

YÜKSEK KATLI BİNALARDA SU DAĞITIMI

TEKNİK MAKALE

B. SRINIVASA RAJ KUMAR VE ANDERS NIELSEN

Giriş:

Gökyüzüne yükselme arzusu binlerce yıldır insan varlığının bir parçası olmuştur. Mısır'daki piramitleri, antik Yunanistan'daki İskenderiye deniz fenerini veya Kamboçya'daki Angkor Wat tapınağını düşünün. Yüksek binalar, devlet adamlarını veya dini ikonları onurlandırmak amacıyla siyasi güç ve refahı temsil etmesi için kullanılmıştır.

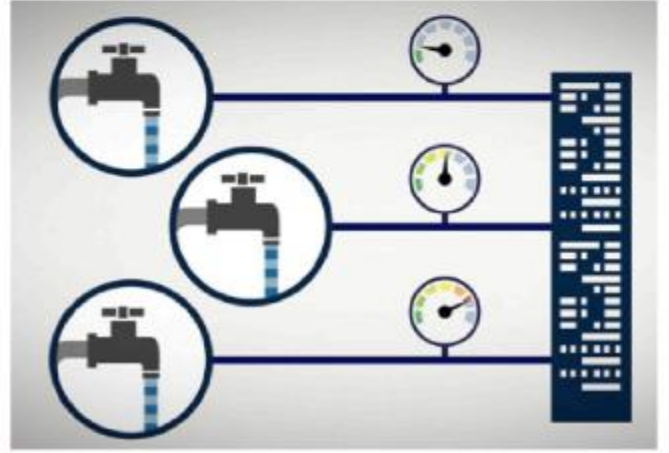
Ancak son yüz yıldır bu yüksek profilli projelerde daha pratik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yüksek katlı binalar, dünya çapında yoğun nüfuslu kentsel alanlarda nispeten küçük bir arazi alanının mümkün olan en iyi şekilde kullanılmasını sağlıyordu.

Ayrıca, dünya çapındaki büyük metro şehirlerindeki nüfus yoğunluğunun artmasıyla birlikte, şehir silüetini yayan yüksek katlı yapılara ihtiyaç duyan üstel bir dikey gelişme de mevcuttur. Bu durum, yüksek katlı binaların verimli su dağıtım sistemlerinin tasarımı söz konusu olduğunda büyük bir zorluk teşkil ediyor. Ve bu dağıtım sistemlerinin tasarımı, sadece kapasite hesaplama ve borulama tasarımı ile bitmiyor, aynı zamanda yüksek yapılarda hidrofor sistemi çalıştırırken belirli çalışma sorunlarını da ortadan kaldıran hidrofor kontrolleri de kapsıyor.

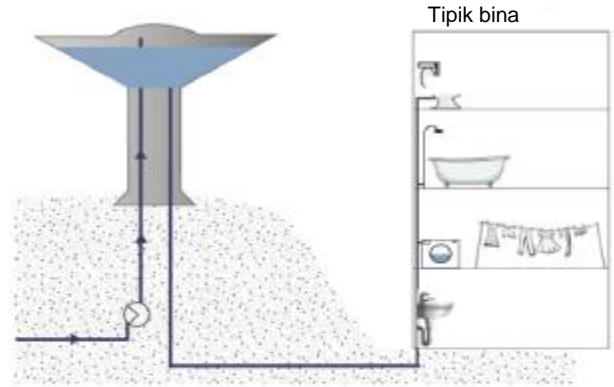
Genel olarak Su Dağıtımı:

Hidrofor, aşağıdaki gibi bir veya daha fazla nedenden dolayı gerekli olabilir:

- Ana şebekeden gelen basıncın yetersiz olduğu bir tepeye kurulmuş binalar.



Şebekeden beslenen su basıncı üst katları kapsamaya yeterli değildir



Yükseltilmiş su kulesi prensibi

- Bina yüksekliğinin topluluk yüksekliğinin suyun üst katlara ulaşmasını engellediği yüksek katlı binalar. Örneğin, teorik olarak 3,0 bar şebeke basıncı 30 m yüksekliğindeki bir bina için borular yeterli olmalıdır ancak durum böyle değildir. Yükseltici borular, duş başlıkları, tuvaletler ve soğutma kuleleri gibi münferit bileşenlerde direnci yenmek için yeterli fazla basınç olmalıdır.

- Pik yük akışı, şebekeden sağlanabilecek olandan daha fazla olabilir. Bu durumlarda, binaya bir veya daha fazla hidrofor setinin suyu alıp gerekli basınç seviyesine yükselttiği bir ara tank tedarik edilir. Normal özellikler, her kattaki basıncın 1,5 barın altına düşmemesi ve 5 barı geçmemesidir.

Çatı katlarına yerleştirilen tankların yüksek katlı binalarda kullanımı:

Binalarda ve özellikle yüksek katlı binalarda yeterli su basıncı sağlamak için çatı tanklarının kullanılması çok yaygındır. Bu tanklara alternatif, birkaç hidrofor pompasının gerekli basıncı sağladığı basınçlı sistemler kullanılmaktadır. Çatı tankı çözümleri, aslen bir asırdan daha uzun bir süre önce, binalar yükseldikçe oluşturuldu. Hem yangın söndürme hem de evsel kullanım için gerekli su basıncı artmış ve şebeke suyu tüm binayı beslemek için yetersiz kalmıştı.



Ayrıca, basınçlı sistemler için güvenilir ve verimli pompalar mevcut değildi. Acil çözüm, suyu depoya yükseltmek için standart pompalar kullanmaktı. Depodan yer çekimi, aşağı yönde doğal bir akış ve yeterli basınç sağlar. İyileştirilmiş ve enerji verimli basınç yükseltici teknolojisine rağmen, birçok binada hala çatı tankları bulunmaktadır.

Çatı katlarına yerleştirilen tanklar, kullanıcıların elektrik gücü olmadığı durumlarda hem su basıncına hem de su kaynağına sahip olmalarını sağlar. Bu tankların depoların boyutları büyük ölçüde değişir ancak hepsinde ortak olan, "hazırda su", evsel amaçlar için su depolama ve yangınla mücadele etme özellikleridir.

Basit yapı temel olarak bir depo, giriş ve tahliye boruları, bir şamandıralı şalter ve bir pompa gerektirir. Depodaki su seviyesi belirli bir seviyenin altına düştüğünde, şamandıralı şalter pompayı devreye sokarak depoyu yeniden doldurur.

İşlevsel bir bakış açısından, günümüzün çatılara yerleştirilen tanklar birçok yönden yeterli şekilde çalışsa da, diğer yandan bu tanklarda her zaman arzu edilmeyen unsurlar bulunur. Örnekler arasında, depo kurulumu ve daha büyük yapısal gereksinimler nedeniyle daha yüksek sermaye maliyetleri, yüksek işletme maliyetleri, basınç kontrolü eksikliği ve tankın kendisinin bakım zorluğu sayılabilir.



Şebekeden beslenen su basıncı üst katları kapsamaya yeterli değildir

Ne yazık ki çatı katındaki tanklar, depolama cihazı olarak hizmet vermenin ve basınç oluşturmanın yanı sıra, büyük bir sağlık riski oluşturan bakteriler için üreme zemini sağlamaktadır. Olağanüstü dirençli bakteri lejyonella genellikle su sistemlerinde istenmeyen bir konuk olarak görünür. Hayatta kalmak için su sisteminde oluşturulan biyofilmde lejyonella ve diğer mikroorganizmaların yaşam alanı oluşur. Biyofilm, boruların ve su depolarının içinde oluşturulur ve bakteriler için koruyucu bir bariyer ve üreme zemini görevi görür.

Sistem Elemanları ve Yerleşimi

Sistem Elemanları

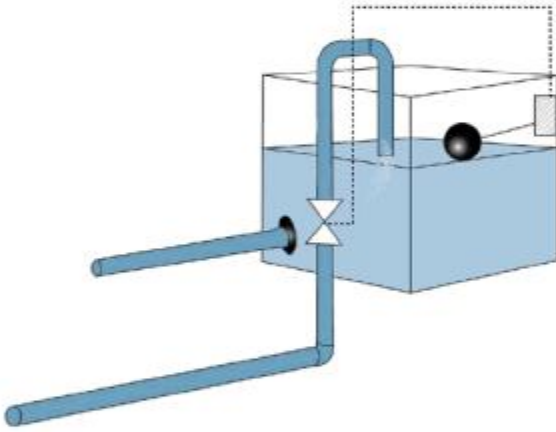
Hidrofor sistemi, farklı şekillerde birleştirilebilen birkaç temel hidrolik elemana dayanmaktadır. Aşağıda, genel olarak hidrofor uygulamasındaki işlevsellik ve rol ile ilgili en önemli unsurlar kısaca açıklanmıştır.

1) Ara tanklar veya yeraltı tankları

Yüksek talep sırasında şebeke beslemesinin yetersiz kalması veya kararsız olması durumunda sistemi beslemek için hidrofor sistemlerinde ara tanklar yerleştirilir. Ayrıca, pompaların çalıştırılmasından ve durdurulmasından kaynaklanan bir dalgalanmanın şebeke dağıtımını etkilememesini sağlamak için de kullanılır. Tanklar, yönetilebilir basınç bölgeleri oluşturmak için seri bağlantılı hidrofor düzenlerinde de yerleştirilir.

Burada, ara tanklar, tankın kendi hidrofor bölgesindeki ve üzerindeki tüm bölgelerde bulunan muslukları besler.

Ara tankın en önemli dezavantajı, olası giriş basıncını ortadan kaldırarak genel beslemeden gelen basıncı emen basınçsız bir tank olmasıdır. Bu, hidrofor sisteminin girişten gelen basıncın bir kısmını kullanmak yerine tüm basıncı kendisi sağlaması gerektiği anlamına gelir. Hijyen, ara tanklar için de sorundur. Tutma süresi nedeniyle, tank düzenli olarak temizlenmelidir ve ara tanklarda genellikle tankları temizlemeyi mümkün kılan birden fazla bölme bulunur. Bazı ülkelerde hidrofor setlerinin doğrudan gelen şebeke beslemesine takılmasına izin verilmez. Bu, öncelikle suyun şebeke beslemesine geri basılmamasını sağlamak ve böylece kirlenme riskini önlemek içindir. Bu ülkelerde, tüm hidrofor montajlarında ara tanklar zorunludur. Normalde, ara tank danışman mühendis tarafından boyutlandırılır ve genellikle hidrofor setinin bir parçası olarak kabul edilmez.



Seviye şalterli ara tank

Ara tanklı hidrofor

Avantajlar
Su her zaman stoktadır
Yüksek katlı binalarda farklı katlarda kullanılan ara tanklar, bodrumdan tek hidrofora göre boyutlandırmayı kolaylaştırır
Dezavantajlar
Şebekedeki basınç kullanılmaz
Modern yüksek katlı binalarda hacimler sınırlı olduğundan ara tanklar için gerekli alanın ayrılması zorlaşır
Ara tanklar temiz tutulmalı ve gerekli PRV sayısını azaltmak için her PRV için uygun şekilde temizlik planlı bir faaliyet olmalıdır.

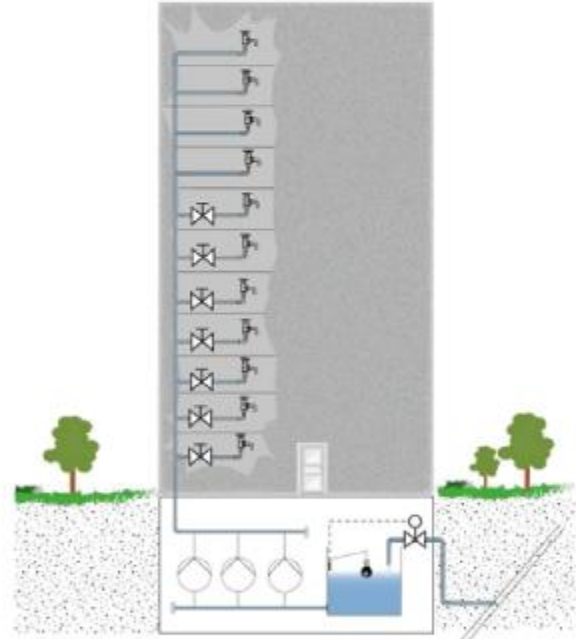
Pompa sisteminden önce bir su tankı yerleştirilir ve şebekeden gelen suyla doldurulur. Bu, şebeke kapasitesinin binanın en yüksek talebinden daha düşük olmasına izin vererek, en yoğun akış durumlarında bile sabit basınç sağlar. Ara tank, düşük tüketim dönemlerinde suyla doludur ve her zaman hidrofor pompalarına dengeli su tedariki sağlar.

2) Hidrofor Pompaları:

Binalarda su dağıtımı birçok nedenden dolayı hayati önem taşır. Çok katlı binalarda yaşayan insanlar her zaman yeterli suya ihtiyaç duyarlar ve endüstriyel süreçler de her zaman aynı şekilde devam etmek zorundadır. Bu nedenle hidrofor sistemlerinde yüksek kaliteli pompaların kullanılması önemlidir.

Ancak önemli olan, pompaların tasarlanma şeklidir.. Hidroforlarda kullanılan pompaların tümü çok kademeli pompalardır. Bu, suyun farklı kademelerden geçtiğinde su basıncının artacağı anlamına gelir. Son basınç seviyesine ulaşıldığında, su pompadan çıkış basıncına gelir.

3) Yükselticiler ve branşmanlar:



Her katta bir branşman bulunan bina

Bina tedarik sistemi normalde yükselticilerden ve branşmanlardan oluşur. Yükselticilerde jeodezik yükseklik aşılmış ve su farklı katlara dağıtılmıştır. Branşmanlar suyu her bir musluk noktasına dağıtır. Basınç düşürücü vanalar (PRV) kullanılırken branşmanlar genellikle ana branşmanlarla birleştirilerek bir bölge oluşturulur

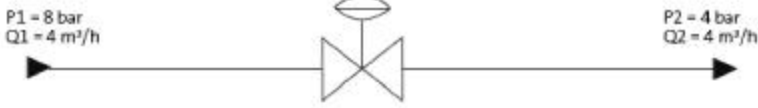
Binalar aynı ve sadece bir yükseltici varsa her katta PRV'lere ihtiyaç duyulur. Sağda gösterilen örnekte, binadaki her bir branşmana PRV eklememiz gerekir.

- PRV'lerin de bakıma ihtiyacı vardır ve bu nedenle erişilebilir bir yere yerleştirilmeleri gerekir.
- Daha yüksek basınç oluşturarak tüketilen enerji boşa harcanıldığından, her PRV bir kaybı temsil eder.

4) Basınç düşürücü vanalar (PRV)

Örnek: Basınç tahliye vanasında bekleyen enerji

PRV'lerin varlığı, oluşan basınç nedeniyle enerji israfına neden olur. Bu basit bir örnekle gösterilmiştir. Yüksek katlı bir binanın bodrum katından basınç artışına ihtiyacı vardır. Örnekte, izin verilen maksimum su musluğu basıncı 4 bar'dır. Ancak, sistem düzeni nedeniyle, sistemin alt kısmında aşırı basınç bulunur. Bu durum, PRV'lerin ana branşmanlara musluklardan önce monte edilmesiyse giderilir. Aşağıda, 8 bar'lık aşırı basıncın izin verilen 4 bar'a nasıl düşürüldüğü gösterilmektedir. Boru, 4 m³/h'lik bir su akışı sağlar.



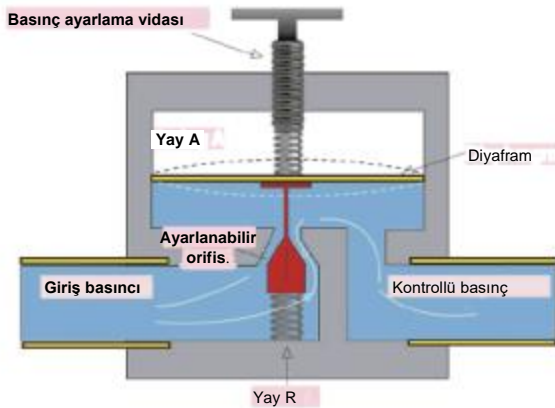
PRV'den önceki kullanılabilir hidrolik güç:

$$PI = q/3600 \times p1 \times 10^2$$

$$PI = 4 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h} \times 8 \text{ bar} \times 102 \text{ kPa/bar} = 0,91 \text{ kW}$$

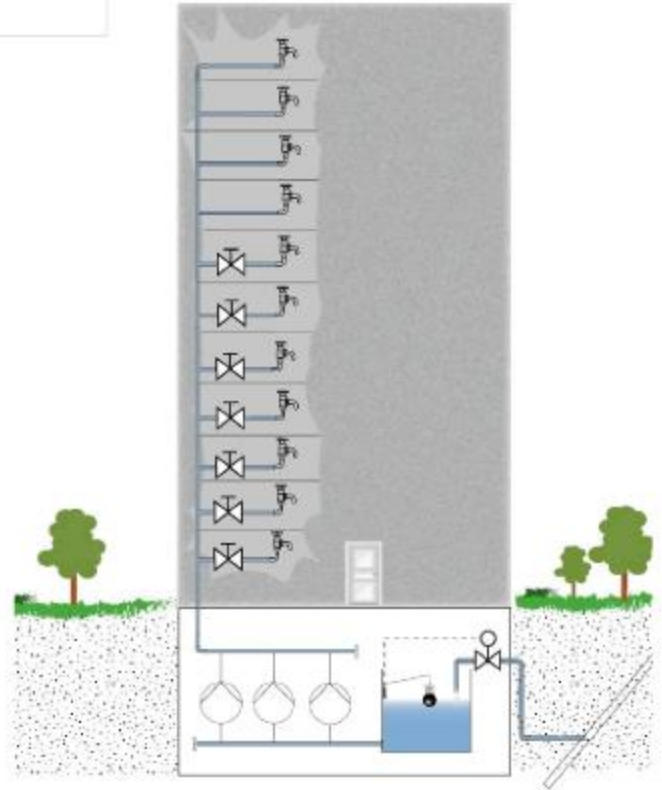
PRV'den sonra, basınç 8 bar'dan 4 bar'a yarıya düşürülür, bu da sadece hidrolik gücün yarısı P2 = 0,45 kW ile sonuçlanır. Bu nedenle PRV, 0,45 kW güç kaybını temsil eder. Çalışma saatlerinin sayısına bağlı olarak, bu gerekli aşırı basınç, potansiyel olarak çok fazla enerji tüketir. Örneğin, yılda 4000 saatlik çalışma için bu PRV tek başına yılda 1800 kWh "tüketir".

Tüm katlardaki basıncı dengelemek için PRV'ler genellikle çok katlı binalarda kullanılır. Basınç doğrudan yay ile mekanik olarak azaltılarak her kat için basınç hassas şekilde ayarlanabilir. PRV, her katta bir adet olmak üzere ayrı ayrı veya 2-3 kata tedarik sağlayan bir yükseltici branşmanında kullanılabilir. PRV, yüksek binalarda basıncı kontrol etmenin oldukça basit bir yoludur. Ancak PRV'ler kullanılırken bazı dezavantajlar vardır:



- Bina yerleşiminde ihtiyaç duyulan her bir PRV için ilk yatırım maliyeti artar.

- Bir basınç düşürme vanası arızalanır ve daha düşük dereceli bir boru ağına yüksek basınç girmesine neden olursa boru hasarı ve taşma riski vardır. Bu makalede, yüksek binalarda su dağıtımında pratik olarak kullanılan çeşitli sistem yerleşimlerini daha fazla inceleyerek avantajları ve dezavantajları ortaya konulmaktadır.
- Hidrofor sistemleri, yukarıda belirtilen ekipmanlarla birkaç farklı şekilde tasarlanabilir. Hangi düzenin seçileceği birçok faktöre ve söz konusu belirli göreve bağlıdır, örn. yerel mevzuat, geleneksel çözümler, esneklik gereksinimleri veya gelecekteki genişleme olasılığı vb. Herhangi bir sistem düzeni, tüm senaryolar için ideal değildir.



Her katta bir branşman bulunan Tek Hidrofor sistemi

Aşağıda, en çok kullanılan sistem yerleşimlerinden bazılarının avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır.

Tek hidrofor sistemi

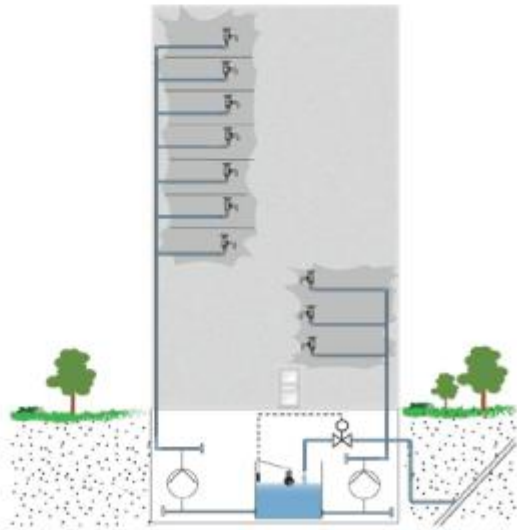
Tek Hidrofor Sistemi	
Avantajlar	
Yalnızca bir yükseltici gerekir (basit tasarım)	
Üst katlarda alan gerekmez	
Dezavantajlar	
Binalarda alt katlardaki aşırı basınç on katı aşar (PRV'ler ve yüksek basınç dereceli borular gerekli)	

Tek bir hidrofor sistemi, belki de mevcut en basit hidrofor sistemidir. Bodrumdan hidrofor sisteminden en uzak noktaya kadar basınç yükseltme sağlayan tek bir pompa setine dayanır. Temel olarak, bu sistemler ilk ara tanklar ile veya olmadan yapılandırılabilir.

Zonlara ayrılmış hidrofor sistemleri

Bina, her bir bölgeyi özel yükselticilerle bodrumdan besleyen bir hidrofor ile on veya daha az katlı basınç bölgelerine bölünmüştür.

Avantajlar	
Yönetilebilir basınç bölgeleri	
Bölgelere ayırma sayesinde daha fazla esneklik ve güvenlik	
Üst katlarda alan gerekmez	
Artık basınç olmaması nedeniyle düşük maliyetli işletim	
Dezavantajlar	
Tek bölgesel sistemlerden daha yüksek başlangıç maliyeti	
Üst bölgelerde daha yüksek statik basınç (yüksek basınç dereceli borular)	

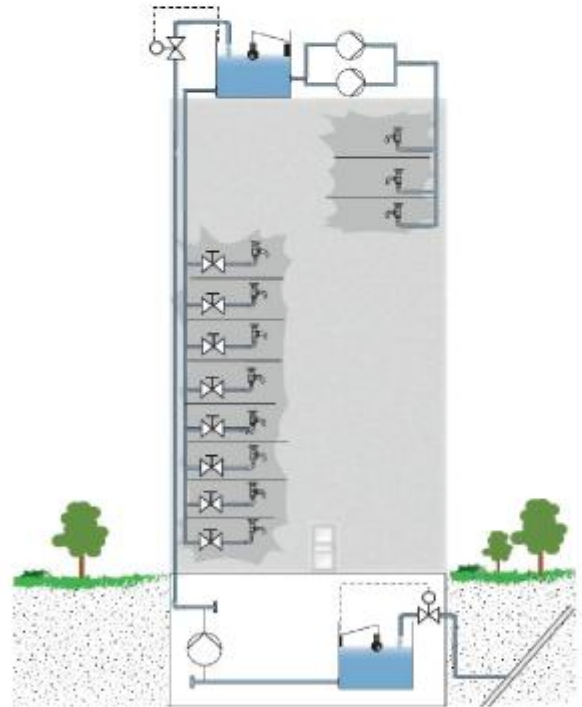


Bölgelere Bölünmüş Sistem

Çatı katında bulunan hidroforlarla birlikte çalışan tanklar

Çatı katında bulunan tank sistemlerinde, seviye şalteriyle çalışan bir kontrol ile tankı doldurmak için bodrumda bir transfer pompası kullanılır. Çözüm, binanın yaklaşık 15 katı aşması durumunda, alt katlardaki musluklarda istenmeyen yüksek statik basınç önlemek için her katta basınç düşürme vanaları gerektirir. Çatıda bulunan tankta yetersiz jeodezik yükseklik nedeniyle statik basınç çok düşük olacağından, ayrıca üst katlara gerekli basıncı sağlamak için teras hidroforu gerekir.

Avantajlar	
Gelişmiş teknoloji	
Tampon olarak çalışan çatı deposu nedeniyle düşük hidrofor gücü	
Çatı deposunda yedek kapasite	
Dezavantajlar	
Tek bölgesel sistemlerden daha yüksek başlangıç maliyeti	
Üst bölgelerde yüksek statik basınç (yüksek basınç dereceli borular)	



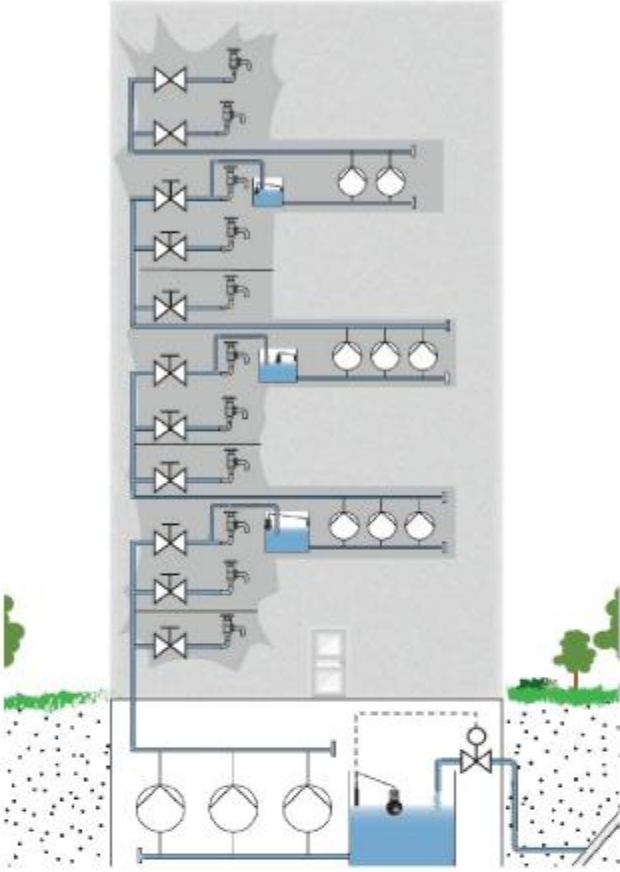
Ara tanklar ile seri bağlantılı sistemler

Ara tanklar ile seri bağlantılı sistemler, hem muslukları, deponun kendi hidrofor bölgesini hem de üzerindeki tüm bölgeleri beslemek için merkezi olarak yerleştirilmiş ön tankları kullanan diğer birkaç sistemden yararlanır.

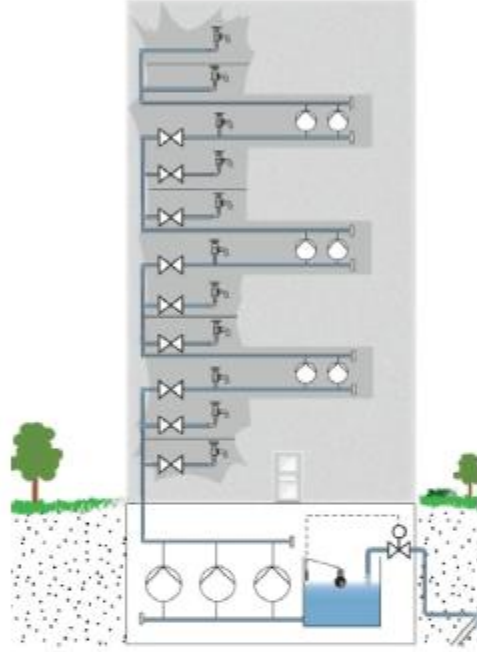
Bu sistemle bir bina daha küçük ve daha yönetilebilir basınç bölgelerine bölünür. Her bölge daha sonra kendi hidrofor setinden hizmet alır.

Ara tank olmayan seri bağlantılı sistemler

Seri bağlantılı bir sistem, daha önce bahsedilen sistemle aynı prensipleri kullanır ancak ara tanklar olmadan çalışır. Bu durum suyun bölgenin sadece kullanıldığı bölgeye pompalanmasını ve bu bölgeyi geçmemesini, gücün etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ancak tam kontrol çok önemlidir. Bir tüketici üst katlarda su çektiğinde, hidrofor sistemleri suyu binanın tabanından verebilmelidir.



Ara tanklı seri bağlantılı sistemler. Bu örnekte üç hidrofor bölgemiz vardır.



Ara tanklı olmayan seri bağlantılı sistemler

Avantajlar

Her bölgede düşük basınç (PRV yok ve daha az basınç dereceli borular gerekli)

Yönetilebilir basınç bölgeleri

Her bölgenin kendi tedarik deposu olduğundan boyutlandırmak kolaydır

Dezavantajlar

Tek bölgesel sistemlerden daha yüksek yatırım maliyeti

Hidrofor setleri ve servis katlarında tank için alan gerekir

Tanklarda mikrobiyolojik büyüme riski

Avantajlar

Her bölgede düşük basınç (PRV yok ve daha az basınç dereceli borular gerekli)

Yönetilebilir basınç bölgeleri

Depolar için alan gerekmez

Daha az aşırı güçlendirme (düşük işletme maliyetleri)

Dezavantajlar

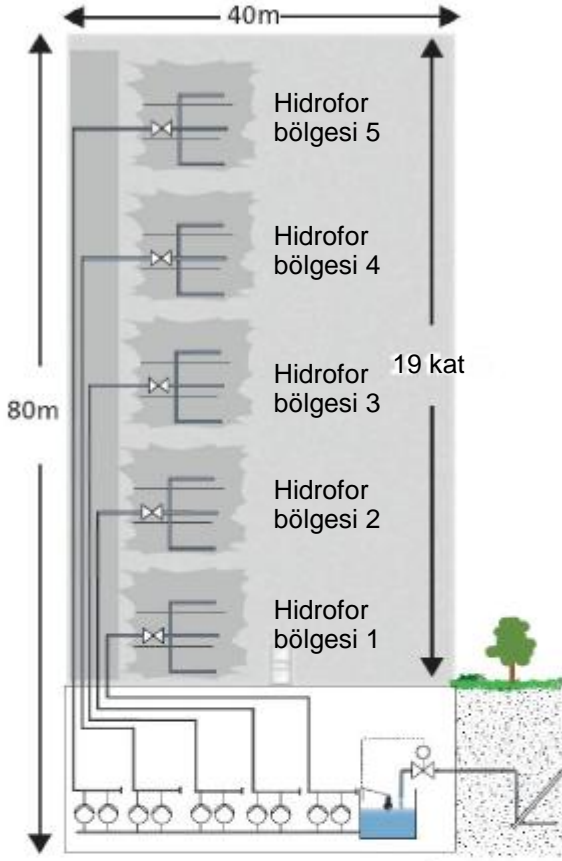
Tek bölgesel sistemlerden daha yüksek başlangıç maliyeti

Hidrofor setleri ve servis katlarında depo için alan gerekir

Karmaşık kontrol

Şema

Yüksek katlı binalarda su taşıma için gerekli hidrolik güç (P4) ve enerji tüketimi (E4) açısından daha önce belirtilen sistem düzenleri arasındaki farkları gösteren bir örnek verilmiştir.



Bina taban alanı 1600 m²'dir (40 m x 40 m)

Bina durumu

80 metre uzunluğundaki hayali bina durumu, soldaki binada gösterildiği gibi 5 kat ve 19 farklı hidrolik bölgeden oluşur. Bina taban alanı 1600 m²'dir (40 m x 40 m).

Beş hidrolik bölgenin her birinin farklı kullanıcıları ve dolayısıyla farklı tüketim profilleri, çalışma saatleri, pik akış gereksinimleri vb. vardır.

Bu koşullar aşağıda listelenmiştir.

Bölge ağırlık ortalamalı yük profili aşağıdaki grafikte gösterilmektedir. Grafikte, tüm bina için tipik bir gün boyunca (koyu mavi eğri) birleşik su tüketim modeli gösterilmektedir. Kümülatif yük profili (açık mavi) olarak düzenlenmiş farklı görev noktalarındaki saat sayısı kolayca yorumlanabilir.

Toplam bina pik akış talebi 46,8 m³/sa'dır. Ancak, yük profili dikkate alındığında pik akışı eş zamanlı olarak 36,2 m³/sa değerine düzeltilir.



Tüm bina için bölge ağırlık ortalamalı yük profili.

Değerlendirilen hidrofor düzenleri

- A: Tek hidrofor sistemi.
- B: Zonlara ayrılmış tek hidrofor sistemi.
- C: Çatı üstü depo ile tek hidrofor sistemi.
- D: Zonlarda ara tanklar bulunan seri bağlantılı hidrofor sistemi.
- E: Ara tank bulunmayan seri bağlantılı hidrofor sistemi.

Bu örnekte, depolu düzenler (C ve D) depo kapasitesi 4 saatlik pik yüke eşit olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu, günlük su tüketiminin yaklaşık %60'ına karşılık gelir.

Hidrofor bölgesi	Kat sayısı	Bölge yüksekliği	Kullanım	Kişi	Min. musluk basıncı	Maks. Debi
Bölge 5	1 kat	4 m	Çatı katı daireleri	16 sakin	200 kPa	0,3 m ³ /sa
Bölge 4	1 kat	4 m	Restoran	160 oturma yeri	200 kPa	6,0 m ³ /sa
Bölge 3	7 kat	30 m	Apartmanlar	450 sakin	150 kPa	8,3 m ³ /sa
Bölge 2	6 kat	25 m	Peyzajlı ofisler	640 çalışan	150 kPa	27,6 m ³ /sa
Bölge 1	4 kat	17 m	Alışveriş merkezleri	100 çalışan	150 kPa	4,6 m ³ /sa

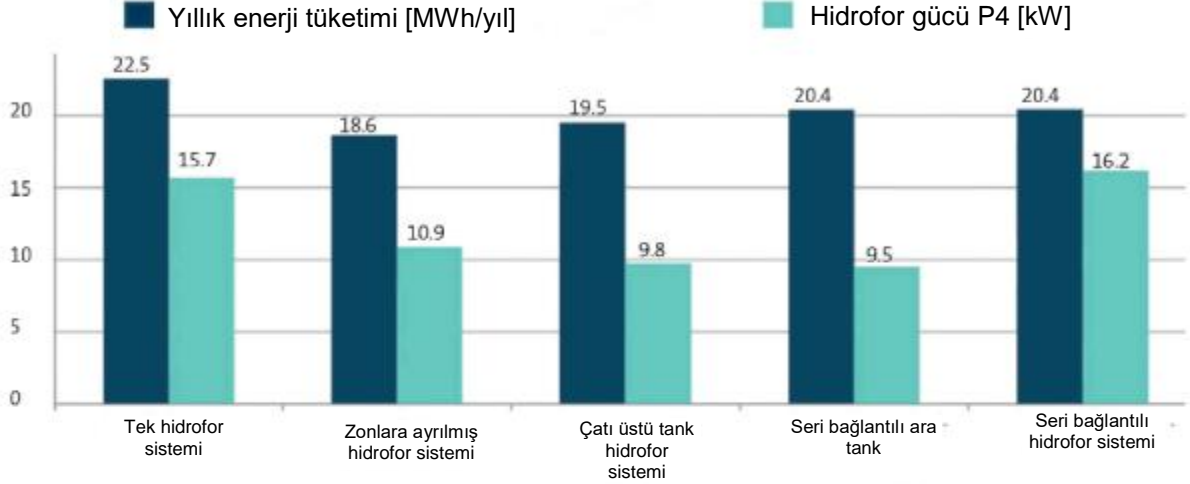
Hidrofor boyutu ve enerji tüketimi

Gerekli hidrofor gücü (P4) ve bina durumu ile bağlantılı enerji tüketimi, söz konusu hidrofor sistemi yapılandırmasına göre değişiklik gösterir.

Ayrıca, hidrofor sistemi kontrol cihazının yüksek binalardaki bazı pratik sorunları ele almak için sahip olduğu özellikler de aynı derecede önemlidir. Örneğin:

1. Yumuşak doldurma işlevi sayesinde dikey boru hatlarında/millerde dalgalanmanın önlenmesi.

Hidrolik enerji tüketimi, P4



Farklı sistem düzenleri ile enerji tüketimi ve gerekli hidrolik takviye gücü.

Yukarıdaki şemada kaba boyutlandırma sonucu gösterilmektedir.

Bu örnekte, ara tankların bulunduğu seri bağlantılı hidrofor sistemleri, çatı deposu çözümüyle yakından takip edilen en küçük takviye gücünü gerektirir.

Ancak, her bölgenin kendi hidrofor sistemi tarafından sağlandığı, zonlara ayrılmış bir sistemin seçilmesi, yıllık enerji tüketimini yaklaşık %10 oranında azaltır ve yalnızca yaklaşık %15 daha yüksek hidrofor kapasitesi gerektirir. Ara tank ihtiyacının ortadan kaldırılması, hidrolik bölgelerde sistemin ayrılması vb. gibi ek avantajlar bu sistemleri kolayca avantajlı hale getirir.

2. Düşük debi koşullarında borulardaki ve bağlantı ekipmanlarındaki yüksek basınçları azaltmak için Orantısal Basınç işlevi.
3. Düşük tüketim dönemlerinde pompalarda dalgalanmayı önlemek için düşük akış durdurma işlevi.

Hidrofor sistemleri kontrolleri tasarlanırken bu faktörler dikkate alınmadığı için genellikle yüksek yapılarda büyük işletme sorunları ortaya çıkar.

Sonuç olarak, bu makalede ele alınan diğer sistemlerle karşılaştırıldığında, yüksek binaların çalışma ömrü açısından uygun boyutta, bölgelere bölünmüş bir hidrofor sistemi daha verimli olacaktır.

