



TTMD

TÜRK TESİSAT MÜHENDİSLERİ DERNEĞİ DERGİSİ

Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki

Sayı : 7

TTMD

Adına Sahibi
Bekir Erdiç Boz

Yazı İşleri Müdürü
Abdullah Bilgin

Genel Yayın Yönetmeni
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

Yayın Kurulu

Gürkan Arı
Abdullah Bilgin
Aytekin Çakır
Dr. İbrahim Çakmanus
Erbay Çerçioğlu
Mustafa Nuri Çetin
Ali Rıza Dağlıoğlu
Orhan Gürson
Halim İman
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç
Selami Orhan
Fevzi Özel
E. Aybars Özer
Seden Çakiroğlu Özteker
Tayfun Sümbül

Dergi Yayın Sorumlusu
Gülten Acar

İletişim

Bestekar Sk. Çimen Apt.
No: 15/2 06680 Kavaklıdere-Ankara
Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72
Faks: 0.312. 419 58 51
web: <http://www.ttmd.org.tr>
e-mail: ttmd@ttmd.org.tr

TTMD Yönetim Kurulu

Bekir Erdiç Boz (Başkan)
Abdullah Bilgin (Başkan Yrd.)
Halim İman (Başkan Yrd.)
Hüseyin Erdem (Başkan Yrd.)
İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)
C. Selçuk Bayer (Muhasep Üye)
İbrahim Akdemir (Üye)
Hırant Kalataş (Üye)
Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç (Üye)
I. Zeki Aksu (Üye)
Gökhan Özbek (Üye)
Cafer Ünlü (Üye)
Sarven Çilingiroğlu (Üye)

TTMD Dernek Müdürü

Cem Sırı Ataç

30. Sayının Ekidir

Kapalı Genleşme Tankları

Dr. İbrahim Çakmanus,

Mak. Yük. Müh. / TTMD Üyesi

Abdullah Bilgin,

Mak. Müh. / TTMD Üyesi

1. Giriş

Isıtma ve soğutma sistemlerinde, su ısıtıldığında veya soğutulduğunda, hacmi, başlangıca göre belirli oranda artar veya azalır. Sudaki sıcaklığa bağlı bu genleşme veya büzüşme etkilerini karşılamak amacıyla genleşme tankları kullanılır. Genleşme tankları aynı zamanda sistemin güvenliğini, yani basıncın istenilen değerlerin arasında kalmasını sağlar.

Genleşme tankları termal ve hidrolik fonksiyon görürler. Termal fonksiyonda, sıcaklık değişimlerinde tanklar sıkıştırılmayan akışkanın (burada su) genleşip büzüşmesi için yeterli hacim sağlar. Bu hacimsel genleşme veya büzüşmenin sağlanabilmesi için akışkan ile sıkıştırılabilir gaz arasında bir arayüz (membran veya diyafram veya akışkan-hava teması) söz konusudur. Üç değişik tip genleşme tankı vardır:

- 1- Açık genleşme tankı: atmosfere açık tanklardır.
- 2- Kompresörlü kapalı genleşme tankı: birbiri ile temasta olan hava ve su hacimlerinden oluşan tanklardır.
- 3- Membranlı veya diyaframalı tank: gaz (veya hava) tarafı ile su tarafı arasında elastik bir membran (veya diyafram) bulunan tanklardır.

Bir hidrolik eleman olarak genleşme tankı sistem basıncı için bir referans noktası oluşturur. Bu husus elektrikteki topraklama kavramına benzetilebilir. Diğer yandan korozyon ve enerji kayıplarının azaltılması gibi sebeplerle artık açık tip genleşme tankları tümü ile terk edilmeye başlanmış ve kapalı genleşme tankları standart uygulamalar haline gelmiştir.

2. Kapalı Genleşme Tankları

Yukarıda belirtildiği üzere günümüzdeki ısıtma veya soğutma tesisatlarında artık kapalı genleşme tankları kullanılmaktadır. Kapalı genleşme tanklarını; küçük sistemlerde ve düşük statik basınçlı sistemlerde kullanılan değişken basınçlı kapalı genleşme tankları, büyük sistemlerde ve yüksek statik basınçlarda kullanılan değişken basınçlı kapalı genleşme tankları ve yine büyük sistemlerde ve yüksek statik basınçlarda kullanılan sabit basınçlı kapalı genleşme tankları (kompresörlü ve pompalı tipler) olarak üç gruba ayırmak mümkündür.

Ancak kapalı genleşme tankları sadece otomatik kontrollü yanma sağlayan sıvı ve gaz yakıtlı sistemlerde kullanılabilir. El ile beslemeli kömürlü kazanlarda büyük sıcaklık dalgalanmaları meydana geldiği için bu tür tankların kullanımı çok özel güvenlik tedbirleri gerektirir.

2.1. Kapalı Genleşme Tanklarının Yararları

- Sistemin hava ile teması bulunmayacak ve korozyon azalacaktır.
- Kapalı kalorifer sisteminde su buharlaşıp kaybolmayacağından, su eksilmesi olmayacaktır.
- Kazanın veya soğutma sisteminin hemen yanına monte edileceğinden, çatıya kadar çekilen emniyet branşmanlarından, izolasyondan, boruların her katta kaybettiği alandan ve işçilikten tasarruf sağlanacaktır.
- Çatıdaki genleşme tankı kalkacağından, buradaki ısı kaybı önlenmiş olacaktır.
- Kapalı sistemde, çatı arasındaki açık genleşme kabında bulunan suyun, kaloriferlerin çalıştırılmadığı zamanlarda oluşan donma tehlikesi bulunmaz.

Gaz	Sembol	Molar kütle M kg/kmol	Molar norm hacim V ₀ m ³ /kmol	Gaz sabiti R J/(kg.K)	Yoğunluk ρ kg/m ³	0 °C'de özgül ısı C _p kJ/(kg.K)
Hava, kuru	-	28,96	22,40	287,10	1,29	1,01
Azot	N ₂	28,01	22,41	296,84	1,25	1,04
Su buharı	H ₂ O	18,02	22,41	461,40	0,80	1,86

Tablo 1. Gazların molar kütlesi, yoğunluğu ve diğer büyüklükleri⁽²⁾.

Sıcaklık °C	Katkısız	%10 katkılı	%20 katkılı	%30 katkılı	%40 katkılı	%50 katkılı
10	0.040	0.188	0.304	0.397	0.489	0.599
20	0.180	0.377	0.599	0.797	0.973	1.206
30	0.440	0.737	1.016	1.310	1.541	1.790
40	0.790	1.089	1.436	1.827	2.105	2.381
50	1.210	1.617	2.032	2.441	2.776	3.089
60	1.710	2.150	2.635	3.073	3.456	3.808
70	2.280	2.741	3.266	3.733	4.176	4.577
80	2.900	3.350	3.915	4.402	4.896	5.359
90	3.590	4.073	4.648	5.154	5.679	6.183
100	4.350	4.806	5.401	5.917	6.474	7.021
110	5.150	5.688	6.284	6.799	7.356	7.904
120	6.030	6.568	7.164	7.679	8.236	8.784

Tablo 2. Bazı sıcaklıklarda suyun genleşme yüzdeleri (Anti-Freeze katkı ve katkısız olarak).

2.2. Teorik Esaslar

2.2.1. Gaz Tarafı (İdeal Gaz Kanunu):

Genleşme tanklarında gaz (veya hava) tarafında izotermal şartların geçerli olduğu, buradaki basınç değişimlerinin, su hacminin sıcaklık değişimleri sonucu değişmesinden kaynaklandığı kabul edilir.

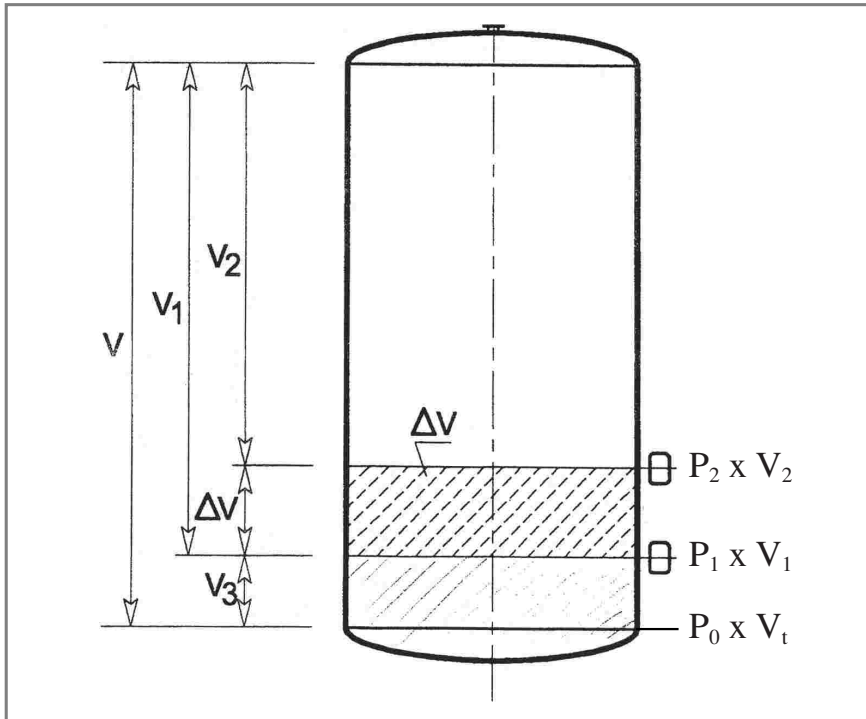
Genleşme tanklarının hesap yönteminin esası İdeal Gaz Kanunu olup, hesaplarda bu noktadan hareket edilir. Burada, tesisatta genleşen suyun yarattığı basıncı membran ayırdığı diğer taraftaki gaz absorbe eder. Bu olay İdeal Gaz Kanunu çerçevesinde gerçekleşir. İdeal Gaz Kanunu

$$P.V = m.R.T$$

Şeklinde ifade edilir. Burada P mutlak basınç (Pa), V hacim (m³), m kütle (kg), R Gaz sabiti (J/kgK), T mutlak sıcaklık (K) olup, bu değerler (hava, azot ve su için) Tablo 1'de verilmiştir.

Yukarıda belirtildiği üzere kapalı genleşme tanklarındaki hal değişimi sabit sıcaklıktaki hal değişimi (T₁=T₂) şeklinde alınabilir. Buna göre iki değişik durum için eşitlik 1 kullanılarak,

$$\frac{P_1 V_1}{m_1} = \frac{P_2 V_2}{m_2} \quad (2)$$



Şekil 1. Kapalı Genleşme Tankında Hal Değişimi.

Eşitliği yazılabilir. Gaz kaçağı olmadığı kabul edilirse m₁=m₂ yazılabilir. Bu nedenle,

$$P_1 \chi V_1 = P_2 \chi V_2 \quad (3)$$

Eşitliği yazılabilir. Buradaki hacimsel genleşme ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\Delta V = V_2 - V_1 \quad (4)$$

Tankın her iki haline karşılık gelen seviyeler ve hal değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'deki V₃ hacmi tanktaki minimum (başlangıç) su hacmini göstermektedir. Nominal hacimleri 15 litreye kadar olan kapalı genleşme tanklarında, tank nominal hacminin (V_t) minimum %20'si olmalıdır. Daha büyük hacimli tanklarda ise tüm sistem su hacminin %0.5'i civarında olması gerekir. Diğer bir ifade ile V₃ = 0,005 x V_{su} olarak alınabilir. Su seviyesi V₃ değerinin altına indiğinde su takviyesi yapılır, bu yapılmazsa veya bir problem algılanması halinde brülörler otomatik olarak durdurulur.

2.2.2. Suyun Genleşmesi veya Büzüşmesi

Buradaki en önemli hususlardan birisi suyun içinde hava çözünmesinin elimine edilmesidir. Tesisat sistemlerinde ısıtıcı veya soğutucu akışkan olarak su kullanılır. Daha önce belirtildiği üzere su sıcaklığa bağlı olarak genleşir.

Genleşen oranı,

$$e (\%) = \frac{V_2' - V_1'}{V_1'} \cdot 100 \quad (5)$$

Şeklinde, genleşen su hacmi ise

$$\Delta V = \frac{V_{su} \cdot e}{100} \quad (6)$$

ifadesi ile hesaplanabilir⁽⁴⁾. Burada V_{su} sistemdeki toplam su hacmi (m³), V₁' T₁ sıcaklığındaki suyun özgül hacmi (m³/kg), V₂' T₂ sıcaklığındaki suyun özgül hacmidir (m³/kg). Suyun bazı sıcaklıklardaki genleşme yüzdesi Şekil 2'de, bunun bazı sıcaklıklara karşılık gelen değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Sisteme su ilave edilmediği düşünülürse, suyun tanka giriş veya çıkışına yalnızca sistemdeki suyun genleşmesi veya basıncının artmasından kaynaklandığı söylenebilir.

2.2.3. Tank Hacminin Hesaplanması

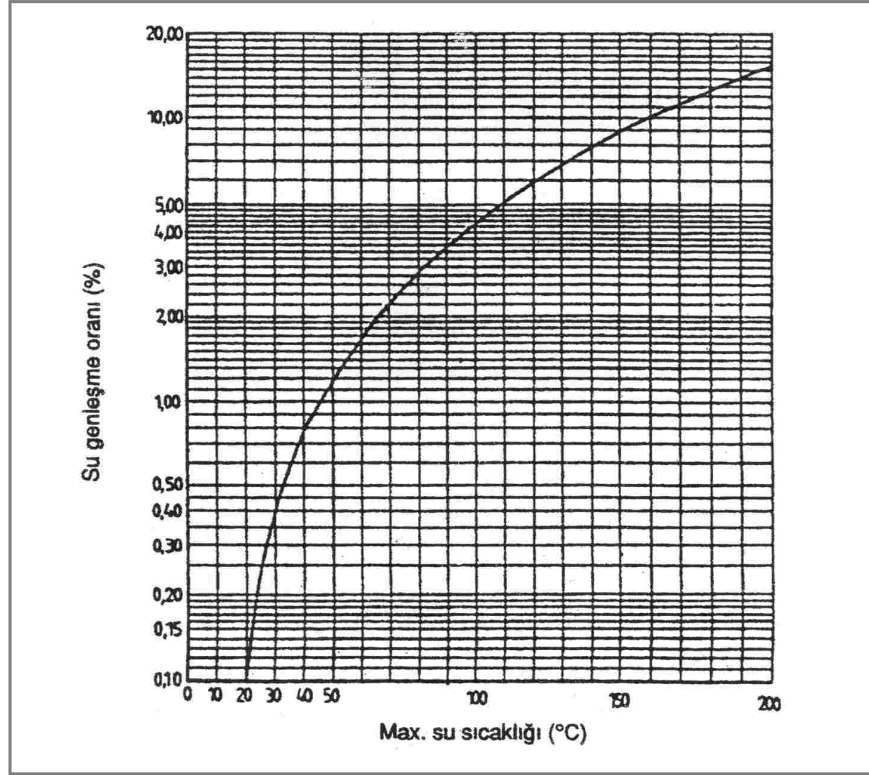
Genleşme tankı hacmi,

$$V_t = \frac{\Delta V}{1 - \frac{P_1}{P_2}} \quad (7)$$

$$V_t \chi P_1 = V_t \chi P_0$$

$$V_t = \frac{P_1 \chi V_1}{P_0}$$

Eşitliğinden hesaplanabilir⁽²⁾. Bu eşitlik hem kompresörlü hem de membranlı tanklar için geçerlidir. P₁, minimum basınç olup,



Şekil 2. Suyun Genleşme Yüzdesi⁽³⁾

$P_1 = P_0 + 0.2 - 0.5$ (atü) şeklinde belirlenir. Burada P_0 ön gaz basıncı (atü) olup,

$$P_0 = \frac{H_{st}}{10.33} + P_D + 0.2$$

(atü) olarak alınabilir. Burada H_{st} kapalı genleşme tankı ile tesisat sisteminin en yüksek noktası arasındaki kot farkıdır (m), P_D su sıcaklığına bağlı bir basınç faktörü olup, Tablo 3'den alınabilir. Eşitlik (7) P_2 sistemin son basıncıdır. Buradaki basınçlar mutlak basınçtır.

Su sıcaklığı (°C) □	P_D (atü)
100'den az	0.0
100-110	0.5
110-120	1.0

Tablo 3. Su sıcaklığına bağlı basınç faktörü⁽²⁾

Sistem Elemanı □	Her 1 Kw için gerekli su hacmi
Döküm radyatörler, 900 mm	3.5 Lt/m ²
Döküm radyatörler, 500 mm	3.5-4.0 Lt/m ²
Çelik radyatörler, 900 mm	6.0 Lt/m ²
Çelik radyatörler, 500 mm	5.0 Lt/m ²
Panel radyatörler, PK 600	2.8 Lt/m
Panel radyatörler, PKKP 600	5.6 Lt/m
Konvektör	0.2-0.4 Lt/m ²
Döküm kazanlar	0.5-1.0 Lt/kW
Çelik kazanlar	2.0-4.0 Lt/kW
Çelik borular, 15 mm	0.21 Lt/m
Çelik borular, 20 mm	0.38 Lt/m
Çelik borular, 25 mm	0.60 Lt/m
Çelik borular, 32 mm	1.02 Lt/m
Çelik borular, 40 mm	1.39 Lt/m
Çelik borular, 50 mm	2.21 Lt/m

Tablo 4. Çeşitli sistem elemanlarındaki su miktarları⁽³⁾.

Hesaplarda maksimum su gidiş sıcaklığı emniyet açısından limit termostadın ayarlandığı sıcaklık olarak alınmalıdır. Sistem işletme üst basıncı P_2 hiçbir zaman emniyet ventili açma basıncından büyük olamaz ve genellikle $P_2 = P_{açma} - 0.5$ (atü) seçilir. Ancak $P_{açma}$ ve P_2 değerlerini belirleyen esas faktör radyatörlerin veya serpantinler gibi sistem elemanlarının konstrüksiyon basınçlarıdır. Sistem basıncı hiç bir zaman imalatçı kataloglarında verilen malzeme dayanım basınçlarını geçemez.

Eşitlik (6)'da adı geçen V_{su} , sistemdeki su miktarı sistemi oluşturan kazan, radyatörler, borular vb elemanların içindeki su miktarlarının toplamıdır. Her bir sistem elemanının alabileceği su miktarları genellikle ürün kataloglarında verilir. Genleşme tankı hesaplarında su miktarı doğru biçimde

hesaplanmalıdır. Ampirik değerlere bağlı veya tahmini değerler kullanılmaktan olabildiğince kaçınılmalıdır. Ancak burada ilk yaklaşım olarak Tablo 4 ve Tablo 5'den veya literatürdeki benzer kaynaklardan alınabilir.

2.3. Genleşmeye Esas Su Sıcaklığının Belirlenmesi

Sıcak sulu sistemlerde kapalı genleşme tankı içindeki su sıcaklığı ile maksimum ortalama tesisat suyu sıcaklığı arasındaki genleşmeyi alabilmelidir. Örnek olarak membranlı kapalı genleşme tanklı 90/70°C tesislerde maksimum sıcaklık için ortalama sıcaklık, 80°C ve minimum sıcaklık için ise 10°C'lik dolurma sıcaklığı esas alınabilir. Tablo 6'da çeşitli sıcaklıklarda suyun hacmi ve özgül ağırlığı verilmiştir.

3. Kapalı Genleşme Tankı Tipleri

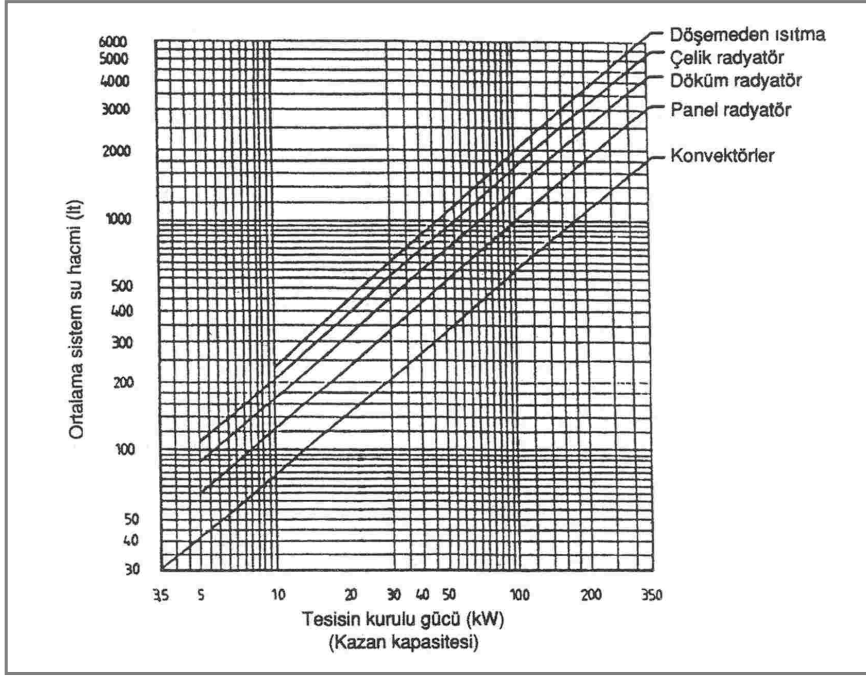
Isıtma ve soğutma tesisatlarında, yüksek statik basınçlar söz konusu ise, sistem çalışma basınçlarının yükselmesini önlemek amacıyla küçük basınç aralıklarında çalışmak gündeme gelebilir. Bu durumda değişken basınçlı kapalı genleşme tanklarının nominal hacimlerinin faydalı hacimlerine oranla aşırı büyümesi nedeniyle hem ilk yatırım maliyetlerinin artması, hem de yerleşim sorunları ortaya çıkar. Kaynar sulu sistemlerde ise yüksek sıcaklıktaki (100°C) suyun üzerindeki basınç değişimlerinin buharlaşma yoluyla ciddi sorunlara yol açma tehlikesi vardır. Ayrıca sabit basınçlı kapalı genleşme tanklarının faydalı hacimlerinin her şart altında, depo nominal hacminin %80'i olması, bu tankların büyük su hacmine sahip tesisatlarda kullanım alanı bulmasını sağlar. Bu gibi durumlarda, sistem basıncının sabit tutulduğu genleşme sistemlerine ihtiyaç doğar. Sabit basınçlı kapalı genleşme tankları, sistemdeki su sıcaklığına göre değişen su hacminden bağımsız olarak, sistem basıncının sabit tutulmasını sağlayan sistemlerdir. Bir butyl kauçuk membran (değiştirilebilir) ile birbirinden ayrılan su ve gaz hacimlerinin, sistemde bir basınç değişimine yol açmayacak şekilde değiştirildiği sabit basınçlı kapalı genleşme tankları, iki sınıfa ayrılır⁽³⁾.

- Kompresör kontrollü kapalı genleşme tankları
- Pompa kontrollü kapalı genleşme tankları

3.1. Kompresörlü Tanklar

Kompresör kontrollü kapalı genleşme tankları, sistemde ısınma yoluyla artan su hacminin, deponun gaz (hava) hacmini sıkıştırıp basıncı absorbe edecek şekilde depodan boşaltılmasını sağlayan bir manyetik ventille soğuma yoluyla azalan su hacminin, deponun gaz hacminde genişleme yoluyla basınç düşüşlerini engelleyen bir kompresör (veya kompresör grubu) ve bu iki üniteyi yöneten bir kumanda paneline sahiptir.

Bu tanklar nispeten büyük sistemlerde uygulanır. Burada membran ve gaz yerine kompresörle basınçlı hava kullanılır. Şekil 3'de kompresörlü bir sisteme ait örnek verilmiştir. Böyle bir genleşme tankında, rejim haline yakın işletme sıcaklıklarına karşılık gelen basınç değişiklikleri karşılanır. Seçilen basınç aralığı dışındaki genleşme halinde, yüksek basınçta sistemden toplama kabına veya dışarı su atılır, düşük basınçta ise besli tankından sisteme su takviyesi yapılır.



Tablo 5. Tesis kurulu kapasitesine bağlı olarak tabmini su hacmi ⁽³⁾.

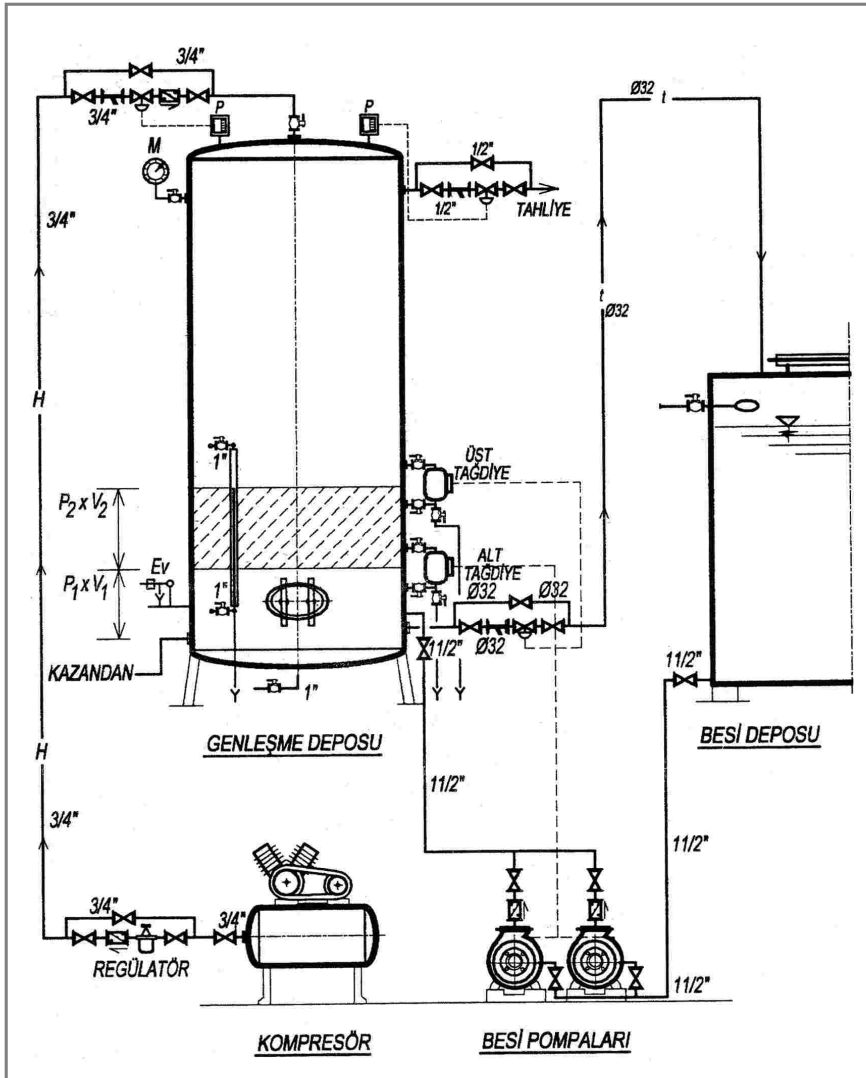
Sıcaklık		Özgül	Özgül
(C)	(K)	ağırlık (kg/m ³)	hacim (m ³ /kg)
0	273	999.8	1.0002
4	277	999.9	1.0001
6	279	999.9	1.0001
10	283	999.6	1.0004
14	287	999.2	1.0008
16	289	998.8	1.0012
20	293	998.2	1.0018
24	297	997.2	1.0028
28	301	996.1	1.0039
30	303	995.6	1.0044
34	307	994.2	1.0058
38	311	992.9	1.0072
40	313	992.2	1.0079
46	319	989.8	1.0103
50	323	988.0	1.0121
55	328	985.7	1.0145
60	333	983.2	1.0171
65	338	980.5	1.0199
70	343	977.7	1.0228
75	348	974.9	1.0258
80	353	971.8	1.0290
85	358	968.7	1.0323
90	363	965.3	1.0359
95	368	961.9	1.0396
100	373	958.3	1.0435
110	383	951.0	1.0515
120	393	943.1	1.0603
130	403	934.8	1.0697
140	413	926.1	1.0798
150	423	916.9	1.0906
160	433	907.4	1.1021
170	443	897.3	1.1144
180	453	886.9	1.1275
190	463	876.0	1.1415
200	473	864.7	1.1565
210	483	852.8	1.1726
220	493	840.3	1.1900
230	503	827.3	1.2088
240	513	813.6	1.2291
250	523	799.2	1.2512

Tablo 6. Çeşitli sıcaklıklarda suyun özgül ağırlığı ve özgül hacmi ⁽⁴⁾.

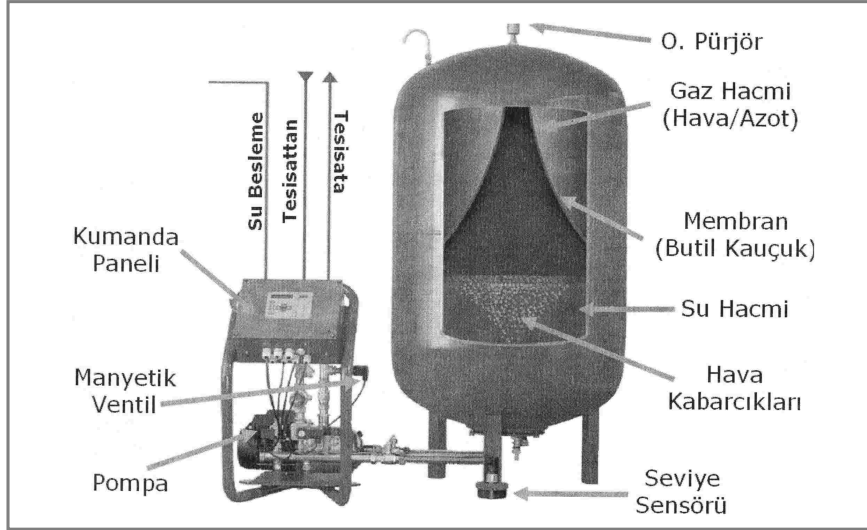
3.2. Pompa Kontrollü Kapalı Genleşme Tankları

Pompa kontrollü kapalı genleşme tankları, sistemde ısınma yoluyla artan su hacminin sistem basıncının artmasına yol açmasını engelleyecek şekilde, bu suyu atmosferik basınca sahip bir genleşme tankına alan bir manyetik ventil ile soğuma yoluyla azalan su hacminin sistem basıncını düşürmesini engelleyecek şekilde depodan sisteme ayarlanan basınçta su basan bir pompa ve bu iki üniteyi yöneten bir kumanda paneline sahiptir.

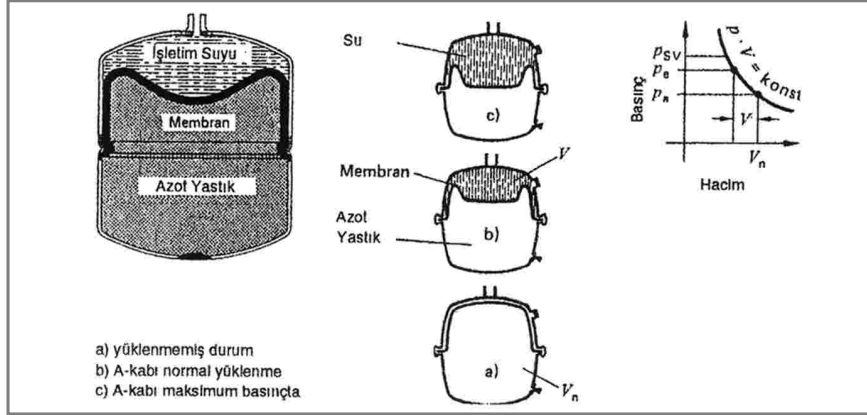
Sabit sıcaklıktaki suyun basıncını düşürerek hava (gaz) atma imkanı da pompa kontrollü kapalı genleşme tanklarının bir ek fonksiyonudur. Buna göre, pompalı kapalı genleşme tankının atmosferik basınçta olması nedeniyle, tesisattan yüksek basınçla gelen sıcak su, aniden atmosferik basınca düşüncü içerdigi eriyik haldeki hava açığa çıkacaktır. Bu hava bir otomatik pürjör vasıtası ile depodan dışarı atılacaktır. Şekil 4'de pompa kontrollü bir tank örneği verilmiştir.



Şekil 3. Kompresör Kontrollü Genleşme Tankı Örneği ⁽⁴⁾.



Şekil 4. Pompa Kontrollü Genleşme Tankı Örneği (3).



Şekil 5. Membranlı Genleşme Tankı (3).

Basınç (bar)	Emniyet vanası çapı (mm)								Isıtma gücü (kW)
	20	25	32	40	50	65	80	100	
3.0	234	366	608	936	1463	2472	3745	5852	
3.5	264	412	685	1055	1648	2786	4220	6593	
4.0	292	456	758	1168	1824	3083	4670	7297	
4.5	318	497	826	1273	1989	3361	5092	7956	
5.0	344	538	894	1378	2154	3640	5514	8615	
5.5	370	578	960	1480	2313	3908	5920	9251	

Tablo 8: 2.5 bar'dan fazla işletme basıncına sahip sistemlerde ısıtma gücüne bağlı olarak yayıl emniyet vanası çapları (3).

Vana çapı DN	20/32	25/40	32/50	40/65	50/80	65/100	80/125	100/150	125/200	150/250
Orifis (mm)	17.1	23.8	30.7	38.1	50.2	59.0	73.0	91.0	105	125
Alan (mm²)	230	445	740	1140	1979	2734	4.185	6504	8659	12272
αw (P>4 bar)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Ayar basıncı (bar g)	ton / h									
0.2	2.9	5.7	9.4	14.5	25.2	34.8	53.2	82.7	110.1	156.0
0.5	4.6	8.9	14.9	22.9	39.8	55.0	84.1	130.8	174.1	246.7
1.0	6.5	12.6	21.0	32.4	56.3	77.7	119.0	184.9	246.2	348.9
2.0	9.2	17.9	29.8	45.8	79.6	109.9	168.3	261.5	348.2	493.5
3.0	11.3	21.9	36.5	56.1	97.5	134.6	206.1	320.3	426.4	604.4
4.0	13.1	25.3	42.1	64.8	112.6	155.5	238.0	369.9	492.4	697.9
5.0	14.6	28.3	47.1	72.5	125.8	173.8	266.1	413.5	550.5	780.2
6.0	16.0	31.0	51.6	79.4	137.8	190.4	291.5	453.0	603.1	854.7
7.0	17.3	33.5	55.7	85.8	148.9	205.7	314.9	489.3	651.4	923.2
8.0	18.5	35.8	59.5	91.7	159.2	219.9	336.6	523.1	696.4	986.9
9.0	19.6	37.9	63.1	97.2	168.8	233.2	357.0	554.8	738.6	1046.8
10.0	20.6	40.0	66.6	102.5	178.0	245.8	376.3	584.8	778.6	1103.4
12.0	22.6	43.8	72.9	112.3	194.9	269.3	412.2	640.6	852.9	1208.7
14.0	24.4	47.3	78.8	121.3	210.6	290.9	445.3	691.9	921.2	1305.6
16.0	26.1	50.6	84.2	129.7	225.1	310.9	476.0	739.7	984.8	1395.7
18.0	27.7	53.7	89.3	137.5	238.8	329.8	504.9	784.6	1044.6	-
20.0	29.2	56.6	94.1	145.0	251.7	347.6	532.2	827.0	1101.1	-
25.0	32.6	63.2	105.2	162.1	281.4	388.7	595.0	-	-	-
30.0	35.8	69.3	115.3	177.6	308.2	425.8	651.8	-	-	-
35.0	38.6	74.8	124.5	191.8	332.9	-	-	-	-	-
40.0	41.3	80.0	133.1	205.0	355.9	-	-	-	-	-

Tablo 9. Emniyet vanalarının su boşaltma kapasitesi (3).

3.3. Membranlı Kapalı Genleşme Tankları

Bu tür genleşme tankları nispeten küçük tesislerde kullanılır. Bu tanklarda bir mebranla ayrılmış su ve gaz bulunmaktadır. Şekil 5'de membranlı genleşme tanklı bir tesisat örneği verilmiştir. Sabit basınçlı kapalı genleşme tanklarında esasen sabit tutulan basınç faktörüdür. Buna göre kapalı genleşme tankı hacmini belirleyen bağıntıdaki basınç faktörü sabit olacak ve sadece membranın kapalı genleşme tankının cidarlarına değmesini engelleyecek bir fark ile seçim yapılabilecektir. Buna göre sabit basınçlı kapalı genleşme tankının hacmi $V_n = V_t \times 0,8$ olur. Yani her türlü tankın hacminin %80'i faydalı hacim olarak kullanılabilecektir.

4. Kapalı Genleşme Sistemlerinde Emniyet

4.1. Emniyet Vanaları

Her ne kadar suyun genleşmesinin doğurduğu basınç genleşme tankı tarafından absorbe ediliyorsa da herhangi bir arıza veya beklenmeyen durumlara karşı sistemde aşırı basınç artışının önüne geçilmelidir. Bunun için sistemde emniyet vanası kullanılır. Tablo 7'de işletme basıncı 2.5 bar'a kadar olan sistemlerde ısıtma gücüne bağlı olarak membranlı emniyet vanası çapları, Tablo 8'de ise daha yüksek basınçlardaki emniyet vanası çapları gösterilmiştir.

Isıtma gücü (kW)	Emniyet vanası çapı (mm)
0-50	15
51-100	20
101-200	25
201-300	32
301-500	40
>501	50

Tablo 7: 2.5 bar işletme basıncına kadar olan sistemlerde diyaframli emniyet vanası çapları (3).

Emniyet vanalarının; Tablo 9'da su, Tablo 10'da buhar boşaltma kapasiteleri, Tablo 11'de ise sıcaklık ve basınca göre çalışma normları verilmiştir.

4.2. Diğer Emniyet Ekipmanları

Daha önce belirtildiği üzere kapalı genleşme tankları tam otomatik çalışan sistemlerde kullanıldığından, emniyetli bir işletme için emniyet vanalarına ilaveten başka donanımlara da sahip olması gerekir. Buna göre bulunması gereken bazı ekipmanlar şöyle özetlenebilir:

- Sıcaklık ayarlayıcı eleman (sıcaklık sensörü): Bu, kazan çıkış suyu sıcaklığını ayarlar.
- Limit termostat: Bu, kazan çıkış suyu sıcaklığını sınırlar, sıcaklık ayar değerini aştığında brülörü durdurur.
- Maksimum basınç sınırlayıcı: Basınç 3 bar'dan büyükse veya kurulu güç 350 kW'dan fazla ise her kazan için bir maksimum basınç sınırlayıcı öngörülmemelidir. Bunun ayar değeri emniyet vanasının ayar değerinde daha küçük olmalıdır. Basınç buradaki ayar değerine

Vana Çapı DN	20/32	25/40	32/50	40/65	50/80	65/100	80/150	100/150	125/200	150/250
Orifis	17.1	23.8	30.7	38.1	50.2	59.0	73.0	91.0	105	125
Alan	230	445	740	1 140	1 979	2 734	4 185	6 504	8 659	12 272
α_w (P >4 bar)	0.78	0.86	0.76	0.68	0.64	0.71	0.66	0.70	0.72	0.73
Ayar basıncı (bar g)	kg/h									
0.2	65	138	258	256	582	857	1 182	1 549	2 170	3 921
0.5	113	238	356	461	777	1 187	1 651	2 705	3 754	5 428
1.0	180	381	577	772	1 251	1 919	2 638	4 373	6 043	8 703
1.5	239	508	770	1 045	1 678	2 568	3 610	5 871	8 108	11 651
2.0	296	630	952	1 303	2 089	3 194	4 514	7 334	10 130	14 551
2.5	352	748	1 125	1 548	2 481	3 797	5 393	8 759	12 102	17 395
3.0	406	862	1 289	1 782	2 859	4 381	6 249	10 133	14 028	20 184
3.5	459	973	1 447	2 007	3 224	4 949	7 086	11 495	15 915	22 924
4.0	510	1 090	1 603	2 209	3 610	5 531	7 872	12 973	17 766	25 528
4.5	561	1 198	1 792	2 428	3 967	6 079	8 651	14 257	19 524	28 054
5.0	613	1 309	1 925	2 652	4 333	6 641	9 450	15 575	21 329	30 647
5.5	661	1 412	2 077	2 862	4 676	7 165	10 196	16 805	23 012	33 067
6.0	713	1 522	2 239	3 085	5 040	7 724	10 992	18 116	24 807	35 646
6.5	764	1 633	2 401	3 308	5 405	8 283	11 787	19 427	26 603	38 226
7.0	812	1 734	2 549	3 513	5 740	8 796	12 517	20 630	28 250	40 593
7.5	863	1 843	2 710	3 735	6 103	9 352	13 308	21 934	30 036	43 159
8.0	914	1 953	2 871	3 957	6 466	9 908	14 100	23 238	31 822	45 725
8.5	961	2 052	3 017	4 157	6 793	10 410	14 814	24 145	33 434	48 041
9.0	1 012	2 161	3 177	4 378	7 154	10 963	15 601	25 712	35 210	50 594
9.5	1 063	2 270	3 338	4 599	7 515	11 516	16 388	27 010	36 987	53 147
10.0	1 114	2 379	3 498	4 820	7 876	12 069	17 175	28 307	38 764	55 700
11.0	1 210	2 584	3 799	5 235	8 554	13 108	18 653	30 743	42 099	60 493
12.0	1 311	2 800	4 118	5 675	9 272	14 208	20 219	33 324	45 634	65 572
13.0	1 413	3 017	4 437	6 114	9 990	15 309	21 786	35 905	49 169	70 652
14.0	1 510	3 226	4 744	6 537	10 681	16 367	23 292	38 388	52 568	75 537
15.0	1 608	3 434	5 049	6 957	11 368	17 420	24 790	40 858	55 951	80 396
16.0	1 709	3 649	5 366	7 395	12 082	18 515	26 349	43 426	59 467	85 450
17.0	1 810	3 865	5 683	7 832	12 797	19 610	27 907	45 994	62 984	
18.0	1 911	4 081	6 001	8 269	12 512	20 705	29 465	48 562	66 501	
19.0	2 007	4 286	6 302	8 685	14 190	21 745	30 944	51 000	73 160	
21.0	2 203	4 704	6 917	9 533	15 575	23 868	33 966	55 980		
22.0	2 303	4 919	7 233	9 968	16 286	24 957	35 516	58 535		
23.0	2 404	5 134	7 549	10 403	16 997	26 047	37 066	61 090		
24.0	2 504	5 349	7 865	10 838	17 708	27 136	38 617	63 645		
25.0	2 605	5 563	8 180	11 273	18 419	28 225	40 167	66 200		
26.0	2 705	5 778	8 496	11 703	19 130	29 315	41 717			
27.0	2 806	5 993	8 812	12 143	19 841	30 404	43 268			
28.0	2 906	6 207	9 127	12 578	20 552	31 494	44 818			
29.0	3 007	6 422	9 443	13 013	21 263	32 583	46 368			
30.0	3 107	6 637	9 759	13 448	21 974	33 672	47 918			
31.0	3 208	6 852	10 075	13 884	22 684	34 762	49 469			
32.0	3 308	7 066	10 390	14 319	23 395	35 851	51 019			

Tablo 10. Emniyet vanalarının bubar boşaltma kapasitesi ⁽³⁾

geldiğinde brülör durdurulmalıdır.

- Alçak su seviyesi emniyet cihazı: Su seviyesi ayar değerine düşüğünde, brülör durdurulmalıdır.

5. Kapalı Genleşme Tanklarının Boyutlandırılması

Yukarıda kapalı genleşme tankının hacminin nasıl hesaplanabileceği hususu üzerinde; burada ise seçilen hacme uygun olarak genleşme tankının tipi ve ebatlarını ne olabileceği üzerinde durulmuştur.

5.1. Kompresör ve Pompalı Genleşme Tankları

Tankın su tarafı ile ilgili bağlantıları için (genleşme tankı – sistem bağlantısı, besi suyu bağlantısı, tahliye suyu bağlantısı, emniyet vanası bağlantısı vb) için aşağıdaki hususlara da dikkat edilmelidir.

- 1- Daha önce de belirtildiği üzere tankın en altında %20'lik bölümünde sürekli su kalmalıdır. Bu, tankın alt basıncına karşılık gelen alt su seviyesidir. Üst seviye ise $V_1=(1-0.2).V_t = 0.8 V_t$ şeklinde yazılabilir ⁽⁴⁾. Şekil 2'de verildiği üzere tank içindeki iki nokta arasındaki izotermal şartlarda ideal gaz denklemi, $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ şeklinde yazılabilir. Sistemin genleşmesi bu aralıkta kompanse edilir. $P_1 \times V_1$ noktası tankın alt tağdiye yeri, $P_2 \times V_2$ seviyesi ise üst tağdiye yeri olacaktır.
- 2- Sistemde su eksilmesi halinde bunun tamamlanması için alt tağdiyenin alt kontağında besi pompası devreye girer, üst kontağında devreden çıkar. (İstendiği takdirde ise alt bir noktadan alınan bir kontak ile brülör durdurulabilir ve/veya alarm verilebilir. Çünkü bu noktada sistemde aşırı su eksilmesi söz konusu olabilir).

- 3- Pek tercih edilememekle birlikte, eğer tank ebatları çok büyük çıkmışsa veya yerde problem varsa toplam hacim 2 ya da 3 tanka bölünebilir. Ancak bu durumda suya hava karışma tehlikesi olabileceği unutulmamalıdır.
- 4- Emniyet vanası su tarafında olmalı ve üst basıncın (P_2) 0.5-0.8 bar daha fazlasına ayarlanmalıdır.
- 5- Boşaltma selenoidi üst tağdiye üst kontakta açmalı, alt kontak noktasında kapatmalıdır. Su boşaltma sisteminin çalışabilmesi için ters U yapılarak yaklaşık 5 mSS karşı basınç oluşturulmalıdır.
- 6- Kompresörün hava beslemesi su tarafı tarafından, su taşma noktasının üstünden, yapılmalıdır. Durma noktası ise P_1 basıncına göre ayarlanmalıdır. Tanktaki basınç değişimi $P=P_2-P_1=0.5$ bar gibi düşük bir değerde olması halinde hava takviye selenoidi yerine kompresör çıkışına “bava regülatörü” kullanılmalı ve regülatör P_1 basıncına göre ayarlanmalıdır.
- 7- Hava tarafındaki fazla havayı tahliye etmek için boşaltma selenoidi takılmalı ve yaklaşık olarak üst basıncın (P_2) 0.5 bar daha fazlasına ayarlanmalıdır.
- 8- Tank imalat basıncı maksimum işletme basıncının en az 1.5 katı yüksek basınca dayanacak biçimde olmalıdır.

5.2. Membranlı Genleşme Tankları

Bu tanklar hesaplanan hacim ve basınca uygun olarak imalatçı kataloglarından seçilebilmektedir. Ancak Uygulamada bazı hususlara dikkat edilmelidir:

- 1- Tank hacmi ile birlikte P_1 , P_2 basınçlarını, ön basıncı

$$P_0 = \frac{H_{st}}{10} + P_D + 0.2 \text{ (atü)}$$

$P_1=P_0+0.2-0.5$ atü), emniyet vanası açma basıncı ve genleşme tankı konstrüksiyon basıncı vb de belirlenmelidir.

- 2- Hazır tanklarda ön basınç genellikle yüksek değerde olmaktadır. Bu nedenle montajı yapılan tankın basıncı sisteme hale getirilmelidir.
- 3- Diyaframda yırtık vb olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- 4- İstendiği takdirde, sisteme eklenecek bir presostad ile P_1 basıncından daha düşük bir basınçta örneğin brülör durdurulabilir.

6. Kızgın Sulu Sistemler

Kızgın sulu sistemlerde emniyet vanası çapı "buhar boşaltma kapasitesi"ne göre belirlenir. Buhar boşaltma miktarı D (kg/h) aşağıdaki gibi hesaplanır ⁽³⁾.

$$D = \frac{Q_k}{r} \quad (8)$$

Burada Q_k kazan sistemi toplam gücü (kW), r hesap basıncında buharlaşma gizli ısı (kW/kg) olup, $r = 607 - 0.7T$ (kW/kg) şeklinde hesaplanır. Burada T(C) mutlak sıcaklık olup, basınca bağlı olarak $T = 100\sqrt{P}$ şeklinde hesaplanabilir. Burada P (ata) işletme basıncıdır. Sıcaklık ve basınç

	Vanalar				Sıcaklığa (°C) göre max. çalışma basıncı (bar)																
	Demir döküm	Sfero döküm	Çelik döküm	Çelik	20 (120)	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530	540	550		
1	GG 25	GGG 38	—	St. 37/2	1	—	—	—													
					1	1	1	1													
2.5	GG 25	GGG 38	—	St. 37/2	2.5	—	—	—													
					2.5	2	1.8	1.5													
6	GG 25	GGG 38	—	St. 37/2	6	—	—	—													
					6	5	4.5	3.6													
10	GG 25	GGG 38	GS 45	St. 37/2	10	—	—	—													
					10	8	7	6													
16	GG 25	GGG 38	GS 45	St. 37/2	16	—	—	—													
	—	—	GS-C 25	C 22 N	16	13	11	10													
					16	14	13	11	10	8											
25	—	GGG 38	GS-45.5	C 22 N	25	—	—	—													
					25	20	18	16													
					25	22	20	17	16	13											
40	—	—	GS-45.5	C 22 N	40	32	28	24													
					40	—	—	—													
					40	35	32	28	24	21											
63	—	—	GS-C 25	C 22 N	63	36	29	24													
					63	50	45	40													
					63	—	—	—													
					63	50	45	40	36	32											

Tablo 11. DIN 2401'e göre malzeme basınç ve sıcaklık bağlantı normları⁽⁴⁾.

arasındaki ilişki Tablo 12'den alınabilir. Şekil 6'da ise bir kızgın su tesisatına ait bir genişleme tankı sistemi örnek olarak gösterilmiştir.

Kızgın sulu sistemlerdeki kapalı genişleme tanklarının hesabı sıcak sulu sistemlerle aynıdır. Ancak;

- 1- Minimum sistem basıncının hesabında; maksimum kızgın su sıcaklığının kaynama noktasına karşılık gelen basıncı, minimum sistem basıncına eklenmelidir. Bu nedenle tesisatın hiç bir noktasında sistem basıncı kaynama basıncının altında olmamalıdır. Ayrıca minimum 1 bar emniyet faktörü kullanılmalıdır.
- 2- Sistemdeki genişleme miktarının hesabında rejim halindeki kızgın suyun dönüş suyu sıcaklığındaki değişim esas alınmalıdır. (Burada dönüş suyu miktarı toplam su miktarının yarısı kadar alınabilir).
- 3- Genişleme tankındaki basınç farkı ($\Delta P = P_2 - P_1$), projenin özelliğine göre 1.0, 2.0 veya 3.0 atü alınabilir. Arazi eğimi, minimum ve maksimum basınç değerleri, pompa etkisi ve maksimum kızgın su sıcaklığı vb hususlar dikkate alınarak malzeme seçimi yapılmalıdır.
- 4- Kızgın sulu sistemlerde basınç için tercihen azot gazlı genişleme tankları kullanılmalıdır.
- 5- Tanklar dik veya yatık olabilir. Ancak minimum ve maksimum su seviyeleri basınç değerlerine uygun biçimde tasarımcı tarafından hesaplanmalıdır.

Görüldüğü üzere burada kaynama sıcaklığı belirleyici faktörlerden birisi olup, Tablo 13'de değişik basınçlarda kaynama sıcaklıkları gösterilmiştir.

Basınç (bar)	Kaynama sıcaklığı (°C)	Basınç (aüa)	Kaynama sıcaklığı (°C)
0.0	99.0	1.4	125.5
0.1	101.8	1.6	128.1
0.2	1.4.2	1.8	130.6
0.3	106.6	2.0	132.6
0.4	108.8	2.5	138.2
0.5	110.8	3.0	142.9
0.6	112.7	3.5	147.2
0.7	114.5	4.0	151.1
0.8	116.3	4.5	154.7
0.9	118.1	5.0	158.1
1.0	119.6	5.5	161.2
1.2	122.6	6.0	164.2

Tablo 13. Değişik basınçlarda kaynama sıcaklıkları⁽³⁾.

Örnek:

Verilenler

P=7 atü, Q_k= 2325 kW.

Hesaplar

Yukarıda verilen eşitliklerden sırasıyla

T=163°C, r=0.573 kW/kg,

D= 2325/0.573 = 4050 kg/h olarak hesaplanır.

Buna göre 50/80 mm bir vana seçilebilir.

7. Tankların Sisteme Bağlanması

Sistem ile genişleme tankı arasındaki boru çapları Tablo 14'de verilmiştir.

Isıtma gücü (kW)	Boru çapı (mm)
0-1640	40
1641-3820	50
3821-6800	65
6801-10200	80
10201-13600	100

Tablo 14. Sistem ile Genişleme Tankı Arası Boruları⁽³⁾.

Tankın sisteme bağlantı noktası sistemin basıncı gereksinimleri ile ilgilidir. Burada pompanın çalışıyor veya duruyor olmasının önemli olmadığı kabul edilir. Örneğin 2 atü ölçüm basıncında bir tank ile 0.7 atü basınca sahip bir pompa bulunan bir sistem düşünelim. Bu durumda, Şekil 7'de görüldüğü üzere tank sisteme değişik şekillerde bağlanabilir.

Şekilde görüldüğü üzere tank emiş tarafında iken pompa çalışmaya başladığında pompanın basma tarafında basınç pompa basıncı kadar artar (Şekil 7a). Eğer tank pompanın basma tarafında ise pompanın emiş tarafındaki basınç aynı miktar azalır (Şekil 7b). Diğer yandan hava ile basınçlandırılan sistemlerde havanın suya karışma tehlikesi bulunduğundan, bağlantı noktasının seçiminde bu hususda göz önünde bulundurulmalıdır.

p = Basıncı (kg/cm^2)	r = Latent Heat — Gizli Isı (kcal/kg)
t = Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	s = Entropi ($\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$)
v = Özgül Hacim (m^3/kg)	$'$ = Su için
l = Entalpi (kcal/kg)	$''$ = Buhar için

p	t	v'	v''	l'	l''	r	s'	s''
0.01	6.698	0.0010001	131.7	6.73	600.1	593.4	0.0243	2.1447
0.02	17.204	0.0010013	68.27	17.24	604.8	587.6	0.0612	2.0847
0.03	23.772	0.0010027	46.53	23.79	607.7	583.9	0.0836	2.0499
0.04	28.841	0.0010041	35.46	28.85	609.8	581.1	0.0998	2.0253
0.05	32.55	0.0010053	28.73	32.55	611.5	578.9	0.1126	2.0064
0.06	35.82	0.0010064	24.19	35.81	612.9	577.1	0.1232	1.9908
0.07	38.66	0.0010074	20.92	38.64	614.1	575.5	0.1324	1.9779
0.08	41.16	0.0010084	18.45	41.14	615.2	574.1	0.1402	1.9664
0.09	43.41	0.0010093	16.51	43.38	616.2	572.8	0.1474	1.9564
0.1	45.45	0.0010101	14.95	45.41	617.0	571.6	0.1538	1.9478
0.2	59.87	0.0010170	7.795	59.81	623.1	563.5	0.1974	1.8903
0.3	68.68	0.0010221	5.328	68.61	626.8	558.2	0.2241	1.8567
0.4	75.42	0.0010261	4.069	75.36	629.5	554.1	0.2437	1.8334
0.5	80.86	0.0010296	3.301	80.81	631.6	550.8	0.2582	1.8150
0.6	85.45	0.0010326	2.783	85.41	633.4	548.0	0.2721	1.8001
0.7	89.45	0.0010355	2.409	89.43	634.9	545.5	0.2832	1.7874
0.8	92.99	0.0010381	2.125	92.99	636.2	543.2	0.2930	1.7767
0.9	96.18	0.0010405	1.904	96.19	637.4	541.2	0.3018	1.7673
1.0	99.09	0.0010428	1.725	99.12	638.5	539.4	0.3096	1.7587
2.0	119.62	0.0010599	0.9016	119.87	645.8	525.9	0.3638	1.7029
3.0	132.88	0.0010725	0.6166	133.4	650.3	516.9	0.3973	1.6703
4.0	142.92	0.0010828	0.4706	143.6	653.4	509.8	0.4221	1.6474
5.0	151.11	0.0010918	0.3816	152.1	655.8	503.7	0.4422	1.6297
6.0	158.08	0.0010999	0.3213	159.3	657.8	498.5	0.4591	1.6151
7.0	164.17	0.0011072	0.2778	165.6	659.4	493.8	0.4737	1.6029
8.0	169.61	0.0011140	0.2448	171.3	660.8	489.5	0.4865	1.5922
9.0	174.53	0.0011203	0.2189	176.4	662.0	485.6	0.4980	1.5827
10	179.04	0.0011262	0.1981	181.2	663.0	481.8	0.5085	1.5740
15	197.36	0.0011524	0.1343	200.6	666.6	466.0	0.5503	1.5406
20	211.38	0.0011751	0.1016	215.8	668.5	452.7	0.5820	1.5160
25	222.90	0.0011952	0.08157	228.5	669.4	440.9	0.6074	1.4962
30	232.76	0.0012142	0.06020	239.5	669.7	430.2	0.6290	1.4793
40	249.18	0.0012493	0.05078	258.2	669.0	410.8	0.6649	1.4513
50	262.70	0.0012828	0.04024	274.2	667.3	393.1	0.6944	1.4290
60	274.29	0.0013150	0.03310	288.4	665.0	376.8	0.7196	1.4078
70	284.48	0.0013467	0.02795	300.9	662.1	361.2	0.7420	1.3897
80	293.62	0.0013786	0.02404	312.6	658.9	346.3	0.7623	1.3731
90	301.92	0.001412	0.02096	323.6	655.1	331.5	0.7810	1.3576
100	309.53	0.001445	0.01845	334.0	651.1	317.1	0.7983	1.3424
110	316.58	0.001480	0.01637	344.0	646.7	302.7	0.8147	1.3279
120	323.15	0.001518	0.01462	353.9	641.9	288.0	0.8306	1.3138
130	329.30	0.001558	0.01312	363.0	636.6	273.6	0.8458	1.2998
140	335.09	0.001599	0.01181	372.4	631.0	258.6	0.8606	1.2858
150	340.56	0.001646	0.01065	381.7	624.9	243.2	0.8749	1.2713
160	345.74	0.001699	0.009616	390.8	618.3	227.5	0.8892	1.2564
170	350.66	0.001756	0.008680	400.3	610.8	210.5	0.9035	1.2411
180	355.35	0.001821	0.007809	410.2	602.5	192.3	0.9186	1.2251
190	359.82	0.001902	0.006994	420.4	593.2	172.8	0.9347	1.2081
200	364.08	0.00201	0.00620	431.5	582.3	150.8	0.9514	1.1883
210	368.16	0.00214	0.00539	444.5	568.1	123.4	0.9714	1.1626
220	372.1	0.00239	0.00449	463.4	547	84	1.002	1.131
225.4	374.1	0.00314		502		0		1.058

Tablo 12. Doymuş Buhar Tablosu ⁽⁴⁾.

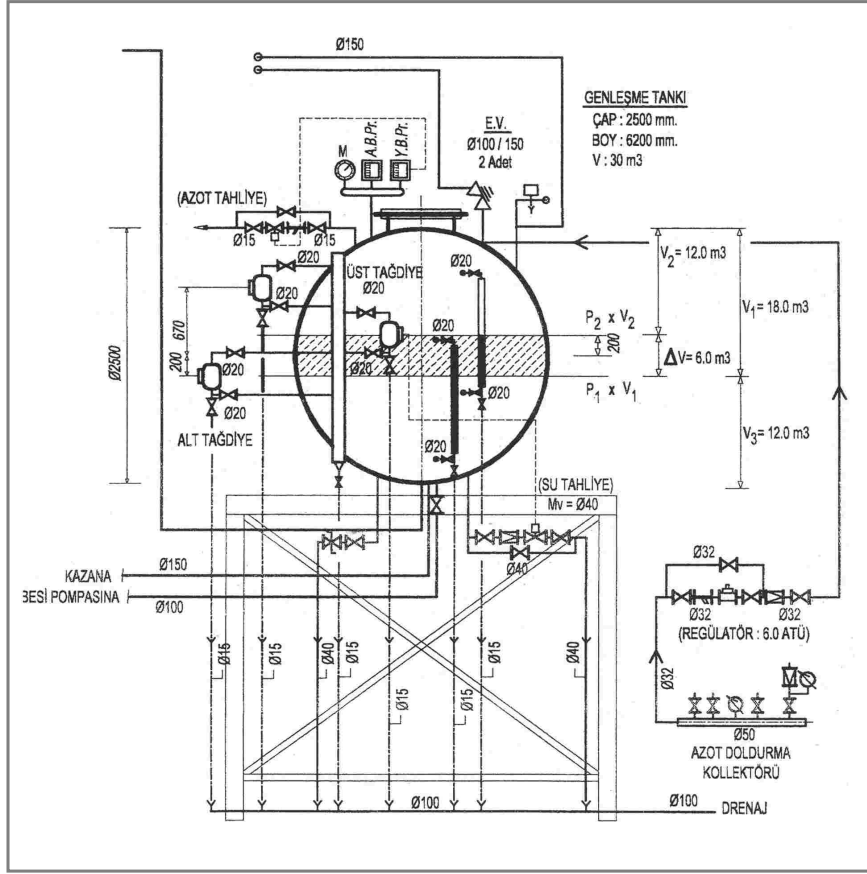
Özellikle yüksek basınçlı kızgın su pompalarının tesisata bağlanış şekli ve kapalı genleşme tankının konumuna göre pompa basıncının tesisata olan etkisi dikkate alınmalıdır. Buna ilişkin sistem örnekleri Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekillerde görüldüğü üzere kızgın sulu tesisatlarda pompanın yeri sistemdeki basınç değişimlerini etkiler. Pompa çalışsın veya dursun, genleşme tankının sisteme bağlandığı noktadaki basınç değişmez. Bu noktadaki basınç, genleşme tankındaki gaz basıncı ile su tarafından statik basıncın toplamına eşit olacaktır. Tanktaki su seviyesi ile gaz basıncı sıcaklıkla genleşen su hacmine bağlı olup, pompanın çalışması veya durmasına bağlı değildir. Şekil 8a'da görüldüğü üzere genleşme tankı pompanın emişine bağlı ise pompa basma yüksekliği pompa çıkışında görünür (etkilidir). Sistemdeki basınç kayıpları nedeniyle basınç düşer ve genleşme tankının sisteme bağlandığı noktada etkisi kaybolur. Tersine genleşme tankı pompa çıkışına bağlı ise (Şekil 8b) pompa çalıştığında çıkıştaki basınç değişmez, pompa basma yüksekliği negatif basınç olarak pompanın emiş tarafına yansır. Bu durumda sistemin her tarafındaki basınç azalır. Genleşme tankı Şekil 8c'de görüldüğü üzere sistemin herhangi bir noktasına bağlı ise pompa çalıştığında sistemin basıncı pompanın çıkışı ile genleşme tankı arasında artar, buna karşın pompa emişi tarafında azalır.

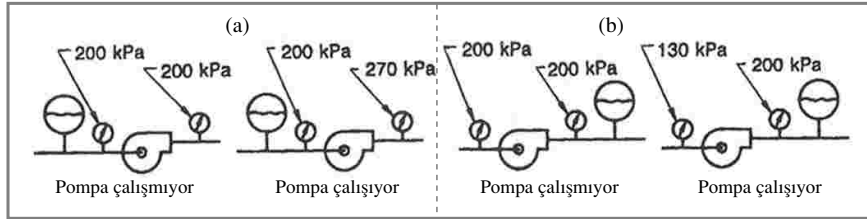
8. Diğer Bazı Hususlar

Daha önce belirttiği gibi kapalı genleşme tankları emniyet vanası ile birlikte kullanılır. Sistemdeki statik basınca ek olarak minimum ve maksimum basınç farkı ile birlikte 1.0 veya 2.0 atü ilave basınç getirir. Statik su basıncı, yani bina yüksekliği 40 m'yi geçen yapılarda sistemdeki işletme basıncı 50 mSS değerini geçebileceği için sistemde doğrudan sıcak su kazanına bağlantı yapılması özel kurallara gerektirir. Bu nedenle yüksek bloklarda örneğin plakalı eşanjör kullanılması doğru olur. Sistemdeki su soğurken su büzüldükçe diyafram aşağı toplanır ve basınç azalır. Dolayısıyla depodaki ve sistemdeki basınç sürekli alt ve üst limitler arasında değişmektedir. Diğer yandan genleşme tanklarının hacmi büyük ölçüde ısıtıcı ve kazan tipine bağlıdır. Örneğin döküm radyatör yerine panel radyatör konulması depo hacmini küçültebilir. Ayrıca dökme dilimli kazanların da su hacminin az olması, döküm kazan kullanımını avantajlı kılmaktadır.

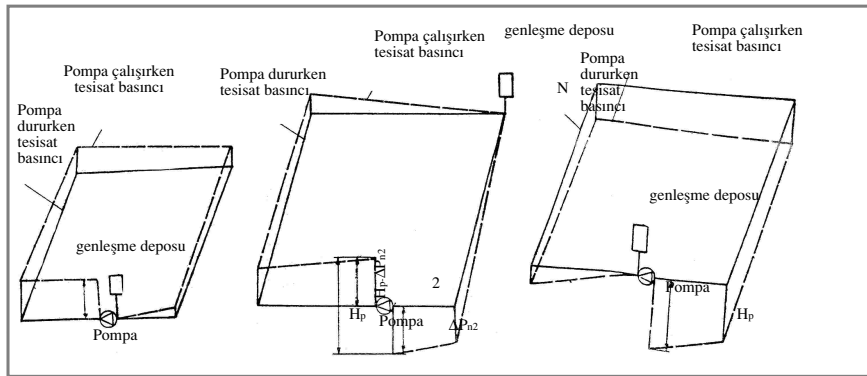
Isıl kapasiteye göre birden fazla kompresör veya pompa ile gruplar yapılabilir. Ancak



Şekil 6. Kızgın Su Tesisatına ait Genleşme Tankı Sistemi ⁽⁴⁾.



Şekil 7. Pompa Basıncına Bağlı Olarak Genleşme Tankı Bağlantı Yerinin Etkisi ⁽¹⁾.



Şekil 8. Pompanın Tank Bağlantısına Etkisi ⁽⁴⁾.

çok tanklı sistemlerde tesisata hava karışabilir ve bu durum sisteme zarar verebilir. Burada dikkat edilecek en önemli husus her tesisatta sadece bir adet kumanda paneli olmasıdır. Yani tüm tanklar ve kompresörler/pompalar tek bir noktadan kumanda edilmelidir. Diğer yandan genleşme tankı tesisatta basınç değişimlerinin çok az olduğu bir noktaya konulmalıdır.

Günümüzde kapalı genleşme tankları çok farklı basınç ve su hacmi değerlerinde çalışabilmektedir. Burada gerekli emniyet koşullarına uyulduğu sürece bir sınırlama yoktur. Bu durumda tek tip genleşme tankının bütün bu geniş aralıkta aynı performansı göstermesi

beklenemez. Nembranlı depolar, belirli miktarda gazla doldurulmuşlardır ve normal şartlarda bu gazı bütün ömürleri boyunca muhafaza ederler. Bu nedenle alt ve üst basınç olmak üzere belirli bir basınç aralığında çalışmak zorundadırlar. Bu basınç aralığı arttıkça suyun üzerinde ayrılan gaz hacmi aynı oranda azalır. Tam tersi, basınç aralığı azaldıkça ayrılan gaz hacmi artırılmalı, yani aynı genleşmeyi almak için daha büyük genleşme kabı kullanılmalıdır. Diğer yandan tasarımda işletmede aşağıdaki noktaları da göz önünde tutmakta yarar vardır.

- 1- Kapalı genleşme tanklarında su ile gazı ayıran bir membran olsa bile, bu membran difüzyonla gazı geçirebilmektedir. Bu nedenle kapalı genleşme tanklarında azot gibi nötr gazlar kullanılmalıdır. Hava kullanıldığında suya difüzyonla geçen oksijen sistemde korozyona neden olabilmektedir. Kapalı genleşme tanklı sistemlerde, tesisat su ile doldurulmadan önce genleşme tankının gaz basıncı sistemin statik basıncına eşitlenmelidir. Genellikle bu işlem yapılmadığı için kalorifer tesisatında su ısınınca emniyet vanası dışarıya su atmaktadır, genleşme tankı düşük kapasite ile çalışmaktadır.
- 2- Kapalı genleşme tankları sisteme bağlandıktan sonra, devreye alınıp çalıştırılmadan önce basıncı kontrol edilmelidir. Sistem çalışmaz iken tankta basınç, sistemdeki statik su yüksekliğine eşit olmalıdır. Eğer basınç statik yükseklikten fazla ise gaz dışarı atılarak basınç düşürülmelidir. Aksi takdirde tankın kapasitesinden yeterince yararlanılamaz ve gereksiz yere emniyet vanasından dışarı su atılır. Eğer başlangıçtaki basınç çok düşük ise tankta yeterli genleşme hacmi kalmayacağından, tankın patlama tehlikesi bile oluşabilir. Bunun için bu durumda genleşme tankına gaz basılmalıdır.
- 3- Kapalı genleşme tanklı sistemlerde bir presostat kullanılması yararlıdır. Sistemde gereğinden fazla basınç yükselmesi olursa (ısıyan suyun genleşmesi nedeniyle) presostat brülörü durduracak, sistem güvenliği sağlayacaktır.
- 4- Kapalı genleşme tankı, kalorifer kazanı dönüş hattına bağlantı noktasından daha yukarı monte edildiğinde, tank içinde sürekli sıcak su sirkülasyonu olabilir. Bu

nedenle genleşme tankı kalorifer kazanı ile aynı kota veya daha altına monte edilmelidir. Böylece sı kaybı azalır ve membran sürekli daha sıcak suyla temasta olmayacağından, ömrü daha uzun olur.

- 5- Kompresörlü kapalı genleşme tankı kompresör motorları gücü 0.5 - 3.0 kW mertebesinde. Küçük güçlü olduklarından demeraj akımı maliyetleri çok azdır. Bu kompresörler sürekli çalışmazlar. Genellikle günde ancak bir-iki defa ve kısa süreli çalışırlar.
- 6- Kompresörlü ve pompalı kapalı genleşme tankları, değişken basınçlı membranlı kapalı genleşme tanklarından çok daha az yer kaplama avantajına sahiptirler.
- 7- Kapalı genleşme tankı kullanılan tesisatlarda sisteme basınçlı test uygulanacaksa, kapalı genleşme tankı devreden çıkarılmalıdır. Aksi halde membran patlayabilir.
- 8- Montaj öncesi genleşme tankı ön basıncı mutlaka ayarlanmalı, işletme döneminde belirli aralıklarla kazan kapatılarak bir miktar su boşaltmak suretiyle sistem basıncının genleşme tankı üzerindeki etkisi ortadan kaldırılarak ön basınç ölçülmeli ve eksikse tamamlanmalıdır.
- 9- Termometre, manometre, hidrometre, termostat, presostat, emniyet vanası gibi armatürler doğrudan kazana takılmalı, kazan ile genleşme tankı arasında vana konulmamalıdır.
- 10- Yetersiz su miktarı ile çalışmayı önleyecek minimum basınç presostadı brülörü durdurmalıdır.
- 11- Su kesintilerinin yoğun olarak yaşandığı ülkemizde kalorifer sisteminin doğrudan şehir şebekesinden otomatik olarak beslemeye çalışmak riskli olabilir. Bu nedenle bir depodan hidroforla beslemek daha doğru olabilir.
- 12- Mekanik tesisat projelerinde aşağıda belirtilen değerler mutlaka belirtilmeli ve ayrıca işletmede bu değerler okunaklı biçimde görünür bir yere asılmalıdır.

şeklinde hesaplanır. Burada P_1 ve P_2 mutlak basınçlardır. $P_2 = P_0 + 0.2$ (atü) $P_0 = H_{st} / 10.33$ (atü), $P_1 = P_2 + \Delta P$, $\Delta P = 1.0 \sim 2.0$ (atü)

$$P_2 \times V_2 = P_0 \times V_1 \text{ veya}$$

$$V_1 = \frac{P_{2x} V_2}{P_0} \quad (10)$$

ifadeleri ile hesaplanabilir.

10. Sıhhi Tesisat Sistemleri Kapalı Genleşme Tankları

10.1. Hidrofor Sistemleri

Pompalarda şalt sayısının düşürülerek sistem ömrünün azaltılması, koç darbesinin önlenmesi, basınç dalgalanmalarının ve enerji giderlerinin azaltılması gibi sebeplerle hidroforlu sıhhi tesisat sistemlerinde de kapalı genleşme tankları kullanılır. Burada sıcaklık artışından kaynaklanan bir basınç artışı söz konusu olmadığından, hesap yöntemi ısıtmadaki genleşme tanklarının hesabından farklıdır. Burada tank hacmi,

$$V_t = 0.33 Q_{max} \frac{P_{max} + 1}{\Delta P \cdot d} \quad (11)$$

Şeklinde hesaplanabilir⁽⁵⁾.

Burada Q_{max} sistemdeki maksimum debi (lt/h), P_{max} sistemdeki maksimum basınç (bar), $\Delta P (=P_{max} - P_{min})$ basınç farkı (bar), P_{min} sistemdeki minimum basınç (bar), a pompa motorunun maksimum şalt sayısı (örneğin 40 defa/h) alınabilir.

Örnek:

Bodrum ve 5 normal katlı, her katta 3 daire bulunan bir konut yapısı için gerekli kapalı genleşme tankı hacmi nedir?

$$Q_{max} = 4500 \text{ lt/h, } a = 40, P_{min} = 3.2 \text{ bar (6kat} \times 3 \text{m/kat} / 10.33 + 1.5 \text{ bar)}, P_{max} = P_{min} + 2$$

$$\Delta P \text{ basınç farkı} = 2 \text{ bar.}$$

DİKKAT !

Sistem rejimi (T_g/T_d)	°C
Minimum basınç (P_1)	atü
Maksimum basınç (P_2)	atü
Emniyet vanası açma basıncı (P_{em})	atü
Genleşme tankı ön basıncı (P_0)	atü
Kazan konstrüksiyon basıncı (P_{kons})	atü

9. Büzüşme Tankları

Büzüşme tanklarının hesabı prensip olarak genleşme tankları ile aynıdır. Burada soğutma sistemleri için genleşme tankında çalışma aralığı belirlenerek sıcaklıklar soğutma rejimi için

$$T_{min} = \frac{T_d + T_g}{2}$$

T_{max} ise sistem işletilmediği takdirde oluşabilecek maksimum sıcaklık, örneğin 30 °C kabul edilir. Basınçlar ise şöyle değerlendirilebilir: maksimum su sıcaklığındaki basınç (dururken) P_1 (atü), rejim halindeki basınç P_2 (atü) alınarak tank hacmi,

$$V_2 = \frac{V_{su} \cdot e}{1 - \frac{P_2}{P_1}} \quad (9)$$

$$V_t = 0.33 \cdot 4500 \cdot \frac{5.5 + 1}{2.40} = 120 \text{ lt}$$

Membranlı kapalı genleşme tankının maksimum işletme basıncı pompanın sıfır debideki basıncında daha büyük olmalıdır. Ayrıca basınç değişimlerinin yaratabileceği şoklar için de bir miktar emniyet payı bırakılmalıdır. Ayrıca gaz ayar basıncı P_{min} değerine yakın olmalıdır.

10.2. Kullanım Sıcak Suyu Tesisatı

Bu sistemlerde de kapalı genleşme tankı kullanılması yararlıdır. Aksi takdirde boyler emniyet vanası zaman zaman açılarak su atabilir. Buradaki genleşme tankının seçimi ve hesabı da kalorifer tesisatındaki gibidir. Ayrıca emniyet açısından tankın, hesaplardan biraz büyük seçilmesinde ve tankın soğuk su girişine monte edilmesinde yarar vardır.

nandan biraz büyük seçilmesinde ve tankın soğuk su girişine monte edilmesinde yarar vardır.

Notlar:

1- Sıhhi tesisat sistemlerinde pompa basıncı en yüksek ve/veya en uzaktaki armatürde yeterli akma basıncını sağlayacak nitelikte olmak zorundadır. Bu ise daha aşağı kodlarda yüksek basınca sebep olabilir. Ancak tesisatta basınç 5 bar'ı geçmemesine dikkat edilmelidir. Bu durumda gerekli yerlerde basınç düşürücü vanaları kullanılması gerekebilecektir. Bu ise sistem ömrünü artıracak ve enerji tasarrufu yapılmasına yardım edecektir.

2- Sıhhi tesisatta kullanılacak genleşme tankları ve membran sağlık kurallarına uygun malzemeden imal edilmiş olmalıdır.

Basınç Dönüşümleri²⁾

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atü} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.01 \text{ bar}$$

$$1 \text{ ata} = 9.81 \times 10^4 \text{ Pa} = 0.981 \text{ bar}$$

Semboller

P: Basınç (ata, atü, Pa, bar)

e: Suyun genleşmesi (%)

V: Hacim (m³)

m: Kütle (kg)

T: Sıcaklık (C, K)

R: Gaz sabiti (J/kgK)

11. Kaynaklar

1. ASHRAE HVAC Systems and Equipment Handbook 1996, District Heating and Cooling, Bölüm 11, 12.
2. Recknagel, Isıtma ve Klima El Kitabı, Oldenburg Verlag (TTMD yayını), 1998 edition.
3. Isıtma Tesisatı, Isısan Çalışmaları No: 265.
4. Bilgin, A., 2004, Kapalı Genleşme ve Büzüşme Tankları Hesap ve Uygulamaları, TTMD Ankara Bölge Semineri Notları.
5. Alarko Membranlı Genleşme Tankı Kataloğu.

Yazarlar:

İbrahim Çakmanus,

1960 Giresun doğumludur. Makina Mühendisliği bölümünde olmak üzere KTÜ'de Lisans, ODTÜ'de Yüksek Lisans, GÜ'de Doktora eğitimini tamamlamıştır. 1983-1991 arasında DHL İnşaatı Genel Müdürlüğü'nde çalışmış, 1992'den beri TC. Merkez Bankası'nda görev yapmaktadır.

Abdullah Bilgin,

1955 Balıkesir doğumludur. 1977 yılında ADMMA Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1977-1978 yıllarında İller Bankası Genel Müdürlüğü Yapı Dairesi Başkanlığı Tesisat Bürosunda Mühendis, 1980-1987 yılları arasında Kent-Koop Yapı Kooperatifleri Birliği'nde Tesisat Büro Şefi, 1987-1989 yıllarında Kent-İsı A.Ş. 'de Genel Müdür olarak, özellikle toplu konutlarda mekanik tesisat ve bölgesel ısıtma sistemlerinin projelendirilmesi ile uygulamalarında görev aldı. 1989 yılından beri kurucu ortağı olduğu Merkezi Isıtma Sistemleri Mühendislik Ltd. Şti. 'de tasarımcı mühendis olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

• **ÖRNEK HESAP : 1**

$\Sigma Q_k = 4 \text{ Adet} \times 1.500.000 \text{ Kcal/h}$
 $\Sigma Q_k = 6.000.000 \text{ Kcal/h}$, 90/70 °C,
 Merkezi Isıtma, ANKARA

• **GENLEŞME TANKLARI □
 (MEMBRANLI)**

A) SİSTEMDEKİ SU HACMİ

- □ Isıtıcılarda : 12.000 lt
 - □ Tesisatta : 40.000 lt
 - □ Kazanlarda : 6.000 lt

$V_{su} = 58.000 \text{ lt}$
 $V_{su} = 58 \text{ m}^3$

B) GENLEŞME MİKTARI

Genleşme Tankları $T_{ort} = 10/80$ °C arası
 genleşmeleri

$V1' = 1.0004 \text{ m}^3/\text{ton}$ 10 °C
 $V2' = 1.0290 \text{ m}^3/\text{ton}$ 80 °C

Genleşme Oranı : e

$$e = \frac{1.0290 - 1.0004}{1.0004} = \%2.86$$

Genleşme Miktarı : Δv

$$\Delta v = V_{su} \times \% e$$

$$\Delta v = 58 \times 0.0286 = 1.659 \text{ m}^3$$

$$\Delta v = 1.659 \text{ m}^3$$

C) İŞLETME BASINCI

Alt Basınç : P_1
 Maximum Isıtıcı Yüksekliği: 36.00 m
 $P_o = 3.6 \text{ atü}$ - 4.6 atü
 $P_1 = 3.8 \text{ atü}$ - 4.8 ata

Üst Basınç : P_2

$\Delta p = 0.5 \text{ atü}$
 $P_2 = P_1 + \Delta p$
 $P_2 = 3.8 + 0.5$
 $P_2 = 4.3 \text{ atü}$ - 5.3 ata

Emniyet ventili açma basıncı : P_{em}

$P_{em} = 5.0 \text{ ata}$ (E. V. Ø65 mm – Yedekli)

Kazan Konstrüksiyon Basıncı : P_{kons}

$P_{kons} = 5.0 \text{ atü}$

D) TANK HACMİ V_t

$$V_1 = \frac{V_{su} \times \% e}{1 - P_1/P_2}$$

$$V_1 = \frac{58.000 \times \%2.86}{1 - 4.8/5.3} = 17.583 \text{ lt}$$

$P_o = 3.6 \text{ atü} = 4.6 \text{ ata}$

Seçilen Tanklar :

$V_t = 3.5 \text{ m}^3 - 10.0 \text{ atü} \times 6 \text{ Adet}$
 (Membranlı, Ön basınç = 3.8 atü)

EK: HESAP ÖRNEKLERİ

• **ÖRNEK HESAP : 2**

$\Sigma Q_k = 3 \text{ Adet} \times 1.900 \text{ KW}$
 $\Sigma Q_k = 5.000.000 \text{ Kcal/h}$, 90/75 °C, 350
 Konut Merkezi Isıtma, ANKARA

• **GENLEŞME TANKLARI (MEMBRANLI)**

A) SİSTEMDEKİ SU HACMİ

a. Isıtıcılarda: 12.000 lt
 b. Tesisatta (Galeri).....: 58.000 lt
 c. Kolon ve Branşmanlarda: 9.000 lt
 d. Kazanlarda: 22.000 lt

$V_{su} = 101.000 \text{ lt}$
 $V_{su} = 110.000 \text{ lt}$

B) GENLEŞME MİKTARI

Genleşme Tankları $T_{ort} = 10/82.5$ °C arası
 genleşmeleri karşılayacaktır.

$V1' = 1.0004 \text{ m}^3/\text{ton}$ 10 °C
 $V2' = 1.0307 \text{ m}^3/\text{ton}$ 82.5 °C

Genleşme Oranı : e

$$e = \frac{1.0307 - 1.0004}{1.0004} = \%3.02$$

Genleşme Miktarı : Δv

$$\Delta v = V_{su} \times \% e$$

$$\Delta v = 110 \times 0.0302 = 3.332 \text{ m}^3$$

$$\Delta v = 3.332 \text{ m}^3$$

C) İŞLETME BASINCI

Alt Basınç : P_1
 Maximum Isıtıcı Yüksekliği: 16.00 m
 $P_1 = 2.0 \text{ atü}$ - 3.0 ata
 $P_o = 1.8 \text{ atü}$ - 4.8 ata

Üst Basınç : P_2

$\Delta p = 1.0 \text{ atü}$
 $P_2 = P_1 + \Delta p$
 $P_2 = 2.0 + 1.0$
 $P_2 = 3.0 \text{ atü}$ - 4.0 ata

Emniyet ventili açma basıncı : P_{em}

$P_{em} = 4.0 \text{ atü}$ (Ağırlıklı E. V. Ø80 mm)

Kazan Konstrüksiyon Basıncı : P_{kons}

$P_{kons} = 6.0 \text{ atü}$

D) TANK HACMİ

$$V_1 = \frac{V_{su} \times \% e}{1 - P_1/P_2}$$

$$V_1 = \frac{110.000 \times \%3.02}{1 - 3.0/4.0} = 13.288 \text{ lt}$$

$P_o = 1.8 \text{ atü} = 2.8 \text{ ata}$

$P_1 \times V_1 = P_o \times V_t$
 $3.0 \times 13.288 = 2.8 \times V_t$

$V_t = 14.237 \text{ lt}$

Seçilen Tanklar :

$V_t = 5.000 \text{ lt} - 10.0 \text{ atü} \times 3 \text{ Adet}$
 (Membranlı – Ön basınç = 1.8 atü)

• **ÖRNEK HESAP : 3**

$\Sigma Q_k = 2 \text{ Adet} \times 2.200.000 \text{ Kcal/h}$
 $\Sigma Q_k = 4.400.000 \text{ Kcal/h}$, 90/70 °C, 750
 Konut Merkezi Isıtma, ANKARA

• **GENLEŞME TANKLARI □
 (TAM OTOMATİK-DİK SİLİNDİRİK)**

A) SİSTEMDEKİ SU HACMİ

- Isıtıcılarda: 40.000 lt
 - Tesisatta: 60.000 lt
 - Kazanlarda: 20.000 lt

$V_{su} = 120.000 \text{ lt}$

B) GENLEŞME MİKTARI

Genleşme Tankları $T_{ort} = 50/80$ °C arasındaki
 genleşmeleri karşılayacaktır. Belirtilen değer
 ler dışındaki işletme anlarında sistemden besi
 deposuna su atılması ve sisteme su alınması
 otomatik olarak gerçekleştirilecektir.

$V1' = 1.0121 \text{ m}^3/\text{ton}$ 50 °C
 $V2' = 1.0290 \text{ m}^3/\text{ton}$ 80 °C

Genleşme Oranı : e

$$e = \frac{1.0290 - 1.0121}{1.0121} = \%1.17$$

Genleşme Miktarı : Δv

$$\Delta v = V_{su} \times \% e$$

$$\Delta v = 120 \times 0.0117 = 1.40 \text{ m}^3$$

$$\Delta v = 1.40 \text{ m}^3$$

C) İŞLETME BASINCI

Alt Basınç : P_1
 Maximum Isıtıcı Yüksekliği: 16.00 m
 $P_1 = 2.0 \text{ atü}$ - 3.0 ata

Üst Basınç : P_2

$\Delta p = 1.0 \text{ atü}$
 $P_2 = P_1 + \Delta p$
 $P_2 = 2.0 + 1.0$
 $P_2 = 3.0 \text{ atü}$ - 4.0 ata

Emniyet ventili açma basıncı : P_{em}

$P_{em} = 4.0 \text{ atü}$ (Ağırlıklı E. V. Ø80 mm)

Kazan Konstrüksiyon Basıncı : P_{kons}

$P_{kons} = 6.0 \text{ atü}$

D) TANK HACMİ

$$V_1 = \frac{V_{su} \times \% e}{1 - P_1/P_2}$$

$$V_1 = \frac{110.000 \times \%3.02}{1 - 3.0/4.0} = 13.288 \text{ lt}$$

$P_o = 1.8 \text{ atü} = 2.8 \text{ ata}$

$P_1 \times V_1 = P_o \times V_t$
 $3.0 \times 13.288 = 2.8 \times V_t$

$V_t = 14.237 \text{ lt}$

Seçilen Tanklar :

$V_t = 5.000 \text{ lt} - 10.0 \text{ atü} \times 3 \text{ Adet}$
 (Membranlı – Ön basınç = 1.8 atü)