

HİDROLİK LABORATUVARI

Hidrolik Labotatuvarında genel olarak; boru hidroliği, açık kanal akımı, yanal akımlar, hidrolik yapılarda oyulma, sediment taşınımı, su jeti, havalandırma ve oksijen transferi, debi tahmin yöntemleri ve sel ve taşkın konularında deneyler yapılır. Laboratuvardaki geniş ve farklı eğimlere sahip kanallar, gerçek dünyadaki nehir ve kanal sistemlerini modelleyerek hem temel prensipleri öğretmeye hem de karmaşık hidrolik yapı ve akış olaylarını araştırmaya hizmet eder.

CİHAZLAR ve DENEY SETLERİ

1. Bernoulli Teoremi Deney Seti veya Akışkan Sürekliliği ve Enerji Kaybı Deney Düzeneği

Şekil 1’de görülen deney seti, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında yaygın olarak kullanılan bir **Bernoulli Teoremi Deney Seti** veya **Akışkan Sürekliliği ve Enerji Kaybı Deney Düzeneği**’dir. Bu deney seti, **Bernoulli Denklemi**’nin uygulamalarını göstermek ve akışkan hareketinde meydana gelen **enerji kayıplarını** incelemek için tasarlanmıştır. Söz konusu deney seti, bu prensipleri görsel ve ölçülebilir bir şekilde kanıtlamak için çeşitli kısımlardan oluşmaktadır:

- **Deney Borusu (Ventürimetre veya Daralan-Genişleyen Kesitli Boru):**
 - Cihazın merkezinde yer alan, kesit alanı yavaşça daralan ve sonra tekrar genişleyen şeffaf bir boru (genellikle **ventürimetre** şeklinde) bulunur.
 - Bu boru, kesit alanının azaldığı bölgelerde (boğaz), Bernoulli ilkesine göre akış hızının artmasına ve dolayısıyla **basıncın düşmesine** neden olur.
- **Manometre Dizisi (Piezometreler):**
 - Deney borusu üzerine, borunun farklı kesitlerine (daralma öncesi, boğaz ve genişleme sonrası) bağlanan ince dikey borular (piezometreler) veya tüplerden oluşan bir dizi bulunur.
 - Bu tüplerdeki su seviyeleri, borunun ilgili noktasındaki **statik basınç yüksekliğini** (basınç yükünü) doğrudan gösterir. Farklı seviyeler, Bernoulli ilkesine göre kesit alanındaki değişime bağlı olarak basınç değişimini görselleştirir.
- **Su Besleme ve Toplama Tankı (Ana Ünite):**
 - Cihazın alt kısmındaki büyük, gri renkli tank, suyun depolandığı ve deney borusuna beslendiği ana üniteyi oluşturur.
 - Bir pompa (genellikle tankın içinde veya arkasında) suyu deney borusuna pompalar.
- **Ayarlama ve Kontrol Valfleri:**
 - Akışkanın debisini ayarlamak ve dolayısıyla boru içindeki hızı ve basıncı kontrol etmek için vanalar kullanılır.

Öğrenciye Sağladığı Katkılar

Bu deney setinde öğrenciler, **hız yükü** ($V^2/2g$), **basınç yükü** ve **toplam enerji yükü** (Bernoulli çizgisi) kavramlarını deneysel olarak inceler.

- **Görselleştirme:** Akışın kesit alanı değıştikçe manometrelerdeki su seviyelerinin (basınç yüklerinin) nasıl değıştiğini gözlemlenir.
- **Ölçüm:** Borunun farklı noktalarındaki basınç yükleri ölçülerek Bernoulli denkleminin geçerliliği test edilir.
- **Kayıplar:** Sürtünme ve yerel dirençlerden (daralma/genişleme) kaynaklanan **toplam enerji kaybı** (yük kaybı) hesaplanır. Gerçek akışkanlarda sürtünme nedeniyle toplam enerji hattının eğimli olduğunu gösterir.

Bu sayede teorik olarak öğrenilen **akışkanlar mekaniği** ve **hidrolik prensipleri**, uygulamalı olarak pekiştirilmiş olur.



Şekil 1. Orifis ve jet yörüngesi belirleme deneyi

2. Hidrolik Kanal

Şekil 2’de görülen deney düzeneği, bir **Açık Kanal Hidrolik Deney Düzeneği** veya yaygın adıyla bir **Hidrolik Kanal (Tilting Flume)** setidir. Bu tür setler, **açık kanal akımı** (yani, suyun atmosfer basıncına açık bir serbest yüzeye sahip olduğu akımlar-nehirler, kanallar, savaklar vb.) ile ilgili hidrolik prensipleri ve yapıları incelemek için tasarlanmıştır. **Temel Amaç:** Açık kanal hidroliğinin temel kavramları olan **üniform akım**, **değişken akım**, **kritik akım**, **hidrolik sıçrama (hydraulic jump)**, **savak (weir)**, **bent (dam)** ve **köprü ayağı** gibi yapıların etkilerini deneysel olarak gözlemlemek ve ölçümlemek.

Bu deney seti, bir açık kanal akım ortamını simüle eden ana parçalardan oluşur:

1. Deney Kanalı (Flume):

- Bu cihazın en kritik parçasıdır ve genellikle şeffaf yan duvarlara (fotoğrafta yan tarafların koyu renkte olduğu görülüyor, ancak deney alanı cam/pleksiglass olabilir) sahiptir.

- Kanalın içine farklı modeller (savaklar, engeller) yerleştirilerek akımın davranışları incelenir.

2. Su Deposu (Rezervuar):

- Fotoğrafta üstte gördüğünüz, gri ve büyük dikdörtgen tank, deneyler için gerekli olan suyun depolandığı ve pompalandığı ana rezervuardır.

3. Pompa ve Akış Kontrol Sistemi:

- Rezervuardaki suyu kanala pompalamak ve akışkanın debisini (akım miktarını) ayarlamak için bir pompa sistemi mevcuttur.
- Fotoğrafın alt kısmında, kırmızı bir kapak içinde yer alan büyük, silindirik bir boru veya filtreleme/kontrol ünitesi ve bununla ilişkili bir elektrik motoru/pompa ünitesi (koyu renkli) görülebilir. Bu ünite, muhtemelen **debi ölçümü** ve **akım kontrolünü** sağlamaktadır.

4. Ayarlanabilir Eğim Mekanizması (Tilting Mechanism):

- Fotoğraftan tam belli olmasa da, bu tür gelişmiş hidrolik kanallar genellikle **eğimli (tilting)** olarak tasarlanır. Bu, kanalın bir ucunun dikey olarak hareket ettirilerek kanal yatağının eğiminin değiştirilebilmesi anlamına gelir. Bu sayede farklı kanal eğimlerindeki (farklı yatak eğimi) akım koşulları (üniform akım derinliği, akım hızı) incelenebilir.

5. Taşıyıcı ve Tekerlekler:

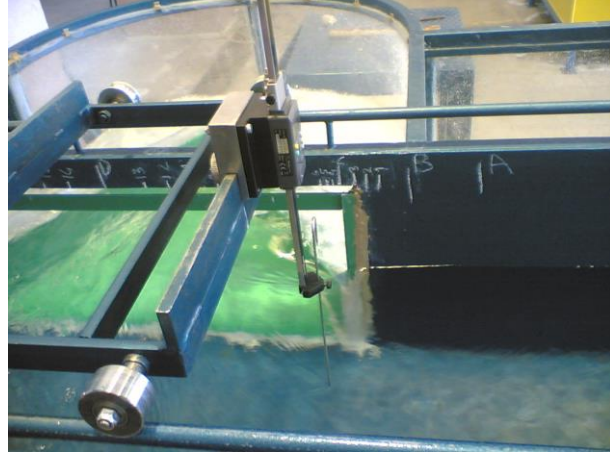
- Cihaz, mobilite sağlamak için tekerlekli sağlam bir metal iskelet üzerine monte edilmiştir.

Öğrenciye Sağladığı Katkılar

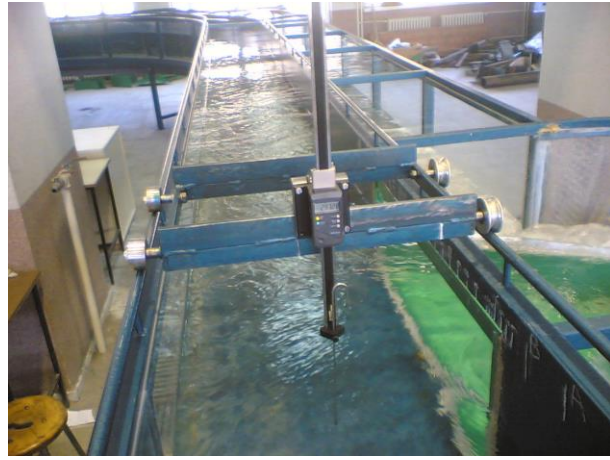
Bu cihaz, hidrolik derslerinde teorik olarak öğrenilen kavramların pratiğe dökülmesini sağlar:

- **Manning Formülü:** Farklı eğimlerde ve debilerde üniform akım derinliğini ölçmek ve Manning pürüzlülük katsayısı değerini deneysel olarak belirlemek.
- **Hidrolik Sıçrama:** Süperkritik (hızlı) akımın, subkritik (yavaş) akıma dönüştüğü **hidrolik sıçrama** olayını gözlemlemek ve bu sıçramadaki enerji kaybını hesaplamak.
- **Savak ve Bentler:** Farklı tipteki savakların (örneğin, dik, üçgen, geniş tepeli) akım üzerindeki etkilerini ve debi-yük ilişkilerini incelemek.
- **Enerji ve Momentum Denklemleri:** Açık kanal akımının temel prensiplerini deneylerle doğrulamak.

Bu cihaz, inşaat mühendisliği öğrencilerinin **hidrolik yapılar** ve **su kaynakları mühendisliği** konularında derin bir anlayış geliştirmesi için vazgeçilmez bir araçtır.



(a)



(b)

Şekil 2. Kanal üzerinde yürüyen araba ile su seviye ölçümü

3. Yeraltı Suyu ve Sızma Deney Seti (Groundwater and Seepage Apparatus) veya Süzülme Deney Düzenegi'dir

Şekil 3'te, diğer hidrolik laboratuvar ekipmanlarından farklı bir amaca hizmet eden, bir **Yeraltı Suyu ve Sızma Deney Seti (Groundwater and Seepage Apparatus)** veya **Süzülme Deney Düzenegi**' görülmektedir. Cihazın temel işlevi, **toprak mekaniği** ve **hidrolik** konularının kesişim noktasında yer alan, suyun gözenekli ortamlardaki (kum, çakıl gibi zeminler) hareketini incelemektir. Bu deney seti, özellikle zeminlerin su geçirgenliğini yani **permeabilitesini** belirlemek ve zemin içindeki **sızma (seepage)** akımını incelemek için kullanılır.

- **Permeabilite (Geçirgenlik):** Bir zeminin, suyun içinden ne kadar kolay geçtiğini gösteren temel bir mühendislik özelliğidir. İnşaat mühendisliğinde barajlar, setler ve temel kazıkları gibi yapılarda sızma hesapları için kritik öneme sahiptir.
- **Sızma:** Zeminin içinden suyun hareket etmesi olayıdır.

Bu cihazın çalışması, gözenekli bir ortamdaki akış hızını tanımlayan temel yasa olan **Darcy Kanunu**'na dayanır. Deney seti, iki ana tank ve dikey bir deney hücresinden oluşur:

1. Su Tankları (Rezervuarlar):

- Fotoğrafta sağda ve solda gördüğünüz iki büyük gri tank (rezervuar), deney için suyun depolandığı ve beslendiği yerlerdir.
- Bu tankların üzerindeki **dikey göstergeler (seviye ölçerler)**, tanklardaki su yüksekliğini izlemeye yarar. Bu seviye farkları, sızma akışını sağlayan **hidrolik eğimi** oluşturur.

2. Dikey Deney Hücresi (Permeametre):

- İki tankın ortasında, yüksek ve dar duran kısım, suyun içinden akacağı zemin numunesinin yerleştirildiği **permeametre hücresidir**.
- Bu hücre, genellikle kum veya çakıl gibi test edilecek zeminin konulduğu, su giriş ve çıkışları bulunan şeffaf bir bölümdür.

3. Manometreler (Piezometreler):

- Dikey hücrenin ön yüzeyinde (veya yanında) sıralanmış ince borular (önceki Bernoulli setindeki gibi) veya doğrudan hücreye bağlı basınç muslukları bulunabilir. Bunlar, zemin numunesinin farklı noktalarındaki **basınç yükünü** (piezometrik yüksekliği) ölçerek, zemin içindeki **hidrolik eğimin** nasıl değiştiğini belirlemeye yardımcı olur.

4. Kontrol ve Bağlantı Boruları:

- Tanklar ve deney hücresi arasındaki hortumlar, suyun akış yönünü ve debisini ayarlamak için vanalar ve bağlantılar içerir.

Öğrenciye Sağladığı Katkılar

Bu cihaz ile öğrenciler şu deneyleri yapabilir:

- **Sabit Seviyeli Permeabilite Deneyi (Constant Head Permeability Test):** İnce taneli olmayan (kum, çakıl gibi) zeminlerin geçirgenlik katsayısı (k) belirlenir. Bu, su seviyesi farkı (Δh) sabit tutularak yapılır.
- **Düşen Seviyeli Permeabilite Deneyi (Falling Head Permeability Test):** Bu düzeneğin biraz farklı bir konfigürasyonu, ince taneli (silt, kil) zeminlerin geçirgenlik katsayısı da belirlenebilir (ancak gösterilen set daha çok sabit seviyeli teste uygundur).
- **Sızma Ağı (Flow Net) İncelemesi:** Daha gelişmiş setlerde, farklı bariyerler (örneğin kil çekirdek) etrafındaki sızma yolu ve **kayıp çizgisi** gözlemlenerek zemin içindeki akış ağı (flow net) prensipleri incelenebilir.

Bu cihaz, özellikle geoteknik ve su kaynakları mühendisliği alanlarında **zemin-su etkileşimi** konularını anlamak için çok önemlidir.



Şekil 3. Yerel kayıpların belirlenmesi deneyi

4. Debimetre (akış ölçer)

Şekil 4'teki cihaz, inşaat mühendisliği veya endüstriyel tesislerdeki hidrolik sistemlerde kullanılan, bir boru hattına monte edilmiş **Akış Ölçer (Flow Meter)**'dir. Cihaz **Siemens** marka **MAG 5000** serisi elektromanyetik bir akış ölçer (flowmeter)'dir. Bu cihazın temel amacı, boru hattından geçen **akışkanın hacimsel debisini** (birim zamanda geçen sıvı hacmini) **doğru ve güvenilir** bir şekilde ölçmektir. İnşaat mühendisliği uygulamalarında genellikle su arıtma tesislerinde, atıksu sistemlerinde, büyük pompaj istasyonlarında veya sulama sistemlerinde kullanılır.

Temel Bileşenleri

- **Sensör (Alt Kısım):** Boru hattına flanşlarla bağlanan ve elektromanyetik alan ile elektrotları içeren kısımdır. Akışkan bu kısımdan geçer.
- **Dönüştürücü/Gösterge Ünitesi (Üst Kısım):** Beyaz ve turkuaz renkli, dijital ekran ve tuş takımı bulunan kısımdır.
 - **İşlev:** Elektrotlar tarafından algılanan küçük voltaj sinyalini işler, debi değerine dönüştürür ve ekranda görüntüler. Ayrıca veri çıkışı (4-20 mA, Modbus, Profibus vb.) sağlayarak bu verilerin kontrol sistemlerine (PLC/SCADA) aktarılmasını sağlar.

Avantajları

Elektromanyetik akış ölçerler, hidrolik sistemlerde birçok avantaja sahiptir:

- **Düşük Basınç Kaybı:** Boru içinde hareket eden parça veya engeller olmadığı için akışa direnç göstermez ve neredeyse **sıfır basınç kaybı** yaratır.
- **Yüksek Doğruluk:** Genellikle yüksek hassasiyetle (tipik olarak %0,5 civarında) ölçüm yaparlar.
- **Geniş Uygulama Alanı:** Çok kirli veya katı partikül içeren (çamurlu su, atıksu) akışkanlarda dahi güvenilir ölçüm yapabilirler.

- **Çift Yönlü Ölçüm:** Akışkanın her iki yöndeki hareketini de ölçebilirler.

Bu cihaz, akışkanların dinamiklerini inceleyen deneysel laboratuvar cihazlarının aksine, **gerçek operasyonel sistemlerde** akış kontrolü ve izlemesi için kullanılan bir saha ölçüm aracıdır.



Şekil 4. Elektromanyetik debimetre

5. Su jeti ve Taban Morfolojisi Deney Kanalı

Şekil 5'teki büyük ölçekli deney seti, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında (özellikle su kaynakları ve kıyı mühendisliği alanlarında) çok özel deneyler için kullanılan bir **Sediment (Katı Madde) Taşınımı ve Morfoloji Deney Kanalı (Sediment Transport Flume)**'dur. Önceki Açık Kanal Deney Düzeneği'nin (Tilting Flume) aksine, bu cihazın odak noktası suyun kendi akım özelliklerinden ziyade, suyun kanal tabanındaki **kum, çakıl gibi katı maddeleri (sediment) nasıl hareket ettirdiğini** incelemektir. Bu deney düzeneği, nehir yataklarında, kıyı bölgelerinde veya su yapılarının (barajlar, menfezler) altındaki erozyon ve birikme süreçlerini laboratuvar ortamında simüle etmek için kullanılır. **Temel Amaç:** Akım hızı, su derinliği ve taban malzemesinin özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan **sediment taşınım mekanizmalarını** (yatak yükü, askı yükü) ve **yatak morfolojisi değişimlerini** (kum tepeleri, erozyon çukurları) incelemektir.

Temel Bileşenleri

1. Deney Bölümü (Kanal):

- Fotoğrafın merkezinde yer alan, yan duvarları şeffaf (genellikle cam veya pleksiglass) olan ana kısımdır.
- Bu bölümün tabanına, deney malzemesi olan **sediment (kum veya çakıl)** serilmiştir. Bu, doğal bir nehir yatağını veya deniz tabanını simüle eder.

2. Su Besleme ve Toplama Sistemi:

- Geniş, sarı renkli alt tank, suyun depolandığı ana rezervuardır.
- Sistem, suyu borular ve bir pompa yardımıyla deney kanalına besler. Fotoğrafın sol tarafında bir vana ve boru bağlantıları görülmektedir.

3. Hassas Ölçüm Köprüsü ve Problar:

- Kanalin üzerinde, dikey metal çubuklarla desteklenmiş siyah bir üst konstrüksiyon (köprü) bulunmaktadır.
- Bu köprü üzerinde, tabandaki sediment seviyesindeki ve su yüzeyindeki değişimleri yüksek hassasiyetle ölçmek için kullanılan **nokta seviye ölçerler (point gauges)** veya gelişmiş **hız probları** (Piton tüpleri gibi) hareket ettirilir.

4. Akış Düzenleyiciler:

- Kanalin girişinde (veya çıkışında), akışın kanal boyunca düzgün (türbülanssız) dağılmasını sağlamak için kullanılan yapılar (delikli plakalar, ızgaralar) bulunur.

Öğrenciye Sağladığı Katkılar

Bu deney setinde öğrenciler, **hidrolik** ve **zemin mekaniği** bilgilerini birleştirerek şu konuları incelerler:

- **Kritik Kayma Gerilmesi (τ_c):** Akımın, sediment parçacıklarını hareket ettirmeye başladığı minimum kayma gerilmesini deneysel olarak bulmak.
- **Sediment Taşınım Hızı:** Farklı akım koşullarında ne kadar katı maddenin (kum/çakıl) taşındığını ölçmek.
- **Yatak Formasyonları:** Akım hızı arttıkça düz bir yataktan **kum tepelerine (dunes)**, **antidunes** veya **düz yatak** gibi farklı morfolojilerin nasıl oluştuğunu gözlemlemek.
- **Yerel Erozyon:** Köprü ayakları veya diğer hidrolik yapılar etrafındaki **oyulma (scour)** derinliğini ve mekanizmasını incelemek.

Bu cihaz, **nehir ve kıyı mühendisliği**, **liman tasarımı** ve **çevre hidroliği** konularında uygulamalı araştırma ve eğitim için hayati öneme sahiptir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 5. Su jeti deney düzeneği

6. Basıncı Depo (Sump/Reservoir) veya bir Deney Tankı

Şekil 6'da büyük dikey yapı, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında (özellikle pompa ve akış sistemleri deneyleri için) hayati öneme sahip olan bir **Basıncı Depo (Sump/Reservoir)** veya bir **Deney Tankı**'nın parçasıdır. Bu tank, tek başına bir deney seti olmaktan ziyade, laboratuvardaki diğer hidrolik deney düzeneklerine (Bernoulli Seti, Açık Kanal vb.) su sağlamak ve onlardan gelen suyu toplamak için kurulan **merkezi su dolaşım sisteminin** en büyük bileşenidir. Bu dikey, yüksek kapasiteli tank, laboratuvarın **hidrolik devreleri** için gerekli olan suyun depolanması ve pompa sistemine beslenmesi işlevini görür. **Temel Amaç:** Deneyler sırasında suyun sürekli ve kontrollü bir şekilde hareket etmesini sağlamak. Hidrolik laboratuvarlarında su, genellikle bir kapalı döngü sistemi içinde dolaştırılır.

1. **Depolama:** Su bu tankta depolanır.
2. **Besleme:** Tanktan alınan su, bir pompa yardımıyla deney düzeneğine (kanal, boru hattı vb.) gönderilir.
3. **Toplama:** Deney düzeneğinden çıkan su, borular aracılığıyla tekrar bu tanka geri döner.

Temel Bileşenleri ve İşlevleri

1. Depo Gövdesi:

- Yüksek ve dikey tasarlanmıştır. Bu tasarım, genellikle zemin alanından tasarruf etmek ve potansiyel enerji (basınç) sağlamak için tercih edilir.

2. Pompa Sistemi (Arka Planda):

- Tankın hemen arkasında, mavi renkli büyük bir **santrifüj pompa** (veya pompalar) görülmektedir.
- Bu pompa, depodan suyu çekerek boru hatlarına basar ve deney düzeneklerinde gerekli olan **enerjiyi** (basınç ve hız) sağlar.

3. Borulama ve Vana Sistemi:

- Pompanın çıkışında, akımı kontrol etmek için büyük bir **vana** (mavi kolu olan) ve kalın borular mevcuttur.
- Bu borular, basılan suyu farklı deney düzeneklerine yönlendirir.
- Tankın alt kısmında görünen küçük boru bağlantıları ve vanalar ise, tankın boşaltılması (drenaj) veya su seviyesinin hassas kontrolü için kullanılır.

4. Seviye Göstergesi (Muhtemel):

- Tankın yan yüzeyinde (fotoğrafta tam görünmese de) su seviyesini izlemek için şeffaf bir seviye gösterge borusu veya basit bir cetvel (görünürde dikey koyu bir metal destek var) bulunabilir.

Bu tank, hidrolik laboratuvarındaki tüm deneylerin çalışması için kritik öneme sahiptir. Özellikle şu amaçlara hizmet eder:

- **Sabit Su Beslemesi:** Büyük hacimli su sağlaması sayesinde, kısa süreli dalgalanmalar olmadan nispeten **sabit bir besleme basıncı ve debisi** elde etmeye yardımcı olur.
- **Basınç Enerjisi:** Tankın yüksekliği, pompanın ilk çalıştırma anları veya düşük debi durumlarında bile sisteme bir miktar **statik basınç (hidrolik yük)** sağlar.
- **Debi Ölçümü:** Bazı durumlarda, tanka giren veya tanktan çıkan suyun hacmindeki değişim, zamanla ölçülerek dolaylı yoldan **debi kalibrasyonu** için kullanılabilir.

Özetle, bu yapı, bir deney düzeneği olmaktan çok, laboratuvarın **enerji ve su kaynağı yönetim merkezi** olarak işlev görmektedir.



Şekil 6. Su tankı



Şekil 7. Üst tanka su basan motor+pompalar



Üst kattaki depo



Bodrum kattaki depo

Şekil 8. Hidrolik laboratuvarındaki tanklar

7. Pompa Test Düzeneği

Şekil 7’de sunulan düzenek, büyük bir **Pompa Test Düzeneği** veya **Pompa Deney İstasyonu**’nun bir parçasıdır. İnşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında, özellikle **pompa sistemleri, enerji transferi ve boru hattı hidroliği** konularını incelemek için kullanılır. Bu düzenek, **santrifüj bir pompanın** performansını (verim, güç, manometrik yük) farklı debi ve hız koşullarında deneysel olarak ölçmek için tasarlanmıştır. **Temel Amaç:** Pompanın, elektrik enerjisini akışkanın **hidrolik enerjisine** (basınç ve hız) ne kadar verimli dönüştürdüğünü gösteren **Pompa Karakteristik Eğrilerini** (Q-H eğrisi) çıkarmaktır.

Temel Bileşenler

- **Santrifüj Pompa:** Mavi renkteki büyük boru hattının ortasında, suyu hareket ettiren esas makine olan **santrifüj pompa** görülmektedir. Bu pompa, suyu bir boru hattından çekip (emme hattı) yüksek enerjiyle diğer boru hattına (basma hattı) gönderir.

- **Motor (Tahrik Ünitesi):** Pompanın hemen arkasında, pompayı döndürmek için gerekli mekanik enerjiyi sağlayan büyük mavi bir **elektrik motoru** bulunmaktadır. Motor gücü ve hızı, pompanın performansını doğrudan etkiler.
- **Boru Hattı Sistemi:** İki ana bölümden oluşur:
 - **Emme (Suction) Hattı:** Pompanın suyu çektiği boru hattıdır (fotoğrafın alt kısmında, esnek hortum bağlantılı).
 - **Basma (Discharge) Hattı:** Pompanın suyu yüksek enerjiyle gönderdiği boru hattıdır (pompadan yukarı doğru çıkan boru).

Ölçüm Noktaları: Boru hattı üzerinde, özellikle pompanın emme ve basma taraflarında, **basınç ölçümü** için (manometre veya basınç dönüştürücüleri bağlanmak üzere) bağlantı noktaları bulunur. Fotoğraftaki boru hattına bağlı ince beyaz kablolar/hortumlar, basınç veya debi ölçüm cihazlarına giden bağlantılar olabilir.

Flanşlar ve Bağlantı Elemanları: Boru parçaları, pompa ve diğer bileşenler, kolay montaj ve sökme için cıvatalı **flanşlar** ile birbirine bağlanmıştır.

Öğrenciye Sağladığı Katkılar

Bu düzenek üzerinde yapılan deneylerle öğrenciler şu konuları öğrenir:

- **Manometrik Yük (H):** Pompanın akışkana verdiği toplam enerji (yük), emme ve basma tarafındaki basınç farkları ölçülerek hesaplanır.
- **Pompa Gücü (P):** Pompanın akışkana aktardığı hidrolik güç hesaplanır.
- **Verim:** Pompaya verilen mekanik güç ile akışkana aktarılan hidrolik güç arasındaki oran hesaplanarak pompanın verimliliği bulunur.
- **Kavitasyon:** Özellikle emme hattındaki basıncın buharlaşma basıncına düşmesi durumunda meydana gelen, pompaya zarar veren **kavitasyon** olayı incelenebilir.

Bu düzenek, sistemlerin tasarımı ve işletilmesi için hayati önem taşıyan **akış ve enerji dengesi** prensiplerinin uygulamalı olarak anlaşılmasını sağlar.



Şekil 9. Su temin borusu

8. Büyük Ölçekli Eğimli Hidrolik Kanal (Large Tilting Hydraulic Flume)

Şekil 8'de büyük ölçekli ve sağlam yapılı cihaz, hidrolik laboratuvarının en büyük ve en kapsamlı deney düzeneklerinden biri olan **Büyük Ölçekli Eğimli Hidrolik Kanal (Large Tilting Hydraulic Flume)**'dur. Daha önce tanımlanan açık kanal (Flume) düzeneğine benzer olmakla birlikte, bu yapı boyutları ve taşıyıcı sistemi itibarıyla çok daha gelişmiş ve karmaşık hidrolik olayları incelemeye olanak tanır. Bu deney düzeneği, **açık kanal akımı** ve **akarsu hidroliği** ile ilgili hem temel hem de ileri düzey araştırmalar yapmak için kullanılır. Boyutları sayesinde, **laboratuvar ölçekli modelleme** çalışmalarında daha az ölçek etkisiyle gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesini sağlar. **Temel Amaç:** Suyun ve sedimentin (katı madde) hareketini, yatak eğimi (taban eğimi) ve debi gibi parametreler değiştirilerek büyük bir hassasiyetle incelemek.

Temel Bileşenleri

Bu büyük düzenek, gözlem kanalı, besleme/toplama tankı ve eğim mekanizması olmak üzere üç ana sistemden oluşur:

1. Deney Kanalı (Flume)

- **Gözlem Bölümü:** Cihazın sağ tarafındaki uzun, genellikle **cam veya pleksiglass yan duvarlara** sahip şeffaf kanaldır. Öğrenciler ve araştırmacılar, akışkan hareketini ve yerleştirilen modellerin (savaklar, köprü ayakları, vb.) etkilerini bu şeffaf duvarlardan gözlemler.
- **Kanal Yatağı:** Kanalın tabanına, sediment taşınımı deneyleri için kum veya çakıl (sediment) serilebilir.

2. Su Besleme ve Toplama Sistemi

- **Besleme Tankı (Sabit Seviye Tankı):** Sol tarafta gördüğünüz büyük, mavi, dikey tanktır. Bu tank, **suyun kanala sabit bir hidrolik yük (basınç) altında, düzgün ve düşük türbülanslı bir şekilde beslenmesini** sağlar. Bu, deneylerin tekrarlanabilirliği ve doğruluğu için çok önemlidir.
- **Pompa ve Dolaşım Sistemi:** Büyük bir pompa (fotoğrafta kısmen görünür) suyu ana rezervuardan alıp bu besleme tankına basar ve tanktan çıkan su kanala girer. Kanalın sonunda toplanan su ise yine borularla ana rezervuara geri döner (kapalı devre).

3. Eğim Mekanizması (Tilting Mechanism)

- Bu cihazın en ayırt edici özelliği, kanalın **eğimini ayarlayabilme** yeteneğidir.
- Mavi taşıyıcı çelik konstrüksiyon, kanalın bir ucunu dikey olarak hareket ettirecek **hidrolik veya vidalı kriko sistemlerini** içerir.
- **Amaç:** Kanal yatağının eğimini tam olarak ayarlayarak, farklı nehir ve kanal eğimlerini simüle etmek ve bu eğimlerdeki **üniform akım derinliğini** deneysel olarak belirlemek.

Yapılan Başlıca Deneyler

Bu cihaz, inşaat mühendisliği öğrencilerinin ve araştırmacılarının şu konularda deneyler yapmasına olanak tanır:

- **Üniform Akım ve Manning Katsayısı:** Farklı eğim ve debilerde akım derinliğini ölçerek kanalın **Manning pürüzlülük katsayısını** belirlemek.
- **Hidrolik Sıçrama (Hydraulic Jump):** Farklı Froude sayılarına sahip akımlarda hidrolik sıçramanın oluşumunu, uzunluğunu ve enerji kaybını incelemek.
- **Sediment Taşınımı ve Oyulma:** Nehir yataklarındaki kum tepelerinin oluşumu ve köprü ayakları etrafındaki oyulma (scour) derinliğini ölçmek.
- **Savak ve Bent Performansı:** Farklı hidrolik yapı modellerinin akım üzerindeki etkilerini ve debi-yük ilişkilerini test etmek.

Bu cihaz, hidrolik laboratuvarının en önemli eğitim ve araştırma altyapılarından biridir.

Cihazın Boyutları ve Önemi

Bu kanalın bu kadar uzun ve büyük ölçekli olmasının temel nedeni şunlardır:

- **Gerçekçi Akım Koşulları:** Uzun kanallar, akımın kanal girişindeki etkilerden arınarak, akışkan özelliklerinin (hız, derinlik) kanal boyunca artık değişmediği **tam gelişmiş akım (fully developed flow)** koşullarının oluşmasına olanak tanır.
- **Doğruluk ve Ölçek Etkisi:** Büyük ölçekli hidrolik modeller kullanmak, laboratuvar sonuçlarının gerçek doğa olaylarına (nehirler, kanallar) daha doğru bir şekilde uygulanmasını sağlar. Küçük modellerde ortaya çıkan **ölçek etkilerini (scale effects)** minimize eder.
- **Uzun Süreli Sediment Deneyleri:** Sediment (kum, çakıl) taşınımı ve yatak morfolojisi deneyleri (kum tepesi oluşumu gibi) uzun bir mesafe boyunca gözlem gerektirir. Bu uzunluk, doğal süreçlerin daha gerçekçi bir simülasyonunu sağlar.

Temel Bileşenleri Tekrar Gözden Geçirme

1. Uzun Gözlem Kanalı:

- Orta kısımda gördüğünüz, çelik konstrüksiyon üzerine kurulu, uzunlamasına cam/pleksiglass yan duvarlara sahip bölümdür. Akım, bu bölümde gerçekleşir ve gözlemlenir.

2. Eğim Mekanizması:

- Kanalın altında, eğimi ayarlamak için kullanılan, ayarlanabilir ayaklar veya hidrolik/vidalı krikolo sistemleri bulunur. Bu, araştırmacıların sıfır eğimden (düz yatak) yüksek eğimli akıma kadar farklı yatak koşullarını simüle etmesini sağlar.

3. Su Besleme ve Dengeleme Tankı:

- Fotoğrafın en solunda, yüksek ve büyük mavi dikey yapı (önceki fotoğrafta da görülen), **sabit seviyeli besleme tankıdır (Head Tank)**. Kanala giren suyun hız ve türbülansını azaltarak, akımın deney bölümüne mümkün olduğunca düzgün bir şekilde girmesini sağlar.

4. Toplama ve Geri Dönüş Sistemi:

- Kanalin sonunda, suyu toplayıp altındaki ana rezervuara (sump) geri gönderen bir toplama bölümü ve boru sistemi bulunur. Fotoğrafın sol altında görülen büyük, siyah esnek boru, muhtemelen suyu bu geri dönüş sistemine taşımaktadır.

Fonksiyonel Kullanım Alanları

Bu tür büyük bir hidrolik kanalın ana kullanım alanları, önceki açıklamada belirtilenlere ek olarak genellikle şunları içerir:

- **Dalga ve Gelgit Simülasyonu:** Gelişmiş kanallarda dalga jeneratörleri kullanılarak deniz ve kıyı hidroliği konuları (dalga kırılması, kıyı erozyonu) incelenebilir.
- **Karışım ve Yayılım:** Kirlilik yayılımı ve atıksu deşarjlarının doğal su kütlelerindeki karışım süreçleri modellenmesi.
- **Nehir Islahı ve Yapıları:** Taşkın kontrolü yapıları, balık geçitleri ve nehir yatağı stabilizasyon tekniklerinin etkinliğinin test edilmesi.

Özetle, bu cihaz, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarının en karmaşık ve en fazla araştırma potansiyeli sunan, **açık kanal hidroliği** ve **sediment taşınımı** üzerine çalışan bir merkezidir.



(a)



(b)

Şekil 8. Sel ve taşkın eğimli kanalı

9. Küçük Ölçekli Açık Kanal Deney Düzeneği (Small Scale Open Channel Flume)

Şekil 9'daki deney düzeneği, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında kullanılan, bir önceki fotoğraflarda tanımlanan büyük kanallara göre daha küçük ve taşınabilir bir **Küçük Ölçekli Açık Kanal Deney Düzeneği (Small Scale Open Channel Flume)**'dir. Bu düzenek, daha dar ve kısa yapısıyla temel hidrolik prensipleri göstermek ve ölçmek için idealdir. Genellikle öğrencilerin bireysel veya küçük gruplar halinde deney yapması için tasarlanmıştır. Bu küçük ölçekli kanalın temel amacı, **açık kanal akımı** ve ilgili hidrolik yapıların davranışlarını daha kontrollü ve hızlı bir ortamda incelemektir. **Temel Amaç: Enerji korunumunu, momentum korunumunu ve debi-derinlik ilişkilerini** gösteren temel hidrolik yasaları ispatlamak ve öğrencilere hidrolik yapıların (savak, hidrolik sıçrama, akım daralması) uygulamalarını göstermektir.

Temel Bileşenleri

1. Gözlem Kanalı:

- Cihazın merkezinde bulunan, uzun ve dar, **şeffaf (cam veya pleksiglass)** yan duvarlara sahip kısımdır. Bu, akım olaylarının net bir şekilde gözlemlenmesini sağlar.
- Kanalın tabanında (yatağında), metal ya da sert plastik bir zemin bulunur.

2. Destek Sistemi:

- Kanal, metal bir iskelet üzerine monte edilmiştir. Fotoğrafın sol ve sağ alt köşelerinde görülen destekler, kanalın deney masası veya zemin üzerinde sabit durmasını sağlar.

3. Giriş ve Çıkış Bölümleri:

- Fotoğrafın sağ tarafında, kanalın girişine veya çıkışına bağlı mavi renkli bir boru veya esnek hortum görülmektedir. Bu, suyun kanala beslenmesini veya kanaldan toplanmasını sağlar.

4. Seviye ve Akım Ölçüm Cihazları:

- Kanalin üst kenarında, su derinliğini ve yatak seviyesini hassasiyetle ölçmek için kullanılan **nokta seviye ölçerler (point gauges)** veya benzeri ölçüm aletleri hareket ettirilebilir bir kaide üzerinde yer alır. (Fotoğrafta kanalın üstünde siyah renkli bir ölçüm cihazı görülmektedir).

5. DeneySEL Modeller:

- Bu tip bir kanala, deneyin amacına göre çeşitli hidrolik modeller yerleştirilebilir:
 - **Savaklar (Weirs):** Dikdörtgen, üçgen veya geniş tepeli savaklar.
 - **Hidrolik Sıçrama Bariyerleri (Sluice Gates):** Akımı kontrol ederek hidrolik sıçramayı oluşturmak için.
 - **Pürüzlülük Elemanları:** Manning katsayısını belirlemek için tabana yerleştirilen elemanlar.

Fonksiyonel Kullanım Alanları

Bu küçük ölçekli düzenek, laboratuvarında temel düzeyde şu deneyleri yapmak için kullanılır:

- **Savak Debisi Hesaplama:** Farklı savak tipleri için **debi-yük (Q-H)** ilişkilerini deneysel olarak belirlemek.
- **Hidrolik Sıçrama İncelemesi:** Froude sayısı kavramını, sıçrama oluşumunu ve **enerji kaybını** incelemek.
- **Özgül Enerji (Specific Energy):** Farklı akım derinliklerinde özgül enerji eğrisini çıkarmak ve **kritik derinlik** kavramını anlamak.
- **Süreklilik ve Momentum Denklemleri:** Bu temel yasaların açık kanal akımındaki uygulamalarını test etmek.

Bu cihaz, büyük ve karmaşık sistemlere geçmeden önce, öğrencilerin hidroliğin temel kavramlarını görsel ve ölçülebilir bir şekilde öğrenmeleri için ideal bir başlangıç platformudur.



Şekil 9. Flume

10. Açık Kanal Deney Düzenekleri

Şekil 10'da görülen deney düzeneği; **Büyük Ölçekli Eğimli Hidrolik Kanal (Large Tilting Hydraulic Flume)** bir settir. Yüksek bir çelik konstrüksiyon üzerine kurulmuş, cam/pleksiglass yan duvarlara sahip uzun kanaldır. Eğim ayarı yapılabilir, yüksek debilerde çalışabilir ve kanal girişinde akımı düzenlemek için tasarlanmış bir **sabit seviye besleme tankı** (head tank) veya akım düzenleyici bir yapıya sahiptir (sağ üst kısımda görünen kutu). Daha karmaşık ve büyük ölçekli hidrolik yapıların (savaklar, köprü ayakları) veya uzun mesafeli **sediment taşınımı** olaylarının incelenmesi için kullanılır. Bu kanal, büyük kanala göre daha küçük ölçekli deneyler için tasarlanmıştır. Yatak eğimi daha sınırlı olabilir ya da sabit bir eğime sahip olabilir. Kırmızı/bordo renkli yan duvarları, **sediment taşınımı** veya **akım görselleştirme** deneyleri için zeminin kontrastını artırmak amacıyla boyanmıştır. Öğrencilerin temel hidrolik prensipleri (Froude sayısı, özgül enerji, hidrolik sıçrama) hızlı ve görsel olarak anlamaları için idealdir. Kanalin bir ucunda, suyu kontrol etmek veya toplamak için tasarlanmış bir hazne görülmektedir. Farklı boyut ve kapasitelerdeki kanalların bir arada bulunması, laboratuvarın **temel öğrenci eğitiminden ileri düzey araştırmalara** kadar geniş bir yelpazede hizmet verdiğini gösterir. Sunulan bu deney setleri, merkezi bir **su dolaşım (pompa ve rezervuar) sistemi** tarafından beslenmektedir. Bu cihazlar topluluğu, inşaat mühendisliği öğrencilerinin **açık kanal hidroliği** konusunda teorik bilgileri pratiğe dökmesi için kapsamlı bir deneysel ortam sağlamaktadır.



Şekil 10. Serbest düşümlü jetler ve sediment tankı

11. Açık Kanal Deney Düzeneği (Hydraulic Flume)

Şekil 11’de sunulan deney seti, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarının büyük ölçekli altyapısının bir parçası olan, uzun bir **Açık Kanal Deney Düzeneği (Hydraulic Flume)**’dir. Bu kanal, **açık kanal akımı** (nehirler, kanallar) ile ilgili hidrolik prensipleri ve yapıların (savaklar, köprü ayakları, bentler) etkilerini laboratuvar ortamında modellemek ve incelemek için kullanılır. **Temel Amaç:** Öğrencilerin ve araştırmacıların, farklı **debi, eğim ve pürüzlülük** koşullarında suyun davranışını (derinlik, hız, enerji) ve hidrolik yapıların performansını deneysel olarak ölçmesini ve gözlemlemesini sağlamaktır.

Temel Bileşenler ve Gözlemler

1. Gözlem Kanalı:

- Cihazın merkezinde yer alan, yan duvarları **şeffaf cam veya pleksiglass** olan uzun bölümdür. Bu, akım olaylarının (dalgalanmalar, hidrolik sıçrama, model etrafındaki akış) net bir şekilde gözlemlenmesini sağlar.
- Kanalin içinde, deney malzemesi veya yapıları yerleştirmek için yeterli alan bulunmaktadır. (Örneğin, içinde tuğla veya benzeri malzemeler görülüyor, bunlar ya deney malzemesidir ya da şu an depolama amaçlı durmaktadır.)

2. Çelik Konstrüksiyon:

- Kanal, büyük bir kütle olan suyu ve yapıyı taşımak için sağlam, koyu renkli **çelik iskelet** üzerine kurulmuştur. Bu, özellikle kanal eğimi ayarlanabilir (tilting) ise stabilite için kritik öneme sahiptir.

3. Giriş/Çıkış Bölümleri:

- Kanalin sol ucunda, suyun kanala beslendiği veya kanaldan toplanıp geri döndürüldüğü **büyük hacimli bir tank** veya akım düzenleyici bir yapı (mavi renkteki kısım) yer almaktadır. Bu kısım, düzgün ve düşük türbülanslı bir akım girişi sağlamak için tasarlanmıştır.

4. Akış Düzenleyici (Kırmızı Kanal):

- Fotoğrafın ön planında, kanalın hemen önünde zemin seviyesinde uzanan **kırmızı ve sarı renkli, eğimli bir kanal** veya oluk yapısı dikkat çekmektedir. Bu yapı, büyük olasılıkla kanalın çıkışından gelen suyu toplayıp, merkezi **toplama rezervuarına (sump)** geri yönlendiren bir **geri dönüş kanalıdır**. Su, buradan laboratuvarın ana pompasına beslenir.

Yapılan Deneyler

Bu cihaz, tipik olarak şu hidrolik deneyler için kullanılır:

- **Hidrolik Sıçrama:** Süperkritik akımın subkritik akıma geçişindeki ani enerji kaybını ve sıçrama uzunluğunu incelemek.
- **Savak ve Bentler:** Farklı yapılar üzerindeki debi katsayılarını ve mansap erozyon etkilerini test etmek.

- **Manning Katsayısı:** Akım derinliğini ve hızını ölçerek kanalın pürüzlülük katsayısını belirlemek.
- **Ölçekli Modelleme:** Gerçek dünyadaki hidrolik problemlerin (örneğin bir nehrin modellemesi) laboratuvar ortamında test edilmesi.

Bu kanal, laboratuvarın en önemli ve büyük ölçekli eğitim ve araştırma araçlarından biridir.



Şekil 11. Açık kanal seti

12. Bir deney kanalının giriş/çıkış alanı

Şekil 12, daha önceki fotoğraflarda tek tek görülen büyük ölçekli altyapıların bir kısmını, özellikle **büyük rezervuarları** ve **geniş bir deney kanalının giriş/çıkış alanını** bir arada sunmaktadır. Bu düzenek, **açık kanal akımı** ve büyük hacimli su akışlarının incelenmesi için tasarlanmış bir sistemdir. Fotoğrafın ana bileşenleri şunlardır:

1. Büyük Hacimli Tank/Rezervuar (Ön Plan)

- **Tanım:** Koyu yeşil-mavi renkteki, üzerinde merdiven ve yürüme alanları bulunan geniş ve sığ yapı.
- **Amaç:** Bu, laboratuvarın merkezi su dolaşım sisteminin **ana toplama tankı (Sump)** veya büyük hacimli bir **deney rezervuarı** olabilir.
- **Toplama Tankı İse:** Laboratuvardaki tüm deney kanallarından ve düzeneklerden gelen suyu toplar ve buradan pompalar vasıtasıyla tekrar besleme tanklarına pompalanır.
- **Deney Alanı İse:** Özellikle **yerel hidrolik yapıların (savaklar, enerji kırıcılar)** büyük ölçekli modellerinin test edildiği veya **hacimsel debi ölçümünün** yapıldığı bir alan olabilir.

2. Akım Düzenleme ve Giriş Yapısı (Orta Plan)

- **Tanım:** Rezervuarın içinde veya hemen yanında, daha karmaşık yapıda, mavi renkte bir giriş bölgesi görülmektedir. Bu yapının içinde bölmeler ve V-şekilli bir yapı (muhtemelen büyük bir **V-çentik savak**) bulunmaktadır.
- **Amaç:** Bu bölge, büyük olasılıkla kanal akışını kontrol eden veya ölçen bir yapıdır:

- **Akım Düzenleyici:** Suyu kanala girmeden önce sakinleştirerek türbülansı azaltır ve düzgün bir akım profili oluşturur.
- **V-Çentik Savak:** Bu yapı, büyük hacimli debileri (Q) su yüksekliği (H) cinsinden hassas bir şekilde ölçmek için kullanılır. Darcy Kanunu'nda olduğu gibi, debi hesaplamaları için kritik bir ölçüm noktasıdır.

3. Açık Kanal (Arka Plan): Yapıların arkasında, daha önceki fotoğraflarda tanımlanan **Büyük Ölçekli Hidrolik Kanal**'ın uzun bölümü görülmektedir. Bu kanal, bu büyük rezervuardan beslenmekte veya bu rezervuara deşarj yapmaktadır.

Fonksiyonel Kullanım Alanları

Bu düzenek, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında şu amaçlarla kullanılır:

- **Debi Kalibrasyonu:** V-çentik savak kullanılarak, pompa ve boru sisteminden gelen debi, su derinliği ölçülerek yüksek doğrulukla belirlenir ve diğer ölçüm cihazları (örneğin elektromanyetik akış ölçerler) kalibre edilir.
- **Enerji Kırıcının Testi:** Büyük hacimli akışların enerjisini emen ve yatağı erozyondan koruyan **enerji kırıcıların** (örneğin hidrolik sıçrama kuyusu) performansını test etmek.
- **Hidrolik Yapı Model Testleri:** Barajların savakları, tünel çıkışları veya büyük menfezlerin giriş/çıkış yapıları gibi hidrolik yapıların 1:X oranında ölçeklendirilmiş modellerini test etmek.

Bu görüntü, bir hidrolik laboratuvarının sadece deney kanallarından değil, aynı zamanda **hacim yönetimi, debi ölçümü ve akım düzenlemesi** gibi kritik altyapı unsurlarından oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 12. Savak

13. kıvrımlı Kanal veya Dönüş Kanalları Deney Düzeneği (Curved Flume or Channel Bend Apparatus)

Şekil 13, diğer kanallardan farklı olarak **eğrisel** bir geometriye sahip bir **Eğrisel Kanal veya Dönüş Kanalları Deney Düzeneği (Curved Flume or Channel Bend Apparatus)**'dir. Bu tür kanallar, doğal nehirlerin kıvrımlı bölümlerindeki (menderesler) veya su iletim kanallarındaki dönüşlerde meydana gelen özel hidrolik olayları incelemek için kullanılır. Bu deney seti, suyun düz bir kanaldan eğimli bir bölgeye geçerken akış özelliklerinin nasıl değiştiğini incelemeyi amaçlar. **Temel Amaç:** Merkezkaç kuvvetinin etkilerini, akım içindeki **ikincil akımların (secondary currents)** oluşumunu, eğimli bölümlerdeki **su seviyesi değişimlerini** ve **erozyon/birikme (sediment taşınımı)** mekanizmalarını deneysel olarak gözlemlemek ve ölçmektir.

Temel Bileşenleri

1. Eğrisel Kanal:

- Fotoğrafın merkezinde yer alan, **kavisli ve eğimli** (muhtemelen yarım daire veya belirli bir açıda kavisli) metal kanallardır. Yan duvarları şeffaf olmayabilir veya sadece üst kısımları gözlem için açık olabilir.
- Bu kanalın içinde su akışı gerçekleştirilir.

2. Giriş ve Çıkış Bölümleri:

- Eğrisel kısma giren suyun düzgün bir akım profiliyle girmesi ve çıktıktan sonra toplanması için boru bağlantıları ve hazneler mevcuttur.

3. Yükseklik Ölçüm Noktaları:

- Eğimli kanallarda, merkezkaç kuvveti nedeniyle su seviyesi dış kenarda yükselirken (süper yükseklik - **super-elevation**) iç kenarda düşer.
- Bu seviye farklarını ölçmek için kanalın iç ve dış kenarlarına hassas **seviye ölçüm problemleri** (piezometreler veya nokta seviye ölçerler) yerleştirilir.

4. Akım Hızı Ölçüm Noktaları:

- Eğrisel akımda, hız dağılımı karmaşıktır ve akım derinliği boyunca değişen ikincil akımlar oluşur. Bu hız bileşenlerini ölçmek için kanalın farklı noktalarına **Pitot tüpleri** veya **akım metreler** yerleştirilir.

Yapılan Başlıca Deneyler

Bu düzenek, hidrolik ve nehir mühendisliği alanlarında şu deneyler için çok önemlidir:

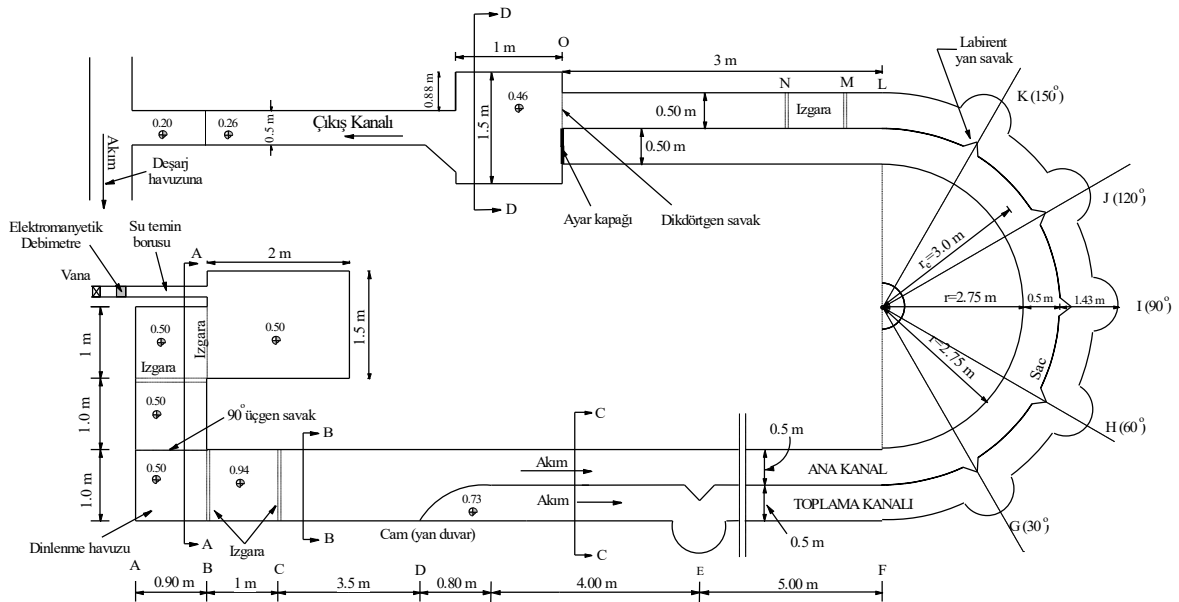
- **İkincil Akım Gözlemi:** Eğimin neden olduğu akım içindeki spiral (sarmal) akışın etkilerini görselleştirmek. Bu akımlar, nehirlerdeki mendereslerin oluşumunda temel rol oynar.

- **Süper Yükseklik (Super-Elevation) Hesaplaması:** Dış ve iç kenar arasındaki su seviyesi farkını ölçerek, bu farkın akış hızı ve eğim yarıçapıyla nasıl değiştiğini incelemek.
- **Sediment Taşınımı ve Yatak Erozyonu:** Eğrilerde birikme ve oyulma alanlarının nerede oluştuğunu (genellikle dış kenarda oyulma, iç kenarda birikme) incelemek.

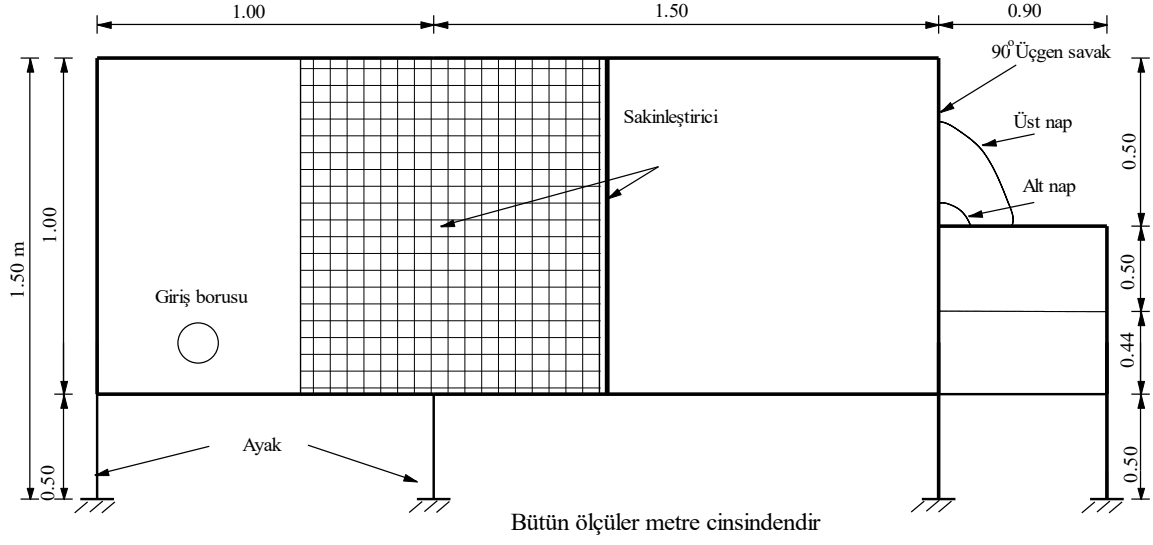
Bu cihaz, akışkanlar mekaniği derslerinde öğrenilen **merkezkaç kuvveti** ve **momentum prensiplerinin** karmaşık, uygulamalı bir örneğini sunar.



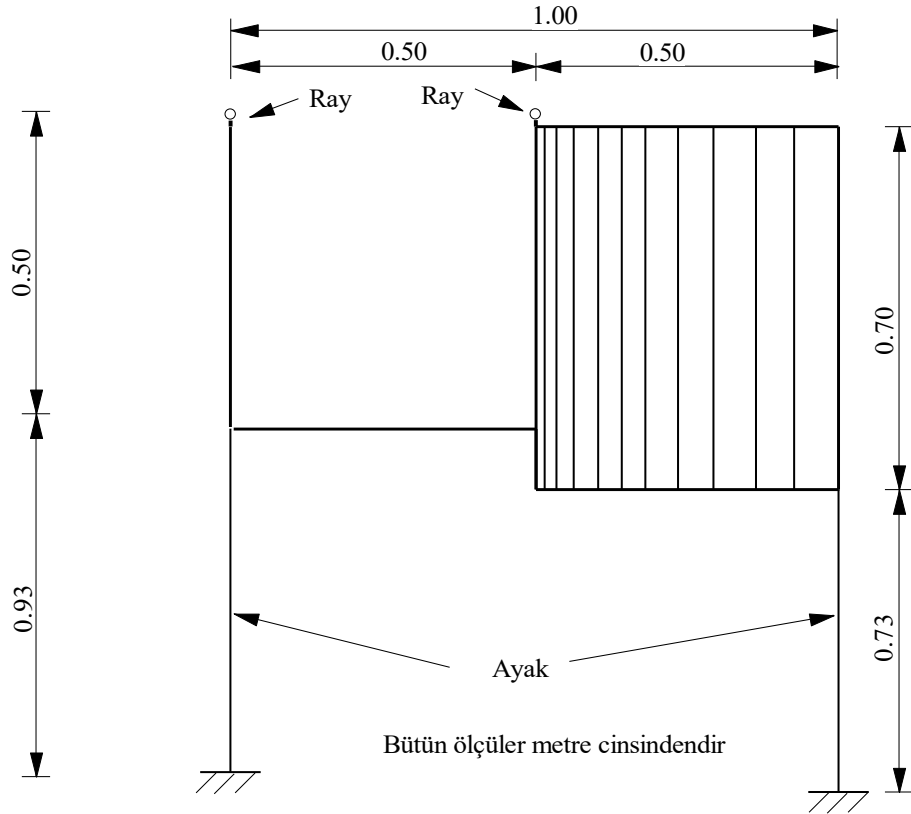
Şekil 13. Kıvrımlı kanaldan görünüm



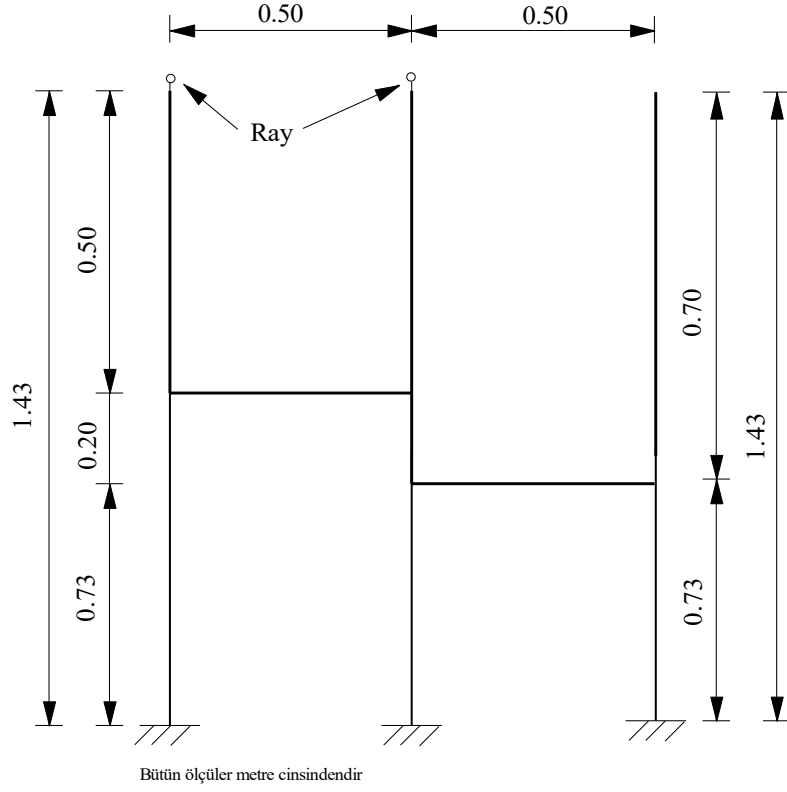
Plan



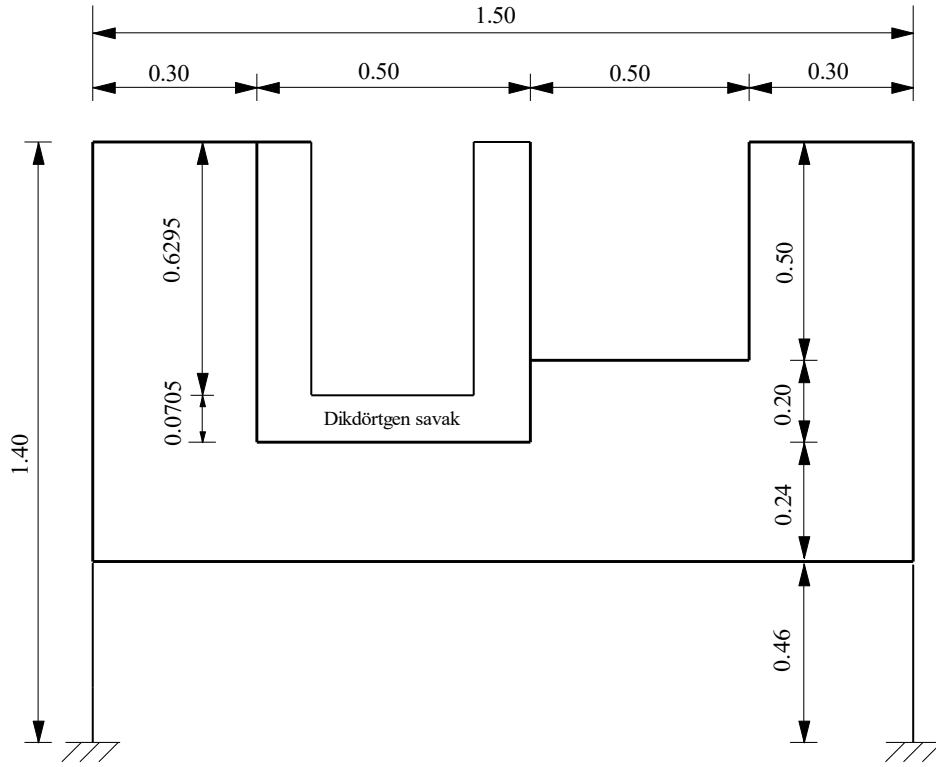
A-A Kesiti



B-B Kesiti



C-C Kesiti



Şekil 14. Deney seti plan ve kesitleri, tüm ölçüler metre cinsindendir.



Şekil 15. Debimetre



Şekil 16. Ana sistemdeki kelebek vana

14. Su Türbini Test Düzeneği

Şekil 14, inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarlarında **Döner Akış, girdap ve Vorteks Oluşumu Deneyleri** için kullanılan bir tankın veya **Su Türbini Test Düzeneği**'nin bir parçasıdır. Bu cihaz, silindirik formu ve yanlardan açılı boru bağlantıları ile akışkanların **dairesel (rotational)** ve **girdap (vortex)** hareketlerini incelemek için tasarlanmış bir **Silindirik Girdap Tankı (Cylindrical Vortex Tank)** olma ihtimali yüksektir. **Temel Amaç:** Akışkanlar mekaniğinde ve hidrolik mühendisliğinde, tanklarda veya boru hatlarının genişlemesinde meydana gelen **girdap oluşumunun** (vorteks) hız ve basınç dağılımına etkilerini incelemek. **Uygulama Alanı:** Bu tür bir deney tankı, aynı zamanda bir **su türbini test düzeneğinin** (örneğin Francis veya Kaplan türbinlerinin) besleme tankı veya model türbinin kendisi için bir hazne görevi görebilir.

Yapısal Özellikler ve İşlevi

1. Silindirik Gövde:

- Cihazın büyük, gri, silindirik yapısı, dairesel akımı ve girdap hareketini simüle etmek için idealdir. Girdap hareketinin merkezkaç kuvveti nedeniyle akışkan yüzeyinde oluşan parabolik şekil bu tip tanklarda incelenir.

2. Yan Boru Bağlantıları (Teğetsel Girişler):

- Gövdenin yan tarafından açılı olarak giren borular (özellikle iki tanesi yukarı doğru eğimli), akışkanı tanka **teğetsel (tanjant)** yönde beslemek için kullanılır.
- **İşlev:** Akışkan bu teğetsel girişlerden tanka pompalanır. Bu, akışkana doğal bir **açısal momentum** kazandırarak, tankın içinde güçlü bir **döner akım (girdap)** oluşmasını sağlar.

3. Flanşlı Alt Çıkış:

- Tankın alt kısmına yakın, flanşlı (civatalı bağlantı için dairesel kenarlı) bir boru çıkışı bulunmaktadır.
- **İşlev:** Bu, tankın merkezinden veya tabanından akışkanın kontrollü bir şekilde dışarı alınmasını sağlar. Özellikle hidrolik yapılarda (örneğin barajların dip savakları) veya santrifüj pompa emme haznelerinde girdabın akış performansı üzerindeki etkilerini incelemek için bu tür çıkışlar kritik öneme sahiptir.

4. Üst Yapı:

- Tankın üst kısmı, gözlem yapmak ve muhtemel ölçüm problemlerini (seviye veya hız) yerleştirmek için açık bırakılmıştır.



Şekil 17. Türbin deneyi

Yapılan Başlıca Deneyler

Bu cihaz, akışkanlar mekaniği ve hidrolik mühendisliği derslerinde şu konularda deneysel çalışmalar yapmak için kullanılır:

- **Zorlanmış Girdap (Forced Vortex):** Tankın kendi etrafında dönmesiyle oluşan akış (bir mikserin oluşturduğu gibi) ve yüzeydeki parabolik profilin incelenmesi.
- **Serbest Girdap (Free Vortex):** Boru çıkışından deşarj yapılırken, açısal momentumun korunduğu ve merkezde hava boşluğu oluşan girdap hareketinin (lavabo deliğindeki su gibi) incelenmesi.
- **Girdap Kontrolü:** Girdabın deşarj debisi ve basınç kaybı üzerindeki etkilerini azaltmak için geliştirilen yapıların test edilmesi.
- **Türbin Beslemesi:** Eğer bir türbin test düzeneği ise, model türbinin performansını farklı girdap koşullarında ölçmek.

Bu tank, **girdap tankı** olarak adlandırılan ve hidrolik laboratuvarlarında özel akış türlerini incelemek için kullanılan önemli bir araştırma aracıdır.



Şekil 18. Tank

15. Büyük Hacimli Tank ve Ölçüm Düzeneği

Şekil 15'te gösterilen set, **büyük hacimli su yönetimi** ve **debiyi hacimsel olarak ölçmek** için kullanılan bir yapıdır. Bu deney düzeneği, bir **Büyük Hacimli Toplama Rezervuarı (Sump)** ve üzerine monte edilmiş bir **Hacimsel Debi Ölçüm Tankı (Volumetric Flow Measuring Tank)** kombinasyonudur.

Temel Amaç

- **Toplama/Depolama:** Laboratuvardaki deney kanallarından ve düzeneklerden gelen suyu toplayarak ana pompa sistemine geri beslemek.
- **Hacimsel Ölçüm:** Daha hassas deneylerde, pompaların veya kanalların gerçek debisini belirlemek için, tanka giren suyun hacmini belirli bir sürede ölçmek.

Yapısal Bileşenler

- **Ana Tank Gövdesi:** Fotoğrafın merkezindeki büyük, gri, dikdörtgen metal yapıdır. Bu, suyun depolandığı ana hacimdir ve genellikle tekerlekli (mobilité için) veya sabit bir taban üzerinde bulunur.
- **Hortum ve Boru Bağlantıları:** Tankın sağ alt kısmında, büyük flanşlı borular ve kalın sarı bir hortum bağlantısı görülmektedir. Bunlar, ya suyu tanka getiren **giriş** boruları ya da tanktan suyu pompaya çeken **emme** borularıdır.
- **Ölçüm Çerçevesi (Yukarıdaki Üçgen Yapı):** Tankın üstüne monte edilmiş metal üçgen (A-çerçevesi) yapı ve üzerindeki makara/ölçüm aparatı, **su seviyesindeki değişimleri** hassasiyetle ölçmek için kullanılır.
 - Bir deney sırasında tanka su doldurulurken, seviye değişim hızı ölçülerek debi (\$Q\$) hesaplanabilir.

Bu tank, laboratuvarın diğer hidrolik cihazlarının (özellikle Açık Kanallar ve Pompa Test Düzenekleri) doğru çalışması ve kalibre edilmesi için vazgeçilmez bir altyapı elemanıdır. Yüksek hacimli ve uzun süreli deneylerde su akışının sürekliliğini sağlar. Bu tankın laboratuvar sistemindeki işlevi, **merkezi su rezervuarı** ve **debiyi hassas hacimsel yöntemle ölçme** kapasitesi ile özetlenebilir.



Şekil 19. Su jetlerinde hava giriş hızının (air entrainment rate) belirlenme deneyi

İletişim

HİDROLİK LAB Dahili Numara: 5439

Birim Sorumluları	Dahili Numara	E-mail Adresi
Prof. Dr. Muhammet KARATON Bölüm Başkanı	5400	mkaraton@firat.edu.tr
Prof. Dr. M. Emin EMİROĞLU Laboratuvar Sorumlusu	5441	memiroglu@firat.edu.tr