

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106387

KANATLI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİNİN
BİLGİSAYAR YARDIMIYLA MATEMATİKSEL
MODELLENMESİ

Makina Müh. Erdal YALÇIN

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Hasan HEPERKAN

Doç. Dr. U. KESGİN
Nur

106387
A. H. Y.
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ
Em

İSTANBUL, 2001

Doç. Pr. Galip TEMİR

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	2
2.1 Giriş	2
2.2 Isı Transferi Sürecine Göre Sınıflandırma.....	2
2.2.1 Doğrudan temaslı ısı değıştiricileri	2
2.2.2 Dolaylı temaslı ısı değıştiricileri.....	3
2.2.2.1 Doğrudan geçişli	3
2.2.2.2 Depolamalı	4
2.2.2.3 Akışkan yataklı.....	5
2.2.2.4 Ateşlemeli.....	5
2.3 Yüzey Yoğunluğuna Göre Sınıflandırma.....	6
2.4 Akışkan Sayısına Göre Sınıflandırma.....	7
2.5 Konstrüksiyona Göre Sınıflandırma	8
2.5.1 Borulu ısı değıştiricileri.....	8
2.5.1.1 Çift borulu ısı değıştiricileri.....	8
2.5.1.2 Gövde borulu ısı değıştiricileri.....	9
2.5.1.3 Spiral borulu ısı değıştiricileri.....	9
2.5.2 Levhalı ısı değıştiricileri.....	10
2.5.2.1 Contalı ısı değıştiricileri.....	11
2.5.2.2 Spiral levhalı ısı değıştiricileri.....	11
2.5.2.3 Lamelli levhalı ısı değıştiricileri.....	12
2.5.3 Kanatlı yüzeyli ısı değıştiricileri.....	12
2.5.3.1 Levhalı kanatlı ısı değıştiricileri.....	13
2.5.3.2 Borulu kanatlı ısı değıştiricileri.....	14
2.5.4 Rejeneratif ısı değıştiricileri.....	14
2.5.4.1 Döner dolgu maddeli ısı değıştiricileri.....	15
2.5.4.2 Sabit dolgu maddeli ısı değıştiricileri.....	15
2.6 Akış Şekline Göre Sınıflandırma.....	16
2.6.1 Tek geçişli ısı değıştiricileri.....	16
2.6.1.1 Paralel akışlı ısı değıştiricileri.....	16
2.6.1.2 Ters akışlı ısı değıştiricileri.....	16
2.6.1.3 Çapraz akışlı ısı değıştiricileri.....	16
2.6.2 Çok geçişli ısı değıştiricileri.....	17
2.6.2.1 Çapraz ters akışlı ısı değıştiricileri.....	17

2.6.2.2	Çapraz paralel akışlı ısı değiştiricileri.....	17
2.6.2.3	Gövde akışkanının karıştığı, paralel -ters akışlı.....	18
2.6.2.4	Gövde akışkanı karışmış, ayırık akışlı.....	18
2.6.2.5	N Paralel levha geçişli.....	18
2.7	Isı Transferi Mekanizmasına Göre Sınıflandırma.....	20
2.7.1	İki tarafında tek fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri.....	20
2.7.2	Bir tarafında tek faz diğer tarafında iki faz ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri....	20
2.7.3	İki tarafında iki fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri.....	20
2.7.4	Taşınım ve ısınımın bir arada olduğu ısı değiştiricileri.....	20
3	SERPANTİN TİPLİ ISI DEğİşTİRİCİLERİ.....	21
3.1	Soğutucu ve Nem Alıcı Serpantinler.....	21
3.2	Soğutucu Serpantinlerin Isıl Hesapları.....	23
3.3	Serpantinlerin Boyutlandırılması.....	28
3.4	Havanın Özellikleri İle İlgili Bağıntılar.....	33
3.4.1	Havanın ısı geçiş özellikleri.....	33
3.4.2	Su buharı ile ilgili özellikler.....	34
3.4.3	Nemli hava ile ilgili özellikler.....	35
3.4.4.	Havanın psikrometrik özellikleri.....	35
4	SIVI-GAZ ISI DEğİşTİRİCİLERİ.....	36
4.1	Kanatçık Geometrilерinin Karşılaştırılması.....	36
4.2	Isı Transfer ve Basınç Düşüş Performansı.....	38
5	OTOMOBİL RADYATÖRLERİNİN DİZAYNI.....	41
5.1	Dizayn Gereksinimleri.....	41
5.2	Başlıca Dizayn Hesaplamaları.....	43
5.3	Performans Diyagramı Oluşturma.....	44
5.4	Radyatör Boyutlarının Seçimi.....	49
6	RADYATÖRDEKİ ISI TRANSFERİ PRENSİPLERİ.....	50
6.1	Temel Isı İletim Denklemleri.....	50
6.2	Pompalı Sistem İle Soğutma Hesabı.....	52
6.3	Termosifonlu Soğutma.....	58
7	ISI DEğİşTİRİCİLERİNİN TEMEL TASARIM YÖNTEMİ.....	62
7.1	Kapasite Belirleme (performans analizi) Problemi.....	62
7.2	Boyutlandırma (tasarım) Problemi.....	62
7.3	Kanatlı Borulu Isı Değiştiricilerin Isıl Hesapları.....	64
8	ISI DEğİşTİRİCİSİ PROGRAMININ TANITILMASI VE UYGULAMASI..	70
8.1	Programın Tanıtılması.....	70
8.2	Programın İçeriği.....	71
8.3	Gövde Boru Tip Isı Değiştiricisi Boyutlandırılması.....	73
8.4	Kanatlı borulu Isı Değiştiricisi Boyutlandırılması.....	75

8.5	Akışkan Özellikleri Hesaplama Alt Programı.....	78
9	SONUÇLAR.....	79
	KAYNAKLAR.....	80
	EKLER.....	81
Ek 1	Gövde Borulu Tip Isı Değişiricisi Uygulaması.....	81
Ek 2	Kanatlı Borulu Tip Isı Değişiricisi Uygulama Örneği.....	85
Ek 3	Gövde Borulu Isı Değişiricisi Program Listesi.....	87
Ek 4	Kanatlı Borulu Isı Değişiricisi Program Listesi.....	97
Ek 5	Suyun Termodinamik Özelliklerini Hesaplayan Alt Program.....	111
Ek 6	Havanın Isıl Özelliklerini Hesaplayan Alt Program.....	112
Ek 7	Havanın Psikrometrik Özelliklerini Hesaplayan Alt Program.....	114
	ÖZGEÇMİŞ.....	118

SİMGE LİSTESİ

A	m^2	Isı değiştiricisi alanı
B	m	Perdeler arası mesafe
c	m	Borular arası boşluk
c_p	$KJ/kg^{\circ}K$	Özgöl ısı
d_0	mm	Boru çapı
D_e	mm	Eşdeğer boru çapı
E	W	Kayıp basınç enerjisi
f	birimsiz	Düzeltilme faktörü
G	Kg/sn	Birim yüzeyden geçen akış debisi
h	$W/m^2^{\circ}K$	Isı taşınım katsayısı
k	$W/m^2^{\circ}K$	Isı iletim katsayısı
K	$W/m^2^{\circ}K$	Toplam ısı geçiş katsayısı
KG	$W/m^2^{\circ}K$	Gerçek toplam ısı geçiş katsayısı
L	m	Boru uzunluğu
m	Kg/sn	Akışkan debisi
Nr	adet	Boru sayısı
Nu	birimsiz	Nusselt sayısı
Nl_p	birimsiz	Boru geçiş sayısı
P	m	Boru eksenleri arası mesafe
Pr	birimsiz	Prandtl sayısı
Q	W	Isı miktarı
Re	birimsiz	Reynolds sayısı
$Re_{\psi,2}$	birimsiz	Gövdede boru pürüzlülüğüne göre Re
r_f	m^2K/W	Kirlilik faktörü
f_R	m^2K/W	Sürtünme faktörü
S	m^2	Akış kesit alanı
T	$^{\circ}C$	Sıcaklık
ΔT_m	$^{\circ}C$	Logaritmik sıcaklık farkı
ΔP	N/m^2	Basınç düşümü
ρ	kg/m^3	Yoğunluk
μ	Ns/m^2	Dinamik viskozite
V	m/sn	Gövde tarafı akış hızı
n_{LP2}	birimsiz	Isı değiştiricisindeki boru sayısı
f_A	m^2	Serbest hava akış alanı
h_{hs}	$W/m^2^{\circ}K$	Serpantinin tamamen ıslak olması sırasındaki havanın entalpisi
G_{fc}	Kg/sn	Serpantine giren hava debisi
σ	birimsiz	Minimum, serpantin hava giriş alanı için çarpım faktörü
P_{sd}	Pascal	Su buharı doyma basıncı

1	Boru
2	Gövde
s	Su
h	Hava
g	Giriş
ζ	Çıkış
t	Toplam
ψ	Borular arası mesafeye göre hava geçiş boşluğunun bir fonksiyonu
v_1	Suyun giriş durumu
v_2	Suyun çıkış durumu
k_1	Havanın giriş durumu
k_2	Havanın çıkış durumu



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Dolaylı Temaslı Isı Değiştirici Örnekleri.....	3
Şekil 2.2	Depolamalı Tip Isı Değiştiricisi.....	4
Şekil 2.3	Gövde Boru Tipi Isı Değiştiricisi.....	9
Şekil 2.4	Kompakt Isı Değiştiricileri.....	10
Şekil 2.5	Contalı-Levha Isı Değiştiricisi.....	11
Şekil 2.6	Spiral Levhalı Isı Değiştiricisinde akış yolları.....	12
Şekil 2.7	Kanatsız-Borulu, Kanatlı ve Levhalı Tip Isı Değiştiricileri.....	13
Şekil 2.8	Döner Rejeneratör.....	14
Şekil 2.9	Döner Rejeneratör Tipleri.....	15
Şekil 2.10	Paralel, Ters ve Çapraz Akışların Karşılaştırılması.....	18
Şekil 2.11	Isı Değiştiricilerindeki Akış Yolları.....	19
Şekil 3.1	İdeal serpantin değişim eğrisi.....	22
Şekil 3.2	Zıt akışlı hava ve soğutucu akışkan kullanan soğutucu serpantin için ısı diyagram.....	25
Şekil 3.3	Serpantin Boyutları.....	28
Şekil 3.4	Serpantin içerisinde Boruların Karesel ve Üçgen Olarak Yerleştirilmeleri.....	29
Şekil 3.5	Soğutucu serpantin çizimi.....	30
Şekil 4.1	Ağır zirai ekipmanlar için bir turboşarj motorunda sudan havaya soğutma sonrası için kullanılan yassı borulu ve düz kanatlı radyatör peteği.....	36
Şekil 4.2	Tipik sıralı boru dizilişi üzerinden akış (in-line), dağınık dördü borular ve eşkenarlı üç köşeli diziliş (çeşitli boru aralıkları ile) için akış numuneleri.....	37
Şekil 4.3	Standart boru dizilişleri.....	38
Şekil 4.4	Dağınık dördü borular ve eşkenarlı üç köşeli diziliş (çeşitli boru aralıkları ile) için akış numuneleri.....	39
Şekil 5.1	Colburn modülü için eğriler ve Şekil 5.3 'ün dördü levhalı-kanatlı, ısı transfer matrisleri için Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak sürtünme faktörü.....	42
Şekil 5.2	Geometrik parametrelerin özellikleri.....	45
Şekil 5.3	Isı transfer matris numaraları 9.1-737-S için performans eğrileri.....	47
Şekil 6.1	Radyatör kanat-boru kesiti.....	53
Şekil 6.2	Havanın radyatör boruları ve kanatları arasındaki akışı.....	54
Şekil 6.3	Derinliğin fonksiyonu olarak radyatörde havanın çıkış sıcaklığı.....	56
Şekil 6.4	dx genişliğinde elemanter hacme göre ısı dengesi.....	56
Şekil 6.5	Akış hızının fonksiyonu olarak radyatörde soğutma suyunun sıcaklık farkı...	57
Şekil 6.6	Termosifonlu soğutmada özgül ağırlık diyagramı.....	58
Şekil 6.7	Su sirkülasyonunun fonksiyonu olarak çıkışta soğutma miktarı.....	59
Şekil 6.8	Hava akış miktarının fonksiyonunda sıcaklık artışı bir eğrisi olarak ısı transfer katsayısı ve havanın entalpisi.....	60
Şekil 6.9	Akış miktarının fonksiyonunda çeşitli derinliklerde radyatörün basınç kaybı.	
Şekil6.10	Su debisinin fonksiyonu olarak radyatör derinliğe ile radyatörün soğutma miktarı.....	61
Şekil 8.1	Isı değiştiricileri programı açılış menüsü.....	71
Şekil 8.2	Isı değiştiricileri programı açılış menüsü (menü dosyası ile).....	72
Şekil 8.3	Gövde borulu ısı değiştiricisi boyutlandırma alt programının açılış menüsü...	73
Şekil 8.4	Gövde borulu ısı değiştiricisi boyutlandırma alt programının ısıl performans değerleri giriş programı menüsü.....	74

Şekil 8.5	Kanatlı-borulu ısı değişt. boyutlandırılması programı diğer parametreler data giriş menüsü.....	75
Şekil 8.6	Kanatlı-borulu ısı değişt. boyutlandırılması programı su parametreleri giriş menüsü.....	76
Şekil 8.7	Kanatlı-borulu ısı değişt. boyutlandırılması programı hava parametreler menüsü.....	77
Şekil 8.8	Havanın ısı geçiş özelliklerine ait menü.....	78



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Isı Değişiricilerinin Isı Transferi Sürecine Göre Sınıflandırması.....	2
Çizelge 2.2	Isı Değişiricilerinin Yüzey Yoğunluğuna Göre Sınıflandırılması.....	6
Çizelge 2.3	Isı Değişiricilerinin Akışkan Sayısına Göre Sınıflandırılması.....	7
Çizelge 2.4	Isı Değişiricilerinin Konstrüksiyona Göre Sınıflandırılması.....	8
Çizelge 2.5	Isı Değişiricilerinin Akış Şekline Göre Sınıflandırılması.....	17
Çizelge 2.6	Isı Değişiricilerinin Isı Transferi Mekanizmasına Göre Sınıflandırılması.....	20
Çizelge 5.1	Bir kamyon radyatörü için dizayn şartnameleri.....	43
Çizelge 5.2	Bir kamyon radyatörü için dizayn hesaplama özeti.....	46
Çizelge 5.3	Şekil 5.10'un düzenli basınç düşüş Çizelgesi hesaplama özeti.....	48
Çizelge 6.1	Hava ve Su İçin Karakteristik Değerler.....	52
Çizelge 7.1	Isı Değişiricisi Tasarımındaki Temel Mantıksal Yapı.....	63



ÖNSÖZ

Bilim ve teknolojinin her alanında olduğu gibi, endüstriyel olarak çok geniş kullanıma sahip ısı değiştiricilerinde de gelişmeler süratli bir şekilde gelişim göstermektedir.

Birçok kullanım alanına sahip ısı değiştiricileri güç üretimi, proses, kimya ve gıda endüstrisi, elektronik, çevre müh., üretim endüstrisi, iklimlendirme, soğutma endüstrisi, taşıt tekniği ve uzay uygulamalarında etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kanatlı borulu tip ısı değiştiricisi ve soğutucu serpantininin matematiksel modelleri oluşturulmuş ve bilgisayar yardımıyla ısı hesapları yapılarak bir hesaplama formatına ulaşılmış, dizayn için gerekli doneler bilgisayar yardımıyla hesaplatılmıştır.

Çalışmam boyunca bana yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. A. Hasan HEPERKAN'a , manevi desteğini ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Sayın Turgay UÇAR ve Sayın Murat YAMAN'a teşekkür ederim.



ÖZET

Bu çalışmada genel anlamda ısı değiştiricilerinin tasarımının bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilmesi incelenmiştir. Öncelikle ısı değiştiricilerinin tanımı, sınıflandırılmaları, çalışma şekilleri ve kullanım alanları belirtilmiştir. Visual Basic 6.0 bilgisayar diliyle üç ayrı bölümden oluşan bir program hazırlanmıştır. Amaç, bilgisayarda programlama yoluyla ısı değiştiricilerinin ısı hesaplarının yapılması ve boyutlandırılmasıdır.

Programın ilk bölümü matematiksel modeli incelenmiş olan kanatlı borulu ısı değiştiricisi ile ilgilidir. Akışkanların giriş, çıkış sıcaklık değerleri, kütledebileri, kirlilik faktörleri programa veri olarak girilir ve optimum ısı değiştiricisi boyutları, hesaplama sonuçları bulunur.

Programın ikinci bölümünde hava soğutmalı serpantin dizaynı incelenmiştir. Serpantinin ısı hesapları yapıp, kullanılan akışkanlar (su ve hava) için giriş basıncı, sıcaklık, kütledebisi, su akış hızı veri olarak bilgisayara girilir. Bu girilen değerlere göre soğutucu serpantinin ısı hesapları yapılır. Islak, kuru ve toplam yüzey alanları hesaplanarak, toplam ısı ve akışkanların çıkış değerleri hesap edilir.

Son bölümde ise akışkan özelliklerinin bulunduğu program hazırlanmıştır. Bu özellikler ilk iki bölümde gerekli olmuş ve o bölümlerde kullanılmıştır. Bu özellikler ayrı olarak üçüncü bölümde bir kez daha incelenmiştir. Su için sıcaklık değerlerine bağlı olarak yoğunluk ısı iletim katsayısı, Prandtl sayısı, özgül ısı ve dinamik viskozite gibi değerler bulunmuştur. Hava için ise yine sıcaklığa bağlı olarak yoğunluk, ısı iletim katsayısı, ısı yayılım katsayısı, Prandtl sayısı, dinamik viskozite ve özgül ısı değerlerinin yanında havanın psikrometrik özellikleri belli bir iterasyon sonucunda bulunmuştur. Kullanılan tüm bağıntılar ampirik ifadelerdir ve belli bir oranda hata vermektedir. Ancak bu hata oranları ısı değiştiricilerinin tasarım sıcaklığı için oldukça düşüktür ve hesaplamalarda kullanılır.

Sonuç olarak, bilgisayar yardımıyla kanatlı borulu ısı değiştiricisi ve soğutucu serpantin dizaynı, optimizasyonu ve boyutlandırılması yapılmıştır. Bu tasarım için esnek, kolay kullanımlı grafik altyapısına sahip MS Visual Basic 6.0 programı kullanılmıştır. Bunun için ısı değiştiricisi çıkış değerleri noktasal olarak birebir hesap edilebilmektedir. Bu program tasarım süresini kısaltarak dizayn hatalarını minimize etmekte, boyutlandırmayı kolaylaştırmaktadır.

Özetle bilgisayar software ürünleri yakın gelecekte mühendislik alanlarında son zamanlarda büyük rol oynamaktadır. Kesin olarak bilgisayarların önemi gelecekte endüstriyel ve teknolojik alanlarda daha fazla anlaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler; Isı değiştiricisi, soğutucu serpantin, matematiksel modelleme

ABSTRACT

In this study, computer aided design of heat exchangers is examined generally. At first the heat exchanger's definitions, classifications, working manners and usage areas are determined. A computer program which is formed from three parts is prepared by using Visual Basic 6.0. The object is the obtaining of thermal calculations and sizing of the heat exchangers

The first part of the program is related with the fin-round tube type heat exchangers that at the first it's mathematical model is found out. Fluid's inlet and outlet values, mass flow rates, fouling factors are entered as datas and after the optimum exchanger dimensions, calculating results are found out.

In the second part of the program, design of air cooling coils is studied. Air inlet pressure, temperature, mass flow rate, air velocity, water inlet temperature, mass flow rate, water flow velocity are datas which are entered to the computer. According to these entered values, the thermal calculations of the cooling coil run. After the wet, dry and total heat transfer areas are determined, outlet values of the fluids and total amount of heat are found out.

The last part of the program is prepared for obtaining the properties of the fluids (water and air) which are used in the first and second parts of the heat exchanger program. For fin-round tube type heat exchanger design, the water properties; for the cooling coil the water and air properties with the psychometric properties and for the water and air properties are necessary. For water, as the function of the temperature, density, heat conduction coefficient, Prandtl number, specific heat, dynamical viscosity values are found. For air, besides these values, psychrometric values are found by using iteration method. These properties are found with the empirical equations and these equations have a certain error rate. But these error rates are acceptable at the range of the design of heat exchangers and after the comparison of these values with the real ones in the diagrams and tables it can be considered that they can be used reliably.

Consequently, the design, optimisation and the sizing of the fin-round tube type heat exchangers, cooling coil determined with the computer. For creating this software, MS Visual Basic 6.0 is used due to it's flexibilities, facilities in working and the graphical user interface properties. In the applications, there are very different types of the heat exchangers for different fields. Because of this, the heat exchangers should be designed one by one for the pointed out values.

Keywords; Heat exchanger, cooling coil, mathematical model

1. GİRİŞ

Isı değiştircileri, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasında ısı transferini sağlayan cihazlar olup güç üretimi, proses, kimya ve gıda endüstrileri, elektronik, çevre mühendisliği, üretim endüstrisi, iklimlendirme, soğutma ve uzay uygulamaları gibi geniş kullanım alanlarına sahiptir.(Kakaç,1996)

Bu cihaza en basit bir örnek olarak, iki farklı sıcaklıktaki akışkanların bir kapta karıştırılmasıdır. Fakat bu işlem bir ısı değişiminden çok karıştırma işlemi olarak adlandırılmaktadır. Genellikle ısı değiştirgeçlerinde akışkanlar birbirleriyle karıştırılmadan ısı transferi olan bir yüzeyle birbirinden ayrılır.

Çok sayıda ısı değiştiricisi tipleri mevcut olmakla birlikte, bunlardan boru gövde tipi diğerlerine göre daha fazla kullanım alanına sahiptir. Basit boru sistemine sahip ve küçük ısı transferi alanlı ısı değiştirgeçlerinden, çok büyük ısı transferi alanlı ve kompleks yüzeyli yoğuşturucu ve buharlaştırcılara kadar çok çeşitli cihaz şekilleri bulunmaktadır. Kanatlı borulu tip ısı değiştirgeçleri de bu iki geniş mesafe arasında yer alırlar.

Kanatlı borulu ısı değiştiricilerine en güzel ve en çok kullanılan örnek araç radyatörleridir. Kanatlı borulu ısı değiştiricilerinin dışında gövde boru tipi ısı değiştiricileri ve levhalı ısı değiştirgeçleri de büyük kullanım alanına sahiptir. Çeşitli durumlarda bu iki tipin kıyaslanması ve birinin tercih edilmesi gerekebilir.

2. ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

2.1 Giriş

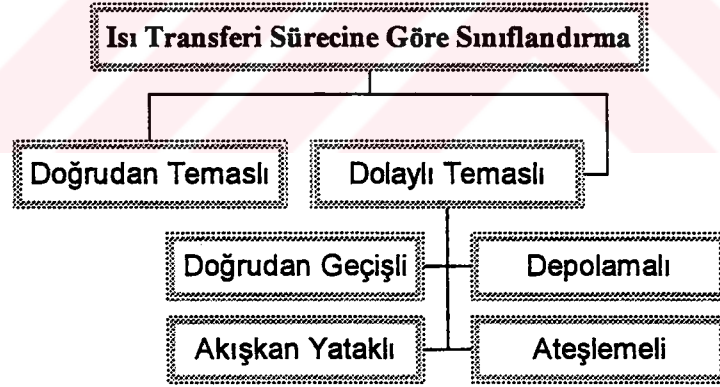
Isı değiştiricileri şu şekilde sınıflandırılabilir.

1. Isı transferi sürecine göre
2. Yüzey yoğunluğuna göre
3. Geometriye göre
4. Akış şekline göre
5. Akışkan sayısına göre
6. Isı transferi mekanizmasına göre

2.2 Isı Transferi Sürecine Göre Sınıflandırma

Isı transferi sürecine göre, ısı değiştiricileri; doğrudan temaslı ve dolaylı temaslı olarak sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma Çizelge 2.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Isı değiştiricilerinin ısı transferi sürecine göre sınıflandırılması

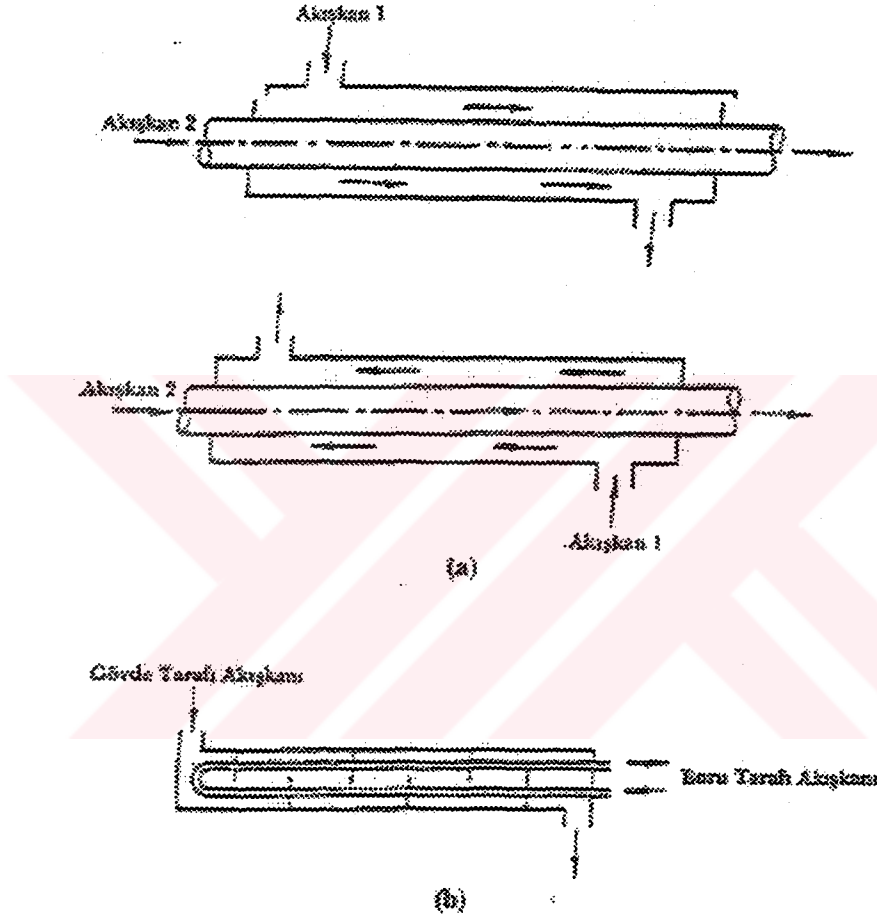


2.2.1 Doğrudan temaslı ısı değiştiricileri

Isı, doğrudan temaslı ısı değiştiricilerinde aralarında doğrudan temasın olduğu soğuk ve sıcak akışkanlar arasında ısı transferi iletilir. Tek sınırlama, akışkanların karıştırılmaz cinsten olmasıdır. Soğutma kuleleri, püskürtmeli ve tablalı yoğuşturucular bu tip ısı değiştiricilerine iyi birer örneklerdir. Soğutma kulesinde damlacıklar halindeki su hava ile soğutulur. Çoğunlukla ısı ve kütle transferleri bu cins ısı değiştiricilerinde eř zamanlı olarak meydana gelir.

2.2.2 Dolaylı temaslı ısı değiştiricileri

Dolaylı temaslı ısı değiştiricilerinde ısı enerjisinin bir ısı transferi yüzeyi (akışkanları ayıran bir cidar) boyunca sıcak ve soğuk akışkanlar arasında değişim sağlanır. Şekil 2.1 'de görölen örneklere olduğu gibi ısı enerjisi, ayırıcı cidar boyunca transfer edilirken soğuk ve sıcak akışkanlar aynı anda akarlar ve bu akışkanlar birbirine karışmazlar. Dört grupta incelenebilirler.



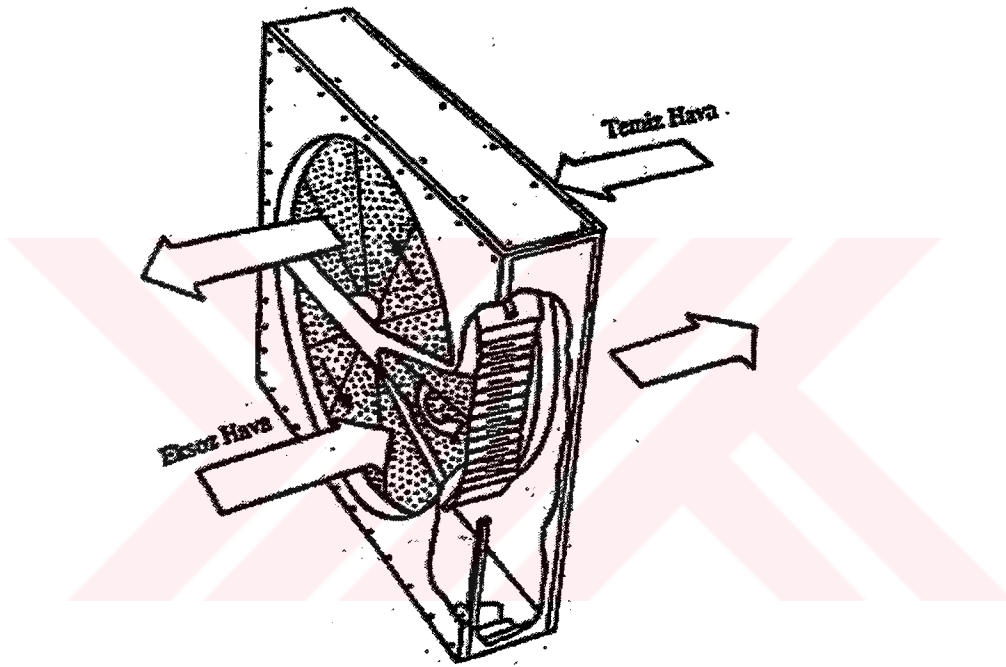
Şekil 2.1 Dolaylı Temaslı Isı Değiştirici Örneklere: (a) Çift borulu Isı Değiştirici
(b)Gövde Boru Tipi Isı Değiştirici

2.2.2.1 Doğrudan geçişli

Bu tip ısı değiştiricilerinde akışkanlar birbiriyle karışmadan hareket ederler ve aynı zamanda bu akışkanlar ince bir boru veya levha yüzeyiyle birbirlerinden ayrılmışlardır. Reküperatör olarak da adlandırılırlar. Borulu ısı değiştiricileri (Çift borulu, Gövde borulu) ve levhalı ısı değiştiricileri bu cinse örneklere.

2.2.2.2 Depolamalı

Depolamalı ısı değiştircilerinde aynı akış yolu iki akışkan tarafından sırayla değişimli olarak doldurulur. Önce sıcak akışkan belirli bir zaman yüzey üzerinden geçerek bu yüzeyi ısıtır. Daha sonra ısınan bu yüzey üzerinden soğuk akışkan geçirilerek soğuk akışkanın ısınması sağlanır. Bu nedenle ısı enerjisi doğrudan temaslı ısı değiştircilerinde olduğu gibi bir cidar boyunca iletilmez. Bunlara jeneratörde denir. Kömür yakıtlı büyük buhar güç santrallerinde havanın ön ısıtılmasında, gaz türbinlerinde, yüksek fırınlarda, cam fabrikalarında uygulanma alanları bulunmaktadır. Buna ait bir örnek Şekil 2.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Depolamalı tip ısı değiştircisi

2.2.2.3 Akışkan yataklı

Akışkan yataklı ısı değiştircisinde ısı enerjisi akışkan ve ince şekilde bölünmüş katı malzemeli akışkan yatak arasında transfer edilir. Katı tanecikler sıvı veya gaz ile akışkanlaştırılır. Akışkanlaştırıcı gaz gözenekli levha boyunca küçük taneciklerin bulunduğu yatağa girer. Belirli bir gaz hızında yatak içindeki bir taneciğe gelen sürüklenme kuvveti, taneciğin ağırlığından bir miktar fazla olduğunda tanecik yükselmeye ve hareketlenmeye başlar ayrıca yatak, yoğunluğu karışımın ve katı taneciklerin yoğunluğuna eşit olan bir akışkan gibi davranır. Yatak hacmi arttıka basınç düşümü nedeniyle sürüklenme kuvveti azalır ve katı tanecikler aşağıya inme eğilimine girerler. Bunu önlemek için gaz hızı, akışkanlaştırılmış durumda tutacak şekilde artırılabilir. Hareketli tanecikler ısı transferini -

- iyileştirir ve yatak içinde sabit bir sıcaklık dağılımını sağlar. Bu cins ısı değiştircileri kurutmada, absorpsiyonlu sistemlerde ve reaktör mühendisliğinde kullanılır.

2.2.2.4 Ateşlemeli

Bu tip ısı değiştircilerinde, ısı enerjisi alev ışıını ve taşıını ile transfer edilir. Fırınlar ve kazanlar ateşlemeli ısı değiştircileridir. Örneğin bir kazanda kömürün, sıvı yakıtın veya gazın yanması ocakta gerçekleşir ve büyük miktardaki ısı alevden suya boru içindeki ışıını ve sıcak gazların taşıını ile iletilir. (Genceli, 1983)

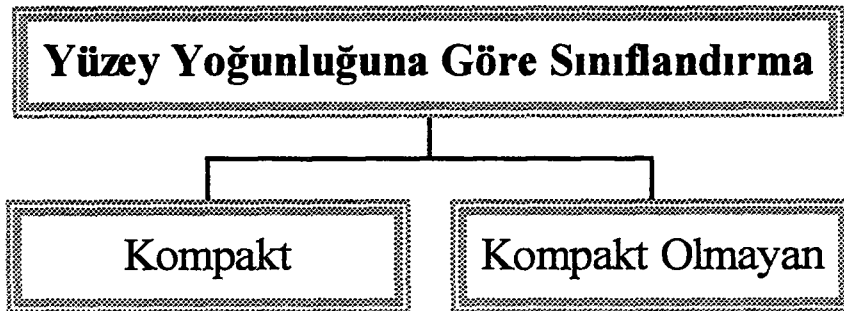


2.3 Yüzey Yoğunluğuna Göre Sınıflandırma

Yüzey alanı yoğunluğu ısı transfer alanının en az bir tarafında $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olan ısı değiştiricileri Çizelge 2.2 'de gösterildiği gibi kompakt ısı değiştiricileri olarak nitelendirilirler. Bu ısı değiştiricileri genelde ısı transfer yüzeyinin en az bir tarafında gaz fazındaki akışkanın aktığı uygulamalarda kullanılırlar. Genellikle gaz akışkanlarda ısı taşınım katsayısı sıvılara göre daha küçüktür. Bu yüzden bir tarafında gaz, diğer tarafında sıvı bulunan ısı değiştiricilerinde, özellikle gaz tarafındaki yüzeyi arttırmak gerekir. Yüzeyin veya diğer bir anlamda ısı değiştiricisinin kompaktlığını artırılması çeşitli şekillerdeki kanatların ilave edilmesi ile yapılabilir. Levhalı-kanatlı, borulu-kanatlı, ve rejeneratif tipler kompakt ısı değiştiricileri sınıfına girerler. Borulu-kanatlı ısı değiştiricileri yuvarlak ve yassı borulardan oluşur. Uygulamaya bağlı olarak kanatlar içeride, dışarıda veya her iki tarafta kullanılabilirler. Levhalı ısı değiştiricilerinde düz veya oluklu kanatlar paralel levhalar arasına sıkıştırılmıştır. Şekil 2.3 'de buna ait çeşitli örnekler verilmiştir.

Türbülans miktarı, daha yüksek ısı transfer katsayısını belirli bir gaz akışkan debisinde sağlayan kanatların akışı kesmesi ve kırıştırılması ile artırılabilir. Levhalı-kanatlı ısı değiştiricileri öncelikli olarak gazdan gaza olan uygulamalarda, borulu-kanatlı ısı değiştiricileri ise sıvıdan havaya olan sistemlerde kullanılırlar. Birçok uygulamalarda (kamyonlar, otomobiller, uçaklar) kütle ve hacim azaltılması özellikle önemlidir. Kütle ve hacimden elde edilen kazanç nedeniyle kompakt ısı değiştiricileri; kriyojeni, enerji iyileştirilmesi, proses endüstrisi, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde geniş olarak kullanılırlar. Buna karşılık akışkanlardan en az birinin gaz olması, yüzeyi kirleten, korozif olan akışkanların kullanılmaması ve akışta meydana gelen aşırı yük kayıplarını yenebilmek için ilave pompalama gücünün gerekmesi, kompakt ısı değiştiricilerinin sakıncaları olarak söylenebilir.

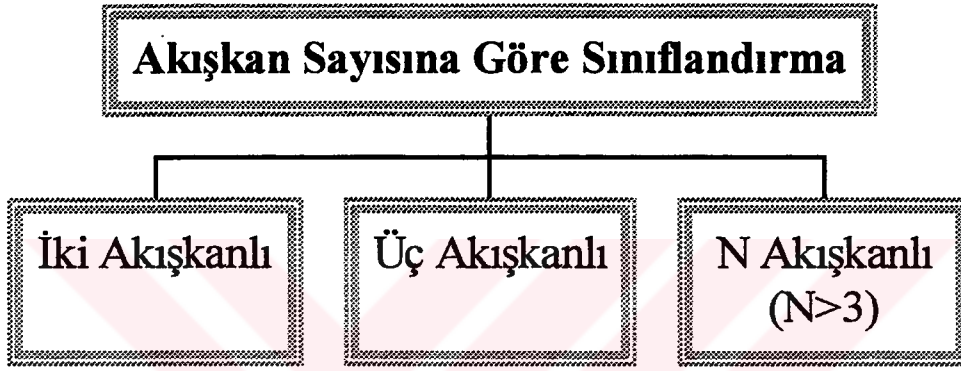
Çizelge 2.2 Isı değiştiricilerinin yüzey yoğunluğuna göre sınıflandırılması



2.4 Akışkan Sayısına Göre Sınıflandırma

Aşağıda Çizelge 2.3 'de görüldüğü gibi ısı değiştiricileri; iki, üç ve çok akışkanlı olarak sınıflandırılabilirler. Çoğunlukla ısı değiştiricileri iki akışkanlıdır. Üç akışkanlı ısı değiştiricileri kriyojenide geniş uygulama alanı bulduğu gibi hava ayırma sistemleri, saflaştırma, hidrojenin sıvılaştırılması, amonyak sentezi gibi kimyasal ve proses endüstrisinde de kullanılırlar. Üç ve çok bileşenli ısı değiştiricilerinin tasarımı oldukça karmaşıktır.

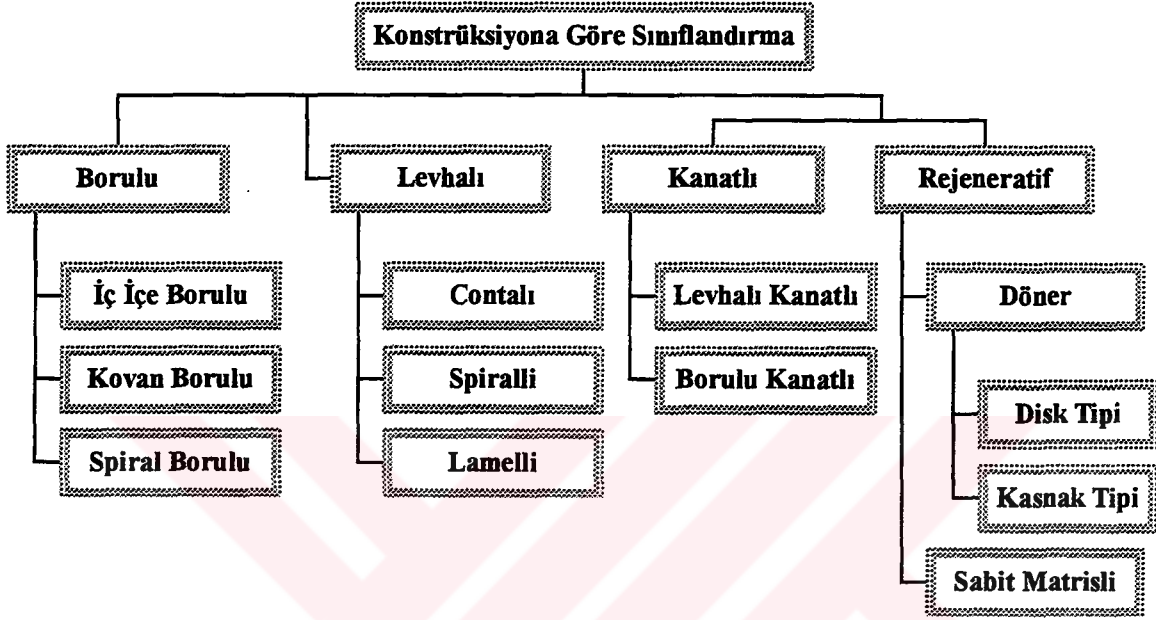
Çizelge 2.3 Isı Değiştiricilerinin Akışkan Sayısına Göre Sınıflandırılması



2.5 Konstrüksiyona Göre Sınıflandırma

Isı değiştiricileri genellikle Çizelge 2.4 'deki gibi konstrüksiyon özelliklerine göre karakterize edilir. Önemli konstrüksiyon tipleri borulu, levhalı, kanatlı, rejeneratif ısı değiştiricileridir.

Çizelge 2.4 Isı değiştiricilerinin konstrüksiyona göre sınıflandırılması



2.5.1 Borulu ısı değiştiricileri

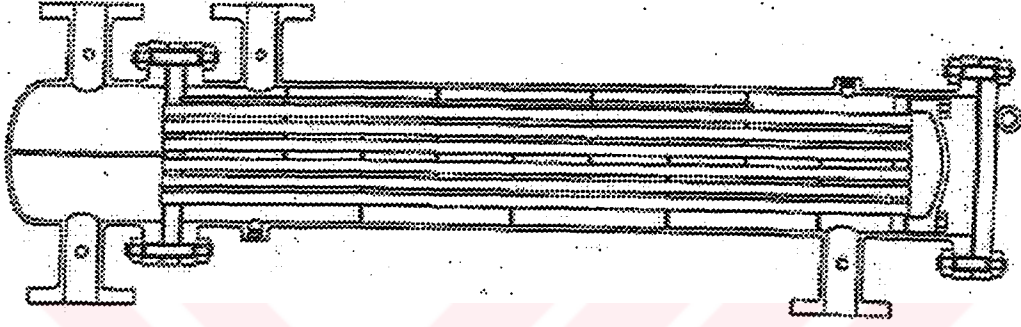
Bu tip ısı değiştiricileri eliptik, dikdörtgen ve genellikle de dairesel borulardan meydana gelmiştir. Akışkanlardan biri borunun içinde, diğer akışkan ise borunun dışında akar. Boruların çapları, sayıları, uzunlukları, merkezleri arası mesafe ve boru düzeni değişebilir. Bu nedenle bu ısı değiştiricilerinin tasarımında önemli esneklikler bulunur. Üç grupta incelenirler.

2.5.1.1 Çift borulu

Sistem genellikle aynı eksenli iki borudan yapılır. Akışkanlardan biri içteki borudan akarken, diğer akışkan iki boru arasındaki boşluktan akar. Çift borulu ısı değiştiricileri, basınç düşümünü ve ortalama sıcaklık gereksinimini karşılamak için paralel ve seri şekillerde düzenlenebilir. Önemli kullanım alanı düşük ısı transferi alanlarının gerektiği (50 m² 'ye kadar) proses akışkanlarının ısıtılması ve soğutulmasıdır. Teorik analizleri basit ve temizlenmeleri kolaydır. Bu tip ısı değiştiricileri aynı zamanda bir veya iki akışkanın yüksek basınçta bulunduğu durumlar için oldukça uygundur. En büyük dezavantajı ise büyük hacimler kaplaması ve birim ısı transferi alanı için pahalı olmasıdır.

2.5.1.2 Gövde borulu

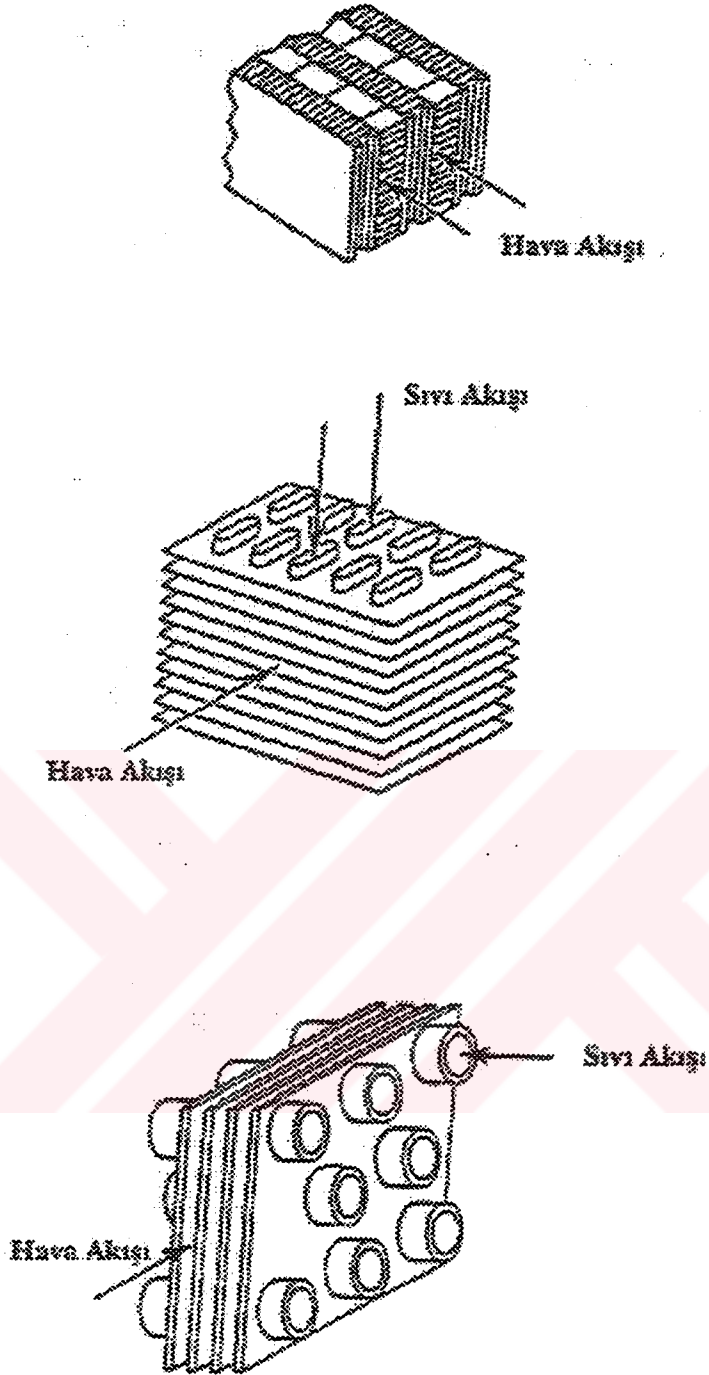
Bu ısı değiştiricisi, Şekil 2.4 'de görüldüğü gibi silindirik bir gövde ile bunun içindeki birbirine paralel borulardan meydana gelir. Akışkanlardan biri boruların içinden, diğer akışkan ise gövde içinden akar. Ana elemanları borular (boru demeti), gövde, boruların tespit edildiği n ve arka aynalar ile gövde içindeki akışı yönlendiren perdelerdir. Petrol rafinelerinde, termik santrallerde, kimya endüstrisinde, nükleer santrallerde, güç santrallerinde n ısıtıcı olarak kullanılır.



Şekil 2.3 - Gövde Boru Tipi Isı Değiştiricisi

2.5.1.3 Spiral borulu

Bir veya daha fazla borudan yapılmış spiral ile bu spiralin dışındaki bir depodan meydana gelir. Soğutma sistemlerinde kullanılan yarı aksenal kondenser ve yarı aksenal evaporatör olarak da tasarlanabilir. Spiral boruların ısı transfer katsayısı, düz borulardakine göre daha yüksektir. Isıl genleşmelerin oluşturduğu gerilme problemleri bu ısı değiştiricilerinde yoktur.



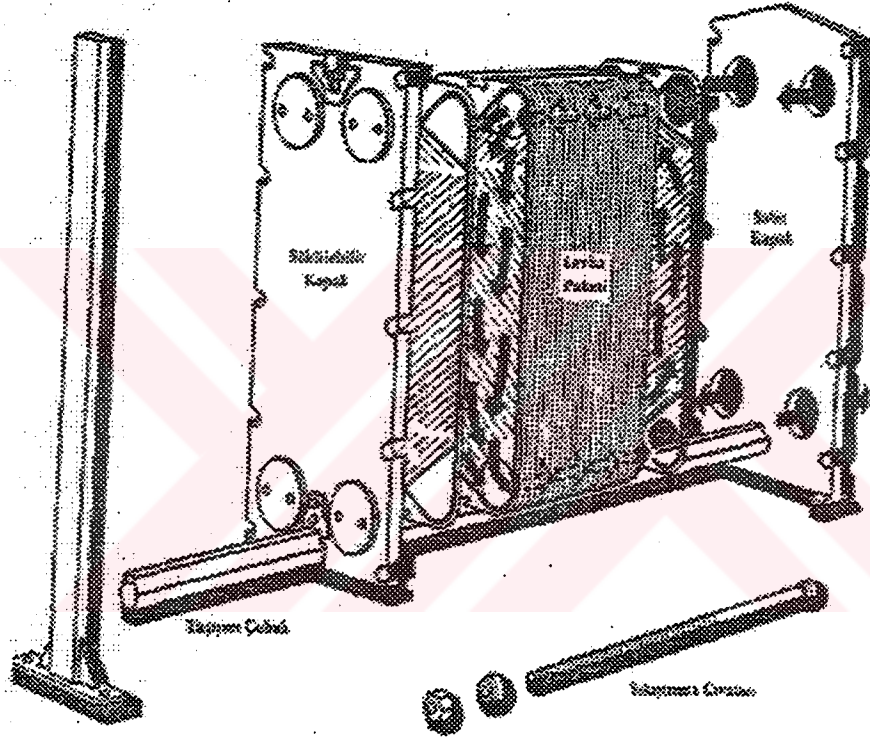
Şekil 2.4 Kompakt Isı Değiştiricileri: (a) Levhalı-Kanatlı, (b) Yassı Borulu-Kanatlı, (c) Borulu-Kantlı [1]

2.5.2 Levhalı ısı değıştiricileri

Akış kanallarını oluşturan levhalardan yapılırlar. Akışkanlar, oluklu kanatlar arasına sıkıştırılmış olan veya düz durumda bulunan yassı levhalarla ayrılırlar. Her çeşit gaz bileşimi, sıvı bileşimi veya iki fazlı akışlar için olan ısı transferinde kullanılırlar. Şu şekilde sınıflandırılırlar.

2.5.2.1 Contalı levhalı

Akışkanları ayıran oluklu ya da dalgalı şeklindeki ince levhalardan bir paket yapılarak elde edilir. Metal levhalar arasında contalar vardır.İstenildiği kadar levha ilave edilerek yüzey arttırılabilir. Levhalar arası boşluklardan akışkanları akar. Isı transferi bütün levha yüzeyi boyunca olur. Kolaylıkla temizlenebildikleri için besin, içki, süt, makyaj ve kağıt endüstrisinde geniş olarak kullanılırlar. Levha kalınlığı genellikle 0,5-1,2 mm, levhalar arasındaki boşluk ise 5-6 mm değerindedir. Levha malzemesi olarak karbonlu çelik, alüminyum, bakır ve bakır alaşımları, paslanmaz çelik, nikel ve molibden alaşımları kullanılabilir. Bu tipe ait bir örnek Şekil 2.5 'de gösterilmiştir.

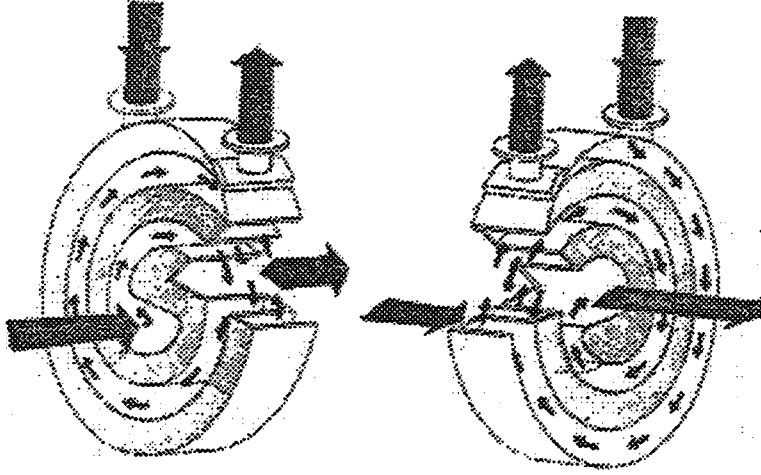


Şekil 2.5 Contalı-Levha Isı Değiştiricisi [10]

2.5.2.2 Spiral levhalı

İki uzun paralel levhanın spiral şekilde sarılması ile elde edilir. İki levha arasına konulan sapmalar ile düzgün bir boşluk sağlanabilir. Levhaların iki tarafı contalı bir kapak ile kapatılır. Akışkanlar birbirine ters veya paralel akacak şekilde düzenlenebilir (Şekil 2.6). Temizlenmesi kolay olduğundan bu ısı değiştiricisi tortu yapabilecek akışkanlar için uygundur. Bu yüzden özellikle kağıt endüstrisinde, sülfat ve sülfid fabrikalarında bu ısı değiştiricisi tercih edilir. Oldukça kompakt olmalarının yanında özel imalatları nedeniyle pahalıdırlar.

Maksimum yüzey 150 m², maksimum işletme basıncı 10 bar ve maksimum işletme sıcaklığı 500 °C ile sınırlıdır.



Şekil 2.6 Spiral Levhalı Isı Değiştiricisinde Akış Yolları [10]

2.5.2.3 Lamelli – levhalı

Lamelli ısı değiştiricisi gövde içine yassılaştırılmıştır, borulardan yapılmış bir demetin yerleştirilmesi ile elde edilir. Bu borulara lamel adı verilir ve genellikle nokta veya elektrik dikiş kaynağı ile birbirine tutturulur. Gövde içinde ayrıca perdeler bulunmaz. Akışkanlar birbirine göre ters veya paralel akabilir. Hidrolik çap küçük olduğundan büyük ısı taşınım katsayıları elde edilebilir. Teflon conta kullanıldığında maksimum 200 ° C, asbest conta kullanıldığında 500 °C sıcaklık değerlerine ve 20 bar basınca kadar çıkabilir. Bu ısı değiştiricileri kağıt, besin ve kimya endüstrilerinde uygulama alanı bulmaktadır.

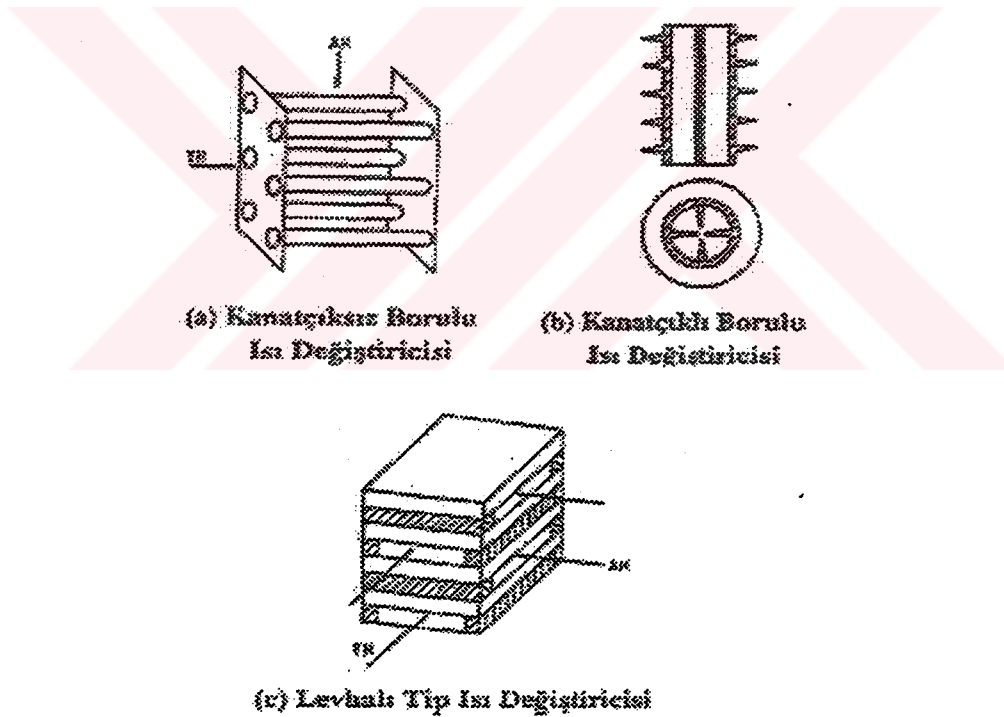
2.5.3 Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri

Ana ısı transfer yüzeyinde (boru veya levhalı) kanatların veya diğer ilave çıkıntılarının ısı transfer yüzeyini arttırmak amacıyla kullanıldığı ısı değiştiricileridir. Gaz tarafındaki ısı transfer katsayısı, sıvı tarafındakinden daha düşük olduğu için kanatlı ısı transfer yüzeyleri genelde gaz tarafında kullanılırlar. İki grupta incelenebilirler.

2.5.3.1 Levhalı-kanatlı

Bu tip ısı değiştiricilerinde akış, oluklu kanatlar arasına sıkıştırılmış olan yassı levhalarla ayrılmıştır. Genelde dūřuk sıcaklık tesislerinde ve akışkanlar arası sıcaklık farkının (1°C 'den 5°C 'ye kadar) dūřuk olduğu yerlerde kullanılırlar.

Sahip oldukları akıřa gōre çeřitli řekillerde (paralel, ters ve çapraz akıř) dūzenlenebilir. Birim hacim bařına ısı transfer alanı $2000\text{ m}^2/\text{m}^3$ civarında olduęundan oldukça kompakt yapıya sahip oldukları sōylenebilir. Levhalar boyunca ve levhadan levhaya iyi bir akıř daęılımı saęlamak için bu ısı deęiřtiricilerinin giriřine özel sistemler konur. Levhalar $0,5-1,0\text{ mm}$ ve kanatlar $0,15-0,75\text{ mm}$ kalınlıęındadır. Kanatlar, paralel levhalar halindeki yūzeyler arasında mekanik olarak preslenerek, lehimlenerek, veya kaynak ile tutturulur. Kanat tipleri: Dūz kanat, dūz delikli kanat, testere diřli kanat, dalgalı kanat. Levhalı-kanatlı ısı deęiřtiricilerin uygulama yeri bulduęu alanlar, gaz ve buhar tūrbınleri, otomobil, kamyon, uçak motorları soęutma sistemleri, ısı pompaları, soęutma makinaları, klima tesisleri, elektronik devrelerin soęutulması, nūkleer santraller ve kimya endūstrisidir.



şekil 2.7 - Kanatsız-Borulu, Kanatlı ve Levhalı Tip Isı Değiştiricileri [9]

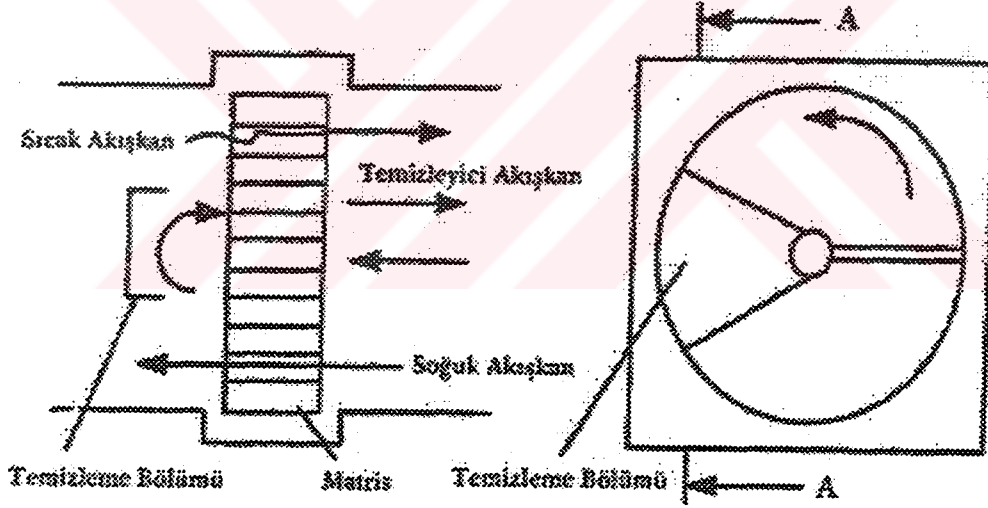
2.5.3.2 Borulu-kanatlı

Bu ısı değiştiricileri bir tarafında gaz, diğer tarafında sıvı bulunduğu durumlarda kullanılır. Gaz tarafındaki ısı transfer katsayısı, sıvı tarafındakinden daha düşük olduğu için genellikle kanatlar gaz tarafında kullanılırlar.(şekil 2.7 b). Borulu-kanatlı ısı değiştiricisi, kanatlı boru dizilişlerinin diş tarafına sabitleştirildiği bir yapıdır. Bu kanatlar boru eksenine dik, eksene paralel çaprazlama veya helisel şekillerde olabilir.

Boru eksenine paralel olarak yerleştirilen kanatlar çoğunlukla çift borulu veya perdesiz gövde borulu ısı değiştiricilerinde kullanılırlar. Boru içinde kanatların kullanıldığı yerler soğutma sistemlerindeki kondenserler ve evaporatrlerdir. Kanatlar boru cidarına döküm, kaynak, lehim, veya sıkı geçme tekniği ile tutturulabilirler. Bu tiplerin uygulama yerleri olarak g santralleri, pervaneli soğutma grupları, taşıtlar, klima cihazları ve soğutma tesisatlarıdır.

2.5.4 Rejeneratif ısı değiştiricileri

Isının depolanarak transfer edildiği ısı değiştiricileridir. Döner ve sabit dolgu (matris) maddeli olmak üzere iki tip ile karşılaşılır.



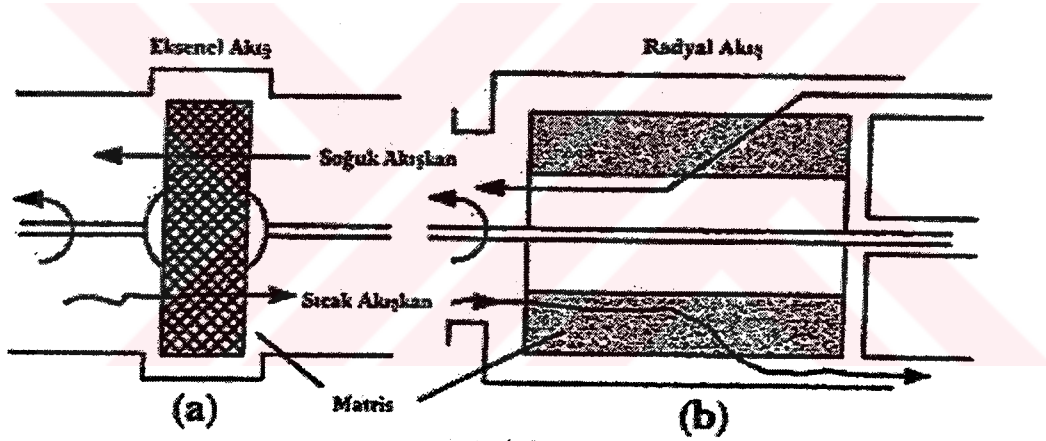
şekil 2.8 - Döner Rejeneratör

2.5.4.1 Döner dolgu maddeli

Bunlar disk ve silindir (kasnak) tipi olmak üzere iki grupta toplanabilir. Disk tipi rejeneratörlerde, ısı transfer yüzeyi disk şeklindedir ve akış aksel yöndedir. Kasnak tipinde ise dolgu maddesi içi boş silindir şeklinde olup, radyal yöndedir. Gaz türbinleri ve taşıtlarda kullanılabilirler.

2.5.4.2 Sabit dolgu maddeli

Bu ısı değiştiricisinde gaz akış yönü sabit dolgu maddesine ve sabit dolgu maddesinden başka yöne saptırılır. Sürekli bir çalışma sağlamak için aynı tipten en az iki rejeneratöre gerek vardır. Birçok yerde üç veya dört rejeneratör aynı anda kullanılır. Yüksek fırınlarda, cam fabrikalarında ve düşük sıcaklık işletmelerinde havanın ayrılmasında kullanılırlar. (KAKAÇ, 1996)



Şekil 2.9 - Döner Rejeneratör Tipleri, (a) Disk Tipi, (b) Silindir Tipi [11]

2.6 Akış Şekline Göre Sınıflandırma

Isı değiştircilerinde akışkanın değişik şekillerde dñzenlenmesi ortalama logaritmik sıcaklık farkına, etkenliğe ve ısıl gerilmelere çok etki eder. Akış şekline gñre sınıflandırma Çizelęe 2.5 'deki gibi tek geçişli ve çok geçişli olarak iki ana grupta toplanabilir. Tek geçişli halde iki akışkan ısı değiştircisi boyunca birbirleri ile yalnız bir kere geçişir. Çok geçişli halde ise iki akışkan birbirleri ile birkaç kere geçişir.

2.6.1 Tek geçişli ısı değiştircileri

Bunlar paralel, ters, çapraz akışlı olmak üzere üç grupta incelenebilir.(şekil 2.10)

2.6.1.1 Paralel akışlı

Bu akış şeklinde akışkanlar ısı değiştircisinin bir ucundan girip aynı doğrultuda akarlar ve ısı değiştircisinin diğer ucundan diğer ucundan çıkarlar. Isıl gerilmelerin istenmediği durumlarda tercih edilir.

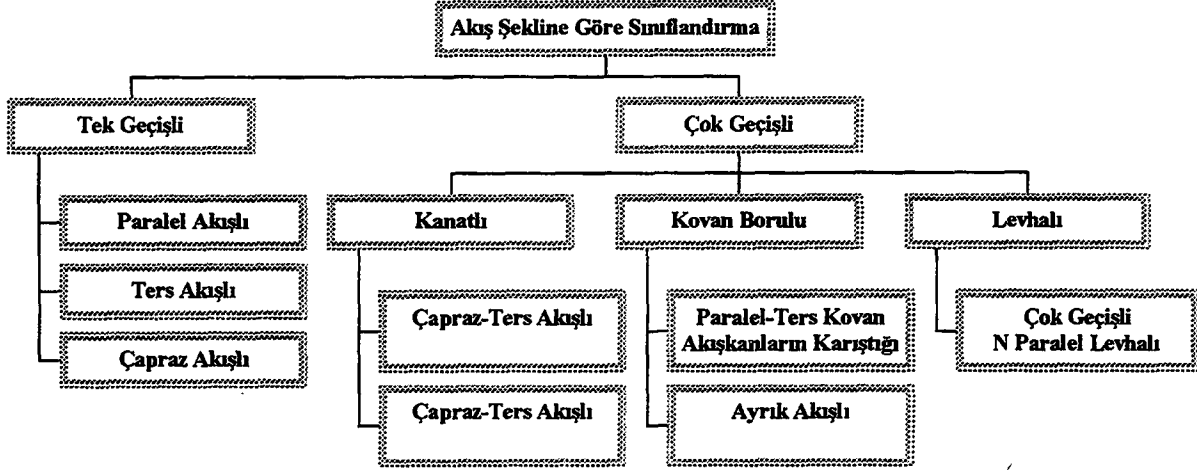
2.6.1.2 Ters akışlı

Bu tipte akışkanlar ısı değiştircisinde birbirlerine gñre ters olarak akar. Ters akışlı ısı değiştircilerinde ortalama logaritmik sıcaklık farkı, diğer akış dñzenlemelerinden daha büyüktür. Diğer ısı değiştircilerine gñre daha kompakt bir yapıya sahip olmalarına karşın, pratikteki imalat güçlükleri ve ısıl gerilmeler nedeniyle birçok uygulamada ters akışlı ısı değiştircileri tercih edilmeyebilir.

2.6.1.2 Çapraz akışlı

Bu ısı değiştircisinde akışkanlardan biri ısı transferi yüzeyi boyunca ve diğer akışkanın akış yoluna dik olacak şekilde akar. Akışkanlar ısı değiştircisi içinde ilerlerken kendisi ile karışabilir veya karışmayabilir. Isı geçişi bakımından çapraz akışlı ısı değiştircilerinin etkenliği paralel akışlı ve ters akışlı ısı değiştircilerinin etkenliklerinin arasındadır. İmalat kolaylığı nedeniyle pratikte kompakt ısı değiştircilerinin büyük çoğunluğu çapraz akışlı olarak yapılır.

Çizelge 2.5 Isı değıştircilerinin akış şekline göre sınıflandırılması



2.6.2 Çok geçişli ısı değıştircileri

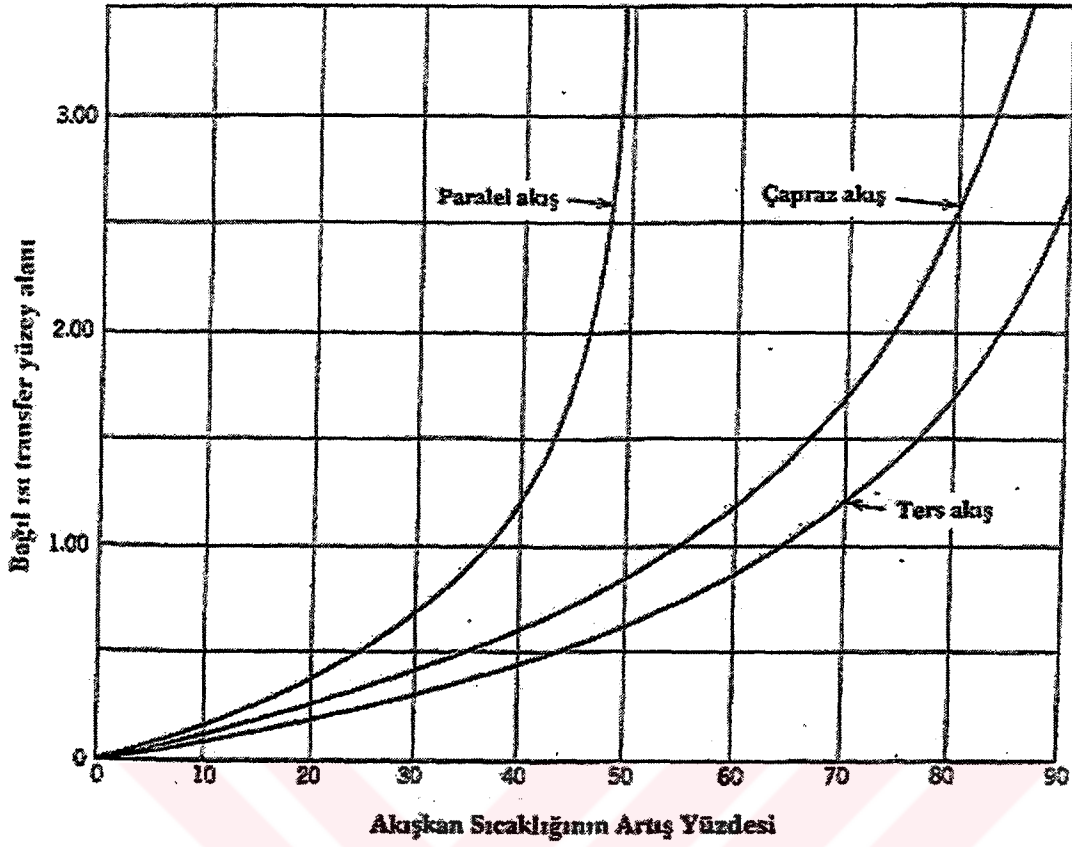
Daha önce incelenen ısı değıştircilerinin tek geçiş işlemi, ısı değıştircisi içinde değışik şekillerde ard arda seri halde düzenlenerek çok geçişli tipler elde edilebilir. Çok geçişli ısı değıştircilerinin en büyük üstünlüğü ısı değıştircisi etkenliğini artırmaktır. Çok geçişli ısı değıştircileri kanatlı yüzeylerde, gövde-boru tiplerinde ve levhalı tiplerde değışik düzenlemelerde imal edilebilir.

2.6.2.1 Çapraz-ters akışlı

Bu çeşit düzenleme genellikle kanatlı yüzeyli ısı değıştircilerinde tercih edilir. İki veya daha fazla sayıda çapraz geçiş arka arkaya ters akışlı olarak seri halde bağlanır. Isı değıştircisi etkenliği, her bir geçişteki akışkanların karışıp karışmadığına ve geçiş sayısına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklardaki uygulamalarda sıcaklığın fazla olduğu geçişlerde sıcağa dayanıklı pahalı malzeme, diğere yerlerde ise ucuz malzeme kullanılarak imalat masrafları azaltılabilir.

2.6.2.2 Çapraz-paralel akışlı

Bu düzenleme, bir önceki düzenlenmeye çok benzer, sadece akışkanların birbirlerine göre genel akış paraleldir. Geçiş sayısı artırılarak, sistemin etkenliği tek geçişli paralel akışlı ısı değıştircisi etkenliğine yaklaştırılabilir.



Şekil 2.10 Paralel, ters ve çapraz akışların karşılaştırılması. (Fraas & Özışık, 1965)

2.2.1.1 Gövde akışkanının karıştığı, paralel-ters akışlı

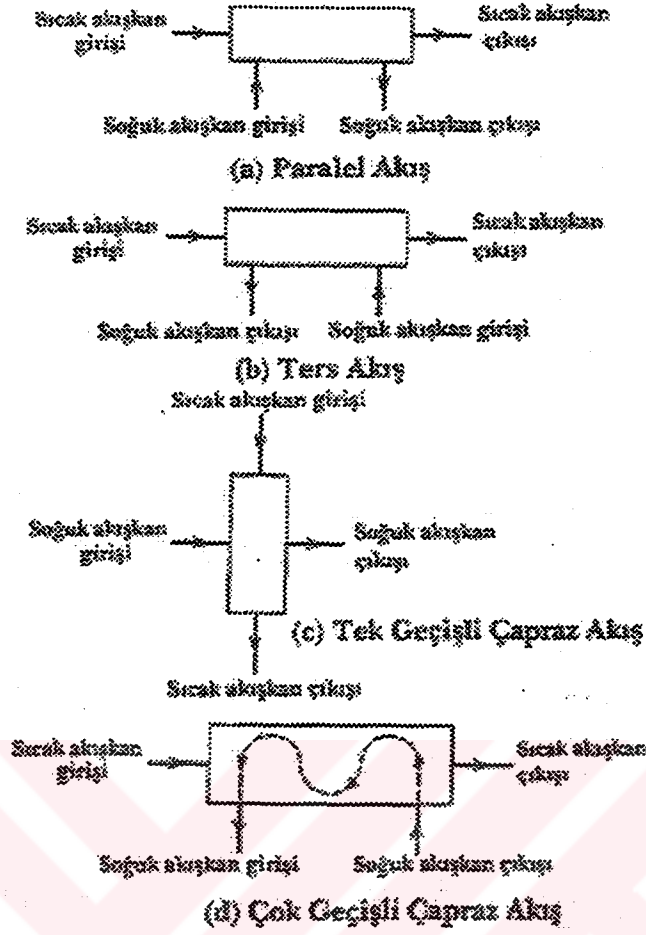
Bu düzenleme, gövde borulu ısı değiştiricilerinde en çok kullanılan tiptir. Sistemde borular bir uçlarından tespit edildiğinden ısı gerilmeler çok azdır. Gövde tarafındaki akışkan karıştığından, herhangi bir kesitteki gövde akışkanının sıcaklığı sabittir. Bu yüzden, boru içindeki akışkanının yönü değişse de ısı değiştiricisi etkenliği aynı kalır.

2.2.1.2 Gövde akışkanı karışmış, ayrık akışlı

Bu düzenlemede, boyuna perdeler kullanılır ve tek bir çıkış ağız vardır. (TEMA G-Tipi gövde)

2.6.2.5 N Paralel levha geçişli

Levha tipi ısı değiştiricilerinde, levhaların çeşitli şekillerde düzenlenmesi ile çok geçişli akışlar elde edilebilir. Levha tipi ısı değiştiricilerinde conta yeri değiştirilerek bu düzenlemeler kolayca elde edilebilir. (Genceli, 1983)

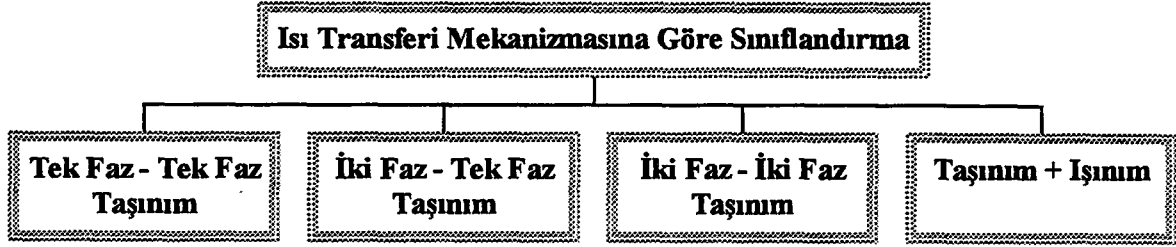


Şekil 2.11 Isı değiştiricilerindeki akış yolları [3]

2.7 Isı Transferi Mekanizmasına Göre Sınıflandırma

Isı değıştircilerinin ısı transferi mekanizmasına göre Çizelge 2.6 'daki gibi sınıflandırmaları ve bunlara ait uygulamalar şu şekildedir.

Çizelge 2.6 Isı değıştircilerinin ısı transferi mekanizmasına göre sınıflandırılması



2.7.1 İki tarafında tek fazlı ısı taşınımı olan ısı değıştircileri

Bu ısı değıştircilerinin iki tarafındaki ısı taşınımı zorlanmış veya doğal olabilir. Otomobil radyatörleri, salon ısıtıcıları, buhar kazanları, ekonomizörleri ve hava ısıtıcıları, kompresör iç soğutucuları, rejeneratörler, yağ soğutucuları önemli uygulamalardır.

2.7.2 Bir tarafında tek fazlı diğer tarafında iki fazlı ısı taşınımı olan ısı değıştircileri

Bu ısı değıştircilerinin bir tarafında tek fazlı akış varken, diğer tarafında kaynamakta veya yoğunlaşmakta olan iki fazlı bir akış vardır. Bunlara ait örnekler, termik santrallerin yoğunlaştırıcıları, soğutma sistemlerinin yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcıları sayılabilir.

2.7.3 İki tarafında iki fazlı ısı taşınımı olan ısı değıştircileri

Bunlarda da ısı değıştircisinin bir tarafında buharlaşma, diğer tarafında yoğunlaşma vardır. Bu tip ısı değıştircisi, hidrokarbonların distilasyonunda buharın yoğunlaştırılmasında kullanılır.

2.7.4 Taşınım ve ışıınının birarada olduğu ısı değıştircileri

Yüksek sıcaklıkta çalışan sabit dolgu maddeli rejeneratörler ile buhar kazanları kızdırıcıları bu ısı değıştircilerine örnek olarak verilebilir.

3. SERPANTİN TIPLİ ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ

3.1 Soğutucu ve Nem Alıcı Serpantinler

Soğutucu ve nem alıcı serpantinler iklimlendirme, ilaç ve gıda sanayi, ürünlerin depolanması gibi birçok değişik alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hava soğutmasında kullanılan serpantinler soğutma işlevlerinin yanısıra nem alıcı olarak da kullanılabilir. Ön soğutucu serpantinler nem alma olayı olmadan yalnızca soğutucu olarak kullanılırlar. Soğuk su serpantinleri ise kullanılan kimyasal nem alıcı aygıtların yardımıyla bir sistemden duyulur ısı çekerler. Serpantinlerin büyük bir kısmı havanın aynı anda hem duyulur ısını hem de bir miktar nemini çekecek şekilde tasarlanırlar.

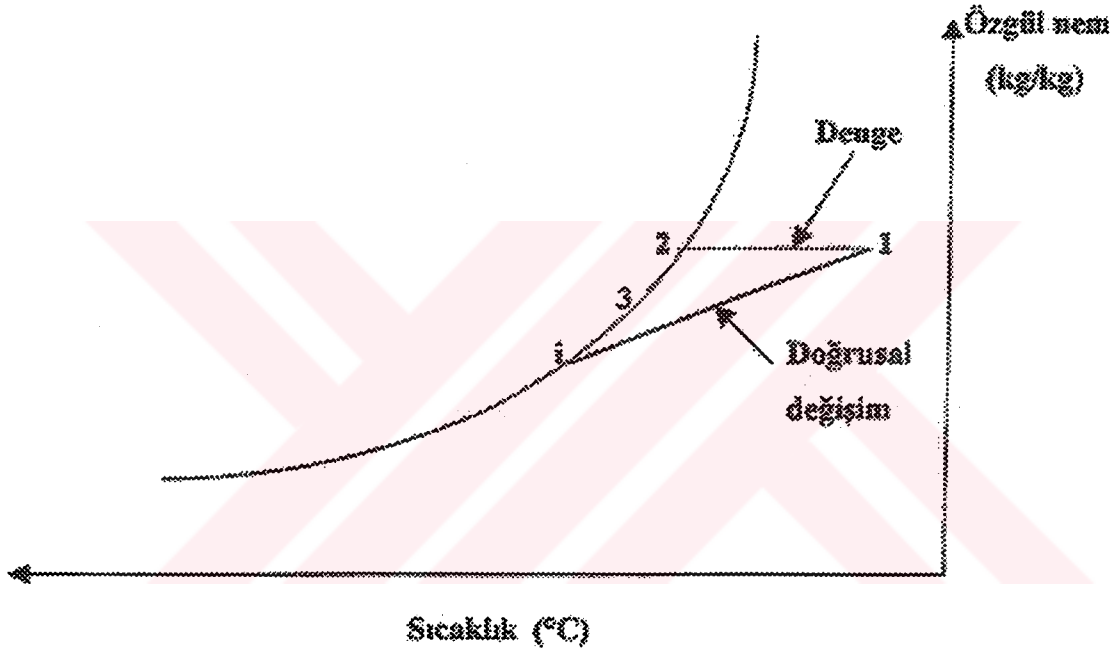
Bu serpantinler, havadan ısının bir yüzeye, bu yüzeyden de metal cidar aracılığı ile bu içindeki soğuk akışkana geçtiği, ıslak yüzeyli soğutucu cihazlardır. Hava içindeki nemin soğuk bir yüzey üzerinde yoğunlaşarak ıslak bir tabaka oluşturduğu, soğutucu serpantinler üzerinden geçirilen havanın soğutulmuş ve neminin alındığı durumlar gözönüne alınır. Havadan ısı, serpantin boruları içinden akan soğutucu akışkan, su veya donmayan bir akışkan yardımıyla çekilebilir.

Serpantinler, düz borulu ve kanatlı borulu olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilirler. Boruların dışından akan havanın ısı, boruların içerisinden akan akışkan tarafından çekilir. Genellikle hava tarafındaki ısı taşınım katsayısının soğutucu akışkan veya su tarafındaki ısı taşınım katsayısından küçük olması nedeniyle, hava tarafındaki ısı geçiş yüzeyini arttırmak için kanatlar ilave edilir.

Soğutucu akışkan veya su boruların içinden, hava ise boruların dışından ve kanatların arasından akar. İklimlendirme proseslerinin bir çoğunda havanın su buharı ve içerdiği diğer gazlarla bir karışım oluşturduğu kabulü yapılır ve hesaplamalar bu kabule göredir. Hava karışımını oluşturan bu bileşenlerin soğutucu serpantine aynı kuru termometre sıcaklığında girdikleri ve kuru soğutucu gibi çalışan serpantin ilk bölümüyle temas geçtiklerinde duyulur ısılarının bir kısmını kaybettikleri kabul edilir. Bununla birlikte nemin yoğunlaşma olayı, havanın üzerinden geçtiği yüzey sıcaklığının, havanın serpantine girişteki çığ noktası sıcaklığının altında olduğu serpantin kısımlarında meydana gelir. Değişim eğrisi Şekil 3.1 de görüldüğü gibi havanın serpantinden geçerken bulunduğu noktaların psikrometrik diyagramda belirlediği eğridir.

İlk bakışta Şekil 3.1 'de gösterildiği gibi değişim eğrisinin 1-2-3 şeklinde olacağı söylenebilir. Bu eğri, havanın önce özgül nemi sabit olacak şekilde doyma noktasına kadar soğutulduğunu, sonra da hava serpantinden ayrılana kadar doyma eğrisi üzerinden 2-3 arasında değiştiğini göstermektedir. 1-2-3 değişimi yalnızca hava soğurken bütün hava kütesinin sıcaklığı ve buhar basıncı uniform olduğu zaman meydana gelir. Ayrıca bu eğri ıslak yüzey sıcaklığının sabit olması durumunda geçerlidir. Sabit T_i sıcaklığındaki ıslak yüzey üzerinde akan hava halinde,

$$\frac{T_i - T_2}{T_i - T_1} = \frac{w_i - w_2}{w_i - w_1} \quad \text{eşitliği yazılabilir.} \quad (3.1)$$



Şekil 3.1 İdeal serpantin değişim eğrisi

Burada 1 indisi giriş, 2 indisi ise çıkış şartlarını ifade etmektedir. Bu denkleme göre psikrometrik diyagramda havanın çıkış noktasının, serpantine giriş noktası ile ıslak yüzeyin doyma eğrisi üzerindeki yerini belirleyen noktayı birleştiren doğru arasında olacağı görülmektedir. Serpantin yüzeyinin büyük olması durumunda havanın çıkış noktası, 1 noktasına yakın olacaktır. Serpantin yüzey sıcaklığı girişteki havanın çığ noktası sıcaklığına eşit ise değişim eğrisi yatay bir doğru olmaktadır. Bu durumda havadan nem çekilemez.

Yüzey sıcaklığı giriş havasının çığ noktası sıcaklığından daha büyük ve serpantin yüzeyi kuru ise, havadan nem alınamaz ve doğrusal değişim kanunu geçerli olmaz.

3.2 Soğutucu Serpantinlerin Isıl Hesapları

Hava debisi, havanın girişteki kuru termometre ve yaş termometre sıcaklığı, çıkıştaki yaş termometre sıcaklığı, soğutucu akışkan olarak kullanılan suyun debisi, suyun serpantine giriş sıcaklığı verileriyle oluşan ve bir kısmı yaş bir kısmı kuru yüzeyli olarak çalışan zıt akışlı soğutucu serpantin tasarımı göz önüne alınmıştır. Şekil 3.2 'de böyle bir serpantinin ısı diyagramı görülmektedir. Bu diyagram serpantin yüzey alanı boyunca hava, yüzey ve soğutucu akışkan için sıcaklık değişimlerini göstermektedir. Aynı diyagram entalpi değişimleri kullanılabilir. Diyagramda bulunan üstteki eğri ile serpantin boyunca akan havanın entalpisi ile sıcaklığındaki değişim, alttaki eğri ile de soğutucu akışkan sıcaklığındaki değişim gösterilmektedir. Ortada çizilen eğri yaklaşık olarak yüzey sıcaklığını ve bu sıcaklığa karşılık gelen doymuş havanın entalpisini göstermektedir. Soğutucuya giren nemli havanın içerisindeki su buharı ve hava, serpantin yüzeyi ile ilk temas geçtiklerinde duyulur ısılarının bir miktarını kaybederler. Akış doğrultusuna göre soğutucunun ilk kısmı kuru soğutucu olarak çalışmaktadır. Yüzey sıcaklığının havanın çığ noktası sıcaklığından daha düşük olduğu bölgede su buharı akan hava tarafından taşınır ve yüzey üzerinde yoğuşur. Aynı zamanda hava tarafından bu daha soğuk yüzeye duyulur ısı geçişi olduğundan dolayı hava soğumaya başlar. Yoğuşma başladıktan sonra sıcaklık başına duyulur ısı sabit kalmakla beraber her bir sıcaklık farkı için gizli ısı çok değişir. Buna nem miktarının sıcaklığa göre çok değişmesi neden olmaktadır. Yoğuşmanın başlamasıyla aynı anda hem duyulur ısı hem de gizli ısı transferinin olmasının nedeni ile hava ile yüzey arasındaki entalpi farkı ve yüzey ile soğutucu akışkan arasındaki sıcaklık farkıdır. (Cheremisinoff, 1972)

Bu serpantin tasarımı için şu şekilde bir sıra izlenmiştir.

Serpantin girişindeki havanın hızı seçilir. Bu değer 2-3 m/sn arasında olması tercih edilir.

Gerekli serpantin giriş alanı hesaplanır. (Fraas & Özışık, 1965)

$$A_z = \frac{m_h}{V_g \cdot \rho_h} \quad (3.2)$$

Toplam soğutma yükü hesaplanır,

$$Q_t = m_h [(h_1 - h_2) - (w_1 - w_2)h_{ss}] \quad (3.3)$$

Havadan yüzeye olan ısı transferi,

$$dq_1 = \frac{(h_h - h_y).dA_1}{c_p.R_{h1}} \quad (3.4)$$

Yüzeyden soğutucu akışkana olan toplam ısı transferi,

$$dq_1 = \frac{(T_y - T_s).dA_1}{(R_{m1} + R_s)} \quad (3.5)$$

(4.4) ve (4.5) no'lu eşitlikler düzenlenerek serpantin karakteristiği hesaplanır,

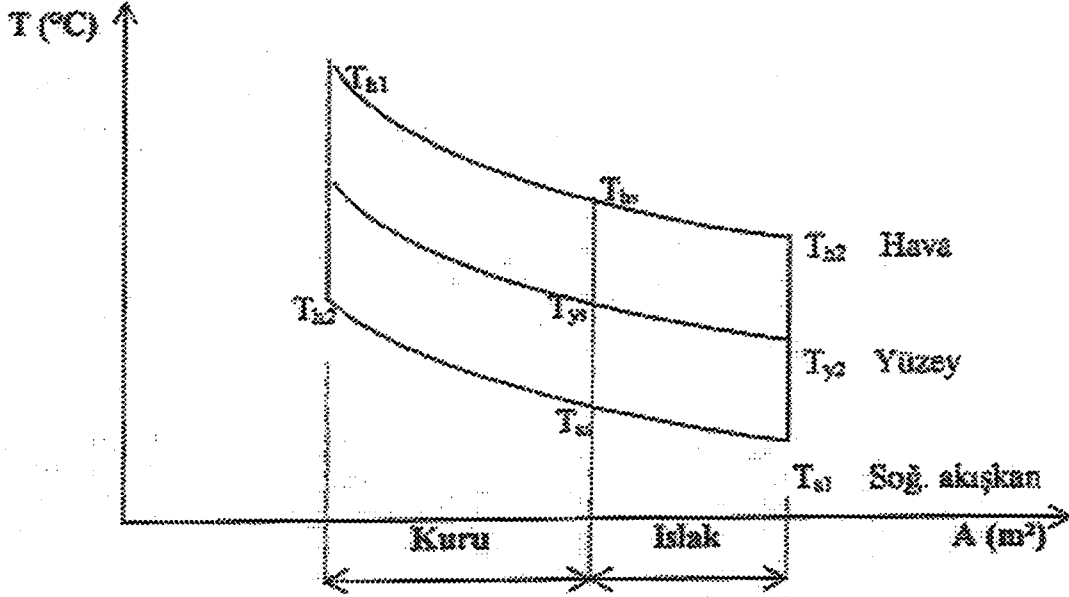
$$C = \frac{R_{m1} + R_s}{c_p.R_{h1}} = \frac{T_y - T_s}{h_h - h_y} \quad (3.6)$$

Hava ile soğutucu arasındaki enerji dengesi,

$$m_h(h_{h1} - h_{h2}) = m_s.c_s(T_{s2} - T_{s1}) \quad (3.7)$$

Daha sonra Y katsayısı hesaplanır.Hesaplanan bu Y katsayısının yardımıyla Ts2 bulunur.

$$Y = \frac{T_{s2} - T_{s1}}{h_{h1} - h_{h2}} = \frac{m_h}{m_s.c_s} \quad (3.8)$$



Şekil 3.2- Zıt akışlı hava ve soğutucu akışkan kullanan soğutucu serpantin için ısı diyagramı

Yoğuşma olayının, giren havanın çığ noktası sıcaklığının altında başladığı kabul edilirse,

$$T_{ys} = T_{hl}^* \quad (3.9)$$

Sınır noktası için

$$C = \frac{T_{hl}^* - T_{ss}}{h_{hl}^* - h_{ss}} \quad (3.10)$$

Kuru-ıslak yüzey sınırındaki nemli havanın entalpisi hesaplanır,

$$h_{hs} = \frac{T_{hl}^* - T_{s2} + Y \cdot h_{hl} + C \cdot h_{hl}^*}{C + Y} \quad (3.11)$$

h_{hs} yüzeyin ıslak, ıslak-kuru veya tamamen kuru olduğunun göstergesidir. Buna göre,

- a) $h_{hs} \geq h_{hl}$ ise tamamen ıslak
- b) $h_{hl} > h_{hs} > h_{h2}$ ise kısmen kuru
- c) $h_{hs} \leq h_{h2}$ ise tamamen kuru

Eğer yüzeyin bir kısmı ıslak ise suyun sınır noktasındaki sıcaklıkları aşağıdaki eşitliklerden bulunur:

$$T_{hs} = T_{h1} - (h_{h1} - h_{hs}) / c_p \quad (3.12)$$

$$T_{ss} = T_{s2} - Y \cdot c_p (T_{h1} - T_{hs}) \quad (3.13)$$

Toplam ısı geçiş sayısı,

$$R = R_{mk} + R_{hk} + R_s \quad (3.14)$$

Zıt akış için logaritmik sıcaklık farkı (kuru yüzey alanını bulmak için),

$$\Delta T_{ort} = \frac{(T_{h1} - T_{s2}) - (T_{hs} - T_{ss})}{\ln[(T_{h1} - T_{s2}) / (T_{hs} - T_{ss})]} \quad (3.15)$$

Kuru alan,

$$A_k = \frac{Q_t \cdot R}{\Delta T_{ok}} \quad (3.16)$$

Kuru yüzeyden geçen toplam ısı,

$$Q_k = m_h \cdot c_p \cdot (T_{h1} - T_{hs}) = m_s \cdot c_s \cdot (T_{s2} - T_{ss}) \quad (3.17)$$

C serpantin karakteristiğinin sınır noktası ve serpantin çıkışı için ayrı ayrı gösterilmesi,

$$C = \frac{T_{ys} - T_{ss}}{h_{hs} - h_{ys}} = \frac{T_{y2} - T_{s1}}{h_{h2} - h_{y2}} \quad (3.18)$$

Hava ile yüzey arasında zıt akış halinde ortalama logaritmik entalpi farkı,

$$\Delta h_{ort} = \frac{(h_{hs} - h_{ys}) - (h_{h2} - h_{y2})}{\ln[(h_{hs} - h_{ys}) / (h_{h2} - h_{y2})]} \quad (3.19)$$

Yüzey ile soğutucu akışkan arasındaki ortalama logaritmik sıcaklık farkı,

$$\Delta T_{ort} = \frac{(T_{ys} - T_{ss}) - (T_{y2} - T_{s1})}{\ln[(T_{ys} - T_{ss}) - (T_{y2} - T_{s1})]} \quad (3.20)$$

Islak yüzeyden geçen ısı miktarı,

$$Q_i = m_s \cdot c_s \cdot (T_{ss} - T_{s1}) = m_h \cdot [h_{hs} - h_{h2} - (w_1 - w_2)h_{s3}] \quad (3.21)$$

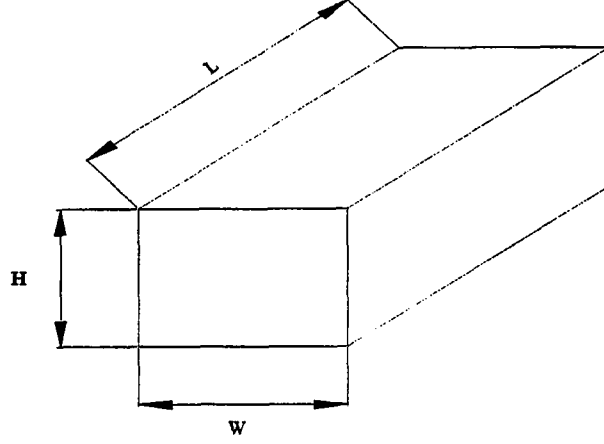
Islak yüzey alanı,

$$A_i = \frac{Q_i (R_m + R_s)}{\Delta T_{ort}} = \frac{Q R_m c_p}{\Delta h_{ort}} \quad (3.22)$$

Toplam alan,

$$A_T = A_i + A_k \quad (3.23)$$

3.3 Serpantinlerin Boyutlandırılması



Şekil 3.3 Serpantin Boyutları

Şekil 3.3 'de görüldüğü gibi serpantin girişini kare olarak kabul edilip serpantin giriş alanı bulunur.

$$A_g = H L \quad (3.24)$$

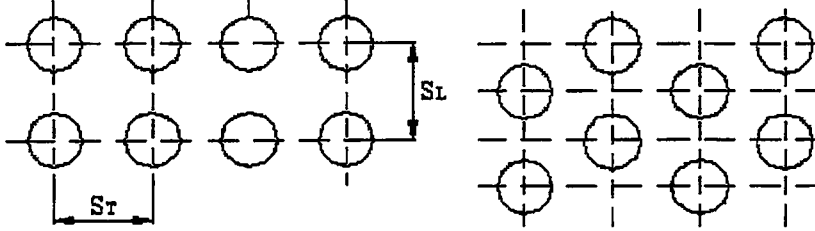
Soğutucu akışkan olarak kullanılan suyun debisinden faydalanılarak boru çapı belirlenir,

$$A_b = \frac{m_s}{\rho_s V_s} \quad (3.25)$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4A_b}{\pi}} \quad (3.26)$$

Boruların iç çapa uygun olarak bakır borular için standart dış çap ve et kalınlığı seçilir. Daha sonra Şekil 3.4 'de gösterildiği gibi serpantin içerisindeki boru demeti karesel veya üçgen düzende yerleştirilebilirler.

Bu yerleştirme dzenlerine göre S_T ve S_L borular arasındaki yatay ve düsey uzaklıklar standartlardan belirlenir.



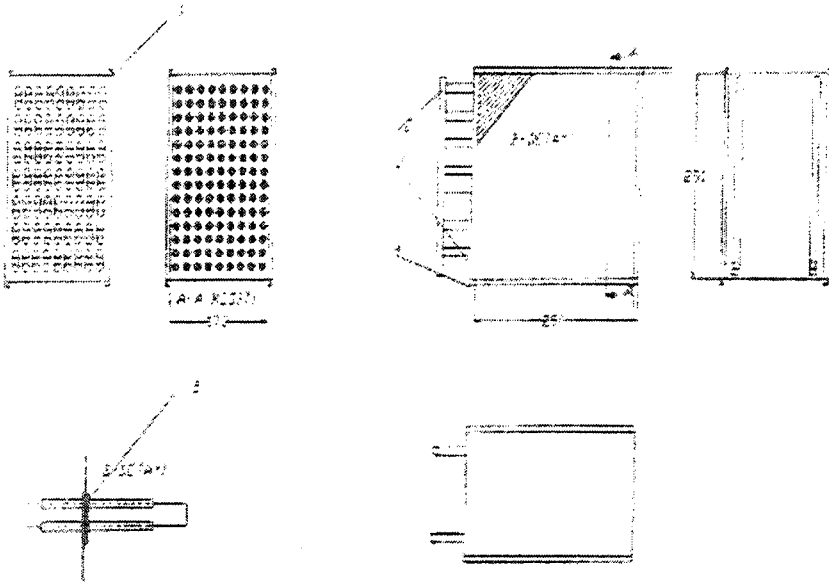
Şekil 3.4 Serpantin içerisinde boruların karesel ve üçgen olarak yerleştirilmeleri

N_b boru sayısı olmak üzere Şu bağıntı yazılabilir:

$$H = (N_b + 1) \cdot S_T \Rightarrow N_b = \frac{H}{S_T} - 1 \quad (3.27)$$

Toplam ısı transferi alanının ısı değiştiricisinin hacmine oranı “ Kompaktlık sayısı” olarak ifade edilir. Tasarımı yapılan serpantin için kompaktlık sayısı $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olarak alınabilir. Buna göre hacim ifadesi Őöyle bulunur:

$$\frac{A_T}{V} = 500 \Rightarrow V = \frac{A_T}{500} \quad (3.28)$$



1	KANAT	10	ALUMİNYUM
2	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
3	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
4	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
5	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
6	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
7	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
8	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
9	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
10	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
11	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
12	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
13	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
14	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
15	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
16	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
17	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
18	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
19	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
20	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
21	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
22	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
23	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
24	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
25	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
26	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
27	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
28	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
29	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM
30	YERLEŞTİRME	10	ALUMİNYUM

Şekil 3.5- Soğutucu serpantin çizimi

Serpantin genişliğinin bulunduğu ifade,

$$W = \frac{V}{H.L} \quad (3.29)$$

Serpantin derinliği doğrultusundaki sıra sayısı,

$$N_r = \frac{W}{S_t} \quad (3.30)$$

t_k kanat kalınlığı seçilir ve buradan da z kanat sayısı olmak üzere kanat yüzey alanı bulunur.,

$$A_k = (H.W - \frac{\pi.d^2}{4} N_b N_r).2.z \quad (3.31)$$

Çıplak boru yüzey alanı,

$$A_{by} = \pi \cdot d^2 N_b N_r (L - t_k - z) \quad (3.32)$$

Toplam ısı transfer alanı A_T bilindiğine göre z kanat sayısı bulunur,

$$A_T = A_k + A_{by} \quad (3.33)$$

Kanatlar arası mesafe,

$$b_k = \frac{L - z \cdot t_k}{z} \quad (3.34)$$

Tekrar bir kompaktlık sayısı bulunur. Eğer başlangıçta kabul edilen değer ile son değer arasında büyük bir fark varsa hesaplar (4.28) eşitliğine dönülerek tekrar yapılır.

$$kompaktlik_{son} = \frac{A_T}{L \cdot S_T \cdot S_L \cdot N_b \cdot N_r} \quad (3.35)$$

Boru tarafındaki basınç düşümü,

$$\psi = 0.0054 + \frac{0.3964}{Re_s^{0.3}} \quad (3.36)$$

Gövde tarafındaki basınç düşümü,

$$\Delta P_{si} = \psi \frac{L}{d_i} \frac{\rho_s V^2}{2} \quad (3.37)$$

$$\Delta P_h = \frac{G_c^2}{2.3600^2 \cdot \rho_1} \left[(1 + \sigma^2) \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1 \right) + f \frac{A_T}{A_c} \left(\frac{\rho_1}{\rho_m} \right) \right] \quad (3.38)$$

Kütlesel Debi:

$$G_c = \frac{G_{fc}}{\sigma} \quad (3.39)$$

Serpantine giren hava debisi:

$$G_{fc} = \frac{m_h \cdot 3600}{A_g} \quad (3.40)$$

$$\sigma = \frac{A_g - (L \cdot d_d \cdot N + z \cdot H \cdot t_k - N_b \cdot t_k \cdot d_d \cdot z)}{A_g} \quad (3.41)$$

Minimum kesit alanı: $A_c = \sigma \cdot A_g$ (3.42)

Ortalama yoğunluk: $\rho_m = (\rho_1 + \rho_2) / 2$ (3.43)

3.4 Hava ve Suyun Özellikleri İle İlgili Bağlıntılar

Suyun özellikleri ile ilgili olan eşitlikler (3.3) – (3.7) 'de verilmişti. Havanın özelliklerini veren eşitlikler sıcaklık, nem, ve basıncın fonksiyonu olarak hazırlanmışlardır. (Stoecker, 1992)

3.4.1 Havanın ısı geçiş özellikleri

$P=101325 \text{ Pa}$ $-50 \text{ }^\circ\text{C} < T < 200 \text{ }^\circ\text{C}$ olmak üzere

Isı iletim katsayısı (W/mK),

$$k = 0.02422 + 0.719 \cdot 10^{-4} T \quad (3.44)$$

Prandtl sayısı,

$$Pr = 0.7137 - 0.1256 \cdot 10^{-3} T \quad (3.45)$$

Dinamik viskozite (kg/ms),

$$\mu = 0.1724 \cdot 10^{-4} + 0.4426 \cdot 10^{-7} T \quad (3.46)$$

Yoğunluk (kg/m³),

$$\rho = \frac{P}{287.055 \cdot T(1 + 1.6078 \cdot w)} \quad (3.47)$$

Özgül ısı (J/kgK),

$$c_p = \frac{Pr \cdot k}{\mu} \quad (3.48)$$

Isı yayılım katsayısı (m²/s),

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p} \quad (3.49)$$

3.4.2 Su buharı ile ilgili özellikler

Doymuş su buharının entalpisi (kJ/kg)

$$h_{buhar} = 2501 + 1.805 \cdot T \quad (3.50)$$

Su buharının kısmi basıncı (Pa),

$$P_s = \frac{P \cdot w}{0.62198 + w} \quad (3.51)$$

Su buharının özgül hacmi (m³/kg),

$$V_s = \frac{T \cdot R_s}{P_s} \quad (3.52)$$

Su buharının doyma basıncı (Pa),

173 < T < 273 K için:

$$\begin{aligned} \ln(P_{sd}) = & -5674.5359/T + 6.3925247 - 0.9677843 \cdot 10^{-2} \cdot T + 0.62215701 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \\ & + 0.20747825 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 + 0.9448024 \cdot 10^{-12} \cdot T^4 + 4.1635019 \cdot \ln(T) \end{aligned} \quad (3.53)$$

273 < T < 473 K için:

$$\begin{aligned} \ln(P_{sd}) = & -5800.2206/T + 1.3914993 - 0.04860239 \cdot T + 0.41764768 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 \\ & - 0.14452093 \cdot 10^{-7} \cdot T^3 + 6.5459673 \ln(T) \end{aligned} \quad (3.54)$$

3.4.3 Nemli hava ile ilgili özellikler

Nemli havanın özgül hacmi (m^3/kg)

$$v = \frac{287.055.T}{P} (1 + 1.6078.w) \quad (3.55)$$

Nemli Havanın entalpisi (kJ/kg),

$$h_h = T + w(2501 + 1.805.T) \quad (3.56)$$

Doymuş havanın entalpisi (kJ/kg),

$$h_d = 10.31 + 1.316.T + 0.0529.T^2 \quad (0 < T < 30 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad (3.57)$$

Özgül nem (kg/kg),

$$w = 0.622 \frac{P_s}{P - P_s} \quad (3.58)$$

3.4.4 Havanın psikrometrik özellikleri

Çiğ noktası sıcaklığı

$-60 < T < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ için:

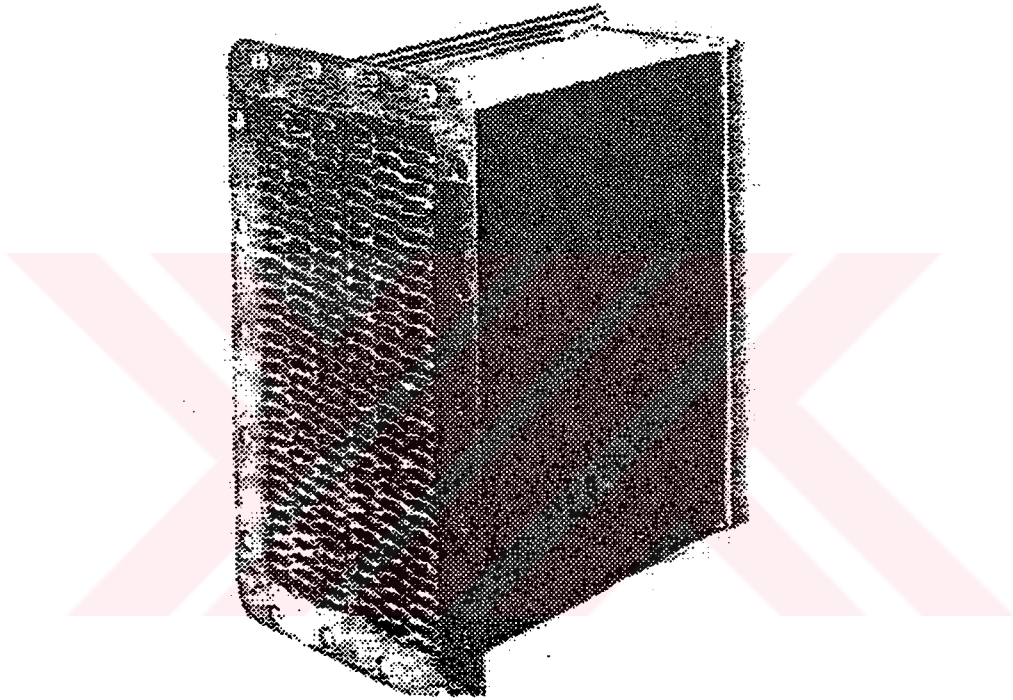
$$T^* = -60.45 + 7.032.\ln(P_s) + 0.37.[\ln(P_s)]^2 \quad (3.59)$$

$0 < T < 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$T^* = -35.957 - 1.872.\ln(P_s) + 1.16893.[\ln(P_s)]^2 \quad (3.60)$$

4. SIVI-GAZ ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ

Isı değiştiricileri pazarında en önemli olanlar genellikle su ve havanın kullanıldığı sıvı ve gaz arasında ısının aktarıldığı sistemlerdir. Bunlara otomobil radyatörleri, uçakların yağ soğutma sistemleri ve hava şartlandırma ekipmanları, evler ve endüstrideki ısıtma sistemleri, kompresörler ve gaz türbin soğutucularında kompresör giriş ve çıkışındaki ısıtıcılar örnek olarak verilebilir. Genellikle ısı transfer katsayısı gaz tarafından sıvı tarafına olanla daha yüksektir. Bu nedenle kanatçıklı yüzeyler kullanmak avantaj oluşturmaktadır.



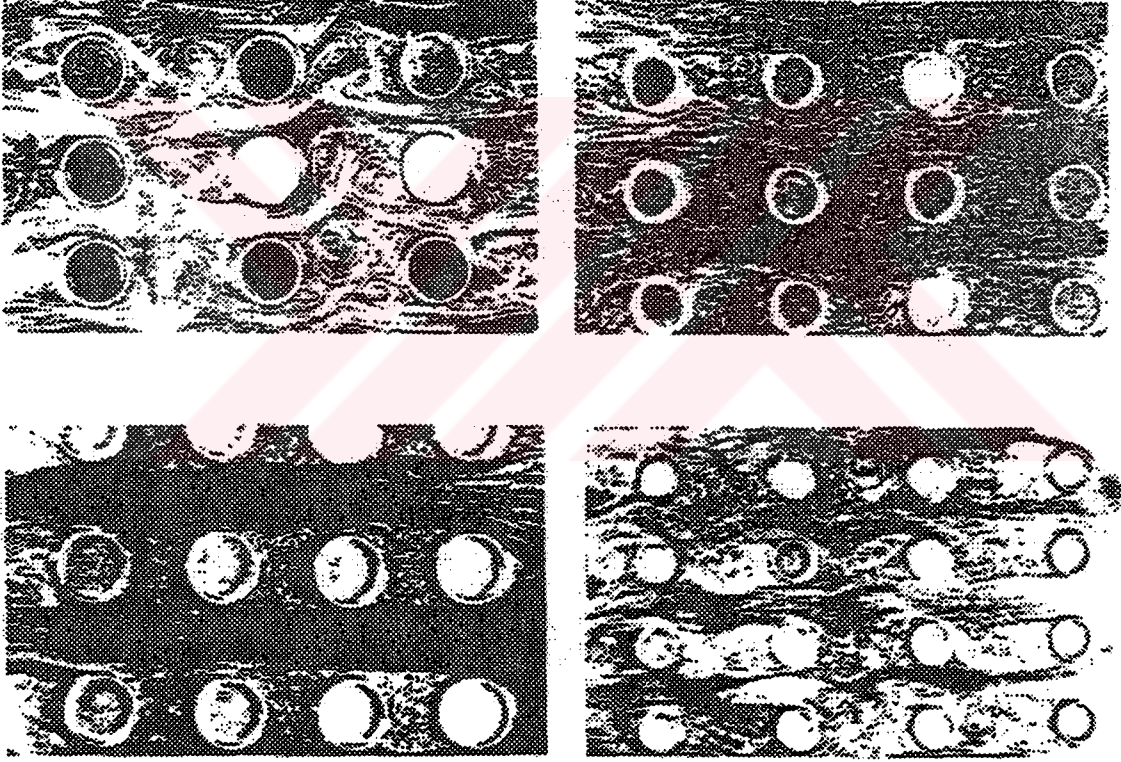
Şekil 4.1 Ağır zirai ekipmanlar için bir turboşarj motorunda sudan havaya soğutma sonrası için kullanılan yassı borulu ve düz kanatlı radyatör peteği

4.1 Kanatçık Geometrilerinin Karşılaştırılması

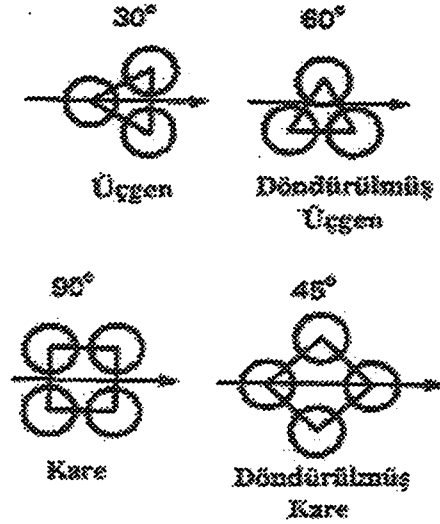
Tipik Matrislerin Özellikleri;. Gaz tarafındaki akış geçiş alanı sıvı kısma göre çok daha fazladır. Eğer boşluk problemi yoksa bu tip ısı transfer matrislerinin avantajı gaz kısmındaki basınç düşüşünün arzulanana değere borular arasındaki mesafe değiştirilerek ulaşılabilesidir. Bununla birlikte, eğer hem boşluk hem de pompa basıncı orta seviyelerde ise Şekil 4.1' de gösterilen yassı borular birim iç yüzey alanı başına daha çok gaz geçişi sağladıklarından tercih edilirler. Yassı borular aerodinamik olarak daha düşük girdap kayıplarına neden olurlar.

Ayrıca aynı hizadaki inline (sıralı dördü boru dizilişi) tip borular kümesi için kanatçık malzemesi yassı borulara göre daha avantajlı olduğundan kullanılır.

Bunun nedeni Şekil 4.2 dende görülebileceği gibi borular arasındaki boşluktan kanalda aşağı doğru akma eğilimi ve borulara bağlı olarak daha düşük hızlı bir hızla terketmektedir. Dağınık dairesel borular Şekil 4.2 dende görülebileceği gibi bu etkiyi daha fazla düşünebildiğinden kullanılabilir. Fakat bu durumda pompadaki enerji kayıpları türbülans nedeniyle daha yüksek çıkmaktadır. Diğer taraftan yassı borular yüksek iç basınçlarda direnç gösteremez ve fabrikasyon prosesi için uygun değildir. Örneğin, dairesel boru birimleri bir presle borular üzerine kanatçıklar monte edilmek üzere daha ucuz bir şekilde üretilirler. Oysa yassı borularda kanatçıklar iyi bir termal bağ oluşturmak için lehimlenmelidir. Dairesel borulu dairesel ısı değiştiricileri her ne kadar zayıf ısı transfer matris yapısı oluştursalar da , bu durum sürekli düzlemsel kanatçıklar kullanılarak düzeltilebilir. Cheremisinoff,N.P (1972)



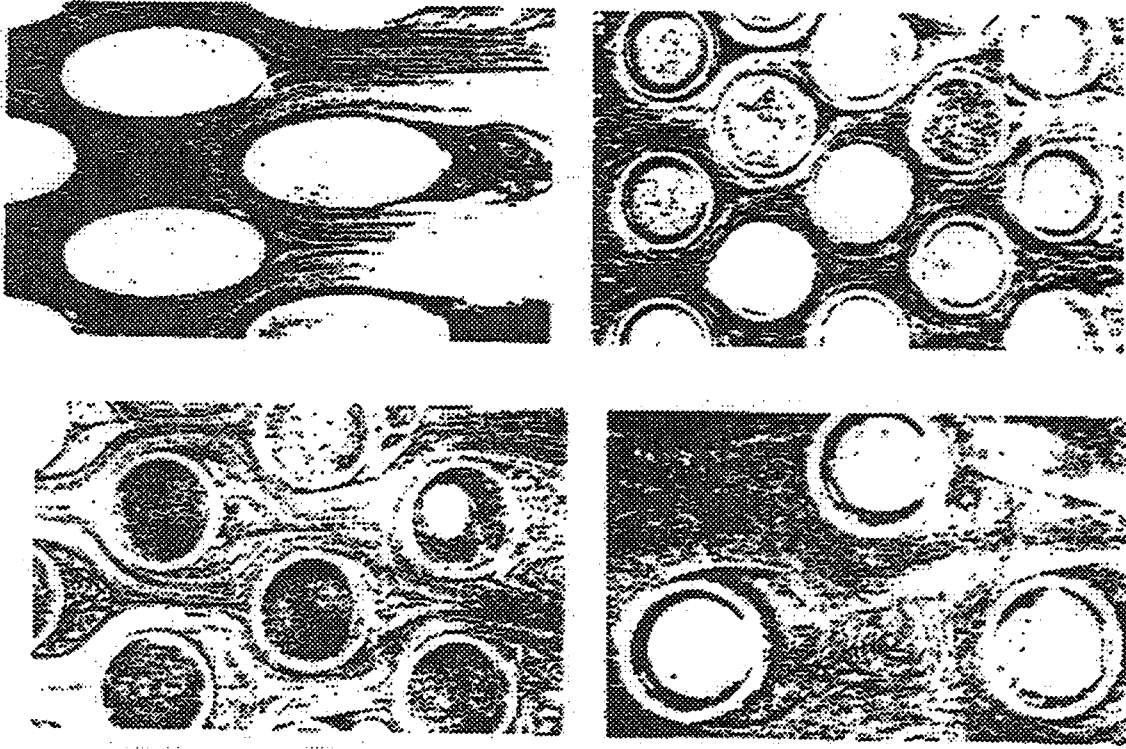
Şekil 4.2 -Tipik sıralı boru dizilişi üzerinden akış (in-line) şekilleri., akış sağdan sola doğrudur.



Şekil 4.3 Standart boru dizilişleri

4.2 Isı Transfer ve Basınç Düşüş Performansı

Farklı geometrilere ısı transfer performansını karşılaştırmak için pek çok çaba sarfedilmiştir. Bunlar bağıl ısı transfer basınç düşüş performanslarını gösterdiklerinden faydalıdır. Ne yazık ki, bu karşılaştırmalar genellikle kafa karıştırıcı olup sonuca yönelik şeyleri nadiren verirler. Genellikle, türbülansın artışıyla verilen bir debide ısı transfer katsayısını artırırlar. Fakat bu aynı zamanda gerekli pompa gücünde artmasına neden olur. Gerçekte, genelde pompa gücündeki artış, ısı transferinden daha fazladır. Çünkü türbülanstaki artışı ancak bir kısmı ısı transferini arttırmaya gider. Geri kalan verimsiz girdaplara harcanır. Böylece, eğer pompa gücü sabit ise ve matris hacmi minimum da tutulursa aerodinamik olarak daha düzgün yassı boru ve düzlemsel kanatçık matrisi mümkün olan en iyi performansı verecektir. Bunun yanında, eğer ısı transfer matrisinin değeri veya ağırlığı göz önüne alınacak temel faktör ise genellikle gaz tarafında ısı transfer katsayısını arttırmak ve gerekli yüzey alanını azaltmak şeklinde bir düşünce uygulanmalıdır.



Şekil 4.4 Dağınık dördlü borular ve eşkenarlı üç köşeli diziliş (çeşitli boru aralıkları ile) için akış numuneleri. Akış sağdan sola doğrudur.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi değişik boru dizilişlerinde borulara gelen hava akışı değişiklikler ihtiva etmektedir. Örneğin şeklin sol üstünde yassı boruyu yalayarak geçen havanın geçiş biçimi ile sağ alttaki yuvarlak dağınık dizilişe sahip borudan geçen havanın göstermiş olduğu karakter farklı olmaktadır. Yuvarlak dağınık dizilişe sahip borudan hava borunun tüm yüzeyine temas ederek geçer. Yassı boruda ise yassılıktan dolayı boruya çarpan hava boru üzerinden akarken akış arkasında kalan boru yüzeyindeki teması zayıf olmaktadır.

Bu parametrelerin etkisini diyagramlarla pek çok tipte kanatçık için hazırlanmış olup iki tanesi dairesel ve dikdörtgen kanatçık için verilmiştir. Tabanda daha kalın olacak şekilde kanatçıkların sivrileştirilmesi, kanatçık ağırlığında bir düşüşe ve gaz geçiş alanında bir artışa neden olur. Kanatçık tarafında ısı transfer katsayısının düşük olduğu uygulamalar için, çeliğin termal kondüktivitesi makul bir kanatçık kalınlığı için kanatçık veriminin yeterli olmasını sağlayacak düzeydedir. Kanatçık tarafında daha yüksek ısı transfer katsayıları ve daha büyük kanatçık yükseklikleri için çeliğin kalınlığı abartılı değerlere gelir ve genellikle alüminyum veya bakır kanatçıklar, korozyon problemine üretim maliyetine ve ağırlığın önemine bağlı olarak kullanılır. Kanatçık malzemesinin verimliliği termal kondüktivitenin yoğunluğu oranı olarak verilir.

Kanatçık verimi, eğer boru kanatçığa metalurjik olarak tam olarak birleştirilmediyse azalacaktır. Isı kapasitesi çok yüksek değilse bu durum büyük bir problem oluşturmayacaktır. Matrisin değeri kontrol altında tutulan büyüklük ise boru ve kanatçık yapısının işlenmemiş hali başlıca problemdir. Örneğin dairesel boru içindeki boru ve kanatçık matrisi ne kadar büyükse, boruya bağlantı sayısı o kadar küçüktür.

Özetle düşük ısı transfer katsayıları için çelik kanatçık kalınlığının oldukça makul düzeylerde olduğu görülecektir. Eğer çelik kanatçıklar yüksek ısı transfer katsayılarında kullanılacaksa, kanatçık yüksekliğinin yarısı kadar kesilmelidir.

Düşük ısı transfer katsayılarında bakır kanatçıklar o kadar incedir ki bağlı olduğu yerde duramaz. Bu nedenle yüksek ısı transfer katsayılı durumlarda bakır kanatçık kullanılmalıdır.



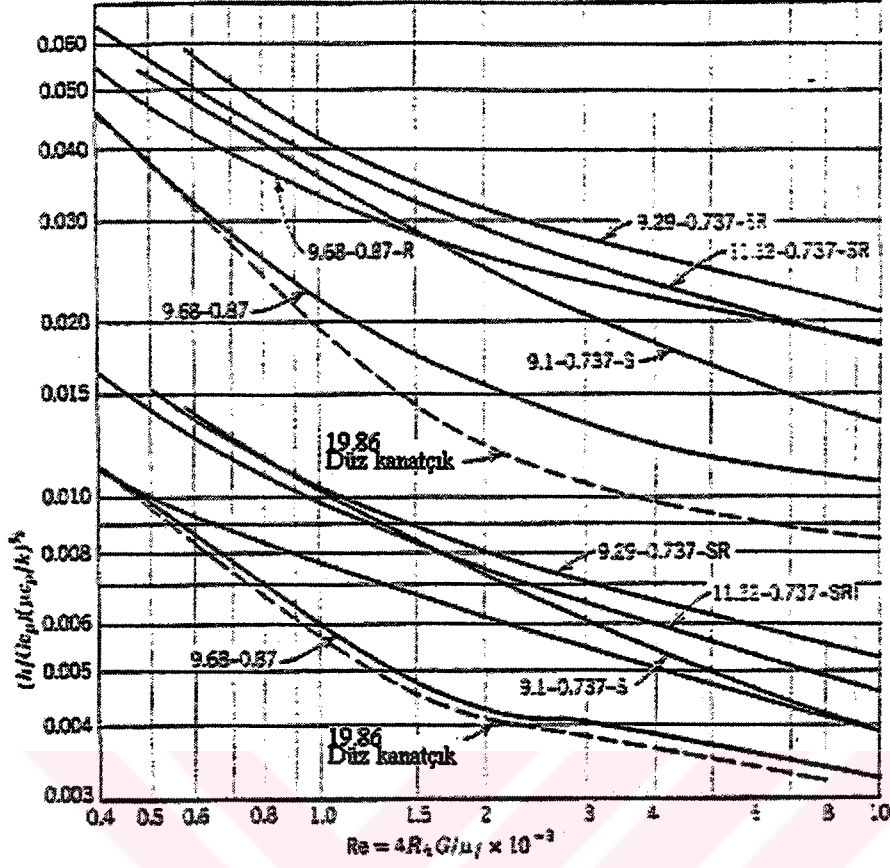
5. OTOMOBİL RADYATÖRLERİNİN DİZAYNI

Otomobil radyatörleri o kadar geniş kullanıma sahiptir ve herkese o kadar tanındı ki bunlar teknikleri ile kompakt sıvı-gaz ısı değiştiricileri uygulamalarının en iyi örneklerinden birini oluştururlar. Otomobil uygulamaları için uygun kompakt ısı transfer matrisleri çokça yapılmış ve test edilmiştir. Her ne kadar bunların her biri kendine has avantaj ve dezavantajlara sahip olsalar da yapılan pek çok deney göstermiştir ki boru ve düzlem yüzeyi, optimum ısı transfer performansını verir. Aynı zamanda, bu ısı değiştiricileri hafif kompakt ve yeterince güçlüdür.

Bu tip ısı transfer matrisinin detaylı boyutlarının seçiminde temel problem uygun kanatçıklar arası mesafeyi saptamaktadır. Birim inch başına kanatçık sayısı arttıkça, daha kompakt hale gelir. Aynı zamanda bununla birlikte toz böcekler gibi dış etkilere karşı daha duyarlı olurlar. Pratikte pek çok otomotiv uygulaması için inch başına 10-12 kanatçık en uygun hal olmaktadır. Inch başına 14 kanatçık (cm başına 5 kanatçık) birim yüzey alanı başına küçük bir maliyet artışıyla üretilebilir ve daha yakın kanatçık arası mesafe bazı durumlarda kullanılabilir. (Özellikle yüzey büyüklüğü orta seviyelerde ise ve yüzeyde kir, pas, problem oluşturmuyorsa..)

5.1 Dizayn Gereksinimleri

Termal düzensizlikleri ve bunun ses ayarı üzerindeki etkisinden kaçınmak için içten yanmalı bir motorun her tarafında sıcaklığı uniform değerlerde tutmak önemlidir. Aynı zamanda yağ yanmayacak kadar da sıcaklığı düşük olmalıdır. Radyatör büyüklüğünü minimize etmek için sıvı soğutucu ve soğutma havası arasındaki sıcaklık farkını mümkün olduğu kadar yüksek tutacak şekilde soğutma sistemini çalıştırmak arzu edilir. Diğer taraftan buharlaşma kayıplarını minimize etmek için sistemi soğutucunun kaynama noktasından daha düşük sıcaklıklarda tutmak gerekir. Durum karmaşık görünse de yapılan deneyler 180°F ve 200 °F (82.22 °C ve 93.33 °C) arasında sıcaklıklarda çalışan sistemlerin bu iki gereksinimi en iyi karşılayan sistemler olduğu görülmüştür.



Şekil 5.1 Colburn modülü için eğriler ve Şekil 5.3 teki yassı kanatçıklı-borulu yüzey için Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak sürtünme faktörü.

Hava motora ulaşmadan önce radyatörden geçmelidir. Bunun nedeni radyatör yüzeyindeki yağın kirlenmesine ve ısı transfer performansında düşüşe neden olmasıdır. En zor dizayn şartı radyatöre giren hava sıcaklığının 100 °F (37.77 °C) ulaşabildiği yaz günlerindeki şartlarda benzin kullanan motorlar için yakıt pompası ve karbüratör etrafındaki aşırı hava sıcaklığı benzinin buharlaşmasına ve sızdırmaya neden olur. Bu etkiden kurtulmak için, hava sıcaklığı artışı 6 - 9 °C arasında sınırlandırılmalıdır. (Kolchin & Demidov, 1984)

Fan gücü gereksinimi ve gürültü problemi için radyatör boyunca basınç düşüşü yaklaşık 20 psf (1.379 bar) civarında tutulmalıdır.

Çizelge 5.1 Bir kamyon radyatörünün dizayn şartnameleri

Isı Yüku, Kcal/h	90.720
İç su sıcaklığı, °C	82
Dış su sıcaklığı, °C	74
İç hava sıcaklığı, °C	38
Dış hava sıcaklığı, °C	46
Hava sıcaklık artışı, °C	9
Ginştek. sıcaklık farkı, °C	27
Hava basıncı, atm	1.00276
Hava basınç kaybı, atm	0.34
Hava yoğunluğu, kg/m ³	1.137

Çapraz düz kanatçıklı borulu
(Yüzey numarası Şekil 5.1
den 9.1-0.737-S

Radyatör peteği matrisi: Aralıklı olarak kanat yerleşim	
kanatçık/bun	22.86
Boru boyutları, mm	18.72x2.54
Kanatçık malzemesi	bakır
Kanatçık kalınlığı, mm	0.1016
Yüzey alanı, ft ² /ft ² (hava tarafı)	224
Kanatçık alanı/toplam alan	
ft ² /ft ² (hava tarafı)	0.813
Serbest akış alanı/öb alan	0.788
Hava akış yolu hidrolik çapı, ft	1.05
Hava akış yolu eşdeğer çapı, ft	50.59

5.2 Başlıca Dizayn Hesaplamaları

Şekil 5.1 den bir yassı-boru düzlemsel kanatçık durumu için verilen temel verilerden ısı transfer matrisinin performansı hesaplanabilir. Problem için iyi bir yaklaşım; gözönüne alınan bölgede özel bir şartlar kümesi için performans hesaplaması yapmaktır. Daha önceden anlatılan teknikler sayesinde seçilen şartlara göre performans diyagramını elde etmek için bu dizayn hesabında enterpolasyon yapmak gerekir.. Göz önüne alınan bölgede keyfi olarak seçilmiş bir noktada performans için hesaplamaların bir seti Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3’ deki hesaplamaları yapmada ilk adım hava akış parametrelerinden biri için makul bir değer kabul etmektir.(Hava hızı, debi, Reynolds sayısı) Şekil 5.1 deki eğriyi okumayı kolaylaştırmak için ilk adım olan bir değer Reynolds sayısı için keyfi olarak seçilir. Havanın fiziksel özellikleri, havanın sıcaklığı yerine yüzeyin ortalama sıcaklığı alınarak belirlenir.

Çizelge 5.3 deki 6. adımdan bu örnekte kanatçık verimi o kadar yüksektir ki onun etkisi, bir performans diyagramı oluşturmada daha yüksek debilere aşırı değerleri bularak (expole ederek) ihmal edilebilir. Bu uygulama için çapraz boru aralığı, boru sayısını azaltmak için arttırılabilir. Böylece daha ucuz bir birim elde edilir. Radyatör derinliği veya hava geçiş uzunluğu, otomobil radyatörleri genellikle bu derinliğe sahip olduklarından 3 inch seçildi. LMTD (ΔT_m) ilk kabul için saptanan değerlerden belirlendi. 12. adımda hava sıcaklığındaki yükseklik 10. ve 11. adımda Çizelge 5.2 den farklıdır ve 12. adım yeniden hesaplanmalı ve LMTD belirlenmelidir. Hava debisi ve radyatör derinliğinin her ikisinin keyfi olarak seçimi hem sıcaklık yükselişi hem de basınç düşüşünü dizayn problemlerine uygun olarak verir.

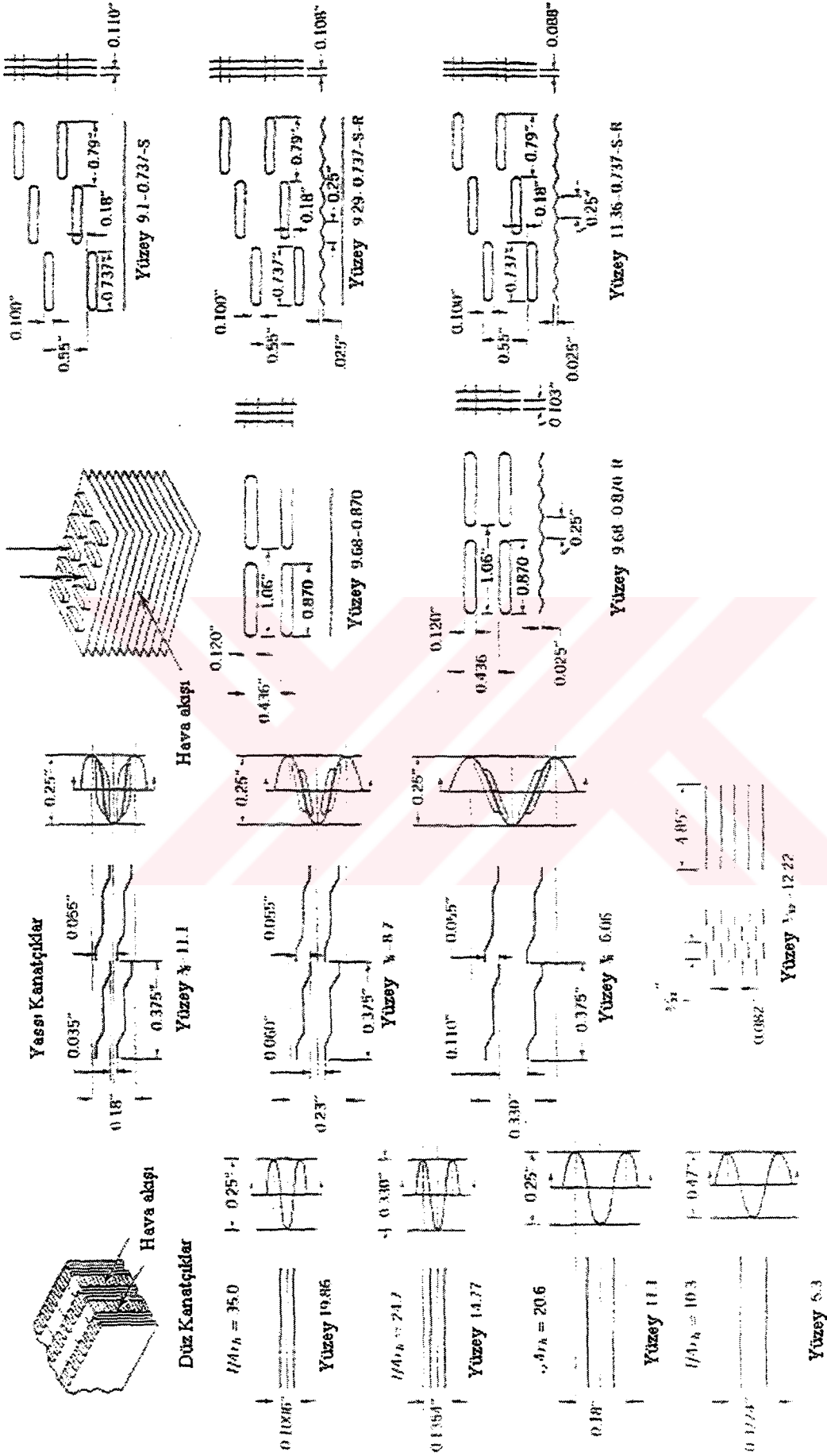
5.3 Performans Diyagramı Oluşturma

Isıtma etkinliğini belirli debi değerleri için hava geçiş uzunluğuna bağlı olarak sunan bir diyagram bu dizayn problemi için uygun gözüktür. Bu her ne kadar tek geçişli çapraz akışlı bir birim ise de sıcak ve soğuk akışkanların her ikisindeki sıcaklık değişimleri bu sıcaklık farkının %20 si kadardır. (Kolchin & Demidov, 1984)

Şekil 5.7 den

$$\left(\frac{h}{G_{cp}}\right) \cdot Pr^{2/3} = C_1 \cdot Re^{-0.44} = C_1 \left(\frac{4 \cdot R_h \cdot G}{\mu}\right)^{-0.44} \quad (5.1)$$

Yassı borular ve düz kanatlıklar



Şekil 5.2 İst transfer matrisi geometri ve sıklıkla kullanılan standart ölçüler

Çizelge 5.2 Bir kamyon radyatörü için dizayn hesaplama özeti. (Kolchin & Demidov, 1984)

Sıra No:	Acıklama	Kaynak	Değer
1	Reynolds sayısı	Hesaplanan değer	4.000
2	G, lb/hr.ft ²	Re=μ: 4.R _h =4000x0,050x4x0,00345	14500
3	h=C ₂ G ^{0.44} (μ.c _p /k) ^{0.2}	Şekil 11.7	0,0054
4	c _p : k	0,050x0,24/0,0175	0,685
5	h(hava tarafı), Btu/hr.ft ² .°F	③x②x0,24x④ ^{0.67}	14,6
6	Konstatik verimi	Şekil H7.3	0,99
7	Hava akış yolu uzunluğu, inch	Hesap edilen değer	3,0
8	Yüzey alanı, ft ²	Table 11.1	224
9	Yüzey alanı, ft ² .ft ² giriş yüzey alanı	⑧/4	55
10	LMTD, °F	Şekil H4.1	64
11	Isı transferi Btu/hr.ft ² giriş yüzey alanı	h.A.ΔT=⑤x③x⑩	52.400
12	Isı transfer oranına bağlı sıcaklık artışı, °F	⑪/②x0,24	15
13	Gerekli giriş yüzey alanı, ft ²	360.000 / ⑪	6,9
14	f _i (hava tarafı)	Şekil 11.7	0,0185
15	Hava basınç kaybı, psf	$\frac{0,0185(14.500/3.600)^{1,25}}{2x32,2x0,071x0,00345}$	4,75
16	15.000 lb/hr için Hava geçiş uzunluğu, inch	3(15.000/14.500) ^{0,44}	3,042
17	20.000 lb/hr için Hava geçiş uzunluğu, inch	3(20.000/14.500) ^{0,44}	
18	10.000 lb/hr için Hava geçiş uzunluğu, inch	3(10.000/14.500) ^{0,44}	
19	5.000 lb/hr için Hava geçiş uzunluğu, inch	3(5.000/14.500) ^{0,44}	

* Daire içindeki numaralar hesaplamalarda kullanılan sıra numaralarını göstermektedir.

Bu şartlar için c_p , Pr , R_h ve μ sabittir.

$$\frac{h}{G} = C_2 \cdot G^{-0.44}$$

$$h = C_2 \cdot G^{0.56} \quad (5.2)$$

Transfer edilen ısı;

$$h \cdot A_s \cdot \Delta T = Q = G \cdot A_f \cdot c_p \cdot \delta t \quad (5.3)$$

vermesi için gaza ilave edilene eşitlenebilir.

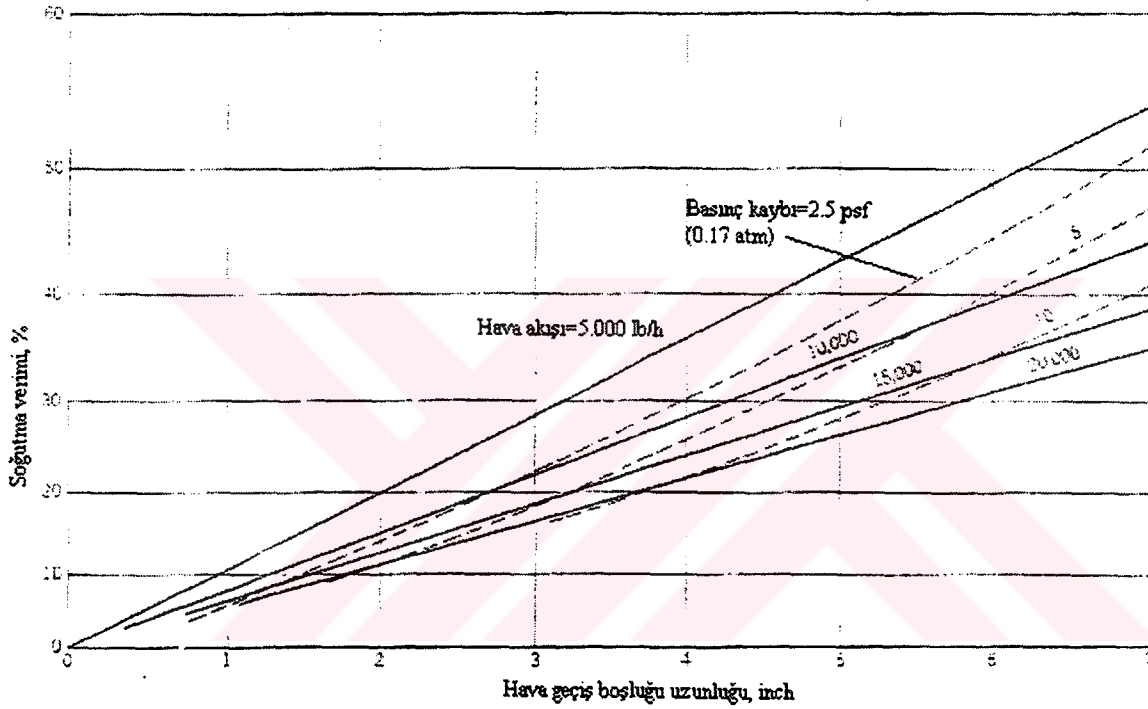
$$C_2 \cdot G^{0.56} \cdot A_s \cdot \Delta T = G \cdot A_f \cdot c_p \cdot \delta t \quad (5.4)$$

$$C_2 \frac{A_s \cdot \Delta T}{A_f \cdot \delta t} = G^{0.44} \cdot c_p \quad (5.4)$$

Eğer sıcaklık farkı ve sıcaklıktaki yükseliş sabit tutulursa ve birim gaz akış alanı başına ısı transfer yüzey alanı gaz geçiş uzunluğuyla orantılıdır.

$$L = C_3 \cdot G^{0.44} \quad (5.5)$$

Şekil 5.3 te çizilen doğrular ve sabit hava debi doğruları bu noktalardan orjine doğru çizilmiştir. Birim boyunca hava basıncı düşüşü sürtünme katsayısı ve hava hızının çarpımı şeklindedir. Giriş ve çıkış kayıpları matraste ve çıkış yüzünde kısıtlanan bölgeler arasında kinetik enerji kayıplarına eşit olarak alınmalıdır. Bunlar hızın karesiyle değiştirildiğinden küçük olacaktır. Bu bağıntılar ışığında, giriş ve çıkış kayıplarının bağıl önemi nedeniyle ihmal edilmesiyle Çizelge 5.3 de Şekil 5.3 daki sabit basınç kayıpları doğrularına izin vermesi için hesaplanır. İlk adımın değişik hava debileri ve 0.345 bar sabit basınç düşümü için hava geçiş uzunluklarını bulmak olduğuna dikkat edilmelidir. 0.172 ve 0.689 bar basınç düşüşleri için hava geçiş uzunlukları 0.345 olanın sırasıyla 2 ve 1,5 katı olarak alınır.



Şekil 5.3 Isı transfer matris numaraları 9.1-737-S için performans eğrileri, Şekil 5.1 gibi Çizelge 5.1,5.2 ve 5.3 ün hesaplamalarından dizayn edilmiştir.

Çizelge 5.3 Şekil 5.3' ün düzenli basınç düşüsü tablosu hesaplama özeti

Hava Geçiş Uzunluğu	Hava Akış Mik./hr.ft ²	G/G ₀	(G/G ₀) ^{1.52}	* Hava Basınç Düşüsü (1.14 kcal/m ³)
3.00	14.500	1.000	1.000	4.75
1.51	20.000	1.380	1.650	6.00
2.99	15.000	1.035	1.055	5.00
5.53	10.000	0.690	0.580	5.00
16.50	5.000	0.345	0.190	5.00
3.52	20.000	1.380	1.650	10.00
5.53	15.000	1.035	1.055	10.00
11.25	10.000	0.690	0.580	10.00
33.20	5.000	0.345	0.190	10.00
3.53	20.000	1.380	1.650	2.50
1.50	15.000	1.035	1.055	2.50
2.82	10.000	0.690	0.580	2.50
5.30	5.000	0.345	0.190	2.50

* Not: $\Delta P = f \cdot G^2 \cdot L$ $f = G^{-1.52}$ Bu nedenle $\Delta P = G^{0.48} \cdot L$

Şekil 5.3 'e göre eğrilerden belli şartlar için hava akış miktarı ve hava geçiş uzunluklarına göre hava basınç düşüsü yukarıdaki çizelgede verilmiştir. (Kolchin & Demidov, 1984)

5.4 Radyatör Boyutlarının Seçimi

Çizelge 5.1 'e ait dizayn gereksinimleri ve Şekil 5.1 'e ait performans diyagramını inceleyerek, arzulanan oranların 0.187 ısıtma etkenliği ile 0.345 bar basınç düşüşü doğrusunun kesişiminden elde edildiği görülür. Buradan 1.89 kg/sn. Debi ve 3.0 inch (7.62 cm.) ısı transfer matris derinliği elde edilir. Böylece giriş yüzü alanı toplam hava debisinden direkt olarak hesaplanabilir.



6. RADYATÖRDEKİ ISI TRANSFERİ PRENSİPLERİ

6.1 Temel Isı İletim Denklemleri

İçten yanmalı motorun çalışması esnasında denge sıcaklığının oluşması için belirli miktarda ısının motordan alınarak dış ortama aktarılması gerekmektedir. Bu ısı atılma işlemi direkt (hava soğutmalı) veya indirekt (su soğutmalı) şeklinde olabilmektedir. İndirekt soğutmada soğutma suyu ısı transfer yüzeyi fazla olan radyatöre gelir ve burda ısını havaya aktarır. Görüldüğü gibi radyatör bir ısı değiştirici görevi yapmakta olup havayı ısıtarak soğutma suyunu soğutmaktadır.

Soğutucu Akışkanın motordan çektiği ısı;

$$Q_v = M_v c_v (T_{v1} - T_{v2}) \quad (\text{kcal/h}) \quad (6.1)$$

M_v – Su debisi (kg/h)

T_{v1} – Suyun giriş sıcaklığı (°K)

T_{v2} – Suyun çıkış sıcaklığı (°K)

Havanın soğutucu akışkandan çektiği ısı;

$$Q_k = M_k c_k (T_{k1} - T_{k2}) \quad (\text{kcal/h}) \quad (6.2)$$

M_k – Hava debisi (kg/h)

T_{k1} – Havanın giriş sıcaklığı (°K)

T_{k2} – Havanın çıkış sıcaklığı (°K)

Görüldüğü gibi havanın ve suyun debisinin artması ile veya sıcaklık farklarının veya her ikisinde birlikte artması sonucu ısı miktarı artar.

Belirli bir radyatörde, su ve hava tüketimi (debisi) akış oranına bağlıdır. Akış oranının artması, sıcaklıktaki düşüşü azaltacağından soğutma miktarı istenen seviyenin üstüne çıkmayacaktır.

Böylece; M_v ve $(T_{v1} - T_{v2})$ veya M_k ve $(T_{k1} - T_{k2})$ birbirlerinden tamamen bağımsız değildir. Bu nedenle hesaplamalar için rastgele seçim yapılmamalıdır.

Pratikte soğutucu akışkandan havaya geçen ısı şu şekilde hesaplanabilir.

$$Q = K F (\Delta T_k) \text{ Burada; } 1/K = 1/h_k + \delta/\lambda + 1/h_v \quad (6.3)$$

h_v – Su tarafındaki ısı iletim katsayısı

h_k – Hava tarafını ısı iletim katsayısı

δ - Soğutucu boruların cidar kalınlıkları

F – Toplam soğutma yüzeyi

ΔT_k – Hava ve su arasındaki ortalama sıcaklık farkı

Toplam soğutma yüzeyi alanını tanımlamak oldukça zor bir problemdir. Bunun için hesaplamalarda alın yüzey alanı kullanmak daha uygundur.

$$Q = K_f F_f \Delta T_k \quad (6.4)$$

K_f – Alın yüzeyine ait ve deneysel olarak bulunan toplam ısı iletim katsayısıdır.

ΔT_k – Ortalama sıcaklık farkı, radyatör sistemine bağlı olarak değişebilir.

Pompalı soğutma sisteminde borulardaki su akış hızı ($W=0,3 \sim 0,6$ m/sn) ve genellikle su sıcaklığındaki azalma $5 \sim 6$ °C 'yi geçmez. Termosifonlu soğutmada ve su dolaşımı suyun özgül kütleindeki değişimle sağlanmaktadır. Bu nedenle bu akışın hızı $W<0,1$ m/sn ve bunun sonucunda su sıcaklığındaki azalma $20 \sim 30$ °C civarındadır.

Her iki sistemde havanın ısınması aşağı yukarı eşittir. Fakat birincisinde, yeni pompalı sistemde ısıtma radyatörün tüm yüzeyi boyunca olmakta, termosifonlu soğutmada ise suyun hareket yönünde hava sıcaklığındaki artış düşmektedir. (Yavaşlıol, 1996)

Çizelge 6.1- Hava ve Su İçin Karakteristik Değerler

	Termosifonlu	Pompalı
Suyun Radyatöre giriş sıcaklığı °C	Tv1 = 90 °C	90 °C
Suyun Radyatörden çıkış sıcaklığı °C	Tv2 = 60 °C	85 °C
Suyun Soğuması	Tv1 - Tv2 = 30 °C	5 °C
Havanın Radyatöre giriş sıcaklığı	Tk1 = 25 °C	25 °C
Havanın Radyatörden çıkış sıcaklığı	Tk2 = 50 °C	50 °C
Havanın ısınması	Tk2 - Tk1 = 25 °C	25 °C
Ortalama Sıcaklık Farkı	ΔTK= 50 °C	50 °C

Çizelgedeki değerlerden kolaylıkla anlaşılacağı gibi pompalı sistemin radyatörün boyutları, termosifonlu sistemdekine oranla %25 daha küçük olacaktır.

6.2 Pompalı Sistem İle Soğutma Hesabı

Radyatörler daha önce verilmiş olan iki denklemden birisi kullanılarak yapılırlar. Eğer alın yüzü için geçerli olan K_f biliniyor ise deneysel olarak bulunmuş ise aynı zamanda ΔT_k belirli şartlar için biliniyorsa

$$Q = K_f F_f \Delta T_k$$

Denklemini kullanmak çok kolaydır, fakat deneysel sonuçlar her zaman tam bilinmemektedir. Bu durumlarda;

$Q = K_f F_f \Delta T_k$ denklemi kullanılmalıdır.

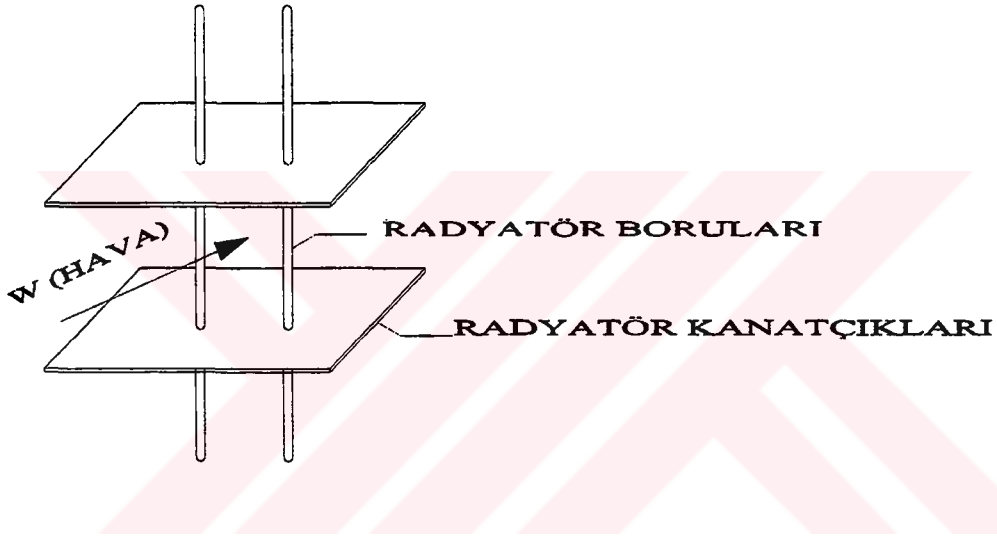
$$1/K = 1/h_v + \delta/\lambda + 1/h_k \text{ dir.} \quad (6.5)$$

$h_v \gg h_k$ olduğu sürece toplam ısı iletim katsayısı hava yönündeki konveksiyon katsayısı (h_k) tarafından belirlenecektir.

h_k 'nın değeri büyük oranda hava hızı, cidar kalınlığının fonksiyonudur.
 h_k 'yı hesaplamak için genel olarak, diziliş şekline göre;

$$Nu_f = 0,23 Re^{0,65} Pr_f^{0,33} (Pr_f / Pr_w)^{0,25} \quad (6.6)$$

Re_f ve Pr_f – Radyatör yüzey alanındaki Nusselt sayısını ve Reynolds sayısını ,
 Buradaki f indisi hesaplamalar akışkanın ortalama sıcaklığı için yapıldığını gösterir. T_w cidar sıcaklığı demektir.



Şekil 6.1 Radyatör kanat-boru kesiti

$$Nu_f = 0,41 Re_f^{0,6} Pr_f^{0,33} (Pr_f / Pr_w)^{0,25} \quad (6.7)$$

Hava söz konusu olduğu zaman yukarıdaki denklemler;

$$Nu_f = 0,21 Re^{0,65} \quad (6.8)$$

$$Nu_f = 0,37 Re^{0,60} \text{ olur.} \quad (6.9)$$

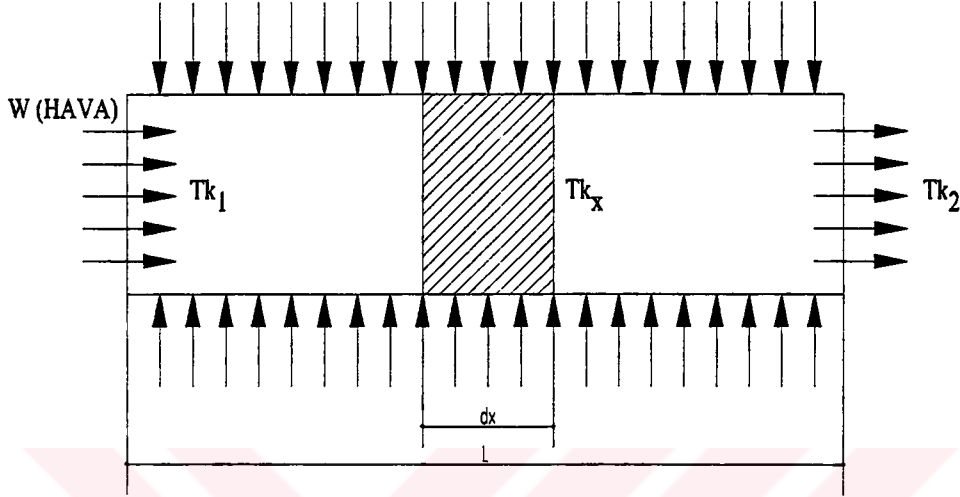
Karakteristik Büyüklükler;

Sıcaklık – ortalama sıcaklık

Hız – En dar bölgedeki hız

Çap – En dar bölgedeki çap alınır.

Bu şekilde ısı transfer katsayısı yeterli bir hassasiyetle tamamlanabilmektedir, fakat transfer edilen ısıyı tanımlamak için, hava çıkış sıcaklığı hakkında bilgiye ihtiyaç vardır. Bunu da yeterli yaklaşıkla şu şekilde yazabiliriz.



Şekil 6.2 Havanın radyatör boruları ve kanatları arasındaki akışı

Havanın radyatör boruları ve kanatları arasındaki akışın D_e (eşdeğer çaplı) bir kanalda olduğu gibi kabul ederiz. Havanın akış hızı ise; W olsun, kanal boyu ise radyatör genişliği (l)'ye eşit olur. Bu kanaldan dx boyunu alalım. Bu elementer kısımda sıcaklık T_x olsun, birim zamanda bu elementer kısımdan, cıdarlardan geçen ısı ;

$$dQ_x = h (T_w - T_{k_x}) dF \quad (6.10)$$

T_{k_x} = Havanın o andaki sıcaklığı

$$\text{Bu ısı ise } V = W F \text{ hacmindeki payı ısıtacaktır.} \quad (6.11)$$

$$dQ_x = W F \gamma c_p dT_{k_x} \quad (6.12)$$

Buradan;

$$h (T_w - T_{k_x}) \pi d_e dx = W F \gamma c_p dT_{k_x} \quad (6.13)$$

$$(h \pi d_e / W F \gamma c_p) dx = (1 / T_w - T_{k_x}) dT_{k_x} \quad F = \pi d_e^2 / 4 \quad (6.14)$$

$$(4 h / W d_e \gamma c_p) dx = (1 / T_w - T_{k_x}) dT_{k_x} \quad (5.20)$$

$$\int_0^l (4h / w . de . \gamma . cp) dx = \int_{T_{k_1}}^{T_{k_2}} (1 / T_w - T_{k_x}) dT_{k_x} \quad (6.15)$$

d_e = Eşdeğer çap

d_x = Kontrol hacminin genişliği

$W.F$ = Hava debisi

W = En dar kesitteki hava hızı

Buradan da;

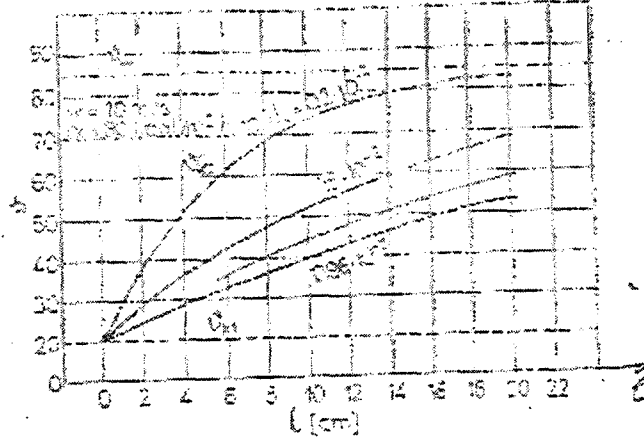
$$T_{k_2} = T_w - (T_w - T_{k_1}) e^{-4 h l / W d_e \gamma c_p} \quad (6.16)$$

T_{k_2} = Radyatör çıkışındaki hava sıcaklığı

Şekil 6.3'te $T_{k_1}=20^\circ\text{C}$, $W=10$ m/sn, $\alpha=80$ kcal/m²h ve $T_w=85^\circ\text{C}$ için l 'nin fonksiyonu olarak havanın çıkış sıcaklığı görülmektedir.

Çok küçük eşdeğer çaplarda, havanın sıcaklık artışı çok çabuk olacaktır. Yani bu durumda genişliği, derinliği fazla olan radyatörler gereksizdir. Çünkü bu durumda derin radyatörler hava sıcaklığını çok arttıracaktır ve bu durumda çekilmesi gereken ısı aynı oranda artmayacaktır. Eşdeğer çap d_e 'nin artması ile, havanın ısınması azalacağından, daha derince radyatörler kullanılabilir.

Yukarıdaki denklem cidar sıcaklığının sabit olduğu varsayımı ile çözülmektedir. Cidar sıcaklığındaki değişimler $T_w - T_k$ 'ya göre çok küçük oldukları için bu kabul pratikte yanlış değildir.

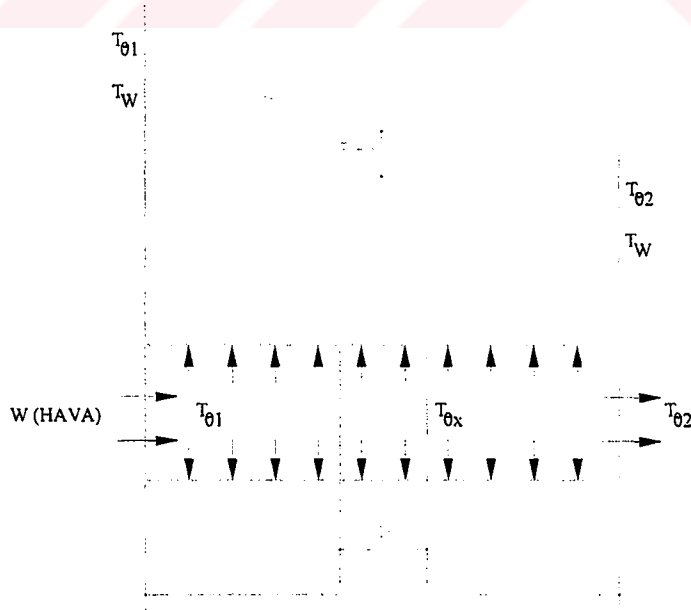


Şekil 6.3- Derinliğin fonksiyonu olarak radyatörde havanın çıkış sıcaklığı

Su tarafındaki olaylar ise tamamen farklıdır. Çünkü burada cidar ile su arasındaki cidar sıcaklığı (1,5 ~ 2,5) dir, bununla birlikte suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark, en çok manifoldlardaki kadardır. Bu nedenle yukarıdaki denklem kullanılamaz.

Suyun soğuması aşağıdaki kabullerle hesaplanabilir.

Pompa sistemde soğuma 4 ~ 8 °C ile sınırlanmıştır. Bunun için cidar ve soğutma suyu arasındaki sıcaklık farkı boru boyunca sabit kaldığını söyleyebiliriz.



Şekil 6.4 - dx genişliğinde elemanter hacme göre ısı dengesi

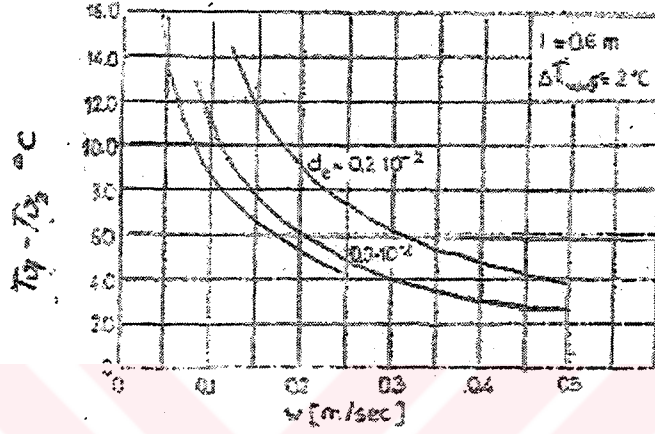
Yukarıdaki kabullere göre dx genişliğindeki elemanter hacmin ısı dengesi şu şekilde yazılabilir.

$$h_v K \Delta T_{w-v} d_x = W F \gamma c_p dT_{v_x} \quad (6.17)$$

Buradan;

$$Tv_1 - Tv_2 = 4 h_v \Delta T_{w-v} / W d_e \gamma c_p l \quad \text{olur.} \quad (6.18)$$

$$\Delta T_{w-v} = T_v - T_w \quad \text{dir.} \quad (6.19)$$



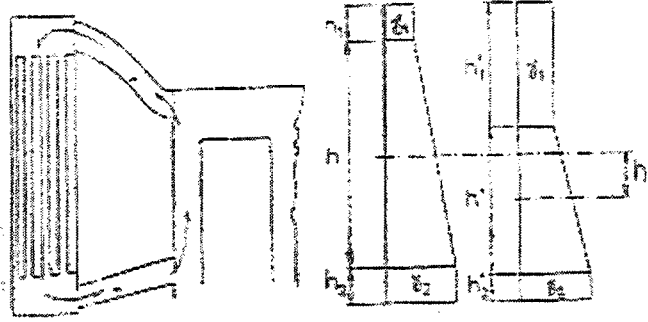
Şekil 6.5 Akış hızının fonksiyonu olarak radyatörde soğutma suyunun sıcaklık farkı

Şekilde, su hızının fonksiyonu olarak, d_e - parametre olacak şekilde, $T_{v1} - T_{v2}$ yani suyun soğuması görülmektedir. Kesik kesik çizgi ise Boltzinsky 'nin deneysel sonuçlarını vermekte, görüldüğü gibi teorik ve deneysel sonuçlar birbirine çok yakındırlar.

Burada h_v ' nin tanımlanması biraz daha güçtür. Çünkü bir çok durumda Re sayısı laminar ile Türbülans akışın geçiş bölgesinde olacaktır. Ortalama olarak ısı transfer katsayısı 2500 ~ 3000 kcal/m²h°C mertebesindedir. (Yavaşlıoğlu, 1996)

6.3 Termosifonlu Soğutma

Termosifonlu soğutmada, soğutma suyu pompası yoktur. Suyun hareketi ise sıcak ve soğuk suyun özgül ağırlıklarındaki fark ile sağlanmaktadır. Sıcak suyun özgül kütlesi, soğuk suya nazaran daha küçüktür. Böyle farklar yaratılır yaratılmaz su hareketlenir.



Şekil 6.6 Termosifonlu soğutmada özgül ağırlık diagramı

Suyun Radyatöre ilettiği ısı;

$$Q = M (T_{v1} - T_{v2}) \text{ kcal/h} \quad (6.20)$$

$$M = 3600 f W (\gamma_1 + \gamma_2 / 2) \quad (6.21)$$

Buna göre gereken dolaşım hızı;

$$W = Q / 3600 f (\gamma_1 + \gamma_2 / 2) (T_1 - T_2) \quad (6.22)$$

Suyun dolaşımı; iki su sütununun ağırlık farkından oluşmaktadır.

$$\sum h_i \gamma_i - \sum h_j \gamma_j = [[h_1 (\gamma_1 + \gamma_1)] / 2 + h_2 \gamma_2] - [[h_1' + [h_1 (\gamma_1 + \gamma_1)] / 2 + h_2' \gamma_2]] \quad (6.23)$$

h = Kollektör boruları arasındaki mesafe

Eğer h_2 ve h_2' birbirine eşit çok yakın ise ;

$$\sum h_i \gamma_i - \sum h_j' \gamma_j = h^* (\gamma_2 - \gamma_1) \quad (6.24)$$

Basınç farkı, sürtünme kaybı ve diğer kayıpları karşılayacak şekilde ayarlanır.

$$h^* (\gamma_2 - \gamma_1) = \xi W^2 / 2g (\gamma_1 + \gamma_2) / 2 \quad (6.25)$$

$$\xi = \lambda_r l / d_e + \sum \xi_i \quad (6.26)$$

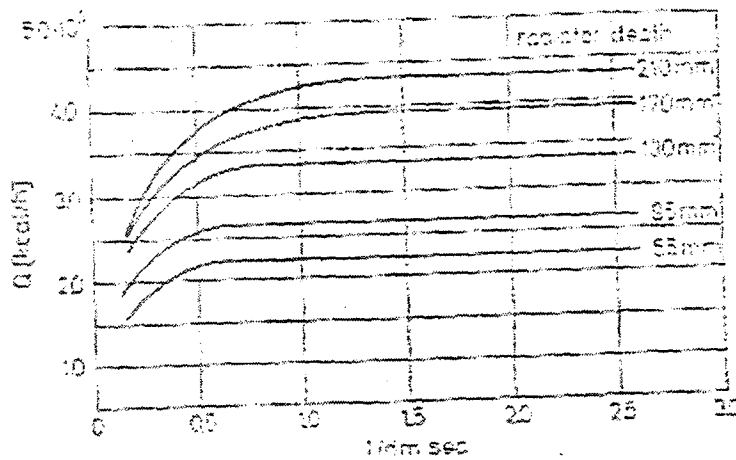
λ_r = Borunun sürtünme kayıp katsayısı

d_e = Boruların eşdeğer çapı

ξ_i = Dirsek kayıpları [dik açılı (90 ° lik dirsek) $\Rightarrow \xi_i = 1$, geniş açılı dirsek $\Rightarrow \xi_i = 0.5$]

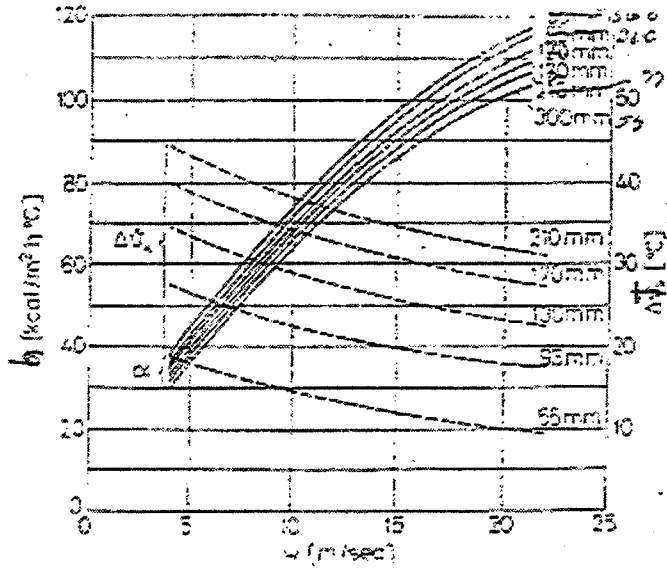
Herşeye rağmen bir radyatörün en iyi boyutlandırılması ancak deneysel sonuçlarla yapılabilir. Bir çok durumda hava tarafının ısı iletim katsayısını belirleme oldukça zordur. Daha önce verilen denklemler deneysel olmadığında bu formülleri kullanmak büyük hatalara neden olur. Bu durumlarda ısı transfer katsayısını en iyi deneysel olarak belirlenir.

Daha önce gördüğümüz gibi radyatör boyutlandırılması, eğer alın yüzü ile ilgili ısı transfer katsayısı biliniyor ise daha kolaydır. Örneğin hava ve su hızının fonksiyonu olarak soğutma miktarı, hava hızının fonksiyonu olarak radiator direncini ve havanın ısıtma miktarı (ΔT) gibi şekilden görüleceği gibi soğutma 0.6~0.7 kuvveti ile değişmektedir ki bu da daha önce verilen denklemlerdeki Reynolds sayısının kuvveti ile çok iyi bir uyumdadır.



Şekil 6.7 Su sirkülasyonunun fonksiyonu olarak çıkışta soğutma miktarı

Şekilde su sirkülasyonunun fonksiyonu olarak soğutma miktarı verilmektedir. ki burada görülen su hızını arttırmak soğutma miktarını belirli bir değere kadar yükseltir. Bundan sonra θ sabit kalır. Şekilde 1 dm (10 cm) lik radyatör esas alınmıştır.



Şekil 6.8 Hava akış miktarının fonksiyonunda sıcaklık artışı bir eğrisi olarak ısı transfer katsayısı ve havanın entalpisi

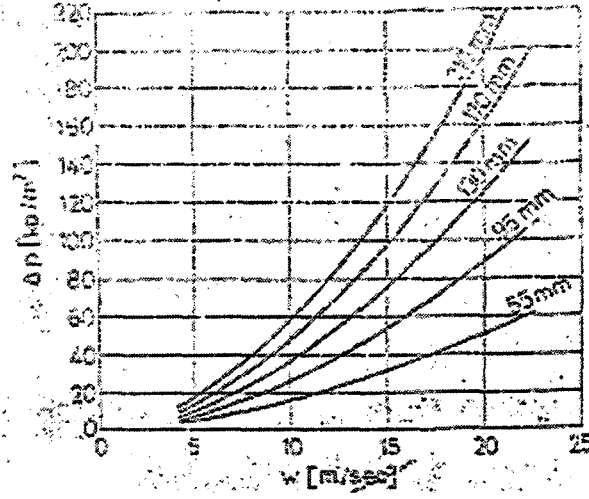
Şekilde, hava akış miktarının fonksiyonunda sıcaklık artışı bir eğrisi olarak ısı transfer katsayısı ve havanın entalpisi görülmektedir. Çok ilginçtir ki radyatör kalınlığının artması ile ısı iletim katsayısı bir miktar azalmaktadır.

Havanın ısınması ise, artan ortam hava hızı ile azalmakta ve radyatör çok güvenilir şekilde boyutlandırılabilir.

$$\theta \cdot \Delta \dot{P} = P \quad (6.27)$$

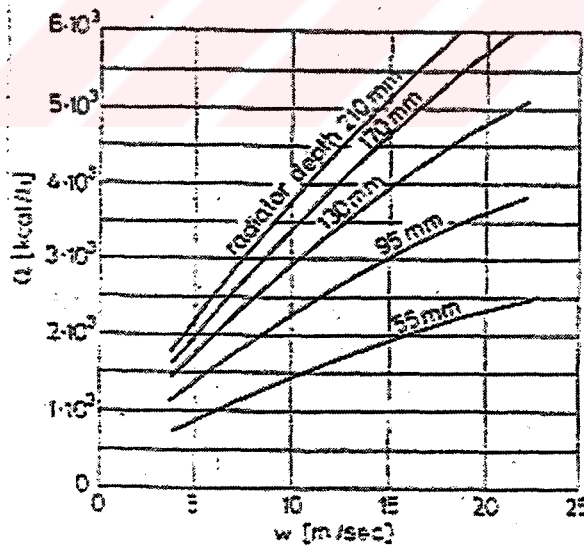
θ =Hava debisi (m^3/sn)

$\Delta \dot{P}$ =Basınç Farkı (N/m^2)



Şekil 6.9- Akış miktarının fonksiyonunda çeşitli derinliklerde radyatörün basınç kaybı

Şekilde Behr' in deneysel sonuçlarına göre oluşturmuş olduğu akış miktarının fonksiyonu olarak çeşitli derinliklerde radyatörün basınç kayıpları verilmektedir. Görüldüğü gibi basınç kaybı aşağı yukarı hızın artışının karesi ile değişirken belirli hız için kalınlıkta olan değişimi aşağı yukarı lineerdir. (Staudt, 1995)



Şekil 6.10- Su debisinin fonksiyonu olarak radyatör derinliğe ile radyatörün soğutma miktarı

Şekilde hava hızının fonksiyonu olarak, değişik kalınlıktaki radyatörlerin soğutma miktarı verilmektedir. Bu diyagramda soğutma suyunun ortalama sıcaklığı ile havanın çıkış sıcaklığı arasındaki fark 60 °C alınmıştır. Bu farkın artması azalması soğutma miktarı lineer olarak artar veya azalır.

7. ISI DEĞİŞTİRİCİSİNİN TEMEL TASARIM YÖNTEMİ

Öncelikle problem mümkün olduğu kadar tam bir şekilde tanımlanmalıdır. Debilerin, düzenlemelerin(yoğuşma veya kaynama), giriş ve çıkış sıcaklıklarının ve her iki akışın basınçlarının yanısıra diğer tüm gereksinimler ve tasarım için gerekli olan ek bilgiler ayrıntılı bir şekilde belirlenmelidir.

Bu noktadaki tasarım sürecinde, ısı değiştiricilerinin temel şekli deneme niteliğinde seçilmelidir. Bundan sonra ısı değiştiricisinin tasarım parametreleri yine deneme niteliğinde seçilir. Ardından ilk tasarım değerlendirilir ve bu tasarım için performans ile her iki akış için olan basınç düşümleri hesaplanır.

7.1 Kapasite Belirleme (performans analizi) Problemi

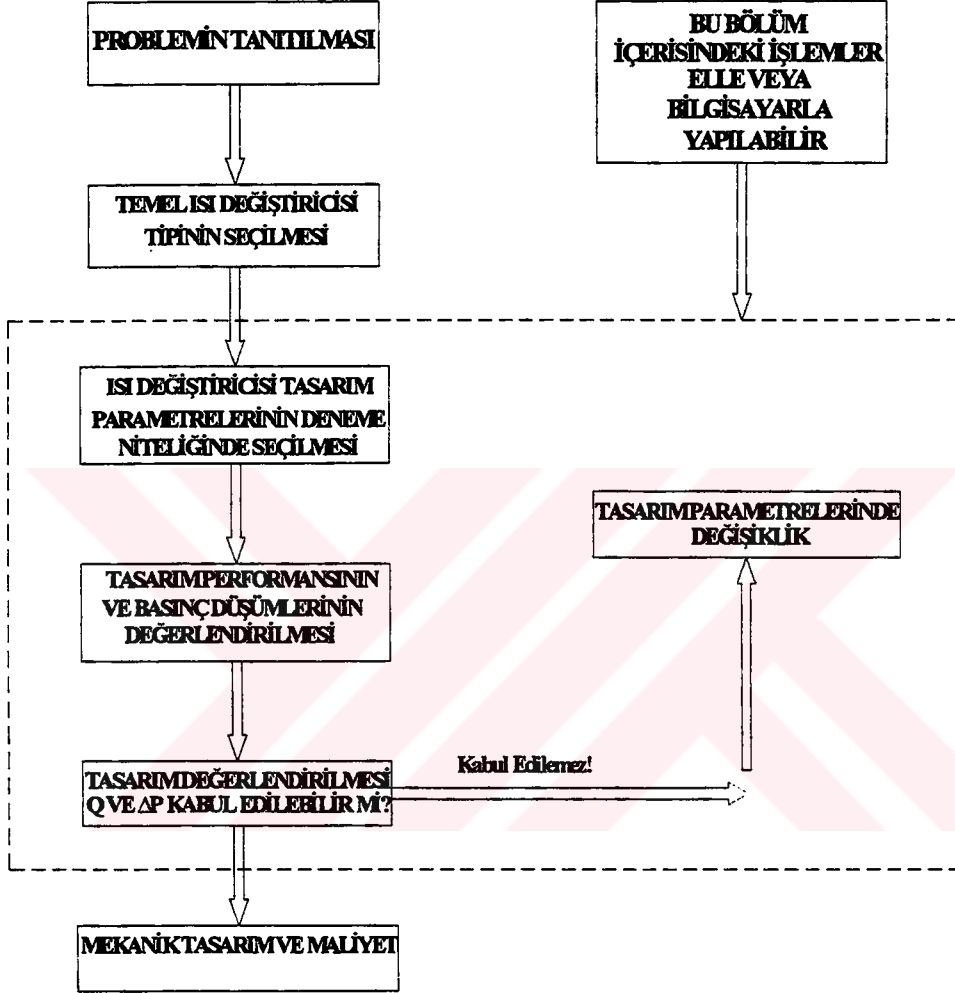
Bu problemde mevcut olan veya yaklaşık bir boyutlandırma ile seçilen ısı değiştiricisi incelenir. Isı değiştiricisi tipi, boyutları, yüzey geometrisi, akışkan debileri, giriş sıcaklıkları ve kirlilik faktörleri bellidir. Bu verilere bağlı olarak akışkan çıkış sıcaklıkları, toplam transfer edilen ısı, her iki akış için basınç düşümleri hesaplanabilir. Eğer bu analiz sonucunda her iki akış için izin verilen maksimum basınç düşümü altındaki bir basınç düşüm değeri ve kabul edilebilir bir ısı performans bulunduğunda bu ısı değiştiricisi şekli problemin çözümüdür.

7.2 Boyutlandırma (tasarım) Problemi

Akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları ile debileri, yüzey geometrileri, izin verilen basınç düşümü sınırlamaları ve kullanılan malzemelerin özellikleri gibi veriler ile ısı değiştiricisi boyutlarının belirlenmesi istenir.

İkinci tip problem, ısı değiştiricisi tipinin ve yüzey geometrisinin ısı analizinden önce seçilmesinin gerekliliği nedeniyle, değerlendirme probleminden daha karışıktır. Isıl analiz tamamlandıktan sonra kanatçıklar, borular, gövde gibi mekanik tasarım gerçekleştirilir. Mekanik tasarımın tamamlanmasından sonra optimum bir çözüme ulaşmak amacıyla bir maliyet analizi de yapılmalıdır. Toplam optimum tasarım, genelde ilk yatırım maliyetleri(malzeme, üretim, test, yükleme, montaj maliyetleri) oluşan minimum bir toplam maliyet temelinde performans ihtiyaçlarını karşılayan ısı değiştiricisinin tasarlanmasıdır.[4]

Çizelge 7.1- Isı Değiştiricisi Tasarımındaki Temel Mantıksal Yapı



7.3 Kanatlı Borulu Isı Değiştiricilerinin Isıl Hesapları

Kanatlı borulu tip ısı değiştiricisinin tasarımında kullanılan formüller bölüm 3' teki serpantin tipli ısı değiştiricisinin boyutlandırılması sırasında kullanılanlar da dahil olmak üzere sırasıyla şu şekildedir; (Kakaç, 1996)

Sıcak ve soğuk akışkan için ortalama sıcaklıklar, T_1 ve T_2 (K)

$$T_1 = (t_{1g} + t_{1c})/2 + 273 \quad (7.1)$$

$$T_2 = (t_{2g} + t_{2c})/2 + 273 \quad (7.2)$$

Dinamik viskozite değerleri için kullanılan bağıntı, μ (kg/ms)

$$\mu = \frac{0.1}{2.1489 [(T - 281.635) + \{8087.4 + (T - 281.635)^2\}^{0.5} - 120]} \quad (7.3)$$

Akışkan yoğunluğu için kullanılan bağıntı, ρ (kg/m³)

$$\rho = 1200.92 - 1.0056T + 0.0010824T^2 \quad (7.4)$$

Özgül ısı değerini veren bağıntı, c_p (j/KgK)

$$c_p = 0.015539(T - 308.2)^2 + 4180.9 \quad (7.5)$$

Isı iletim katsayısını veren bağıntı, k (W/mK)

$$k = 0.34 + 0.0009278T \quad (7.6)$$

Prandtl sayısı, Pr

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{k} \quad (7.7)$$

İletilen ısı miktarı, Q (W)

$$Q = m_1 \cdot c_{p1} \cdot (t_{1g} - t_{1c}) = m_2 \cdot c_{p2} \cdot (t_{2c} - t_{2g}) \quad (7.8)$$

Logaritmik sıcaklık farkı, ΔT_m ($^{\circ}\text{C}$)

$$\Delta T_m = \frac{(t_{1g} - t_{1f}) - (t_{2g} - t_{2f})}{\ln \frac{t_{1g} - t_{2f}}{t_{1f} - t_{2g}}} \quad (7.9)$$

Düzeltilme katsayısı, f

$$X = \frac{t_{2f} - t_{2g}}{t_{1g} - t_{2g}} \quad (7.10)$$

$$Y = \frac{t_{1g} - t_{1f}}{t_{2f} - t_{2g}} \quad (7.11)$$

$$f = \frac{(1+Y^2)^{0.5}}{1-Y} \frac{\ln \frac{1-XY}{1-X}}{\ln \frac{2-X[Y+1-(1-Y^2)^{0.5}]}{2-X[Y+1-(1+Y^2)^{0.5}]}} \quad (7.12)$$

Boru tarafındaki toplam akış kesiti, S_2 (m^2)

$$S_2 = \frac{b.c.D}{P} \quad (7.13)$$

Boru içinde birim alandan geçen debi, G_1 ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

$$G_1 = \frac{m_1}{S_1} \quad (7.14)$$

Gövde içinde birim alandan geçen debi, G_2 ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

$$G_2 = \frac{m_2}{S_2} \quad (7.15)$$

Reynolds sayısı, Re

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} = \frac{u d}{\nu} = \frac{G d}{\mu} \quad (7.16)$$

Boru içindeki ısı taşınım katsayısı, h_1 (W/m²K)

$$Nu_1 = \frac{h_1 d_{ic}}{k_1} = \frac{(f/2).Re_1.Pr_1}{1.07 + 12.7(f/2)^{1/2}(Pr_1^{2/3} - 1)} \quad (Re_1 > 2300) \quad (7.17)$$

$$f = \frac{1}{(1.58 Re_1 - 3.28)^2} \quad (\text{Petukhov-Kirillov Korelasyonu}) \quad (7.18)$$

Yoğuşmalı hal için boru içindeki ısı taşınım katsayısı

$$h_1 = 0.555 \left[\frac{g \cdot \rho_s (\rho_s - \rho_b) \cdot k_1^3 \cdot h_{sb}}{\mu_1 \cdot d_0 (T_b - T_s)} \right] \quad (7.19)$$

* Gövde borulu ısı değiştiricisinde boru dizilişlerinin hesabında aşağıdaki ifadeler kullanılmıştır. Daha önce Bölüm 3 ve 7 de kullanılan ısıl ifadeler dahil olmak üzere boru yerleşim hesabı aşağıdaki ifadelerinde eklenmesiyle bulunmaktadır.

Gövde tarafındaki ısı taşınım katsayısı, h_2 (W/m²K)

İlk etapta Nu_2 (Gövde tarafındaki Nu sayısını) bulmalıyız. Walker, G., (1990)

$$Nu_2 = \frac{h_2 De}{k_2} = f_R \cdot Nu_{2,d} \quad (7.20)$$

$$(200 < Re_2 < 10^6) \quad Re_2 = \frac{V \cdot De \cdot \rho}{\mu} \quad (7.21)$$

$$De = \frac{4 \left(\frac{P_T^2 \sqrt{3}}{4} - \frac{\pi \cdot d_0^2}{8} \right)}{\frac{\pi \cdot d_0}{2}} \quad (7.22)$$

$$Nu_{2,d} = f_A \cdot Nu_{2,0} \quad (7.23)$$

$$Nu_{2,0} = 0.3 + \sqrt{Nu_{lam}^2 + Nu_{urb}^2} \quad (7.24)$$

$$Nu_{lam} = 0.664 \sqrt{Re_{v,2}} \sqrt[3]{Pr_2} \quad (7.25)$$

$$Nu_{turb} = \frac{0.037 \cdot Re_{\psi,2}^{0.3} \cdot Pr}{1 + 2.443 \cdot Re_{\psi,2}^{-0.1} (Pr^{2/3} - 1)} \quad (7.26)$$

$$Re_{\psi,2} = \frac{Re_2}{\psi} \quad (7.27)$$

$$a = s_1 / d_0, b = s_2 / d_0 \quad (7.28)$$

$$b \geq 1 \Rightarrow \psi = 1 - \frac{\pi}{4 \cdot a} \quad (7.29)$$

$$b < 1 \Rightarrow \psi = 1 - \frac{\pi}{4 \cdot a \cdot b} \quad (7.30)$$

$$f_A = 1 + \frac{2}{3 \cdot b} \text{ (üçgen diziliş için)} \quad (7.31)$$

Yoğuşmalı hal için gövde tarafındaki ısı taşınım katsayısı,

$$h_2 = 0.725 \left[\frac{g \cdot \rho_s (\rho_s - \rho_b) h_{sb} \cdot k_2^3}{\mu \cdot d_0 \cdot (T_s - T_0)} \right]^{1/4} / (z)^{1/6} \quad (7.32)$$

Toplam ısı geçiş katsayısı, K(W/m²K)

$$K = \frac{1}{\frac{D_{du}}{D_{iç}} \cdot \frac{1}{h_1} + \frac{D_{du}}{2 \cdot k_m} \ln \frac{D_{du}}{D_{iç}} + \frac{1}{h_2}} \quad (7.33)$$

Gerçek toplam ısı geçiş katsayısı, KG (W/m²K)

$$KG = \frac{1}{\frac{1}{K} + r_f} \quad (7.34)$$

Isı değiştiricisi toplan alanı, $A(m^2)$

$$A = \frac{Q}{KG \cdot f \cdot \Delta T_m} \quad (7.35)$$

Isı değiştiricisinin boru uzunluğu, $L(m)$

$$L = \frac{A}{n_{LP2} \cdot \pi \cdot d_{iç}} \quad (7.36)$$

Boru içindeki basınç dūřümü, ΔP_1 (Pa)

$$\Delta P_1 = \frac{\lambda_1 \cdot G_1 \cdot L \cdot n_{LP}}{d_{iç} \cdot \rho_1 \cdot d_{iç}} \quad (7.37)$$

$$Re_1 < 2300 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{64}{Re_1} \quad (7.38)$$

$$Re_1 < 30000 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{0.3164}{Re_1^{0.25}} \quad (7.39)$$

$$Re_1 \geq 30000 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{0.184}{Re_1^{0.2}} \quad (7.40)$$

Gövde içindeki boru sayısı

$$Nr = \frac{D}{P} \quad (7.41)$$

Gövde içindeki basınç dūřümü, ΔP_2 (Pa)

$$\Delta P_2 = \Delta P_c + \Delta P_w + \Delta P_e \quad (7.42)$$

$$\Delta P_c = \Delta P_{bi}(NB-1)R_iR_b ; R_i = 0.4-0.5 ; R_b = 0.5-0.8 \quad (7.43)$$

$$NB = \frac{L}{B} \quad (7.44)$$

$$\Delta P_{bi} = \lambda_G \frac{G_2}{2\rho_2} \left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0.14} \quad (7.45)$$

$$\lambda_G = \exp(0.576 - 0.19 \cdot \log(\text{Re}_2)) \quad (7.46)$$

$$\Delta P_w = \Delta P_{wi} \cdot NB \cdot R_i \quad (7.47)$$

$$\Delta P_{wi} = \frac{\dot{m}_2^2 (2 + 0.6 N_{cw})}{2\rho_2 A_s A_w} \quad (7.48)$$

$$\Delta P_e = 2\Delta P_{bi} \frac{N_c + N_{cw}}{N_c} R_b R_s \quad (7.49)$$

Boru içindeki kayıp basınç enerjisi, E_1 (W)

$$E_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot m_1}{\rho_1 \cdot NP_1} \quad (7.50)$$

Gövde içindeki kayıp basınç enerjisi, E_2 (W)

$$E_2 = \frac{\Delta P_2 \cdot m_2}{\rho_2 \cdot NP_2} \quad (7.51)$$

8. ISI DEĞİŞTİRİCİSİ PROGRAMININ TANITILMASI VE UYGULAMASI

8.1 Programın Tanıtılması

Isı Değiştiricileri için hazırlanmış olan bu program kullanılmasıyla tasarım daha çabuk, kolay ve güvenilir hale gelmektedir. Bu program Kanatlı borulu ısı değiştiricisi ve ayrıca gövde borulu ısı değiştiricisi için de boyutlandırma için gerekli doneleri sağlayan, akışkan özelliklerinin de bulunmasını sağlayan özellikler içermektedir.

Programda kanatlı borulu ve gövde borulu ısı değiştiricisinin ısı hesapları yapılmakta, su ve hava gibi akışkan özelliklerinin sıcaklık, özgül nem gibi datalara bağlı olarak özelliklerini veren bir form oluşturmaktadır. Bu program sayesinde boyutlandırma için gerekli datalar girildiğinde daha hızlı bir şekilde sonuçlar elde edilmektedir. Bunlara bağlı olarak laboratuvar şartlarında yapılan gerçek uygulamalarda gerekli olan bilgiler çok hızlı biçimde elde edilebilir.

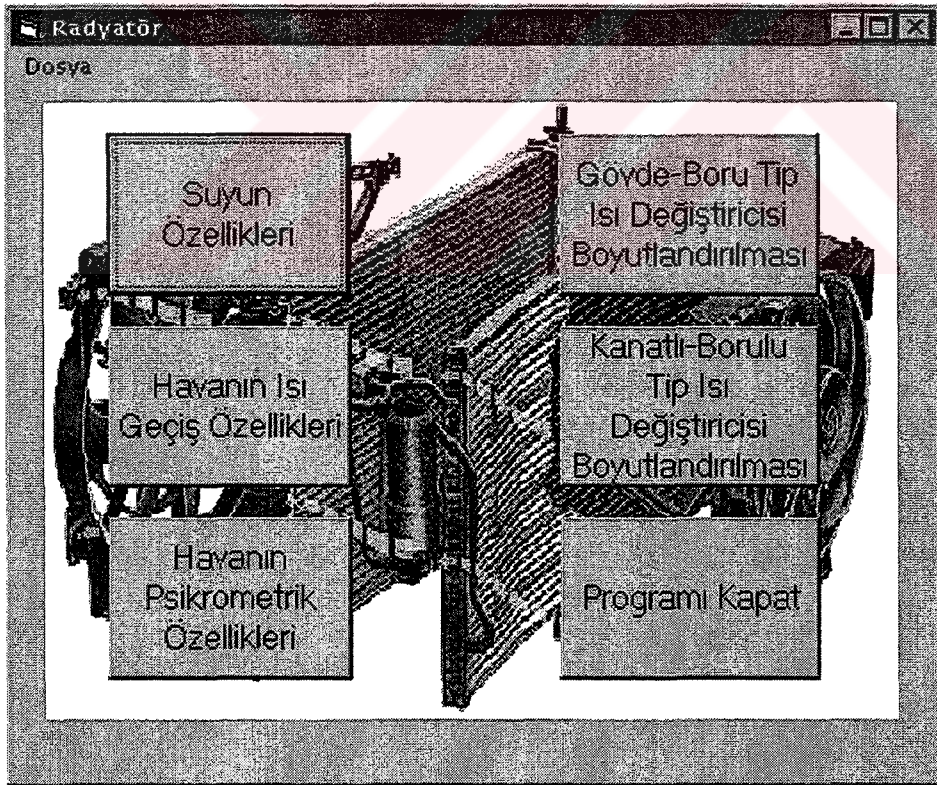
Isı değiştiricileri tasarım programı Visual Basic 6.0 ile hazırlanmıştır. Visual Basic programlama dili Windows işletim sistemi altında çalışır. Olay güdümlü yapısı ve kullanımı kolay görsel araçlarıyla, Windows grafiksel ortamının tüm avantajlarından yararlanarak, güçlü uygulamaların kısa sürede yazılmasına olanak verir.

Windows işletim sisteminin yaygınlaşmasından önce sıkça kullanılan GWBasic, Qbasic, Fortran, C, Pascal, gibi programlarla bir yazılım geliştirmek için uzun komutlar yazmak gerekmekteydi. Microsoft Windows 'un gelmesiyle, programcılar grafiksel olarak zengin ve daha rahat bir ortamda çalışma olanağına kavuştular. Grafiksel kullanıcı arabirimi, uygulamaların öğrenimini ve kullanımını daha kolay hale getirdi. Visual Basic programlama sisteminin kullanılmaya başlanmasıyla bu grafiksel ortamlı programların hazırlanmasıyla bu grafiksel ortamlı programlama hazırlanması son derece basitleşti ve Basic dilinin bilinen yetenekleri, görsel tasarım araçlarıyla birleştirildi. Menüler, yazı tipleri, iletişim kutuları, kaydırma yapabilmeyen metin kutuları ve daha birçok grafiksel eleman kolayca tasarlanabilir. Visual Basic olay güdümlü bir yapıya sahiptir. Yani programcı her adımı değişmez bir sıra ile izleyen programlar yazmaktansa, kullanıcının hareketlerine (örneğin bir komut seçmek, bir pencereye tıklamak, ya da fareyi hareket ettirmek) yanıt veren programlar yazar. Programcı, büyük bir program yazmak yerine, kullanıcının başlattığı olaylarla tetiklenen, işbirliği içinde çalışan mini programlardan oluşan uygulamalar yaratır. Ayrıca bu uygulamalar önceden görülmemiş kolaylık ve hızla yaratılabilir. Ayrıca veri tabanı yaratma ve Windows altında çalışan diğer programlarla (MS Word, MS Excel, Autocad, MS Access

gibi) doğrudan bağlantı ve veri paylaşımı mümkündür. Bu programlama dilinin bir başka avantajı da yazılımın tamamlanmasından sonra programın derlenmesi ve çalışabilir (executable) dosya haline getirilebilmesidir. Visual Basic başlatıldığında ekranda çok sayıda pencere görülür. Ekranın üst tarafında ana pencere vardır. Bu pencerede dosya(file), düzen (edit) ve diğer menüleri içerir. Ayrıca bir de araç çubuğu (toolbar) bulunmaktadır. Ekranın ortasında Form 1 başlıklı bir boş pencere görülür. Sol yanda araç kutusu (toolbox) adı verilen bir palet penceresi vardır. Diğer yanda ise özellikler (properties) ve proje (project) pencereleri bulunur. (Halvarson, 2000)

8.2 Programın İçeriği

Isı değiştiricilerinin tasarımı için Visual Basic 6.0 'da hazırlanan programda grafik yapısı çeşitli formlar üzerine yerleştirilen komut düğmeleri, metin kutuları, etiketler, resim kutuları, çerçeveler ile ve bu elemanların tıklanması, yazı tipi ve renklerinin değiştirilmesiyle sağlanır. Şekil 9.1 de programı açtığımızda karşımıza gelen ilk menü gösterilmektedir.



Şekil 8.1 Isı değiştiricileri programı açılış menüsü

Bu menüde gördüğümüz gibi, 6 adet komut düğmesi bulunmaktadır. Bu komut düğmeleri üzerine gelip fare ile tıkladığımızda programın o bölümü çalışmaya başlar. Bu menünün hazırlanmasında altı adet komut düğmesi (command button), bir adet resim kutusu (picture box), altı adet etiket (label), bir adet menu editör kullanılmıştır. "Programı kapat" komut düğmesi haricindeki tüm komut düğmelerinin herbirini teker teker irdedeceğiz.

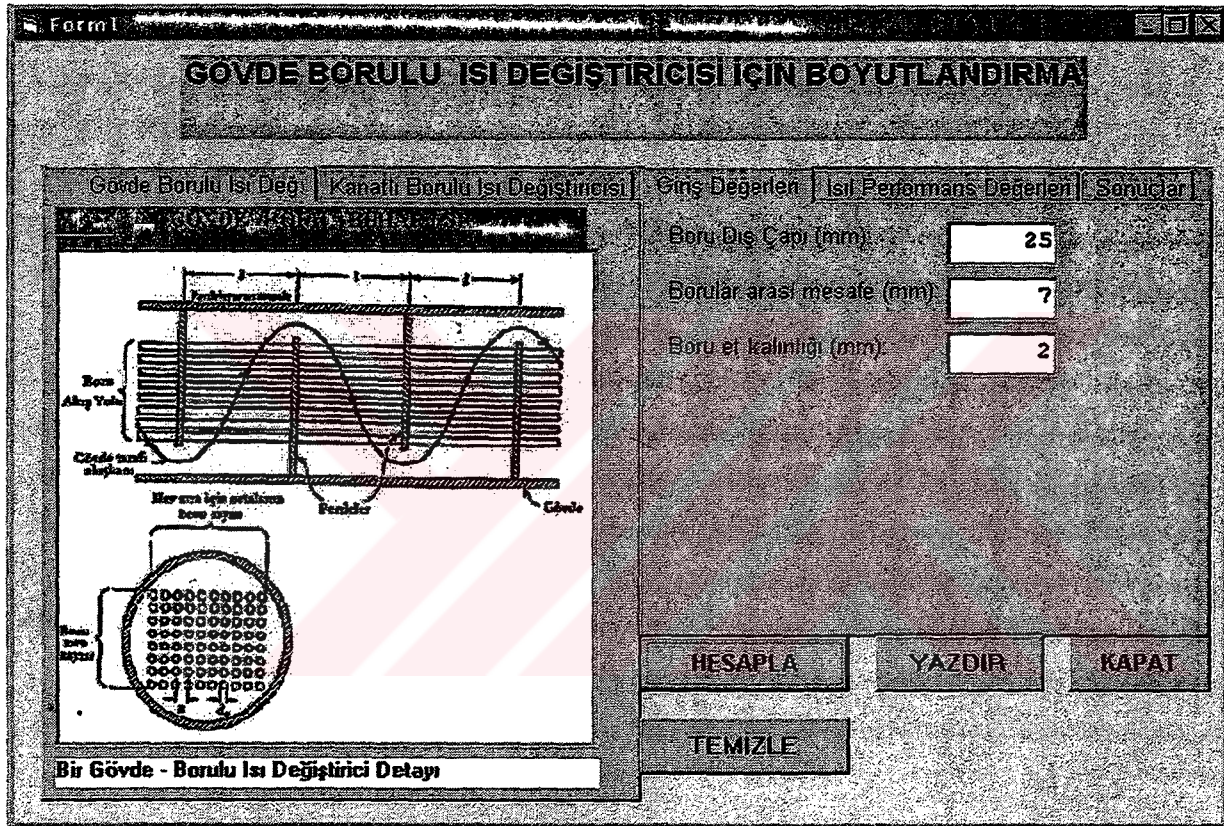
Ayrıca Şekil 8.1' deki komut düğmelerinin haricinde, sol üstteki dosya denilen kısma tıkladığımızda karşımıza Şekil 8.2' deki yine komut düğmelerinin aynısı olan seçenekler çıkar



Şekil 8.2 Isı değiştiricileri programı açılış menüsü (menü dosyası ile)

8.3 Gövde – Boru Tip Isı Değiştiricisi Boyutlandırılması

Programın bu bölümü aslında asıl konu olan kanatlı borulu ısı değiştiricisi boyutlandırma programının dışında ek olarak sisteme dahil edilmiştir. Çünkü kullanım bakımından çok geniş alana sahip, gövde borulu ısı değiştiricilerin boyutlandırılması, boru dizilişlerinin yapılması gibi bir çalışma atlanamaz. Programda sıcak ve soğuk akışkanların giriş ve çıkış sıcaklıkları, akışkan kirlilik faktörü, perdeler arası mesafe (ilk tahmin), boru dış çapı, borular arası mesafe, boru et kalınlığı gibi doneler kullanıcı tarafından girilir.



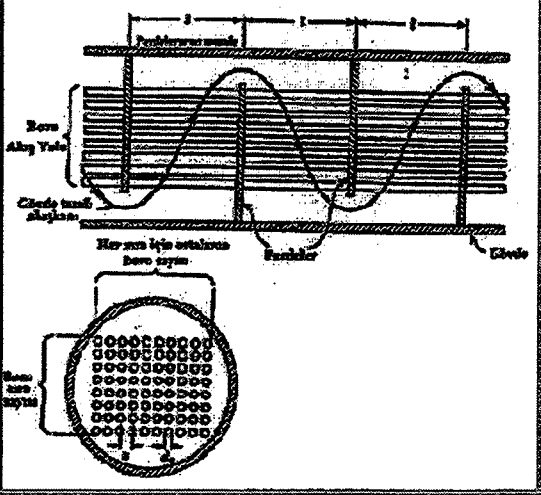
şekil 8.3 Gövde borulu ısı değiştiricisi boyutlandırma alt programının açılış menüsü

şekil 8.3 'te görüldüğü gibi giriş değerleri menüsü altında bir takım sayılar otomatik olarak karşımıza çıkar bu sayılar default değeri olarak başlangıçta her seferinde çıkar. Bunların yerine text kısmı tıkladığımızda bu değerleri silip kendi değerlerimizi yazabiliriz.

Yoğunluk, zgl ısı, dinamik viskozite değerleri sıcaklığa bağlı olduklarından dolayı daha önceki bölümlerde yazılan amprik bağıntular kullanılmıştır. Tüm veritabanları daha önceki bölümlerde yazılmış olduğumuz ısı hesaplamaları ile ilgili bağıntulardan alınmıştır.

Form1

GÖVDE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİNİN BOYUTLANDIRMA

Gövde Borulu Isı Değ.	Kanallı Borulu Isı Değiştiricisi	Giriş Değerleri	Isıl Performans Değerleri	Sonuçlar
				
			Akışkan iletkenlik faktörü (m ² /W)	0.0001
			Borudaki akışkan debisi (kg/sn)	20
			Sıcak akışkan giriş sıcaklığı (°C)	90
			Sıcak akışkan çıkış sıcaklığı (°C)	70
			Soğuk akışkan giriş sıcaklığı (°C)	100
			Soğuk akışkan çıkış sıcaklığı (°C)	120
			Borular arası mesafe (ile tahmini m)	0.25
<input type="button" value="HESAPLA"/> <input type="button" value="YAZDIR"/> <input type="button" value="KAPAT"/>				
<input type="button" value="TEMİZLE"/>				

Bir Gövde - Borulu Isı Değiştiricisi Detayı

Şekil 8.4 Gövde borulu ısı değiştiricisi boyutlandırma alt programının ısıl performans değerleri giriş programı menüsü

Bu programın bir eksik yönü, laboratuvar şartlarında gövde borulu ısı değiştiricisi ile ilgili deneysel sonuçların bulunmamasıdır. Ancak 3. ve 7. bölümlerdeki ampirik formüller birebir olarak programa database olarak girilmiştir. Yapılacak deneysel çalışmalarla bu programın doğruluğu saptanabilir.

8.4 Kanatlı Borulu Tip Isı Değiştiricisi Boyutlandırılması

Serpantin boyutlandırılması programında esas alınan temel prensip bu programın kanatlı borulu, gövde borulu ısı değiştiricileri için de kullanılabilir olmasıdır.

Bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi program tamamıyla laboratuvar çalışmalarına lojistik destek amacıyla kullanılmıştır.

Programın veri tabanında kullanılan formüller Bölün 3 ve 7 de yer alan amprik ifadelerden yola çıkılarak hesaplanmaktadır.

Programda 4 adet menü vardır.Hava parametreleri, su parametreleri, diğer parametreler havanın giriş basıncı, sıcaklığı, boru dizilişine göre SL/DD oranı (borular arasındaki yatay uzaklığın, boru dış çapına oranı), ST/DD oranı (borular arasındaki dikey mesafenin, boru dış çapına oranı), levha kanatçık oranını girilir.

Soğutucu Serpantin Heabı

KANATLI - BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ TASARIMI

Hava parametreleri | Su parametreleri
Diğer parametreler | Hesap ve Sonuçlar

TSE BAKIR BORU STANDARTLARINDAN
BORU DIŞ ÇAPINI SECİNİZ (mm):

SERPANTİN İÇERİSİNDEKİ BORU DİZİLİŞİNİ
SECİNİZ:

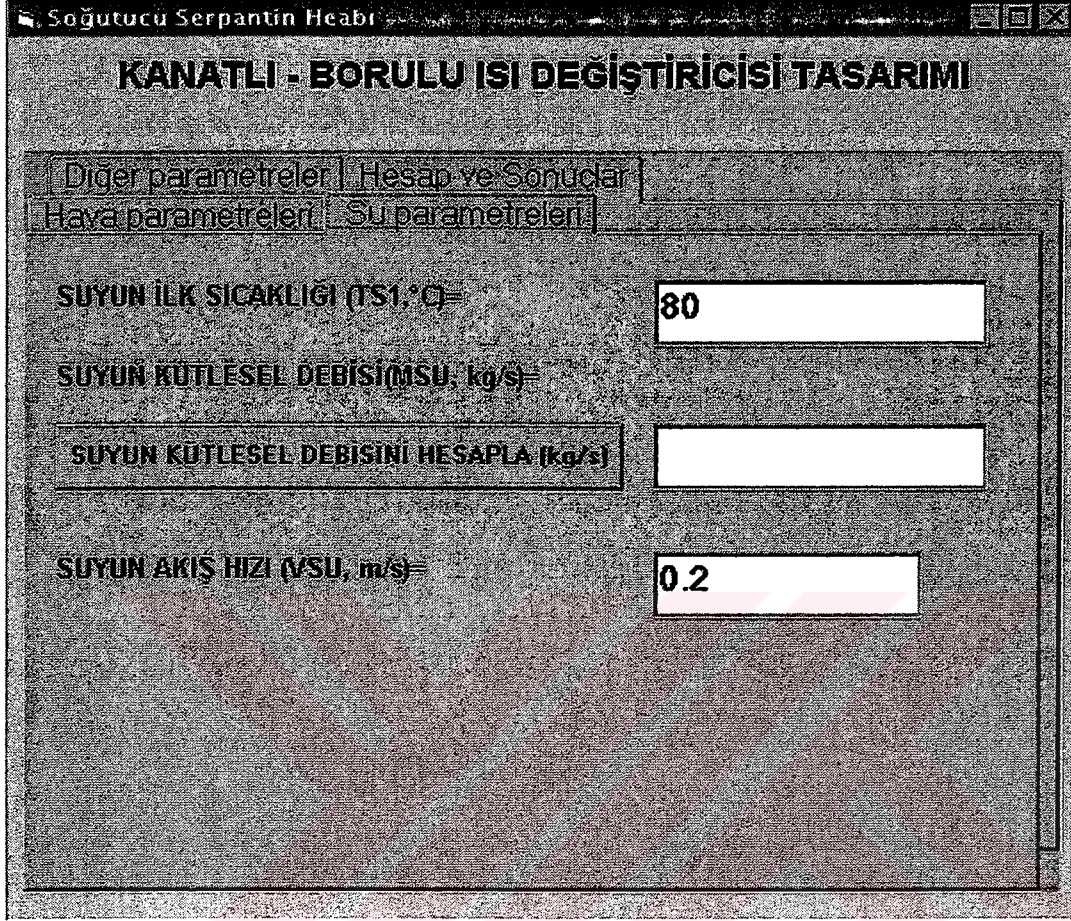
KARE DİZİLİŞ İÇİN STANDART SL/DD
ORANINI SECİNİZ: 1.6

HER İKİ DİZİLİŞ İÇİN STANDART ST/DD
ORANINI SECİNİZ: 1.6

LEVHA KANAT KALINLIĞINI GİRİNİZ (mm): 0.5

Şekil 8.5 Serpantin boyutlandırılması programı diğer parametreler data giriş menüsü

Su parametreleri giriş menüsünde suyun ilk sıcaklığını, suyun kütleli debisini, suyun akış hızını girmemiz gerekir.



Soğutucu Serpantin Hesabi

KANATLI - BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ TASARIMI

Diğer parametreler | Hesap ve Sonuçlar
Hava parametreleri | Su parametreleri

SUYUN İLK SICAKLIĞI (TS1, °C) = 80

SUYUN KÜTLESEL DEBİSİ (MSU, kg/s) =

SUYUN KÜTLESEL DEBİSİNİ HESAPLA (kg/s)

SUYUN AKIŞ HIZI (VSU, m/s) = 0.2

Şekil 8.6 Serpantin boyutlandırılması programı su parametreleri giriş menüsü

Programın bir diğer menüsünü oluşturan hava parametreleri bölümünde, havanın giriş basıncının haricinde (bu basınç değeri atmosferik basınç olarak sabit alınmıştır.) havanın giriş sıcaklığı, girişteki özgül nemi, kütleli debisi, hava hızı, havanın çıkış sıcaklığı değerleri veri olarak girilir.(Şekil 8.7)

Soğutucu Serpantin Heabı

KANATLI - BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ TASARIMI

Diger parametreler	Hesap ve Sonuclar
Hava parametreleri	Su parametreleri

HAVANIN GIRIS BASINCI (P, Pa)=	101325
HAVANIN GIRIS SICAKLIGI (TH1, °C)=	20
HAVANIN GIRISTEKI OZGUL NEMI (W1, kg/kg)=	0.025
HAVANIN KUTLESEL DEBISI (MH, kg/s)=	0.2
HAVA HIZI (VH, m/s)=	8
HAVANIN CIRIS SICAKLIGI (TH2, °C)=	40
HAVANIN KUTLESEL DEBISININ HESAPLANMASI (kg/s)	

Şekil 8.7 Serpantin boyutlandırılması programı hava parametreler menüsü

Programın sonuç ifadesi olarak boyutlandırma için gerekli bilgiler bize program sonunda verilmektedir. Ayrıca bize programın kullanımı sırasında elde edilmek istenen verileri bulmakta yardımcı olacak akışkanların özelliklerine ait alt programlar mevcuttur. Bu programlar; suyun özelliklerini, havanın ısı geçiş özelliklerini ve havanın psikrometrik özelliklerini hesaplayan programlardır.

8.5 Akışkan Özellikleri Hesaplama Alt Programı

Bu programda, su ve havanın özelliklerinin sıcaklığın fonksiyonu olan çeşitli amprik bağıntılarda elde edilmesi sağlanmıştır. Su için dinamik viskozite, yoğunluk, özgül ısı ve ısı iletim katsayısı (3.50)-(3.54) bağıntıları ile gerçek değerlere çok yakın olmak üzere bulunmuştur. Hava için ise ısı geçiş özellikleri ve psikrometrik özelliklerin hesaplandığı bağıntılar kullanılmıştır. Bu bağıntılar (3.44) – (3.49) ile (3.55) – (3.60) ta verilmiştir. Havanın ısı geçiş özellikleri olarak ısı iletim katsayısı, Prandtl sayısı, dinamik viskozite, yoğunluk, özgül ısı değerleri bulunur. Ayrıca nemli ve kuru havanın özellikleri ve havanın çığ noktası sıcaklığı ile iterasyon metodu kullanılarak yaş termometre sıcaklığı bulunur. Bu programa ait menüler Şekil 8.8 de gösterilmiştir.

HAVANIN ISI GEÇİŞ ÖZELLİKLERİ

HAVA SICAKLIĞINI GIRINIZ: T (°C)=

ÖZGÜL NEMİ GIRINIZ: W (kg/kg)=

HESAPLA KAPAT

YOĞUNLUK (kg/m³)=

ÖZGÜL ISI (J/kg °K)=

ISI İLETİM KATSAYISI (W/m °K)=

DİNAMİK VİSKOZİTE (kg/ms)=

ISI YAYILIM KATSAYISI (m²/s)=

PRANDTL SAYISI=

KÜTLE YAYILIM KATSAYISI (m²/s)=

Şekil 8.8 Havanın ısı geçiş özelliklerine ait menü

9. SONUÇLAR

Kanatlı Boru tipi ve soğutucu serpantin ısı hesapları, hava ve suyun özelliklerini veren eşitliklerle yapılabilir. Bilgisayarlarla yapılan bu simülasyonda doğal olarak belli bir hatanın bulunacağı açıktır. Ayrıca kullanılan ampirik bağıntılar da belirli bir hata yüzdesine sahiptir.

Program genel olarak üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm hava ve suyun akışkan özelliklerinin hesaplandığı bölüm olmakla beraber verilere bağlı olarak sonradan hesaplamalarda kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Programın ana içeriğini oluşturan kanatlı borulu ısı değiştiricisi ve soğutucu serpantin tasarımı yapılmıştır. Akışkan olarak Gövde de hava, boru içinde su kullanılmıştır. Programın sonucunda ısı değiştiricisi toplam alanı ve gövde iç çapı verilen data'lara göre hesap edilmektedir.

Programın ikinci bölümünde soğutucu serpantinlerin ısı hesaplarını yapan program geliştirilmiştir. Akışkanların çıkış özellikleri de bulunarak boyutlandırma gerçekleştirilmiştir.

Akışkan özelliklerine bağlı olarak, önceki ısı değiştiricisi ve serpantin tasarım programlarında gerekli olan, kullanılan su ve havanın özelliklerine bağlı olarak ampirik eşitlikler yardımıyla psikrometrik özellikleri, ısı geçiş özellikleri olarak hesaplanmıştır.

Programın yazılmasında oldukça esnek, kullanımı kolay ve güçlü sayılabilecek bir yapıya sahip olan Visual Basic 6.0 Professional Edition programlama dili kullanılmıştır. Uygulamada çok değişik alanlarda kullanılan ve çok farklı tipleri bulunan ısı değiştiricilerini genellikle belirtilen değerler için tek tek tasarlama zorunluluğu vardır. Ayrıca en uygun ısı değiştiricisi tasarımı için değişen ekonomik koşulların her tasarımda gözönünde tutulması gerekmektedir. Geliştirilen bu programla ısı değiştiricilerinin tasarımındaki sürenin kısaltılması, hatanın en aza indirilmesi, en uygun şekilde boyutlandırılması ve tasarım için ana bir kılavuz teşkil etmesi amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

ALFA LAVAL' AB., (1972), Çev: Gazimihal,Y., "Isı El Kitabı" Makina Mühendisleri Odası Yayın No:74

CHERMISINOFF,N.P. (1972)., "Heat Transfer Pocket Handbook", Heat Exchanger Classification, Heat Exchanger Design Notes.

FRAAS,A.P. and ÖZİŞİK,M.N., (1965), "Heat Exchanger Design", John Wiley and Sons Inc.,USA.

GENCELİ,O.F., (1983), "Isı Eşanjörleri Ders Notları", UÜ Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa.

HALVORSON,M., (2000), Çev: Ardiyok,Ş., "Adım adım Visual Basic 6.0", Microsoft Press

KAKAÇ,S. (1996), "Heat Exchanger Design Course. Fundamentals and Applications", İTÜ Makina Fakültesi, Cilt 1, İstanbul.

KOLCHIN,A. and DEMIDOV,V.,(1984), "Design of Automotive Engines" , Presented at YTÜ, İstanbul.

STAUDT W., (1995), Çev: Kulaksız,Ö., ve Çakır,Ö., "Motorlu Taşıtlar Tekniği"

STOECKER,W.F., (1992), Çev: Genceli,O.F., "İklimlendirme Esasları", İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.

OĞULATA,R.T. ve KÜÇÜK,A., (1997), "Levhalı Döner Tip Isı Eşanjörlerinin Karşılaştırılması", Mühendis ve Makina 450, 47-53

WALKER,G., (1990), "Industrial Heat Exchangers", Hemisphere Publishing Corp., USA.

YAVAŞLIOL,İ., (1996), "Motorlarda Isı Transferi Ders Notları", YTÜ, İstanbul.

EKLER**EK 1****GÖVDE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ UYGULAMA ÖRNEĞİ**

Boru dış çapı 25mm
 Borular arası mesafe 7 mm
 Boru kalınlığı 2 mm olacak ısı değıştiricisinin,

Akışkan kirlilik faktörü 0.0001 m²K/W
 Boru içindeki akışkan debisi 20 Kg/sn
 Sıcak akışkan giriş sıcaklığı 90 °C
 Sıcak akışkan çıkış sıcaklığı 70°C
 Soğuk akışkan giriş sıcaklığı 10 °C
 Soğuk akışkan çıkış sıcaklığı 60°C
 Perdeler arası mesafe (ilk tahmin) 0.25 m

GÖVDE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ ISIL PERFORMANSI İLE İLGİLİ SONUÇLAR

SICAK AKISKAN GIRIS SICAKLIGI.....t1g 90[°C]
 SICAK AKISKAN CIKIS SICAKLIGI.....t1c 70[°C]
 SOGUK AKISKAN GIRIS SICAKLIGI.....t2g 10[°C]
 SOGUK AKISKAN CIKIS SICAKLIGI.....t2c 60[°C]
 AKISKAN KIRLILIK FAKTORU.....rf 0,0001[m²K/W]
 BORU ICINDEKI AKISKAN DEBISI.....M1 20[Kg/sn]
 PERDELER ARASI MESAFE(ILK TAHMIN).....B 0,25[m]

GÖVDE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ ISIL HESAPLARI
ISIL PERFORMANS VE TASARIM İLE İLGİLİ SONUÇLAR

BORU TARAFI TOPLAM AKIS KESITI.....S1 0,178895244788458[m²]

GOVDE TARAFINDAKI EN DAR KESIT ALANI.....S2 0,065625[m²]
 BORU ICINDEKI KÜTLESEL DEBL.....G1 111,797270093176[Kg/s m²]
 GÖVDE ICINDEKI KUTLESEL DEBL.....G2 122,8141[Kg/s m²]
 BORU TARAFINDAKI REYNOLDS SAYISI.....Re1 6572,04008644567
 GOVDE TARAFINDAKI REYNOLDS SAYISI.....Re2 3416,26627358591
 BORU TARAFI ISI TASINIM KATSAYISI.....h1 1102,45069351093[W/m²K]
 GOVDE TARAFI ISI TASINIM KATSAYISI.....h2 9194,5295119566[W/m² K]
 TRANSFER EDILEN ISI.....Q 1684834,957824[W]
 ORTALAMA LOGARITMIK SICAKLIK FARKI.....DELTAM 43,2808512266689[°C]
 GOVDE TARAFI DUZELTME KATSAYISI.....f 1,17101113486906
 TOPLAM ISI GECIS SAYISI.....K 806,368046945869[W/m²K]
 GERCEK TOPLAM ISI GECIS SAYISI.....KG 746,1971[W/m²K]
 GOVDE TARAFINDAKI AKISKAN HIZI.....V 0,123570839987502[m/sn]

HESAPLAMADA KULLANILAN SABIT BUYUKLUKLER

BORULARIN DIZILISI, UCGEN DIZILISTIR

BORU IC VE DIS CAPLARI Dic=0,021m, Ddis=0,025 m

BORU ARASI BOSLUK C=0,007m (C=P-Ddis)

BORU EKSENLER ARASI UZAKLIK(HATVE), P=0,032 m

BORU GECIS SAYISI nlp=2 OLARAK SECILMISTIR

EK 2

KANATLI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BOYUTLANDIRILMASI UYGULAMA ÖRNEĞİ

Kanatlı Borulu Isı Değişiricisi uygulamasında girilecek verileri Radyatör giriş şartlarını Çizelge 6.1 deki değerleri alarak ve istediğimiz şartlara göre keyfi olarak verdiğimiz değerlerden yararlanarak programa veri olarak girmemiz gerekir.

TSE Bakır boru standartlarından boru iç çapını belirleriz, 12mm seçtik

Radyatör serpantini içerisindeki boru diziliş şeklini Kare diziliş seçelim

Standart SL/DD oranı dediğimiz Borular arasındaki yatay mesafenin dış çap oranına olan değerini gireriz ,Bu değer bizim istediğimiz boyuttaki radyatördeki boruların dizilişi ile oluşacak boyutu etkilemektedir.1.6 değerini seçelim

Standart ST/DD oranı dediğimiz Borular arasındaki dikey mesafenin dış çap oranına olan değerini gireriz ,Bu değer de aynı şekilde bizim istediğimiz boyuttaki radyatördeki boruların dizilişi ile oluşacak boyutu etkilemektedir.1.6 değerini seçelim

Levha kanatçık kalınlığını da 0.5 mm seçelim.

Hava parametrelerinde ,

Havanın giriş basıncı atm basıncı olarak 101325 Pa

Havanın giriş sıcaklığı Tablo 5.6 dan 25°C

Havanın özgül ısısını 25°C ve %50 nem değeri için 0.01

Havanın kütleli debisini alt işlemci program ile hesaplayalım; havahızı 10 m/s, panjur alanı (0,6x0,12)=0,072 m² ve hava yoğunluğunda havanın ısı geç. Öz. Hesaplayan programdan 25°C için 0,826 kg/m³ alırsak işlemci programın sonucu Mh=0,59472 kg/s çıkmaktadır.

Hava hızını 10 m/sn alalım

Havanın çıkış sıcaklığı Tablo 5.6 dan 50°C

Su parametreleri için ise ,

Suyun giriş sıcaklığı Tablo 5.6 dan 90°C

Suyun kütleli debisini alt işlemci program sayesinde su hızı $0,3\text{m/s}$, su yoğunluğu su özellikleri prog. sayesinde $978,51\text{ kg/m}^3$, dış çap 12mm seçmiştik.

Suyun akış hızını pompalı radyatör sistemi için 0.3 m/sn

Yukarıdaki değerleri veri olarak aldığımız zaman sonuç değer leri aşağıdaki gibi olmaktadır

SERPANTININ ISIL PERFORMANSI İLE İLGİLİ SONUCLAR

.....

BY-PASS FAKTORU..... $\text{BF}=0,586881803997871$

HAVA TARAFI DUYULUR ISI ORANI..... $\text{SHR}=1,99000518225301$

KURU HAVANIN ISIL DIRENCİ..... $\text{RHK}=7,53366526733468\text{E-}03(\text{m}^2\text{KW})$

ISLAK HAVANIN ISIL DIRENCİ..... $\text{RHI}=6,26228305512388\text{E-}03(\text{m}^2\text{KW})$

TOPLAM ISI GECİS KATSAYISI..... $\text{K}=38,9168963092279(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$

HAVANIN ISI TASINIM KATSAYISI..... $\text{FH}=159,68617055433(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$

SUYUN ISI TASINIM KATSAYISI..... $\text{FS}=4260(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$

HAVANIN SERPANTINDEN ÇIKIŞ SICAKLIĞI.... $\text{TH2}=21,3694119100416(^{\circ}\text{C})$

EFEKTİF YÜZEY SICAKLIĞI..... $\text{TEY}=16,3945666791811(^{\circ}\text{C})$

TEY SICAKLIĞINDAKI HAVANIN ENTALPISI.... $\text{HEY}=46,1038078478427(\text{KJ}/\text{kg})$

GİRİSTEKİ HAVANIN ÖZGÜL ISISI..... $\text{CPH}=1007,65785299648(\text{KJ}/\text{kg-K})$

GİRİSTEKİ HAVANIN YÖĞÜNLÜĞÜ..... $\text{ROH}=1,16517091339513(\text{kg}/\text{m}^3)$

GİRİSTEKİ SUYUN ÖZGÜL ISISI..... $\text{CPS}=4191,56659116(\text{KJ}/\text{kg-K})$

GİRİSTEKİ SUYUN YÖĞÜNLÜĞÜ..... $\text{ROS}=1003,4175776(\text{kg}/\text{m}^3)$

HAVA TARAFI ÇALIŞMA KARAKTERİSTİĞİ..... $\text{E}=0,226911755622401$

ÇIKIŞTAKİ HAVANIN ENTALPISI..... $\text{HH2}=48,622867551317(\text{KJ}/\text{kg})$

ÇIKIŞTAKİ HAVANIN ÖZGÜL NEMİ..... $\text{W2}=1,07315161417028\text{E-}02(\text{kg}/\text{kg})$

SERPANTIN KARAKTERİSTİĞİ..... $\text{C}=1,43890154411879$

SERPANTIN TAMAMEN KURU OLARAK ÇALIŞMAKTADIR

SERPANTININ TOPLAM ISIL KAPASİTESİ..... $\text{Qs}=3,27996842964222(\text{kW})$

KURU/ISLAK YÜZEY SINIRINDA HAVA ENTALPISI... $\text{HHS}=42,5955644438572(\text{KJ}/\text{kg})$

SUYUN SERPANTINDEN ÇIKIŞ SICAKLIĞI..... $\text{TSC}=50,2173064442094(^{\circ}\text{C})$

CIKISTAKI YUZEY SICAKLIGI.....TY2=15,6880200626818(°C)
 TY2 SICAKLIGINDAKI HAVANIN ENTALPISI.....HY2=43,9748635999572(KJ/kg)
 LOGARITMIK ENTALPI FARKI.....DHOI=16,6142748373115(KJ/kg)
 LOGARITMIK SICAKLIK FARKI.....DTOI=47,5175528944296(°C)
 GIRISTEKI HAVANIN ENTALPISI.....HH1=50,46125(KJ/kg)
 GIRISTEKI HAVANIN CIG NOKTASI SICAKLIGI.. ..TH1C=13,8898778213734(°C)
 GIRISTEKI HAVANIN CIG NOKTASI ENTALPISI....HH1C=38,9000583213734(KJ/kg)
 RADYATÖR SOĞUTMA ALANI.....AG=0,510414389136333(m²)

BORULAR ICERISINDEKI SUYUN AKISI TURBULANSLI AKISTIR

SERPANTININ KONSTRUKSIYONUNA AIT HESAPLANAN BUYUKLUKLERIN SONUCLARI:

.....

BORU DIS CAPI.....DD(mm)0,012
 BORU IC CAPI.....DI(mm)0,01
 BORU KESIT ALANI.....AB(m²)0,0000785
 BORULAR ARASINDAKI YATAY MESAFE...SL(m²)0,192
 BORULAR ARASINDKI DIKEY MESAFE.....ST(m²)0,192
 SERPANTIN GENISLIGI.....W(m)6,1473003884813E-03
 SERPANTIN YUKSEKLIGI.....H(m)0,714432914370785
 SERPANTIN UZUNLUGU.....L(m)0,714432914370785
 TOPLAM KANATCIK SAYISI.....Z 197
 TOPLAM KANATCIK ALANI.....AKT1,72971442402981
 TOPLAM ALAN.....AT(m²)1,56883528631211
 KANATCIKLAR ARASI UZAKLIK.....BK(m)1,37343698288942E-03
 SERPANTIN HACMI.....V(m³)3,13767057262423E-03

SERPANTINDEKI BASINC DUSMELERININ HESAPLANMASI

.....

ORTALAMA SU SICAKLIGI.....TSUO(°C)9,06520967674629
 SUYUN DINAMIK VISKOZITESI.....μ(Ns/m²)1,34929002220647E-03
 SUYUN KINEMATIK VISKOZITESI.....(m/s²)1,34472894885668E-06

SUYUN YOGUNLUGU.....(kg/m³)1003,39181613787
SU ICIN REYNOLDS SAYISI.....RE 22309,328601505
SU TARAFI TOPLAM BASINC DUSMESI.....Ps(Pa)12877,7891206902
SERBEST AKIS ALANI/GIRIS ALANI.....0,359632526713914
HAVANIN ORTALAMA YOGUNLUGU.....(kg/m³)1,18472745130136
HAVA TARAFI TOPLAM BASINC DUSMESI.....Ph(Pa)60626,9788266542



EK 3

GÖVDE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ PROGRAM ÇIKTISI

Option Explicit

Dim MU(2), RO(2), CP(2), K1(2), PR(2), S1(100), S2(100), G1(100), G2(100) As Single
 Dim RE1(100), RE2(100), h1(100), JH2(100), h2(100), K11(100), KG(100) As Single
 Dim A(100), L(100), deltap1(100), F2(100), deltap2(100), E1(100), E2(100) As Single
 Dim NR(100), dm(100), NLP2(100) As Single
 Dim YYY(275), ZEK(275), yek(275), V(100), FN(100), FL(100) As Single
 Dim KGZ, az, lz, zut, DMG, NLP2Z, sew, bbb, nlp As Single
 Dim TM(100), NB(100) As Single
 Dim X1(500), Y1(500)
 Dim P1, S11, S21, A1, B1, PSI, FA, dbb
 Dim RE2P(100), NU1LAM(100), NU1TURB(100), NU10(100), NUBUN(100),
 NUGOV(100), CD(100)
 Dim ATP(100), HH(100), GAM(100), ASB(100), ASG(100), BP(100), E11(100), ZC(100),
 FB(100)
 Dim MR(100), AE(100), LE(100), dm1(100), RL(100), AB(100), RB(100), FR(100),
 FL1(100)
 Dim RS1, RL1
 Dim deltbi(100), RBB(100), LE1(100), NC(100), NCW(100), deltwi(100)
 Dim M, Mk, d, bx, db As Single
 Dim DK, DDIS, DIC, T1G, T2G, T1C, T2C, RF, M1, B, C, P, PI
 Dim NP1, NP2, KL, FF, E, S, H, F1D, FE, BB, SIRA
 Dim t, i, Q, M2, XA, YA, fm, C1, C2, KK, Z, CC, K, uzak
 Dim BORU, R, F, X, TN, SEL, AB1, AAA
 Dim deltam, deltab2(100), lz, Pr1(100), BI
 Dim de, NUBUM(100), deltpbi(100) ', deltp(100)

Dim tmp1, tmp2

Private Sub Hesapla()

Rem *****GIRIS DEGERLERI

```

db = txtDB.Text 'InputBox("ISI DEGISTIRICI BORU DIS CAPINI GIRINIZ(mm)", "",
"25")
If db = 0 Then db = 25
bx = txtBX 'InputBox("ISI DEGISTIRICI BORULAR ARASINDAKI MESAFEYI
GIRINIZ (mm)", "", "2")
If bx = 0 Then bx = 7
DK = txtDK 'InputBox("ISI DEGISTIRICI BORU KALINLIGINI GIRINIZ (mm)", "",
"2")
If DK = 0 Then DK = 2

DDIS = db / 1000
DIC = (db - 2 * DK) / 1000
T1G = Val(txtT1G.Text)
  
```

```

T1C = Val(txtT1C.Text)
T2G = Val(txtT2G.Text)
T2C = Val(txtT2C.Text)
RF = Val(txtRF.Text)
M1 = Val(txtM1.Text)
B = Val(txtB.Text)
C = bx / 1000
P = (db + bx) / 1000
nlp = 2
PI = 3.141592654
NP1 = 0.8
NP2 = 0.8
KL = 42.3
BB = B

```

Rem *****GIRIS DEGERLERININ CIKIS DOSYASINDA
GOSTERILMESI

myPrint " KANATLI BORULU ISI DEGISTIRICILERI ISIL PERFORMANSI ILE
ILGILI SONUCLAR"

```

myPrint "....."
myPrint ""
myPrint "SICAK AKISKAN GIRIS SICAKLIGI.....t1g " & T1G & "[°C]"
myPrint "SICAK AKISKAN CIKIS SICAKLIGI.....t1c " & T1C & "[°C]"
myPrint "SOGUK AKISKAN GIRIS SICAKLIGI.....t2g " & T2G & "[°C]"
myPrint "SOGUK AKISKAN CIKIS SICAKLIGI.....t2c " & T2C & "[°C]"
myPrint "AKISKAN KIRLILIK FAKTORU.....rf " & RF & "[m²K/W]"
myPrint "BORU ICINDEKI AKISKAN DEBISI.....M1 " & M1 & "[Kg/sn]"
myPrint "PERDELER ARASI MESAFE(ILK TAHMIN).....B " & B & "[m]"

```

10102 Rem *****ISI DEGISTIRICISININ ISIL HEAPLARI

```

t = 0
i = 1
t = (T1G + T1C) / 2 + 273
MU(i) = 0.1 / (2.14819 * ((t - 281.635) + (8087.4 + (t - 281.635) ^ 2) ^ 0.5) - 120)
RO(i) = 1200.92 - 1.0056 * t + 0.0010824 * (t ^ 2)
CP(i) = 0.015539 * ((t - 308.2) ^ 2) + 4180.9
K1(i) = 0.34 + 0.0009278 * t
PR(i) = MU(i) * CP(i) / K1(i)
*****

t = 0
i = 2
t = (T2G + T2C) / 2 + 273
MU(i) = 0.1 / (2.14819 * ((t - 281.635) + (8087.4 + (t - 281.635) ^ 2) ^ 0.5) - 120)
RO(i) = 1200.92 - 1.0056 * t + 0.0010824 * (t ^ 2)
CP(i) = 0.015539 * ((t - 308.2) ^ 2) + 4180.9
K1(i) = 0.34 + 0.0009278 * t
PR(i) = MU(i) * CP(i) / K1(i)

Q = M1 * CP(1) * (T1G - T1C)
M2 = Q / (CP(2) * (T2C - T2G))

```

```

XA = (T2C - T2G) / (T1G - T2G)
YA = (T1G - T1C) / (T2C - T2G)
If (T1G - T2C) = (T1C - T2G) Then
  deltam = T1G - T2C
Else
  deltam = ((T1G - T2C) - (T1C - T2G)) / Log((T1G - T2C) / (T1C - T2G))
End If
If XA = 1 Or YA = 1 Then
  fm = 1
Else
  fm = ((1 + YA) ^ 2) ^ 0.5 / (1 - YA) * (Log((1 - XA * YA) / (1 - XA)) / Log((2 - XA *
(YA + 1 - (1 + YA ^ 2) ^ 0.5)) / (2 - XA * (YA + 1 + (1 + YA ^ 2) ^ 0.5))))
End If
'C1 = FF * (1 + FF) ^ S / ((1 + FF) ^ S - 1)
'C2 = (((1 + E) / (1 + FF)) ^ S - 1) / (1 - (1 + FF) / (1 + E))

```

Rem *****BORU IC CAPINA GORE TOPLAM BORU SAYISININ SIRAYLA
OKUTULMASI

```

'dm(1) = 0.15: NLP2(1) = 14: dm(2) = 0.2: NLP2(2) = 26: dm(3) = 0.25: NLP2(3) = 44:
dm(4) = 0.3: NLP2(4) = 66
'dm(5) = 0.35: NLP2(5) = 76: dm(6) = 0.4: NLP2(6) = 106: dm(7) = 0.5: NLP2(7) = 180:
dm(8) = 0.6: NLP2(8) = 258: dm(9) = 0.7: NLP2(9) = 364
'dm(10) = 0.8: NLP2(10) = 484: dm(11) = 0.9: NLP2(11) = 622: dm(12) = 1#: NLP2(12) =
776: dm(13) = 1.1: NLP2(13) = 934: dm(14) = 1.2: NLP2(14) = 1124

```

```

M = 1250
d = db + bx
KK = 0
For Z = 150 To M Step 50
  KK = KK + 1
  CC = (M - 150) / 50 + 1
  K = Z / 2
  i = 1
  SIRA = 0
  Y1(i) = 0
  X1(i) = 0
  uzak = ((X1(i) + (d / 2)) ^ 2 + (Y1(i) + (d / 2)) ^ 2) ^ (1 / 2)
  If uzak > K Then i = i - 1: GoTo 500
10  i = i + 1
  X1(i) = X1((i - 1)) + d + 2 * DK
  uzak = ((X1(i) + (d / 2)) ^ 2 + (Y1(i) + (d / 2)) ^ 2) ^ (1 / 2)
  If uzak > K Then i = i - 1
  GoTo 50
  GoTo 10
50  SIRA = SIRA + 1
  If SIRA = 1 Then GoTo 300
  If SIRA = 2 Then GoTo 200
  If SIRA = 3 Then GoTo 300
  If SIRA = 4 Then GoTo 200

```

```

If SIRA = 5 Then GoTo 300
If SIRA = 6 Then GoTo 200
If SIRA = 7 Then GoTo 300
If SIRA = 8 Then GoTo 200
If SIRA = 9 Then GoTo 300
If SIRA = 10 Then GoTo 200
If SIRA = 11 Then GoTo 300
If SIRA = 12 Then GoTo 200
If SIRA = 13 Then GoTo 300
If SIRA = 14 Then GoTo 200
If SIRA = 15 Then GoTo 300
If SIRA = 16 Then GoTo 200
If SIRA = 17 Then GoTo 300
If SIRA = 18 Then GoTo 200
If SIRA = 19 Then GoTo 300
If SIRA = 20 Then GoTo 200
If SIRA = 21 Then GoTo 300
If SIRA = 22 Then GoTo 200
If SIRA = 23 Then GoTo 300

```

Rem TEK SIRALARDAKI BORU DİZİLİSİ

```

300  i = i + 1
      X1(i) = d * Cos(PI / 3)
      Y1(i) = d * Sin(PI / 3) * SIRA
      uzak = ((X1(i) + (d / 2)) ^ 2 + (Y1(i) + (d / 2)) ^ 2) ^ (1 / 2)
      If uzak > K Then i = i - 1: GoTo 500
340  i = i + 1
350  X1(i) = X1(i - 1) + d + 2 * DK
      Y1(i) = d * Sin(PI / 3) * SIRA
      uzak = ((X1(i) + (d / 2)) ^ 2 + (Y1(i) + (d / 2)) ^ 2) ^ (1 / 2)
      If uzak >= K Then i = i - 1: GoTo 50
      If (X1(i) + d / 2) > K Then i = i - 1: GoTo 50
      If (Y1(i) + d / 2) > K Then i = i - 1: GoTo 50
      Rem Print"X(I),Y(I),I,SIRA" & X(I),Y(I),I,sira
      GoTo 340

```

Rem CIFT SIRA KARDAKI BORU DİZİLİSLERİ

```

200  i = i + 1
      X1(i) = 0
      Y1(i) = d * Cos(PI / 6) * SIRA
      uzak = ((X1(i) + (d / 2)) ^ 2 + (Y1(i) + (d / 2)) ^ 2) ^ (1 / 2)
      If uzak >= K Then i = i - 1: GoTo 500
      If (X1(i) + d / 2) > K Then i = i - 1: GoTo 500
      If (Y1(i) + d / 2) > K Then i = i - 1: GoTo 500
240  i = i + 1
250  X1(i) = X1(i - 1) + d + 2 * DK
      Y1(i) = d * Cos(PI / 6) * SIRA
      uzak = ((X1(i) + (d / 2)) ^ 2 + (Y1(i) + (d / 2)) ^ 2) ^ (1 / 2)
      If uzak >= K Then i = i - 1: GoTo 50
      If (X1(i) + d / 2) > K Then i = i - 1: GoTo 50

```

```

If (Y1(i) + d / 2) > K Then i = i - 1: GoTo 50
GoTo 240
500  BORU = d - bx
    myPrint ""
    myPrint "Gövde iç çapı " & Z & " olan " & BORU & " çapındaki borulardan " & bx
    myPrint " mesafesi ile gövdenin 1/4 üne " & i & " adet boru sığar."
    Rem TOPLAM BORU SAYISI
    S = i
    R = 0
    For F = 0 To S
        If X1(F) = 0 Or Y1(F) = 0 Then GoTo 1010
        GoTo 1030
1010  R = R + 1
1030  Next F
        t = 4 * (i - R) + 2 * R - 1
        myPrint "Toplam Boru " & t & " adettir."
        myPrint ""
        dm(KK) = Z / 1000
        NLP2(KK) = t
    Next Z

*****
'Stop
*****

For X = 1 To 22
    dm(KK) = dm
    NLP2(KK) = NLP2
    GoSub 69
Next X

TN = TM(1)
For i = 1 To 22
    If TM(i) <= TN Then TN = TM(i): SEL = i
    Rem If SEL > 7 Then LOCATE 23,15
    'myPrint "Boyutlar çok büyük...."
Next i
myPrint " "

Rem *****BORU IC CAPINA GORE TOPLAM BORU SAYISININ SIRAYLA
DENENMESI

740 X = 22: bbb = 0
750 For B = BB To dm(SEL) - 0.001 Step 0.005
760  AB1 = L(SEL) / B - Int(L(SEL) / B)
770  If AB1 < 0.3 Then X = X + 1: dm(X) = dm(SEL): NLP2(X) = NLP2(SEL): bbb = B:
GoSub 69
780 Next B
    AAA = X: C = SEL
790 For i = 15 To AAA
800  If TM(i) <= TM(SEL) Then C = i
810 Next i

```

Rem *****ISIL HESAP SONUCLARININ CIKIS DOSYASINDA
GOSTERILMESI

```

myPrint " "
myPrint " ISIL PERFORMANS VE TASARIM ILE ILGILI SONUCLAR"
myPrint ""
myPrint "BORU TARAFI TOPLAM AKIS KESITI.....S1  " & S1(SEL) & "[m2]"
myPrint "GOVDE TARAFINDAKI EN DAR KESIT ALANI.....S2  " & S2(SEL) &
"[m2]"
myPrint "BORU ICINDEKI KÜTLESEL DEBI.....G1  " & G1(SEL) & "[Kg/s m2]"
myPrint "GÖVDE ICINDEKI KUTLESEL DEBI.....G2  " & G2(SEL) & "[Kg/s m2]"
myPrint "BORU TARAFINDAKI REYNOLDS SAYISI.....Re1  " & RE1(SEL)
myPrint "GOVDE TARAFINDAKI REYNOLDS SAYISI.....Re2  " & RE2(SEL)
myPrint "BORU TARAFI ISI TASINIM KATSAYISI.....h1  " & h1(SEL) &
"[W/m2K]"
myPrint "GOVDE TARAFI ISI TASINIM KATSAYISI.....h2  " & h2(SEL) & "[W/m2
K]"
myPrint "TRANSFER EDILEN ISI.....Q  " & Q & "[W]"
myPrint "ORTALAMA LOGARITMIK SICAKLIK FARKI.....DELTAM" & deltam &
"[°C]"
myPrint "GOVDE TARAFI DUZELTME KATSAYISI.....f  " & fm
myPrint "TOPLAM ISI GECIS SAYISI.....K  " & K11(SEL) & "[W/m2K]"
myPrint "GERCEK TOPLAM ISI GECIS SAYISI.....KG  " & KG(SEL) &
"[W/m2K]"
myPrint "ISI DEGISTIRICISININ TOPLAM ALANI.....A  " & A(SEL) & "[m2]"
myPrint "ISI DEGISTIRICISININ BORU UZUNLUGU.....L  " & L(SEL) & "[m]"
myPrint "ISI DEGISTIRICISI ICINDEKI BORU SAYISI...N  " & NLP2(SEL)
myPrint "BORU ICERISINDEKI BASINC DUSUMU.....DP1  " & deltap1(SEL) &
"[N/m2]"
myPrint "GOVDE ICERISINDEKI BASINC DUSUMU.....DP2  " & deltab2(SEL) &
"[N/m2]"
myPrint "BORU ICERISINDEKI KAYIP BASINC ENERJISI..E1  " & E1(SEL) & "[W]"
myPrint "BORU ICERISINDEKI KAYIP BASINC ENERJISI..E2  " & E2(SEL) & "[W]"
myPrint "GOVDE TARAFINDAKI AKISKAN HIZI.....V  " & V(SEL) & "[m/sn]"
myPrint " "

```

Rem ***** HESAPLARDA GOSTERILEN SABIT DEGERLERIN CIKIS
DOSYASINDA GOSTERILMESI

```

myPrint "HESAPLAMADA KULLANILAN SABIT BUYUKLUKLER"
myPrint "BORULARIN DIZILISI, UCGEN DIZILISTIR"
myPrint "BORU IC VE DIS CAPLARI Dic=" & DIC & "m, Ddis=" & DDIS & " m"
myPrint "BORU ARASI BOSLUK C=" & bx / 1000 & "m (C=P-Ddis)"
myPrint "BORU EKSENLER ARASI UZAKLIK(HATVE), P=" & P & " m"
myPrint "BORU GECIS SAYISI nlp=2 OLARAK SECILMISTIR"
myPrint " "
myPrint "HESAPLAMALAR SONUNDA D=" & dm(SEL) & "[m] ICIN PERDELER
ARASI"
myPrint "EN EKONOMIK UZAKLIK P=" & bbb & "[m] OLARAK BULUNMUSTUR."

```

```

KGZ = KG(C)
az = A(C)
Iz = L(C) * 1000
zut = L
DMG = dm(C) * 1000
NLP2Z = NLP2(C)
sew = bbb
Exit Sub

```

69

Rem *****ISIL HESAPLAR

```

S1(X) = (NLP2(X) * PI * DIC ^ 2) / (4 * nlp)
S2(X) = (B * C * dm(X)) / P
G1(X) = M1 / S1(X)
G2(X) = M2 / S2(X)
RE1(X) = G1(X) * DIC / MU(1)
If RE1(X) > 2300 Then
    FN(X) = 1 / ((1.58 * Log(RE1(X)) - 3.28) ^ 2)
    h1(X) = ((K1(1) / DIC) * (FN(X) / 2) * (RE1(X) - 1000) * PR(1)) / (1 + (12.7 * ((FN(X) / 2) ^ 0.5) * (PR(1) ^ (2 / 3) - 1)))
Else
    h1(X) = (K1(1) / DIC) * (3.66 + ((0.0668 * (DIC / 3) * RE1(X) * PR(1)) / (1 + 0.04 * ((DIC / 3) * RE1(X) * PR(1)) ^ (2 / 3))))
End If
P1 = P * 1000
S11 = P1
S21 = P1 * 1.732 / 2
A1 = S11 / db
B1 = S21 / db
If B1 >= 1 Then
    PSI = 1 - (PI / (4 * A1))
Else
    PSI = 1 - (PI / (4 * A1 * B1))
End If
FA = 1 + (2 / (3 * B1))
de = 4 * (((P ^ 2 * 0.433) - ((PI * DDIS ^ 2) / 8))) / (PI * DDIS / 2)
V(X) = M2 / (RO(2) * S2(X))
RE2(X) = V(X) * de * RO(2) / MU(2)
RE2P(X) = RE2(X) / PSI
NU1LAM(X) = 0.664 * ((RE2P(X)) * (PR(2) ^ (1 / 3))) ^ (1 / 2)
NU1TURB(X) = (0.037 * RE2P(X) ^ 0.8 * PR(2)) / (1 + (2.443 * (PR(2) ^ (2 / 3)) / RE2P(X) ^ 0.1))
NU10(X) = 0.3 + (NU1LAM(X) ^ 2 + NU1TURB(X) ^ 2) ^ (1 / 2)
NUBUN(X) = FA * NU10(X)
dbb = db + 1
ATP(X) = 0.81 * dm(X) * PI * (dbb ^ 2 - db ^ 2) / 4
HH(X) = 0.25 * dm(X)
dml(X) = 0.99 * dm(X)
ZC(X) = 1 - (2 * HH(X) / dml(X))
GAM(X) = 2 * (Atn(-ZC(X) / Sqr(-ZC(X) * ZC(X) + 1)) + 2 * Atn(1))

```

```

ASB(X) = PI * (dm(X) ^ 2 - dm1(X) ^ 2) * ((360 - GAM(X)) / 360) / 4
ASG(X) = ATP(X) + ASB(X)
BP(X) = dm(X) * 0.6
CD(X) = 0.9 * dm(X)
E11(X) = (dm(X) - CD(X)) / 2
MR(X) = CInt(CD(X) / (db + bx)) + 1
LE(X) = 2 * E1(X) + MR(X) * bx
AE(X) = LE(X) * BP(X)
RL(X) = ASG(X) / AE(X)
FL1(X) = 0.4 * ATP(X) / ASG(X) + (1 - 0.4 * ATP(X) / ASG(X)) * Exp(-1.5 * RL(X))
AB(X) = BP(X) * (dm(X) - CD(X) - bx)
RB(X) = AB(X) / AE(X)
FB(X) = Exp(-1.35 * RB(X))
FR(X) = FL1(X) * FB(X)
NUGOV(X) = FR(X) * NUBUN(X)
Rem H2(X)=
h2(X) = NUGOV(X) * K1(2) / de
K11(X) = 1 / (1 / h2(X) + DDIS / (h1(X) * DIC) + ((DDIS / 2) * Log(DDIS / DIC) / KL))
KG(X) = 1 / (1 / K11(X) + RF)
A(X) = Q / (KG(X) * fm * deltam)
L(X) = A(X) / (NLP2(X) * PI * DIC)
If RE1(X) <= 2300 Then
  FL(X) = 64 / RE1(X)
ElseIf RE1(X) < 30000 Then
  FL(X) = 0.3164 / (RE1(X) ^ 0.25)
Else
  FL(X) = 0.184 / (RE1(X) ^ 0.2)
End If
deltap1(X) = (FL(X) * G1(X) ^ 2 * L(X) * nlp) / (DIC * RO(1) * 2)
NB(X) = L(X) / B
F2(X) = Exp(0.576 - 0.19 * Log(RE2(X)))
NR(X) = dm(X) / P
Rem
deltbi(X) = F2(X) * G2(X) ^ 2 / (2 * RO(2))
RS1 = 1.4
LE1(X) = 0.6 * dm(X)
RL1 = 0.45
RBB(X) = Exp(-3.7 * RB(X) * (1 - (2 * RS1) ^ (1 / 3)))
NC(X) = db * (1 - (2 * LE(X)) / db)
NCW(X) = 0.8 * LE(X)
deltwi(X) = M2 ^ 2 * (2 + 0.6 * NCW(X) / (2 * RO(2) * PI * (de ^ 2 / 4) * PI * (dm(X) ^ 2)
/ 4))
deltap2(X) = (((NB(X) - 1) * deltb1(X) * RBB(X) + NB(X) * deltwi(X)) * RL1) + (2 *
deltbi(X) * RBB(X) * RS1 * (1 + NCW(X) / NC(X)))
E1(X) = deltap1(X) * M1 / (RO(1) * NP1)
E2(X) = deltap2(X) * M2 / (RO(2) * NP2)
Return 'end of line 69, return to calling line

```

End Sub

```
Private Sub cmdHesapla_Click()  
    Call Hesapla  
End Sub
```

```
Private Sub cmdkapat_Click()  
    End  
End Sub
```

```
Private Sub myPrint(strInput As String)  
    txtSonuclar.Text = txtSonuclar.Text & strInput & vbCrLf  
End Sub
```

```
Private Sub lblB_Click()  
With txtB  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblBX_Click()  
With txtBX  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
  
End Sub
```

```
Private Sub lblDB_Click()  
With txtDB  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblDK_Click()  
With txtDK  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblM1_Click()  
With txtM1  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0
```

```
.SelLength = Len(.Text)
End With
End Sub
```

```
Private Sub lbIRF_Click()
With txtRF
    .SetFocus
    .SelStart = 0
    .SelLength = Len(.Text)
End With
End Sub
```

```
Private Sub lbT1C_Click()
With txtT1C
    .SetFocus
    .SelStart = 0
    .SelLength = Len(.Text)
End With
End Sub
```

```
Private Sub lbT1G_Click()
With txtT1G
    .SetFocus
    .SelStart = 0
    .SelLength = Len(.Text)
End With
End Sub
```

```
Private Sub lbT2C_Click()
With txtT2C
    .SetFocus
    .SelStart = 0
    .SelLength = Len(.Text)
End With
End Sub
```

```
Private Sub lbT2G_Click()
With txtT2G
    .SetFocus
    .SelStart = 0
    .SelLength = Len(.Text)
End With
End Sub
```

EK 4

KANATLI BOTULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BOYUTLANDIRMA PROGRAM LİSTESİ

Option Explicit

Dim aax As Integer, bbx As Integer, CRLF As String
 Dim L, Z, TL, TK, BL, SL, OLCEK, H, WW, A, DI, DK, YF, DD As String
 Dim RV As Double, P As Double, TH1 As Double, W1 As Double, MH As Double, VH As Double
 Dim TS1 As Double, MSU As Double, VSU As Double, ANET As Double, TH2 As Double
 Dim RHK As Double, RHI As Double, B As Double, N As Double, FS As Double
 Dim RMK As Double, RMI As Double, FFS As Double, TH As Double, K As Double
 Dim W As Double, THC As Double, TH1C As Double, HH1C As Double, HH1 As Double
 Dim TS As Double, FH As Double, CPH As Double, C As Double, BF As Double
 Dim DT As Double, TEY As Double, HEY As Double, SHR As Double, RB As Double
 Dim R As Double, CPS As Double, M As Double, CO As Double, E As Double
 Dim TH2H As Double, HH2 As Double
 Dim W2 As Double, QT As Double, Ag As Double, RS As Double, CE As Double
 Dim Y As Double, ROH As Double, ROS As Double
 Dim HYS As Double, TS2 As Double, HHS As Double, THS As Double, TSS As Double
 Dim QK As Double, DTOK As Double, RK As Double, QI As Double, Z1 As Double, Z2 As Double
 Dim Z3 As Double, Z4 As Double, DEL As Double, DELTA As Double
 Dim K1 As Double, K2 As Double, HY2 As Double, TY2 As Double, DHOI As Double
 Dim DTOI As Double, TC As Double
 Dim AI As Double, AK As Double, AF As Double, AT As Double, AB As Double
 Dim SEC As Double, AKT As Double
 Dim BK As Double, ABYC As Double, ABY As Double, B2 As Double
 Dim OI As Double, OD As Double, B3 As Double, VKANAT As Double, VBORU As Double
 Dim OR1 As Double, OR2 As Double, ST As Double, HACIM As Double
 Dim NBORU As Double, MBORU As Double, KOM As Double, HL As Double
 Dim NROW As Double, ROKANAT As Double, ROBORU As Double
 Dim MKANAT As Double, TSUO As Double, ROSUO As Double, NSUO As Double
 Dim CPSO As Double, MSUO As Double, RESU As Double
 Dim NS As Double, MS As Double, DPSU1 As Double, DPSU As Double
 Dim ROH1 As Double, ROH2 As Double, RHAVA As Double, TGH As Double
 Dim TCH As Double, ROHO As Double, DEBIH As Double
 Dim AFR As Double, GFR As Double, PAY As Double, SIGMA As Double
 Dim GC As Double, BOLUM As Double, PR As Double, MU As Double
 Dim PISI As Double, L1 As Double, FRI As Double, DPHAVA As Double
 Dim KS As Double, PRS As Double, PSF As Double, PSD As Double
 Dim PSDT As Double, PS As Double
 Dim TM As Double, TN As Double, THY As Double, WSD As Double
 Dim HSD As Double, HHD As Double, HH As Double, PSDY As Double
 Dim FI As Double, TF As Double, VS As Double, V As Double
 Dim ALFA As Double, NU As Double, DV As Double, THYI As Double

Dim PSFY As Double, AL As Double, EL As Double

Private Sub cmdHesapla_Click()
On Error GoTo HataOldu

'Open App.Path & "serpantin.dat" For Output As 3

Rem SERPANTİN HESABI ICIN GEREKLI VERILERIN GIRILMESI

P = Val(txtP.Text)
TH1 = Val(txtTH1.Text)
W1 = Val(txtW1.Text)
MH = Val(txtMH.Text)
VH = Val(txtVH.Text)
TS1 = Val(txtTS1.Text)
MSU = Val(txtMSU.Text)
VSU = Val(txtVSU.Text)
ANET = Val(txtANET.Text)
TH2 = Val(txtTH2.Text)

Rem "HAVANIN KURU (RHK)VE ISLAK (RHI) DURUMU ICIN ISIL DIRENCINI
HESAPLAYAN NUMERIK FORMULLER

$RHK = 0.0281 * (VH ^ (-0.5717))$
 $RHI = 0.0275 * (VH ^ (-0.6426))$
B = 25.9
N = 0.75
FS = 4260
RMK = 0.0042
RMI = 0.003
FFS = 32.4

Rem GIRISTEKI HAVANIN OZELLİKLERİNİN HAVA OZELLİKLERİ ALT
PROGRAMINDAN BULUNMASI

TH = TH1
K = 1
W = W1

GoSub 3450

TH1 = TH
W1 = W
TH1C = THC
 $HH1C = TH1C + W1 * (2501 + 1.805 * W1)$
 $HH1 = TH1 + W1 * (2501 + 1.805 * TH1)$

Rem GIRIS SICAKLIGINA GORE SUYUN OZELLİKLERİNİN ALT PROGRAMDAN
BULUNMASI

TS = TS1 + 273

GoSub 3290

TS1 = TS - 273

FH = 1 / (RHI)

C = FH * ANET / (MH * CPH)

BF = Exp(-C)

Rem TH2ITERASYONA BASLANGIC DEGERI DT ISE ITERASYON ARTTIRIM
DEGERIDIR

TH2 = (TS1 + TH1C) / 2

Rem "HAVANIN SERPANTINDEN CIKIS SICAKLIGINI BULMAK ICIN
KULLANILAN ITERASYON PROGRAMI

DT = 1

680:

TEY = (TH2 - Exp(-C) * TH1) / (1 - Exp(-C))

HEY = 10.31 + 1.316 * TEY + 0.0529 * (TEY ^ 2)

SHR = 0.001 * CPH * (TH1 - TEY) / (HH1 - HEY)

RB = RMI

K = 1 / ((SHR / (N * FH)) + RB + B / FS)

R = 1 / K

M = MH * CPH / (SHR * MSU * CPS)

CO = SHR * ANET / (MH * CPH * R)

E = (1 - Exp(-CO * (1 - M))) / (1 - M * Exp(-CO * (1 - M)))

TH2H = TH1 - E * (TH1 - TS1)

If Abs(TH2 - TH2H) < 0.1 Then TH2 = TH2H: GoTo 860

If TH2H > TH2 Then TH2 = TH2 + DT

If TH2H < TH2 Then TH2 = TH2 - DT

If Abs(TH2 - TH2H) > 2 Then GoTo 680

DT = DT / 2

If DT < 0.1 Then DT = 0.1

GoTo 680

860:

HH2 = HH1 - (0.001 * CPH * (TH1 - TH2) / SHR)

W2 = (HH2 - TH2) / (2501 + 1.805 * TH2)

QT = MH * (HH1 - HH2)

Ag = MH / (ROH * VH)

RS = B / FS

CE = (RMI + RS) / (0.001 * CPH * RHI)

Y = MH / (MSU * CPS * 0.001)

myPrint ""

myPrint "SERPANTININ ISIL PERFORMANSI ILE ILGILI SONUCLAR"

myPrint "BY-PASS FAKTORU.....BF=" & BF

myPrint "HAVA TARAFI DUYULUR ISI ORANI.....SHR=" & SHR

myPrint "KURU HAVANIN ISIL DIRENCI.....RHK=" & RHK & "(m²KW)"

myPrint "ISLAK HAVANIN ISIL DIRENCI.....RHI=" & RHI & "(m²KW)"

myPrint "TOPLAM ISIL DIRENC.....R=" & R & "(m²KW)"

```

myPrint "TOPLAM ISI GECIS KATSAYISI.....K=" & K & "(W/m²K)"
myPrint "HAVANIN ISI TASINIM KATSAYISI.....FH=" & FH & "(W/m²K)"
myPrint "SUYUN ISI TASINIM KATSAYISI.....FS=" & FS & "(W/m²K)"
myPrint "HAVANIN SERPANTINDEN CIKIS SICAKLIGI...TH2=" & TH2 & "(°C)"
myPrint "EFEKTIF YUZEY SICAKLIGI.....TEY=" & TEY & "(°C)"
myPrint "TEY SICAKLIGINDAKI HAVANIN ENTALPISI...HEY=" & HEY &
"(KJ/kg)"
myPrint "GIRISTEKI HAVANIN OZGUL ISISI.....CPH=" & CPH & "(KJ/kg-K)"
myPrint "GIRISTEKI HAVANIN YOGUNLUGU.....ROH=" & ROH & "(kg/m³)"
myPrint "GIRISTEKI SUYUN OZGUL ISISI.....CPS=" & CPS & "(KJ/kg-K)"
myPrint "GIRISTEKI SUYUN YOGUNLUGU.....ROS=" & ROS & "(kg/m³)"
myPrint "HAVA TARAFI CALISMA KARAKTERISTIGI.....E=" & E
myPrint "CIKISTAKI HAVANIN ENTALPISI.....HH2=" & HH2 & "(KJ/kg)"
myPrint "CIKISTAKI HAVANIN OZGUL NEMI.....W2=" & W2 & "(kg/kg)"
myPrint "SERPANTIN KARAKTERISITIGI.....C=" & CE
myPrint ""
1140:
Rem
1160:
HYS = HH1C
TS2 = TS1 + (QT / (MSU * CPS * 0.001))
HHS = (TH1C - TS2 + Y * HH1 + CE * HH1C) / (CE + Y)
THS = TH1 - ((HH1 - HHS) * 1000 / CPH)
TSS = TS2 - (0.001 * Y * CPH * (TH1 - THS))
If HHS >= HH1 Then myPrint "SERPANTIN TAMAMEN ISLAK OLARAK
CALISMAKTADIR"
If HH1 > HHS And HH2 < HHS Then myPrint "SERPANTIN ISLAK/KURU OLARAK
CALISMAKTADIR"
If HHS <= HH2 Then myPrint "SERPANTIN TAMAMEN KURU OLARAK
CALISMAKTADIR"
QK = MH * CPH * (TH1 - THS) * 0.001
DTOK = ((TH1 - TS2) - (THS - TSS)) / Log((TH1 - TS2) / (THS - TSS))
RK = RHK + RMK + RS
AK = QK * RK * 1000 / DTOK
QI = QT - QK
Z1 = CE * (HH2 - 10.31)
Z2 = TS1 + Z1
Z3 = 1 + (CE * 1.316)
Z4 = 0.0529 * CE
DEL = (Z3 ^ 2) - (4 * Z4 * (-Z2))
DELTA = Sqr(DEL)
K1 = (-Z3 + DELTA) / (2 * Z4)
K2 = (-Z3 - DELTA) / (2 * Z4)
If K1 > 0 Then TY2 = K1
If K2 > 0 Then TY2 = K2
HY2 = 10.31 + 1.316 * TY2 + 0.0529 * (TY2 ^ 2)
DHOI = ((HHS - HYS) - (HH2 - HY2)) / Log((HHS - HYS) / (HH2 - HY2))
AI = QI * RHI * CPH / DHOI
AT = AI + AK
AF = A - AT
myPrint ""
myPrint "SERPANTININ TOPLAM ISIL KAPASITESI.....QT=" & QT & "(W)"

```

```

myPrint "KURU/ISLAK YUZEY SINIRINDA HAVA ENTALPISI..HHS=" & HHS &
"(KJ/kg)"
myPrint "KURU YUZEYDEN GECEN ISI.....QK=" & QK & "(W)"
myPrint "TOPLAM KURU YUZEY ALANI.....AK=" & AK & "(m²)"
myPrint "ISLAK YUZEYDEN GECEN ISI.....QI=" & QI & "(W)"
myPrint "TOPLAM ISLAK YUZEY ALANI.....AI=" & AI & "(m²)"
myPrint "TOPLAM ALAN.....AT=" & AT & "(m²)"
myPrint "SUYUN SERPANTINDEN CIKIS SICAKLIGI.....TS2=" & TS2 & "(°C)"
myPrint "CIKISTAKI YUZEY SICAKLIGI.....TY2=" & TY2 & "(°C)"
myPrint "TY2 SICAKLIGINDAKI HAVANIN ENTALPISI.....HY2=" & HY2 &
"(KJ/kg)"
myPrint "LOGARITMIK ENTALPI FARKI.....DHOI=" & DHOI & "(KJ/kg)"
myPrint "LOGARITMIK SICAKLIK FARKI.....DROI=" & DROI & "(°C)"
myPrint "GIRISTEKI HAVANIN ENTALPISI.....HH1=" & HH1 & "(KJ/kg)"
myPrint "GIRISTEKI HAVANIN CIG NOKTASI SICAKLIGI.. ..TH1C=" & TH1C &
"(°C)"
myPrint "GIRISTEKI HAVANIN CIG NOKTASI ENTALPISI....HH1C=" & HH1C &
"(KJ/kg)"
myPrint "SERPANTIN GIRIS ALANI.....AG=" & Ag & "(m²)"
txtP.Visible = True

```

Rem SERPANTININ BOYUTLARININ HESAPLANMASI

```

DI = Sqr(MSU * 4 / (ROS * 3.14 * VSU))
DI = 1000 * DI
Text16.Text = DI
text17.Visible = True
text18.Visible = True
1630:
DD = Val(cboBoruDisCap.Text) 'InputBox("BORU DIS CAPINI GIRINIZ(mm):", "",
"12")
If DD <= 0 Then
    MsgBox "LÜTFEN BİR BORU DIŞÇAPI SEÇİNİZ"
    Exit Sub
End If
If DD = 10 Then TC = 0.8
If DD = 12 Then TC = 1
If DD = 14 Then TC = 1
If DD = 15 Then TC = 1
If DD = 16 Then TC = 1
If DD = 18 Then TC = 1
If DD = 19 Then TC = 1
If DD = 20 Then TC = 1
If DD = 23 Then TC = 1
If DD = 25 Then TC = 1
If DD = 28 Then TC = 1
If DD = 32 Then TC = 1
If DD = 40 Then TC = 1
If DD > 40 Then
    text19.Visible = True
    text11.Visible = False
    GoTo 1630

```

```

Else
    GoTo 1790
End If
1790:
text19.Visible = False
1820:
DI = DD - 2 * TC
DD = 0.001 * DD
TC = 0.001 * TC
DI = 0.001 * DI
AB = 3.14 * (DI ^ 2) / 4
text11.Visible = False
text17.Visible = False
text18.Visible = False
text12.Visible = True
33: SEC = cboSerpantinBoruDizilis.ListIndex + 1 'InputBox("TERCIHİNİZİ BELİRTİNİZ:",
"", "1")
If SEC = 0 Then
    MsgBox "LÜTFEN SERPANTİN BORU DİZİLİŞ TİPİNİ SEÇİNİZ."
    Exit Sub
End If
If SEC <> 1 And SEC <> 2 Then
    TEXT20.Visible = True
    text12.Visible = False
    GoTo 33
End If
text12.Visible = False
If SEC = 1 Then
    TEXT13.Visible = True
    GoTo 1900
End If
1900:
If SEC = 2 Then TEXT14.Visible = True
TEXT20.Visible = False
OR1 = Me.cboSLDD.Text 'InputBox("SL/DD ORANINI GIRINIZ:", "", "1.6")
TEXT13.Visible = False
TEXT14.Visible = False
TEXT15.Visible = True
OR2 = Me.cboSTDD.Text 'InputBox("ST/DD ORANINI GIRINIZ:", "", "1.6")
TEXT15.Visible = False
SL = OR1 * DD
ST = OR2 * DD
H = Sqr(Ag)
NBORU = ((H / SL) - 1)
NBORU = CInt(NBORU)
L = Ag / H
KOM = 500
HACIM = AT / KOM
WW = HACIM / (H * L)
NROW = WW / SL
NROW = CInt(NROW)
If NROW <= 0 Then NROW = 1

```

```

TK = Me.txtLevhaKanatKalinlik.Text 'InputBox("LEVHA (KANAT) KALINLIGINI
GIRINIZ TK(mm):", "", "0.5")
TK = 0.001 * TK
Z = (AT - (3.14 * DD * L * NBORU * NROW)) / ((2 * H * WW) - (3.14 * (DD ^ 2) *
NBORU * NROW * 2) / 4 - (3.14 * DD * NBORU * NROW * TK))
Z = CInt(Z)
If Z <= 0 Then Z = 1
BK = (L - Z * TK) / Z
AKT = 2 * H * WW * Z - (3.14 * (DD ^ 2) * NBORU * NROW * TK * 2 * Z) / 4
ABYC = 3.14 * DD * NBORU * NROW * L - 3.14 * DD * NBORU * NROW * TK * Z
ABY = 3.14 * DD * NBORU * NROW * L
B2 = AT / ABY
OI = (3.14 * DI) / (ST * SL)
OD = AT / (ST * SL * NBORU * NROW * L)
B3 = KOM * OD
VKANAT = WW * TK * H * Z
VBORU = ((DD ^ 2) - (DI ^ 2)) * L * NBORU * 2 * 3.14 / 4
MKANAT = VKANAT * ROKANAT
MBORU = VBORU * ROBORU

```

Rem SU TARAFINDAKİ BASINÇ KAYBININ HESAPLANMASI

```

TSUO = (TS1 + TS2) / 2
TS = TSUO + 273

GoSub 3290

TSUO = TS - 273
ROSUO = ROS
CPSO = CPS
NSUO = NS
MSUO = MS
RESU = (VSU * DI) / NSUO
L1 = L + 0.02
If RESU < 3000 Then
    myPrint "BORULAR ICERISINDEKI SUYUN AKISI LAMINER AKISTIR"
Else
    myPrint "BORULAR ICERISINDEKI SUYUN AKISI TURBULANSLI AKISTIR"
End If
DPSU1 = 32 * MSUO * VSU * L1 / (DI ^ 2)
DPSU = DPSU1 * NROW
If RESU > 3000 And RESU < 100000! Then PISI = 0.3164 / (RESU ^ 0.25)
If RESU > 100000! And RESU < 200000! Then PISI = 0.0054 + (0.3164 / (RESU ^ 0.3))
If RESU > 200000! Then myPrint "SUYUN REYNOLDS SAYISI COK BUYUKTUR"
DPSU1 = PISI * L1 * ROSUO * (VSU ^ 2#) / (2# * DI)
DPSU = DPSU1 * NROW * NBORU / 2#

```

Rem HAVA TARAFI BASIBC KAYBININ HESAPLANMASI

```

ROH1 = ROH
TH2 = TH
W = W2

```

K = 1

GoSub 3450

TH2 = TH

W2 = W

ROH2 = ROH

RHAVA = 287

TGH = TH1 + 273

TCH = TH2 + 273

ROHO = P * ((1# / TGH) + (1# / TCH)) / (2# * RHAVA)

DEBIH = MH / ROH1

AFR = DEBIH / VH

GFR = MH * 3600# / AFR

PAY = Ag - (L * DD * NBORU + Z * H * TK - NBORU * TK * DD * Z)

SIGMA = PAY / Ag

GC = GFR / SIGMA

BOLUM = AT / (SIGMA * AFR)

Rem HAVA TARAFI SURTUNME KATSAYISI FRI=.02 OLARAK ALINMISTIR

FRI = 0.02

DPHAVA = (GC ^ 2) * ((1# + (SIGMA ^ 2)) * ((ROH1 / ROH2) - 1#) + FRI * BOLUM * (ROH1 / ROHO)) / ((3600 ^ 2) * 2 * ROH1)

myPrint ""

myPrint "SERPANTININ KONSTRUKSIYONUNA AIT HESAPLANAN
BUYUKLUKLERIN SONUCLARI:"

myPrint "BORU DIS CAPI.....DD(mm)" & DD

myPrint "BORU IC CAPI.....DI(mm)" & DI

myPrint "BORU KESIT ALANI.....AB(m²)" & AB

myPrint "BORULAR ARASINDAKI YATAY MESAFE...SL(m²)" & SL

myPrint "BORULAR ARASINDKI DIKEY MESAFE.....ST(m²)" & ST

myPrint "TOPLAM BORU SAYISI.....NBORU" & NBORU

myPrint "DERINLIGINE GECIS SAYISI.....NROW" & NROW

myPrint "SERPANTIN GENISLIGI.....W(m)" & WW

myPrint "SERPANTIN YUKSEKLIGI.....H(m)" & H

myPrint "SERPANTIN UZUNLUGU.....L(m)" & L

2770:

myPrint "TOPLAM KANATCIK SAYISI.....Z " & Z

myPrint "TOPLAM KANATCIK ALANI.....AKT" & AKT

myPrint "TOPLAM BORU YUZEY ALANI.....ABY(m²)" & ABY

myPrint "TOPLAM ALAN.....AT(m²)" & AT

myPrint "KANATCIKLAR ARASI UZAKLIK.....BK(m)" & BK

myPrint "SERPANTIN HACMI.....V(m³)" & HACIM

myPrint ""

myPrint "SERPANTINDEKI BASINC DUSMELERININ HESAPLANMASI"

myPrint "ORTALAMA SU SICAKLIGI.....TSUO(°C)" & TSUO

myPrint "SUYUN DINAMIK VISKOZITESI.....μ(Ns/m²)" & MSUO

myPrint "SUYUN KINEMATIK VISKOZITESI.....(m/s²)" & NSUO

myPrint "SUYUN YOGUNLUGU.....(kg/m³)" & ROSUO

myPrint "SU ICIN REYNOLDS SAYISI.....RE" & RESU

myPrint "SU TARAFI TOPLAM BASINC DUSMESI.....Ps(Pa)" & DPSU

myPrint "SERBEST AKIS ALANI/GIRIS ALANI....." & SIGMA
 myPrint "HAVANIN ORTALAMA YOGUNLUGU.....(kg/m³)" & ROHO
 myPrint "HAVA TARAFI TOPLAM BASINC DUSMESI.....Ph(Pa)" &
 DPHAVA

Exit Sub

3290:

Rem SUYUN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN HESAPLANMASI

If TS < 288.65 And TS > 321.95 Then

MsgBox "SICAKLIK DEĞERİ SUYUN ÖZELLİKLERİNİN HESAPLANMASI İÇİN
 UYGUN DEĞİL"

Exit Sub

'Stop

End If

MS = 0.1 / (2.14819 * ((TS - 281.635) + (8087.4 + (TS - 281.635) ^ 2) ^ 0.5) - 120)

ROS = 1200.92 - 1.0056 * TS + 0.0010824 * (TS ^ 2)

CPS = 0.015539 * ((TS - 308.2) ^ 2) + 4180.9

KS = 0.34 + 0.0009278 * TS

NS = MS / ROS

PRS = MS * CPS / KS

Return

3450:

Rem

On K GoTo 3640, 3700, 3780, 3820

W = InputBox("HAVANIN ÖZGÜL NEMİNİ GİRİNİZ W(kg/kg)=")

GoTo 3640

Rem SU BUHARININ DOYMA BASINCINI HESAPLAYAN ALT PROGRAMDIR

3580:

If TH > -100 And TH < 0 Then

GoTo 3590

Else

GoTo 3600

End If

3590:

TH1 = TH + 273.15

PSF = -5674.5359 / (TH1) + 6.392547 - 0.009677843 * (TH1) +
 0.00000062215701 * ((TH1) ^ 2) + 2.0747825E-09 * ((TH1) ^ 3) +
 9.484024E-13 * (TH1) ^ 4 + 4.1635019 * Log(TH1)

GoTo 3630

3600:

If TH > 0 And TH < 200 Then

GoTo 3620

End If

If TH < -100 And TH > 200 Then

MsgBox "SICAKLIK ARALIGI PSD ICIN UYGUN DEGİLDİR"

Exit Sub

End If

3620:

$$\text{PSF} = -5800.2206 / (\text{TH} + 273.15) + 1.3914993 - 0.04860239 * \frac{(\text{TH} + 273.15) + 0.000041764768 * ((\text{TH} + 273.15)^2) - 0.000000014452093 * ((\text{TH} + 273.15)^3) + 6.5459673 * \text{Log}(\text{TH} + 273.15)}{}$$

3630:

PSD = Exp(PSF)
Return

3640:

If K = 1 Then GoSub 3580
PSDT = PSD
PS = P * W / (0.62198 + W)
GoSub 4070
GoSub 4130
GoTo 3850

3700:

If K = 2 Then GoSub 3580
PSDT = PSD
TM = TH
TN = THY
TH = THY
GoSub 3580
TH = TM
THY = TN
WSD = 0.622 * PSD / (P - PSD)
W = ((2501 - 2.381 * THY) * WSD - (TH - THY)) / (2501 + 1.805 * TH - 4.18 * THY)
PS = P * W / (0.62198 + W)
GoSub 4070
HSD = 4.186 * THY: HHD = 10.31 + 1.316 * THY + 0.0529 * (THY ^ 2)
HH = TH + W * (2501 + 1.805 * TH)
PSDY = PSD
THYI = THY
GoTo 3850

3780:

If K = 3 Then GoSub 3580
PSDT = PSD
PS = FI * PSDT
W = 0.622 * PS / (P - PS)
GoSub 4070
GoSub 4130
GoTo 3850

3820:

If K = 4 Then GoSub 3580
PS = PSD
W = 0.62198 * PS / (P - PS)
THC = TK
TH = TF
GoSub 4130

3850:

```

VS = TH * 461.52 / PS
V = 287.055 * TH * (1 + 1.6078 * W) / P
MS = W / WSD
FI = PS / PSDT

```

Rem HAVANIN ISIL ÖZELLİKLERİNİ HAZIRLAYAN ALT PROGRAM

```

If TH < -50 Or TH > 200 Then
  MsgBox "UYGUN SICAKLIK DEGERI GIRINIZ"
  Exit Sub
End If
If P <> 101325! Then
  MsgBox "BASINC 101325 Pa OLMALIDIR"
  Exit Sub
End If
K = 0.02422 + 0.0000719 * TH
PR = 0.7137 - 0.0001256 * TH
MU = 0.00001724 + 0.00000004426 * TH
ROH = P / (287.055 * (TH + 273.15) * (1 + 1.6078 * W))
CPH = PR * K / MU
ALFA = K / (ROH * CPH)
NU = MU / ROH
If (TH + 273.15) < 1366 Then
  DV = 9.25 * 10 ^ -4 * (TH + 273.15) ^ 2.5 / ((TH + 518) * P)
End If

Return

```

4070:

Rem HAVANIN CIG NOKTASI SICAKLIGINI HESAPLAYAN ALT PROGRAM

```

A = Log(PS)
If TH > -60 And TH < 0 Then
  THC = -60.45 + 7.032 * A + 0.37 * A ^ 2
End If
If TH > 0 Or TH < 70 Then
  THC = -35.957 - 1.872 * A + 1.16893 * (A ^ 2)
End If
If TH < 60 And TH > 70 Then
  MsgBox "SICAKLIK ARALIGI THC HESABI ICIN UYGUN DEGIL"
  Exit Sub
End If

Return

```

4130:

Rem YAS TERMOMETRE SICAKLIGI ICIN ITERASYON ALT PROGRAMI

```

THYI = THC + 0.5 * (TH - THC)

```

4160:

```

If THYI > -100 And THYI < 0 Then
  GoTo 4170
Else
  GoTo 4180
End If

```

4170:

```

PSFY = -5674.5359 / (THYI + 273.15) + 6.3925247 - 0.009677843 *
  (THYI + 273.15) + 0.00000062215701 * ((THYI + 273.15) ^ 2) +
  2.0747825E-09 * ((THYI + 273.15) ^ 3) + 9.48402E-13 *
  (THYI + 273.15) ^ 4 + 4.1635019 * Log(THYI + 273.15)
GoTo 4210

```

4180:

```

If THYI > 0 Or THYI < 200 Then
  GoTo 4200
Else
  MsgBox "SICAKLIK ARALIGI PSDY ICIN UYGUN DEGILDIR"
  Exit Sub
End If
If THYI < -100 And THYI > 200 Then
  MsgBox "SICAKLIK ARALIGI PSDY ICIN UYGUN DEGILDIR"
  Exit Sub
End If

```

4200:

```

PSFY = -5800.2206 / (THYI + 273.15) + 1.3914993 - 0.04860239 *
  (THYI + 273.15) + 0.000041764768 * ((THYI + 273.15) ^ 2) -
  0.000000014452093 * ((THYI + 273.15) ^ 3) + 6.5459673 *
  Log(THYI + 273.15)

```

4210:

```

PSDY = Exp(PSFY)
WSD = 0.622 * PSDY / (P - PSDY)
HSD = 4.186 * THYI
HHD = 10.31 + 1.316 * THYI + 0.0529 * (THYI ^ 2)
HH = TH + W * (2501 + 1.805 * TH)
AL = HH + (WSD - W) * HSD
EL = AL - HHD
If Abs(AL - HHD) < 10 Then GoTo 4330
DT = 1
If AL < HHD Then THYI = THYI + DT
If AL > HHD Then THYI = THYI - DT
DT = DT / 2
GoTo 4160

```

4330:

```

Return

```

88:

Exit Sub

HataOldu:

MsgBox Err.Description

Resume 88

End Sub

Private Sub myPrint(strInput As String)

txtSonuclar.Text = txtSonuclar.Text & strInput & vbCrLf

End Sub

Private Sub cmdkapat_Click()

End

End Sub

Private Sub cmdTemizle_Click()

txtSonuclar.Text = ""

End Sub

Private Sub lblANET_Click()

With txtANET

.SetFocus

.SelStart = 0

.SelLength = Len(.Text)

End With

End Sub

Private Sub lbllevhakanatk_Click()

With txtLevhaKanatKalinlik

.SetFocus

.SelStart = 0

.SelLength = Len(.Text)

End With

End Sub

Private Sub lblMH_Click()

With txtMH

.SetFocus

.SelStart = 0

.SelLength = Len(.Text)

End With

End Sub

Private Sub lblMSU_Click()

With txtMSU

.SetFocus

.SelStart = 0

.SelLength = Len(.Text)

End With

End Sub

```
Private Sub lblP_Click()  
With txtP  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblTH1_Click()  
With txtTH1  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblTH2_Click()  
With txtTH2  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblTS1_Click()  
With txtTS1  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblVH_Click()  
With txtVH  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblVSU_Click()  
With txtVSU  
    .SetFocus  
    .SelStart = 0  
    .SelLength = Len(.Text)  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub lblW1_Click()  
With txtW1  
    .SetFocus
```

EK 5**SUYUN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİNİ HESAPLAYAN ALT PROGRAM**

```
Private Sub cmdHesapla_Click()
```

```
Dim TS As Double, TS2 As Double  
Dim MS As Double, ROS As Double  
Dim CPS As Double, KS As Double  
'Dim NS As Double  
Dim PRS As Double
```

```
TS = Val(txtTS.Text + 273.15)  
If TS < 288.65 And TS > 321.95 Then 'Tempr. Su  
    MsgBox "SICAKLIK DEĞERİ SUYUN ÖZELLİKLERİNİN HESAPLANMASI İÇİN  
    UYGUN DEĞİL"
```

```
    Exit Sub
```

```
    'Stop
```

```
End If
```

```
'ts2=
```

```
MS = 0.1 / (2.14819 * ((TS - 281.635) + (8087.4 + (TS - 281.635) ^ 2) ^ 0.5) - 120)
```

```
ROS = 1200.92 - 1.0056 * TS + 0.0010824 * (TS ^ 2)
```

```
CPS = 0.015539 * ((TS - 308.2) ^ 2) + 4180.9
```

```
KS = 0.34 + 0.0009278 * TS
```

```
'NS = MS / ROS
```

```
PRS = MS * CPS / KS
```

```
'Sonuçları Göster
```

```
txtROS.Text = ROS
```

```
txtCPS.Text = CPS
```

```
txtKS.Text = KS
```

```
txtMS.Text = MS
```

```
txtPRS.Text = PRS
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdkapat_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

EK 4**HAVANIN ISIL ÖZELLİKLERİNİ HESAPLAYAN ALT PROGRAM**

Option Explicit

Private Sub cmdHesapla_Click()

Dim TH As Double 'Havanın Sıcaklığı

Dim W As Double 'Özgül Nem

Const P As Double = 101325# 'Havanın Basıncı

Dim ROH As Double 'Havanın Yoğunluğu

Dim CPH As Double 'Özgül Isı

Dim PRH As Double 'Havanın Prandtl Sayısı

Dim KH As Double 'Havanın Isı İletim Katsayısı

Dim MH As Double 'Havanın Dinamik Viskozitesi

Dim ALFA As Double 'Havanın Isı Yayılm Katsayısı

Dim NH As Double 'Havanın Kütle Yayılm Katsayısı

TH = Val(txtTH.Text)

If TH < -50 Or TH > 200 Then 'Kontrol Et

MsgBox "GİRDİĞİNİZ, HAVANIN SICAKLIĞI UYGUN DEĞİLDİR."

Exit Sub

End If

W = Val(txtW.Text)

If W < -100 Then 'Kontrol Et

MsgBox "GİRDİĞİNİZ, HAVANIN ÖZGÜL NEMİ UYGUN DEĞİLDİR."

Exit Sub

End If

 $ROH = P / (287.055 * TH * (1 + 1.6078 * W))$ $PRH = 0.7137 - 0.0001256 * TH$ $KH = 0.02422 + 0.0000719 * TH$ $MH = 0.00001724 + 0.00000004426 * TH$ $CPH = PRH * KH / MH$ $ALFA = KH / (ROH * CPH)$ $NH = MH / ROH$

'Sonuçları Göster

txtROH.Text = ROH

txtPRH.Text = PRH

txtKH.Text = KH

txtMH.Text = MH

txtCPH.Text = CPH

txtAlfa.Text = ALFA

txtNH.Text = NH

End Sub

Private Sub cmdkapat_Click()

End

End Sub

```
Private Sub cmdt_Click()  
txtTH.SetFocus  
End Sub
```

```
Private Sub cmdw_Click()  
txtW.SetFocus  
End Sub
```



EK 5**HAVANIN PSİKROMETRİK ÖZELLİKLERİNİ HESAPLAYAN ALT PROGRAM****Option Explicit**

```

Const P As Double = 101325# 'Havanın Basıncı
Dim TH As Double 'Havanın Sıcaklığı
Dim W As Double 'Özgül Nem
Dim ROH As Double 'Havanın Yoğunluğu
Dim CPH As Double 'Özgül Isı
Dim PRH As Double 'Havanın Prandtl Sayısı
Dim KH As Double 'Havanın Isı İletim Katsayısı
Dim MH As Double 'Havanın Dinamik Viskozitesi
Dim ALFA As Double 'Havanın Isı Yayılm Katsayısı
Dim NH As Double 'Havanın Kütle Yayılm Katsayısı

```

```

Dim PSF As Double
Dim PSFY As Double 'Su Buharının Kısmi Basıncı
Dim PSDY As Double 'Su Buharının Doyma Basıncı
Dim THY As Double 'Havanın Çiğ Noktası Sıcaklığı
Dim THYI As Double 'Yaş Termometre Sıcaklığı
Dim WSD As Double 'Bağıl Nem
Dim THI As Double

```

```

Dim PS As Double 'Kısmi Basıncı
Dim PSD As Double 'Doyma Basıncı
Dim PSDT As Double
Dim K
Dim TM, TN
Dim HSD As Double, HHD As Double
Dim HH As Double
Dim FL, TK, THC, TF, VS, V
Dim MS, DV, A, AL, EL, DT
Dim PR, MU

```

```

Private Sub cmdHesapla_Click()
    TH = Val(txtTH.Text)
    If TH < -50 Or 200 < TH Then 'Kontrol Et
        MsgBox "Havanın sıcaklığı"
        Exit Sub
    End If
    W = Val(txtW.Text)
    If W < -100 Then 'Kontrol Et
        MsgBox "Havanın özgül nemi"
        Exit Sub
    End If
    PSD = HavaDoymaBasinc(TH)
    PSDT = PSD
    PS = HavaKismiBasinc(W)
    If TH < 60 And 70 < TH Then
        MsgBox "SICAKLIK ARALIGI THC HESABI ICIN UYGUN DEGIL"
    End If

```

Exit Sub

Else

THC = HavaCigNoktasiSicakligi(TH, PS)

End If

WSD = HavaBagilNem(PSD) * 100

If -60 < TH And TH < 0 Then THC = -60.45 + 7.032 * A + 0.37 * (A ^ 2)

If 0 < TH Or TH < 70 Then THC = -35.957 - 1.872 * A + 1.16893 * (A ^ 2)

If TH < -60 Or 70 < TH Then

MsgBox "THC yanlis"

Exit Sub

End If

Call HavaYasTermometreSicaklik

Call myPrint("Havanın Doyma Basıncı = " & PSD & " Pa")

Call myPrint("Havanın Kısmi Basıncı = " & PS & " Pa")

Call myPrint("Havanın Çiğ Noktası Sıcaklığı = " & THC & " °C")

Call myPrint("Havanın Yaş Termometre Sıcaklığı = " & THYI & " °C")

Call myPrint("Bağıl nem = " & WSD)

End Sub

Private Function HavaDoymaBasinc(HavaninSicakligiDerece) As Double

Dim THK As Double 'Havanın Sıcaklığı (Kelvin)

THK = HavaninSicakligiDerece + 273.15

If -100 < HavaninSicakligiDerece And HavaninSicakligiDerece < 0 Then

PSF = -5674.5359 / (THK) + 6.392547 - 0.009677843 * (THK) +
0.00000062215701 * ((THK) ^ 2) + 2.0747825E-09 * ((THK) ^ 3) +
9.484024E-13 * (THK) ^ 4 + 4.1635019 * Log(THK)

End If

If 0 < HavaninSicakligiDerece And HavaninSicakligiDerece < 200 Then

PSF = -5800.2206 / (THK) + 1.3914993 - 0.04860239 * (THK) +
0.000041764768 * (THK ^ 2) - 0.000000014452093 * (THK ^ 3) + 6.5459673 *

Log(THK)

End If

HavaDoymaBasinc = Exp(PSF)

End Function

Private Function HavaKismiBasinc(OzgulNem) As Double

HavaKismiBasinc = P * OzgulNem / (0.62198 + OzgulNem)

End Function

Private Function HavaCigNoktasiSicakligi(HavaSicaklikDerece, HavaKismiBasinc) As Double

A = Log(HavaKismiBasinc)

If -60 < HavaSicaklikDerece And HavaSicaklikDerece < 0 Then

HavaCigNoktasiSicakligi = -60.45 + 7.032 * A + 0.37 * A ^ 2

ElseIf 0 < HavaSicaklikDerece Or HavaSicaklikDerece < 70 Then

HavaCigNoktasiSicakligi = -35.957 - 1.872 * A + 1.16893 * (A ^ 2)

End If

End Function

Private Sub HavaYasTermometreSicaklik()

4130:

THYI = THC + 0.5 * (TH - THC)

4160:

If -100 < THYI And THYI < 0 Then GoTo 4170 Else GoTo 4180

4170:

PSFY = -5674.5359 / (THYI + 273.15) + 6.3925247 - 0.009677843 *
 (THYI + 273.15) + 0.00000062215701 * ((THYI + 273.15) ^ 2) +
 2.0747825E-09 * ((THYI + 273.15) ^ 3) + 9.48402E-13 *
 (THYI + 273.15) ^ 4 + 4.1635019 * Log(THYI + 273.15)

GoTo 4210

4180:

If 0 < THYI Or THYI < 200 Then

GoTo 4200

Else

MsgBox "SICAKLIK ARALIGI PSDY ICIN UYGUN DEGILDIR"

Exit Sub

End If

If THYI < -100 And 200 < THYI Then

MsgBox "SICAKLIK ARALIGI PSDY ICIN UYGUN DEGILDIR"

Exit Sub

End If

4200:

PSFY = -5800.2206 / (THYI + 273.15) + 1.3914993 - 0.04860239 *
 (THYI + 273.15) + 0.000041764768 * ((THYI + 273.15) ^ 2) -
 0.000000014452093 * ((THYI + 273.15) ^ 3) + 6.5459673 *
 Log(THYI + 273.15)

4210:

PSDY = Exp(PSFY)

WSD = 0.622 * PSDY / (P - PSDY)

HSD = 4.186 * THYI

HHD = 10.31 + 1.316 * THYI + 0.0529 * (THYI ^ 2)

HH = TH + W * (2501 + 1.805 * TH)

AL = HH + (WSD - W) * HSD

EL = AL - HHD

If Abs(AL - HHD) < 10 Then GoTo 4330

DT = 1

If AL < HHD Then THYI = THYI + DT

If AL > HHD Then THYI = THYI - DT

DT = DT / 2

DoEvents

GoTo 4160

4330:

'Return

End Sub

```
Private Function HavaBagilNem(HavaninDoymaBasinci) As Double  
    HavaBagilNem = 0.622 * HavaninDoymaBasinci / (P - HavaninDoymaBasinci)  
End Function
```

```
Private Sub myPrint(strThis As String)  
    txtOutput.Text = txtOutput.Text & strThis & vbCrLf  
End Sub
```

```
Private Sub cmdkapat_Click()  
End  
End Sub
```

```
Private Sub cmdt_Click()  
txtTH.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdw_Click()  
txtW.SetFocus
```

```
End Sub
```

TCYÜSEF ÖZDEMİR
MÜHÜR
2017.05.15

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	03.06.1974	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1989 – 1993	Çavuşoğlu Koleji
Lisans	1993- 1997	Trakya Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü – Isı-Enerji
Yüksek Lisans	1998 – 2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği – Isı Proses

Çalıştığı Kurumlar

1998 – 2000	Tümsan Isıtma Soğutma Klima San. A.Ş.
1999 – Devam ediyor,	Çukurova Holding, Baytur İnşaat Taahhüt A.Ş.