



T.C.

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ISI EŞANJÖRLERİ**  
**DENEY FÖYÜ**

## 1. DENEYİN AMACI

Isı değiştiricileri (eşanjör) değişik tiplerde olup farklı sıcaklıktaki iki akışkan arasında ısı alışverişini temin ederler. Isı değiştiriciler, evlerdeki ısıtma ve havalandırma sistemlerinden büyük fabrikalardaki kimyasal işlem ve güç üretimine kadar çok çeşitli uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Isı değiştiricileri akışkanların temas şekline göre başlıca yüzeyle ısı değiştiricileri, karışımlı ısı değiştiricileri ve rejeneratörler olmak üzere üç ana grupta toplanabilirler. Akış şekillerine göre ise paralel, zıt ve çapraz akış olarak sınıflandırılabilirler. Bu deneyde kullanacağımız ısı değiştirici, iki akışkanın birbirinden ayrılmış bölgelerden aynı anda geçirilerek ısıнын transfer edildiği yüzeyle tip ısı değiştiricileri sınıfına girmektedir.

Bu deneyde iki ayrı amaç hedeflenmektedir.

- Farklı soğuk akış hızlarının paralel ve ters akış durumunda ısı değiştirici performansını nasıl etkilediğini göstermek.
- Farklı sıcak su uygulama sıcaklığının paralel ve ters akış durumunda ısı değiştirici performansını nasıl etkilediğini göstermek.

## 2. DENEYİN ÖğRENME ÇIKTILARI

- ❖ Isı değiştiricilerini sınıflandırabilmek.
- ❖ Isı değiştiricilerinde toplam ısı geçiş katsayısını hesaplanabilmesi
- ❖ Ortalama logaritmik sıcaklık farkına göre ısı hesap yapılabilmesi
- ❖ Akış yönüne bağlı olarak ısı eşanjörlerinin verim hesaplarının karşılaştırılabilmesi

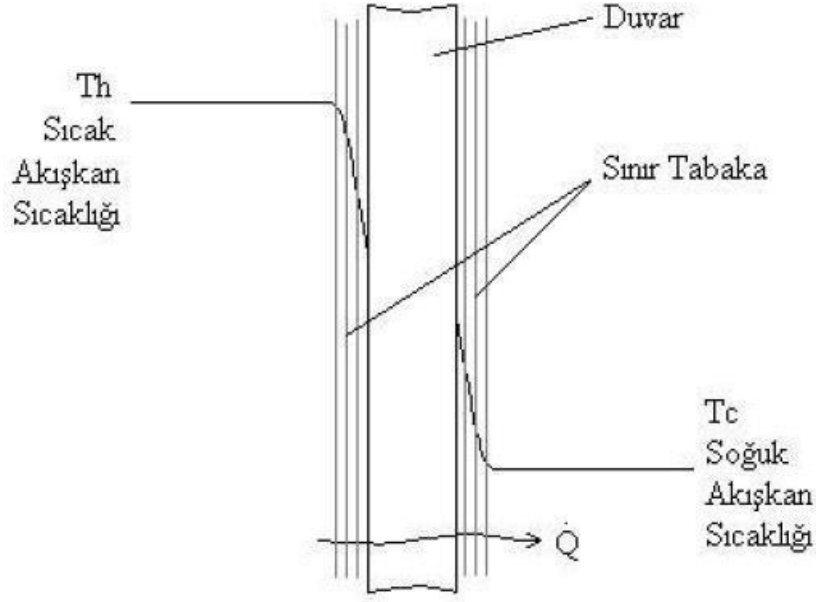
## 3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

### 3.1 Isı Transferi

Birçok uygulamalarda ısıнын sıcak bir akışkandan soğuk bir akışkana transfer edilmesi gerekmektedir. Isı değiştiricileri bu amaç için geliştirilmiş ısı cihazlarıdır. Her ne zaman bir sıcaklık farkı olursa ısı transfer edilir ve ısı transferinin iyi bilinen üç sekli (iletim, tasınım ve ışınım) ayrı ayrı veya bir arada meydana gelebilir.

### 3.2 Toplam Isı Transfer Katsayısı

Tipik bir ısı değiştiricisinde, bir duvar boyunca ayrılmış bulunan sıcak akışkandan soğuk akışkana ısı transfer edilir. Sıcaklık dağılımını aşağıdaki şekilde olduğu gibidir.



**Şekil 1.** Bir duvar Boyunca Sıcaklık Dağılımı

Isı,  $T_h - T_c$  sıcaklık farkı nedeniyle üç direnç boyunca  $\left(\frac{1}{A_h \cdot h_h} + \frac{1}{A_m \cdot k} + \frac{1}{A_c \cdot h_c}\right)$  transfer edilir. Seri dirençler için  $Q$  ısı transfer miktarı aşağıdaki gibidir.

$$\dot{Q} = \frac{T_h - T_c}{\sum R}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_h - T_c}{\frac{1}{A_h \cdot h_h} + \frac{1}{A_m \cdot k} + \frac{1}{A_c \cdot h_c}}$$

Isı değiştiricisinde duvar kalınlığı (yani iç borunun et kalınlığı) genellikle ince olduğu için bütün alanlar (İçten dışa borunun çevre uzunluğu sabit kabul edilir) eşit kabul edilebilir. O zaman yukarıdaki ifade aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Q = A_m \cdot U \cdot (T_h - T_c)$$

Burada  $A_m$ , Ortalama ısı transfer alanıdır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_h} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_c}$$

U, toplam ısı transfer katsayısı olarak adlandırılır.  $x/k$  iletim direnci diğerlerine göre genellikle küçüktür. Bununla birlikte, çeperlerde kirlenme olabilir. Yani çeperlerde kireç ya da karbon gibi maddeler tabaka oluşturabilirler. Bu durum ısı değıştircinin tasarımı aşamasında göz önünde tutulmalıdır.

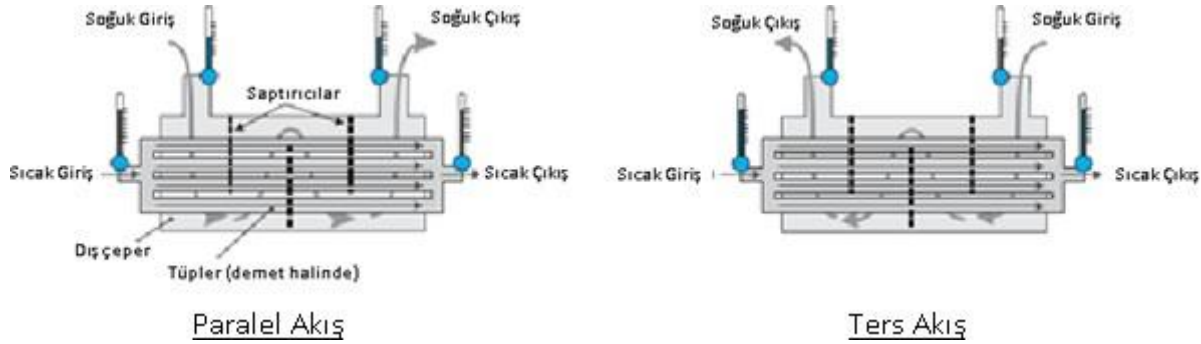
Yüzey ısı transfer katsayılarının yani  $h_h$  ve  $h_c$ 'nin uygun biçimde hesaplanması da çok önemlidir.

### 3.3 Isı Değıştirciler

#### 3.3.1 Gövde Borulu (Shell and Tube) Isı Değıştirciler

Gövde borulu ısı değıştirciler; birçok endüstride, özellikle petrol rafinerileri ve kimya fabrikalarında kullanılan en yaygın ısı eşanjörleridir. Bu eşanjörler kompakt bir yapıya sahip olup, yüksek basınçlarda çalışabilir. Birkaç küçük tüpü (bir demet) çevreleyen büyük bir tüpten oluşan sistemde iki farklı sıcaklıktaki su devrelerinden sıcak olan küçük boru demetinden soğuk olan ise büyük borudan geçer ve sıcaklık farkı sebebiyle aralarında ısı transferi gerçekleşir. Paket, kabukta türbülanslı (karışık) bir akış oluşturmaya yardımcı olmak için bölmelere sahiptir.

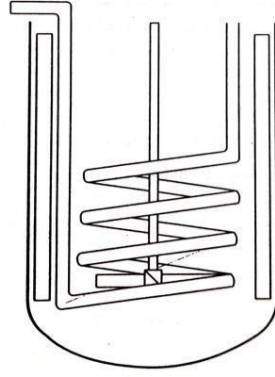
Deney tesisatında kullanılan ısı değıştirci basit iç içe borulu ısı değıştircidir. Sıcak ve soğuk suların birbirine göre akış durumlarına göre paralel veya ters akış olarak adlandırılır.



Şekil 2. Bir eşanjörün akış yönüne göre sınıflandırılması

#### 3.3.2 Spiral Borulu Isı Değıştirciler

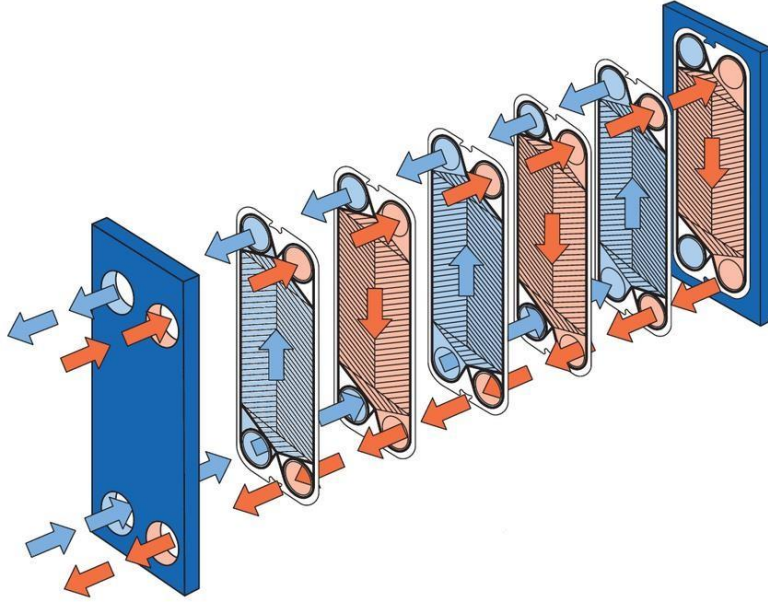
Bir veya daha fazla borudan spiral ile bu spiralin dışındaki bir depodan meydana gelir. Aşağıdaki şekilde ucuz ve basit bir spiral borulu ısı değıştirci bulunmaktadır. Bu ısı değıştirciler genellikle havuz ve depolardaki akışkanların sıcaklık kontrolünde kullanılabilir.



**Şekil 3.** Spiral Borulu Isı Değişiriciler

### 3.3.3 Plaka Tipi Isı Değişiriciler

Bu ısı değiştiricilerde esas ısı geçişinin olduğu yzeyley genelde ince metal levhalardan yapılır. Bu metal yzeyley düz veya dalgalı biçimde olabilir. Borulu tipten ısı değiştiricilere göre yüksek basınçlara ve sıcaklıklara çıkamazlar. Contalı plakalı, spiral plakalı ve lamelli olmak üzere  grupta incelenebilir.



**Şekil 4.** Plaka Tipi Isı Değiştiriciler

### 3.4 Isı Değiştirici Hesaplamaları

#### 3.4.1 Isı Değiştiricilerinde Ortalama Sıcaklık

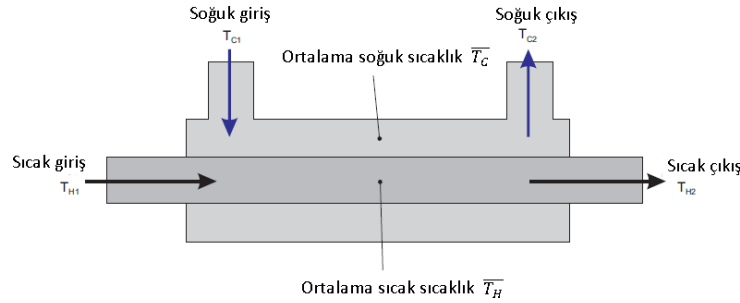
Çoğu ısı transfer denklemleri, özgül ısı kapasitesi ve su yoğunluğu hesaplamaları için ısı değiştiricisindeki sıcak ve soğuk devrelerin ortalama sıcaklığının bulunması gerekir. Bu devrenin giriş ve çıkış kısımlarındaki arasında orta noktanın hesaplanmış sıcaklık değeridir.

Soğuk devrenin ortalama sıcaklığı;

$$\bar{T}_c = \frac{T_{c1} + T_{c2}}{2}$$

Sıcak devrenin ortalama sıcaklığı;

$$\bar{T}_h = \frac{T_{h1} + T_{h2}}{2}$$



Şekil 5. Ortalama sıcaklık

#### 3.4.2 Isı Kapasitesi (C)

Kütlesi verilen bir malzemenin sıcaklığını 1 derece (Kelvin veya Santigrat) artırmak için gerekli ısının bir ölçüsüdür. Malzemenin kütlesi ile özgül ısı kapasitesinin (c) çarpımına eşittir.

$$C = m \times c$$

#### 3.4.3 Sabit Basınçta Özgül Isı Kapasitesi (c<sub>p</sub>)

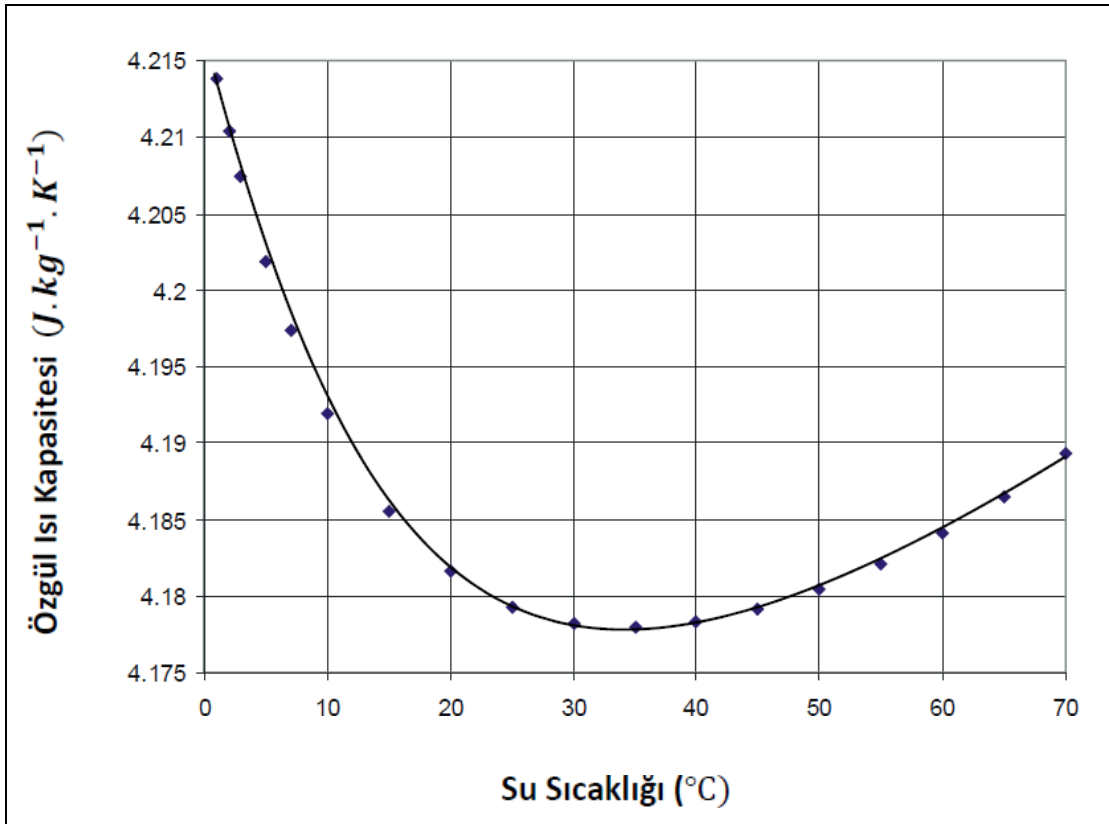
Özgül ısı kapasitesi, 1 kg malzemenin sıcaklığını 1 derece (Santigrat) artırmak için gerekli ısı enerjisinin miktarıdır. Isı enerjisindeki değişimin sıcaklığındaki değişime oranıdır.

$$c = \Delta Q / \Delta T$$

Basınç ve sıcaklık özgül ısı kapasitesinin değerini etkiler. Bilinen bir sıcaklık aralığında az önce verilen denklemin sabit basınç için de geçerli olduğu kabul edilir.

$$c_p=Q/\Delta T$$

Aşağıdaki grafik, ortalama sıcaklıkta özgül ısı kapasitesinin bulunması için kullanılabilir. Diğer bir yol olarak aşağıda verilen denklem yardımıyla kesin bir değer bulunabilir. T sıcaklık değeri °C birimindedir. Sıcaklık değeri akış devresinin ortalama sıcaklık değeridir.

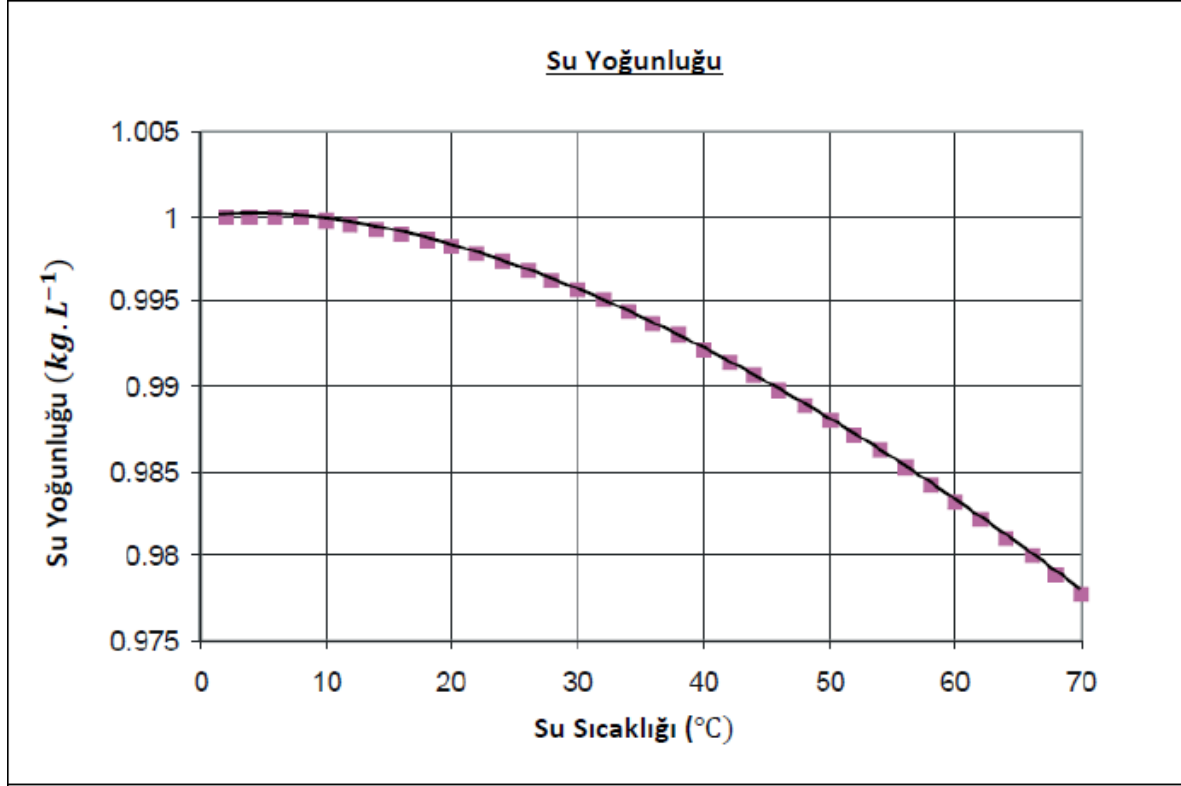


Şekil 6. Suyun sıcaklığına bağlı olarak özgül kapasitesinin değişim grafiği

Özgül ısı sabit kabul edilip  $C_p = 4186 J/kgK$  alınacaktır.

### 3.4.4 Yoğunluk ( $\rho$ )

Suyun sıcaklığı değiştiğinde yoğunluğu da azda olsa değişir. Maksimum yoğunluğu 4°C'dedir ve bu sıcaklık değeri yükseldikçe veya düştükçe azalır. Bu durum tüm hesaplamaları etkiler. Aşağıdaki grafik, sabit basınç ve birim kütle için suyun yoğunluğunun sıcaklığa göre değişimini vermektedir. Diğer bir yol olarak aşağıda verilen denklem yardımıyla kesin bir değer bulunabilir. T sıcaklık değeri °C birimindedir. Sıcaklık değeri akış devresinin ortalama sıcaklık değeridir.



Şekil 7. Suyun, sıcaklığına bağlı olarak yoğunluk değişim grafiği.

Su yoğunluğu sabit kabul edilip 1 kg/L olarak alınacaktır.

### 3.4.5 Isı Transferi, Enerji Dengesi ve Verimler

Isı değiştiricilerinde, ısı sıcak su devresinden soğuk su devresine transfer olur. Isı transfer hızı, akışkan kütlenin akış hızınının, akışkanın sıcaklık değişiminin ve özgül ısı kapasitesinin bir fonksiyonudur (ortalama sıcaklıkta).

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

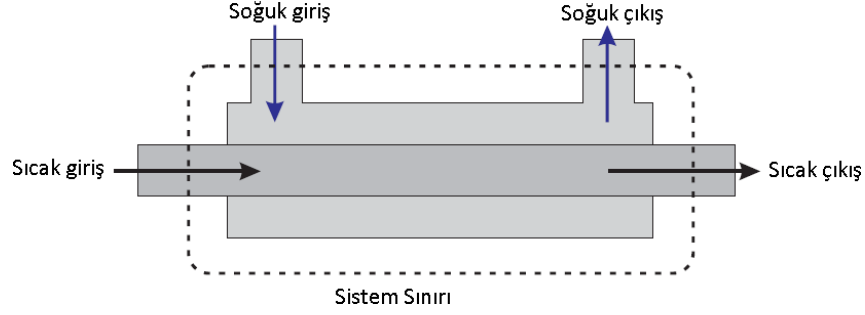
İdeal bir ısı değiştiricisinde, dış ortamdan ne ısı alınır nede dış ortama ısı verilir. Soğuk akışkan tüm ısıyı sıcak akışkandan absorplar. Dolayısıyla ısı transfer hızı:

$$Q = Q_e = Q_a = m_h * c_{p_h} * \Delta T_h = m_c * c_{p_c} * \Delta T_c$$

Hacimsel akış için tekrar düzenlenirse:

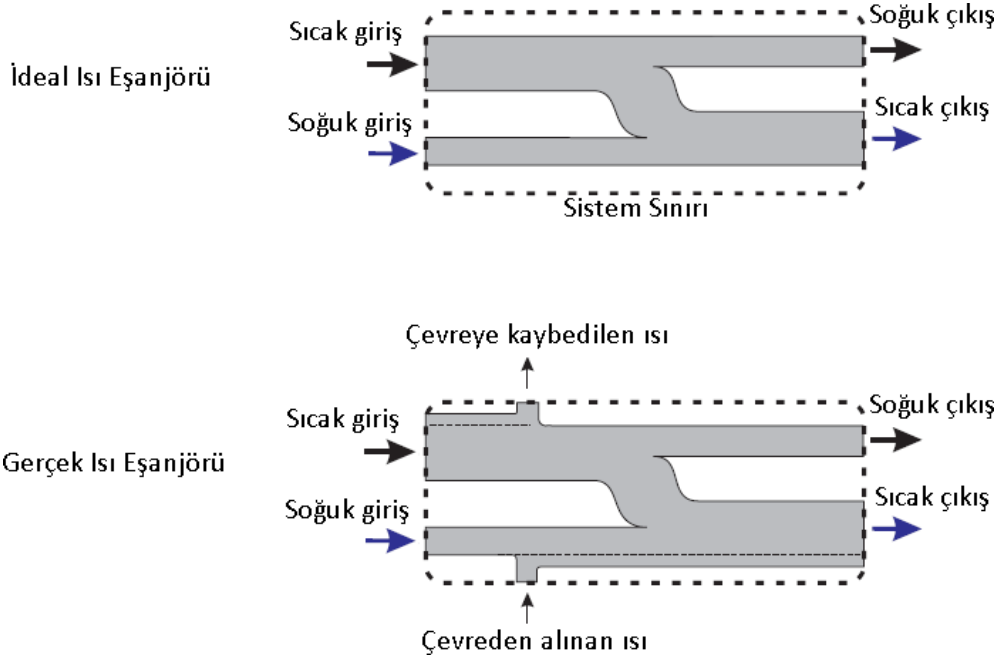
$$Q = Q_e = Q_a = V_h * \rho_h * c_{p_h} * \Delta T_h = V_c * \rho_c * c_{p_c} * \Delta T_c$$





**Şekil 8.** Eşanjör akış şeması

Isı değiştiricisinde ısı transferini daha iyi anlamak için, yukarıdaki şekildeki gibi onu giriş ve çıkışları olan sıcak ve soğuk su akışlı bir sistem olarak kabul edebiliriz. Daha öncede bahsedildiği gibi ideal ısı değiştiricisinde sistem sınırından ısı transferi yoktur. Fakat gerçekte sıcak ve soğuk akışkanlar genellikle çevreden farklı sıcaklıktadırlar ve bundan dolayı bir miktar ısı sistem sınırında transfer olur. Örneğin, sıcak bir odadan soğuk akışkana ısı transfer olur. Aşağıdaki şekiller girişleri, çıkışları ve kayıpları göreceli miktarları ile şema olarak göstermektedir



**Şekil 9.** Gerçek ve ideal ısı eşanjörlerinin karşılaştırılması

Enerji denge katsayısı ( $C_{EB}$ ), absorbe edilen ve salınan enerji arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$C_{EB} = \frac{Q_a}{Q_e}$$

Fakat gösterildiği gibi sistemin dışına veya içine muhtemel ısı akışından dolayı, eğer ısı değiştiricisi sınırlarından enerji absorbe ederse, enerji denge katsayısı 1'den büyük bir değer çıkar. Dolayısıyla bu sadece yol göstericidir. Çünkü gerçekte:

$$Q_e = Q_a \pm \text{sınırlardan kazanılan veya kaybolan ısı}$$

Ortalama sıcaklık verimi ve ısı transfer katsayısı, ısı değiştiricilerinin karşılaştırılması için daha faydalı sonuçlar verir. Isı değiştiricisinin sıcak devresinin sıcaklık verimi, sıcak devredeki sıcaklık değişiminin sıcak ve soğuk devredeki maksimum ve minimum sıcaklık sıcaklıklar arasındaki farka bölünmesi ile elde edilir.

$$\eta_h = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c1}} * 100$$

Isı değiştiricisinin soğuk devresinin sıcaklık verimi, soğuk devredeki sıcaklık değişiminin sıcak ve soğuk devredeki maksimum ve minimum sıcaklık sıcaklıklar arasındaki farka bölünmesi ile elde edilir.

$$\eta_c = \frac{T_{c2} - T_{c1}}{T_{h1} - T_{c1}} * 100$$

İki devrenin ortalama sıcaklık verimi her iki devrenin ortalama verimidir:

$$\bar{\eta} = \frac{\eta_c + \eta_h}{2}$$

### 3.4.6 Logaritmik Ortalama Sıcaklık Farkı (LMTD)

Bu ısı transferinin oluşmasını sağlayan ısı itici gücün bir ölçüsüdür. Sıcak ve soğuk akışkanlar arasındaki sıcaklık farkı, ısı değiştiricisi boyunca değişir.  $Q=U.A.\Delta T$  bağıntısında kullanılmak üzere bir  $\Delta T$  ortalama sıcaklık farkının bulunması uygun olur. Isı değiştiricisinin girişinden çıkışına kadar her bir kesitte geçerli olacak enerji dengesi ifadesinden yola çıkarak gerekli ihmaller ve kabuller yapıldıktan sonra elde edilecek diferansiyel bağıntı girişten çıkışa kadar integralini alıp, gerekli işlemler ve düzenlemeler yapıldıktan sonra, değeri ısı değiştiricisinin her bir ucundaki sıcak ve soğuk devre arasındaki sıcaklık farkının logaritmik ortalaması olan şu ifade elde edilir:

$$LMTD = \Delta T_{lm} = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln\left(\frac{T_{h2} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c1}}\right)}$$

Bu deney setinde ölçülen sıcaklık değerlerine göre; paralel bağlı durumda yukarıdaki ifade, zıt bağlı durumda ise (Soğuk akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları yer değiştirdiğinden) bu ifadenin  $T_{C2}$  ve  $T_{C1}$  'in birbiriyle yer değiştirmiş ifadesi kullanılmalıdır.

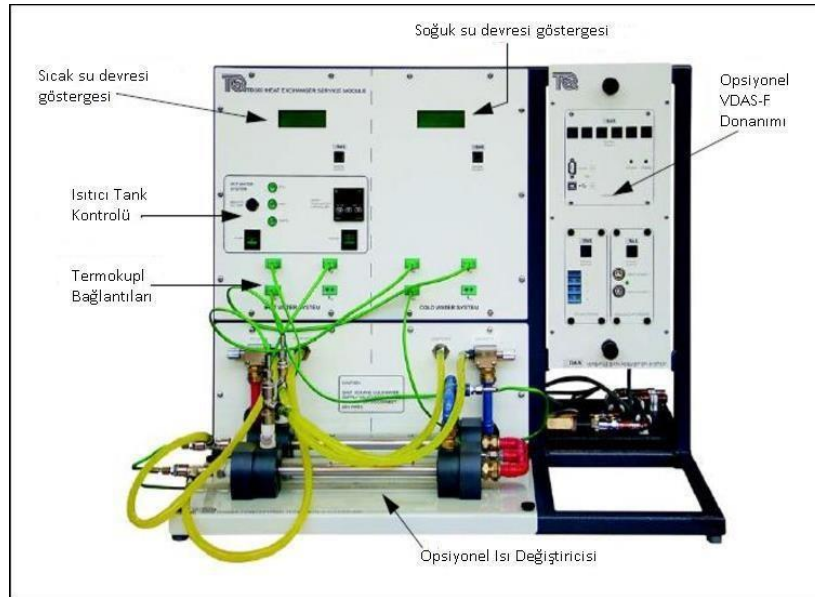
### 3.4.7 Isı Değiştiricisinde Isı Transfer Katsayısı (U)

Duvar ve sınır tabakalar için genel ısı transfer katsayısıdır. Isı değiştiricisinin ne kadar iyi çalıştığının bir ölçüsüdür. İyi bir ısı değiştirici yüksek bir değere sahiptir, dolayısıyla bu değer mühendisler için önemlidir. Isı değiştiricisi için bu ifade logaritmik sıcaklık farkı ile birlikte aşağıdaki gibidir:

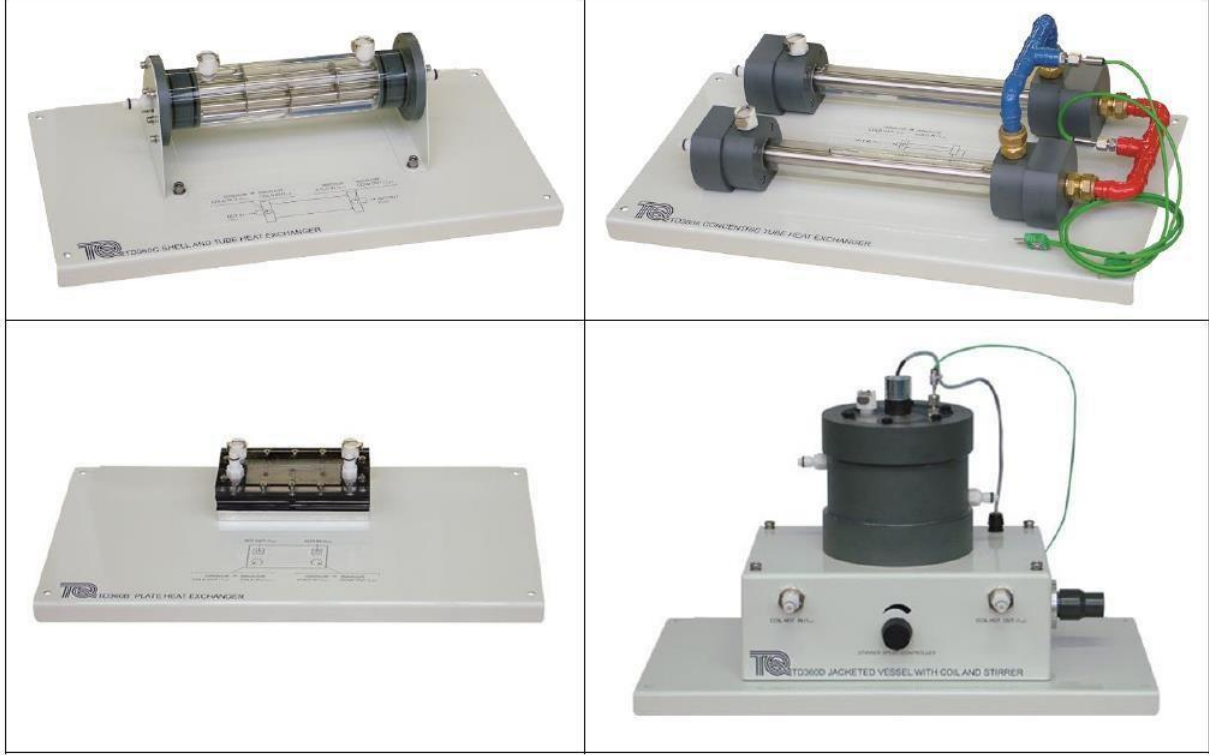
$$U = \frac{Q}{A * LMTD}$$

## 4. DENEYİN YAPILIŞI

Deney düzeneği; ısı değiştiricisinin dışında elektrik bağlantıları, soğuk su besleme ve boşaltma sistemi ve düzenek arkasında bulunan sıcak su sağlayan tanktan oluşmaktadır. Ayrıca akış debisi ölçümü için sıcak ve soğuk suya ait sensörler mevcuttur. Soğuk su şehir şebekesinden doğrudan muslukla sağlanırken, sıcak su ise elektrikli ısıtıcı tanktan pompa yardımıyla sağlanmaktadır. Sıcak ve soğuk su debileri manuel vanalar yardımı ile el ile istenilen debiye ayarlanabilmektedir. Tüm sıcaklık ve debi değerleri dijital ekrandan okunabilmektedir.



Şekil 10. Deney düzeneği genel görüntüsü



**Şekil 11.** Çeşitli Tiplerde Isı Değiştiricileri ( Shell and Tube, Concentric Tube, Plate, Jacketed Vessel with Coil and Stirrer )

#### 4.1 DENEY I- DEĞİŞEN AKIŞ HIZININ ETKİSİ

##### ❖ Amaç

Farklı soğuk akış hızlarının paralel ve ters akış durumunda ısı değiştirici performansını nasıl etkilediğini göstermek. Bu deney sonunda 4 grafik elde edilecektir.

##### ❖ Deneyin Yapılışı (Paralel Akış)

- Yoğunluk ve özgül ısı değişiminin olmadığını kabul ediniz.
- Isı değiştiricisini paralel akış için sisteme bağla ve ısıtıcı tankı sıcaklığını  $60^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlayınız.
- Ortam sıcaklığını referans olması için termometre ile ölçünüz.
- Tablo 1' de test 1 için gösterilen sıcak ve soğuk akış hızlarını ayarlamak için elle akış kontrol vanalarını kullanınız.
- Isı değiştirici sıcaklığının dengeye gelmesi için en az 5 dakika bekleyiniz.

- Sıcak ve soğuk devre sıcaklıklarını kaydediniz.

❖ Deneyin Yapılışı (Ters Akış)

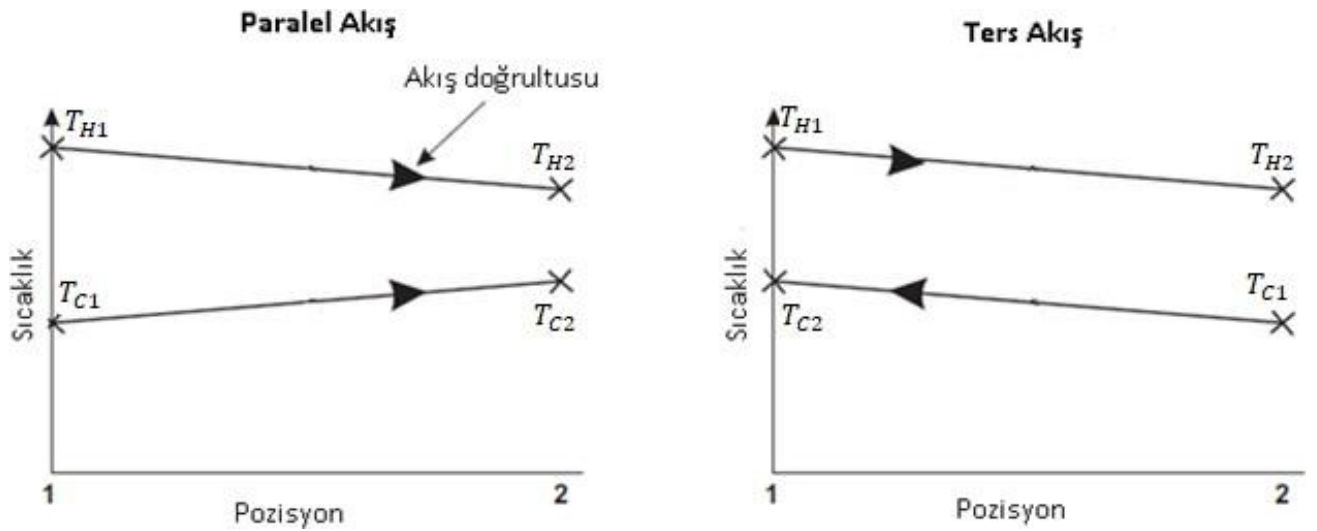
- Yoğunluk ve özgül ısı değişiminin olmadığını kabul ediniz.

- Isı değiştiricisini ters akış için sisteme bağlayıp ve paralel akış için yapılan prosedürü tekrarlayınız.

❖ Sonuçların Analizi

- Paralel ve ters akışta 0.5 ve 3.0 L/dk. debileri için aşağıdaki karakteristik grafikleri elde ediniz

( Toplam 4 grafik (2 Paralel-2 Ters)). Elde edilen grafikleri yorumlayınız. Akış yönünün değiştirilmesinin ısı transferi üzerine etkisini inceleyiniz.



Şekil 12. Ters ve Paralel Akış grafik örnekleri

## 4.2 DENEY II- DEĞİŞEN SICAKLIĞIN (İTİCİ GÜÇ) ETKİSİ

### ❖ Amaç

Farklı sıcak su uygulama sıcaklığının paralel ve ters akış durumunda ısı değiştirici performansını nasıl etkilediğini göstermek. Bu Deney Sonunda 4 grafik elde edilecektir.

### ❖ Deneyin Yapılışı (Paralel Akış)

- Yoğunluk ve özgül ısı değişiminin olmadığını kabul ediniz.
- Isı değiştiricisini paralel akış için sisteme bağlayınız ve ısıtıcı tankı sıcaklığını 30°C'ye ayarlayınız.
- Ortam sıcaklığını referans olması için termometre ile ölçünüz.
- Tablo 3'de gösterilen sıcak ve soğuk akış hızlarını ayarlamak için elle akış kontrol vanalarını kullanınız.
- Isı değiştiricisi sıcaklığının dengeye gelmesi için en az 5 dakika bekleyiniz.
- Sıcak ve soğuk devre sıcaklıklarını kaydediniz.

### ❖ Deneyin Yapılışı (Ters Akış)

- Yoğunluk ve özgül ısı değişiminin olmadığını kabul ediniz.
- Isı değiştiricisini ters akış için sisteme bağlayıp ve paralel akış için yapılan prosedürü tekrarlayınız.

### ❖ Sonuçların Analizi

- Paralel ve ters akışta 30°C ve 60°C sıcak su giriş sıcaklıkları için aşağıdaki karakteristik grafikleri elde ediniz ( Toplam 4 grafik (2 Paralel 2 Ters) ). Elde edilen grafikleri yorumlayınız. Akış yönünün değiştirilmesinin ısı transferi üzerine etkisini inceleyiniz.

**TABLO 1**

Isı Değiştirici : Shell and Tube Heat Exchanger  
Bağlantı Őekli : Paralel Akış  
Ortam Sıcaklığı : 22 °C

Isıtıcı Tank Sıcaklığı : 60 °C  
Ortalama Isı Transfer Alanı : 0,02 m<sup>2</sup>

Test	Sıcak Akışkan (L/dak)	Soğuk Akışkan (L/dak)	$T_{H1}$	$T_{H2}$	$T_{Hort}$	$\Delta T_H$	$T_{C1}$	$T_{C2}$	$T_{Cort}$	$\Delta T_c$	$\eta_H$	$\eta_c$	$Q_{\acute{e}}$	$Q_{\acute{a}}$	$CEB$	$\bar{\eta}$	$LMTD$	$U$
1	3	3																
2	3	0.5																

**TABLO 2**

Isı Değiştirici : Shell and Tube Heat Exchanger  
Bağlantı Őekli : Ters Akış  
Ortam Sıcaklığı : 22 °C

Isıtıcı Tank Sıcaklığı : 60 °C  
Ortalama Isı Transfer Alanı : 0,02 m<sup>2</sup>

Test	Sıcak Akışkan (L/dak)	Soğuk Akışkan (L/dak)	$T_{H1}$	$T_{H2}$	$T_{Hort}$	$\Delta T_H$	$T_{C1}$	$T_{C2}$	$T_{Cort}$	$\Delta T_c$	$\eta_H$	$\eta_c$	$Q_{\acute{e}}$	$Q_{\acute{a}}$	$CEB$	$\bar{\eta}$	$LMTD$	$U$
1	3	3																
2	3	0.5																

**TABLO 3**

Isı Değiştirici : Shell and Tube Heat Exchanger  
Bağlantı Őekli : Paralel Akış  
Ortam Sıcaklığı : 22 °C

Sıcak Akış Debisi : 3 L/dak.  
Soğuk Akış Debisi : 2 L/dak.  
Ortalama Isı Transfer Alanı : 0,02 m<sup>2</sup>

Test	Isıtıcı Sıcaklığı °C	$T_{H1}$	$T_{H2}$	$T_{Hort}$	$\Delta T_H$	$T_{C1}$	$T_{C2}$	$T_{Cort}$	$\Delta T_c$	$\eta_H$	$\eta_c$	$Q_e$	$Q_a$	CEB	$\bar{\eta}$	LMTD	U
1	30																
2	60																

**TABLO 4**

Isı Değiştirici : Shell and Tube Heat Exchanger  
Bağlantı Őekli : Ters Akış  
Ortam Sıcaklığı : 22 °C

Sıcak Akış Debisi : 3 L/dak.  
Soğuk Akış Debisi : 2 L/dak.  
Ortalama Isı Transfer Alanı : 0,02 m<sup>2</sup>

Test	Isıtıcı Sıcaklığı °C	$T_{H1}$	$T_{H2}$	$T_{Hort}$	$\Delta T_H$	$T_{C1}$	$T_{C2}$	$T_{Cort}$	$\Delta T_c$	$\eta_H$	$\eta_c$	$Q_e$	$Q_a$	CEB	$\bar{\eta}$	LMTD	U
1	30																
2	60																



## 5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

Deney raporunun bir kapak sayfası olmalıdır. Deney raporu aşağıdaki içeriğe uygun olarak hazırlanmalıdır.

- Deney 1 için; 2 tablo 4 grafik
- Deney 2 için; 2 tablo 4 Grafik

toplam 4 tablo 8 grafik elde edilmelidir. Rapor içeriği aşağıdaki sıralama gibi olmalıdır.

### ➤ Giriş

Burada genel ısı değıştiriciler hakkında bilgi verilmeli ve deneyin amacı açıklanmalıdır.

### ➤ Ölçümler

Ölçüm verilerinin kaydedildiği tablo sunulmalıdır.

### ➤ Hesaplamalar ve değerlendirmeler

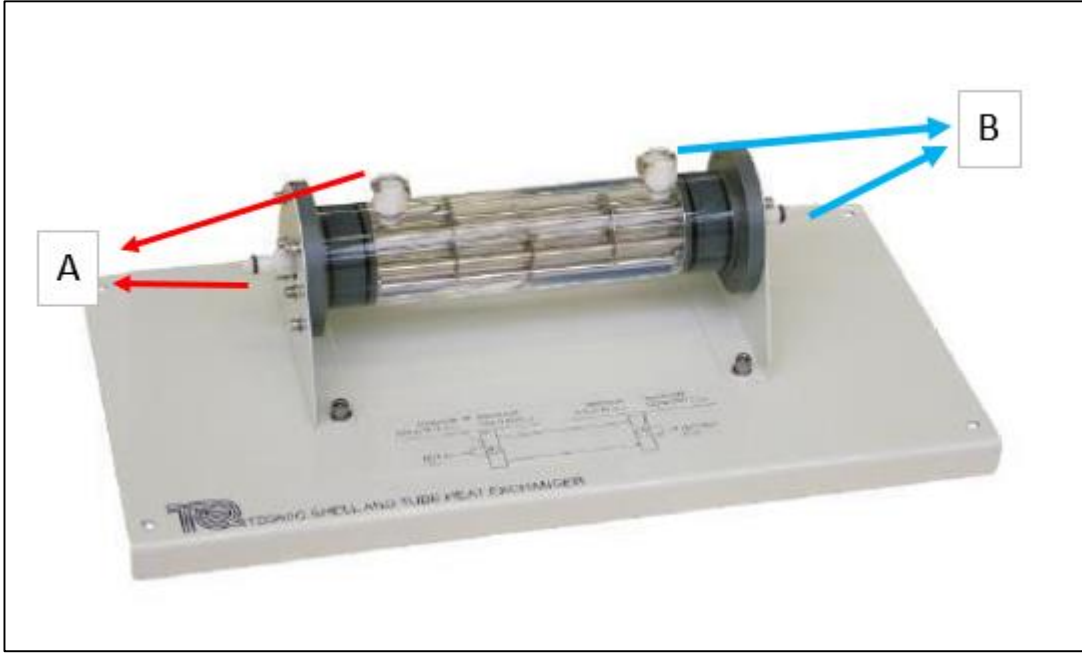
Ölçüm değerlerine göre istenilen değerler hesaplanıp yukarıda yer alan tabloya kaydedilmelidir. Ayrıca her bir tablonun altına talep edilen grafikler çizilmelidir. Grafik çizimleri için excel kullanılabilir.

### ➤ Sonuçlar ve yorumlar

Burada deneyler ve hesaplamalarla ilgili yorumlar yapılmalıdır. Elde edilen LMTD, ısı transfer katsayısı ve verim değerlerindeki değışimleri yorumlamanız istenmektedir.

### ➤ Yorum sorusu

- 1- Hangi koşullar altında ısı değıştiricideki soğuk akışkanın sıcaklık artışı, sıcak akışkanın sıcaklık düşüşüne eşit olur?
- 2- Aynı yönlü akış ve zıt yönlü akış olan 2 adet ısı eşanjörü düşünün. Eşanjörlerin giriş ve çıkış sıcaklıklarının aynı olduğu kabul edilmektedir. Eşanjörlerin her iki ucundaki akışkanların (Şekil-13'teki A ve B uçları) sıcaklık ortalamaları arasındaki farkın hangi ısı eşanjör tipinde minimum olduğunu **şekil çizerek** açıklayınız.



Şekil-13: Isı değiştirici