



DENEYSAN EĞİTİM CİHAZLARI
Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.

HT-330 DOĞAL VE ZORLANMIŞ ISI TRANSFERİ EĞİTİM SETİ

DENEY FÖYLERİ



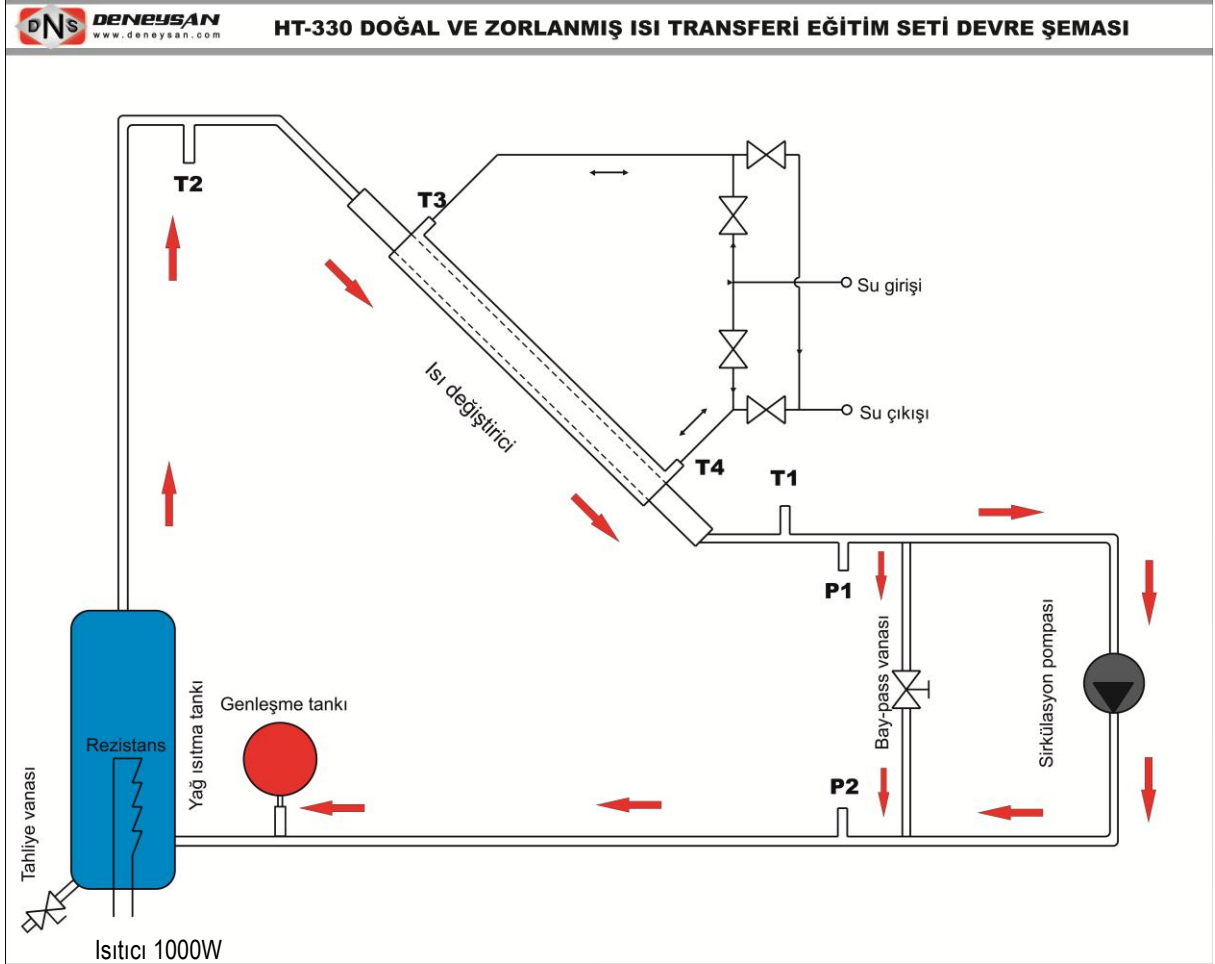
Yeni Sanayi sitesi 12 Ekim Cad. 52.Sok. No:18A BALIKESİR
Tel:0266 2461075 Faks:0266 2460948
<http://www.deneysan.com> mail: deneysan@deneysan.com

BALIKESİR-2017

İçindekiler

HT-330 DOĞAL VE ZORLANMIŞ ISI TRANSFERİ EĞİTİM SETİ ŞEMASI.....	3
MALZEME LİSTESİ.....	3
ISI DEĞİŞTİRGEÇLERİ	4
Karşıt Akışlı Isı Değiştirgeci.....	7
KONTROL MENÜSÜ	10
DENEYLER	13
DENEY NO: HT-330-01	13
Basit iç içe borulu ısı değiştiricide paralel ve karşı akışlı ısı geçişinin gösterilmesi ...	13
DENEY NO: HT-330-01	16
Isı değiştiricide doğal ve zorlanmış akışta enerji dengesinin hesaplanması	16
DENEY NO: HT-330-01	18
Yağ ve su tarafındaki toplam ısı transfer katsayısının hesaplanması	18
DENEY NO: HT-330-01	20
Nusselt ve Graetz sayılarının deneysel olarak hesaplanması	20
DENEY NO: HT-330-01	25
İç içe ısı değiştiricide toplam ısı geçirgenlik katsayısının debiye bağlı olarak değişiminin incelenmesi	25

1) HT-330 DOĞAL VE ZORLANMIŞ ISI TRANSFERİ EĞİTİM SETİ ŞEMASI



2) MALZEME LİSTESİ

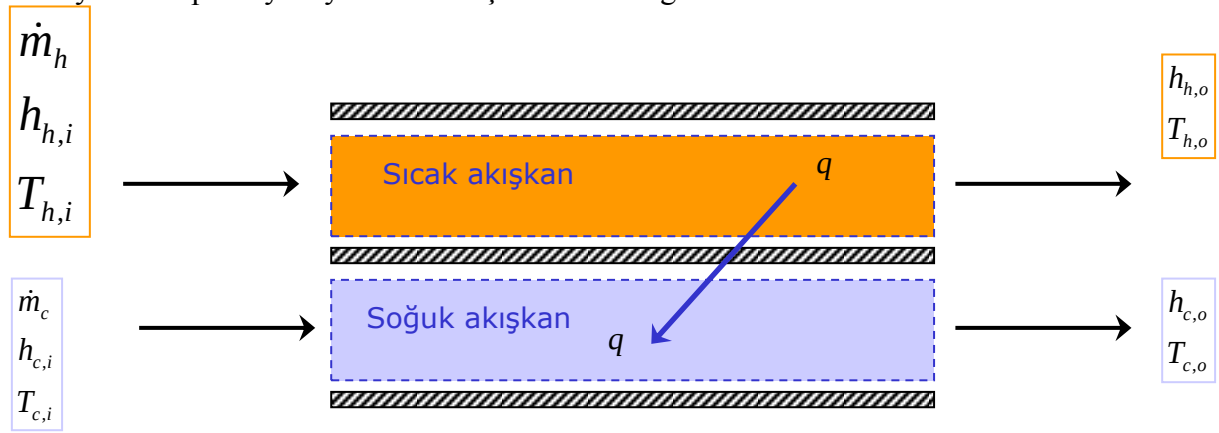
S.NO	MALZEMENİN ADI	ADEDİ	ÖZELLİĞİ
1	Sirkülasyon pompası	1	CALPEDA NC3 25-60
2	Yağ ısıtma tankı	1	Özel yapım 3,5 litre
3	Elektrikli ısıtıcı	1	1000 W
4	Isı değiştirici	1	HE 4.0
5	PLC kontrol cihazı	1	Delta
6	Sıcaklık sensörü	4	PT100
7	Çoklu sıcaklık göstergesi	1	LCD 5 inç panel

3) ISI DEĞİŞTİRGEÇLERİ

Farklı sıcaklıklarda rijit bir duvarla ayrılmış iki akışkan arasındaki ısı değişimi prosesleriyle mühendislikte birçok uygulamada karşılaşılır. Bu ısı değişimini temin eden cihaza ısı değiştirgeci denir.

Isı değiştirgeci analizi

Bir ısı değiştirgeci dizayn edilmek veya performansı tahmin edilmek istendiğinde, birim zamandaki toplam ısı transfer miktarını – akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları, karma ısı transfer katsayısı ve toplam yüzey alanı ile ilişkilendirmek gerekecektir.



Enerji dengesi bağıntısı sisteme uygulanarak böyle bir bağıntı elde edilebilir.

$$q = \dot{m}_h (h_{h,i} - h_{h,o}) \quad \text{Sıcak akışkan}$$

$$q = \dot{m}_c (h_{c,o} - h_{c,i}) \quad \text{Soğuk akışkan}$$

burada h akışkan entalpisini göstermektedir. Sabit özgül ısılar kabulü ile:

$$q = \dot{m}_h c_{p,h} (h_{h,i} - h_{h,o}) \quad \text{Sıcak akışkan}$$

$$q = \dot{m}_c c_{p,c} (h_{c,o} - h_{c,i}) \quad \text{Soğuk akışkan}$$

yazılabilir. Diğer faydalı bir ifade birim zamandaki toplam ısı transferini, sıcak ve soğuk akışkan sıcaklıkları farkı ΔT ye bağlı olarak veren bir ifade olabilir. Bu halde:

$$\Delta T \equiv T_h - T_c$$

Bu ifade Newton soğuma kanununun uygulandığı bir durum olmalıdır. Tek bir transfer katsayısı, h yerine bu durumda karma ısı transfer katsayısı, U kullanılacaktır. ΔT ısı değiştirgecinde bulunan pozisyon ile değişeceğinden dolayı ortalama bir sıcaklık farkı göz önüne alınmalıdır.

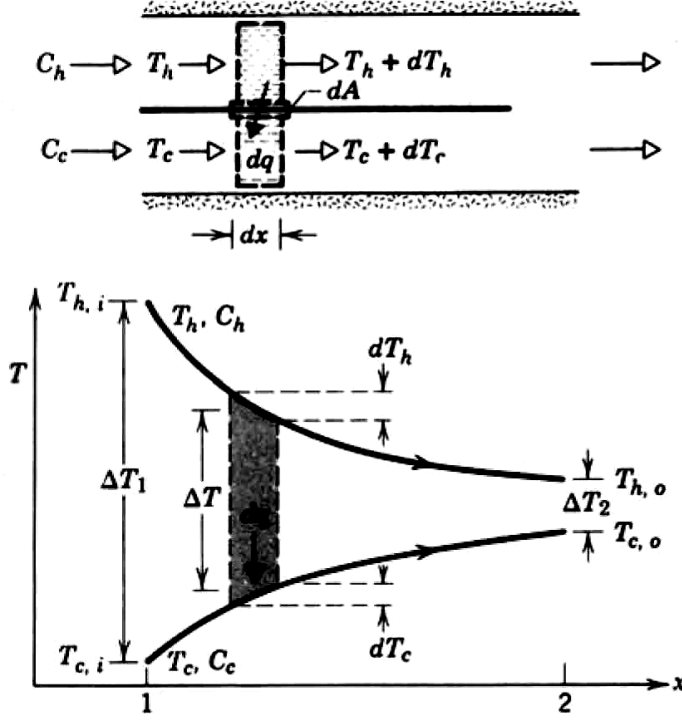
$$q = UA \Delta T_m$$

q için geliştirilen bu iki ifade yardımıyla ısı değiştirgeci analizi yapılabilir. ΔT_m için uygun bir şekil geliştirilmelidir.

Logaritmik ortalama sıcaklık farkı ile ısı değiştirgeci analizi

Isı değiştirgeçleri sıcak ve soğuk akışkanların aynı yönde (paralel akış) ve zıt yönde (karşıt akış) hareketlerine göre temel olarak sınıflandırılırlar.

Paralel akışlı ısı değiştirgeci



ΔT sıcaklık farkı başlangıçta büyüktür, ancak x ' in artmasıyla hızlı bir şekilde düşer ve asimptotik olarak 0' a yaklaşır. Bu tip bir ısı değiştirgeci için soğuk akışkanın çıkış sıcaklığı sıcak akışkanın çıkış sıcaklığını aşamaz.

Burada:

$$T_{h,i} = T_{h,1}, \quad T_{h,o} = T_{h,2}$$

$$T_{c,i} = T_{c,1}, \quad T_{c,o} = T_{c,2}$$

DTm için sıcak ve soğuk akışkanların diferansiyel elemanlarına enerji dengesi uygulanabilir. Her elemanın uzunluğu dx ve ısı transfer yüzey alanı dA olsun. cp,c , cp,h ve U için ortalama değerler alınırsa:

$$dq = -\dot{m}_h c_{p,h} dT_h \equiv -C_h dT_h$$

$$dq = \dot{m}_c c_{p,c} dT_c \equiv C_c dT_c$$

yazılabilir. Burada Ch ve Cc sıcak ve soğuk akışkan ısı kapasiteleridir. dA yüzey alanından ısı transferi için:

$$dq = U \Delta T dA$$

yazılabilir. Lokal sıcaklık farkı: $\Delta T = T_h - T_c$ olmak üzere, enerji dengesi ifadeleri yerine konursa:

$$d(\Delta T) = dT_h - dT_c = -dq \left(\frac{1}{C_h} + \frac{1}{C_c} \right)$$

$$\int_1^2 \frac{d(\Delta T)}{\Delta T} = -U \left(\frac{1}{C_h} + \frac{1}{C_c} \right) \int_1^2 dA$$

$$\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = -UA \left(\frac{1}{C_h} + \frac{1}{C_c} \right)$$

C_h ve C_c değerleri için:

$$\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = -\frac{UA}{q} [(T_{h,i} - T_{c,i}) - (T_{h,o} - T_{c,o})]$$

$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,i}$ ve $\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,o}$ olduğundan

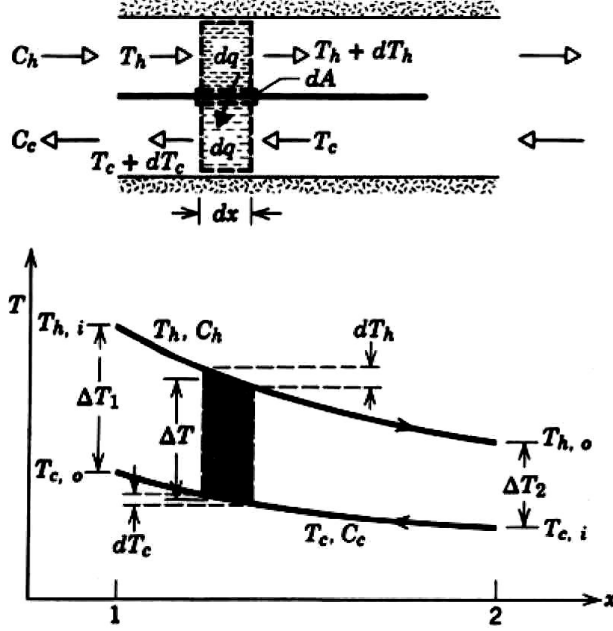
$$q = UA \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} \text{ bulunur.}$$

Sonuçlar özet halinde verilirse:

$$\begin{aligned} q &= UA \Delta T_{lm} \\ \Delta T_{lm} &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \\ \Delta T_1 &\equiv T_{h,1} - T_{c,1} = T_{h,i} - T_{c,i} \\ \Delta T_2 &\equiv T_{h,2} - T_{c,2} = T_{h,o} - T_{c,o} \end{aligned}$$

4) KARŞIT AKIŞLI ISI DEĞİŞTİRGEÇİ

Bu tip bir ısı değıştirmegeci için soğuk akışkanın çıkış sıcaklığı sıcak akışkanın çıkış sıcaklığını aşabilir.



$$q = UA\Delta T_{lm}$$

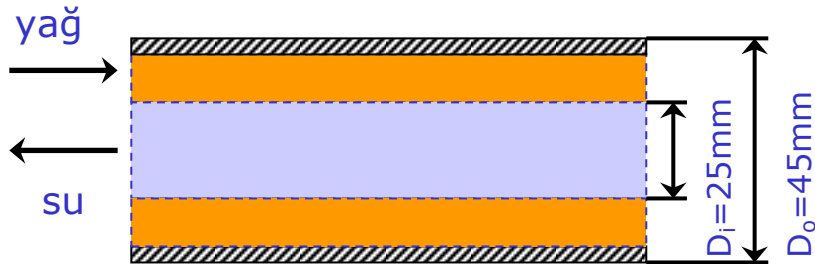
$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

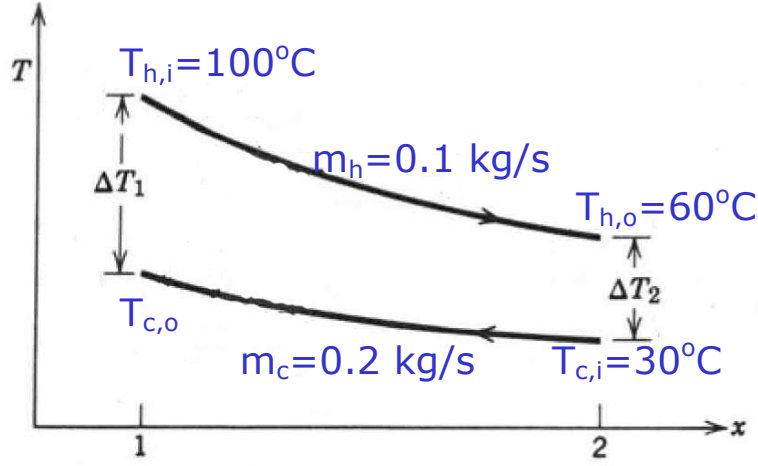
$$\Delta T_1 \equiv T_{h,1} - T_{c,1} = T_{h,i} - T_{c,o}$$

$$\Delta T_2 \equiv T_{h,2} - T_{c,2} = T_{h,o} - T_{c,i}$$

Problem

Zıt akışlı, eşmerkezli bir ısı değıştirici bir gaz türbininin yağlama yağını soğutmak için kullanılmaktadır. İç borudan ($D_i=25$ mm) akan soğutma suyunun debisi 0.2 kg/s' dir. Boru dışından ($D_o=45$ mm) akan yağlama yağının debisi 0.1 kg/s' dir. Yağ ve suyun giriş sıcaklıkları 100 °C ve 30 °C' dir. Yağ çıkış sıcaklığının 60 °C olması için boru uzunluğu ne olmalıdır?





Verilenler:

80°C'da yağ: $c_p = 2131 \text{ J/kgK}$, $m = 3.25 \times 10^{-2} \text{ Ns/m}^2$, $k = 0.138 \text{ W/mK}$

35°C'da su : $c_p = 4178 \text{ J/kgK}$, $m = 725 \times 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$, $k = 0.625 \text{ W/mK}$, $Pr = 4.85$

Birim zamanda gerekli ısı transfer miktarı:

$$q = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o})$$

$$q = 0.1 \times 2131 \times (100 - 60) = 8524 \text{ W}$$

$$q = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o})$$

$$T_{c,o} = \frac{q}{\dot{m}_c c_{p,c}} + T_{c,i} = \frac{8524}{0.2 \times 4178} + 30 = 40.2$$

Gerekli ısı değiştirgeci uzunluğu için:

$$q = UA \Delta T_m$$

$$A = \pi D_i L$$

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln \left[\frac{(T_{h,i} - T_{c,o})}{(T_{h,o} - T_{c,i})} \right]} = \frac{59.8 - 30}{\ln(59.8/30)} = 43.2 \text{ C}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} \right)}$$

Reynolds sayısı,

$$\dot{m} = \rho A u_m$$

$$Re_D = \frac{4 \dot{m}_c}{\pi D_i \mu} = \frac{4 \times 0.2}{\pi \times 0.025 \times 725 \times 10^{-6}} = 14050 \text{ akış türbülanslıdır.}$$

$$\text{Nu}_D = 0.023 \text{Re}_D^{4/5} \text{Pr}^{0.4}$$

$$\text{Nu}_D = 0.023 \times 14050^{4/5} \times 4.85^{0.4} = 90$$

$$h_i = \text{Nu}_D \frac{k}{D_i} = \frac{90 \times 0.625}{0.025} = 2250 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Yağ boru dışından aktığı için hidrolik çap değeri göz önüne alınır.

$$D_h = D_o - D_i = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{Re}_D = \frac{\rho u_m D_h}{\mu} = \frac{\rho (D_o - D_i)}{\mu} \frac{\dot{m} h}{\rho \pi (D_o^2 - D_i^2) / 4}$$

$$\text{Re}_D = \frac{4 \dot{m}_h}{\pi (D_o + D_i) \mu} = \frac{4 \times 0.1}{\pi (0.045 + 0.025) \times 3.25 \times 10^{-2}} = 56$$

Akış laminardır. İç yüzey sıcaklığı sabit ve dış yüzey izole edilmişse, sabit NuD değeri tablodan okunur.

$$(D_i / D_o) = 0.56 \rightarrow \text{Nu}_D = 5.56$$

$$h_o = \frac{5.56 \times 0.138}{0.020} = 38.4 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

İletime ait terim genellikle ihmal edilir, bu durumda karma ısı iletim katsayısı:

$$U = \frac{1}{(1/2250) + (1/38.4)} = 37.8 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Gerekli boru uzunluğu:

$$L = \frac{q}{U \pi D_i \Delta T_m} = \frac{8524}{37.8 \times \pi \times 0.025 \times 43.2} = 66.5 \text{ m}$$

KONTROL MENÜSÜ



Ölçüm ve kontrol menüsüne tıklayarak cihaz üzerinde çalıştırmayı istediğimiz ekipmanları çalıştırmayı ve bunun sonucunda oluşan ölçüm değerlerini görmemizi sağlar.

Ölçüm ve kontrol menüsünde çalıştırılacak ekipmanlar ve okunan değerler:

- 1) Pompa giriş ve çıkış basınçlarını görebiliriz.
- 2) Sıcak yağ giriş ve çıkış sıcaklıklarını görebiliriz.
- 3) Soğuk su giriş ve çıkış sıcaklıklarını görebiliriz.
- 4) Rezistansın gücünü görebiliriz.
- 5) Set sıcaklığı değeri ayarını yapabiliriz.
- 6) Isıtıcı çalıştırabiliriz veya kapayabiliriz.
- 7) Pompayı çalıştırabilir veya kapayabiliriz.
- 8) Akış çeşidini paralel veya ters akış konumuna getirebiliriz.



Ok ile gösterilen yerlere tıklanılarak istenilen işlemler gerçekleştirilebilir.

NOT: Ekran üzerinde paralel akış imlecinin olması sistemin paralel akış konumunda çalıştığının göstergesidir.



NOT: Ekran üzerinde paralel akış imlecinin olması sistemin paralel akış konumunda çalıştığının göstergesidir.

5) DENEYLER

A) DENEY NO: HT-330-01

B) DENEYİN ADI: **Basit iç içe borulu ısı değiştiricide paralel ve karşı akışlı ısı geçişinin gösterilmesi**

C) DENEYİN AMACI: İç içe borulu ısı değiştiricide herhangi bir akış debisinde paralel ve karşı akışlı haller için sıcaklık değişiminin hesaplanması.

D) GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR

E) DENEYİN YAPILIŞI:

- 1) Ana şalteri açın.
- 2) Pompayı ve ısıtıcıyı çalıştırın. Kontrol ekranında paralel akış imleci olacak şekilde ayarlayın. Bu durumda su, ısı değiştiriciye üstten girecek ve alttan terk edecektir.
- 3) Kontrol vanası yardımıyla su debisini 300 L/h değerine ayarlayın.
- 4) Ekran üzerinden set değerini 50°C'ye ayarlayın.
- 5) Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerlerini aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 6) Kontrol ekranında ters akış imleci olacak şekilde ayarlayın. Bu durumda su, ısı değiştiriciye alttan girecek üstten terk edecektir.
- 7) Tablo değerlerini kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Sıcak yağ ve soğuk su C_{psu} değeri için föylerin sonundaki çizelgeden yararlanın. Sıcak yağ ve soğuk su C_{psu} değerleri için ortalama su sıcaklıklarını kullanın.

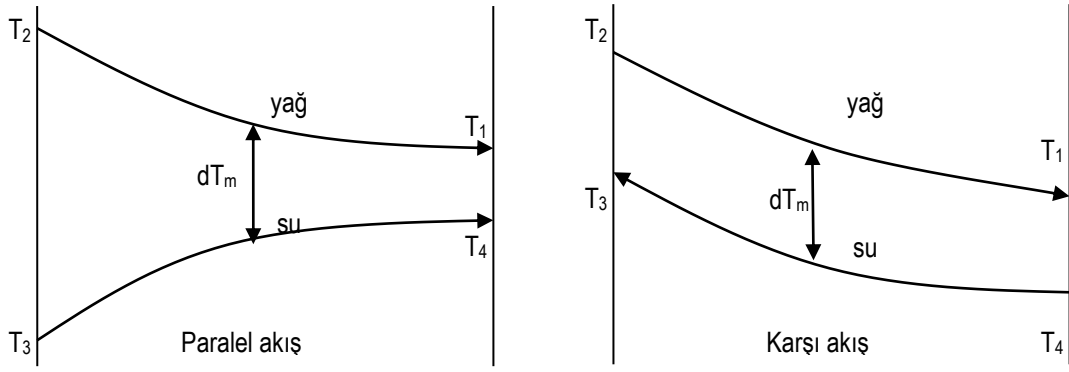
E) RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, plakalı ısı değiştiricinin ısıl kapasitesi, K ısı geçirgenlik değeri.

Ölçüm sayısı	Paralel akış	Ters akış	Örnek-1	Örnek-2
Sıcak yağ giriş sıcaklığı, t_1 [$^{\circ}\text{C}$]				
Sıcak yağ dönüş sıcaklığı, t_2 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğuk su giriş sıcaklığı, t_3 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğuk su dönüş sıcaklığı, t_4 [$^{\circ}\text{C}$]				
Isıtıcı giriş gücü, P_1 [W]				
$\dot{m}_{\text{soğsu}}$ (L/h)				
Pompa giriş basıncı, p_1 [bar]				
Pompa çıkış basıncı, p_2 [bar]				

HESAPLAMALAR:

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q} = \dot{m}_{\text{su}} C_{\text{psu}} (t_4 - t_3)$ (Paralel akış)

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q} = \dot{m}_{\text{su}} C_{\text{psu}} (t_3 - t_4)$ (Ters akış) C_{psu} =Tablo EK-1'den



Şekil-1 Paralel ve Ters akışlı hallerde sıcaklık değişimleri

Logaritmik sıcaklık farkı:
$$dT_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

$$\Delta T_1 = t_2 - t_3 \quad \Delta T_2 = t_1 - t_4$$

Paralel ve ters akış halleri için logaritmik sıcaklık farkını hesaplayınız.

A) DENEY NO: HT-330-02

B) DENEYİN ADI: **Isı değiştiricide doğal ve zorlanmış akışta enerji dengesinin hesaplanması**

C) DENEYİN AMACI: İ içe borulu ısı değiştiricide pompanın çalıştığı ve çalışmadığı andaki enerji transferlerinin hesaplanması

D) GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR

E) DENEYİN YAPILIşI:

- 1) Ana şalteri açın.
- 2) Pompayı ve ısıtıcıyı çalıştırın. Kontrol ekranında ters akış imleci olacak şekilde ayarlayın. Bu durumda su ısı değiştiriciye alttan girecek üstten terk edecektir.
- 3) Kontrol vanası yardımıyla su debisini 100 L/h değerine ayarlayın.
- 4) Ekran üzerinden set değerini 60°C'ye ayarlayın.
- 5) Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerlerini aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 6) Pompayı durdurun sistem otomatik olarak baypas vanası açacaktır. Bu halde yağ tarafından dolaşım doğal akış halini alacaktır. Kararlılık sağlandığında değerleri tabloya kaydedin.
- 7) Tablo değerlerini kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Suyun C_{psu} değeri için föylerin sonundaki çizelgeden yararlanın. C_{psu} değerleri için ortalama su sıcaklıklarını kullanın.

E) RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, plakalı ısı değiştiricinin ısıl kapasitesi, K ısı geçirgenlik değeri.

Ölçüm sayısı	Zorlanmış akış	Doğal akış	Örnek-1	Örnek-2
Sıcak yağ giriş sıcaklığı, t_1 [$^{\circ}\text{C}$]				
Sıcak yağ dönüş sıcaklığı, t_2 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğuk su giriş sıcaklığı, t_3 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğuk su dönüş sıcaklığı, t_4 [$^{\circ}\text{C}$]				
Isıtıcı giriş gücü, P_1 [kW]				
$\dot{m}_{\text{soğsu}}$ (L/h)				
Pompa giriş basıncı, p_1 [bar]				
Pompa çıkış basıncı, p_2 [bar]				

HESAPLAMALAR:

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q}_1 = \dot{m}_{\text{su}} C_{\text{psu}} (t_3 - t_4)$ (Zorlanmış akış)

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q}_2 = \dot{m}_{\text{su}} C_{\text{psu}} (t_3 - t_4)$ (Doğal akış) C_{psu} =Tablo EK1'den

Fark : $\Delta\dot{Q} = \dot{Q}_1 - \dot{Q}_2$ [W]*

*: $\dot{m}_{\text{su}}$ değeri g/s alınırsa sonuç W olarak çıkar.

A) DENEY NO: HT-330-03

B) DENEYİN ADI: Yağ ve su tarafındaki toplam ısı transfer katsayısının hesaplanması

C) DENEYİN AMACI: İç içe borulu ısı değiştiricinin yağ ve su tarafı yüzeyleri eşit olmadığından ve özgül ısıları da farklı olduğu için ısı transfer katsayıları farklı olacaktır.

D) GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR

E) DENEYİN YAPILIŞI:

- 1) Ana şalteri açın.
- 2) Pompayı ve ısıtıcıyı çalıştırın. Kontrol ekranında paralel akış imleci olacak şekilde ayarlayın. Bu durumda su, ısı değiştiriciye üstten girecek ve alttan terk edecektir.
- 3) Kontrol vanası yardımıyla su debisini 300 L/h değerine ayarlayın.
- 4) Ekran üzerinden set değerini 50°C'ye ayarlayın.
- 5) Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerlerini aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 6) Tablo değerlerini kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Suyun C_{psu} değeri için föylerin sonundaki çizelgeden yararlanın. C_{psu} değerleri için ortalama su sıcaklıklarını kullanın.

E) RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, plakalı ısı değiştiricinin ısıl kapasitesi, K ısı geçirgenlik değeri.

Ölçüm sayısı	1	Örnek
Sıcak yağ giriş sıcaklığı, t_1 [°C]		
Sıcak yağ dönüş sıcaklığı, t_2 [°C]		
Soğuk su giriş sıcaklığı, t_3 [°C]		
Soğuk su dönüş sıcaklığı, t_4 [°C]		
Isıtıcı giriş gücü, P_1 [kW]		
$\dot{m}_{soğsu}$ (L/h)		
Pompa giriş basıncı, p_1 [bar]		
Pompa çıkış basıncı, p_2 [bar]		

HESAPLAMALAR:

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q} = \dot{m}_{su} C_{psu} (t_4 - h_3)$ C_{psu} ortalama sıcaklık için EK1'deki tablodan alınacaktır.

Diğer taraftan $Q = K_u \times A \times \Delta t_m$

Isı geçirgenlik değeri: $K_u = \frac{Q_1}{A \cdot \Delta T_m}$ [W/m²K]

Logaritmik sıcaklık farkı: $\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$

$$\Delta T_1 = t_1 - t_3 \quad \Delta T_2 = t_2 - t_4$$

Isı değiştirici transfer yüzeyi için $A = 2,065 \text{ m}^2$

A) DENEY NO: HT-330-04

B) DENEYİN ADI: **Nusselt ve Graetz sayılarının deneysel olarak hesaplanması**

C) DENEYİN AMACI: İç içe borulu ısı değiştiricide herhangi bir akış debisinde kapasite ve K ısı geçirgenlik değerlerinin deneysel olarak hesaplanması.

D) GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR

E) DENEYİN YAPILIŞI:

- 1) Ana şalteri açın.
- 2) Pompayı ve ısıtıcıyı çalıştırın. Kontrol ekranında ters akış imleci olacak şekilde ayarlayın.
- 3) Kontrol vanası yardımıyla su debisini 250 L/h değerine ayarlayın.
- 4) Ekran üzerinden set değerini 65°C'ye ayarlayın.
- 5) Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerlerini aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 6) Tablo değerlerini kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Suyun C_{psu} değeri için föylerin sonundaki çizelgeden yararlanın. C_{psu} değerleri için ortalama su sıcaklıklarını kullanın.

E) RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, plakalı ısı değiştiricinin ısıl kapasitesi, K ısı geçirgenlik değeri.

Ölçüm sayısı	1	Örnek
Sıcak yağ giriş sıcaklığı, t_1 [°C]		
Sıcak yağ dönüş sıcaklığı, t_2 [°C]		
Soğuk su giriş sıcaklığı, t_3 [°C]		
Soğuk su dönüş sıcaklığı, t_4 [°C]		
Isıtıcı giriş gücü, P_1 [kW]		
$\dot{m}_{soğsu}$ (L/h)		
Pompa giriş basıncı, p_1 [bar]		
Pompa çıkış basıncı, p_2 [bar]		

KURAMSAL AÇIKLAMA:**1) Nusselt Sayısı**

$$Nu_D = \frac{hD}{k}$$

Burada h ısı transfer katsayısıdır. Nusselt sayısı yüzeydeki boyutsuz sıcaklık gradyenini gösterir.

Laminar akışta Nu sayısı sabittir, ancak türbülanslı akışta Reynolds sayısı ve Prandtl sayısının bir fonksiyonu şeklinde ifade edilir.

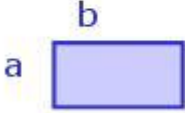
Bağıntı	Koşullar
$Nu_D = 3.66$	Laminar, sabit q'' , $Pr > 0.6$
$Nu_D = 4.36$	Laminar, sabit yüzey sıcaklığı, $Pr > 0.6$
$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$	Türbülanslı, $0.6 < Pr < 160$, $Re_D > 10000$, $L/D > 10$, ısıtma için $n=0.4$, soğutma için $n=0.3$

Dairesel olmayan borulardaki akış probleminde karakteristik uzunluk olarak efektif çap tanımlanmalıdır. Hidrolik çap değeri:

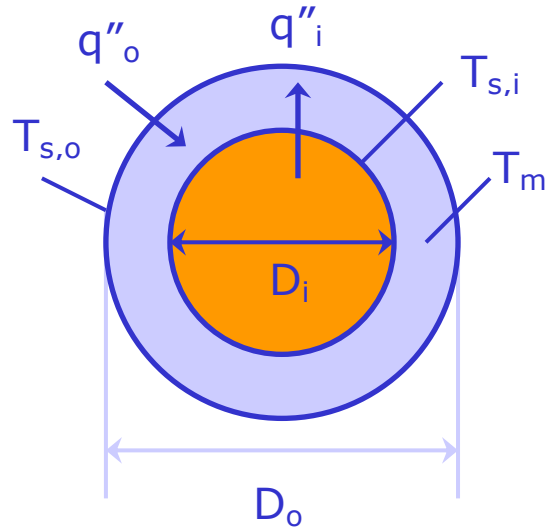
$$D_h \equiv \frac{4A_c}{P}$$

olarak tarif edilir. Burada, A_c akış kesit alanı ve P ıslak çevre uzunluğudur. Türbülanslı akış için dairesel kesitli borulara ait bağıntı kullanılabilir. Laminar akış için Nu_D değerleri tablo halinde verilir.

$$Nu_D = \frac{hD_h}{k}$$

Kesit	b/a	Sabit q''	Sabit yüzey sıcaklığı
	—	4.36	3.66
	1.0	3.61	2.98
	1.43	3.73	3.08
	2.0	4.12	3.39
	3.0	4.79	3.96
	4.0	5.33	4.44

Eşmerkezli borulara ısı transfer uygulamalarında çok rastlanılır. Borunun iç ve dış yüzeylerine ait Nu sayıları tanımlanır.



Şekil-2 İç içe borulu ısı değiştiricide hidrolik çapın belirlenmesi

$$q''_i = h_i(T_{s,i} - T_m), \quad q''_o = h_o(T_{s,o} - T_m)$$

Karşılık gelen Nu sayıları: $Nu_i = \frac{h_i D_h}{k}, \quad Nu_o = \frac{h_o D_h}{k}$

Hidrolik çap değeri: $D_h = \frac{4(\pi/4)(D_o^2 - D_i^2)}{\pi D_o + \pi D_i} = D_o - D_i$

Türbülanslı akış için Nu sayısı, hidrolik çap kullanılarak dairesel kesitli boru için bağıntılardan tespit edilebilir. Laminar akış için tablo değerleri okunur.

D_i/D_o	Nu_i	Nu_o	D_i/D_o	Nu_i	Nu_o
0	-	3.66	0.25	7.37	4.23
0.05	17.46	4.06	0.50	5.74	4.43
0.10	11.56	4.11	1.00	4.86	4.86

2) Graetz Sayısı

Akışkanlar mekaniğinde Graetz sayısı (Gz) bir boru içindeki katmanlı akışı karakterize eden boyutsuz bir sayıdır. Şu şekilde ifade edilir:

$$Gz = \frac{\pi D}{4L} Re Pr$$

burada

D : borunu iç çapı veya hidrolik çap

L : borunun uzunluğu

Re : Reynolds sayısı

Pr : Prandtl sayısı

Bu sayı uzun kanallardaki giriş ağızlarında termal gelişimin belirlenmesinde kullanışlıdır. Graetz sayısı yaklaşık olarak 1000 veya daha az olduğu noktada termal gelişim tam olarak kabul edilir.

Kütle transferi ile bağlantılı olarak kullanıldığında Prandtl sayısı Schmidt (Sc) sayısı ile yer değiştirir. Bu sayı momentum yayılımının kütle yayılımına oranı olarak açıklanır.

$$Gz = \frac{D}{L} Re Sc$$

Bu sayı ismini fizikçi Leo Graetz'den almıştır.

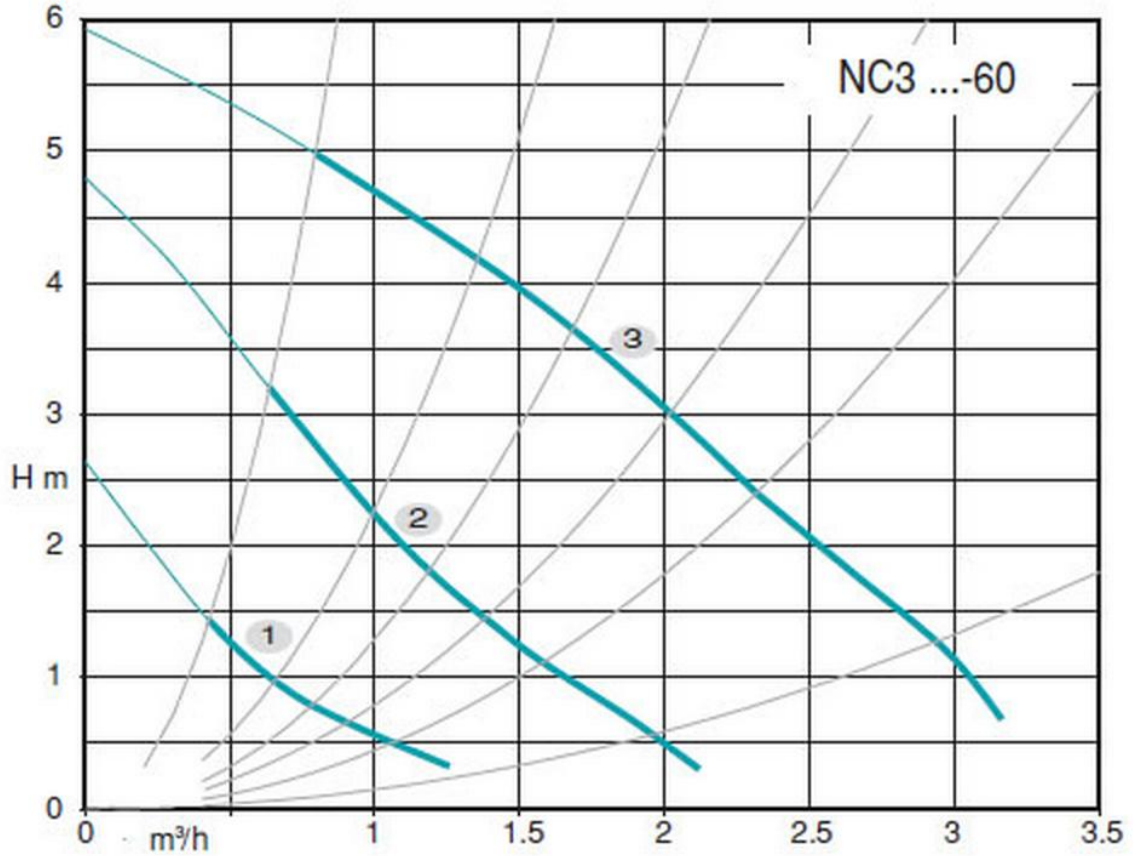
2) HESAPLAMALAR

Öncelikle akış karakteristiğinin katmanlı (laminar) veya tedirgin (türbülanslı) olup olmadığının belirlenmesi gerekir:

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu} = \frac{VL}{\nu} = \frac{QL}{\nu A}$$

Reynolds sayısı bulunduktan sonra Prandtl sayısı sıcaklığa bağlı olarak EK-1'deki tablodan bulunur.

Yağ akış debisi için Şekil-3'teki çalışma noktasındaki debi değeri alınacaktır.



Şekil-3 Sirkülasyon pompasının karakteristik eğrisi

A) DENEY NO: HT-330-05

B) DENEYİN ADI: **İç içe ısı değiştiricide toplam ısı geçirgenlik katsayısının debiye bağlı olarak değişiminin incelenmesi**

C) DENEYİN AMACI: İç içe borulu ısı değiştiricide farklı akış debileri ve yükler için K ısı geçirgenlik değerlerinin deneysel olarak nasıl değiştiğinin hesaplanması.

D) GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR

E) DENEYİN YAPILIŞI:

- 1) Ana şalteri açın.
- 2) Pompayı ve ısıtıcıyı çalıştırın. Kontrol ekranında ters akış imleci olacak şekilde ayarlayın. Bu durumda su, ısı değiştiriciye alttan girecek ve üstten terk edecektir.
- 3) Kontrol vanası yardımıyla su debisini 100 L/h değerine ayarlayın.
- 4) Ekran üzerinden set değerini 50°C'ye ayarlayın.
- 5) Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerlerini aşağıdaki tabloya kaydedin.
- 6) 3-5 basamağındaki işlemleri sırasıyla 200, 300, 400 L/h değerleri için tekrarlayın.
- 7) Tablo değerlerini kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Suyun C_{psu} değeri için föylerin sonundaki çizelgeden yararlanın. C_{psu} değerleri için ortalama su sıcaklıklarını kullanın.

E) RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, plakalı ısı değiştiricinin ısıl kapasitesi, K ısı geçirgenlik değeri.

Ölçüm sayısı	1	2	3	4
Sıcak yağ giriş sıcaklığı, t_1 [$^{\circ}\text{C}$]				
Sıcak yağ dönüş sıcaklığı, t_2 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğuk su giriş sıcaklığı, t_3 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğuk su dönüş sıcaklığı, t_4 [$^{\circ}\text{C}$]				
Isıtıcı giriş gücü, P_1 [kW]				
$\dot{m}_{\text{su}}$ (L/h)				
Pompa giriş basıncı, p_1 [bar]				
Pompa çıkış basıncı, p_2 [bar]				

HESAPLAMALAR:

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q} = \dot{m}_{\text{su}} C_{\text{psu}} (t_4 - t_3)$ C_{psu} ortalama sıcaklık için

EK1'deki tablodan alınacaktır.

Diğer taraftan $Q = K_u \times A \times \Delta t_m$

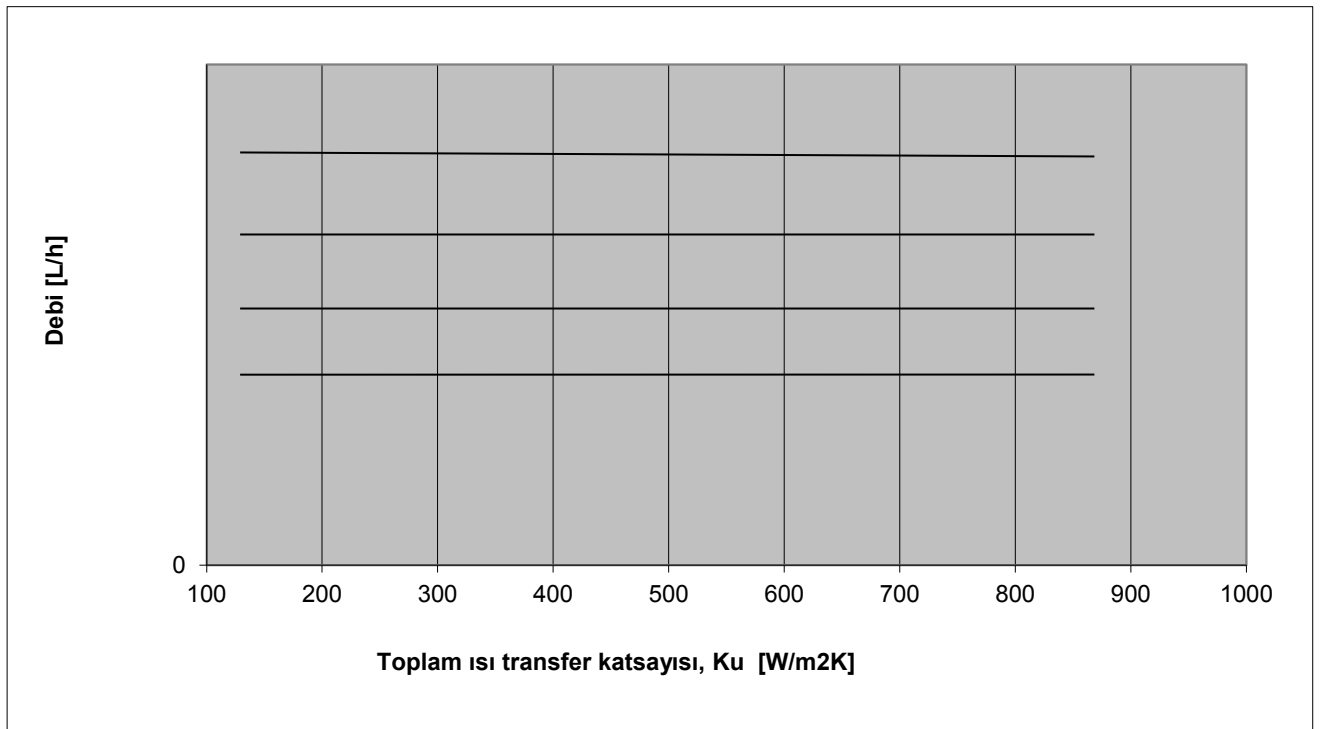
Isı geçirgenlik değeri: $K_u = \frac{\dot{Q}}{A \Delta T_m} \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Logaritmik sıcaklık farkı: $\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$

$$\Delta T_1 = t_1 - t_3$$

$$\Delta T_2 = t_2 - t_4$$

Isı değıştirici transfer yüzeyi için $A = 2,065 \text{ m}^2$



EKLER:

EK-1 Doymuş suyun farklı sıcaklıklardaki fiziksel özellikleri

Temperature, T (K)	Pressure, P (bars) ^b	Specific Volume (m ³ /kg)		Heat of Vapor- ization, h_{fg} (kJ/kg)	Specific Heat (kJ/kg)		Viscosity (Ns/m ²)		Thermal Conductivity (W/mK)		Prandtl Number		Surface Tension, $\sigma \cdot 10^3$ (N/m)	Expansion Coeffi- cient, $\beta \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Temper- ature, T (K)
		$v_f \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\eta \cdot 10^4$	$\eta_g \cdot 10^4$	$k_f \cdot 10^4$	$k_g \cdot 10^4$	Pr_f	Pr_g			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	697.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375

Thermophysical Properties of Saturated Water

EK-2 CİHAZDA KULLANILAN YAĞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ Görünüş	Görsel	: Sarımsı Kahverengi, Berrak
Yoğunluk, 20°C’de	DIN 51 757	: 0,869
Viskozite, 40°C’de	DIN 51562	: 33 mm ² /s
Alev Alma Noktası	DIN 51584	: 220 °C
Donma Noktası	ISO 3 016	: - 16 °C
Yağ filmi çalışma sıcaklığı		: 350 °C
Isı Transfer Kat Sayısı		: 0,12 W/mK
Xylol Metoduna göre su tayini		: su içermez
Kaynama Başlangıcı	DIN 51582/ISO 37 33	: 360 °C

WAERMEUBERTRAGUNGSOL-R, 350 °C’ye kadar çalışma sıcaklığı olan kapalı ısı transfer sistemlerinde kullanılmak üzere hazırlanmış ısı transfer yağıdır.

WAERMEÜBERTRAGUNGSOL-R mükemmel yaşlanma dengeliliği ve oksitlenme direnci sağlayan madeni yağ esaslı bir ısı transfer ürünüdür.