

# JEOTERMAL UYGULAMALARDA PLAKALI ISI EŞANJÖRLERİ

UIF VESTERGREN

## ÖZET

Bu yazı, plaka ısı eşanjörü ve kullanımını ve jeotermal uygulamalarını kapsar. İcadından günümüze kadar olan geçmişinin kısa bir özetini içerir. Plaka ısı eşanjörünü ve elemanlarını, çalışmasını ve jeotermal uygulamalarında kullanılan malzemeleri anlatır. PHE' nin (**Plate Heat Exchanger - Plaka Isı Eşanjörü**) temel termodinamiği ile birlikte onunla nasıl başa çıkılacağı da anlatılıyor. Isıl yaklaşımla yatırım maliyetinin nasıl değiştiği hakkında da pratik misaller veriliyor.

Contalı plaka ısı eşanjörlerinin jeotermal uygulamalarda geniş olarak kullanılmasını sağlayan özellikleri;

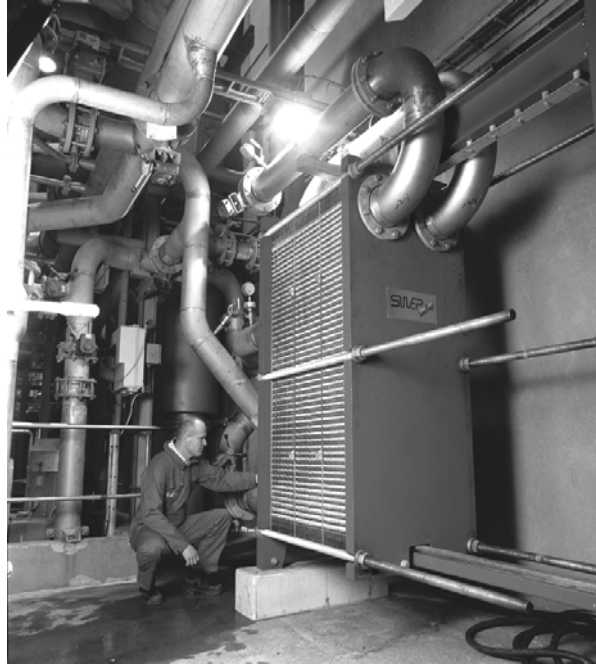
- Yüksek verim, minimum ısı transferi yüzeyi gereksinimi
- Aşınmaya dayanıklı malzemelerin ekonomik kullanımı
- Küçük tabanından dolayı az yer kaplaması
- Basit kurulumu ve işletilmesi
- Tüm ısıll yüzlere temizleme için kolay ulaşılabilmesi

## GİRİŞ

Plaka tipi olarak adlandırabileceğimiz ilk ısı eşanjörü için ilk patentler Almanya' da 1800'ler sonlarında ortaya çıktı. İlk ticari plaka ısı eşanjörü (makine ile üretilmiş pirinç plakalar) 1923' te İngiltere' de Dr. Richard Seligman tarafından APV' de geliştirildi. İlk plaka ısı eşanjörü, o zamanlar yaygın ve tehlikeli bir hastalık durumunda olan TBC ile savaşabilmek amacıyla sütün çabuk soğutulması için geliştirilmişti.

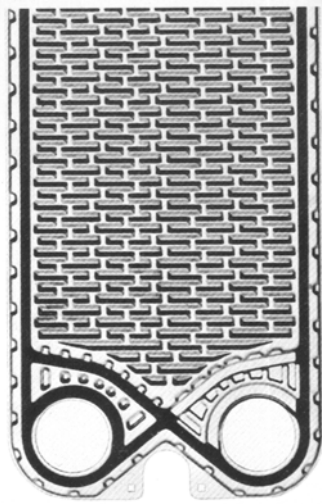


Şekil 1. Richard Seligman, ilk PHE ile görülüyor

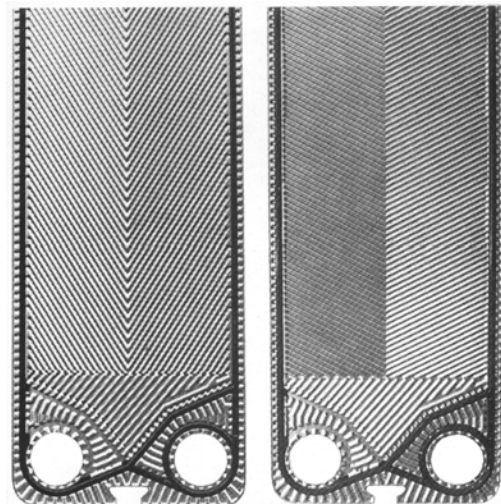


**Şekil 2.** Modern PHE

Preslenerek üretilen ilk plakalar 1930' larda geliştirildi. Bunlar yıkama tahtası biçimindeydiler ve öncelikle gıda uygulamalarında halen kullanılmaktadır. Yıkama tahtası plakaların az miktarda temas noktaları vardır ve bundan dolayı oldukça kalın malzemeden (0,9 - 1,2 mm) yapılmışlardır ve çok yüksek basınçlarda kullanılamıyorlardı.



**Şekil 3.** Yıkama tahtası plaka



**Şekil 4.** Balık kılçığı plakalar. İki plakayı farklı açılarda araya yeniliği 1960 sonlarında geldi.

1950 başlarında İsveç şirketi Rosenblads Patenter, daha çok sayıda temas noktası olan ve dolayısı ile daha iyi mekanik stabilite gösteren balık kılçığı plakaları geliştirdi. Bu icat ile plakalar daha ince (0,6 mm) yapılabilir ve işletme basıncı daha da yükseldi ve böylece PHE gıda endüstrisi dışında daha yaygın olarak kullanım alanı buldu.

Balık kılçığı plakalar son 50 yıl içinde çok geliştirildi, fakat çapraz düzen belli başlı tüm sağlayıcılar tarafından hala kullanılmakta. Plakalar günümüzde 0,4 mm inceliğe kadar bulunabiliyor.

Balık kılıcı plakalar son 50 yıl içinde çok geliştirildi, fakat çapraz düzen belli başlı tüm sağlayıcılar tarafından hala kullanılmakta. Plakalar günümüzde 0,4 mm inceliğe kadar bulunabiliyor.

1980' lerin başlarında pirinç kaynaklı plaka ısı eşanjörleri geliştirildi. Bunlar, balık kılıcı plakaların tüm temas noktalarında pirinç kaynakla bir araya getirilerek perçinsiz plaka ısı eşanjörünü oluşturmasından ibarettir. Bu tip eşanjörler özellikle çok soğutma uygulamalarında kullanılmakta, fakat temizlemek için açmanın gerekmeyeceği kirli olmayan uygulamalarda da kullanılmaktadır. Kirli jeotermal uygulamalarda nadiren kullanıldığı için bu tip burada daha fazla anlatılmayacak.



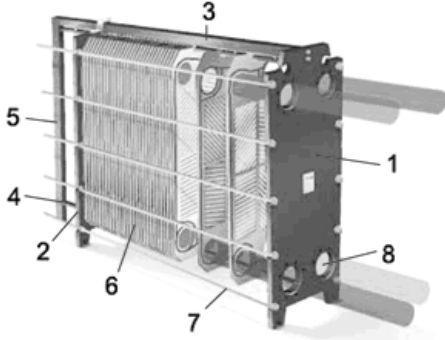
**Şekil 5.** Pirinç perçinli plaka ısı eşanjörleri

### **CONTALI PLAKA ISI EŞANJÖRLERİNİN GENEL TANITIMI**

Konu sıvıdan-sıvıya uygulamalarına, bazen de buharlaştırıcılara (evaporatör) ve yoğuşturuculara (kondenser) geldiğinde PHE' ler tüm ısı eşanjörleri içinde en etkin olanıdır. Bunun nedeni kırışık plaka kanalları içindeki türbülansla yatar. PHE' nin toplam ısı transfer katsayısı (k-değeri veya U-değeri) çoğu zaman kazan - boru tipi ısı eşanjörlerine kıyasla 3 ila 4 kez daha yüksektir. Isı transfer yüzeylerinin kalınlığı diğer tiplere göre çok daha azdır, bu da PHE' yi, basınç, ısı ve ısı transferi yapılacak sıvı limitleri dahilinde açık arayla en ekonomik ısı eşanjörü konumuna getirir. PHE' ler halen 25 bar basınç ve 180° C ısılarda ve hatta daha yüksek derecelerde kullanılmakta. Pazarda bulunan en büyük üniteler 500-mm giriş-çıkış bağlantı noktaları ile tek bir üniteye 4500m<sup>3</sup>/saat akış hızı gibi özelliklere sahiptir.

Plakalar arasındaki yoğun türbülans ayrıca kirlenme sorunlarını da en aza indirir.

PHE' nin standart kısımları vardır; esas olarak sabitleştirilmiş çıkarılabilen kapak plakaları arasında sıkıştırılmış plaka destesi.



1. Sabit kapak plakası
2. Çıkarılabilir kapak plakası
3. Üst taşıyıcı çubuk
4. Alt kılavuz çubuğu
5. Uç desteği
6. Plaka destesi
7. Sıkıştırma civataları
8. Bağlantılar

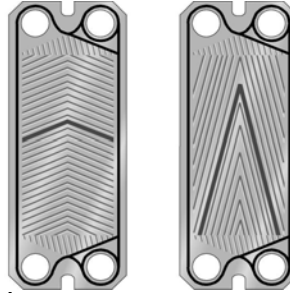
**Şekil 6.** PHE içindeki parçalar

Plakalar  $0,02 \text{ m}^2$  den  $4 \text{ m}^2$  den daha büyük ölçülere kadar bulunuyor. Tek bir üniteye bir kaç yüz plaka kullanılabildiği için tek bir üniteye toplam ısı transfer yüzeyi  $2000 \text{ m}^2$  den daha fazla olabilir.

## PLAKALAR

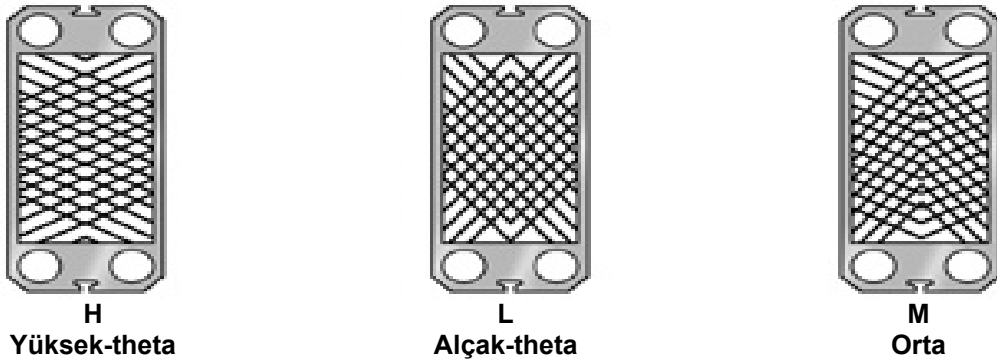
Yukarıda değinildiği gibi prensip olarak, bugün sunulmakta olan tüm plakalar balık kılıcı tipindedir, ve burada da yalnız bu tipten bahsedeceğiz.

Geleneksel balık kılıcı plakalar günümüzde iki ok açısı ile yapılıyor, biri akışa karşı yüksek dirençli "yüksek-theta" ve diğeri de akışa karşı daha alçak dirençli "alçak-theta".



**Şekil 7.** İki ok açılı balık kılıcı plakalar.

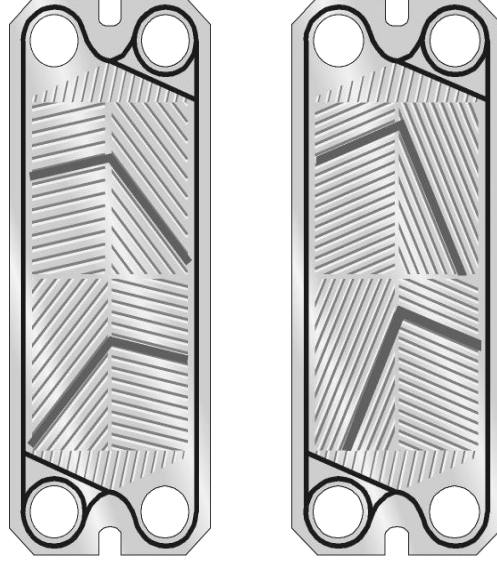
Bu iki tip plaka, her biri ısı transferi ve basınç düşmesi bakımından farklı karakteristikler gösteren üç farklı şekilde kombine edilebilirler.



**Şekil 8.** İki simetrik plakayı kombine ederek üç farklı kanal

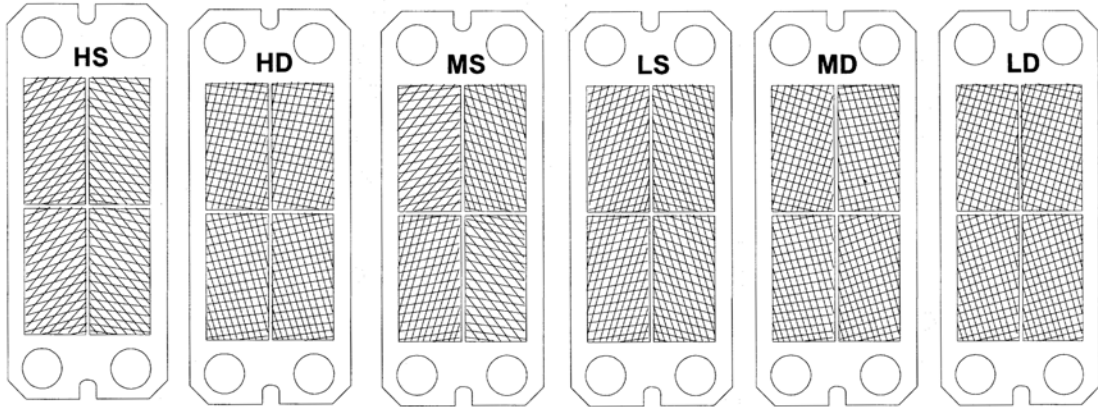
Simetrik plakalar ile birincil ve ikincil yanlar geometrik olarak aynıdır ve plaka destesi en iyi şekilde yalnız bir yan üzerinde kullanılabilir.

Daha sonra çıkan bir yenilik ise asimetrik plakadır, bu iki takım ok açısına sahiptir, biri yüksek-theta ve diğeri de alçak-theta.



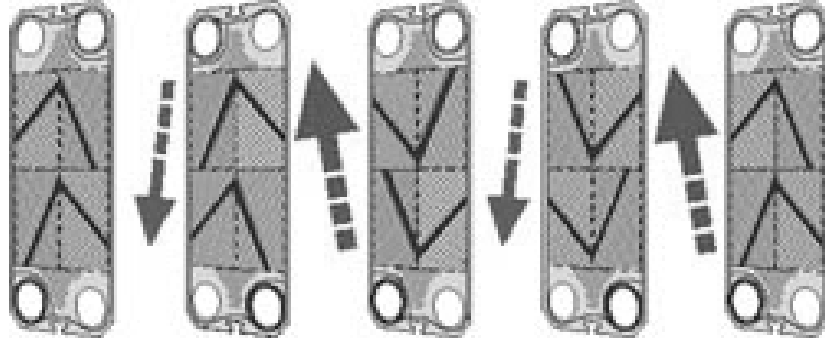
**Şekil 9.** Asimetrik yüksek- ve alçak-theta plakalar

Bu iki plaka, her biri farklı ısı transfer karakteristiği gösteren altı değişik akış kanalı olacak biçimde kombine edilebilir.



**Şekil 10.** İki farklı plakayı kombine ederek altı değişik akış kanalları mümkündür

Asimetrik plakalar ayrıca asimetrik plaka destesi oluşturma olanağını da verir, bunda birincil tarafın geometrisi ikincil taraftaki geometriden farklıdır. Bu iki yanı da ayrı ayrı en iyi şekilde kullanma ve böylece gereken ısı transfer yüzeyinin azaltılması ile var olan basınç azalmasının daha iyi kullanılması olanağını sağlar.



**Şekil 11.** PHE' de asimetrik en iyi kullanım

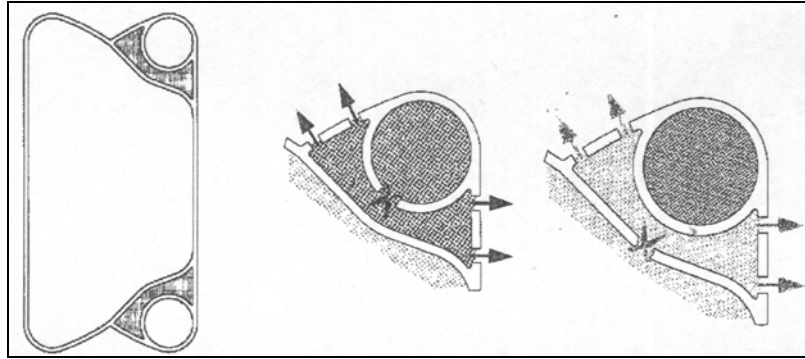
Tasarlanmış basınç değeri ve bakım stabilitesine uygun olarak plakalar 0,4 mm' den 0,8 mm' ye kadar farklı kalınlıklarda üretilirler. Temizleme ve diğer nedenlerle ünitenin açılması gereken uygulamalarda ince plakalar kullanılmaz.

Jeotermal uygulamalarda en sık kullanılan malzemeler AISI 316, 254 SMO ve ticari saf (derece 1) titanyumdur. Diğer yüksek alaşım malzemeler de jeotermal sıvıların çok korozif olduğu hallerde kullanılırlar.

## CONTALAR

Her bir plakanın çevresinde ve iki giriş-çıkış deliği etrafında bir conta vardır. Bunu yanındaki plakada da diğer delikler etrafında conta vardır. Bu sıvının, ısı eşanjörü içindeki farklı kanallardan geçirilmesine olanak verir; aşağıdaki akış düzenlerine bakınız.

Tüm sağlayıcılarda tüm plakalarda contalar öylesine düzenlenmiştir ki iki conta iki sıvıyı ayırır. Bu güvenlik özelliğinin nedeni, seyrek de olsa görülebilen conta arızası durumlarında sıvının karışmak yerine dışarı akacak olmasıdır.



**Şekil 12.** Çifte conta iki sıvıyı ayırır

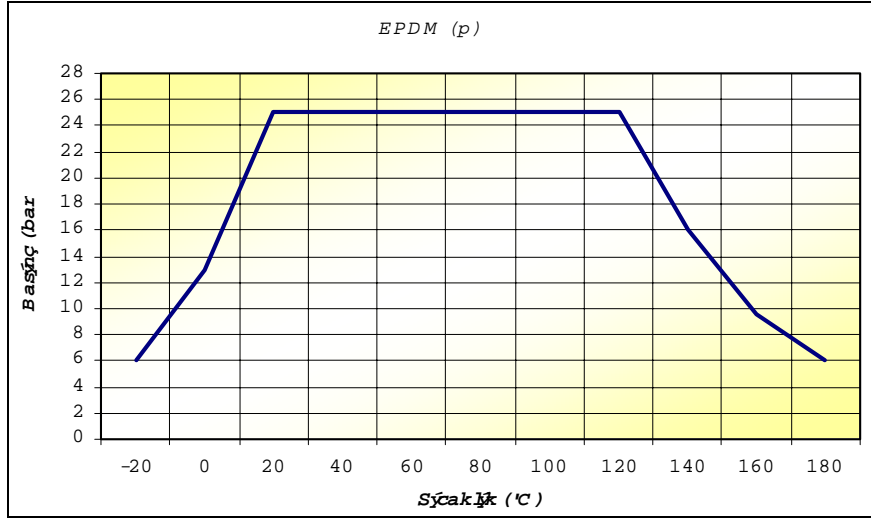
Contalar muhtelif farklı elastomerler kullanılarak üretilir. Günümüzde en yaygın kullanılanlar şunlardır:

Elastomer	En iy conta özelliği için maksimum işletme ısısı
Nitrile (NBR)	140 derece C
EPDM	170 derece C
Fluorinli contalar (Vitonlar)	100-180 derece C, tipine ve uygulamaya göre

Farklı vulkanizasyon (işleme) sistemleri kullanılıyor. Günümüzde yukarıdaki elastomerlerin peroksit ile işleme tabi tutulmuş çeşitleri en yaygın olanlarıdır ve yukarıda belirtilmiş olan ısılar yalnız en yüksek kaliteli peroksit ile işlenmiş contalar için verilmiştir.

Jeotermal uygulamalar için NBR ve EPDM en yaygın biçimde kullanılanlardır.

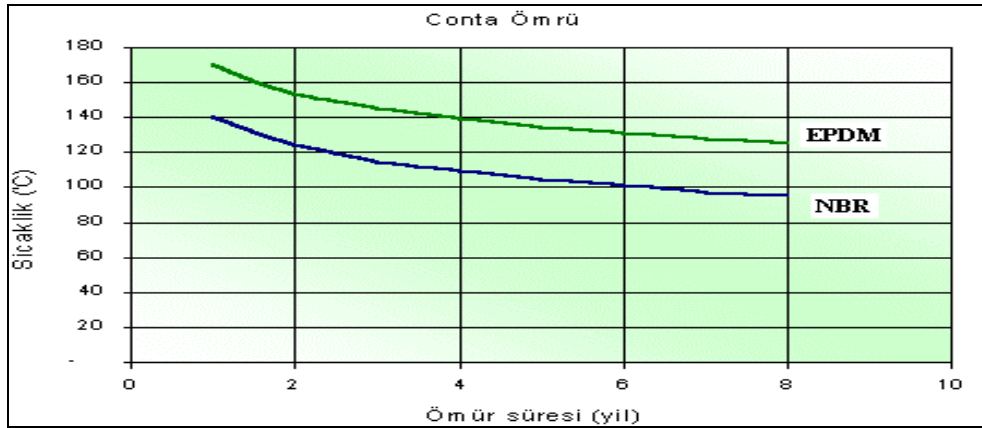
Contalar zaman içinde eskirler. Yukarıdaki azami işletme sıcaklığı, conta malzemesinin sıvıya dayanıklı olmasına ve belirli bir süre için stabil şartlarda kullanılıyor olmasına göre geçerlidir. Aynı zamanda işletme basıncına da bağlıdır; yüksek işletme basıncı orijinal esneklikte bir conta gerektirir iken biraz eskimiş bir conta işletme basıncının düşük olduğu hallerde yeterli olacaktır.



Şekil 13. Çeşitli conta malzemeleri için işletme basıncı ve ısı limitasyonları

İşletme ısısı düşük oldukça contanın ömrü de uzun olur. Basit bir hesaplama, işletme basıncının 10 derece C daha düşük olması contanın ömrünü iki katına çıkarır. Buna Arrhenius eşitliği denir. Dolayısıyla en azami işletme ısısı yüksek olan kalitede bir conta kullanmak avantajlı olacaktır. Bu contanın muhtemel ömrünün uzun olmasını sağlayacaktır.

Aşağıdaki tablo peroksit işlemeli NBR ve EPDM contalarının muhtemel ömürlerini gösteriyor:



Şekil 14. NBR(p) ve EPDM(p)'nin orta basınçlı suda muhtemel ömürleri

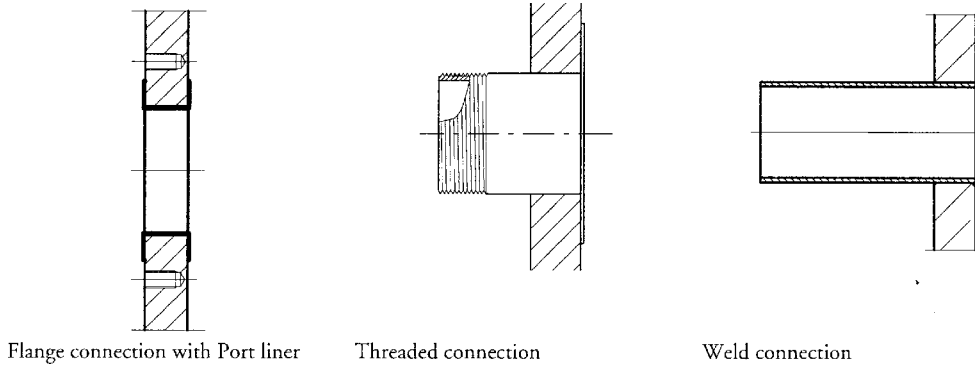
## ÇERÇEVELER

Plaka ısı eşanjörünün çerçevesi jeotermal uygulamalarda normal olarak karbon çeliğinden yapılır. Kapaklar ve civatalar farklı basınç kodlarına ve standartlarına göre tasarlanmışlardır, Avrupa için PED geçerlidir, Amerika' da ASME VIII geçerlidir.

Sıkıştırma civataları yüksek gerilime dayanıklı çelikten yapılmış olmalıdır ve mesela bir çinko kaplama ile korunmalıdır. Plaka destesi ile temasta olan üst ve alt çubuklar için olan parçalar da normal olarak paslanmaz çelikten yapılır.

Karbon çeliğinden olan yüzeyler iyi bir yüzey koruma programına tabi tutulmalıdır; aşınmayı önlemek için kum püskürtme, birincil ve son kaplama gibi.

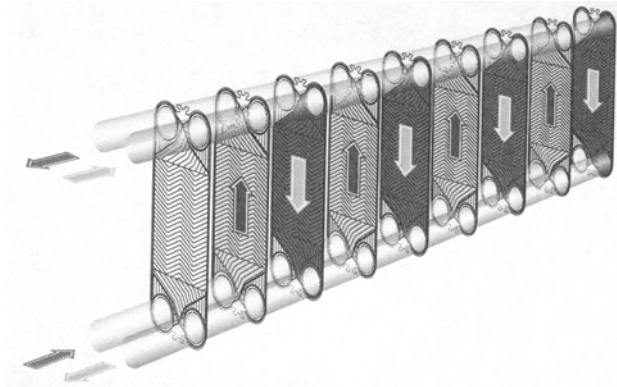
Mümkün olan çeşitli bağlama tipleri vardır, bugün endüstriyel uygulamalarda en yaygın olarak kullanılmakta olan büyük üniteler için düğmeli girişler veya daha küçük üniteler için yivli ya da kaynaklı uçlu borulardır. Bağlantılar sıvıya dayanıklı bir malzeme ile astarlanmalıdır ki sıvı karbon çelik çerçeve ile temasa gelemesin. Astarlama, paslanmaz çelikten, titanyumdan ya da kauçuktan yapılabilir.



**Şekil 15.** Farklı bağlantı tipleri

## AKIŞ DÜZENLERİ

En yaygın ve tercih edilen akış düzeni ünitenin tek geçişli olarak ayarlanmasıdır. Bu, sıvının plaka destesini bir defa geçmesi ve tüm bağlantıların sabitlenmiş kapak plakasına yapılmış olması demektir. Bu durumda sonuncusu hariç tüm diğer plakaların açılmış dört bağlantı delikleri vardır. Sıvının karbon çeliği ile doğrudan temas edememesi için son plakanın açılmış hiç bir deliği yoktur.

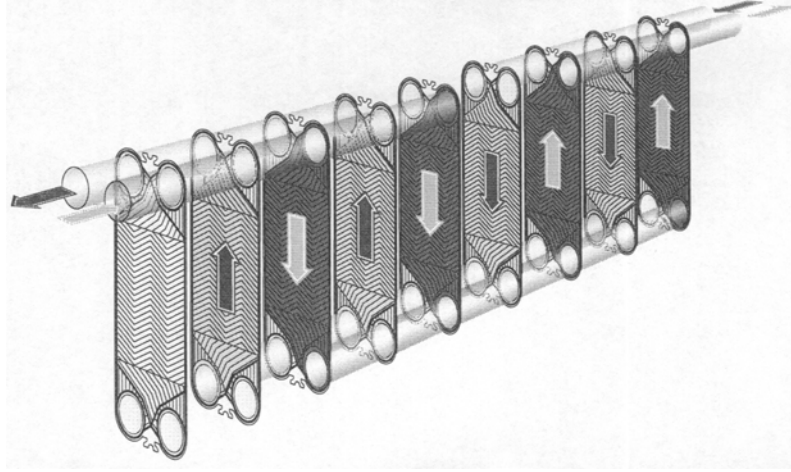


**Şekil 16.** Bir geçişli düzen



Şayet ısı programı çok dar ise o takdirde çoklu geçiş sistemi kullanmak gerekebilir. Bu şu anlama gelir; sıvı plaka demetinin bir kısmını geçer ve çıkışta toplanır ve sonraki geçişe yönlendirilir. Bu durumda, doğru akışı sağlamak için dönen plakalar gerekir. İkili-geçiş düzeninin gösterilmiş olduğu aşağıdaki şekle bakınız.

Çoklu geçişli düzenin bir mahzuru bağlantıların çıkarılabilir plaka üzerinde bulunması zorunluluğunun olmasıdır. Bu durum, ünitenin açılabilmesi için çıkarılabilir plaka üzerindeki boruların yerinden çıkarılmasını gerektirdiğinden bakım çalışmalarını zorlaştırır.



Şekil 17. İkili-geçiş düzeni

## ISI EŞANJÖRLERİ İÇİN TERMODİNAMİK TEMELLER

Bir ısı eşanjörünün ısı yükü farklı şekillerde açıklanabilir:

$$Q_H = m_H \cdot C_{pH} \cdot \Delta T_H$$

$$Q_C = m_C \cdot C_{pC} \cdot \Delta T_C$$

$$Q = k \cdot A \cdot \text{LMTD}$$

Burada:

$m$  = beher birim zamanda akan kütle (kg / sn)

$C_p$  = özgül ısı kapasite (J / kg. K)

$\Delta T$  = sıvının ısı değişimi (K)

H ve C sıcak ve soğuk suyu işaret eder

$K$  = Toplan ısı aktarını katsayısı (W / m<sup>2</sup>, K)

$A$  = Isı transfer yüzeyi (m<sup>2</sup>)

Belirli bir iş için  $k$  ve  $A$ ' dan başka diğer verilerin hepsi biliniyor. Ölçünün amacı elde edilebilecek olan toplam ısı aktarını katsayısına göre ne kadar ısı aktarın yüzeyi gerektiğini bulmaktır.

Isı dengesi şunu gerektirir:  $Q_H = Q_C = Q$

LMTD Logaritmik Ortalama Isı Farklılığı (Logarithmic Mean Temperature Difference) anlamındadır.

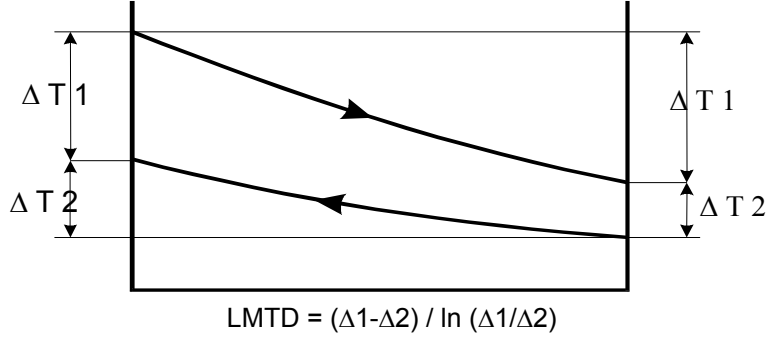
LMTD sıcak sudan soğuk suya ısı transferini sağlayan güçtür, bu da iki sıvı arasındaki ortalama ısı farkıdır.

LMTD küçüldükçe daha büyük ısıtma yüzeyi gerekir.

LMTD küçüldükçe daha çok ısı kazancı olur.

LMTD "iş yaptıran itici güçtür".

Zıt akışlı bir ısı eşanjöründe, aşağıdaki diyagramda gösterildiği üzere, LMTD şöyle hesaplanır:



**Şekil 18.** LMTD' nin tanımı

Burada:

$\Delta 1$  = Sıcak giriş ile soğuk çıkış arasındaki ısı farkı

$\Delta 2$  = Sıcak çıkış ile soğuk giriş arasındaki ısı farkı

$\Delta T 1$  = Sıcak sıvının ısı değişimi

$\Delta T 2$  = Soğuk sıvının ısı değişimi

$\Delta 1 = \Delta 2$ , LMTD =  $\Delta 1 = \Delta 2$  olduğu özel durumda

Toplam ısı transferi katsayısı (k) şöyle yazılabilir:

$$1 / k = 1 / \alpha_H + 1 / \alpha_C + d / \lambda + R_t$$

burada;

$d$  = ısı transfer plakasının kalınlığı (m)

$\lambda$  = ısı transfer plakasının maddesinin ısı iletkenliği (W, m, K)

$R_f$  = kirlenme faktörü ( $m^2, K / W$ ), bu gelecekteki kirlilikler için tasarımda eklenmiş olan marjdir.

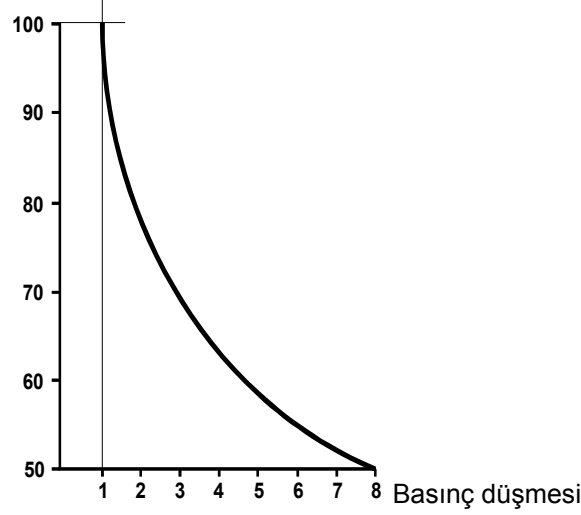
Bu veriler işletme sırasında elde edilmiştir.

$A_H$  ve  $\alpha_C$  sıcak ve soğuk tarafların ısı transfer katsayılarıdır. Bu değerler Reynolds sayısı, Nusselt sayısı ve Prandtl sayısı arasındaki ilişkiler için kullanılan ampirik eşitliklerden elde edilmiştir. Aşağıya bakınız.

$k$ -değeri, basınç düşmesine bağlı olarak sıvı-sıvı uygulamalarında normal olarak  $3000 - 7000 \text{ W / m}^2, K$  mertebesindedir.

Basınç düşmesine fazla izin verdiğiniz kadar işi yapmak için daha küçük ısı transfer yüzeyine gereksinim olacaktır. Basınçlı sularda toplam ısı aktarın katsayısı ve basınç düşmesi arasındaki ilişki şöyledir:

Gerekli ısı transfer alanı



**Şekil 19.** Basınçlı akışta basınç düşmesi ve ısı transfer yüzeyi arasındaki ilişki:  $k \sim (\Delta p)^{1/3}$

Bu, basınç düşmesini iki katına çıkarmanın teorik olarak gerekli ısıtma yüzeyini %20' den fazla azalması gerektiği anlamına gelir. Gerçekte büyük basınç düşmesinin ısı transfer yüzeylerini kirlenme hızını artıracağından azalma daha fazladır.

PHE kanalında basınçlı akış için ısı transfer eşitliği şöyle yazılabilir:

$$Nu = C * Re^{0.7} * Pr^{1/3} * (\eta / \eta_w)^{0.14}$$

Bu eşitlik ampiriktir ve denemelere dayanır.

Burada:

$$Nu = \text{Nusselt sayısı} = \alpha * dh / \lambda$$

C = kanal geometrisine bağlı olan sabite

$$Re = \text{Reynolds sayısı} = w * dh / \nu$$

$$Pr = \text{Prandtl sayısı} = \eta * c_p / \lambda$$

$\eta$  = ortalama ısıda dinamik akışkanlık (kg, m, s)

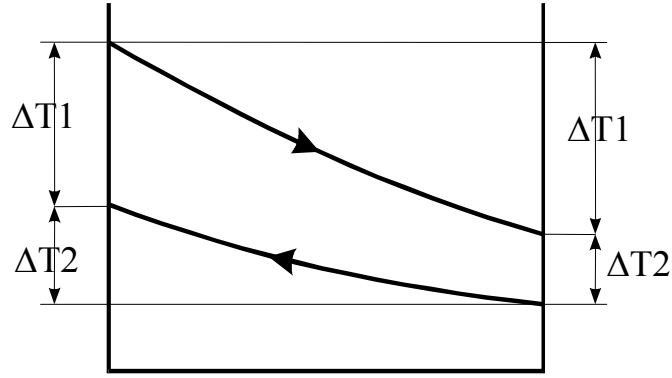
$\eta_w$  = duvar ısısında dinamik akışkanlık

$$\nu = \text{ortalama ısıda kinetik akışkanlık (m}^2 / \text{s)} \quad \eta = \rho * \nu$$

$\rho$  = sıvının yoğunluğu (kg / m<sup>3</sup>)

dh = hidrolik çap (m) (~PHE kanalının derinliğinin iki katı)

Bir ısı transfer işinin termal uzunluğu ( $\Theta = HTU = NTU$ ) için ne kadar "zor" olduğunu belirler, bu yapılması gereken işin (ısı transferi) ısı transferi için var olan iş görme gücüne bölünmesinin sonucudur (LMTD).



Şekil 20. Termal uzunluk = theta = HTU

Her sıvının kendi  $\Theta$  değeri vardır;

$$\Theta_1 = \Delta T_1 / \text{LMTD}$$

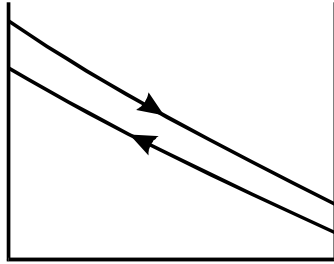
$$\Theta_2 = \Delta T_2 / \text{LMTD}$$

Burada  $\Delta T_1$  ve  $\Delta T_2$  sıcak ve soğuk suların grafiğe göre ısı değişimleridir.

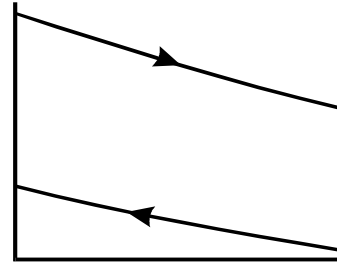
Termal uzunluk, "yapılacak işin" "iş yapmak için var olan güce" oranlanmasıdır; bu da ısı değişiminin LMTD ile bölünmesidir.

Bir "yüksek-  $\Theta$ " işi (dar bir ısı programı) uzun bir plaka veya PHE için çoklu geçişli bir düzen gerektirir. Bu "zor" bir iştir ve belli bir ısı yükü ve akış hızı için daha fazla ısıtma yüzeyi gerektirir.

Bir "düşük-  $\Theta$ " işi (geniş yayımlı bir ısı programı) kısa bir plaka veya PHE için tekli geçişli bir düzen gerektirir. Bu "kolay" bir iştir ve belli bir ısı yükü ve akış hızı için daha az ısıtma yüzeyi gerektirir.



Yüksek-theta  
Uzun plaka ve çoklu geçiş  
"Zor" iş, belli bir iş için daha  
çok yüzey gerektirir.



Düşük-theta  
Kısa plaka ve tekli geçiş  
"Kolay" iş, belli bir iş için daha  
az yüzey gerektirir.

Şekil 21. Yüksek-theta ve Düşük-theta ısı programları

Yüksek-theta işine misal: 90 => 30 / 20 => 80 derece C

Düşük-theta işine misal : 60 => 50 / 30 => 40 derece C

LMTD = 10

Theta = 6

LMTD = 10

Theta = 0,5

## AŞINMAYI ÖNLEMELİK İÇİN PLAKA MALZEMESİ

Jeotermal sistemlerde en yaygın karşılaşılan aşınma tipi klor saldırısıdır ve malzeme seçimi çoğu hallerde şöyle tespit edilir:

- AISI 304 yalnız çok düşük oranlarda klor içeren dolaşım sistemlerinde kullanılır ve jeotermal sistemlerde nadiren kullanılır.
- AISI 316 daha çok alaşımlıdır ve yüksek klor içeriği hallerinde kullanılabilir
- SMO' nun klor saldırısına karşı daha da yüksek derecede dayanıklılığı vardır.
- Titanyum (derece 1) klor saldırısına karşı jeotermal sistemlerde 100 derece C' ye kadar hemen hemen tamamen korumalıdır.
- Palladyum ile stabil duruma getirilmiş titanyum (derece 11) daha yüksek ısılarda derece 1 yerine kullanılır.

Klor ppm	60°C	80°C	120°C	130°C
≤ 10	304	304	304	316
≤ 25	304	304	316	316
≤ 50	304	316	316	Ti
≤ 80	316	316	316	Ti
≤ 150	316	316	Ti	Ti
≤ 300	316	Ti	Ti	Ti
> 300	Ti	Ti	Ti	Ti

**Şekil 22.** Değişik klor içerikli saf su için yaklaşık azami konsantrasyonlar

## PHE TASARIMINDA SEÇİM VE İYİ UYGULAMALAR

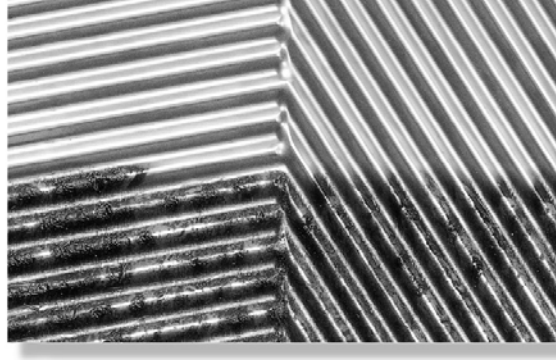
Bir ısı transfer plakasının tasarımı oldukça karmaşıktır ve en iyi sonucu almak için çok sayıda parametrelerin değiştirilmesi gerekebilir. Bu günlerde bu tasarımlar bilgisayar ile yapılmakta.

İyi bir PHE seçimi yapmak için gereken parametreler:

- Tam iş (Isıl yük, akış hızı, ısılar)
- Her iki taraf için izin verilen azami basınç düşmeleri
- Su analizleri veya kullanılacak plaka malzemesinin özellikleri
- Tasarım basıncı ve ısısı
- Tasarımı etkileyen sair bilgiler; kirlenme eğilimi gibi.

## KİRLİTME

Kirlenme, ısı transfer yüzeyinin ısı transferini azaltan ve/veya basınç düşüşünü arttıran bir maddeyle kaplanması demektir.



**Şekil 23.** Kirlenme ısı transferini azaltır ve maliyeti artırır.

Jeotermal sistemlerde en yaygın görülen kirlenme çeşitleri;

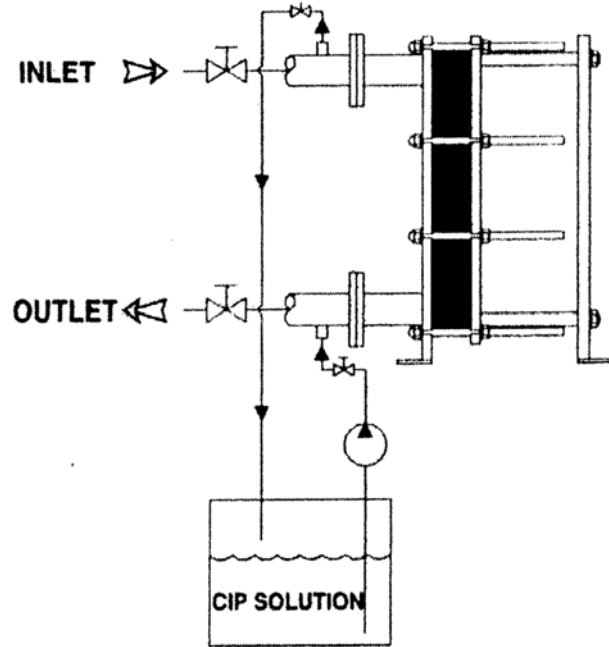
- Kalsiyum karbonat (kireç) birikimi
- Sedimentasyon
- Partikül blokajı

Kirlenme ısı transferini çok büyük oranda azaltabilir ve dolayısı ile minimize etmek gerekir. Kullanılan başlıca metotlar;

- Kirlenme hızını azaltmak için pro-aktif tasarım; sıvı ve plaka arasındaki ayrışım baskısını yüksek tutmak yardımcı olur; 50 Pa önerilir.
- Dahili ve/veya harici süzücüler
- Yumuşatma filtreleri, mümkün ve uygun olan durumlarda
- Çerçeveden çıkarıldıktan sonra plakaların mekanik temizlenmesi. Bu işlemin kolay olabilmesi için üniteyi ona göre yerleştirin. Tek geçişli düzen ya da çoklu geçiş düzeni gerekiyorsa çıkarılabilir borular kullanın. Temizlemek için tel fırça veya demir tel kullanmayın.
- Kimyasal temizleme. Uygun bir kimyasal kullanarak kirlenmeyi temizleyin. Bu işlem plakaların tek tek temizlenmesi ile veya içlerinde uygun bir yerinde temizleme sıvısı dolaştırılmasıyla da yapılabilir. Bu kimyasalların uygunluğunu PHE saplayıcısı ile doğrulayın. Plaka destesini her kimyasal temizlemeden sonra temiz su ile durulayın.



Şekil 24. Yerinde temizleme sıvısı örnekleri



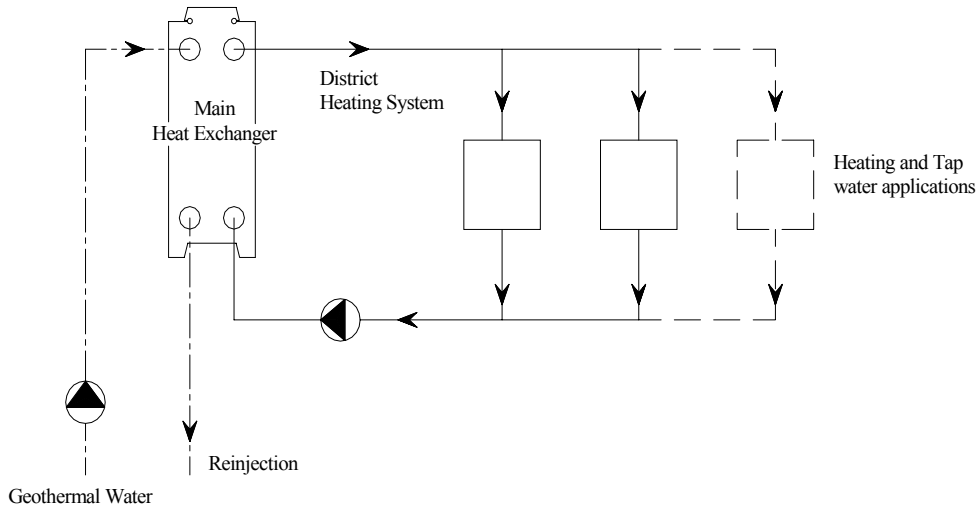
Şekil 25. Yerinde temizlemenin yapılışı

## JEOTERMAL UYGULAMALARA MİSALLER

Isıtma amacıyla kullanılan bir sistemde, jeotermal suyu veya buharı, dolaştırılan taze su sisteminden ayırmak için santrale bir geniş ana ısı eşanjörü kurulur. Isı eşanjöründe ısı düşürüldükten sonra jeotermal su yere tekrar enjekte edilir. Isıtılmış olan taze su ısıtma sistemine pompalanır.

Bu ısı eşanjörü sık sık, klor içeriği çok yüksek olabildiği için özel malzemelerden yapılmalıdır. Yüksek klor içeriği için en yaygın kullanılan malzeme titanyumdur, fakat zaman zaman ısıya, klor derecesine, pH ve iyon durumlarına bağlı olarak daha yüksek evsafa 254 SMO gibi paslanmaz çelik kullanmak gerekebilir. Böyle bir ünite 16-25 bar gibi yüksek işletme basınçları için tasarlanır.

Bireysel ısı eşanjörleri musluk suyu üretmek veya ısınma amacıyla ya her bir kullanıcıda kurulur ya da kullanıcı grupları için kurulur. Bu gibi eşanjörler AISI 316 ısıtma yüzeyleri ile yapılır.



Şekil 26. Tipik bir kurulum

## ISI YAKLAŞIMININ FONKSİYONU OLARAK YATIRIM MALİYETİ - PRATİK BİR ÖRNEK

Bölgesel bir ısıtma sistemi marifetiyle ısı profili  $95^{\circ}\text{C} \Rightarrow 50^{\circ}\text{C}$  olan bir jeotermal suyu ayırmak için ana bir ısı eşanjörü kullanılacak.

Jeotermal akış değerinin 300 ton/saat ve bölgesel ısıtma sistemindeki akış değerinin 375 ton/saat olduğunu kabul edelim.

Isıl yük  $300 \text{ ton/saat} * (95 - 50) * 1,163 = 15700 \text{ kW}$  olarak hesap edilebilir.

Bölgesel ısıtma sistemindeki ısı değişimi  $15700 / 1,163 / 750 = 36^{\circ}\text{C}$  olarak hesap edilebilir.

İkincil ısı eşanjörlerini mümkün olduğunca küçük yapabilmek için bölgesel ısıtma sisteminin ısı seviyesi belli ki, mümkün olduğunca yüksek olmalıdır Madalyonun öbür yüzünde de, bölgesel ısıtma



sisteminin ısısının yüksek olduğu oranda ana ısı eşanjör sisteminin daha büyük ve daha pahalı olacağı gerçeği vardır.

1 barlık (100 kPa) bir basınç düşmesi kullanabileceğimizi var sayalım.  
Böylece ısı aktarım işi şöyle olur;

300 ton / saat jeotermal su soğutulacak	95°C => 50°C	Max. 100 kPa
375 ton /saat D.H. su ısıtılacak	T2°C <= T1°C	Max. 100 kPa
(Burada T2 - T1 = 36°C' tır)		

PHE' nin ölçüsü ve maliyeti şimdi hesaplanabilir. Bunu yapmanın en kolay ve en hassas yolu, bu bilgisayarlık seçim işini sizin için çabucak yapmasını bir sağlayıcıdan istemektir. Sonuç şöyle olacak (2003):

T1 °C	T2 °C	LMTD °C	Gerekli yaklaşık ısıtma yüzeyi m <sup>2</sup>	Hesaplanan k-değeri kW/ m <sup>2</sup> ,K	AISI 316 Ünitenin Yaklaşık fiyatı kEuro	Titanyum ünitenin yaklaşık fiyatı kEuro
49	85	3,91	940	4270	56	110
48	84	5,28	680	4370	42	78
47	83	6,49	480	5040	32	57
46	82	7,64	350	5870	25	44
45	81	8,74	300	6000	21	37

Gelen jeotermal su ile çıkan bölgesel ısınma su arasında daha küçük bir ısı yaklaşımı, daha büyük ve daha pahalı ısı eşanjörü anlamına gelir. Her bir ısı derecesi çok şey ifade eder. Bu ölçüde titanyum bir eşanjör AISI 316 bir ünitenin iki katı fiyatındadır.

Aynı tip bir araştırma kullanıcının yerindeki ısı eşanjörleri için de yapılabilir ve bölgesel ısıtma sistemlerinin ısıları, tüm ısı eşanjörleri için en az toplam maliyetli olan olarak değerlendirilebilir.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ulf VESTERGREN

Ulf Vestergren Stockholm (İsveç)' da bulunan Royal Teknoloji Üniversitesi-Termal Enerji Teknolojileri bölümünden 1975' te mezun oldu.

Tranter PHE' de 27 yıl Isı Eşanjörleri konusunda çeşitli pozisyonlarda Makina Mühendisi olarak çalışan Ulf Vestergren, halen görevine Tranter PHE Satış Müdürü olarak devam etmektedir.