



**T.C.**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**BÖLÜMÜ**

**ISI TRANSFER LABORATUVARI**

**SUDAN SUYA TÜRBÜLANSLI AKIŞ ISI**

**DEĞİŞTİRİCİSİ**

## 1. DENEYİN AMACI:

Bir ısı değiştiricide paralel ve zıt türbülanslı akış koşullarında ısı transfer miktarının, logaritmik ortalama sıcaklık farkının, toplam ısı transfer katsayısının ve ısı değiştiricinin etkinliğinin farklı akışkan debilerinde değişiminin incelenmesi

## 2. TEORİ:

Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden biri, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı cihazlar, ısı değiştirici ve eşanjör olarak adlandırılmakta olup pratikte termik santrallerde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıtlarda, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında ısı depolanması vb. birçok yerde bulunabilmektedir. Isı değiştiricileri birçok şekilde sınıflandırılabilir. Akış şekillerine göre ısı değiştiricileri: Paralel Akımlı, Zıt Akımlı, Çapraz Akımlı.

Isı değiştiricilerin çözümlemesinde iki yöntem vardır: 1. Logaritmik ortalama sıcaklık farkı yöntemi (Log mean temperature difference method, LMTD): Isı değiştirici seçiminde çok iyi sonuç verir. 2.  $\epsilon$ -NTU yöntemi, Isı transfer ünite sayısı (Effectiveness-Number of transfer unit): Çıkış sıcaklıklarının tahmininde çok iyi sonuç verir. Isı değiştiricilerde bu yöntemleri kullanırken bazı kabuller yapmak gerekir. Bu kabuller: kararlı akış koşulları; her bir akışkanın kütleli akış hızı sabit olduğu; akışkan özellikleri (giriş ve çıkış için değişmemekte); her bir akışkanın  $C_p$  değeri sabittir (belirli bir sıcaklık aralığı için); kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilebilir; boru boyunca eksenel yönde ısı iletimi ihmal edilebilir; ısı değiştiricinin dış yüzeyi mükemmel izolasyona sahip (ortama herhangi bir ısı kaybı yok); tüm ısı transferi yalnızca iki sıvı arasında gerçekleşmektedir.

Bir ısı değiştirici genellikle katı duvarla ayrılmış iki akışkanın akışını içerir. Isı önce sıcak akışkandan duvara taşınım ile, duvarda iletim ile ve duvardan soğuk akışkana yine taşınım ile transfer edilir. Işınım etkileri genellikle taşınım ısı transferi katsayılarına dâhil edilir. Isı değiştiricilerin taşınım ile ısı transferini etkileyen pek çok etken, teorik çözümü imkânsız kılar. Bununla birlikte deney araştırmaları ile birlikte boyut analizleri bu konudaki sorunların kolaylıkla çözümüne imkân verir. Genelde kullanılan bağıntılar  $Nu=f(Re,Pr,Gr)$ . Zorlanmış taşınımda önemsiz etkenler ( $Gr$ ) ihmal edilebilir. Türbülanslı akışta, düzgün kesitli kanallarda en iyi bilinen bağıntı;  $Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n$  (akışkanın ısıtılmasında  $n=0.4$  ve soğutulmasında  $0.3$ ).

İki akışkan arasındaki sıcaklık farkı girişte  $\Delta T_1$ ’den çıkışta  $\Delta T_2$ ’ye kadar azalır. Dolayısıyla, ortalama sıcaklık farkı olarak  $\Delta T_{ort} = \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2}$  aritmetik ortalama sıcaklığını kullanmak cazip gelebilir. Isı değiştirici boyunca akışkanların gerçek sıcaklık profilleri izlenerek elde edilen  $\Delta T_{lm}$  logaritmik ortalama sıcaklık farkı, sıcak ve soğuk akışkanlar arasındaki ortalama sıcaklık farkının tam ifadesidir. Bu gerçekten yerel sıcaklık farkının üstel azalmasını yansıtır. Akışkanın iki akışı arasındaki ortalama logaritmik sıcaklık farkı;

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,giriş} - T_{c,çıkış}) - (T_{h,çıkış} - T_{c,giriş})}{\ln[(T_{h,giriş} - T_{c,çıkış}) / (T_{h,çıkış} - T_{c,giriş})]}$$

Isı transfer miktarı;

$$\dot{Q} = UA_s \Delta T_{lm}$$

Sıcak akışkandan olan ısı transfer miktarının soğuk akışkana olan ısı transfer miktarına eşit olması gerekir;

$$\dot{Q} = \dot{m}_{soğuk} c_p (T_{c,çıkış} - T_{c,giriş})$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_{sıcak} c_p (T_{h,giriş} - T_{h,çıkış})$$

Burada soğuk ve sıcak akışkandaki ısı transfer miktarının teoride aynı olması beklenirken pratikte gözlem veya ölçüm cihazı hatasından, sistemin dengeye ulaşması için yeterince beklenmemesinden veya odadaki ısı kayıplarından dolayı aynı olmaması normal karşılanır.

Borunun iç yüzeyi ve sıcak akışkan arasındaki yüzey ısı transfer katsayısı;

$$h_i = \frac{\dot{Q}}{A_i \Delta T_{ln}}$$

Borunun dış yüzeyi ve soğuk akışkan arasındaki yüzey ısı transfer katsayısı;

$$h_o = \frac{\dot{Q}}{A_o \Delta T_{ln}}$$

Sıcak ve soğuk akışkanların giriş çıkış sıcaklıkları ve kütle debileri belliyse belirli çıkış sıcaklıklarını gerçekleştirecek ısı değiştiricinin boyutunu bulmak için ortalama logaritmik sıcaklık farkı yöntemi çok uygundur. Isı değiştiricinin tipi ve boyutu belirli ise ısı transfer miktarının ve belirli kütle debileri ve giriş sıcaklıkları için sıcak ve soğuk akışkanların çıkış sıcaklıklarının bulunması için en kolay ve uygun yöntem etkinlik-NTU yöntemidir. Bu yöntem aynı zamanda ısı değiştiricisinin performansını da belirler.

Isı transfer etkinliği  $\varepsilon$  olarak tanımlanan bir boyutsuz parametreye dayanan yöntem şöyle tanımlanır;

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{Q_{maks}} = \frac{\text{Gerçek ısı transfer miktarı}}{\text{Olabilecek en yüksek ısı transfer miktarı}}$$

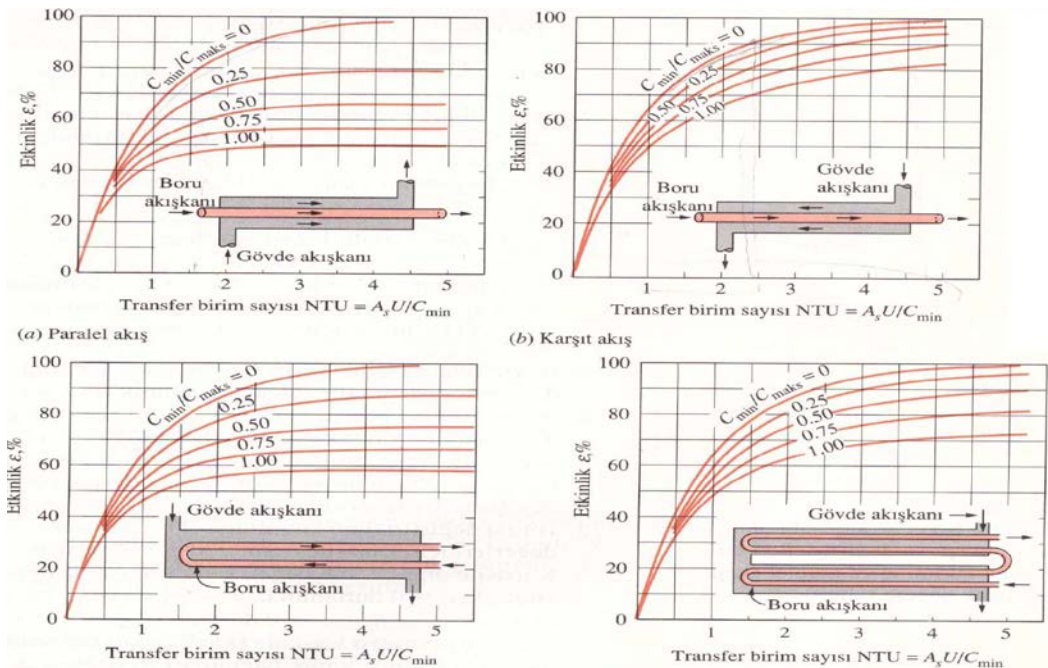
$$C_{soğuk} = \dot{m}_{soğuk} c_{p,soğuk}$$

$$C_{sıcak} = \dot{m}_{sıcak} c_{p,sıcak}$$

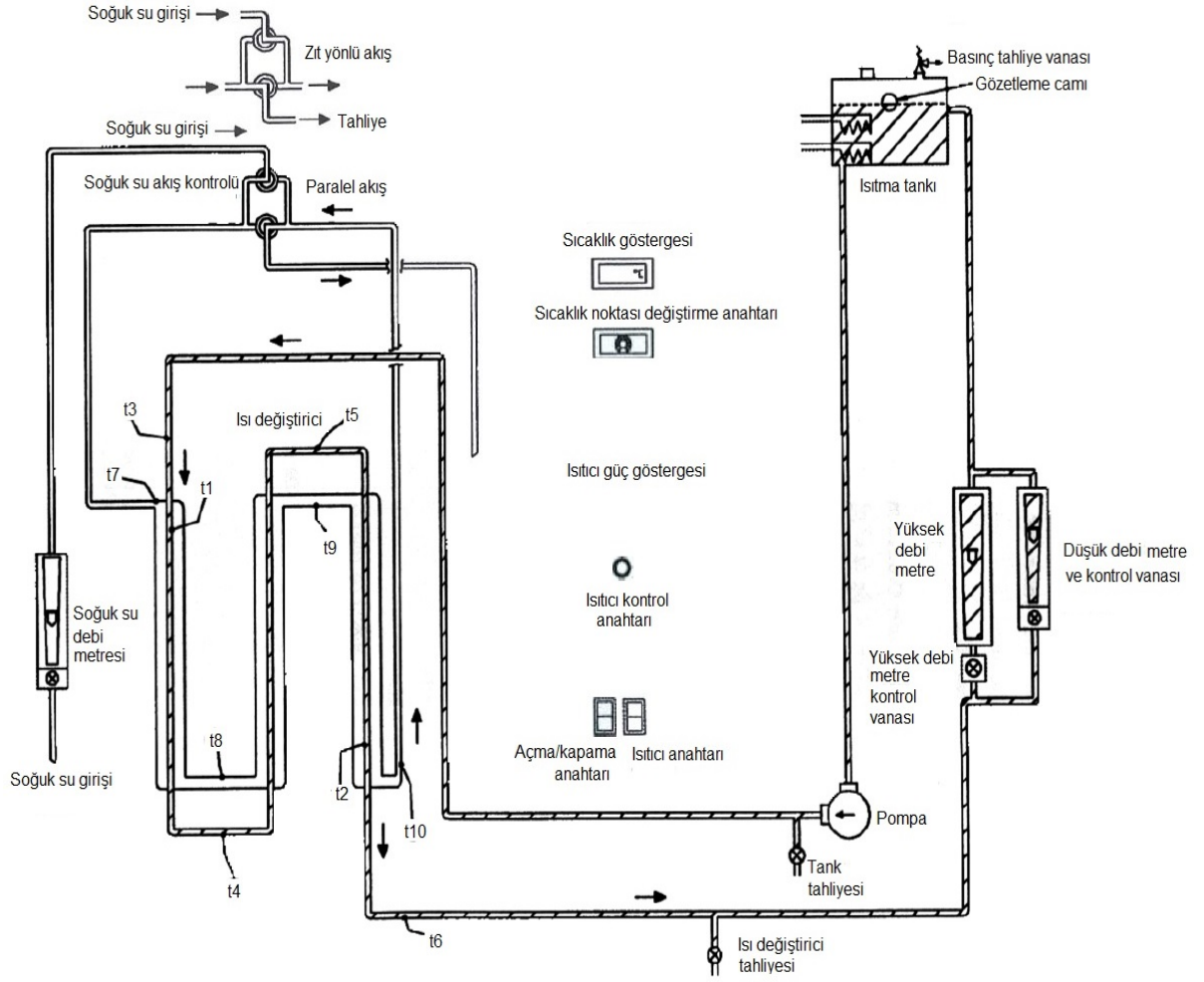
$$Q_{maks} = C_{min}(T_{h,giriş} - T_{c,giriş})$$

Isı değiştiricisinin etkinlik bağıntıları;

$$NTU = \frac{UA_s}{C_{min}}$$



### 3. DENEY DÜZENİĞİ:



Cihaz boyutları

Ana (iç) Boru

Malzeme=Bakır

Dış çap ( $d_o$ ) = 9.5mm

İç çap ( $d_i$ ) = 7.9mm

Etkin uzunluk = 3 x 350mm

Dış ısı transfer alanı  $A_o$  = 0.031m<sup>2</sup>

İç ısı transfer alanı  $A_i$  = 0.0261m<sup>2</sup>

Ortalama ısı transfer alanı  $A_m$  = 0.0288m<sup>2</sup>

Akış alanı  $S_i$  = 49 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>

Dış Boru

Malzeme=Bakır

Dış çap = 12.7mm

İç çap = 11.1mm

Dairesel halka akış alanı  $S_o$  = 25.9 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>

Suyun özgül ısı kapasitesi

$C_p$  = 4.18 kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> at 40°C  
4.22 kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> at 100°C

#### 4. DENEYİN YAPILIŞI:

- Cihazı üzerinde bulunan paralel ve zıt akış ayarlama kolunu kullanarak istenilen akış düzenine getiriniz.
- Şebekeye bağlı su kaynağını ve soğuk su debimetresini istenilen debiye getirerek açınız. Cihaz elektrik bağlantısını yaparak ana elektrik düğmesini çalıştırınız.
- Düşük debimetre vanasını kapatarak yüksek debimetre vanasını tamamıyla açınız.
- Isıtıcı düğmesini tamamıyla açarak, ısıtıcı kontrolünü ayarlayınız.
- $t_5$  sıcaklığı 70 °C ulaşınca kadar bekleyiniz.
- Sıcak su sıcaklığı istenilen değere ulaştığında ( $t_3 = 75 - 80$  °C) yüksek veya düşük akış kontrol vanasını istenen su akış debisine ayarlayınız.
- Sistemin belirlenen debide dengeye gelmesi için bir süre bekleyip daha sonra sıcaklık değerlerini aşağıdaki tabloyu kullanarak not ediniz.
- İstenilen farklı debiler için yukarıdaki adımları tekrarlayın.

GÖZLEM ÇİZELGESİ						
	PARALEL AKIŞ			ZİT AKIŞ		
Sıcak su gösterge akışı $v_i$ (l/min)						
Sıcak su kütleli debisi $m_i$ (kg/s)						
Soğuk su kütleli debisi $m_o$ (kg/s)						
t1						
t2						
t3						
t4						
t5						
t6						
t7						
t8						
t9						
t10						

#### 5. HESAPLAMALAR:

- Isı değiştiricide içteki ve dıştaki boruların taşınım ısı transfer katsayılarını ( $h_i$  ve  $h_o$ ) hesaplayınız.
- Isı değiştiricide sıcak akışkandan soğuk akışkana olan ısı transfer miktarını, logaritmik ortalama sıcaklık farkını, toplam ısı transfer katsayısını hesaplayınız.
- Logaritmik ortalama sıcaklık farkı yöntemini kullanarak ısı değiştiricinin gerekli uzunluğunu ve sıcak ve soğuk suyun giriş sıcaklıklarını hesaplayarak ölçülen değerlerle kıyaslayınız.
- Etkinlik NTU yöntemini kullanarak ısı değiştiricisinin etkinliğini hesaplayınız.
- Her bir farklı debi değeri için etkinlik-ntu yöntemini kullanarak etkinlik hesabı yaparak debi değişimi-etkinlik grafiğini çiziniz. Grafikte debi değişiminin etkinliği nasıl değiştirdiğini açıklayınız.
- Paralel veya zıt akış için sadece bir deneyde aldığınız sıcaklık değerlerini kullanarak sıcak akışkan ve soğuk akışkanın sıcaklık değişimi grafiğini çiziniz ve yorumlayınız.

Not: Hesaplamaları yaparken kullanacağınız gerekli sabitleri ve tabloları Isı Transferi kitaplarından alınız.