyi, hatta birkaç kalemi bırakır (kağıt taşır).
- **Sınıf İçi Soru Yönelme Stratejisi (Öğretmen Söylemi):**
 - "Geleceğin inşaat mühendisleri, aynı kağıt, aynı ağırlık... Neden düz durduğunda bir silgiyi bile taşıyamayan bu malzeme, içine üçgenler gizlendiğinde devasa bir yüke kafa tutabiliyor?"
 - "Çevrenizde gördüğünüz dev vinçlerde, demiryolu köprülerinde veya çatı iskeletlerinde neden hep kare yerine üçgen geometriler kullanılır? Bu zikzakların arkasındaki gizli fiziksel kuvvet nedir?"
- **Öğrenci Çıktısı:** Öğrenciler geometrik şeklin malzemenin kaderini değiştirebileceğini, kuvvetin dağıtılma yöntemlerini sorgulamaya başlayarak problem durumuna odaklanırlar.

B. KEŞFETME (Explore) – [Süre: 40 Dakika]

- **Öğretmen Rolü:** Öğrencileri 4'er kişilik mühendislik takımlarına ayırır. Her takıma malzeme kitlerini (dil çubukları ve image.png görselindeki T, L, düz ve Y konnektörleri) dağıtır. İki masayı aralarında 30 cm boşluk kalacak şekilde konumlandırır.
- **Öğrenci Görev Yönergesi:**
 1. Takımınızla birlikte sadece düz konnektörler ve dil çubuklarını uç uca ekleyerek masalar arasında düz bir kiriş (hat) uzatın. Tam ortasına elinizle yukarıdan aşağıya doğru bastırın. Ne kadar esnediğini gözlemleyin.
 2. Şimdi elinizdeki 120 derecelik Y parçalarını ve T parçalarını kullanarak bu düz hattın üzerine dikey ve çapraz çubuklardan oluşan üçgen çatılar (zikzaklar) örün.
 3. Yapıyı tekrar masaların arasına koyun ve ortasına aynı kuvvetle bastırın. Esneme miktarındaki değişimi hissedin.
- **Keşif Yönlendirme Sorusu:** *"Düz hatta bastığınızda çubuklar bükülürken, üstüne üçgen kafes eklediğinizde kuvvet nereye gitti? Masanın köprüye değdiği temas noktalarında ne hissettiniz?"*

C. AÇIKLAMA (Explain) – [Süre: 30 Dakika]

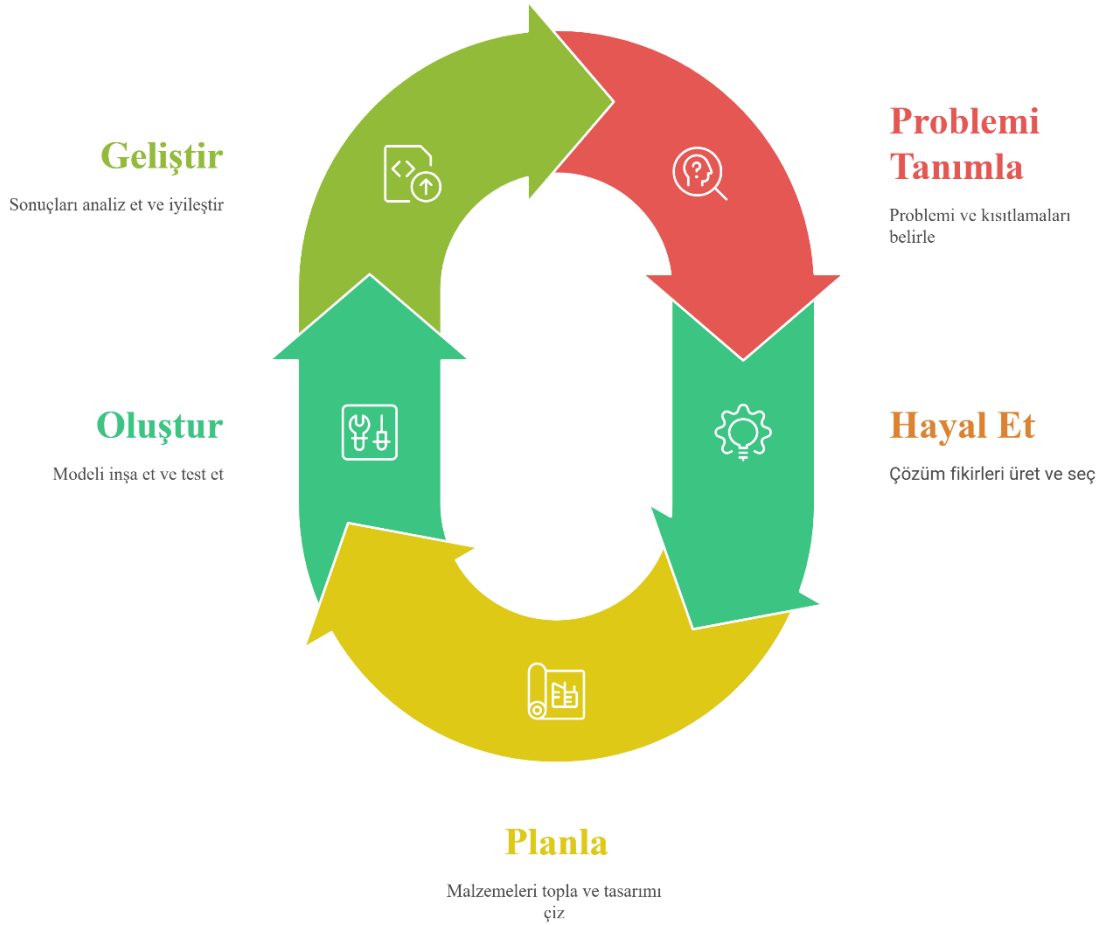
- **Öğretmen Rehberliğinde Bilimsel Yapılandırma:** Öğretmen öğrencilerin keşiflerini tahtaya çizerek iki temel kuvveti ve köprü modellerini açıklar.
- **Teknik ve Bilimsel Açıklamalar:**
 1. **Germe (Tension) ve Sıkışma (Compression):** Bir köprüye yukarıdan yük bindiğinde, köprünün üst kirişleri birbirine doğru itilir, yani *sıkışır (compression)*. Köprünün alt tabanındaki çubuklar ise zıt yönlerde doğru çekilir, yani *gerilir (tension)*. Makas köprülerin sırrı, bu iki kuvveti üçgenler yardımıyla masanın (yani vadi duvarlarının) üzerine basma kuvveti olarak aktarmasıdır.
 2. **Makas (Truss) Modelleri:** Öğretmen tahtaya 3 temel modeli çizer:
 - *Warren:* Sadece düz zikzak üçgenlerden oluşur. Ekonomiktir.
 - *Pratt:* İçindeki diagonal (çapraz) çubuklar merkeze doğru "V" şeklindedir. Çaprazlar germeye çalışır.
 - *Howe:* Çapraz çubuklar dışa doğru "A" şeklindedir. Çaprazlar sıkışmaya çalışır.
 3. **Konnektör Analizi :** Setinizdeki T ve düz konnektörler köprünün alt ve üst ana taşıyıcı hatlarını (chord) düzgünce kurmanızı sağlar. Yan duvarlardaki ve tavan desteklerindeki çapraz bağları, Warren veya Pratt modellerine uygun açılarla kenetlemek için ise 120 derecelik Y parçaları açığı daraltmak veya genişletmek için optimize edilir.

D. DERİNLEŞTİRME (Elaborate) – [Süre: 55 Dakika]

- **Mühendislik Tasarım Döngüsünün İşletilmesi:**

1. **Model Seçimi ve Teknik Çizim (10 dk):** Takımlar kağıt üzerinde vadiyi geçecek köprü planını çizerler. Takım kararıyla Warren, Pratt veya Howe modellerinden birini seçerler. Alt tabandaki düz hattı T ve düz konektörlerle nasıl kuracaklarını, Y parçalarını nereye yerleştireceklerini şemalandırırlar.
2. **Prototip İnşası (35 dk):** Takımlar çizimlerine uygun olarak iki adet paralel yan duvar (makas duvarı) inşa ederler. Ardından bu iki duvarı üstten ve alttan enlemesine dil çubuklarıyla birleştirerek köprüye 3 boyutlu bir hacim kazandırır. Köprünün tam ortasına test kancasının takılacağı güçlü bir T konektör yerleştirirler.
3. **Zayıf Nokta Optimizasyonu (10 dk):** Köprü iki masa arasına (40 cm açıklığa) yerleştirilir. Takımlar yapıyı burulma ve esnemeye karşı el yardımıyla test eder; zayıf gördükleri bölgelere ek çapraz kirişler atarak yapıyı kilitlerler.

Mühendislik Tasarım Süreci Döngüsü



E. DEĞERLENDİRME (Evaluate) – [Süre: 15 Dakika]

- Büyük Final - Yük ve Verimlilik Testi:**

- Testten önce her takımın köprüsü hassas terazide tartılır ve köprünün kendi kütlesi ($m_{\text{köprü}}$) gram cinsinden kaydedilir.
- Köprü 40 cm aralıklı masaların arasına konur. Tam ortasındaki konektörden aşağıya bir kanca yardımıyla boş bir kova asılır.
- Kovaya kademeli olarak su veya kum eklenir. Köprü kırılana veya masadan düşene kadar yükleme devam eder. Taşıdığı son ağırlık ($m_{\text{yük}}$) kaydedilir.

- Matematiksel Verimlilik Hesabı:** Takımlar köprülerinin mukavemet başarısını şu formülle hesaplar:

Değerlendirme Alanı	Mükemmel (4 - 5 Puan)	Kabul Edilebilir (2 - 3 Puan)	Geliştirilmeli (0 - 1 Puan)
Verimlilik ve Taşıma	Köprü kendi ağırlığının en az 20 katını taşıdı; kuvvet dağılımı mükemmel çalıştı.	Köprü kendi ağırlığının 10-19 katı arasında yük taşıdı, erken esneme ve kırılma yaşandı.	Köprü kendi ağırlığının 10 katından az yük taşıdı veya boş kovayı asarken çöktü.
Kısıtlar ve Ölçüler	Açıklık ≥ 40 cm, bütçe sınırları aşılmadı, kesinlikle yapıştırıcı/bant kullanılmadı.	Köprü masaya ucu ucuna yetti, malzeme sınırları tam bitti ancak kısıtlara riayet edildi.	Köprü boyu 40 cm'den kısa kaldı veya mukavemet için gizlice yapıştırıcı elemanlar kullanıldı.
Makas Mimarisi Bilgisi	Warren, Pratt veya Howe modellerinden biri kusursuz uygulandı; Y ve T parçalar amacına uygun kilitlendi.	Belirli bir makas modeli hedeflenmiş ancak çubuk açıları tam ayarlanamadığı için karma bir yapı oluşmuş.	Herhangi bir mühendislik modeli veya üçgenleme mantığı yok; çubuklar rastgele birleştirilmiş.

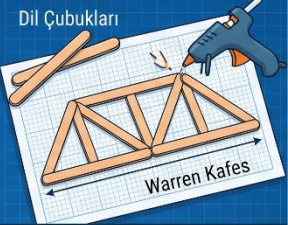
4. ÖRNEK PROTOTİP MİMARİSİ VE YAPI ŞEMASI

STEM DERS PLANI: MAKAS KÖPRÜ (TRUSS BRIDGE) MÜHENDİSLİĞİ

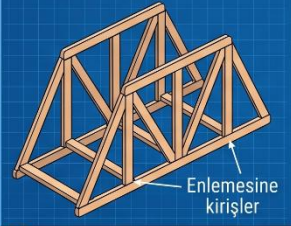
MONTAJ KILAVUZU



1 PLAN VE TASARIM



2 YAN PANELLERİN İNŞASI

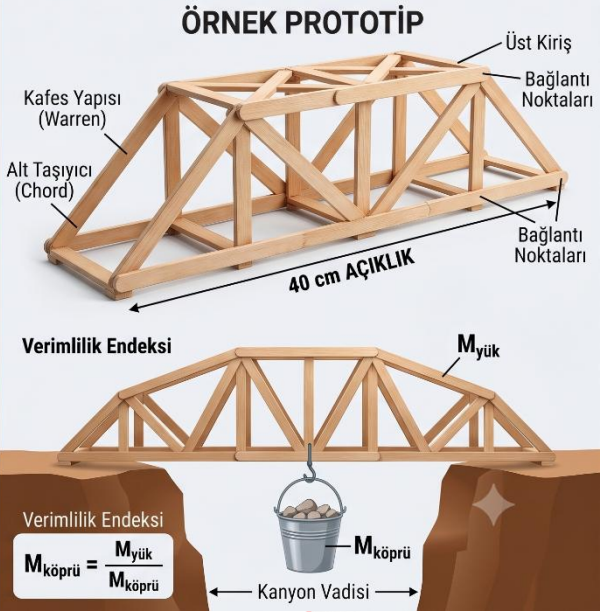


3 ENLEMESİNE BİRLEŞTİRME



4 ÜST DESTEKLER VE SONLANDIRMA

ÖRNEK PROTOTİP



Verimlilik Endeksi

$$M_{köprü} = \frac{M_{yük}}{M_{köprü}}$$

Kanyon Vadisi

Montaj Tüyosu: Köprünün sağ ve sol iki ana duvar örgüsünü bitirdikten sonra, bu iki duvarı üstten ve alttan enlemesine çubuklarla birbirine bağlayarak "kutu kesit" elde edin. Kutusal (3 boyutlu) köprüler, yanlardan gelebilecek rüzgar ve burulma (torsion) etkilerine karşı tek katmanlı duvarlara göre 5 kat daha dayanıklıdır.