

İzin verilen takviye su miktarları tablosu Table for permitted amounts of make-up water

Takviye Edilen Su, Lt/100m boru Make-up Water Allowance, Lt/100m of Pipe				Takviye Edilen Su, Lt/100m boru Make-up Water Allowance, Lt/100m of Pipe			
Boru Dış Çapı (mm) Pipe O.D. (mm)	1-saat test 1-hr test	2- saat test 2-hr test	3- saat test 3-hr test	Boru Dış Çapı (mm) Pipe O.D. (mm)	1-saat test 1-hr test	2- saat test 2-hr test	3- saat test 3-hr test
32	0,7	1,2	2,0	315	13,6	28,5	42,2
40	0,9	1,2	2,1	355	17,4	34,7	52,1
50	0,9	1,4	2,4	400	21,1	40,9	62,0
63	1,1	1,7	2,7	450	24,8	53,3	80,6
75	1,2	1,9	3,1	500	34,7	68,2	99,2
90	1,6	3,1	5,0	560	43,4	86,8	130,2
110	2,4	4,7	7,2	630	55,8	110,4	164,9
125	2,6	5,1	7,7	710	68,2	137,7	208,3
140	3,7	7,4	11,2	800	86,8	177,3	266,6
180	5,0	8,7	12,4	900	111,6	223,2	334,8
200	6,2	12,4	18,6	1000	148,8	286,5	437,8
250	10,0	16,1	26,0	1200	186,0	334,8	533,3

3- Akış ve Hesaplamalar

3.1- Boru çapını belirleme

SDR – Standart Boyut Oranı (Standard Dimension Ratio)
Bir borulama sisteminin tasarımı SDR değeri üzerinden yapılır. Bu değer, dış çapın et kalınlığına olan oranıdır.

$$SDR = D_o / t$$

Çalışma Basıncı Hesabı

Emniyet faktörü ve izin verilebilir çalışma basıncını hesaplayabilmek için, malzemenin uzun vadedeki çatlama gerilimini bilmek gerekir. Aşağıda PE için verilen ömür eğrileri, buna ilişkin bir grafik. Bu grafik, hedeflenen çalışma basınç ve sıcaklığında uzun dönem çatlama gerilimini (K) göstermektedir.

3- Flow and Calculations

3.1- Determining Pipe Sizes

Standard Dimension Ratio

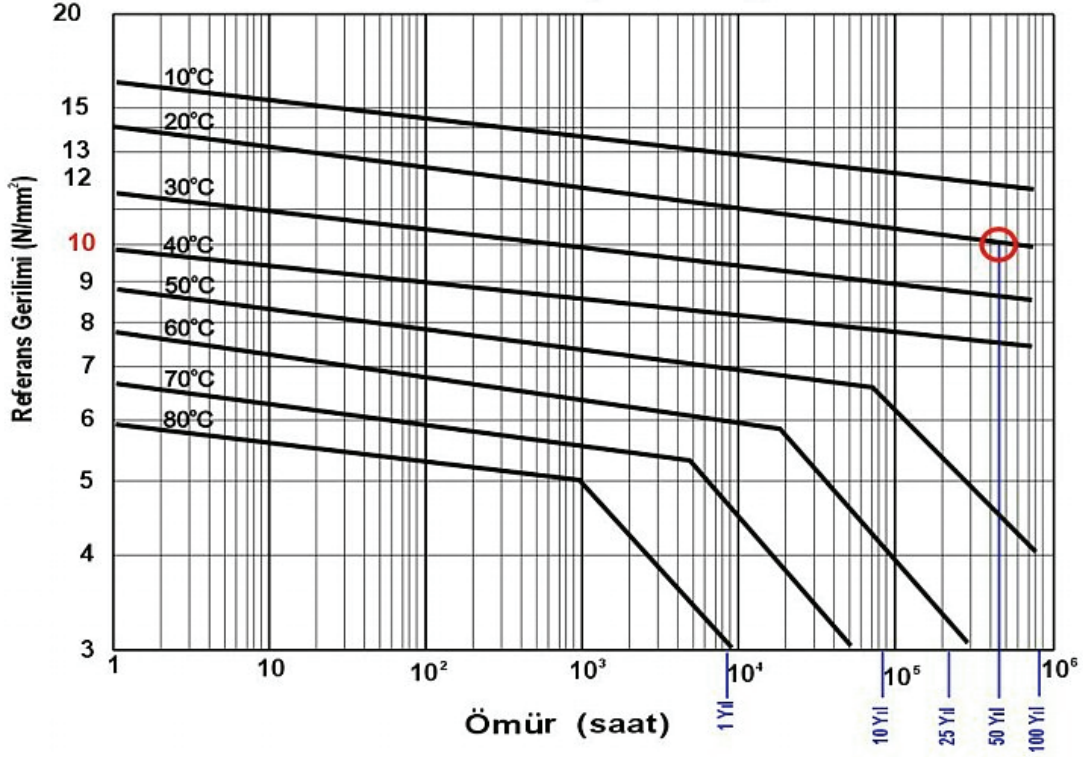
The design of a piping system is based on the SDR value (Standard Dimension Ratio). It is the ratio of the pipes (or fittings) outside diameter to its minimum wall thickness.

$$SDR = D_o / t$$

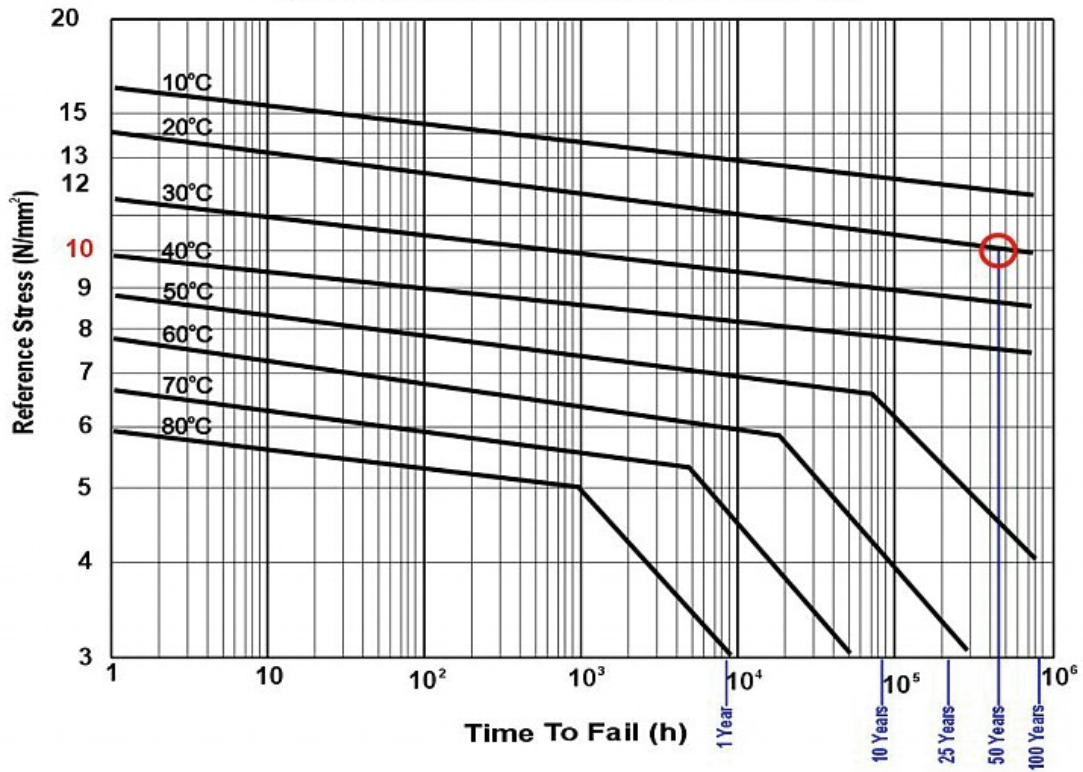
Working Pressure Calculation

To calculate the safety factor and permissible operating pressure it is necessary to know the long term rupture stress of a material. Creep Curve below, is such diagram for PE. This diagram allows the long term rupture stress K to be read depending on the desired operating life and working temperature.

PE-100 Borular İçin Ömür Eğrileri



Internal Pressure Creep Curves for PE-100 Pipes



Efektif emniyet faktörü şu formül ile bulunur:

$$C = 20 \cdot (K \cdot t) / P \cdot (Do - t)$$

Açıklama,

K = uzun dönem çatlama gerilimi (N/mm²) (K yukarıdaki grafikten okunacaktır)

t = boru et kalınlığı (mm)

Do = boru dış çapı (mm)

P = çalışma basıncı (bar)

PE borular için asgari emniyet faktörü (C):

1.25 (su için)

1.60 (gaz için)

PE borunun azami çalışma basıncı şu formülle hesaplanır:

$$P_{max} = (20 \cdot K) / (C \cdot (SDR - 1)) \quad (\text{bar})$$

Özet olarak; çalışma hesapları için 2 seçenek vardır:

1- Boru özellikleri bilinirse;

$$P_{max} = (20 \cdot MRS) / (C \cdot (SDR - 1)) \quad (\text{bar})$$

2- Çalışma şartları bilinirse;

$$SDR = 1 + ((20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max}))$$

Açıklama; (MRS : Minimum Required Strength – Asgari Gerekli Dayanım),

MRS = 8 Mpa PE80 için

MRS = 10 Mpa PE100 için

Elemanların izin verilebilen çalışma basınçları

Aşağıdaki tabloda (ISO 4065 and DIN 8074 ile uyumlu), boruların farklı işletme koşullarında (sıcaklık ve zaman)

izin verilebilen çalışma basınçları gösterilmektedir. (C = 1,25)

The effective safety factor is given by the following formula :

$$C = 20 \cdot (K \cdot t) / P \cdot (Do - t)$$

Where,

K = long term reference stress (N/mm²) (K should be looked from the creep curve depending on the operating temperature and expected service life)

t = wall thickness of pipe (mm)

Do = outside diameter of pipe (mm)

P = operating pressure (bar)

The minimum safety factor (C) to be taken for PE pipes:

1.25 (for water)

1.60 (for gas)

The maximum operating pressure of a PE pipe can be calculated by the formula

$$P_{max} = (20 \cdot K) / (C \cdot (SDR - 1)) \quad (\text{bar})$$

As a summary; two alternatives for operational calculations are:

1- When the pipe geometry is known;

$$P_{max} = (20 \cdot MRS) / (C \cdot (SDR - 1)) \quad (\text{bar})$$

2- When the operating conditions are known;

$$SDR = 1 + ((20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max}))$$

Where (MRS : Minimum Required Strength),

MRS = 8 Mpa for PE80

MRS = 10 Mpa for PE100

Permissible operating pressures of components

The table below (in compliance with ISO 4065 and DIN 8074) may help to evaluate the respective permissible operating pressures of components under different operating conditions (temperature and time).

PE-100 için (C = 1,25) izin verilen çalışma basınçları (bar)/ Permissible operating pressure for PE-100 (C = 1,25) (bar)

Boru içindeki Akışkan Sıcaklığı Temperature of fluid in pipe	Çalışma Süresi Operating Period	SDR	SDR	SDR
[°C]	[yıl] / [year]	17	11	7,4
10	5	12,6	20,2	31,5
	10	12,4	19,8	31,0
	25	12,1	19,3	30,2
	50	11,9	19,0	29,7
	100	11,6	18,7	29,2
20	5	10,6	16,9	26,5
	10	10,4	16,6	26,0
	25	10,1	16,2	25,4
	50	10,0	16,0	25,0
	100	9,8	15,7	24,5
30	5	9,0	14,4	22,5
	10	8,8	14,1	22,1
	25	8,6	13,8	21,6
	50	8,4	13,5	21,2
40	5	7,7	12,3	19,3
	10	7,6	12,1	19,0
	25	7,4	11,8	18,5
	50	7,2	11,6	18,2
50	5	6,7	10,7	16,7
	10	6,5	10,4	16,2
	15	5,9	9,5	14,8
60	5	4,8	7,7	12,1
70	2	3,9	6,2	9,8

Gaz uygulamaları için, su ve gaz emniyet katsayıları arasındaki orandan gaz çalışma basınçları için de hesap yapılabilir ancak öncelikle yerel ve ulusal güvenlik normlarına uyulması gereklidir.

Boru üzerinde diğer çevresel faktörlerin de etkin olabileceği durumlarda (ör. Toprak yükleri, askıda olmaktan dolayı eğim gerilmeleri vs) ikinci bir emniyet faktörü de alınması önerilir.

Alın kaynak yöntemi için kullanılan uzun süreli kaynak faktörüne ($f_s=0,8$) eşit bir azaltma faktörü kullanılması tavsiye edilir.

Örnek Çözümler:

a- Boru özelliklerinin belirli olması durumu:

PE-100 boru, MRS=10

$D_o = 63 \text{ mm}$

SDR=17; $t = 3,7 \text{ mm}$

Akışkan: Su, $C=1,25$

$P_{max} = [20 \cdot MRS] / [C \cdot (SDR-1)] = [20 \times 10] / [1,25 \times (17-1)] = 10 \text{ bar}$

Alın kaynak emniyet faktörü de hesaba katılırsa, $P_{max} = 10 \times 0,8 = 8 \text{ bar}$ olur.

b- Çalışma şartlarının bilinmesi durumu:

PE-100 boru, MRS=10

Akışkan: Su, $C=1,25$

$P_{max} = 12 \text{ bar}$

$SDR = 1 + [(20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max})] = 1 + [(20 \times 10) / (1,25 \times 12)] = 14,33$

yani SDR=11 olan bir boru seçilmelidir.

Alın kaynak emniyet faktörü de hesaba katılırsa, $SDR = 14,33 \times 0,8 = 11,46$ bulunur, bu durumda da SDR=11 olan bir boru uygundur.

Boru çapının hesaplanması:

Akış izlemelerinin hesaplanması kütlelerin eşitliği denkleminde yararlanılarak yapılır. Sabit hacimli akışkanlar için denklem aşağıdaki gibidir:

$$Q = 0.0036 \cdot A \cdot V$$

Q ... debi (m³/h)

A ... boru net kesit alanı (mm²)

V ... akış hızı (m/s)

Gaz ve buharlar için, malzeme akışı sürekli sabittir.

Bu sebeple denklem aşağıdaki gibidir:

$$m = 0.0036 \cdot A \cdot v \cdot \rho$$

m ... kütle akışı (kg/h)

ρ ... akışkanın basınç ve sıcaklığa bağlı yoğunluğu (kg/m³)

Kısaca, aşağıdaki formüllerle gerekli akış kesit alanı hesaplanabilir.

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{m}^3/\text{h})$$

$$D_i = 35,7 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{lt/s})$$

Açıklama,

D_i ... boru iç çapı (mm)

Q ... debi (m³/h), (lt/s)

V ... akış hızı (m/s)

For gas applications the given system operating pressures may be converted in accordance with the respective safety factor for gas. However, regional and national guidelines have to be adhered to.

Considering an overall piping system, where not only internal pressure loads, but also additional loads become effective (e.g. soil loads, bending stresses at above-ground piping systems. etc.) there is still another safety factor that has to be taken into account.

It is recommended to apply a reduction factor, equivalent to the long-term welding factor for heating element butt welds ($f_s=0,8$).

Sample Problems:

a- If pipe geometry is known:

PE-100 pipe, MRS=10

$D_o = 63 \text{ mm}$

SDR=17; $t = 3.7 \text{ mm}$

Fluid: Water, $C=1.25$

$P_{max} = [20 \cdot MRS] / [C \cdot (SDR-1)] = [20 \times 10] / [1.25 \times (17-1)] = 10 \text{ bar}$

Considering butt-welding safety factor, $P_{max} = 10 \times 0,8 = 8 \text{ bar}$

b- If operating conditions are known:

PE-100 pipe, MRS=10

Fluid: Water, $C=1.25$

$P_{max} = 12 \text{ bar}$

$SDR = 1 + [(20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max})] = 1 + [(20 \times 10) / (1.25 \times 12)] = 14.33$

So a pipe with SDR=11 should be chosen.

Considering butt-welding safety factor, $SDR = 14.33 \times 0.8 = 11.46$ so a pipe with SDR=11 is still suitable.

Determination of the pipe cross section:

Flowing processes are calculated by means of the continuity equation. For fluids with constant volume flow, the equation is:

$$Q = 0.0036 \cdot A \cdot V$$

Q ... volume flow (m³/h)

A ... free pipe cross section (mm²)

V ... flow velocity (m/s)

For gases and vapors, the material flow remains constant.

Therefore following equation results:

$$m = 0.0036 \cdot A \cdot v \cdot \rho$$

m ... material flow (kg/h)

ρ ... density of medium depending on pressure and temperature (kg/m³)

The formulas below are used in practice for the calculation of the required pipe cross section.

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{m}^3/\text{h})$$

$$D_i = 35,7 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{lt/s})$$

Where,

D_i ... internal diameter of pipe (mm)

Q ... volume flow rate (m³/h), (lt/s)

V ... flow velocity (m/s)

Akış hızının hesaplanmasında sıvılar için aşağıdaki değerler referans olarak kullanılabilir:

$V \sim 0,5 / 1,0$ m/s (emiş tarafı)

$V \sim 1,0 / 3,0$ m/s (basma tarafı)

Akış hızının hesaplanmasında gazlar için aşağıdaki değerler referans olarak kullanılabilir:

$V \sim 10 / 30$ m/s

Hidrolik basınç kayıplarının hesaplanması:

Boru içindeki akışkan basınç kayıplarının oluşmasına neden olur ve bu sebeple sistem içerisinde enerji kayıpları ortaya çıkar.

Basınç kayıpları için önemli parametreler:

- Boru tesisatının uzunluğu
- Borunun çapı
- Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğü
- Fiting ve birleşimlerin kalitesi
- Akışkanın viskozitesi ve yoğunluğu
- Akışın türü (laminer veya türbülanslı)

Toplam basınç kaybı, bağımsız kayıpların toplamıdır:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_f \quad (\text{bar})$$

Açıklama,

ΔP_p Düz borulardaki basınç kaybı

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

fboru sürtünme katsayısı (genellikle $f = 0,02$)
L.....boruların toplam düz boyu (m)
Di.....boru iç çapı (mm)
 ρ ... akışkan yoğunluğu (kg/m³)
V ... akış hızı (m/s)

ΔP_f Vana ve fittinglerdeki basınç kaybı

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

L_{eff} Fitinglerdeki basınç kaybını belirlemek için eşdeğer düz boru boyu;

$$L_{eff} = R \cdot Di / 1000$$

Açıklama,

L_{eff} ... efektif boru uzunluğu (m)

Di boru iç çapı (mm)

R aşağıdaki tablodan alınır:

Eleman Cinsi	R	Eleman Cinsi	R
90° Döküm Dirsek	40	30° Parçalı Dirsek (2 veya fazlası parça)	8
45° Döküm Dirsek	21	30° Parçalı Dirsek (1 parça)	8
15° Döküm Dirsek	6	15° Parçalı Dirsek (1 parça)	6
90° Parçalı Dirsek (3 veya fazlası parça)	24	TE, Anahat/Ayrılma	60
90° Parçalı Dirsek (2 parça)	30	TE, Anahat/Anahat	20
90° Parçalı Dirsek (1 parça)	60	Glob Vana, Tam açık	340
60° Parçalı Dirsek (2 veya fazlası parça)	25	Köşe Vana, Tam açık	145
60° Parçalı Dirsek (1 parça)	16	Kelebek Vana, →200 mm, Tam açık	40
45° Parçalı Dirsek (2 veya fazlası parça)	15	Çek valf, çalparalı	135
45° Parçalı Dirsek (1 parça)	12		

Reference values for the calculation of flow velocities may be for fluids:

$V \sim 0,5 / 1,0$ m/s (suction side)

$V \sim 1,0 / 3,0$ m/s (pressure side)

Reference values for the calculation of flow velocities may be for gases.

$V \sim 10 / 30$ m/s

Determination of the hydraulic pressure losses:

Flowing media in pipes cause pressure losses and consequently energy losses within the conveying system.

Important parameters for pressure losses are:

- Length of the piping system
- Size of pipe
- Roughness of pipe inner surface
- Quality of fittings and joints
- Viscosity and density of the flowing medium.
- Type of flow (laminar or turbulent)

The total pressure loss is the sum of individual losses:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_f \quad (\text{bar})$$

Where,

ΔP_p Pressure loss in straight pipes

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

fpipe frictional index (in most cases $f = 0,02$)

L.....length of piping system (m)

Di.....inside diameter of pipe (mm)

ρ ... medium density (kg/m³)

V ... flow velocity (m/s)

ΔP_f Pressure loss in valves and fittings

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

L_{eff} The equivalent length of pipe to be used to estimate the friction loss due to fittings;

$$L_{eff} = R \cdot Di / 1000$$

Where,

L_{eff} ... effective Pipeline length (m)

Di pipe internal diameter (mm)

R is taken from Table below.

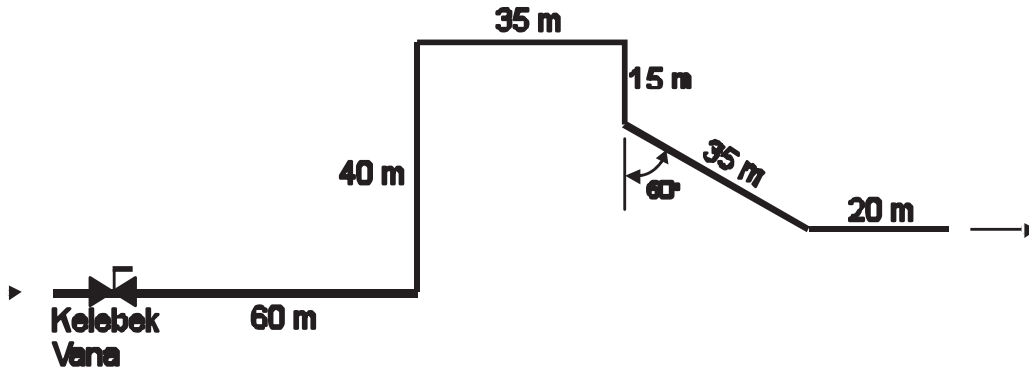
Piping Component	R	Piping Component	R
90° Molded Elbow	40	30° Fabricated Elbow (2 or more miters)	8
45° Molded elbow	21	30° Fabricated Elbow (1 miter)	8
15° Molded Elbow	6	15° Fabricated Elbow (1 miter)	6
90° Fabricated Elbow (3 or more miters)	24	Equal Outlet Tee, Run/Branch	60
90° Fabricated Elbow (2 miters)	30	Equal Outlet Tee, Run/Run	20
90° Fabricated Elbow (1 miter)	60	Globe Valve, Fully Open	340
60° Fabricated Elbow (2 or more miters)	25	Angle Valve, Fully Open	145
60° Fabricated Elbow (1 miter)	16	Butterfly Valve, >200mm, Fully Open	40
45° Fabricated Elbow (2 or more miters)	15	Check Valve, Conventional Swing	135
45° Fabricated Elbow (1 miter)	12		

Örnek Problem:

Toplam 205 m uzunlukta bir PE-100 boru hattından 350 m³/h debide su pompalanacaktır. Borunun serim hattı aşağıdaki şemada görüldüğü gibidir. Borudaki su hızı 2,5 m/s civarında olacak şekilde uygun boru çapını ve boru kayıplarını hesaplayınız.

Sample Problem:

350 m³/h water is to be pumped through a PE-100 pipe, 205 m of total length. The layout of piping is as shown in the figure below. It is required that the water velocity in the pipe is about 2.5 m/s. Calculate the suitable pipe size and the pipe total pressure loss.



Boru iç çapı hesabı:

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} = 18,8 \cdot \sqrt{350 / 2,5} = 222 \text{ mm}$$

SDR=17 ve Do=250 mm borunun $D_i = 220,6$ mm gelir, bu boru uygundur.

Bu çapta borudaki su hızı 2,54 m/s bulunur.

Calculation of pipe inside diameter:

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} = 18,8 \cdot \sqrt{350 / 2,5} = 222 \text{ mm}$$

For SDR=17 and Do=250 mm, $D_i = 220,6$ mm, this pipe is suitable.

The water velocity in this pipe is calculated as 2.54 m/s.

Düz borulardaki basınç kaybı:

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\Delta P_p = (0,02 \times 205 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,6 \text{ bar}$$

Pressure loss in straight pipes:

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\Delta P_p = (0,02 \times 205 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,6 \text{ bar}$$

Vana ve fittinglerdeki basınç kaybı:

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\text{Kelebek Vana } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ adet} = 0,12 \text{ bar}$$

$$90^\circ \text{ Döküm Dirsek } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 3 \text{ adet} = 0,36 \text{ bar}$$

$$60^\circ \text{ Parçalı Dirsek } \Delta P_p = (0,02 \times 25 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ adet} = 0,08 \text{ bar}$$

$$30^\circ \text{ Parçalı Dirsek } \Delta P_p = (0,02 \times 8 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ adet} = 0,02 \text{ bar}$$

Vana ve fittinglerdeki basınç kayıpları toplamı: 0,58 bar

Pressure loss in valve and fittings:

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\text{Butterfly Valve } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ item} = 0,12 \text{ bar}$$

$$90^\circ \text{ Molded Elbow } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 3 \text{ items} = 0,36 \text{ bar}$$

$$60^\circ \text{ Fabr. Elbow } \Delta P_p = (0,02 \times 25 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ item} = 0,08 \text{ bar}$$

$$30^\circ \text{ Fabr. Elbow } \Delta P_p = (0,02 \times 8 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ item} = 0,02 \text{ bar}$$

Total pressure loss in valve and fittings: 0.58 bar

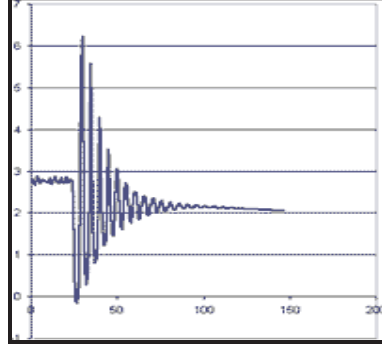
Total pressure loss in straight pipes and valve and fittings:

$$0,6 + 0,58 = 1,18 \text{ bar.}$$

Düz borular ile fittinglerin toplam kaybı: 0,6 + 0,58 = 1,18 bar olarak bulunur.

3.2- Koç Darbesi

3.2- Pressure Surge



Koç darbesi basınç dalgalanması/ Shock waves in pressure surge

Boru hatlarında koç darbesi ve buna bağlı olarak yorulmalar normal çalışma şartlarında olagelen şeylerdir (ör. Pompaların çalışma ve durması, ani vana kapanması vb). Koç darbesi, sistem bsinccının kısa süreli olarak normal çalışma basıncının üstüne çıkması demektir. Deneyler, PE100 boruların aşağıdaki koç darbesi basınçlarında emniyetle kullanılabileceğini göstermiştir:

Surge and fatigue occur in pipelines due to the normal operations of, for example, pumps shutting down or valves being operated quickly. Due to the incompressible nature of liquids the phenomenon is usually associated with water distribution mains and pumped sewer mains.

Surge can be described as short term pressure rises above the static operating pressure. This is generally as a result of water hammer where the sudden changes in fluid velocity within the pipeline, as pumps and valves are operated, are converted to increases in fluid pressure. As the velocity stabilises the fluid pressure reverts to its static operating pressure. Tests have shown that PE100 pipe can be used in the following surge conditions;

Asgari Emniyet Faktörü C	Uygulama	Normal çalışma basıncı (Pmax) üstüne gelebilecek koç darbesi basıncı
1.25	Su	50 %
1.60	Gaz	100 %

Min. Safety Factor C	Application	Surge pressure above Pmax
1.25	Water	50 %
1.60	Gas	100 %

Yorulma, uzun vadede tekrarlanan pompa-vana açıp kapamalarının döngüsel değişen basınçlar haline gelmesi ile oluşur. Yorulmada kritik parametreler darbenin genliği ile sıklığıdır.

Ancak, yüksek dayanımlı PE100 için yorulma bir sorun oluşturmamaktadır. Pmax değerinin bir hayli üstündeki darbe basınçları hasarsız olarak karşılanabilmektedir.

Fatigue is associated with the repeated operation of the pumps and valves over a long period causing cyclic pressure variation. Critical parameters in fatigue are the frequency and the amplitude of the surge events. Under these conditions the theory of linear fatigue damage accumulation applies.

However, fatigue is not a concern with high toughness PE100, and surge pressure well in excess of Pmax can be sustained without damage.

Koç darbesinin oluşturduğu basınç aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

A 'Water Hammer' in a piping system is a pressure surge due to a sudden change of velocity in a noncompressible fluid media. The change in velocity could be caused by a sudden opening or closing of a valve, starting and stopping of pumps, pump failure or other dynamic event.

$$P_s = 101 \cdot [(BM \cdot E) / (w/g) \cdot (E + BM \cdot SDR)]^{1/2} \cdot w \cdot V_c / (10210 \cdot g)$$

The magnitude of the pressure surge (Ps) can be calculated by the following equation: $P_s = 101 \cdot [(BM \cdot E) / (w/g) \cdot (E + BM \cdot SDR)]^{1/2} \cdot w \cdot V_c / (10210 \cdot g)$

Açıklama;

BM..... Sıvının Bulk Modülü	(su için 20684)
E.....Elastisite Modülü	(PE ~ 6895) [bar]
SDR..... Standart boyut oranı	(Do/t)
w..... Sıvı yoğunluğu	(su için 999 kg/m³)
g.....Yerçekimi ivmesi	(9.81m/s²)
Ps.....Basıncıdaki değişim	[bar]
Vc.....Sıvının hız değişimi	(m/s) (kapatmadan önceki akışkan hızına eşittir)

Where,

BM..... Bulk Modulus of the liquid	20684 for water
E.....Modulus of elasticity	(PE ~ 6895) [bar]
SDR..... Standard dimension ratio	
w..... Fluid weight	(999 kg/m³ for water)
g.....Acceleration due to gravity	(9.81m/s²)
Ps.....Change in pressure	[bar]
Vc.....Change in velocity of fluid	(m/s) (equals velocity of fluid before sudden shutdown)