

Uygulama kılavuzu – Grundfos Distributed Pumping - DiPu



Grundfos Distributed Pumping - DiPu

# Ticari binalarda soğutulmuş su sistemlerine uygulama

**GRUNDFOS** 

Possibility in every drop

# Önsöz:

Global Environment Facility'ye göre, enerji, HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) ve ulaşım için kullanılan fosil yakıtlar, 1970'ten bu yana sera gazı (GHG) emisyonlarını %80 artırdı.\*

Tek başına binalar, küresel enerji tüketiminin neredeyse üçte birini ve enerji son kullanım emisyonları, elektrik üretim emisyonları ve HVAC dahil olmak üzere toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır.

Grundfos, sürdürülebilirliği yaptığı her işin merkezine yerleştirmektedir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilirlik Amaçları 6 ve 13'e olan bağlılığımızın bir parçası olarak, daha verimli ürünler ve tam sistem çözümleri aracılığıyla pompaların kullandığı enerjiyi azaltmak için sürekli olarak yeni yollar geliştiriyoruz.

Grundfos Distributed Pumping-DiPu sistemi, büyük verimlilik kazanımları sağlamak için teknik yenilikleri nasıl uyguladığımızın bir örneğidir.

Grundfos Distributed Pumping-DiPu sistemi, ticari binaların soğutulmuş su sistemleri için merkezi olmayan pompalara yönelik bir paradigma değişikliğidir; geleneksel balanslama, kontrol veya basınçtan bağımsız kontrol vanaları (PICV) kaldırılıp bunların yerine akıllı, bağlantılı pompalar

\* <https://www.thegef.org/topics/energy-efficiency>

kullanılmakta ve yalnızca ihtiyaç duyulan zamanda ve yerde debi ve basınç üretilmektedir.

Sonuç olarak otomatik, kullanılan pompa enerjisine göre önemli ölçüde daha verimli bir soğutulmuş su sistemi, debi dengeleme ve kullanım kolaylığı elde edilmektedir.

Grundfos Distributed Pumping-DiPu sistemi ile iç mekan iklimini iyileştirebilir, bakım maliyetlerini düşürebilir ve iklim ayak izinizi azaltabilirsiniz.

Bu uygulama kılavuzunda, Grundfos Distributed Pumping - DiPu sisteminin, soğutulmuş su sistemlerinde performansı nasıl artırdığı ve geleneksel vana sistemlerinin birçok eksikliğini nasıl ortadan kaldırdığı açıklanmaktadır. Kombine ısıtma ve soğutulmuş su sistemleri için distributed pumping - DiPu topolojisinin sistem tasarımı ve kontrol modlarındaki en iyi uygulamalarının teknik bir açıklamasını sağlamaktadır.



# İçindekiler



## 1. Ticari binalar için hidronik HVAC sistemlerine giriş

1.1 Enerji üretim tarafı.....	04
1.1.1 Soğutulmuş su sistemleri (CHWS) .....	04
1.2 Enerji tüketim tarafı.....	06
1.2.1 Klima santrali (AHU) .....	06
1.2.2 Fan coil ünitesi (FCU).....	07

## 2. Tesis konfigürasyonları ve sistem tasarımı - klasik sistemlere kıyasla distributed pumping

2.1 Soğutulmuş su sistemi tesis konfigürasyonları.....	10
2.1.1 Değişken birincil akışlı soğutulmuş su sistemi, VPF.....	10
2.1.2 Sabit birincil, değişken ikincil .....	13
2.2 HVAC sistemlerindeki zorluklar.....	15

## 3. Soğutulmuş su transfer kontrolü

3.1 Basınç gradyanı.....	16
3.2 Soğutulmuş su (CHW) dağıtım sistemleri: karşılaştırma..	18
3.3 Grundfos Distributed Pumping - DiPu tasarımı.....	19
3.4 Değişken birincil tasarım.....	19
3.5 Sabit birincil, değişken ikincil tasarım.....	19
3.5.1 Grundfos Distributed Pumping-DiPu sistemi.....	20
3.5.2 Değişken birincil tasarım.....	22
3.5.3 Sabit birincil, değişken ikincil tasarım.....	25
3.6 Soğutulmuş su (CHW) transfer sistemi – transfer gücü....	28
3.6.1 Klasik sistemler .....	29
3.6.2 Distributed Pumping - DiPu sistemi .....	31
3.7 Soğutulmuş su (CHW) transfer sistemi: güç karşılaştırması .....	34
3.8 Birincil pompa kontrolleri.....	35
3.9 Klima santralleri – soğutma serpantini kontrolleri .....	35
3.10 Fan coil üniteleri – soğutma serpantini kontrolleri .....	36

## 4. Tasarım örneği DPS

4.1 Proje tasarım örneği–genel uygulama örneği (gereken bilgi/veri açıklaması).....	37
4.2 Enerji karşılaştırması ve raporu.....	43

## 5. Değer teklifi DPS

5.1 Enerji tasarrufu.....	48
5.2 Her yükte otomatik balanslama .....	49
5.3 Kolay devreye alma .....	49

# 1. Ticari binalar için hidronik HVAC sistemlerine giriş

Bu bölümde, su sistemleri olarak da bilinen hidronik sistemler açıklanmaktadır. Bu metinde yer alan hidronik sistemler, ısı transfer ortamı olarak su kullanan sistemlerdir.

## 1.1 Enerji üretim tarafı

Soğutulmuş su sisteminin üretim tarafında, soğutma grupları ve soğutulmuş su pompaları (evaporatör) bulunmaktadır. Bu devrede soğutma grupları, birincil pompalar tarafından sirküle edilen suyu sürekli bir devre içinde soğutur.

### 1.1.1. Soğutulmuş su sistemleri (CHWS)

Soğutulmuş su sistemleri, bir binayı soğutmak amacıyla binanın alanlarındaki enerjiyi absorbe etmek ve bu enerjiyi havaya aktarmak için soğutulmuş su kullanan sistemlerdir.

Soğutulmuş su sistemleri, bir binayı soğutmak amacıyla binanın alanlarındaki enerjiyi absorbe etmek ve bu enerjiyi havaya aktarmak için soğutulmuş su kullanan sistemlerdir.

### 1.1.1.1. Farklı bileşenlere sahip soğutulmuş su sistemlerinin (CHWS) temelleri

Ticari binalarda HVAC tasarımının ilk yıllarından itibaren soğutulmuş su (CHW), ısı reddi için ısıyı klima santrali serpantinleri ve ısı eşanjörlerindeki endüstriyel ekipman yükleri gibi daha yüksek yük alanlarından yoğunlaşmış su devresine veya bir soğutma sistemine aktarmada etkili olmuştur. Soğutma yükünün büyüklüğü, bir veya daha fazla soğutma grubu tarafından karşılanabilecek soğutma grubunun kapasitesi gereksinimlerini belirler.

Ticari iklimlendirme veya soğutma sistemleri çoğunlukla soğutma tonu (TR) cinsinden derecelendirilmektedir. Soğutma sistemleri ayrıca kW's veya BTU/saat cinsinden derecelendirilebilir.

### Soğutulmuş su sistemleri aşağıdakilerden oluşur:

- **Soğutma grupları** - Su veya tuzlu suyu (antifriz içeren su) soğutmak için kullanılan soğutma makineleri
- **Kondenser** - Hava soğutmalı veya su soğutmalı
- **Kondenser su pompaları** - Suyun kondenser tarafına dağıtımı için (su soğutmalı soğutma grupları için)
- **Isı reddetme bileşeni** - Bir soğutma kulesi (veya kondenser)
- **Soğutulmuş su pompaları** - Suyun evaporatörden binaya dağıtımı için
- **Soğutulmuş su boruları** - Doğrudan dönüş veya ters dönüş
- **Kondenser su boruları** (su soğutmalı sistem için) veya soğutucu akışkan boruları (hava soğutmalı veya evaporatif soğutmalı dağıtım sistemi için) - Aynı akışkan sistemlerini ilgili bileşenler arasında transfer etmek için kullanılır



Soğutulmuş su sistemleri (CHWS) genellikle 5,5°C/42°F ile 12°C/53°F (ayarlanabilir) arasında bir soğutulmuş su besleme sıcaklığı (CHWS-T) sağlar.

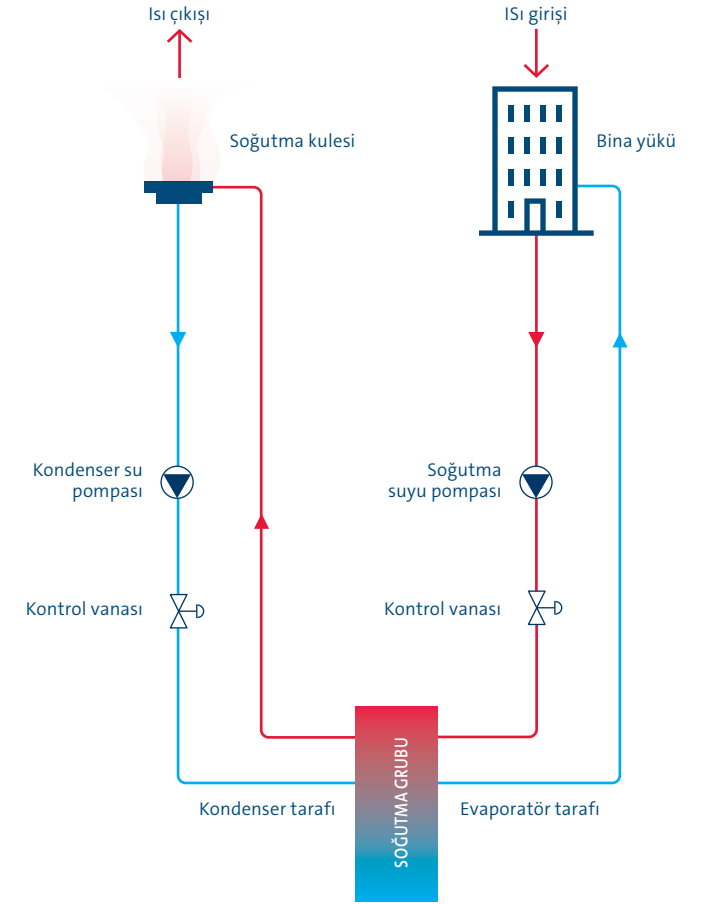
Ticari bir bina, belirli bir sıcaklık gerektiriyorsa soğutulmuş su sistemi manuel olarak veya bina yönetim sistemi (BYS/BAS) tarafından etkinleştirilir. Bazen bu, mesai saatleri gibi bir doluluk zamanlamasına ayarlanır. Soğutma grupları, soğutulmuş su pompalarına ve kondenser su pompalarına etkinleştirme komutu verilmesinin ardından devreye girer. Normalde su soğutmalı sistemler, kondenser ısı atım kaynağı olan soğutma kuleleri ile çalışır. Genellikle soğutulmuş su pompaları

ve soğutma kulesi fanları, talebi karşılamak için hız değiştiren, değişken frekanslı veya değişken hızlı sürücüler (VFD/VSD) kullanılarak kontrol edilir.

Şekil 1.1'de 35°C/95°F sıcaklıktaki kondenser suyu, kondenser su pompaları vasıtasıyla soğutma grubunun kondenser tarafından soğutma kulesine akar.

Ardından alttaki tepside toplanmadan önce bir dolgunun üzerine püskürtülür.

Ardından su, 29,5°C/85°F sıcaklıkta (ayarlanabilir) soğutma grubuna geri döner.



**Şekil 1.1** Klasik soğutulmuş su sistemlerinin (CHWS - Su soğutmalı soğutma grupları) çalışması

## 1.2 Enerji tüketim tarafı

### 1.2.1 Klima santrali (AHU)

Klima Santrali (AHU), HVAC sisteminin parçası olarak havayı koşullandırmak ve sirküle etmek için kullanılır. Klima santrali dışarıdaki havayı alır, şartlandırır ve binaya temiz hava olarak verir.

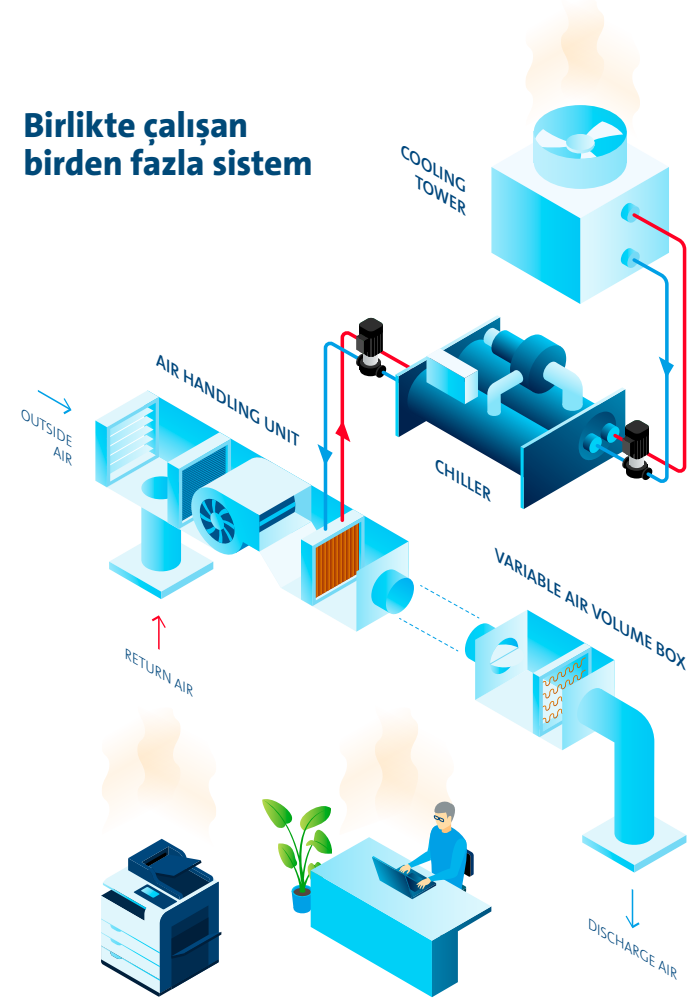
Besleme fanı (SF), klima santralinin ana bileşenidir. Besleme fanı AÇIK olarak ayarlanmışsa (besleme fanı durumunu kontrol edin veya SF-S'nin açık olduğundan emin olun) klima santrali çalışır durumda kabul edilir.

### 1.2.1.1 Çalışma

Besleme fanı açık ve klima santrali tamamen çalışır durumdayken soğutma serpantini kontrol vanaları ve ısıtma serpantini kontrol vanaları, tahliye veya besleme hava sıcaklığını (DA-T) doğru ayar noktasında (13°C/55°F, DA-T, SA-T) tutacak şekilde sistemi ayarlar.

Pompaların kontrol vanalarının yerini aldığı distributed pumping - DiPu sisteminde pompa hızı, tahliye havası sensörüne bağlı olarak ayar noktasını karşılayacak şekilde ayarlanır. Donma önleyici bir durumda klasik sistem soğutma serpantini kontrol vanası ve ısıtma serpantini kontrol vanası, serpantinlerin donmasını önlemek ve düşük sıcaklık koşullarında suyun akmasını sağlamak için sabit veya kısmen açık konuma (örneğin %100 açık veya %50 açık) ayarlanır.

## Birlikte çalışan birden fazla sistem



**Şekil 1.2** Şekilde su tarafının (soğutma grupları, pompalar ve soğutma kuleleri) hava tarafına (klima santrali ve değişken hava hacimli kutu) nasıl bağlandığı görülmektedir.

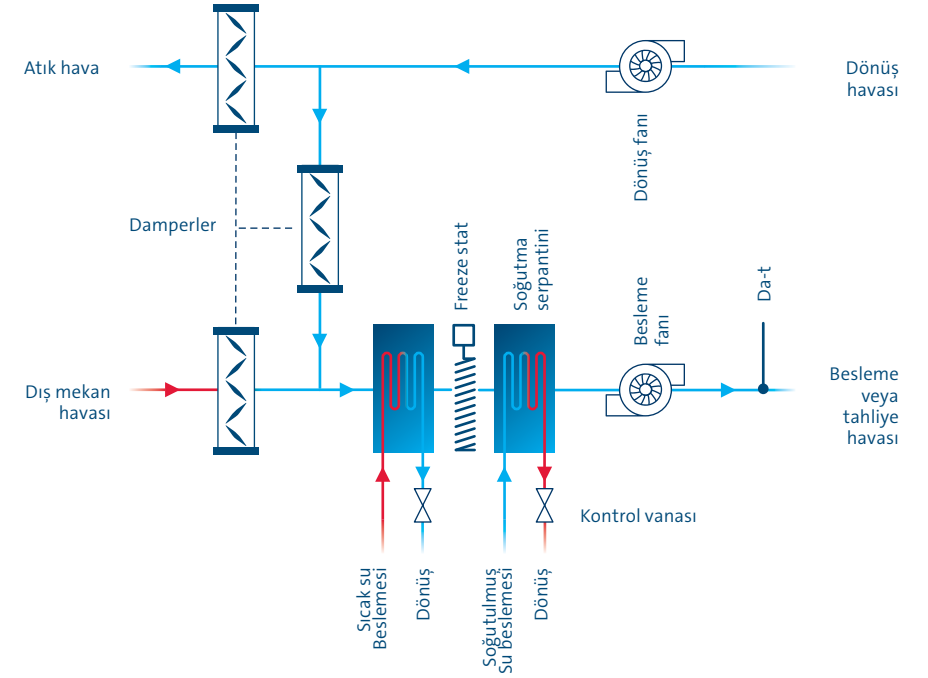


### 1.2.1.2 Klima santrali tipleri

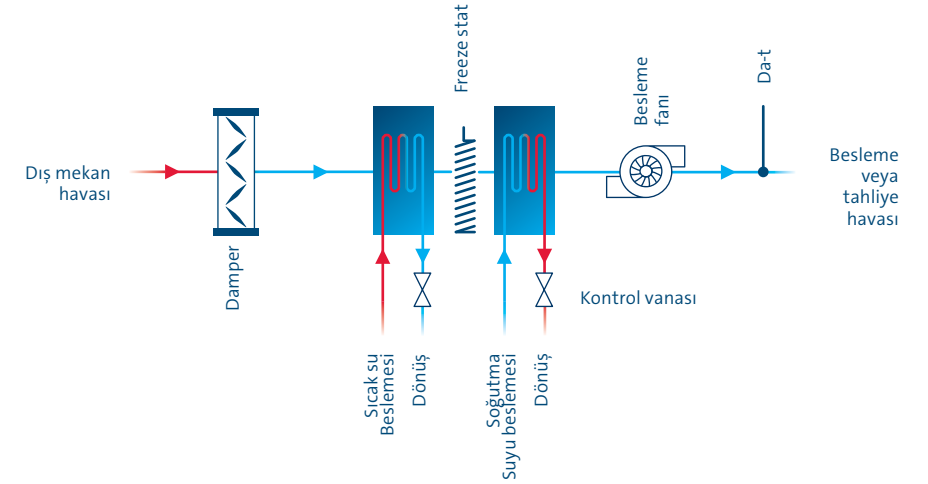
1. **Karışım havası:** Dış ortam havası ile ortam havasının karışımıdır.
2. **%100 dış ortam havası:** Sadece sisteme alınan dış ortam havasıdır. Dönüş havası ve karışım yoktur.

### 1.2.2 Fan coil ünitesi (FCU)

FCU, ofisler veya pompa odaları gibi küçük alanlar için konut ve ticari uygulamalarda yaygın olarak kullanılan HVAC ünitesinin bir parçasıdır. Cihaz, bir dizi ısıtma ve/veya soğutma serpantininden ve hava üfleyen bir fandan oluşur. Basit bir ifadeyle FCU, küçük bir klima santralidir.



Şekil 1.3 Karışım havalı klima santrali



Şekil 1.4 %100 dış ortam havası klima santrali

### 1.2.2.1 FCU uygulaması ve kurulumu

- Fan coil üniteleri hem ısıtma hem de soğutma için kullanılabilir. Hem ısıtma hem soğutma için fan coil üniteleri, bir termostatın fan coil fanını AÇIK veya KAPALI duruma getirdiği veya oda sıcaklığı ayarına göre kontrol vanasını modüle ettiği bir odaya bağlanır.
- Fan coil üniteleri, duvara veya tavana monte edilebilir.

### 1.2.2.2 Çalışma

Üst düzey bir bina kurulumunda doğrudan dijital kontrolör (DDC), sıcak su ve soğutulmuş su için modülasyon kontrol vanalarını kontrol etmek için bir alan/bölge sıcaklık sensörü kullanır ve alandaki sıcaklığı korur.

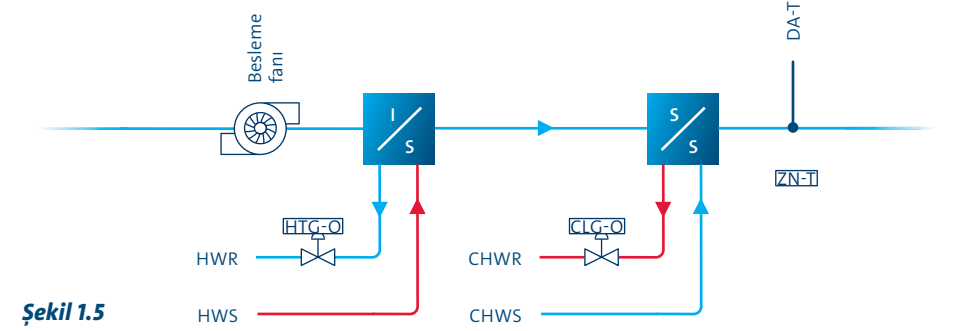
DDC'nin ayrı ısıtma ve soğutma ayar noktaları bulunmaktadır.

- Sıcaklık ayar noktasının altında olduğunda kontrolör, soğutulmuş su vanasını kapatır. Soğutulmuş su vanası tamamen kapatıldığında, ayar noktası sıcaklığını korumak için sıcak su vanası açılır.
- Sıcaklık ayar noktasının üstünde olduğunda kontrolör, sıcak su vanasını kapatır. Sıcak su vanası tamamen kapatıldığında, ayar noktası sıcaklığını korumak için soğutulmuş su vanası açılır.

DDC, ısıtma veya soğutma için fanı açmak üzere bir başlatma/durdurma işlevi sunar. İstenilen sıcaklığa ulaşıldığında fan kapanır. Fan coil fanı kapatıldığında ısıtma ve soğutma serpantini vanaları kapatılmalıdır.

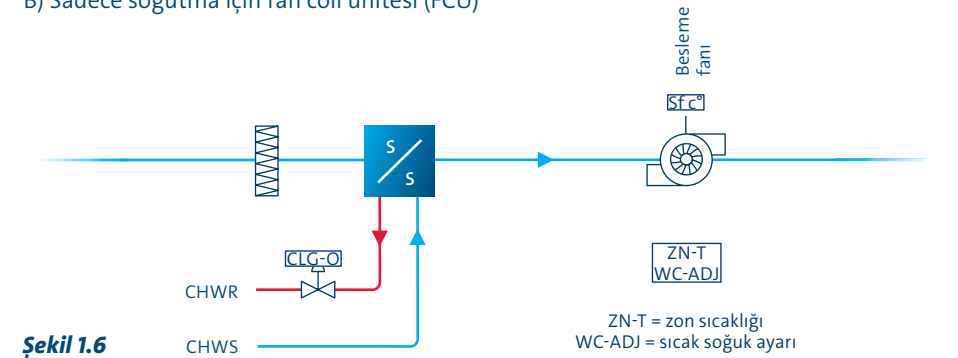
Daha basit binalarda bir oda termostatı vanayı açar veya kapatır ve bir fan coil'deki fanı açar. (soğutma senaryosu) Sıcaklık istenen sıcaklığın üzerinde olduğunda vana tamamen açık olacaktır. Oda sıcaklığına ulaşıldığında vana kapanır.

### A) Soğutma ve ısıtma için fan coil ünitesi (FCU)



Şekil 1.5

### B) Sadece soğutma için fan coil ünitesi (FCU)



Şekil 1.6



## 2. Tesis konfigürasyonları ve sistem tasarımı

Bu bölümde, klasik ve distributed pumping - DiPu sistemlerini karşılaştıracamız.

### Distributed pumping - DiPu sistemine giriş

Tipik bir soğutulmuş su hidronik sisteminde sıvı, pompalarla boru şebekesinden transfer edilir ve bir dizi balanslama ve kontrol vanası ile kontrol edilir.

Pompalar için en yaygın düzenleme, ikincil (değişken veya sabit devirli) düzenleme ile birincil veya değişken birincil düzenleme kullanmaktır. Bu düzende balanslama ve kontrol vanaları, soğutulmuş su/sıcak su boru şebekesinin farklı noktalarında bulunur ve terminal ünitelerine ya da zonlara akışı kontrol etmek için kullanılır.

Grundfos Distributed Pumping - DiPu sisteminde kontrol vanalarının yerini akıllı sirkülasyon pompaları alır. Vanalar olmadan akış engellenemez ve gereksiz sistem basıncı kayıpları oluşabilir.

Vanalar yerine pompalar ekleyerek akışı sınırlayan ekipmanı ortadan kaldırırız ve böylece gereksiz basınç kayıplarını ortadan kaldırırız. Vanaların pompalarla değiştirilmesi, sistemdeki sürtünme kayıplarını da azaltarak sistemi çalıştırmak için gereken enerji miktarını azaltır.

Distributed pumping - DiPu, vanaları pompalarla değiştirmekten daha fazlasıdır. Soğutulmuş su veya sıcak su sisteminin tamamında akışı düzenlemenin yeni bir yoludur. Sistem akışını kontrol etmek için zon pompaları, akış kontrolü ve enerji verimliliği açısından kritik olan bazı özel kontrol yetenekleri gerektirir.





## 2.1 Soğutulmuş su sistemi tesis konfigürasyonları

### 2.1.1 Değişken birincil akışlı soğutulmuş su sistemi, VPF

#### 2.1.1.1 Klasik VPF sistemleri

Değişken Birincil Akış (VPF) tasarımı, soğutulmuş su devresinin tamamında su sirkülasyonu için değişken debili pompalar kullanarak sabit debili soğutma grubu pompalarına ihtiyacı ortadan kaldırır (bkz. Şekil 2.1).

VPF sistemleri bazen yalnızca birincil soğutulmuş su sistemleri olarak adlandırılır.

Bu sistemin temel bileşenleri şunlardır:

**1: Analar** - Bir binanın ısı yükündeki değişiklikler sırasında branşman akışlarını ayarlamak için basınç modülasyon cihazı işlevi gören Klima Santrali (AHU) ve Fan Kontrol Üniteleri (FCU) üzerindeki iki yönlü kontrol vanası ve her branşman için hidrolik balanslama yapan bir balans vanası. Kontrol ve balans vanaları, basınçtan bağımsız bir kontrol vanası (PICV) ile değiştirilebilir.

**2: Fark Basınç (DP) sensörü** - Genellikle birincil pompaların hızını kontrol etmek için kullanılır. DP sensörünün konumu, binanın tasarım aşamasında önemli bir seçimdir; baypas veya indeks devresinde bulunduğunu varsayıyoruz.

**3: Birincil pompalar** - Suyu, binadaki en yüksek basınç düşüş devresine (indeks devresi) sirküle edecek boyuttadır. Birincil pompaların hızı, DP sensöründen alınan sensör geri bildirim ile kontrol edilir. Soğutulmuş su debisi soğutma grubu minimum debisinin altına düşerse baypas hattındaki vana açılır ve besleme hattından dönüş hattına baypas yaparak soğutma grubunun minimum debisinin korunmasını sağlar.

VPF tasarımı, pompa kontrolünü (yeterli su basılmasını sağlar) soğutma grubundan (suyun yeterince soğuk olmasını sağlar) ayrılabilir.

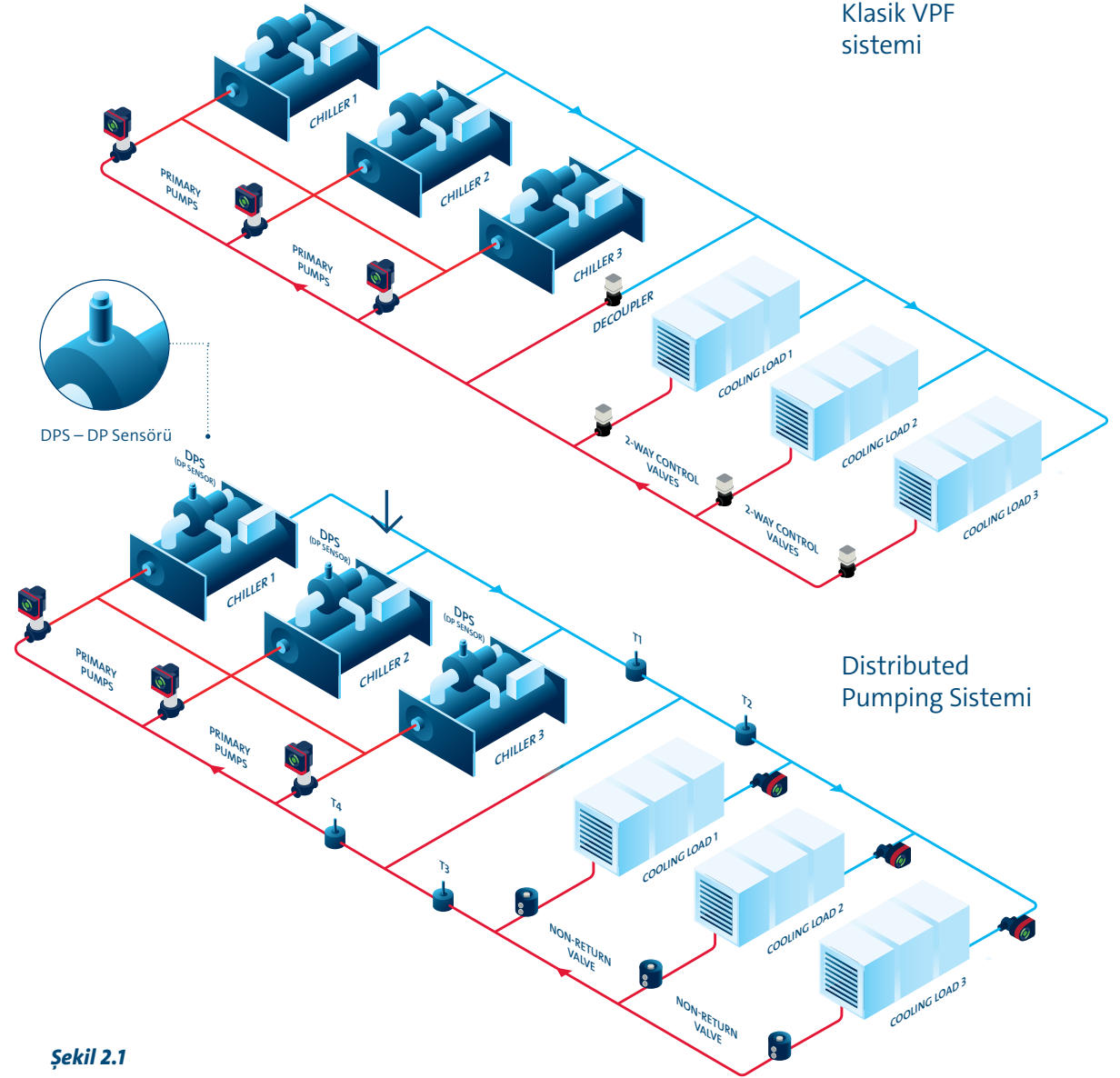
Birincil-ikincil sistemdeki ikincil pompa gibi, tipik VPF sistemindeki pompalar da sistemin belirli bir noktasında hedef fark basıncı ( $\Delta P$ ) korur (bkz. Şekil 2.1).

Artan yüklerle yakıt olarak klima santrali kontrol vanaları açıldığında basınç farkı azalır. Sistemde  $\Delta P$  dengesini sağlamak için pompa kontrolörü pompanın devrini yükseltir. Tersine, azalan serpantin yüklerine yanıt olarak klima santrali kontrol vanaları kapandığında, pompa kontrolörü hedefi  $\Delta P$  değerini korumak için pompa devrini düşürür.

Bu arada sistem kontrolörü, soğutma kapasitesini sistem yüküyle eşleştirmek için soğutma gruplarını açıp kapatır.

Klima santralleri doğru çalışırsa dönüş ve besleme suyu sıcaklıkları arasındaki fark ( $\Delta T$ ) neredeyse sabit kalır.

Bu nedenle, soğutma grubu evaporatörlerinden geçen su debisinin artırılması, çalışan soğutma grupları üzerindeki yükü artırır.



Şekil 2.1

Seri No.	Soğutulmuş su sistemi	Klasik Sistem	Distributed pumping - DiPu	Distributed Pumping - DiPu sisteminin avantajı
1	Birincil taraf	Birincil pompalar	Daha küçük boyutlu birincil pompalar	Birincil pompalar, birincil devredeki sürtünme kayıplarının üstesinden gelecek boyutta seçildiğinden birincil pompaların basma yüksekliği daha düşüktür.
2	Birincil taraf	İki yönlü baypas valfi (modülasyonlu)	Baypas valfi gerekmez.	Birincil-ikincil sistem gibi DPS de birincil ve ikincil tarafları ayırmak için bir ayırma hattı kullanır. Ayırma borusunda su akışı olmamalıdır. Ayırma devresinin temel amacı, birincil pompalar ve zon pompaları arasındaki akışı tespit etmek, eşitlemek ve aynı zamanda soğutuculara minimum debiyi korumaktır (Delta T1 = Delta T2).
3	İkincil taraf	Soğutma serpantini kontrol vanaları	Sirkülatör pompaları (Grundfos MAGNA3 ve TPE pompalar)	Soğutulmuş su şebekesi daha düşük sürtünme kayıplarına sahiptir ve daha az sistem basıncı gerektirir. Akıllı pompalar, ayrı terminal yüklerinin gereksinimlerine göre debiyi otomatik olarak dengeler. In-line pompadaki entegre kontrolör ve VSD, pompanın devrini ayarlayarak soğutulmuş su debisini klima santralinin yük talebine göre ayarlar.
4	İkincil taraf	Balans vanası	Balans vanası gerekmez.	Grundfos'un akıllı pompaları otomatik olarak balanslanır. Devreye alma işlemi çok daha kolay ve hızlı gerçekleştirilir.
5	İkincil taraf	NRV/çek valf (Çek valf gerekmez.)	Çek valf gerekir.	Distributed pumping - DiPu sistemindeki temel bileşenler olan çek valflerin doğru kullanımı, istikrarlı bir çözüm sağlanmasına yardımcı olur ve sistem, çalışma sırasında kapatılan terminal ünitelerinden geri akış sorunu yaşamaz. Distributed pumping - DiPu sistemlerinde sadece basınç kayıpları için çek valfler bulunur. Yalnızca birincil bir sistem, basınçtan bağımsız bir kontrol valfi (PICV) kullanılmadığı sürece bir balans kontrol vanası sunar.

**Genel özet:** İkincil serpantin pompaları daha az çalışma gerektirdiğinden distributed pumping - DiPu sistemi genel enerji tüketimini azaltır.

**Distributed pumping - DiPu sistemleri, aşağıdaki işlemler sırasında klasik VPF sistemlerine göre daha kısa devreye alma süresine sahiptir, örneğin:**

- Sistemin balanslanması
- Uzak DP sensörünün yerleştirilmesi ve takılması
- Birincil pompa kontrolleri için DP ayar noktası değerinin belirlenmesi
- Uzak DP sensörünün yerinin seçilmesi ve takılması
- Birincil pompa kontrolleri için DP ayar noktası değerinin belirlenmesi

### 2.1.2 Sabit birincil, değişken ikincil

Şekil 2.2'de klasik birincil-ikincil soğutulmuş su sistemi görölmektedir. Kontrol ve balans vanaları, Değişken Birincil Akışlı (VPF) sistem ile aynı işleve sahiptir.

Birincil-ikincil tasarıma sahip soğutulmuş su sisteminde ayırma hattı, soğutulmuş su devresinin sabit debili üretim tarafını değişken debili dağıtım tarafından hidrolik olarak "ayırır". Bu bağlamda ayırmak, soğutma grubu devresindeki debinin yük devresindeki debiyi etkilemediği anlamına gelir.

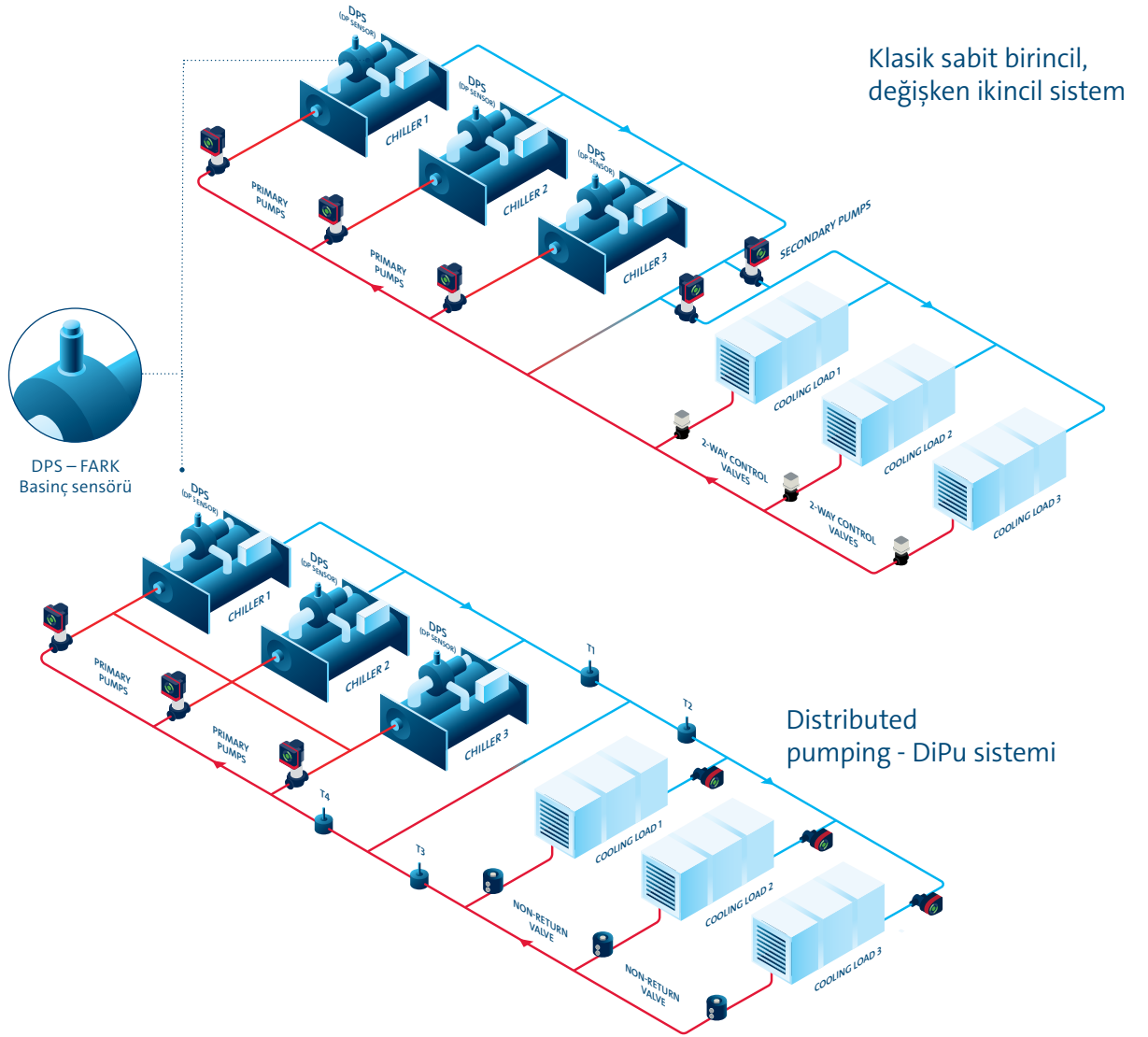
Birincil-ikincil sistemdeki baypas hattı, her zaman sabit soğutma grubu debisi sağlar.

Değişken ve sabit birincil akış arasındaki fark, sistemin çalışma şeklidir. Birincil-ikincil sistemde soğutma grubu ve birincil pompa genellikle birlikte çalışır.

İkincil pompalar, besleme hattını yeterince basınçlandırarak

soğutulmuş suyu indeks devresinde sirküle edecek şekilde boyutlandırılır. Bu ikincil pompalar genellikle indeks devresi branşmanında belirli bir fark basıncı koruyacak şekilde kontrol edilir ya da sabit hızda çalışacak şekilde ayarlanır. Bu konu, pompa kontrol ayarları bölümünde ele alınacaktır.

Her bir birincil pompanın devri, soğutma gruplarının nominal debisine eşit sabit bir debi sağlayacak şekilde ayarlanır ve aktif soğutma gruplarının sayısına eşittir. Birincil taraf, akışın her zaman ikincil taraf akışına eşit veya daha yüksek olması gerektiği şeklindeki akış kuralına uygun olmalıdır. Pompa kontrol ayarları hakkında daha fazla bilgi için bölüm 3.8'e bakınız.



Şekil 2.2

### Sabit birincil, değişken ikincil

Seri No.	Soğutulmuş su sistemi	Klasik sistem	DPS sistemi	DPS sisteminin avantajları
1	Birincil taraf	Birincil pompalar	Birincil pompalar	Değişiklik yok
2	İkincil taraf	İkincil pompalar	Sirkülatör pompaları (GF MAGNA3 ve TPE pompalar)	<b>Klasik sistemle karşılaştırıldığında DPS aşağıdaki avantajları sunar:</b> 1: Soğutulmuş su boru şebekesi daha düşük sürtünme kayıpları sağlar. 2: Sistem su dengelemesi gerekmez çünkü her ikincil serpantin pompası, her bir klima santralinin yük gereksinimine göre kontrol edilir. 3: Serpantin pompasındaki entegre kontrolör ve VSD, hızı düzenler ve sonuç olarak su debisi, klima santralinin yük talebine göre ayarlanır. 4: Sistemdeki her ikincil serpantin pompası, sistem basıncındaki değişikliklere bağlı olarak kendi devresinin debi talebini karşılamak için bağımsız olarak çalışır. 5: Grundfos'un akıllı pompa serisi otomatik balanslanır ve devreye alma işlemini çok daha kolay hale getirir.
3	İkincil taraf	Soğutma serpantini kontrol vanaları		
4	İkincil taraf	Balans vanası	Balans vanası gerekmez.	DPS, basınç kayıpları için yalnızca geri dönüşsüz bir valfe sahipken, birincil-ikincil sistemde PICV kullanılmadığı sürece balans kontrol vanası bulunur.
5	İkincil taraf	NRV/çek valf (Çek valf gerekmez.)	Çek valf gerekir.	Çek valfler, distributed pumping - DiPu sisteminde <b>anahtar bileşenlerdir</b> ; bunların doğru bir şekilde kullanılması <b>stabil bir çözüm</b> sağlamaya yardımcı olur. Ayrıca çek valfler, çalışma sırasında kapatılan <b>terminal üniteleri ile sistemin geri akıştan etkilenmemesini sağlar</b> .

#### Genel özet:

Sirkülatör serpantin pompaları daha az iş gerektirdiğinden DPS genel enerji tüketimini azaltır.

#### DPS devreye alma süresini önemli ölçüde kısaltabilir ve aşağıdaki işlemlere daha az vakit harcasınız:

- Sistemin balanslanması
- Uzak DP sensörünün yerleştirilmesi ve takılması
- Birincil pompa kontrolleri için DP ayar noktası değerinin belirlenmesi.

## Klasik sistemler ve DPS sistemleri

DPS, kaynak aynı kaldığı için su tarafı ekonomizerinin hem seri hem de paralel konfigürasyonları için ideal tasarımıdır.

**Kaynak ister soğutma grubu ister su tarafı ekonomizeri olsun DPS için ısı eşanjörünün önemi yoktur. Daha önce de belirtildiği gibi, distributed pumping - DiPu, yük tarafı vanalarını (AHU'lar ve FCU'lar) akıllı Grundfos pompalarla değiştirmekten çok daha fazlasıdır, soğutulmuş su sisteminin tamamında akışı dağıtmanın yeni bir yoludur.**

## 2.2 HVAC sistemlerindeki zorluklar

Hidrolik debi optimizasyonu, genel bina verimliliğini ve operasyonel performansı artırırken HVAC enerji tüketimini azaltmanın başlıca yoludur.

HVAC endüstrisi, binaların tasarlanma, kurulma, inşa edilme ve optimum şekilde kullanılma biçimini değiştirdi. Ardından modern teknolojik ve elektronik gelişmeler, bu sistemlerin nasıl kurulacağı, işletileceği ve sürdürüleceğini yeniden şekillendirdi. Bu kadar çok sistemin balanslı olmamasının nedenlerinden biri, klima sistemlerinin genellikle kötü devreye alınmasıdır.

Diğer bir neden, pompaların izlenmemesi veya Bina Yönetim Sistemlerine (BYS) entegre edilmemesi durumunda, eski ve aşınmış pompaların HVAC

sistemlerinde düşük pompa verimliliğine neden olmasıdır.

Yine bu, toplam sahiplik maliyeti üzerinde, işletme, servis ve sistemin optimize edilememesi nedeniyle maliyetlerin artması gibi etkilere sahiptir. Yukarıdaki zorluklar düşük Delta T sendromuna da katkıda bulunabilir ve bu, herhangi bir iklimlendirme sistemi için en kritik zorluktur. Sistemin tasarlandığı soğutulmuş su sıcaklık aralığı korunmazsa düşük Delta T sendromu oluşur.

Bu, diğer sorunların yanı sıra, binanın gerçek enerji tüketiminin tasarlanan enerji tüketimini aşmasına ve düşük konfora neden olabilir.

Sistemin tasarlandığı Delta T aralığının korunmamasından kaynaklanan sorunlar, fazla soğutulmuş suyun taşmasına ve bileşenlerin tasarım çerçevelerinin dışında ve dolayısıyla en iyi verimlilik noktasının dışında çalışmasına neden olabilir. Buna bağlı olarak sistem performansı düşer, enerji kullanımı artar ve konfor düşer.

Soğutulmuş su sistemindeki Delta T aralığı çok düşerse binada yeterli soğutma sağlamak için debi artırılmalıdır.

## Düşük Delta T'ye yol açabilecek ana nedenlerden birkaçı şunlardır:

- HVAC sistemi dengelenmemiştir ve zonlar arasındaki taşma veya açlık, sistemin yeterince soğutulmamasına neden olur
- Gereken dönüş sıcaklıklarına ulaşamayan gerekenden küçük veya kirli serpantinler
- Büyük veya hatalı kontrol vanaları
- Sızdıran ısı eşanjörleri ve arızalı çek valfler gibi sistemde gizli veya unutulmuş baypaslar
- Büyük boyutlu, kontrolsüz pompalar veya pompanın, performansı yük değişimlerine adapte etmesine uyarlamasına izin vermeyen 'yanlış' kontrol modunda çalıştırılan pompalar

# 3. Soğutulmuş su transfer kontrolü

Bu bölümün amacı, farklı soğutulmuş su pompa tasarımlarının kontrol stratejilerinin, çeşitli bina yükü durumlarında sistemin pompa gücü üzerindeki etkisini tanımlamaktır.

Benzer bir çalışma Grundfos Distributed Pumping - DiPu sistemi için yapılmıştır. Tüm farklı sistemlerde ve kontrol stratejilerinde pompa gücü ihtiyaçlarının karşılaştırmasını yapacağız.

## 3.1 Basınç gradyanı

Bu bölümün amacı, farklı soğutulmuş su pompa tasarımlarının kontrol stratejilerinin, çeşitli bina yükü durumlarında gereken pompa gücü üzerindeki etkisini tanımlamaktır. Benzer bir çalışma Grundfos Distributed Pumping - DiPu sistemi için de yapılmıştır ve son olarak, tüm farklı düzenlerde ve kontrol stratejilerinde pompa gücü ihtiyaçlarının karşılaştırmasını yapacağız.

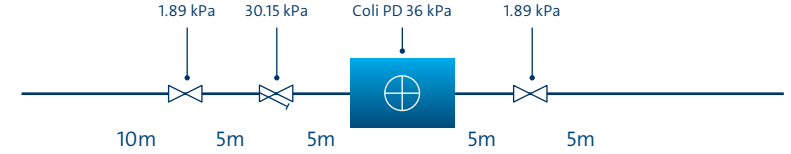
Soğutulmuş su transfer sistemleri, soğutulmuş su şebekesindeki basınç değişikliklerini gösteren gradyan grafikleriyle görselleştirilebilir.

Bu grafikleri oluşturmak için şunları belgelemeniz gerekir:

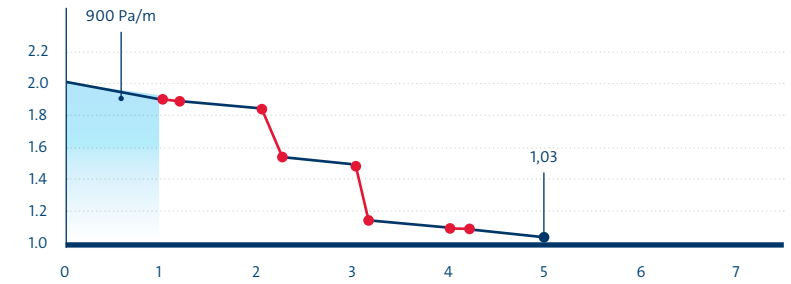
- Boru uzunlukları, çapları ve bağlantı parçaları (pislik tutucular, sürgülü vanalar ve dirsekler gibi)
- Şebekedeki debi
- Çeşitli yüklerin nominal basınç düşüşleri (soğutma serpantini basınç düşüşü gibi)

Ardından, boruların ve boru bağlantı parçalarının her bir bölümü için ayrı basınç kayıplarını belirlemek üzere boru boyutlandırma grafikleri ve bağlantı parçaları için eşdeğer boru uzunluğu gibi yöntemleri kullanabilirsiniz.

Şekil 3.1.1'de, sabit debi ile tek bir DN150 hattının vurgulandığı basit bir örnek görülmektedir. Burada, tüm boru bağlantı parçalarının basınç düşüşü 'eşdeğer boru uzunluğu' yöntemi ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.1.1 900 [Pa/m] boru gradyanı ile 75 L/sn. debili DN150 boru



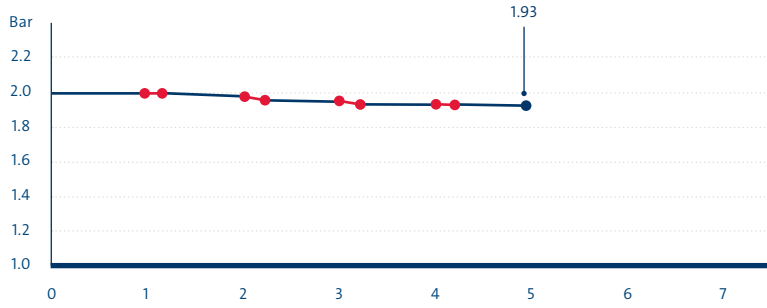
Şekil 3.1.2 Tek boru hattı için basınç gradyanı grafiği örneği

Şekil 3.1.2'de tek boru hattı için basınç gradyanı grafiği görülmektedir. 2 bar başlangıç basıncı, bu örnekte 2 bar olan rastgele bir değer olarak tanımlanmaktadır. Soldan sağa doğru mavi çizginin eğimi tanımlanan 900 [Pa/m]'dir ve her boru bağlantısında, bağlantı parçasının miktarıyla birlikte basınç düşer. Bu boru hattındaki toplam kayıp 97 [kPa]'ya ulaşmaktadır.

Branşmanda debi azaldığında basınç kayıpları da azalmaktadır.

Yalnızca debi azaldığında, daha önce olduğu gibi aynı prosedürü izlersiniz. Bu, debinin 20 [L/sn.] değerine düşürüldüğü ve grafiğe yeni bir basınç kaybı gradyanı eklenen Şekil 3.1.3'te gösterilmiştir.



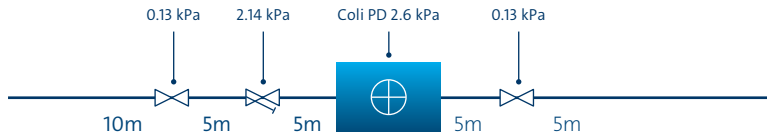


**Şekil 3.1.3** Düşük debili boru hattı için basınç gradyanı grafiği

Şekil 3.1.4'te, debinin %73 azaltılmasına kıyasla toplam basınç kayıplarının %93 azaltılarak 7 [kPa]'ya düşürüldüğü görülmektedir. Bu örnekte, modülasyon vanası olmadığından, tüm bağlantı parçaları ve borular sabit açıklıklar olarak kabul edilebilir, yani debinin azaltılması ile basınç kayıpları arasındaki ilişkiyi tanımlamak için Benzerlik Yasası uygulanabilir:

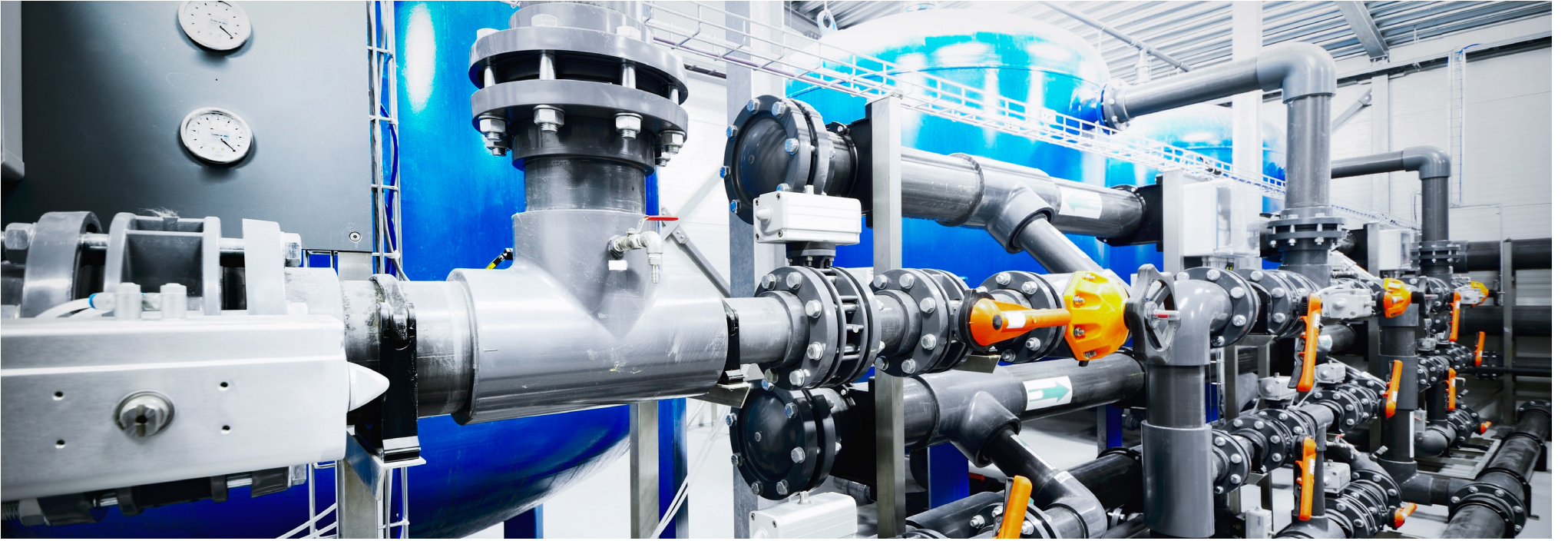
$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \Leftrightarrow H_1 = H_2 \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = H_2 * X^2$$

Burada, H ve Q sırasıyla basma yüksekliği kaybını ve debiyi tanımlarken, x yeni debi ile orijinal debi arasındaki ilişkidir.



**Şekil 3.1.4** 70 [Pa/m] boru gradyanı ile 20 L/sn. debili DN150 boru





### 3.2 Soğutulmuş su dağıtım sistemleri karşılaştırması

Bu bölümde, distributed pumping - DiPu sistemini iki klasik soğutulmuş su dağıtım tasarımıyla karşılaştıracamız: değişken birincil ve sabit birincil, değişken ikincil. Klasik sistemler en yaygın olarak şebekedeki fark basınç ayar noktasına göre kontrol edilir.

Bu sensörün konumu değişebilir ve her bir olasılığı kapsamak imkansızdır. Bu karşılaştırmada, en yaygın konumları temsil eden üç farklı sensör konumu değerlendirilmektedir:

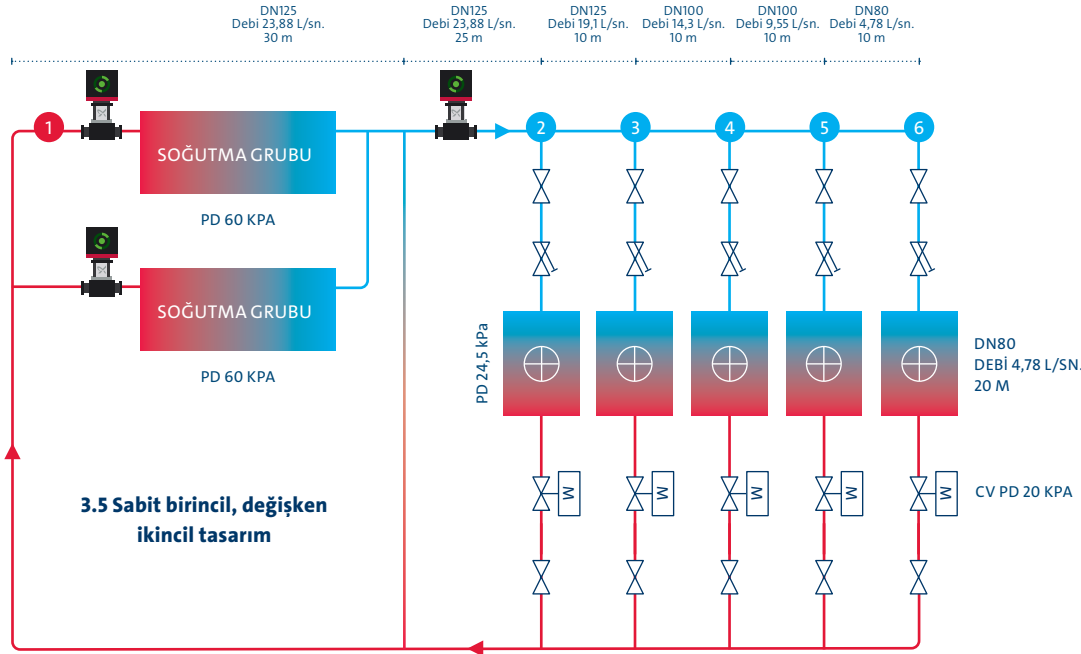
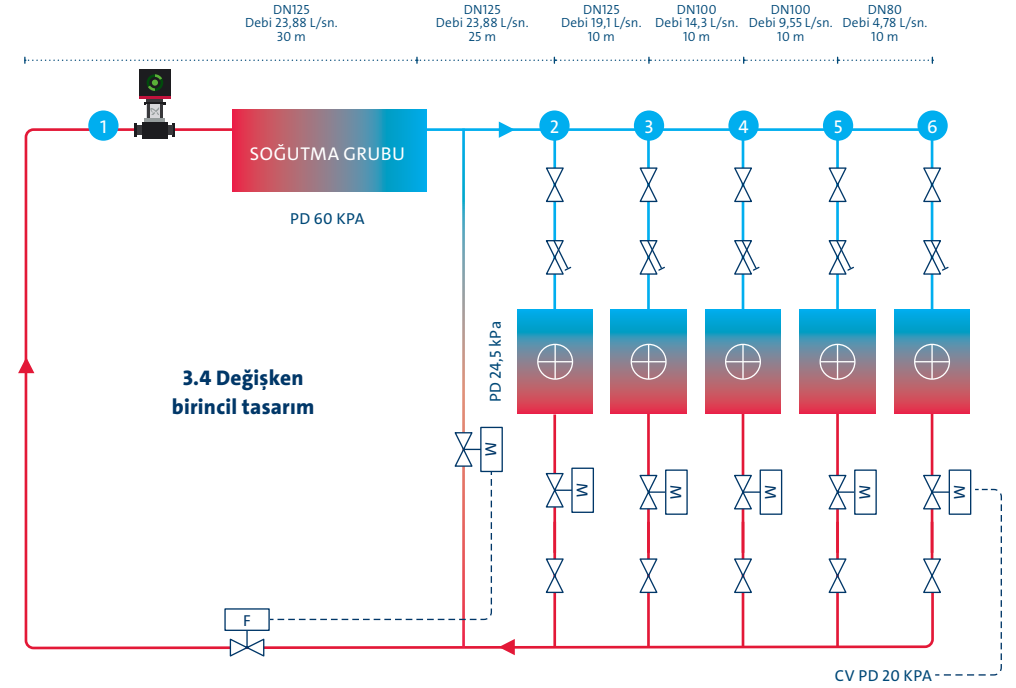
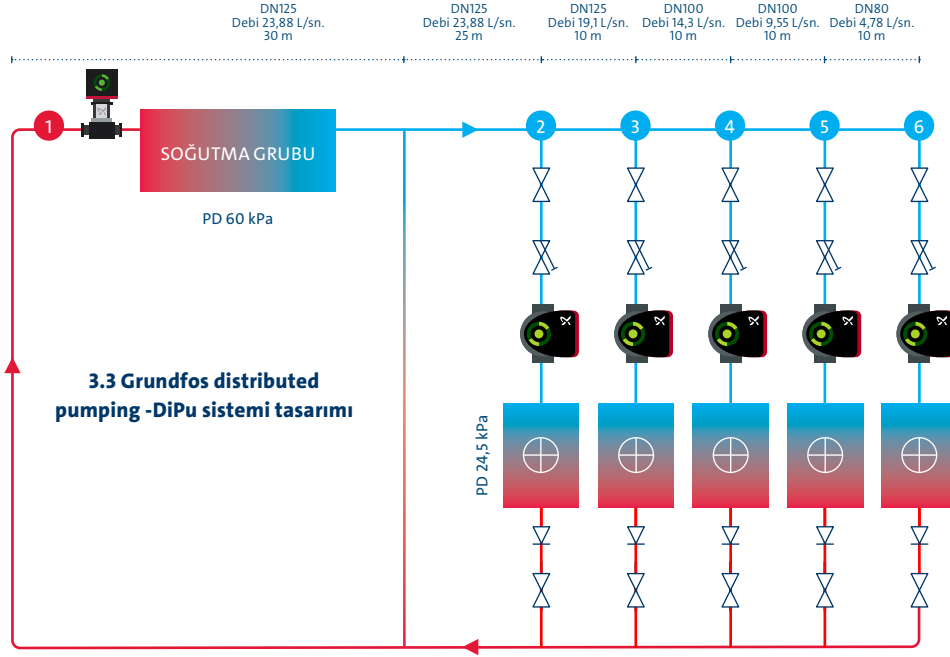
1. Değişken birincil sistemler için baypas hattı boyunca fark basınç ve sabit birincil, değişken ikincil için sabit basma yüksekliği.
2. Şebekedeki en uzak branşmana giden yolun üçte ikisinde fark basınç.
3. Şebekedeki en uzak branşmanda fark basınç, genellikle indeks olarak adlandırılır.

Klasik sistemlerin basınçtan bağımsız kontrol vanaları (PICV) kullandığı ve hidrolik balanslamanın göz ardı edilebileceği varsayılmaktadır. Yine de PICV tarafından indeks devresinde üretilen basınç kayıplarını dikkate almak gerekir çünkü bu, klasik pompa basma yüksekliğini etkiler.

PICV'nin nominal basıncı, üreticiye ve modele göre değişir ancak genellikle bu karşılaştırma için kullanılan değer olan 20 kPa civarındadır. Bu karşılaştırmamızın amacı, farklı sistemleri tam sistem debisinde ve kısmi yüklerde karşılaştırmaktır.

Kısmi yük için tüm branşmanlar eşit olarak yüksüzdür ve karşılaştırma basit hale getirilmiştir. Bu alıştırmanın ardından dengesiz branşman yükü boşaltma noktaları ele alınacaktır.

Boru tasarımı, yükler ve soğutma grupları tüm tasarımlarda aynıdır. Tek fark, sistemdeki pompaların sayısı ve/veya konumudur. Soğutma grubu minimum debisinin, etkisi olmayacak kadar düşük olduğu kabul edilmektedir.



### 3.3 Grundfos Distributed Pumping - DiPu tasarımı

### 3.4 Değişken birincil tasarımım

### 3.5 Sabit birincil, değişken ikincil tasarımım

Boru şebekesi, bağlantı parçaları ve ekipman, tüm boru bölümlerindeki basınç kayıplarını hesaplamak için Grundfos hidrolik boyutlandırma aracına eklenmiştir.

Bu bilgiler, %100 debi durumlarında üç farklı tasarım için basınç gradyanlarını çizmek amacıyla kullanılmaktadır.

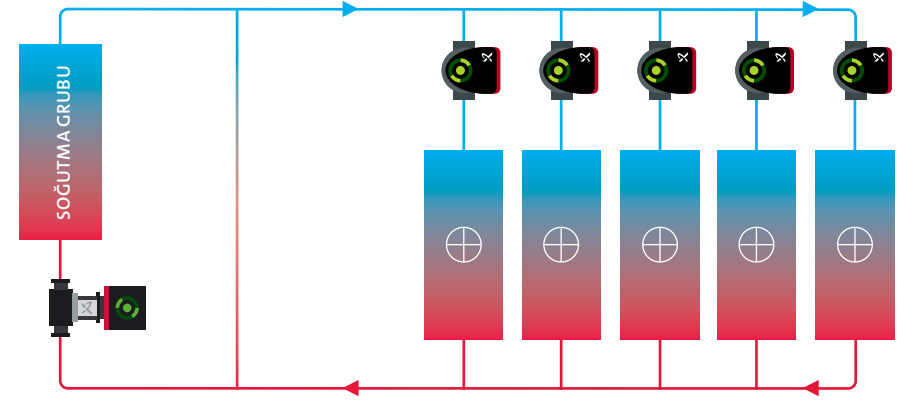
### 3.5.1 Grundfos Distributed Pumping - DiPu sistemi

Distributed pumping - DiPu sistemi tasarımında ayırma hattının, kararlı durumda yükünde fark basınç farkı bulunmamaktadır.

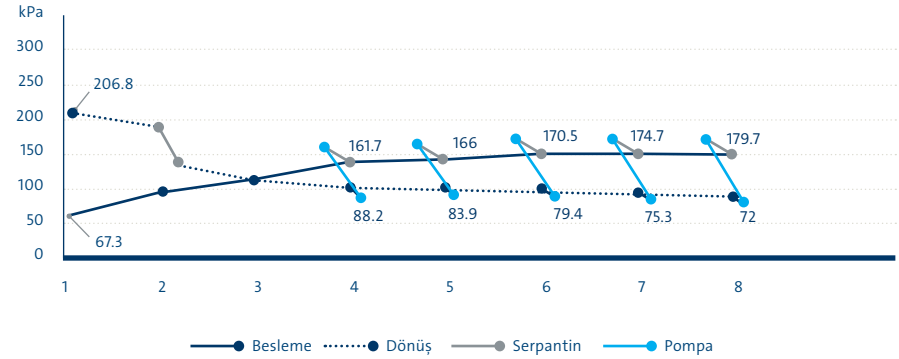
Bunun nedeni, birincil pompanın suyu soğutma grubundan ayırıcıya bastığı, serpantin pompalarının ise ayırıcıdan suyu çektiği basma-çekme tasarımıdır. Her serpantin pompası, dönüş hattı ile besleme hattı arasındaki basınç farkının ve serpantin düşüşünün üstesinden gelmeye eşit bir pompa basma yüksekliği sağlamaktadır. Her serpantin pompasındaki basınç düşüşü, boru bağlantı parçalarından, özellikle de pompadan önce basınç kayıplarına neden olan y tipi pislik tutucudan kaynaklanmaktadır.

Distributed pumping - DiPu sisteminin benzersiz bir özelliği, dönüş tarafının basıncının besleme hattından daha yüksek olmasıdır. Her serpantin pompasında basınçlandırma gerçekleştiğinden geri akışı önlemek için serpantin pompasıyla birlikte bir Çek Valf (NRV) gereklidir.

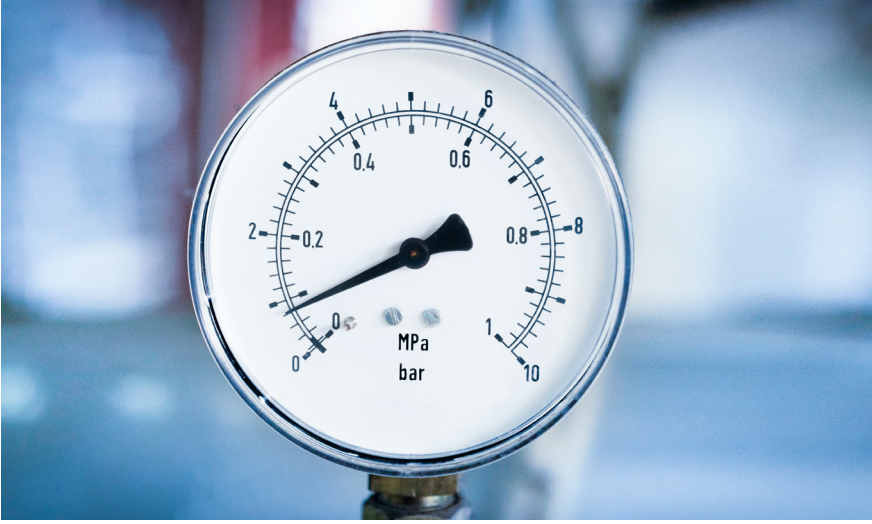
Ayrıca, bir serpantin pompası kapatılsa bile, daha yüksek dönüş hattı basıncı çek valfin her zaman tamamen kapalı olmasını sağladığından, serpantinden sızıntı olmaz.



Şekil 3.5.1.1 Basitleştirilmiş Grundfos Distributed Pumping - DiPu tasarımı



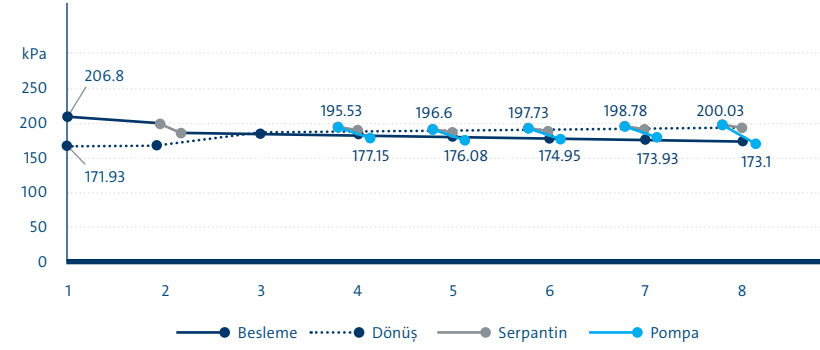
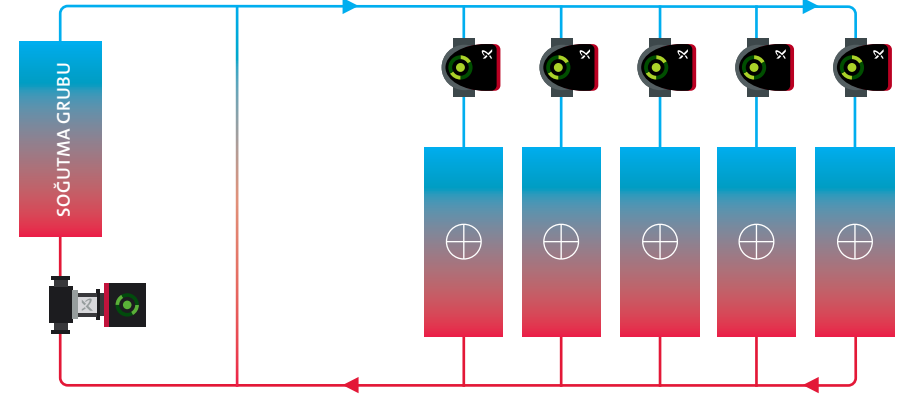
Şekil 3.5.1.2 %100 debide distributed pumping - DiPu sistemi tasarımı için basınç gradyanı



Basınç modülasyon vanaları bulunmadığından DPS tasarımı, Benzerlik Yasası ile tam olarak açıklanabilir.

Yani debi azaldıkça, pompa basma yüksekliği önemli ölçüde azalır ve yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi, pompa basma yükseklikleri yaklaşık %75 oranında azalır.

Tüm pompalarda hem debi hem de basma yüksekliğinde bu tür azalmalar, genel pompa gücünü önemli ölçüde azaltır.



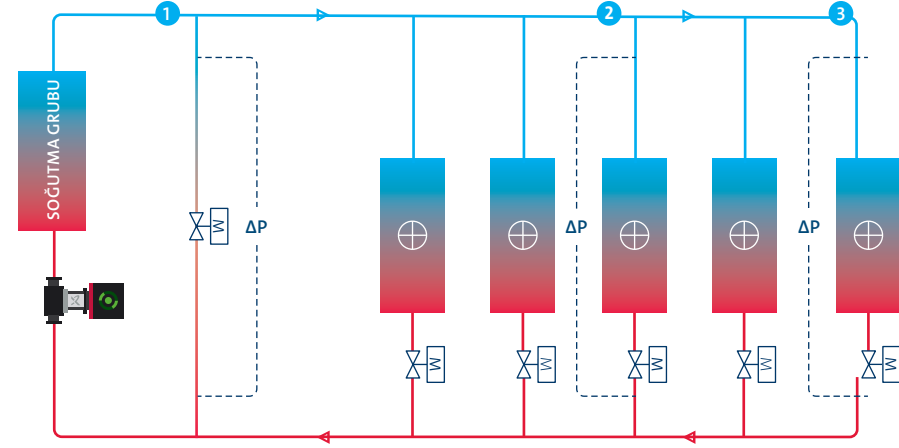
Şekil 3.5.1.3 %50 debide distributed pumping - DiPu sistemi tasarımı için basınç gradyan

### 3.5.2 Değişken birincil tasarım

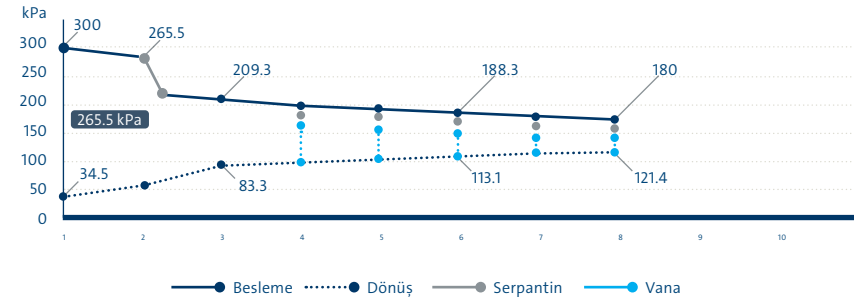
Değişken birincil tasarımı devreye alırken pompalar %100'e kadar yükseltilir. Aksi takdirde, tasarım debisi ve devreye alma ekibi, pompaların hızını kontrol etmek için kullanılan noktadaki fark değerini not eder.

Şekil 3.5.2.2'de, DP sensörleri için üç farklı konum görülmektedir. Basınç gradyanı, bu konumlarda hesaplanan gerçek basıncı göstermektedir. PICV kapandıkça ve sistem debisi azaldıkça pompa hızını ve dolayısıyla basma yüksekliğini düşürerek belirlenen fark basıncı korur.

Aşağıdaki örneklerde, DP sensörü konumlarının her biri için %50 ile pompa basma yüksekliği farkı gösterilmektedir.



Şekil 3.5.2.1

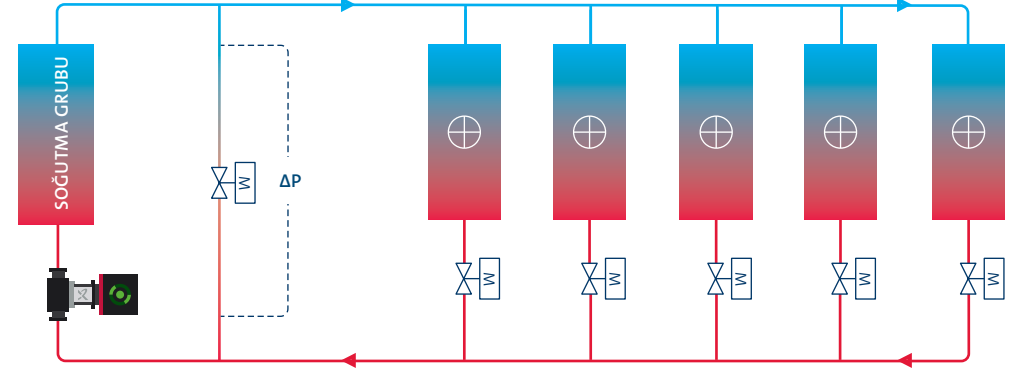


Şekil 3.5.2.2 %100 debide değişken birincil tasarım için basınç gradyanı

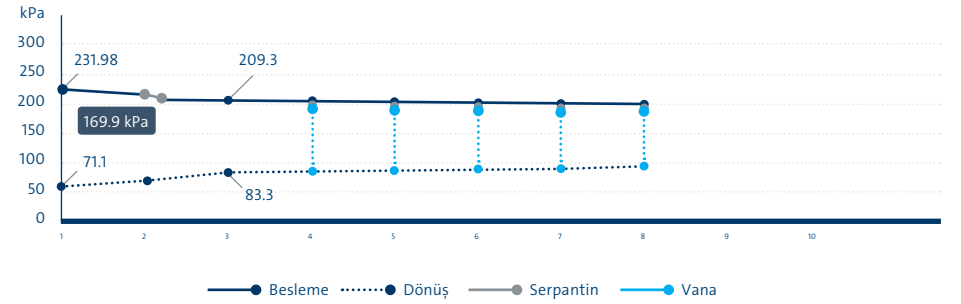
PICV vanaları kapanırken basınç kayıplarını arttırır ve bu da branşmandaki debiyi azaltır. Debi azaldıkça boru bağlantı parçaları ve serpantin basınç kaybı azalır çünkü bunlar hâlâ Benzerlik Yasası'na göre hareket eder.

Düşük debi aynı zamanda soğutma grubu ve borulardaki basınç kaybının azalması anlamına gelir, bu nedenle baypasta distributed pumping - DiPu ayar noktasını korumak için değişken birincil pompanın basma yüksekliği azaltılır. Baypas pompaya yakın olduğundan basma yüksekliği azalması sınırlıdır ve besleme basıncı yüksektir. Vanalar arasında daha yüksek basınç kaybı olduğu için basınç gradyanı grafiğinde kare görünüm oluşur.

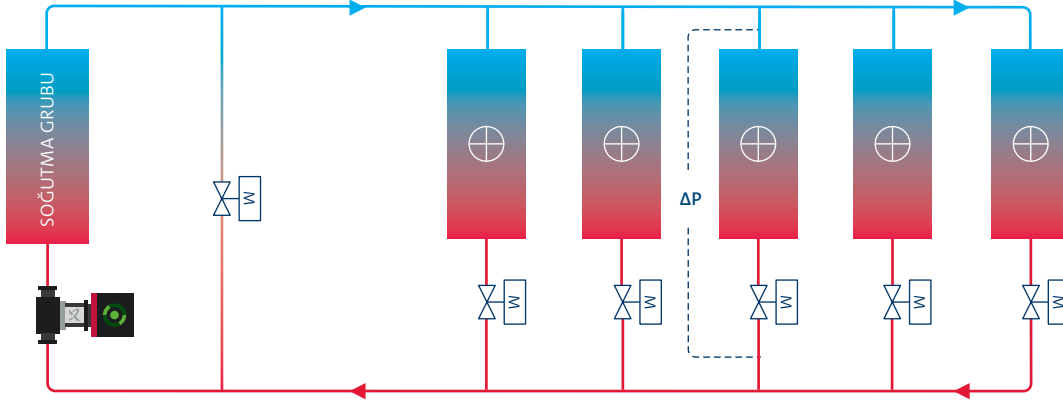
DP sensörünü akış yönünde daha ileri hareket ettirmek, pompa basma yüksekliğini daha da azaltır ve basınç gradyanı daha keskin görünür. Vanalar arasındaki basınç kaybı da azalır.



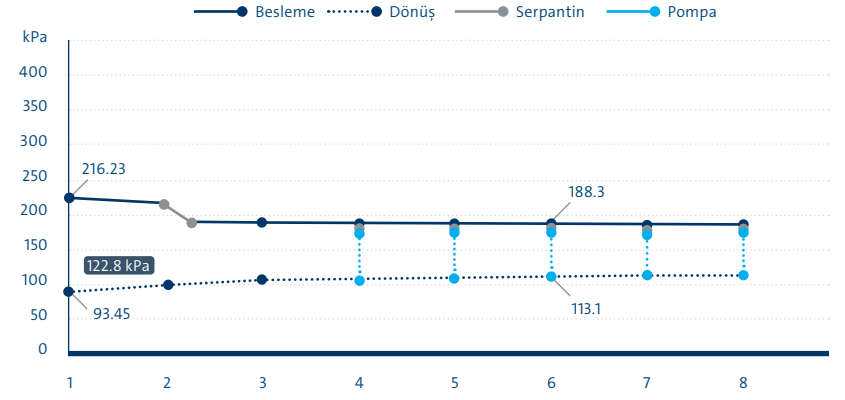
Şekil 3.5.2.3 Baypasta sabit fark basınç ile basitleştirilmiş değişken birincil tasarım



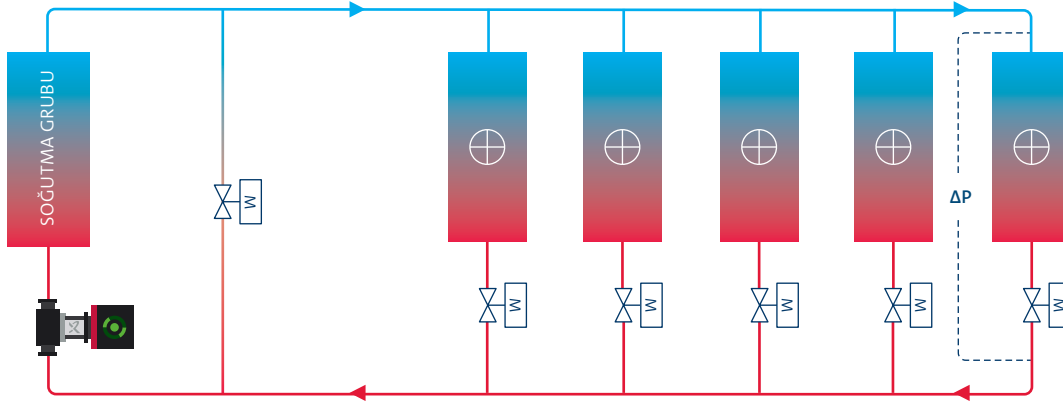
Şekil 3.5.2.4 Ayırcıda distributed pumping - DiPu sensörü tarafından kontrol edilen değişken birincil için basınç gradyanı - %50 debi



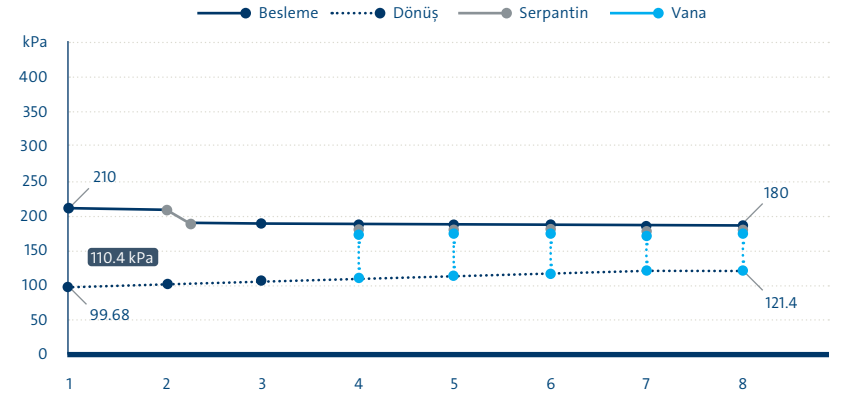
Şekil 3.5.2.5 Yolun 2/3'ünde sabit fark basınç ile basitleştirilmiş değişken birincil tasarım



Şekil 3.5.2.6 Akış yönünün 2/3 konumunda DP sensörü tarafından kontrol edilen değişken birincil için basınç gradyanı - %50 debi



Şekil 3.5.2.7 İndekste sabit fark basınç ile basitleştirilmiş değişken birincil tasarım



Şekil 3.5.2.8 İndekste DP sensörü tarafından kontrol edilen değişken birincil için basınç gradyanı - %50 debi



DP sensörü indekste iken pompa basma yüksekliği en düşük değerine ulaşır. Değişken birincil sistemi kontrol etmek için indeks zon pompasının kullanılması, kısmi yüklerde en düşük pompa basma yüksekliğini sağlar ancak aynı zamanda zon açıklığına da neden olabilir.

Zon açıklığı bu basınç gradyanlarında gösterilmemiştir ancak indeks branşmanının düşük debi gerektirdiği, diğer branşmanların ise yüksek debi gerektirdiği durumlar gibi farklı branşmanların dengesiz yüklenmesi sırasında ortaya çıkabilir. Pompa indeks tarafından kontrol edilmektedir; bu nedenle basma yüksekliği azalır, bundan dolayı indeksten daha yüksek debi gerektiren branşmanlar için basınç ve debi yetersizdir.

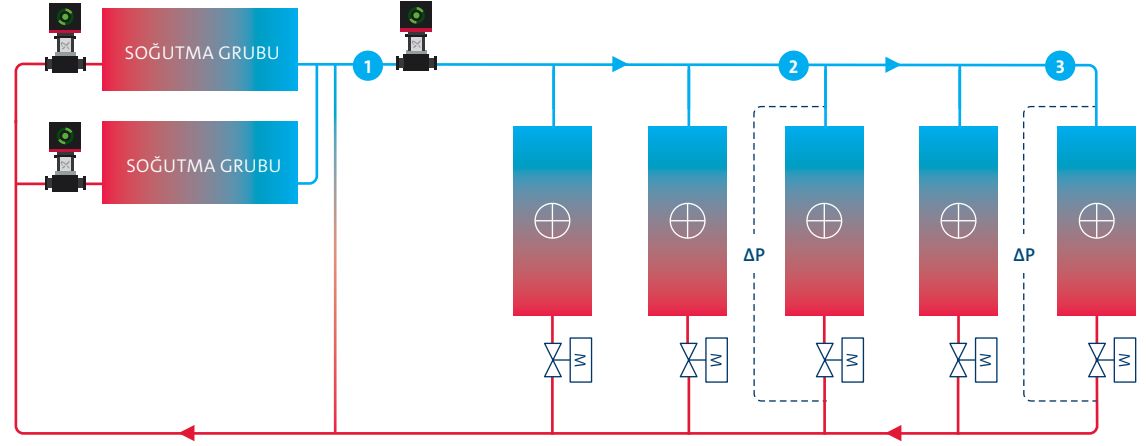
Bu nedenle birçok sistem, baypas veya akış yönünün 2/3 konumunda bir DP sensörü kullanmayı tercih eder. Bu, pompa basma yüksekliğinin ve gücünün daha yüksek olduğu anlamına gelmez ancak bina içindeki konforu tehlikeye atacak bir zon açıklığı olmamasını sağlar.

### 3.5.3 Sabit birincil, değişken ikincil tasarım

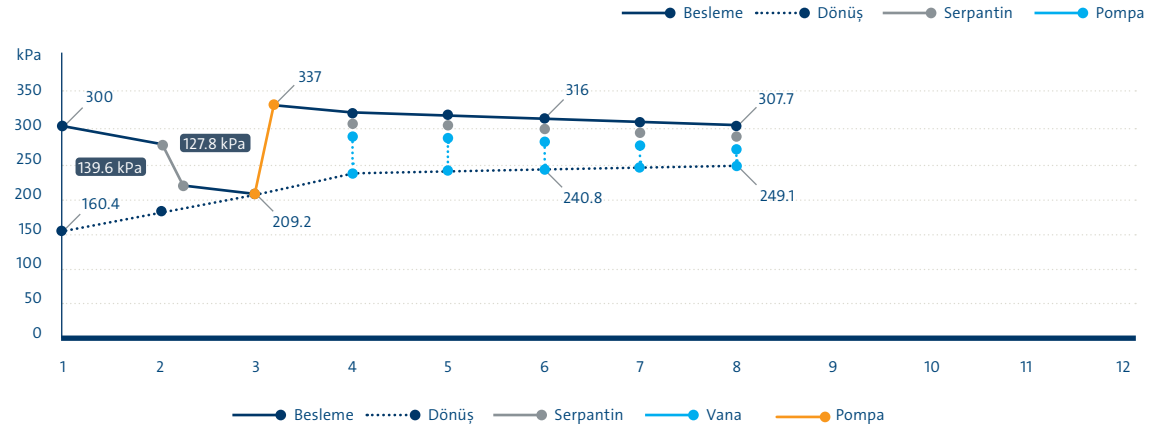
Değişken birincil sistemde olduğu gibi ikincil pompalar bir fark basınç ayar noktası veya sabit pompa basma yüksekliği ile kontrol edilir. Ayar noktası, pompaların %100 debide veya tasarım debisinde çalıştırılmasıyla devreye almanın bir parçası olarak belirlenir.

Birincil pompalar, birincil pompaların sabit bir hızda açılıp kapatıldığı ve birincil tarafın her zaman ikincil tarafın talebine eşit veya daha yüksek debi sağlaması gerektiğini belirten, Debi Yasası olarak adlandırılan prensiple kontrol edilir.

Bu örnekte, her biri toplam debinin yarısını sağlayan iki adet birincil pompa olduğu varsayılmaktadır. Bu, ikincil taraf debisi %50 veya daha düşükse yalnızca bir adet birincil pompa çalışır.



Şekil 3.5.3.1 Basitleştirilmiş sabit birincil, değişken ikincil tasarım



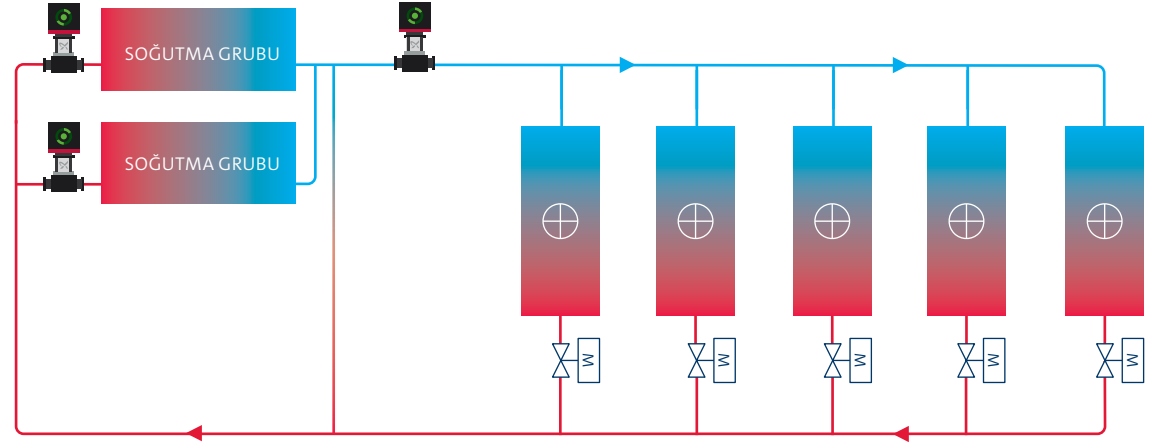
Şekil 3.5.3.2 %100 debide FPVS için basınç gradyanı

Debi, aşağıda gösterildiği gibi %50'ye düşürüldüğünde birincil pompalardan ve soğutma gruplarından sadece biri kullanılır. Soğutma grupları eşit basınç düşüşüne sahip olduğundan ve içinden geçen debi aynı kaldığından basınç düşüşü değişmez.

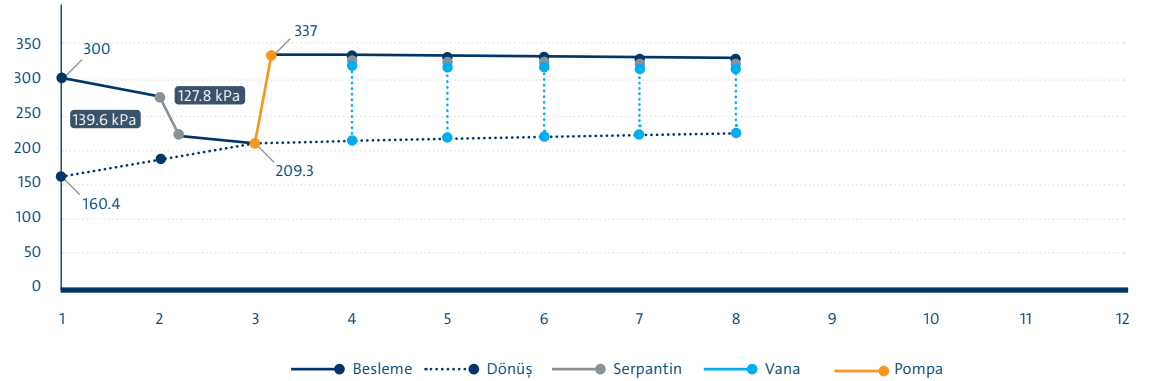
Bu durumda, sabit birincil pompa tüm kısmi yüklerde aynı debide ve benzer basma yüksekliğinde çalışır. Debi azaldığında birincil taraftaki borulardaki kayıplar azalır. Bu örnekte, soğutma grubu basınç kayıplarına kıyasla bu kayıplar ihmal edilebilir.

Şekil 3.5.3.4'teki ikincil pompa, sabit pompa basma yüksekliği kontrol modunda, yani %100 ila %50 debide çalışır, basma yüksekliği değişmeden kalır. Bu, basınç gradyanına yüksek besleme basıncı ile kare görünüm verir.

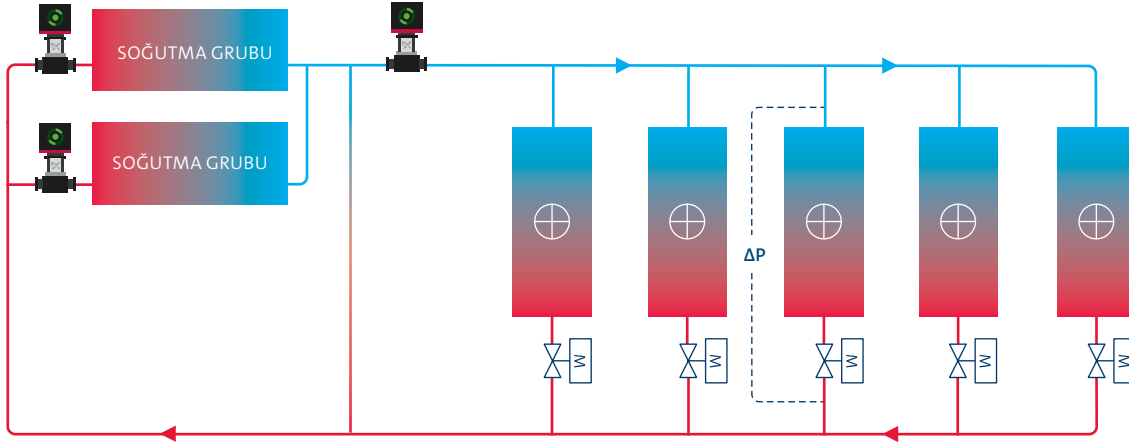
PICV'ler, branşmanlarda gerekli debiyi sağlamak için yüksek basınç kayıpları yaşar.



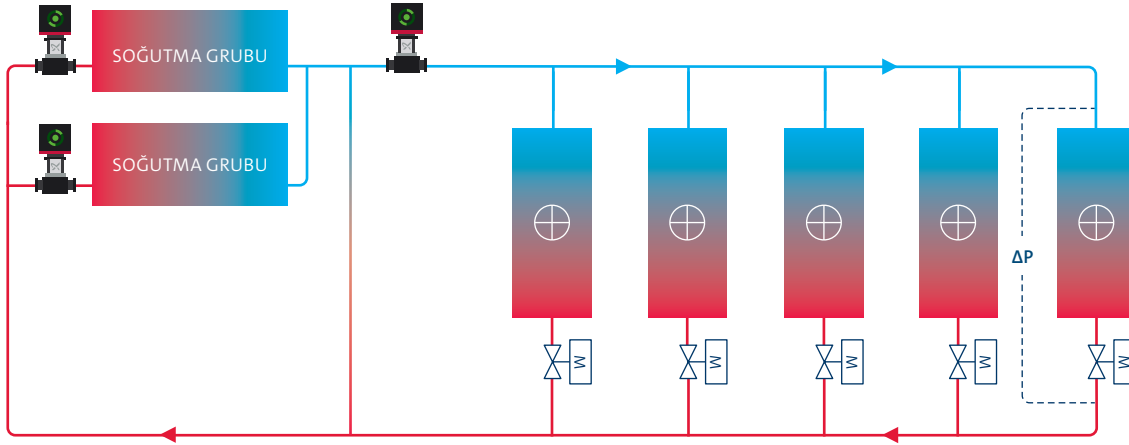
Şekil 3.5.3.3 Basitleştirilmiş sabit birincil, sabit basma yüksekliğiyle değişken ikincil tasarım



Şekil 3.5.3.4 %50 debide sabit basma yüksekliğiyle FPVS için basınç gradyanı



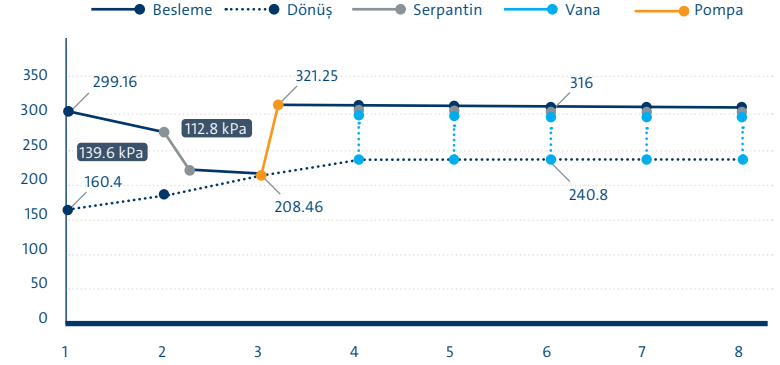
Şekil 3.5.3.5 Yolun 2/3'ünde sabit fark basınç ile basitleştirilmiş sabit birincil, değişken ikincil tasarım



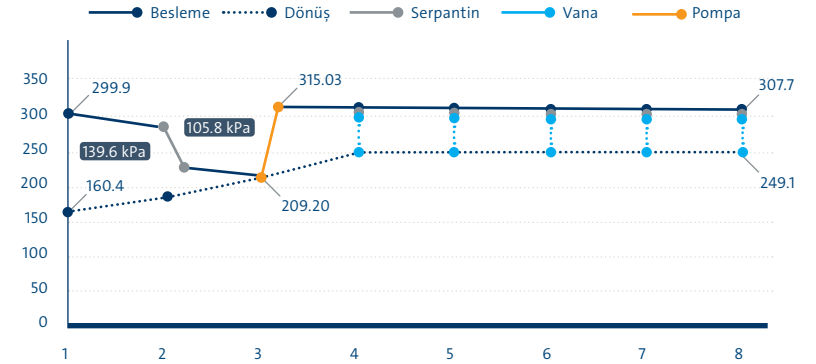
Şekil 3.5.3.7 İndekste sabit fark basınç ile basitleştirilmiş sabit birincil, değişken ikincil tasarım

Ancak akış yönünün 2/3 konumunda DP sensörü kullanıldığında, ikincil pompa basma yüksekliği değişken birincil tasarım için açıkladığımızı benzer şekilde azalır. Son olarak, indekste DP sensörü

kullanıldığında, basınç gradyanı daha da daralır ve pompa basma yüksekliği, üç senaryonun en küçük değerine ulaşır.



Şekil 3.5.3.6 %100 debide akış yönünün 2/3 konumundaki DP sensörüyle FPVS için basınç gradyanı



Şekil 3.5.3.8 %100 debide DP sensörü indeksiyle FPVS için basınç gradyanı

FPVS'de ikincil taraf, değişken birincile benzer şekilde davranır ve bu nedenle, indeks DP sensörü konumu kullanılırsa zon açlığı ile aynı sorunu yaşayabilir.

Klasik olarak FPVS, soğutma grubu güvenliğinin her zaman korunmasını sağlayan birincil tarafın basitliği sayesinde popüler bir sistemdir.

Sabit hızlı soğutma grupları genellikle sermaye harcaması açısından değişken kompresörlü soğutma gruplarından daha ekonomiktir. Birincil taraftaki pompalar sabit hızda çalıştığında FPVS her zaman değişken birincil sistemden daha fazla güç tüketir. Genel olarak, soğutulmuş su ve dönüş suyunun karışımı ayırıcıdan geçer, bu nedenle fark sıcaklık genellikle diğer soğutulmuş su pompası tasarımlarından daha düşüktür.

### 3.6 Soğutulmuş su (CHW) pompa sistemi – transfer gücü

Bu bölümün amacı, önceki bölümdeki bilgilerin nasıl kullanılacağını göstermek, her tasarım ve kontrol yönteminin güç kullanımını belirlemektir.

Soğutulmuş su pompası tasarımının seçimi, uygulanan kontrol stratejisi ile birlikte soğutulmuş su dağıtımının genel güç kullanımını ve verimliliğini etkiler.

Genel olarak, belirli bir basma yüksekliği ve debideki pompa gücü, teorik pompa gücü denklemi ile hesaplanabilir:

$$P_{pump} = \frac{Q * H * S.G * 10^{-3}}{\eta_{total}}$$

Burada, Q ve H sırasıyla debi ve basma yüksekliğidir. S.G, suyun özgül ağırlığıdır ve  $\eta_{total}$ , pompanın toplam verimliliğidir; hidrolik, motor ve Değişken Frekanslı Sürücünün (VFD) toplam verimliliği.

Verimliliğin ekipman özelliklerine göre hesaplanması gerekir. Bunun için Grundfos Product Center ile: <https://product-selection.grundfos.com>

gerçek pompa verilerine dayanarak belirli bir çalışma noktasındaki pompa gücünü doğrudan hesaplıyoruz. GPC, debi azaldıkça pompa basma yüksekliğinin nasıl değiştiiğini gösteren bir kontrol eğrisi üretmektedir.

Klasik sistem, değişken birincil, FPVS ve Grundfos Distributed Pumping için pompalar, GPC kullanılarak boyutlandırılır, %100 ve %50 debide transfer gücü belirlenir.

Bu bölümle birlikte, klasik ve distributed pumping - DiPu sistemlerinin tüm konfigürasyonları arasındaki genel transfer gücü karşılaştırması sona ermektedir.



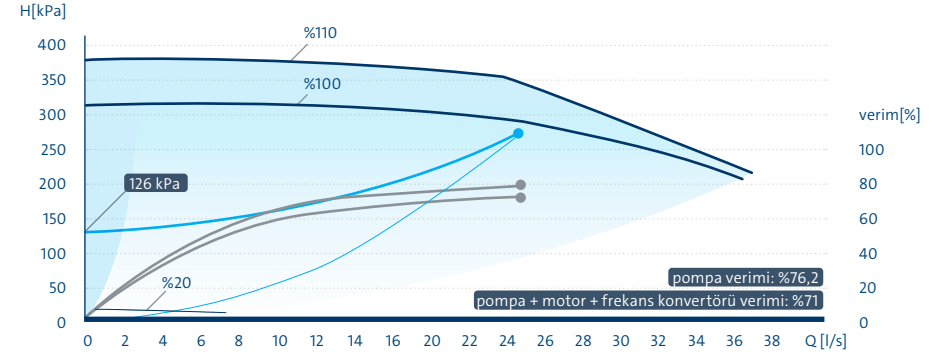
### 3.6.1 Klasik pompa sistemleri

Değişken birincil pompanın boyutlandırılması, şekil 3.5.2.2'deki çalışma noktasına göre belirlenmiş ve kontrol eğrisi, baypastaki DP sensörünün konumuna göre çizilmiştir. Sonuç, şekil 3.6.1.1'de görülmektedir.

Kontrol eğrisi, düz turuncu çizgi ile gösterilmiş ve baypastaki DP sensörü konumunu temsil edecek şekilde ayarlanmıştır.

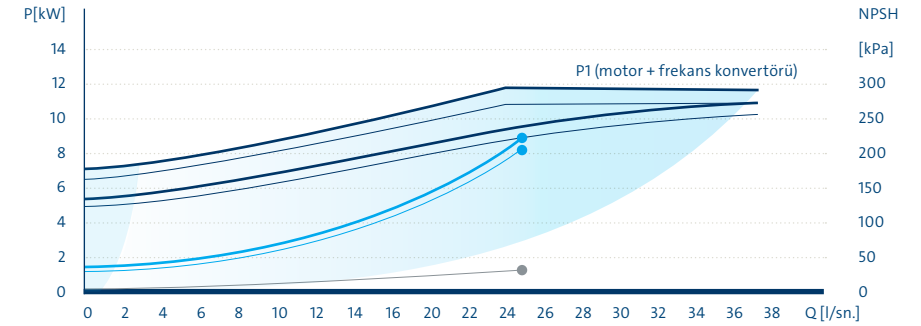
Kontrol eğrisinin 0 [L/sn.] debi değeri, baypas boyunca istenen distributed pumping değerini temsil etmektedir ve debi arttıkça kontrol eğrisi, sabit distributed pumping değerini korumak için gereken pompa basma yüksekliğini belirlemektedir. Başka bir ifadeyle sistemdeki tüm vanaların tamamen kapalı olduğunu, yani debinin 0 olduğunu hayal edin.

Böyle bir durumda, basınç gradyanı tamamen düz olacak ve pompa, baypastaki ayar noktası değerine eşit bir basınç oluşturacaktır. Vanalar açılmaya başladıkça pompa kafası, boru kayıplarına paralel olarak artar.



TPE 80-330/2,3\*400V  
Q = 23,88 l/sn.  
H = 265,5 kPa  
n = %97 / 2839 rpm

Transfer edilen sıvı = Su  
Çalışma sırasında sıvı sıcaklığı = 293 K  
Yoğunluk = 998,2 kg/m<sup>3</sup>



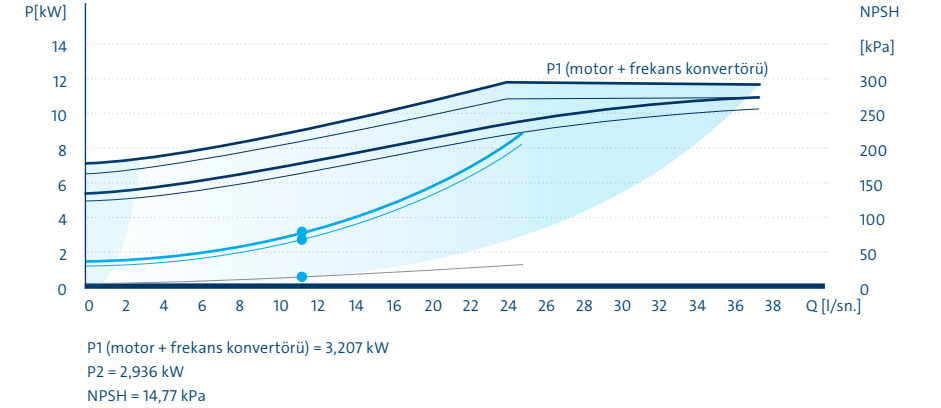
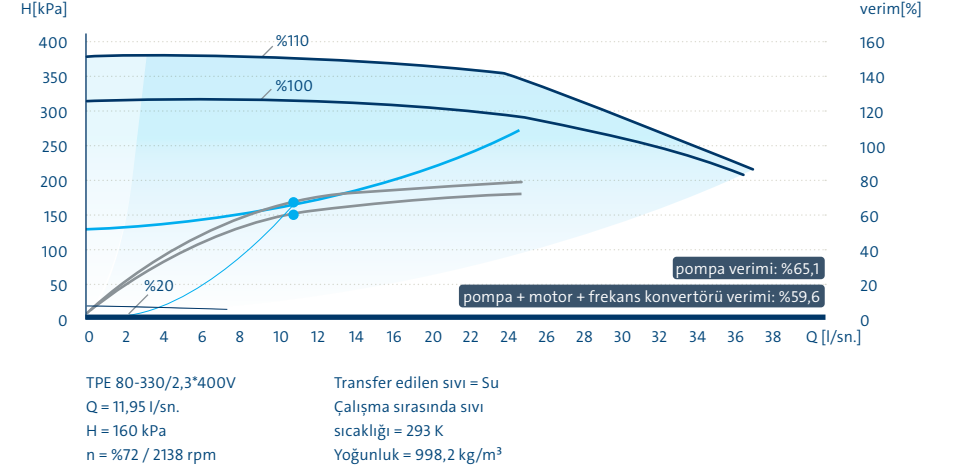
P1 (motor + frekans konvertörü) = 8,931 kW  
P2 = 8,323 kW  
NPSH = 32,83 kPa

Şekil 3.6.1.1 Çalışma noktasına göre değişken birincil pompa eğrisi

Kontrol eğrisiyle, şekil 3.6.1.2'de gösterildiği gibi, debi %50 olduğunda pompa çalışma noktasını doğru bir şekilde tahmin edebilirsiniz.

P1 enerjisi, toplam pompa gücüdür. Şekil 3.6.1.1 ve 3.6.1.2'deki P1 değerini karşılaştırırken pompa gücündeki azalma, değişken birincil sistem için %50'den fazladır. Kontrol eğrisini ayarlayarak farklı DP sensörü konumları için P1 belirlenebilir ve FPVS için işlem aynıdır.

Bunu biraz sonra genel sonuçlar bölümünde ele alacağız.



Şekil 3.6.1.2 Çalışma noktasına göre %50 debide değişken birincil pompa eğrisi

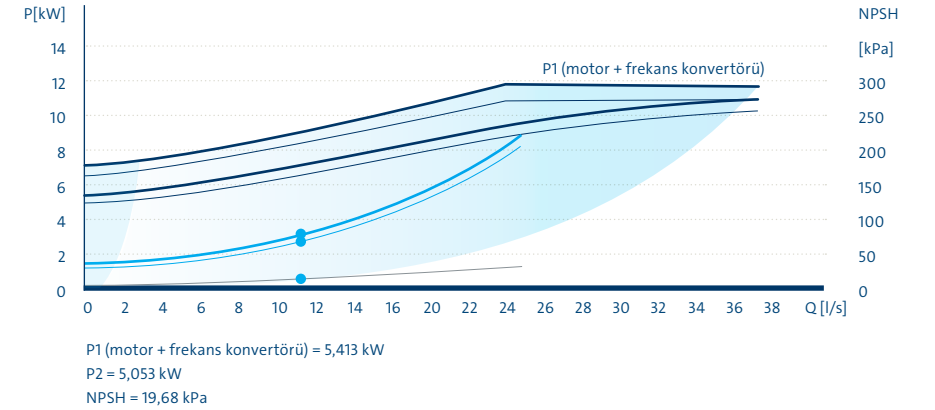
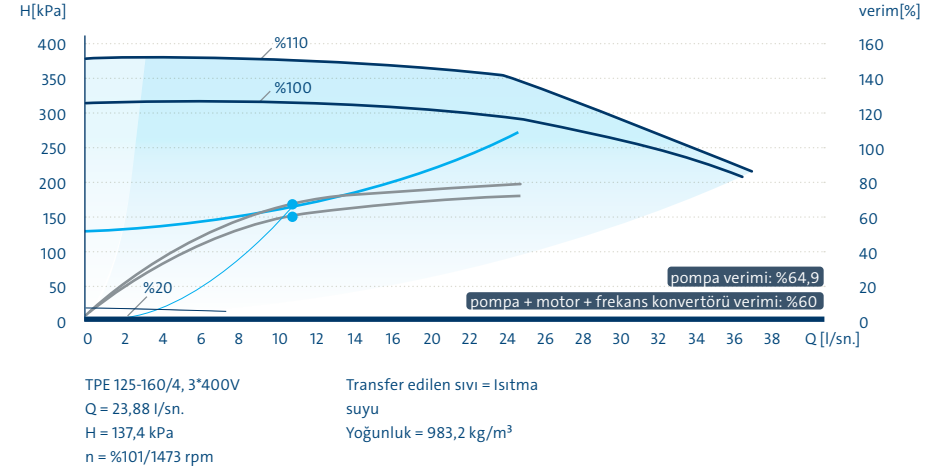
### 3.6.2 Distributed Pumping - DiPu Sistemi

Distributed pumping sistemlerinde, birincil pompayı ve tüm ayrı serpantin pompalarını boyutlandırmanız gerekir.

Sistemin toplam transfer gücünü hesaplamak için ayrı pompaların P1 gücü birleştirilir.

Distributed pumping sisteminde basınç modülasyonu olmadığından herhangi bir yük durumunda tüm sistem eğrileri değişmeden kalır ve pompalar, hızları düştükçe sistem eğrilerini takip eder.

Birincil pompa için boyutlandırma sonucu şekil 3.6.2.1'de görülebilir.

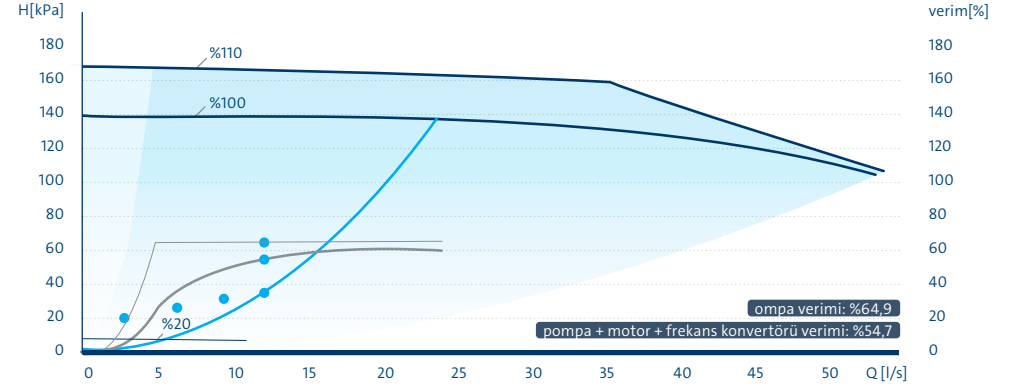


Şekil 3.6.2.1 Distributed pumping sistemi birincil pompa eğrisi

Burada açık mavi eğri, sistem eğrisini temsil etmektedir. Bu eğrinin kullanılması, şekil 3.6.2.2'de gösterilen %50 debide pompanın çalışma noktasını belirlemeyi mümkün kılar.

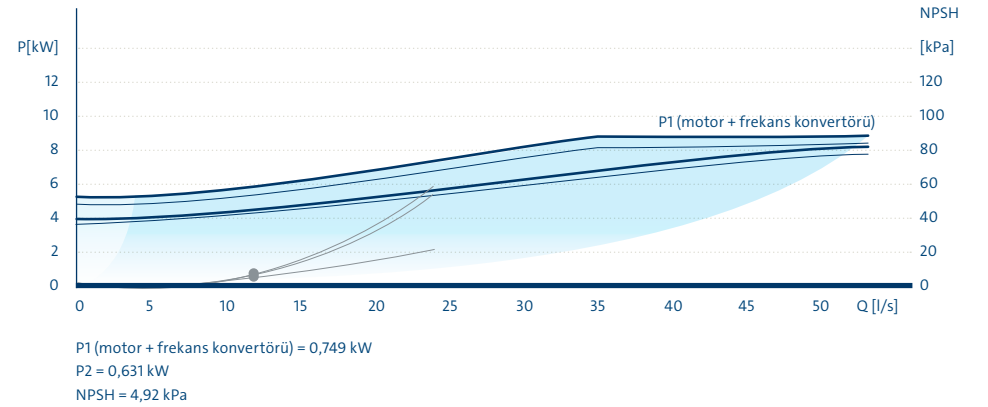
Burada pompa basma yüksekliği büyük ölçüde azalmaktadır ve birincil pompa için P1 gücü %80'den fazla azalmaktadır.

Serpantin pompaları, şekil 3.5.1.3'te hesaplanan çalışma noktasına göre ayrı ayrı boyutlandırılır. En yüksek basma yüksekliğine sahip pompadan başlayarak boyutlandırmanın sonucu şekil 3.6.2.3'te görülmektedir.



TPE 125-160/4, 3\*400V  
 Q = 11,93 l/sn.  
 H = 34,33 kPa  
 n = %49/736 rpm

Transfer edilen sıvı = Isıtma suyu  
 Yoğunluk = 983,2 kg/m<sup>3</sup>



Şekil 3.6.2.2 %50 debide distributed pumping sistemi birincil pompa eğrisi

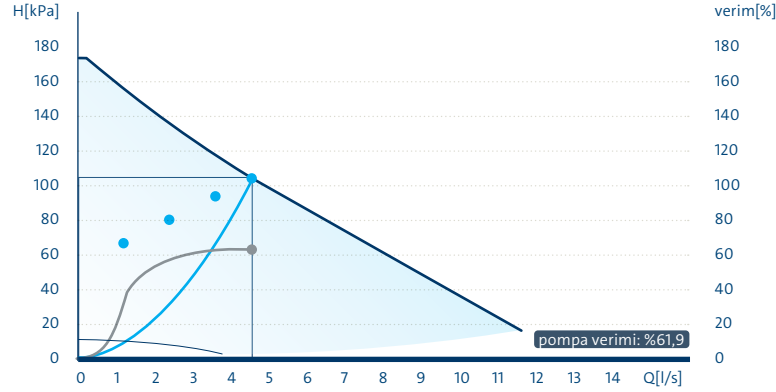


MAGNA3 sirkülasyon pompası, düşük debi, yüksek basma yüksekliği durumlarında yüksek verimi korumak üzere tasarıldığı için distributed pumping - DiPu sistemi tasarımına uygundur.

Pompa sistem eğrisini takip ettiğinden, pompa eğrisindeki siyah çizgiyle gösterilen verim eğrisinde (eta) gösterildiği gibi, kısmi yük durumlarının büyük kısmında bu yüksek verim devam eder.

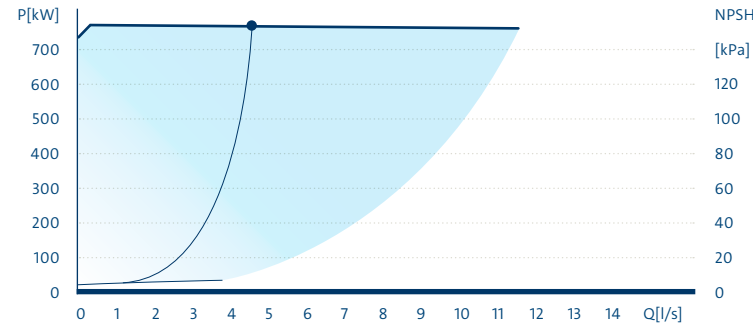
Bu nedenle, şekil 3.6.2.4'te gösterildiği gibi %50 debide güç çok büyük ölçüde azalır.

%50 debide bir serpantin pompası için P1 azalması yaklaşık %85'tir ve pompa toplamda sadece 105,4 W kullanmaktadır. Diğer serpantin pompaları da benzer performanslar elde eder.



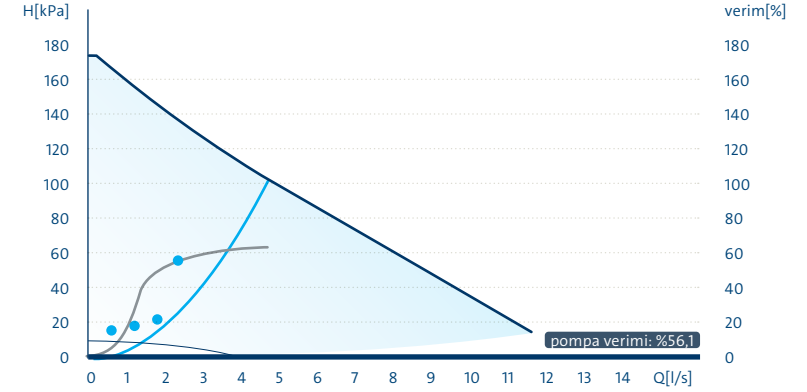
MAGNA 50-180F.1\*230V Model D  
Q = 4,537 l/sn.  
H = 103,9 kPa  
n = %80/4061 rpm

Transfer edilen sıvı = Isıtma suyu  
Yoğunluk = 983,2 kg/m<sup>3</sup>



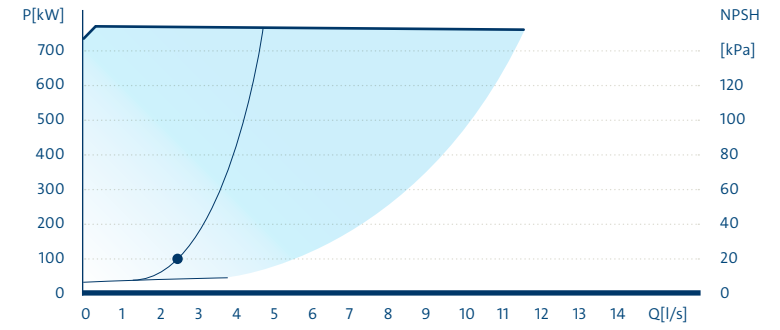
P1 (motor + frekans konvertörü) = 761,2 kW

Şekil 3.6.2.3 Distributed pumping sistemi serpantin pompasının eğrisi



MAGNA 50-180F.1\*230V Model D  
Q = 2,345 l/sn.  
H = 25,23 kPa  
n = %39/2010 rpm

Transfer edilen sıvı = Isıtma suyu  
Yoğunluk = 983,2 kg/m<sup>3</sup>



P1 (motor + frekans konvertörü) = 105,4 kW

Şekil 3.6.2.4 %50 debide distributed pumping sistemi serpantin pompasının eğrisi

### 3.7 Soğutulmuş su transfer sistemi: güç karşılaştırması

Önceki yöntem ve GPC verileri uygulanarak, farklı tasarımların her biri için toplam transfer gücü ve farklı kontrol modları belirlenmiştir. Bu alıştırmanın sonuçları Şekil 3.7'de görülebilir.

%100'de distributed pumping sistemleri, PICV tarafından oluşturulan basınç kayıplarının yaşandığı iki klasik sistemden daha az enerji kullanır.

Boru tesisatı ve ekipman aynı olduğundan soğutulmuş su sirkülasyonu için gereken teorik güç de aynı olacaktır.

Distributed pumping sistemleri ile klasik konfigürasyonlar arasındaki fark, debi azaldıkça açıkça görülmektedir. Her serpantin pompası yalnızca gerçek sistem kayıplarının üstesinden gelmek ve

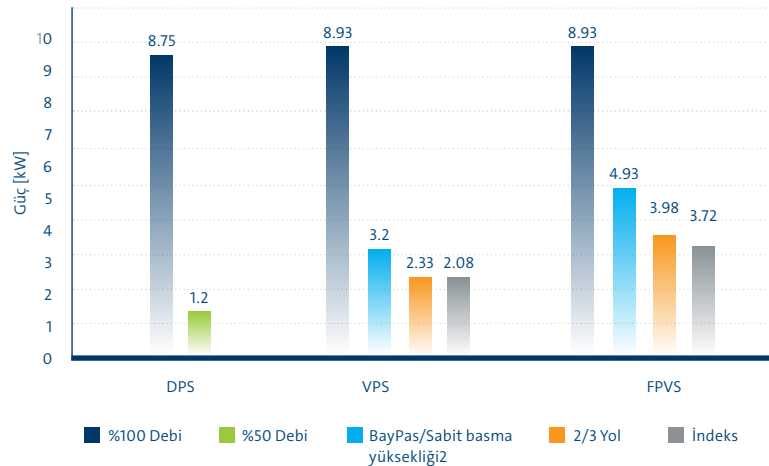
gereken debiyi sağlamak için yeterli basınçta çalışır, bu da optimum koşullarda soğutulmuş su dağılımı ve sıfır güç kaybı sağlar.

Öte yandan klasik sistemler, aşırı basınç oluşturma eğilimindedir, fazla basınç vanalar tarafından giderilir ve pompa gücü kaybı oluşur.

Klasik sistemlerde DP sensörünün klasik sistemlerden daha aşağı yönde olması, transfer gücünü azaltır ancak distributed pumping ile sağlanan verimlilik derecesine kadar azaltmaz.

Ticari binalar nadiren %100 yükte çalışır; aslında, uluslararası standartlar yükün çoğu zaman %75'in altında olması gerektiğini göstermektedir.

Distributed pumping - DiPu sistemleri kullanan binalar, klasik alternatiflere kıyasla enerji tüketimini %50 civarında azaltır.



Şekil 3.7 Soğutulmuş su (CHW) transfer sistemi ve kontrolü güç karşılaştırması

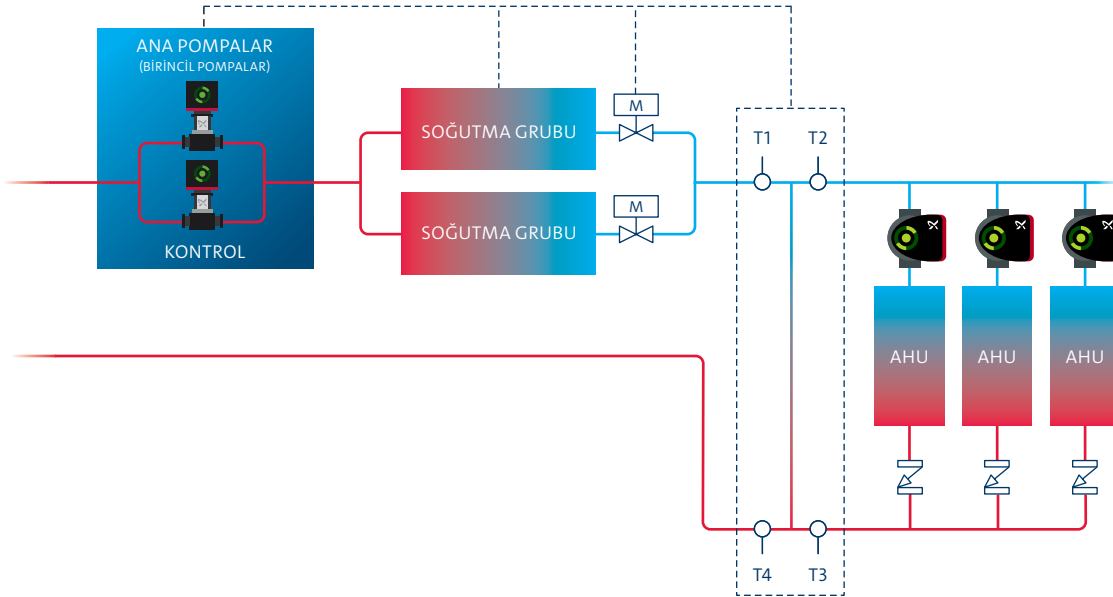


### 3.8 Birincil pompa kontrolleri

Grundfos Multi Pump Controller (MPC) tüm birincil pompaları yönetmek için kullanılabilir. Kontrol mantığı, birincil ve ikincil (zon) pompalar arasındaki debiyi algılamak ve eşitlemek için MPC'ye entegre edilmiştir ve soğutma gruplarına minimum debi sağlar.

Grundfos kontrollerle distributed pumping'de ana pompa kontrolü için üç gereksinim bulunmaktadır:

- Tüm pompalar aynı boyutta olmalıdır.
- Tüm pompalar değişken hız kontrolüne tabi olmalıdır.



Şekil 3.8 Birincil pompa kontrolleri

- Pompa seti, manifoldlu/kolektörlü konfigürasyonda olmalıdır.

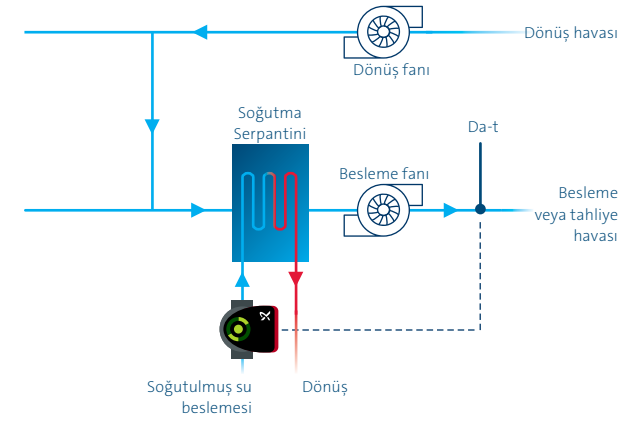
Bu, zon pompalarının, soğutma grubu konfigürasyonunda veya soğutma grupları ve zon pompaları için sabit devirli pompalar içeren bir konfigürasyonda ayrı pompalarla çalışmayacağı anlamına gelmez. Ancak bu durumlarda, birincil taraf akışını ikincil taraf ile dengelemek her zaman mümkün değildir; bu nedenle control MPC fonksiyonu uygun olmayacaktır.

### 3.9 Klima santralleri

#### – soğutma serpantini kontrolleri

Distributed pumping - DiPu sistemlerinde MAGNA3 sirkülasyon pompası, kontrol vanasının yerini almaktadır.

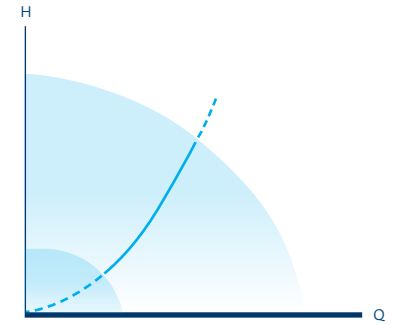
MAGNA3 pompa, ayar noktasını (55°F veya 12°C; bkz. Şekil 3.9.1) karşılamak için bir tahliye/besleme havası sıcaklık sensörüne göre VFD'yi modüle eder.



Şekil 3.9.1 MAGNA3 sabit sıcaklıkta soğutma serpantini kontrolü

Pompa, sistemde sıcaklığı sabit tutarak debiyi kontrol etmek için klima santrali sistemlerinde kullanılan sabit sıcaklık kontrol modunu kullanmaktadır. Aşağıdaki şekil 3.3'e bakınız.

Bu kontrol modu kullanıldığında sisteme balans vanası takılmasına gerek yoktur.

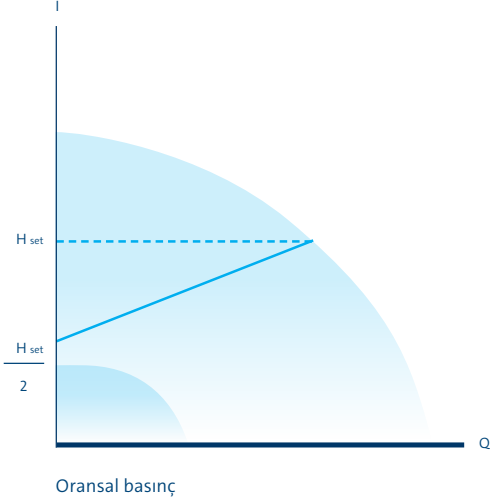


Şekil 3.9.2 Sabit Sıcaklık Kontrol Modu

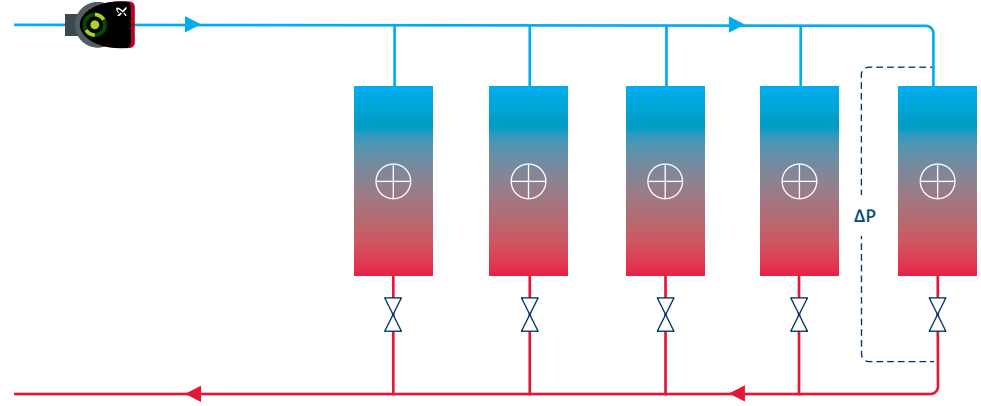
### 3.10 Fan coil üniteleri – soğutma serpantini kontrolleri

Birden fazla üniteye sahip sistemlerde (tipik olarak fan coil üniteleri) kapalı devre çalışan pompayı kontrol etmenin tipik olarak iki farklı yolu bulunur:

**1.** Maksimum debiyi sınırlamak için debi limiti ve dahili sensörden gelen geri bildirim sinyali ile oransal basınç modu. Pompa, BYS sisteminden dijital sinyal olarak veya BUS'tan başlatma/durdurma sinyali almadığı sürece her zaman çalışacaktır. Su talebi azaldığında pompa basma yüksekliği azalır, su talebi arttığında ise pompa basma yüksekliği artar (Bkz. Şekil 3.10.2).

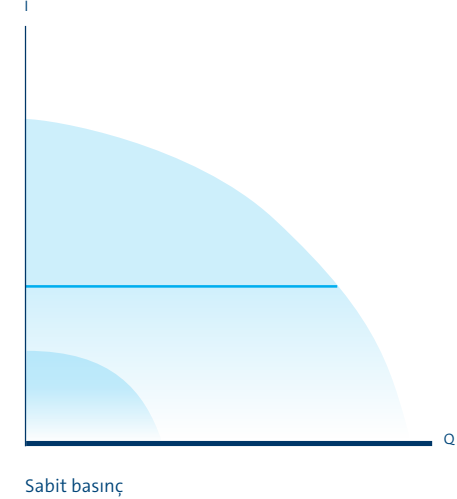


Şekil 3.10.2 Oransal basınç kontrol modu



Şekil 3.10.1 FCU'da Basıncı Kontrol Eden Grundfos MAGNA3 Sirkülasyon Pompası

**2.** Pompadan en uzak ünite veya en yüksek fark basınç talebi gibi en kritik noktadaki harici fark basınç sensöründen alınan geri bildirim sinyaliyle sabit basınç modu. Sabit basınç modu, debi limitini tüm ünitelerin maksimum toplam debisiyle sınırlar (bkz. Şekil 3.10.3). Pompa, BYS sisteminden dijital sinyal olarak veya BUS'tan başlatma/durdurma sinyali almadığı sürece her zaman çalışacaktır.



Şekil 3.10.3 Sabit basınç kontrol modu

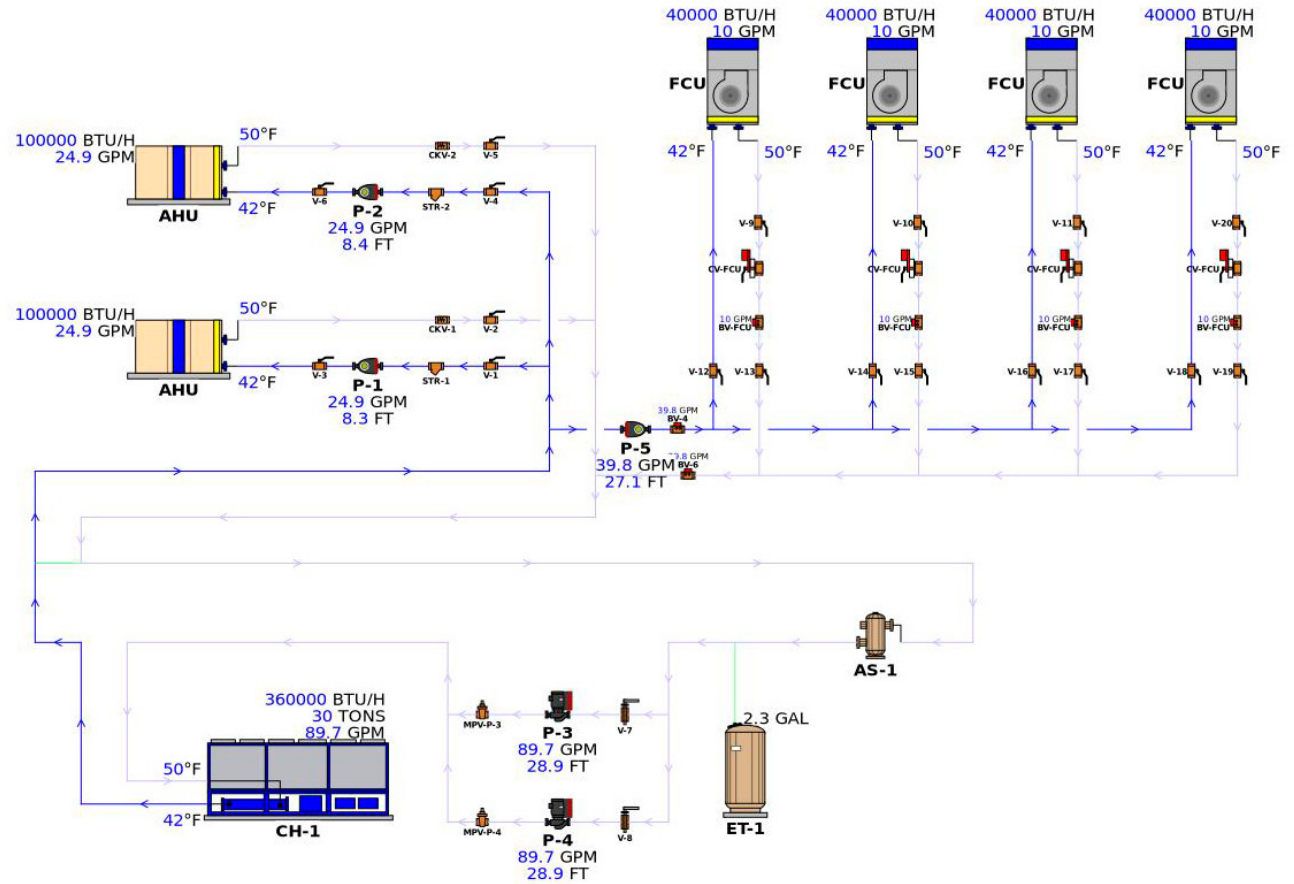
# 4. Distributed pumping - DiPu sisteminin tasarlanması

Bu bölümde, örnek bir tasarımla boyutlandırma aracının kullanımını açıklanacaktır.

## 4.1 Grundfos pompa boyutlandırma aracı

Distributed Pumping - DiPu sisteminin tasarlanması, serpantin pompalarının doğru şekilde boyutlandırıldığından emin olmak için sistemdeki ayrı devrelerin hepsinde basma yüksekliği kayıplarının hesaplanması gerektiğinden, ek hidrolik hesaplamalar gerektirir.

Grundfos'un online boyutlandırma aracı [product-selection.grundfos.com](http://product-selection.grundfos.com) bu işlemi kolaylaştırmaktadır. Tasarım çizimlerindeki boru ve ekipman bilgilerini kullanarak tüm pompalar için çalışma noktası basma yüksekliğini ve debiyi otomatik olarak hesaplar.



Şekil 4.1 Grundfos boyutlandırma aracıyla distributed pumping sistemi tasarımı örneği (ekran görüntüsü)

#### 4.1.1 Proje tasarım çizimleri ve planı

Distributed pumping - DiPu sisteminde Grundfos boyutlandırma aracını kullanmak için HVAC tasarımı ve ekipman bilgileri gereklidir.

Projenin hangi aşamada bulunduğuna bağlı olarak istenen tüm bilgilerin mevcut olmadığını görebilirsiniz. Bu durumda araç, iş ilerledikçe güncellenebilecek kısmi bir tasarım sunmak amacıyla verdiğiniz verilere dayanarak varsayımlarda bulunur.

Tüm yeni inşaat projelerinde distributed pumping tasarımları için dokümantasyon talep etmek yaygındır. Dokümanların farklı adlandırma kuralları olabilir, bu nedenle dünyanın dört bir yanındaki Grundfos uzmanları tarafından kullanılan terminolojiyi gözden geçirmek faydalı olabilir:

##### 1: Şematik genel bakış:

Ekipman ve boru bağlantılarına genel bakış sağlayan binanın 2 boyutlu yandan görünümü. Projeniz, şematik genel bakışa uygun olarak Grundfos boyutlandırma aracında düzenlenir, Grundfos ve danışman tasarımlarını karşılaştırmayı kolaylaştırır.

##### 2: Düzen çizimleri:

Boru çapı, ekipman konumları ve etiketleri gibi bilgilerle birlikte ölçekli boru düzenini gösteren binanın 2 boyutlu üstten görünümüdür. Boru kesit uzunluklarını ölçmek ve pompaların basma yüksekliğini hesaplamak için boyutlandırma aracına giriş sağlamak için kullanılır.

##### 3: Ekipman planı ve veri sayfaları:

Pompaların hizmet verdiği ekipmanla ilgili teknik bilgilerdir; ilgili bilgiler, boyutlandırma aracına girilen her bir ekipmanın nominal debisi ve nominal basınç düşüşüdür. Genellikle nominal basınç kaybı gibi bilgileri bulmak için veri sayfaları gereklidir.

Bir bina tasarımının yalnızca soğutulmuş su dağıtım bölümünü etkileyen distributed pumping - DiPu projesi için genellikle üç aşama bulunur:

##### 1: İlk aşama:

Bina ısı yükü belirlenir ve şematik genel bakış tamamlanır ancak ekipman seçilmeyebilir ve yerleşim çizimleri yalnızca kısmen tamamlanabilir. Bu durumda, bütçe incelemeleri

için kullanılacak bir taslak distributed pumping tasarımı ve pompa seçim envanteri sağlamak amacıyla boru uzunlukları ve ekipman basınç kayıpları tahmin edilir.

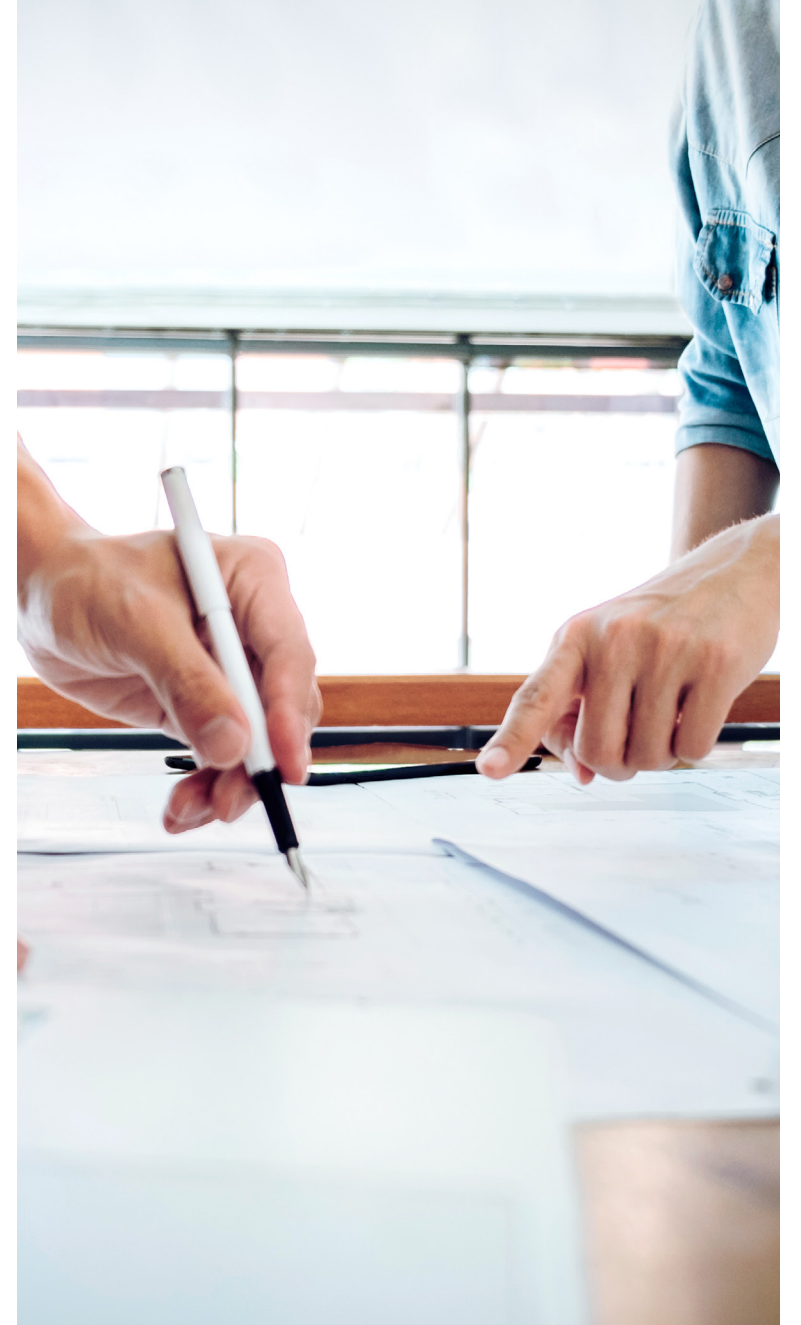
##### 2: İhaleyi yayınlama öncesi aşama:

Boru düzeni çizimleri tamamlanır ve ilk distributed pumping tasarımı, doğru boru uzunlukları, boyutları ve pompa listesi ile güncellenir. Ekipman basınç kayıpları hâlâ kullanılmayabilir, bu durumda boyutlandırma aracında tahmin edilir.

##### 3: Yüklenici seçimi:

Yüklenici, HVAC ekipmanını seçer ve nominal debiyi ve basınç kayıplarını içeren veri sayfaları sağlayabilir. Bu bilgiler, distributed pumping tasarımı için son güncellemeyi sağlar ve proje için optimum pompaları doğrular.

Birinci ve ikinci aşamalar arasında genellikle boyutlandırma aracı tarafından sağlanan verileri etkileyebilecek tasarım güncellemeleri yapılır. Ancak yukarıda açıklanan üç aşama, tüm distributed pumping projeleri için genel kilometre taşlarıdır.



#### 4.1.2 Boyutlandırma aracının kullanımı

İlk adım, genellikle Klima Santrali (AHU) veya Fan Coil Ünitesi (FCU) olarak tanımlanan yükleri belirtmektir.

Yükler, hangi proje bilgilerinin mevcut olduğuna bağlı olarak iki farklı şekilde tanımlanabilen her ünite için gereken debiyi tanımlamak amacıyla kullanılır:

- 1: Özellikler Panelinde debiyi tanımlayın.
- 2: Watt veya BTU cinsinden yükü ve sıcaklık değişimini ya da giriş ve çıkış sıcaklığını tanımlayın. Araç, bu bilgilere dayalı olarak debiyi hesaplar.

Properties Panel: (AHU-301)

Scenario: Summer Cooling

Classification: New

Usage

Type

Load, Cooling

Load: 122500 W

Hydronic

Input working fluid

Working fluid: Water

Fluid volume: 37.9 l

Temperature

Input entering temperature

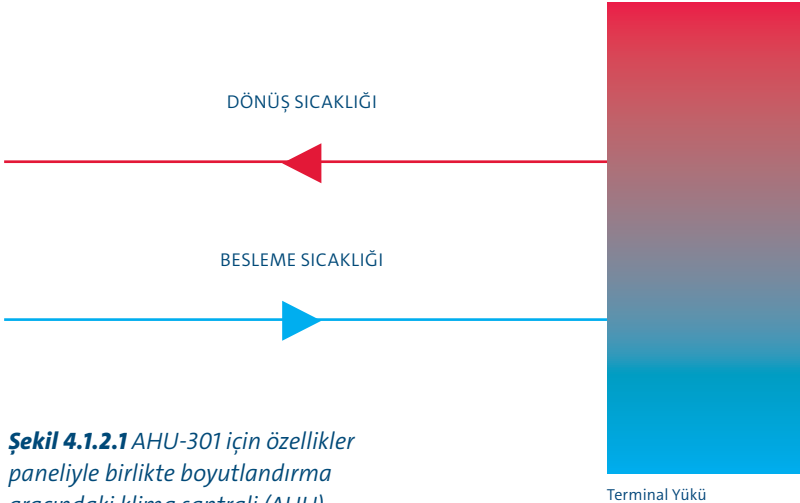
Entering temperature: 10°C

Input temperature change

Temperature change: 6°C

Input leaving temperature

Leaving temperature: 16°C



**Şekil 4.1.2.1** AHU-301 için özellikler paneliyle birlikte boyutlandırma aracındaki klima santrali (AHU)



Yüklerin etiketlenmesi tamamen özelleştirilebilir ve genellikle proje şemasına uygun olarak yapılır. Tüm yükler proje bilgilerine uygun olarak tanımlandıktan sonra, projenin şematik özetine benzer şekilde düzenlenir ve bağlanır. Şekil 4.1'e bakınız.

Grundfos boyutlandırma aracı, her boru bölümündeki debiyi otomatik olarak hesaplar. Debiler, her boru bölümündeki basınç kayıplarını hesaplamak için kullanılır. Her boru bölümünde, boruların uzunluğunu ve çapını belirtmek için düzen çizimlerindeki bilgiler girilir. Boyutlandırma aracı, bölüm başına izin verilen maksimum basma yüksekliği kaybına göre boru boyutunu otomatik olarak hesaplayabilir.

Boru hesaplamaları için ilgili özellikler şunlardır:

- **Basma yüksekliği kaybı:**

[Pa/m] veya [Ft/100Ft] cinsinden izin verilen maksimum basma yüksekliği kaybını ve bölümde izin verilen maksimum akışkan hızını tanımlar. Varsayılan olarak, boyutlandırma aracı belirli bir bölüm için uygun boru boyutunu belirler ve gerçek basma yüksekliği kaybını ve akışkan hızını gösterir. Basma yüksekliği kayıpları, Darcy-Weisbach denklemi kullanılarak otomatik hesaplanır:

$$h_f = f \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

h, basma yüksekliği kaybıdır.

f, sürtünme katsayısıdır.

L, boru uzunluğudur.

D, çaptır.

v, akışkan hızıdır.

g, yerçekimi ivmesidir.

- **Bağlantı parçası basma yüksekliği kaybı:**

Bu parametre, borulardaki dirsekler, t bağlantılar ve kuplörler gibi bağlantı elemanlarını ele alır. Vanalar ve pislik tutucular gibi daha büyük bağlantı parçaları tasarıma yerleştirilir. Tam izometrik çizimler mevcut olmadığı sürece düzen çiziminde genellikle bağlantı parçaları tam olarak belirtilmez; belirtildiğinde bile tasarım ve inşaat aşamasında farklılık olabilir. Bağlantı parçalarını hesaba katmak için eşdeğer uzunluk gibi bir yöntem kullanmak mümkün olsa da bunun yerine genellikle bağlantı parçası faktörü kullanılır. Boyutlandırma aracı önce bir bölüm için basma yüksekliği kaybını hesaplar, ardından bu basma yüksekliğini, bağlantı parçası faktörü ile çarpar. Düz kolon boruları için bağlantı parçası faktörü genellikle 1 ila 1.1 aralığındayken branşmanlar için tipik olarak 1.2 ila 1.4 aralığındadır. 1'den daha yüksek bağlantı parçası faktörü, boru bölümündeki basma yüksekliği kaybını artırır ve modele dahil edilmeyen dirsekleri, t parçaları kuplörleri hesaba katar.

- **Boyutlar:**

Bu parametrede, düzen çizimlerinden ölçülen boru bölümü uzunluğu girilir ve çap tanımlanabilir.

Head Loss	
Maximum unit head loss:	323.7 Pa/m
Actual unit head loss:	148.6 Pa/m
Maximum velocity:	2.44 m/s
Actual velocity:	1.02 m/s
Pipe head loss:	0.6 kPa
Fittings head loss:	0.1 kPa
Total head loss:	0.6 kPa

Actual velocity:	Automatic
Pipe head loss:	Input Cv Factor (Flow Coefficient)
Fittings head loss:	Input Equivalent Length
Total head loss:	Input Fitting Factor
Head Loss:	Input Head Loss
Method:	Input K Factor (Resistance Coefficient)
Fitting factor:	1.100000

Dimensions	
Length:	1.8 m
<input type="checkbox"/> Input diameter:	
Diameter:	80 mm
<input type="checkbox"/> Input inside diameter:	
Inside diameter:	78 mm
<input type="checkbox"/> Use maximum diameter from connected pipe	

**Şekil 4.1.2.2** Boru bölümü özellikleri



#### 4.1.2.1 Distributed Pumping - DiPu tasarımı ve boyutlandırma

Yükler, boru uzunlukları ve bağlantı parçaları tanımlandıktan sonra araç tarafından pompa boyutlandırması sağlanır.

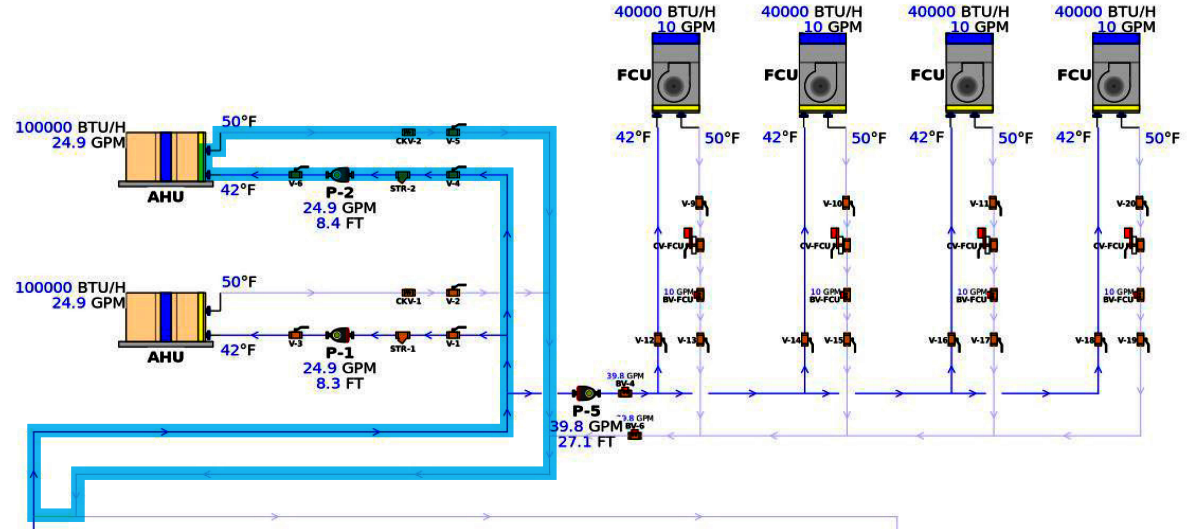
Pompaların şemadaki göreceli konumu, gerçek tasarımdaki konumlarıyla eşleşir. Bu konumdan yazılım, pompanın hizmet verdiği yükü ve döngü yolunu otomatik olarak belirler.

Şekil 4.1.2.3'te bu özelliğin bir örneği görülmektedir.

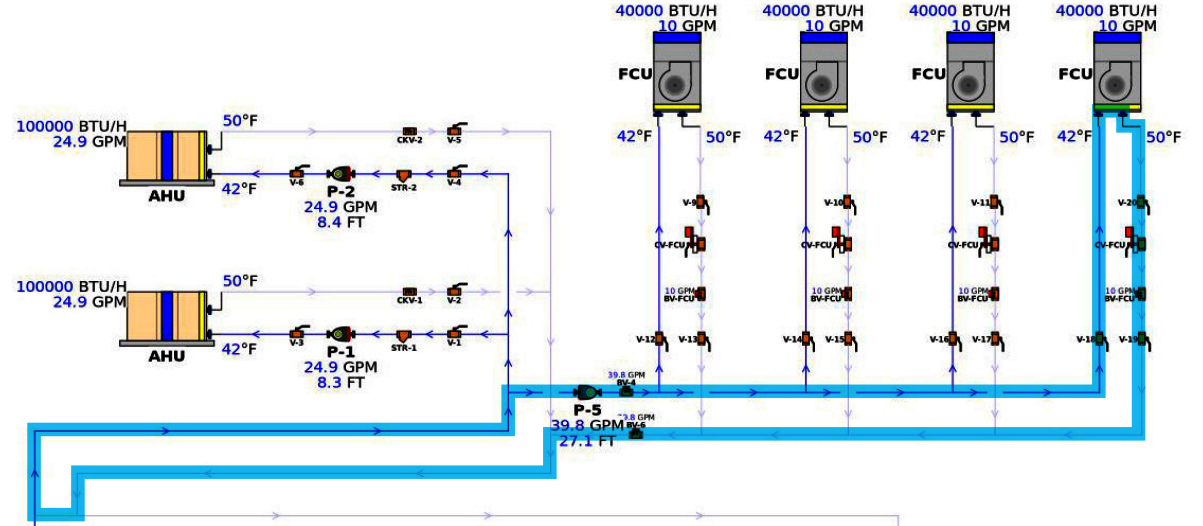
Mavi yol, pompanın suyu çekip basacağı ve toplam pompa basma yüksekliğini belirleyen boru bölümlerini vurgulamaktadır. Pompalar, boyutlandırma aracıyla belirtilen ayırma hattından suyu çeker. Boru boyutlarında veya bağlantı parçalarında yapılan değişiklikler, tasarımdaki tüm pompa basma yüksekliklerinin otomatik olarak yeniden hesaplanmasını tetikler.

FCU gibi daha küçük yük grupları için boyutlandırma aracı, en yüksek basınç kaybını veren yolu ve üniteyi belirler ve gereken pompa basma yüksekliğini tanımlar. Çalışma debisi, Şekil 4.1.2.4'te gösterildiği gibi otomatik olarak tüm FCU'ların toplamı şeklinde hesaplanır.

Boyutlandırma aracından pompa konumları kolayca eklenebilir ve değiştirilebilir, bu sayede proje şemaları ve düzenlerinde ilk aşama ve ihaleyi yayınlama öncesi aşamalar arasında değişiklik yapılabilecek HVAC projeleri için ideal bir kaynaktır.



Şekil 4.1.2.3 Boyutlandırma aracıyla pompa boyutlandırma için kullanılan döngü yolu (ekran görüntüsü)



Şekil 4.1.2.4 Bir grup FCU için en yüksek basınç kaybının bulunduğu döngü yolu (ekran görüntüsü)

#### 4.1.2.2 Koordinasyon dokümanları

Boyutlandırma aracı, proje tasarımının teslimini destekleyen çeşitli koordinasyon dokümanları sunar. Bu dosyalar, danışmanların Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) çizimlerine veya BIM modellerine entegre edilebilir veya ayrı dosyalar olarak sağlanabilir. Koordinasyon dokümanları ve dosya formatları şunlardır:

#### Koordinasyon dokümanları

- Ekipman Planı – DXF
- Ekipman Planı – XLSX
- Grundfos Enerji raporu – XLSX
- Malzeme Listesi – DXF
- Malzeme Listesi – XLSX
- Şema – DXF
- Şema – JPG
- Şema – PDF

#### Şekil 3 Boyutlandırma aracındaki Koordinasyon Dokümanı seçenekleri

Distributed pumping - DiPu tasarım örneği için pompa planı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Bu plan, uygulama kılavuzunun ilerleyen bölümlerinde Grundfos Enerji raporunun hazırlanması için kullanılır.

#### Değişken Hızlı Birincil Pompa

Pompa Modeli	Pompa Başına kW	Güç Beslemesi	Adet (1 Ana + 1 Yedek)
TPE 150-155/4 A-F-B-BAQE-NX3	11	Trifaze X 380-500V	2

#### Terminal Ünitesi Pompaları

Pompa Modeli	Pompa Başına kW	Güç Beslemesi	Adet (1 Ana + 1 Yedek)
TPE 150-155/4 A-F-B-BAQE-NX3	11	Trifaze X 380-500V	2
MAGNA3 25-80	0,12	Monofaze X 220-240V	3
MAGNA3 25-120	0,19	Monofaze X 220-240V	8
MAGNA3 32-120 F	0,33	Monofaze X 220-240V	16
MAGNA3 40-120F	0,43	Monofaze X 220-240V	1
MAGNA3 50-150F	0,60	Monofaze X 220-240V	1
MAGNA3 50-180F	0,76	Monofaze X 220-240V	1
MAGNA3 65-150F	1,38	Monofaze X 220-240V	1
TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQBE-IDB	2,2	Monofaze X 220-240V1	1

Tablo 1 Örnek distributed pumping tasarım projesi için pompa planı

#### 4.2 Grundfos Distributed Pumping - DiPu enerji raporu

3. bölümde temel bir tasarım sunduk ve belirli bir çalışma noktası için güç tüketimini görüntülemek amacıyla Grundfos Product Center veya Grundfos Express'te pompaları seçerek gereken transfer gücünü belirledik.

Grundfos Distributed Pumping - DiPu enerji raporu, soğutulmuş su projelerinin güç tüketimini belirlemek için alternatif bir yaklaşımdır. Bu rapor, klasik tasarımları ve kontrol yaklaşımlarını Grundfos Distributed Pumping ile karşılaştırmaktadır. Ancak güç tüketimini hesaplamak için pompaları seçmek yerine rapor, teorik transfer gücü denklemini kullanmaktadır:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot SG \cdot 10^{-3}}{\delta}$$

Denklemden Q ve H, sırasıyla çalışma debisi ve basma yüksekliği iken; SG, suyun özgül ağırlığı;  $\delta$ , pompanın toplam verimliliğidir (hidrolik, motor ve frekans sürücüsü verimliliğinin toplamıdır).

Bu denklem, pompanın herhangi bir çalışma noktası için, yani kısmi yük durumu için de kullanılabilir ve toplam verimliliğin sabit olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım kabul edilebilir çünkü buradaki amaç, soğutulmuş su pompa tasarımları arasında bir karşılaştırma yapmak ve tasarımların güç ve enerji tüketimini ne kadar azalttığını uygun bir çerçevede sunabilmektir.

Doğru enerji kullanım raporları için sadece Grundfos Product Center'da bulunanlar gibi üreticilerin pompa eğrilerini kullanmakla kalmayıp, aynı zamanda enerji etütleri yapılmadıkça nadiren bulunan doğru yük profilini belirlemek gerekir.

Grundfos Distributed Pumping enerji raporu, hem distributed pumping tasarımının toplam transfer gücünü hem de istenen klasik tasarım ve kontrolü hesaplamak için Grundfos boyutlandırma aracında hesaplanan pompa çalışma noktalarını kullanmaktadır.

Klasik tasarım seçenekleri şunlardır:

- **Değişken birincil:** Baypas hattı boyunca sabit fark basınç
- **Değişken birincil:** İndeks branşmanı boyunca sabit fark basınç
- **Sabit birincil, değişken ikincil:** İndeks branşmanı boyunca sabit fark basınç
- **Sabit birincil, sabit hız ikincil**

Bu seçenekler, klasik sistemlerin her bir kontrol metodolojisini kapsamasa da en yaygın yaklaşımlar ele alınmaktadır.



#### 4.2.1 Grundfos Distributed Pumping

- DiPu enerji raporunu oluşturmak için gereken bilgiler Grundfos Distributed Pumping enerji raporu, proje tasarım dokümanlarındaki pompa çalışma noktalarının birleşimidir. Farklı girdiler şunlardır:

#### 4.2.1.1 Birimler ve para birimi

Rapor, yerel pazar taleplerine göre farklı para birimleri ve ölçü birimleriyle dışa aktarılabilir. İşletme maliyetlerinin yıllık bazda ne kadar azaltıldığını hesaplamak için kullanılan kWh cinsinden normal veya ortalama bir tarife girilmesi de gerekir.

Rapor, işlemi basitleştirmek için sabit bir tarife kullanmaktadır. Çıktının sadece karşılaştırma amacıyla kullanılması amaçlandığından değişken tarife fiyatlandırmasını desteklememektedir.

Tarife fiyatlarının gün boyunca değiştiği veya toplam enerji kullanımına bağlı olarak farklı ödeme seviyelerinin olduğu binalar veya alanlar için ortalama bir tarife fiyatı seçmenizi öneririz.

Şekil 4.2.1.1 Birimler ve para birimi



#### 4.2.1.2 Yük koşulları ve sıklığı

##### Binalar %100 kapasite için

tasarlanırsa da nadiren maksimum yükte çalıştıkları bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, Grundfos Distributed Pumping ile enerji tüketiminin ne kadar azaltılabileceğini hesaplamak için bir yük düzeninin tanımlanması gerekir.

Yük seçenekleri %100, %75, %50 veya daha düşük olarak ayarlanmıştır. Giriş yaparken kullanım bölümlerinin hesaba katılması gerekir:

- Zamanın %1'i %100 yüküdür.
- Zamanın %42'si %75 yüküdür.
- Zamanın %57'si %50 veya daha düşük yüküdür.

Bu veriler, Entegre Kısmi Yük Değeri (IPLV) olarak adlandırılan, soğutucularla ilgili uluslararası sınıflandırma çerçevesine dayanmaktadır ancak dağıtım, projenin bina tasarımının beklenen yük düzenine uyacak şekilde değiştirilebilir.

Şekil 4.2.1.2 Yük koşulları ve sıklığı

Load conditions and frequency

Estimated yearly usage for the building

Max Load	42% Med Load	57% Min Load
----------	-----------------	-----------------

#### 4.2.1.3 Çalışma saati

Yük düzeni belirlendikten sonraki adım, binanın tipik haftalık çalışma saatini ve sistemin bir yılda kaç gün kapatılmasının

beklendiğini tanımlamaktır. Bu bilgiler, enerji tüketimini azaltma hesaplamaları için yıllık çalışma saatini hesaplamakta kullanılır.

Running hours

Expected number of running hours for the building

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
11	11	11	11	11	11	

Number of days the system is out of operation (per year)

Expected running hours for the building (per year)

10 3346.95

Şekil 4.2.1.3 Çalışma saati

#### 4.2.1.4 Pompa çalışma noktası

Grundfos boyutlandırma aracı tarafından özel bir pompa planı oluşturulur. Bu plan hem pompa etiketini, hem de çalışma noktasını ve bir fonksiyonu içerir. Fonksiyon sütunu, pompa tipini ve kontrol modunu tanımlamak için kullanılır. Mevcut modlar şunlardır:

- **Birincil pompa:** Tesis odasına kurulur ve birincil pompa görevi görür. Kısmi yüke ulaşmada benzerlik yasasını takip eder. Bu pompalar genellikle büyüktür ve serpantin pompalarından daha yüksek toplam verimliliğe sahiptir. Sabit toplam verimlilik  $\delta = 0,7$  olarak tanımlanır.

- **Serpantin pompa:** Doğrudan soğutma serpantinine hizmet veren ve tipik olarak sabit sıcaklık kontrol modunu kullanan bir sirkülasyon pompasıdır. Kısmi yüklere ulaşırken benzerlik yasasını takip eder. Serpantin pompalarının toplam verimliliği  $\delta = 0,5$  olarak tanımlanmaktadır.
- **FCU pompa:** Oransal basınç kontrol eğrisi ve FCU'da küçük Açma/Kapatma vanaları kullanan bir grup veya zon Fan Coil Ünitesine (FCU) hizmet veren sirkülasyon pompası. Bu pompa, kısmi yük debisini ve basma yüksekliğini belirlemek için önceden tanımlanmış oransal eğriyi izler ve enerji kullanımı, Transfer Gücü denklemi kullanılarak hesaplanır. Bu pompanın toplam verimliliği  $\delta = 0,5$  olarak tanımlanmaktadır.

#### Pompa çalışma noktası

Pump Function	Pump Label	100 % Flow (L/s)	100% Head (kPa)	100% energy	75% energy	50% energy	
Primary Pump	PCHWP-1	30,85	78,72	3,47	1,46	0,43	<input type="checkbox"/>
Primary Pump	PCHWP-2	30,85	78,72	3,47	1,46	0,43	<input type="checkbox"/>
FCU Pump	CHWP-101	2,95	61,38	0,36	0,24	0,14	<input type="checkbox"/>
Coil Pump	CHWP-201	4,88	58,47	0,57	0,24	0,07	<input type="checkbox"/>
Coil Pump	CHWP-301	4,88	58,11	0,57	0,24	0,07	<input type="checkbox"/>
Coil Pump	CHWP-401	2,7	46,45	0,25	0,11	0,03	<input type="checkbox"/>

Şekil 4.2.1.4 Pompaların fonksiyonları ve çalışma noktaları tanımlandığında kalan üç sütun, önceden tanımlanmış üç yükte (%50, %75 ve %100) transfer gücünü otomatik olarak gösterir.



#### 4.2.1.5 Klasik Tasarım

Bu son bölümde, klasik tasarımı Grundfos Distributed Pumping - DiPu sistem tasarımıyla karşılaştıracacağız. Öncelikle hangi geleneksel tasarım ve kontrol yönteminin kullanılmasını gerektiğini seçin.

*Belirli girdileri ve amaçlarını gösteren enerji raporlarını görüntüleyin.*

Vana otoritesi alanları tüm klasik tasarımlarda ortaktır. Değer, klasik tasarımdaki indeks devresine yerleştirilecek teorik kontrol vanası üzerindeki basınç kaybını hesaplamak için kullanılır.

#### Bu alan şu şekilde hesaplanır:

$$*Duty\ point = primary\ pump\ head + highest\ \frac{coil}{FCU}\ pump\ head * (1 + valve\ authority)$$

Bu kontrol vanası basınç kaybı, formülde çalışma noktası\* olarak gösterilen klasik pompaların çalışma noktasına eklenecektir.

Önceki bölümde, birincil pompa kafası ve en yüksek serpantin pompa kafası değerleri enerji hesaplama aracından belirlenmektedir.

Tasarım örneğinde bu değerler şunlardır:

**Birincil pompa basma yüksekliği:**

78,72 kPa

**En yüksek serpantin/FCU pompa basma yüksekliği:**

79,89 kPa

Vana otoritesi değeri, projeye bağlı olarak iki farklı şekilde kullanılabilir.

Bazı projelerde klasik tasarım zaten kararlaştırılmıştır ve pompa basma yüksekliği belirlenmiştir.

Bu durumda, çalışma noktası basma yüksekliği alanının değerini, tasarlanan klasik pompa basma yüksekliğine uyacak şekilde ayarlamak için vana otoritesi kullanılmalıdır.

Proje tasarımlarında klasik pompa basma yükseklikleri henüz tanımlanmamışsa bir vana otoritesi değerini doğrudan seçerek veya değeri yükselterek, çalışma noktası basma yüksekliği alanı için uygun bir değer belirlemek amacıyla vana otoritesi kullanılmalıdır.

Bu örnek raporda klasik tasarımın, sisteme sadece 18 kPa basınç kaybı ekleyen (marka ve modele bağlı olarak) basınçtan bağımsız kontrol vanaları (PICV) kullanacağı varsayılmaktadır. Şekil 4.2.1.5'te görüldüğü gibi, çalışma noktası

basma yüksekliği değeri 176.19 kPa'dır; birincil pompa ve en yüksek serpantin/FCU basma yüksekliğinin toplamından yaklaşık 18 kPa daha yüksektir.

Bu, vana otoritesi için farklı değerler deneme seçeneği sunar. Etki, üç farklı yükte klasik sistemin toplam güç kullanımını gösteren en düşük alanlarda görülebilir.

Son girdi, suyun özgül ağırlığını etkileyen, besleme hattındaki su sıcaklığıdır. Küçük değişiklikler özgül ağırlığı etkilemeyeceğinden normalde bu, varsayılan değerde bırakılabilir. Ancak sıcak ve soğutulmuş su arasında geçiş yapan sistemler için bu iki senaryoyu iki farklı enerji raporuna bölmek gerekir.

#### Klasik tasarım

Conventional design

Chilled Water Pumping Scheme

Variable Primary - Fixed DP @ Bypass

Chiller:

Primary Pump Duty:

Duty Point Head (kPa)

176.19

Valve:

Valve Authority

0.22

Specific Gravity:

Water Temperature (C)

10

Specific Gravity

1.00

Total power use (kW) for chilled water pumping:

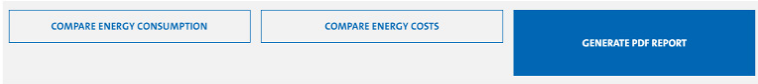
100% flow	75% flow	50% flow
15.53	9.37	5.16

Şekil 4.2.1.5 Klasik Tasarım girdi alanları

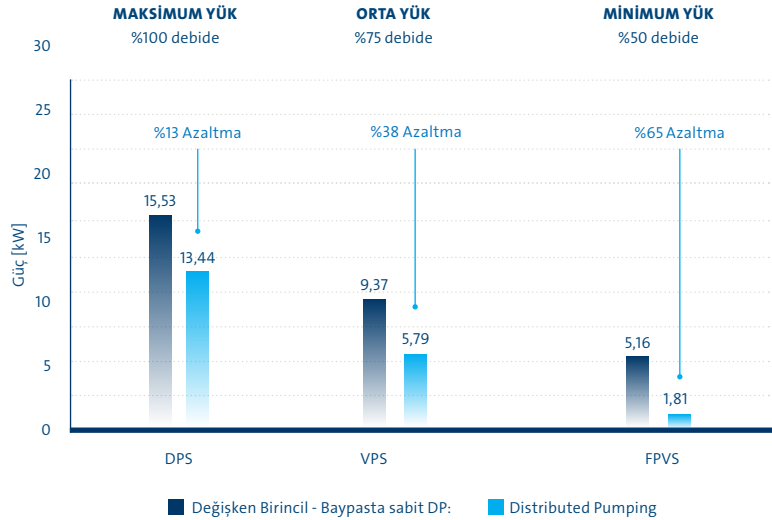
#### 4.2.1.6 Güç, Enerji ve rapor oluşturma

Yukarıdaki tüm girdiler girildikten sonra Güç Tüketimini Karşılaştır veya Enerji Maliyetlerini Karşılaştır seçeneğini seçerek Grundfos Distributed Pumping ile tüketimin ne kadar azaltılabileceğini görebilirsiniz.

Güç karşılaştırması, seçilen klasik tasarım ile Grundfos Distributed Pumping sistemi arasında üç farklı yükteki gücü gösterir.

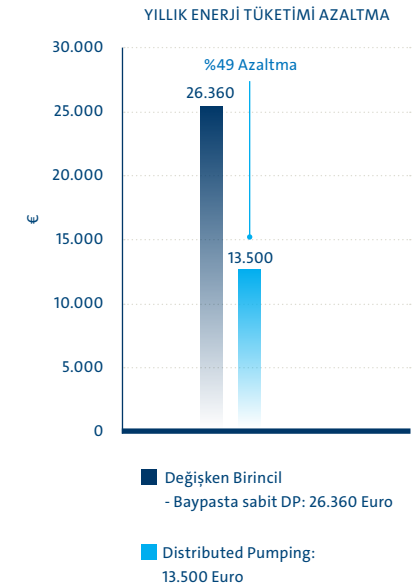
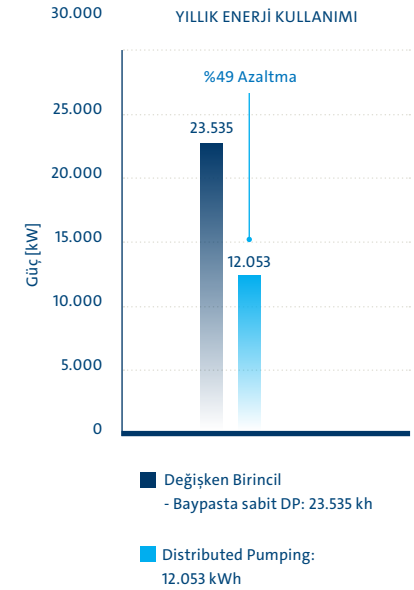


Şekil 4.2.1.6.1 Enerji Tüketimini Karşılaştır veya Enerji Maliyetlerini Karşılaştır seçeneğiyle enerji tüketiminin ne kadar azaltılabileceğini görün



Şekil 4.2.1.6.2 Üç yükte enerji kullanımı Bina tasarımındaki ünitelerin debi gereksinimine ve sistemdeki basınç düşüşü hesaplamalarına dayanarak binadaki soğutulmuş su dağıtımı için transfer gücü kullanımı, tanımlanan üç yük kategorisi için aşağıda çizilmiş ve daha sonra sırasıyla yıllık güç kullanımı ve enerji tüketimi azaltma için kullanılmıştır.

Enerji maliyeti karşılaştırması, yıllık çalışma saatine ve tanımlanmış yük düzenine göre hem seçilen klasik tasarımın hem de Grundfos Distributed Pumping sisteminin yıllık enerji kullanımını ve maliyetini göstermektedir.



Şekil 4.2.1.6.3 Yerel para birimine ve girdiğiniz tarife fiyatına göre tahmini olarak enerji tüketimi ve maliyetlerin yıllık ne kadar azaltılabileceği

# 5. Neden Grundfos Distributed Pumping - DiPu Sistemini Seçmelisiniz?

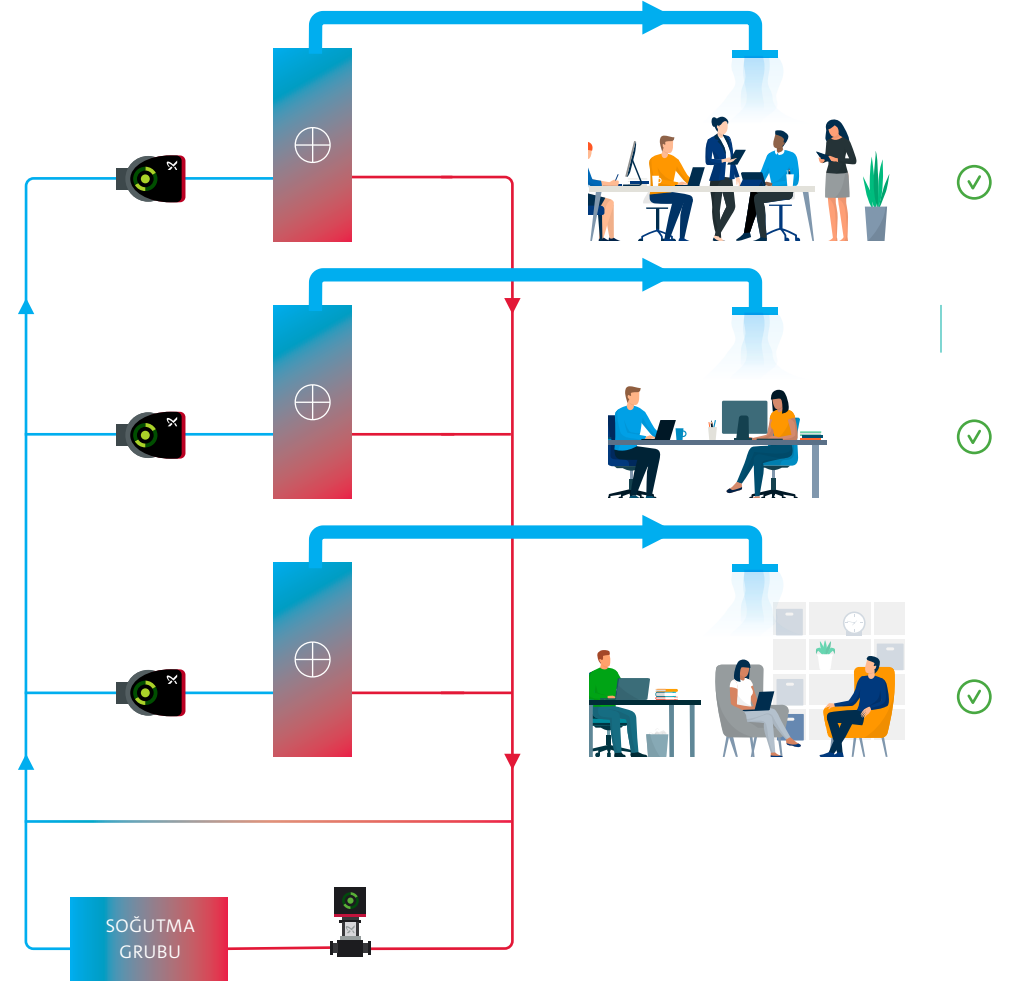
Grundfos Distributed Pumping - DiPu sisteminin, pompaların kullanım ömrünün başlangıcında devreye alma kolaylığından pompaların kullanımı sırasında bakım ve enerji maliyetlerini azaltmaya kadar sistemlerinize sunduğu altı avantaj var.

## Kendiniz görün:

- Enerji tasarrufu
- Her yükte otomatik balanslama
- Kolay devreye alma
- Kolayca genişletme
- Bakım gerektirmez
- Uygun maliyetli

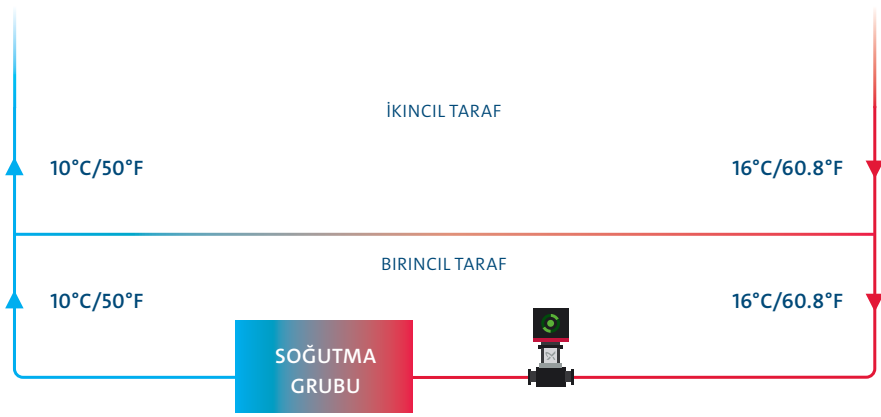
## 5.1 Enerji tüketimini azaltma

Distributed Pumping - DiPu sistemi, boru sistemindeki basınç modülasyon bileşenlerinin sayısını azaltarak enerji taleplerini önemli ölçüde azaltır. Bu sayede Grundfos sistemi, terminal ünitesinin çalıştığı her saniye enerji tüketimini azaltır. Zamanla enerji faturalarınız önemli ölçüde azalacaktır.



Şekil 5.1 İkincil taraftaki her devreye için küçük birincil in-line pompaya ve bir zon pompasına sahip Distributed Pumping - DiPu sisteminin çizimi





**Şekil 5.2** Birincil pompaların kontrol mantığı, baypas debisini minimuma indirerek, aktif soğutma grupları için minimum debi gereksinimlerinin karşılanması koşuluyla birincil devre (üretim tarafı) ile ikincil taraf (yük tarafı) arasında eşit debi sağlar.

Pompa gücü	%100 yük	%75 yük	%50 yük
Klasik sistem (kW)	16.50	12.11	8.07
Distributed pumping (kW)	13.99	5.90	1.75
<b>Tasarruf yüzdesi</b>	<b>%15.21</b>	<b>%51.27</b>	<b>%78.34</b>

**Şekil 5.3** Klasik sistemlere kıyasla Grundfos Distributed Pumping, sistem mimarisine ve yük senaryolarına bağlı olarak enerji tüketimini ortalama %50'den fazla azaltır.

### 5.2 Her yükte otomatik balanslama

Birincil pompaların kontrol mantığı her şeyden önce, aktif soğutma grupları için minimum debi sağlanması ve ikinci olarak, ayırıcıda debiyi dengelemek için harcanan enerjinin minimum düzeyde tutulmasıdır.

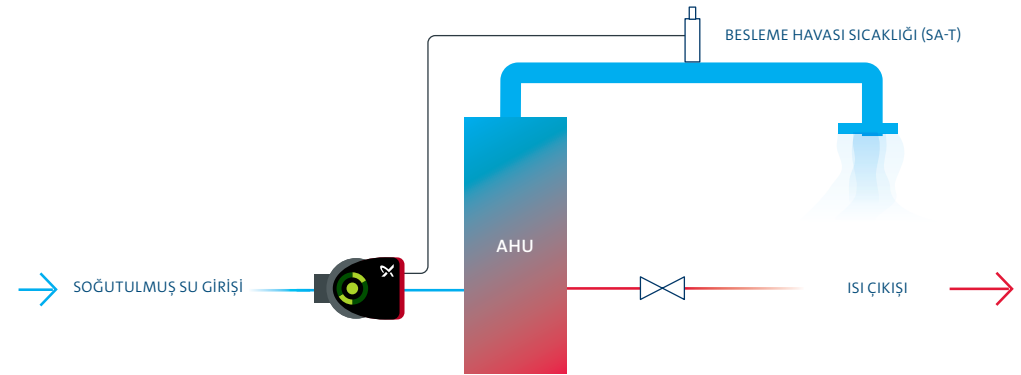
Serpantin pompaları, pompa/motor hızını ayar noktasına göre, herhangi bir terminal yükünde, herhangi bir zamanda değiştirerek yük tarafını otomatik olarak dengeler. Devreye alma sırasında serpantin pompalarının maksimum debisi, serpantine aşırı basmayı ve buna bağlı olarak yetersiz enerji transferini ve daha düşük verimliliği önleyecek şekilde ayarlanmalıdır.

Herhangi bir yüke göre otomatik hız ayarı ile serpantinde açlığı önleriz.

Sistem, pompaların devreye alma aşamasında dikkatli bir şekilde yapılandırılmasını sağlayarak, otomatik dengeleme seviyesini korur, optimum kullanıcı konforu ve yük tarafında optimum Delta T sağlar.

### 5.3 Kolay devreye alma

Akıllı pompa kurulumu, doğrudan dokunmatik düğmelerle veya cep telefonundaki Grundfos Go uygulaması kullanılarak uzaktan yapılabilir. Çalışma modu ve BMS ile iletişim ayarları yapıldıktan sonra pompa kullanıma hazırdır. Tüm sürecin tamamlanması yaklaşık 30 dakika sürer ve minimum çabayla maksimum kolaylık sağlar.



**Şekil 5.4** Klima Santralinin (AHU) önüne monte edilen, pompa hızını ayarlamak için giriş sinyali olarak hava kanalından sıcaklık sinyali alan zon pompası.

**GRUNDFOS POMPA SAN. VE TIC. LTD. STI.**  
Gebze Organize Sanayi Bölgesi  
İhsan dede Caddesi, 2. yol 200. Sokak No. 204  
41480 Gebze/Kocaeli Turkey  
Tel: (+90) 262 679 7979 Fax: (+90) 262 679 7905  
Email: satis@grundfos.com

**GRUNDFOS** 