

## V. BÖLÜM

### SULARIN İLETİLMESİ (İSALE)

#### 5.1 İSALE HATLARININ SINIFLANDIRILMASI

Suyun temin edileceği kaynak seçildikten sonra sıra kaynaktan derlenen suların ihtiyaç bölgesine taşınmasına gelir. Suyu kaynaktan alıp ihtiyaç bölgesine getiren tesislere “*iletim hattı*” denir. İletim hatları suyun akım şekline göre ikiye ayrılır:

**1. Serbest yüzeyli iletim hatları :** Basınçsız isale hatlarında su atmosfer basıncında akar ve piyezometre çizgisi su yüzeyine paraleldir. Basınçsız iletim hatları iki grupta incelenir:

##### 1a. Açık Kanallar:

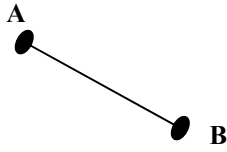
- Açık kanallar iletilecek debinin çok büyük olması halinde kaptajla arıtma tesisi arasında kullanılır.
- Kanal cidarları genellikle beton veya betonarme ile kaplanır.
- Eğimleri %0,1 ~ %0,5 arasında değişir.
- Kanallardaki su hızı çökelmeye meydan vermeyecek kadar büyük erozyona sebep olmayacak kadar küçük olmalıdır. Pratikte en çok kullanılan değerler 0,60 ~ 2,0 m/sn arasındadır (Karpuzcu, 2005).

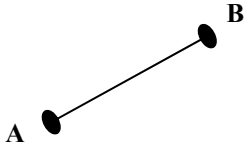
##### 1b. Galeriler:

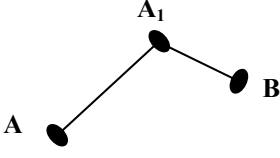
- Debi küçük ise galeriler daire kesitli ○
- Debi büyük ise galeriler at nalı veya dikdörtgen kesit şeklindedir. □ ◡
- Tuğla, beton veya betonarmeden yapılır.
- Su hızı 0,60 – 1,20 m/sn arasında seçilir. Ve 3 / 4 ’ünün dolu olduğu kabul edilerek hesap yapılır.
- 6 m’den daha derinde galeri inşa edilmesi gerektiğinde, tünel inşa etmek daha ekonomiktir (Karpuzcu, 2005).

**2. Basınçlı iletim hatları :** Su mühendisliğinde en büyük gelişme suları basınç altında iletilebilen tesislerin geliştirilmiş olmasıdır. Bu sayede isale hatlarının boyları kısalmıştır. Ayrıca kirlenme tehlikesi de büyük ölçüde azalmıştır. Boruların taşınması ve döşenmesi kolaydır. Serbest yüzeyli iletim hatlarında zaman zaman rastlanan tat, koku ve renk bozulmalarına borularda rastlanmaz.

Basınçlı iletim hatları üç grupta incelenir:

1. Cazibeli  A'nın kotu B'den fazla ise su; A'dan B'ye yerçekimi ile getirilir.

2. Terfili  A'nın kotu B'den az ise terfili iletim yapılır (pompa ile)

3. Kısmen caibeli, kısmen terfili  A'nın kotu B'den düşük olmasına karşın, A ile B arasındaki topoğrafik durum suyun doğrudan A'dan B'ye bir terfi hattı ile yükseltilmesine elverişli değilse, önce A<sub>1</sub> noktasına basılır ve A<sub>1</sub>'den B'ye yerçekimi ile getirilir. Bu hem terfili hem de cazibeli bir sistemdir.

Basınçlı isalelerde su hızının alt ve üst limitleri suyun berraklığına ve boru cinsine göre değişir. Berrak sularda minimum hızın 0,5 – 0,60 m/sn olması yeterlidir. Üst limit iyi malzemeden yapılmış borularda 5 m/sn'ye kadar çıkabilir. Üst limitin belirlenmesinde göz önüne alınacak diğer bir faktör de su darbeleridir. İletim hatlarında tavsiye edilen hız değerleri 0,80-1,80 m/sn arasında değişir.

İletim hattının çapları ihtiyaçlara göre değişir. Kıvr yerleşmeleri için 80 hatta 60 mm'lik borular ihtiyaca cevap verecek kapasitede ise de 100 mm'den daha küçük çaplı boruların kullanılmaması tavsiye edilir (Karpuzcu, 2005).

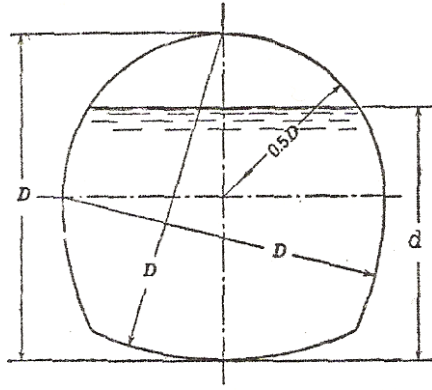
## 5.2 İSALE HATLARININ ENKESİT ŞEKİLLERİ

Verilen bir A enkesit alanı ve J hidrolik eğim için R hidrolik yarıçapının en büyük değerinde Q debisi maksimum olur.

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} A \quad (5.1)$$

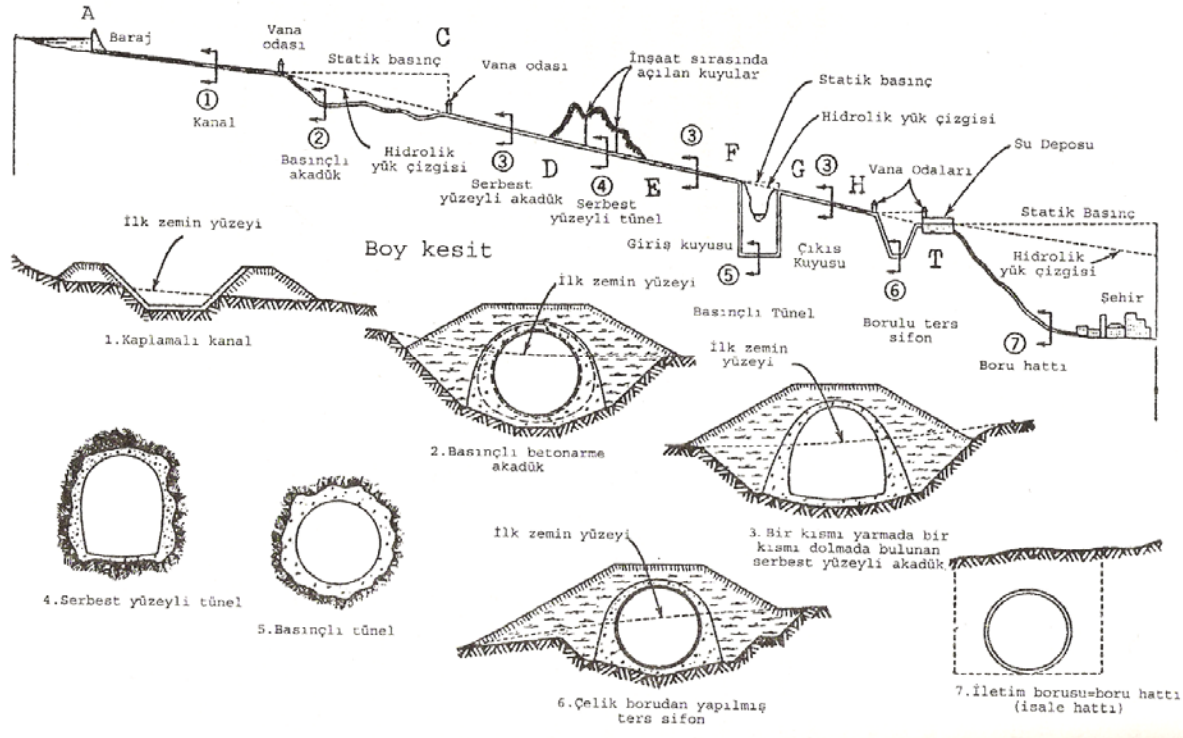
Hidrolik bakımdan en etkili olan bu enkesitler daire enkesitlerdir (Muslu, 2005).

- Genel olarak basınçlı iletim hatlarında daire enkesitler, üstü kapalı fakat serbest yüzeyli iletim hatlarında ise at nalı enkesitler kullanılır (Şekil 5.1)



Şekil 5.1 At nalı kestlerin genel boyutları

Şekil 5.2’de bir isale ahtının tipik boykesitleri ve enkesitleri gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Bir iletim hattının profili ve tipik enine kesitleri

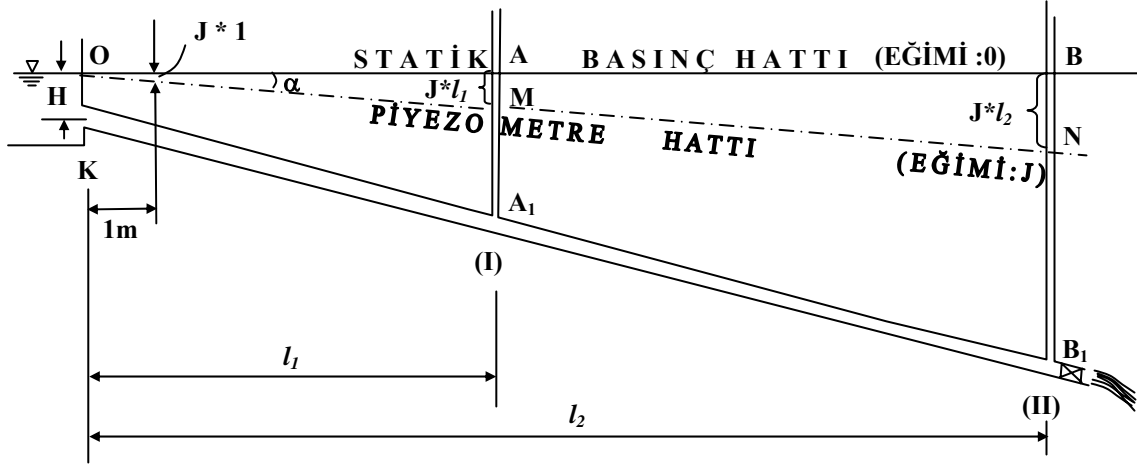
Barajdan alınan sular kaplamalı bir açık kanalla bir vana odasına kadar iletilip bu noktada betonarmeden kalıpla yerinde inşa edilmiş daire kesitli bir iletim hattına alınmaktadır. Bu basınçlı iletim hattı kısmen yarmada kısmen dolgudur. Yani tamamen zemine gömülü değildir. Cidarların kalın ve üstünde kısmen toprak bulunması yazın suyun ısınmasını ve kışın da donmasını önlemektedir. Bu kısmın enine enkesiti Şekil 5.2’de 2No ile gösterilmiştir.

Bu basınçlı boru hattı bir vana odasında CD boru hattı ile birleşmektedir. Boru hattının bu parçasında akım serbest yüzeyli olduğundan at nalı kesit kullanılmış ve bu enkesit 3 No ile gösterilmiştir.

İsale hattının bundan sonraki DE kısmı bir tünelle bir dağın içinden geçmektedir. Bu tünel serbest yüzeyli akıma ve at nalı profile sahiptir (4 Nolu enkesit). Hattın CD, EF ve GH kısımları da serbest yüzeyli olduğundan gene at nalı kesit sahiptir (3 Nolu enkesit). İletim hattı F ve G arasında basınçlı bir tüneller bir nehri geçmektedir (5 Nolu enkesit). H noktası ile tasfiye tesisinin inşa edilmiş olduğu T noktası arasında derin bir vadi vardır. Bu vadi engeli olmasaydı at nalı kesitli GH akadükü, T noktasına kadar aynı şekilde devam edecekti. Boru hattının karşısına bu engel çıktığından H ve T de birer vana odası yapıp bu iki nokta, vadiye döşenmiş bir boru hattı ile birleştirilmiştir. İsale hattının karşısına bu engelin çıkmaması halinde serbest yüzeyli olarak devam edeceği güzergahı, şekilde H ve T noktaları arasında kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Burada vadiye döşenen boru hattı U harfi şeklinde sifonun tersi olan bir geometrik şekle sahip olduğundan ters sifon ismini almıştır. HT ters sifonu yüksek basınca maruz olduğundan çelik borudan yapılmıştır (6 Nolu enkesit). Su tesisinin T temiz su haznesinden sonraki kısımları şehir bölgelerinde bulunmaktadır. Burada tamamen zemin içine döşenmiş borular kullanılmıştır. Bütün boru hattı su basıncı altındadır (Muslu, 2005).

### 5.3 BORU ve KANALLARIN HİDROLİĞİ

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi bir hazne ve bu hazneden çıkan bir boru ve bu boru üzerine takılmış iki adet ince piyezometre borusu göz önüne alalım. Kalın borunun ucunda bir vana bulunsun.



Şekil 5.3

Vana kapalı iken yani kalın boruda su akmazken, depodan  $l_1$  uzaklığında bulunan birinci ince boruda su dikey olarak A noktasına kadar yükselir. Depodan  $l_2$  uzaklığında bulunan ikinci ince boruda ise su, dikey olarak B noktasına kadar yükselir. (Fizikteki Birleşik Kaplar) İşte bu OAB yatay hattına STATİK BASINÇ HATTI denir. Bu hattın eğimi sıfır olup her noktadaki kot aynıdır (Erdemgil, 1995).

Şimdi su seviyesi yani H su yüksekliği sabit kalacak şekilde haznenin beslendiğini ve kalın boru ucundaki vanayı açılarak borudan suyun akıtıldığını düşünelim. Bu takdirde birinci ince boruda suyun dikey olarak ancak M noktasına kadar, ikinci ince boruda ise ancak N noktasına kadar yükseldiği görülür. Çünkü su boru içinden akımı sırasında boru cidarlarına sürtünme olayı olmuş ve bunun sonucu olarak da bir enerji kaybı meydana gelmiştir.

Borunun (I) kesitinde AM yüksekliğindeki bir su sütununa eşdeğer bir basınç azalmasına, (II) kesitinde BN yüksekliğindeki bir su sütununa eşdeğer bir basınç azalmasına neden olan  $J_1$  ve  $J_2$  enerji kayıplarına su getirmede Yük Kayıpları denir.  $J_1$  yük kaybı; suyun hazneden (I) kesitine kadar akışından doğan yük kaybı ve  $J_2$  yük kaybı ise hazneden (II)

kesitine kadar akışından doğan yük kaybıdır. Yük kaybı boru uzunluğu ile lineer olarak artmaktadır.

Suyun 1 m uzunluğundaki bir bölümünden akışından doğan yük kaybı ise  $J \cdot 1 = J$  olup buna BİRİM YÜK KAYBI denir. Şekilden de anlaşılacağı üzere  $\text{tg}\alpha = \frac{Jl_1}{l_1} = \frac{Jl_2}{l_2} = J$  olduğundan birim yük kaybı olan  $J$  aynı zamanda OMN hattının eğimini vermektedir. Suyun kalın boru içinde akarken ince borularda yükseldiği M ve N noktalarını birleştiren OMN hattına PİYEZOMETRE HATTI denilmektedir. Öyleyse piyezometre hattının eğimi de  $J$ 'dir. Borunun ucundaki vana kapalı iken yani su akmazken (I) kesitinde suyun yükseldiği AA<sub>1</sub> su sütununa tekabül eden basınç ile (II) kesitinde suyun yükseldiği BB<sub>1</sub> su sütununa tekabül eden basınçlara da STATİK BASINÇLAR denir. Yani (I) deki statik basınç AA<sub>1</sub> ve (II) deki statik basınç BB<sub>1</sub> kadardır.

Suyun akımı sırasında ince borularda meydana gelen MA<sub>1</sub> ve NB<sub>1</sub> su yüksekliklerine tekabül eden basınçlar ise; İŞLETME BASINÇLARI dır. Yani (I) deki işletme basıncı MA<sub>1</sub> ve (II) deki işletme basıncı ise NB<sub>1</sub> kadardır. 10 metre su seviyesine tekabül eden basınç yaklaşık 1 atmosfer olduğuna göre bu basınçları atmosfer cinsinden de ifade etmek mümkündür (Erdemgil, 1995).

**STATİK BASINÇ – İŞLETME BASINCI = YÜK KAYBI dır.**

**YÜK KAYBI =  $Jl$ 'dir.**

### 5.3.1 Boru ve Kanalların Boyutlandırılmasında Kullanılan Formüller

İletim hatlarında boru çapları bilinen hidrolik formüllerden biri ile hesaplanabilir. Bunlardan en çok kullanılanlar:

1. Darcy-Weisbach
2. Hazen - Williams
3. Prandtl – Colebrook

Formülleridir (Karpuzcu, 2005).

Darcy – Weisbach denkleminde yük kaybı:

$$\Delta h = \lambda \frac{LV^2}{2gd} \quad (5.2)$$

hidrolik eğim ise,

$$J = \frac{V^2 \lambda}{2gd} \quad (5.3)$$

denklemleri ile hesaplanır.

Burada  $\lambda$  pürüzlülük katsayısını,  $V$  su hızını,  $L$  boru boyunu,  $d$  boru çapını,  $g$  yerçekimi ivmesini,  $\Delta h$ ,  $L$  uzunluğunda meydana gelen yük kaybını,  $J$  hidrolik eğimi göstermektedir.  $\lambda$  katsayısı Reynolds sayısının ve rölatif pürüzlülüğün bir fonksiyonudur.

Hazen – Williams formülünde hız ve debi:

$$V = 0.85C \left( \frac{d}{4} \right)^{0.63} J^{0.54} \quad (5.4)$$

$$Q = 0.278Cd^{2.63}J^{0.64} \quad (5.5)$$

denklemleri ile hesaplanır.

Burada  $V$  su hızını (m/sn),  $Q$  debiyi (m<sup>3</sup>/sn),  $d$  boru çapını (m),  $J$  hidrolik eğimi,  $C$  Hazen katsayısını göstermektedir.

Colebrook formülünde su hızı:

$$V = \left[ -2 \log \left( \frac{2.51\nu}{d\sqrt{2gJd}} + \frac{K/d}{3.71} \right) \right] \sqrt{2gJd} \quad (5.6)$$

ifadesi ile verilmektedir.

Burada  $V$  su hızını,  $d$  boru çapını,  $J$  hidrolik eğimi,  $\nu$  kinematik viskoziteyi,  $K/d$  rölatif pürüzlülüğü,  $g$  yerçekimi ivmesini göstermektedir (Karpuzcu, 2005).

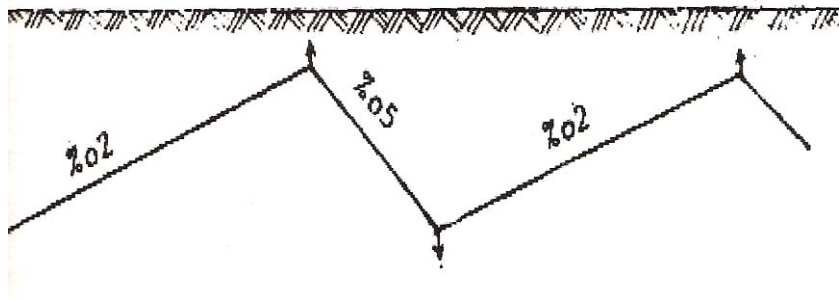
## 5.4 İLETİM HATTI PLAN VE PROFİLİ

- İletim hatlarının planı genellikle 1/2000 ölçeklidir. Eğer kısa bir hatsa 1/1000 ölçekde olabilir.
- Profillerde ise, genellikle yatay ölçek 1/2000 ve düşey ölçek 1/200 olur.
- İletim hattı planı 1/1000 ölçeğinde çizilmiş ise, profilde yatay ölçek 1/1000 ve düşey ölçek 1/100 alınır.

Bu ölçekler genellikle kabul edilen ölçeklerdir. Duruma göre gerek düşey gerekse yatay ölçekler istenilen şekilde değiştirilebilir (Erdemgil, 2005).

## 5.5 İLETİM HATTININ GEÇİRİLMESİ (Güzergah Tespiti)

İsale hatlarının planlanmasında ilk yapılacak iş boru hattının ve diğer işletme teçhizatının gösterildiği topoğrafik haritanın hazırlanmasıdır. Kaptaj ile su haznesinin inşa edileceği bölge arasında şeritvari bir harita çıkarılır. Bu harita üzerinde isale güzergahı tespit edilir. Güzergahta mümkün mertebe fazla inişler ve çıkışlar olmamalıdır. Borular yatay olarak döşenmez. Aksi takdirde boruyu boşaltmak mümkün olmaz. Bunun için yatay bölgelerde döşenen borulara suni meyi verilir. Suni meyillerin akış yönü çıkışlarda % 2 inişlerde ise %5 olması yeterlidir.



Şekil 5.4 Boru hattına verilen suni meyiller

Güzergahta keskin yön değişikliklerinden kaçınılmalıdır. Güzergah bataklık ve çürük zeminlerden geçmeyecek şekilde seçilmelidir (Karpuzcu, 2005).



## 5.6 İLETİM HATLARINDA KULLANILAN BORULAR

Basınçlı su iletim hattında kullanılacak borular maruz kalacakları su basıncına, iletilecek suyun ve boruların döşeneceği zeminin özelliklerine bağlı olarak seçilir. Boruların maruz kaldıkları basınçlar standartlarla belirlenen boru işletme basınçlarını aşmamalıdır. Cazibeli isalede statik, terfili isalede dinamik basınçlar gözönüne alınır (Karpuzcu, 2005).

- 1. Font borular:** Su iletim hatlarında eskiden beri çok kullanılır. Ömrü uzundur, korozyona karşı dayanıklıdır. Basınca mukavemeti fazla olmakla beraber kırılmandır. Savurma ve düşey döküm borular 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1250 mm olarak imal edilmektedir. Boyları 7 m'ye kadar çıkmaktadır. Font borular:
  - Savurma
  - Düşey döküm olmak üzere iki gruba ayrılır. Her grubun da LA, A, B olmak üzere üç tipi vardır. İşletme basınçları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Font boruların basınçları

Boru tipi	İşletme Basıncı, kg/cm <sup>2</sup>					
	LA		A		B	
	< 80 mm	≥ 80 mm	< 80 mm	≥ 80 mm	< 80 mm	≥ 80 mm
Savurma	16	10	-	12,5	-	16,0
Düşey döküm	-	-	12,5	10,0	-	12,5

Boyları 6 – 7 m olduğundan hat boyunca birleşim yerlerinin sayısı fazladır (Karpuzcu, 2005).

- 2. Çelik borular:** Boyları daha uzun (16 m) olduğu için ek yerleri azdır. 40 cm'den küçük çapta yapılmaz. 16 kg/cm<sup>2</sup>'den daha büyük basınçlarda kullanılır. Taşıma ve döşemesi kolaydır. Korozyona karşı mukavemetleri azdır. Ancak bitümlü maddeler ile kaplanarak bu mahzur ortadan kaldırılabilir. Birleşimleri font borulardan daha kolaydır (Karpuzcu, 2005).
- 3. Plastik borular:** Bu borular hafiftir. Taşınması ve döşenmesi kolaydır. Korozyona karşı dayanıklıdır. Polivinil klorür (PVC) ve polietilen (PE) olmak üzere iki tipi vardır. Piyasada daha çok PVC borular satılmaktadır. Tecrid yapmaya lüzum yoktur. -40<sup>0</sup> ila +60<sup>0</sup> arasında çalışır. Standart kullanma sıcaklığı 20<sup>0</sup>C'dir (Karpuzcu, 2005).

- 4. Betonarme borular:** Bu borular 600 mm'den büyük çaplar için kullanılır. Bu borularda sızdırmazlığın temin edilmesi oldukça zordur. Boruların boyları 6 m'ye kadar yapılır. Agresif sular, amonyaklı ve yumuşak sular betonarmedeki çimentoyu çözer. Bu sebeple dikkatli olmak gerekir (Karpuzcu, 2005).
- 5. Asbest-çimento borular:** Çimento ve %10-15 amyanattan meydana gelen homojen çamurun ince tabakalar halinde basınçla bir silindire sarılması suretiyle imal edilir. Korozyona karşı betonarme borulardan daha dayanıklıdır. Boyları 4-5 m arasındadır, işletme basınçları 2.5, 6, 10 ve 12.5 kg/cm<sup>2</sup> olarak değişik değerler alabilir.

Boru cinsleri yukarıdaki açıklamaların ve yönetmelik esaslarının ışığında seçilir. Örneğin İstanbul'da uygulanan İSKİ yönetmeliğine göre

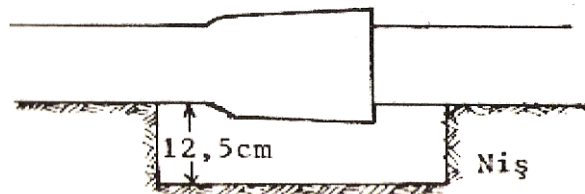
- D 600 mm için font,
- D = 700-1600 mm için çimento kaplamalı çelik,
- D > 1600 mm için öngerilmeli beton boru kullanılmalıdır (Karpuzcu, 2005).

## 5.7 BORULARIN DÖŞENMESİ

Boruların üzerinde 1-1,5 m toprak dolgu kalacak şekilde hendek açılmalıdır. Borunun, ağır trafiğe maruz yollarda trafik yüklerinden ve soğuk bölgelerde sıcaklık değişmelerinden etkilenmemesi için bu değerler artırılabilir. Minimum hendek genişliği 60 cm'dir. Boru çapının 200 mm'den büyük olması halinde hendek genişliği, b

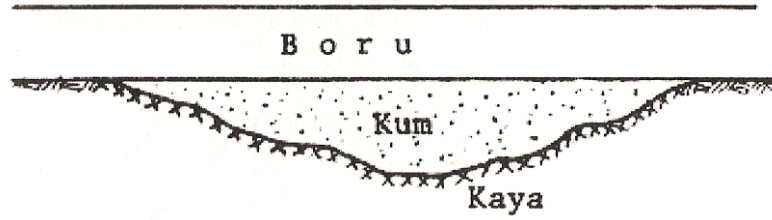
$$b = D + 40 \quad (5.7)$$

olacak şekilde hesaplanır. Burada D boru çapını (cm) ve b hendek genişliğini (cm) gösterir. Hendeğin cidarı düşey olarak açılır ve çoğu zaman iksa yapılır. Boruların birleşim yerlerinde hendeğin genişliği ve derinliği artırılarak niş denilen çukurlar oluşturulur (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Ek yerlerinde hendeklerin derinleştirilmesi

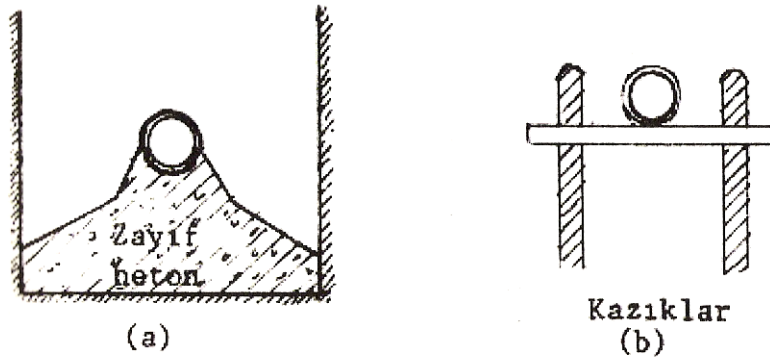
Hendek tabanının kayaya rastlaması halinde, hendek 20 cm derinleştirilir ve bu kısım kumla doldurulur. Kayalık arazideki boru arızalarının %80'i borunun kaya üzerine oturmasından veya kum miktarının az olmasından ileri gelir (Şekil 5.6) (Karpuzcu, 2005).



Şekil 5.6 Kayalık arazide boru döşenmesi

Bataklık ve çürük zeminlerde borunun oturmaması için

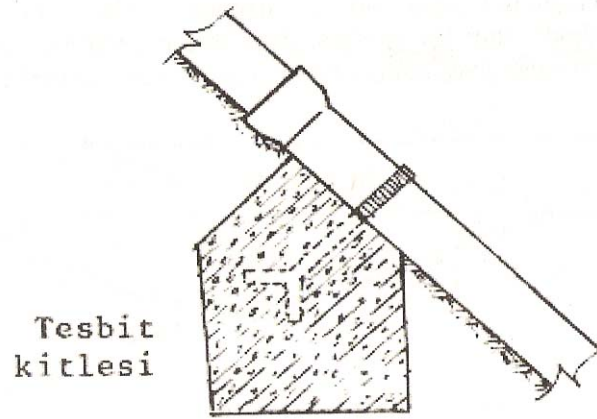
- Hendek tabanına zayıf beton atılır (Şekil 5.7a)
- Hendek açılmaz ve boru tabanına yükü dağıtmak için betonarme bir taban yapılır.
- Boru kazıklar üzerine tesis edilen enlemeler üzerine döşenir (Şekil 5.7b)



Şekil 5.7 Bataklık arazide boru döşenmesi

Bu tedbirlere rağmen bataklık arazilerde boru döşenmesi istenmez. Mümkün olduğu takdirde güzergahın değiştirilmesi daha uygun olur.

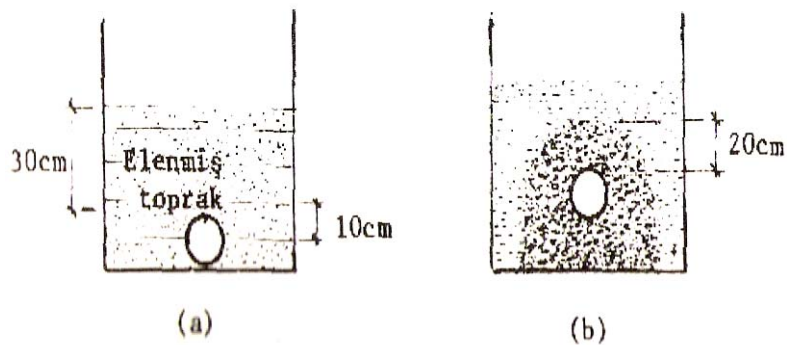
Dağlık arazide akıcı zemin üzerine boru döşenmesi halinde tabanda teşkil edilen kargir kitlelere boru bileziklerle bağlanır. Eğimin %20'den fazla olması halinde her boruya bir tesbit kitlesi yapılır. Kayma ihtimali az olan yerlerde birkaç boruya bir tesbit kitlesi yapılabilir (Şekil 5.8) (Karpuzcu, 2005).



Şekil 5.8 Meyilli arazide boru döşenmesi

Borular hendeklere indirilip bağlantılar yapıldıktan sonra basınç deneyine tabi tutulur. Sızma noktalarının ve sızma miktarının tesbiti için basınç deneylerine 24 saat devam edilir. Basınç deneylerinin olumlu olması halinde hendekler doldurulabilir. Doldurma işlemi yavaş yavaş yapılmalıdır.

Borunun etrafı hendekten çıkan toprakla doldurulur ve her 10 cm kalınlıkta bir tokmakla sıkıştırılır. Bu işleme borunun üzerinde 30 cm'lik dolgu edilinceye kadar devam edilir (Şekil 5.9a). Marnlı ve yağlı killi zeminlerde font boruların korunması için boru etrafı 20 cm'lik iri kum ve çakıl tabakası ile çevrilir (Şekil 5.9b) (Karpuzcu, 2005).

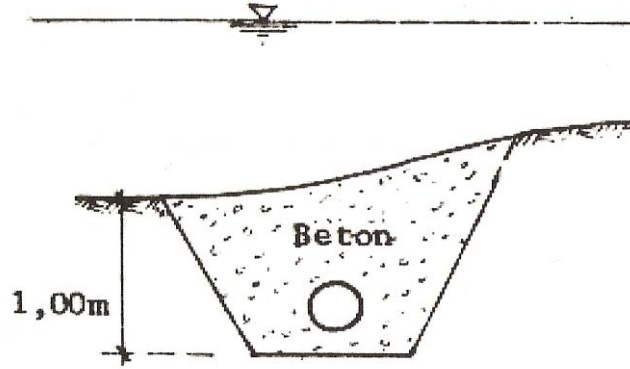


Şekil 5.9 Hendeklerin doldurulması

Bazı durumlarda isale hatlarının nehir, göl veya deniz altından geçirilmesi gerekebilir. Bu durumda aşağıdaki şekillerde hareket edilir:

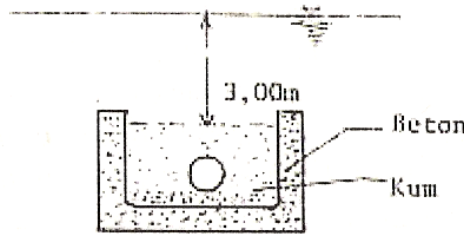
- Genellikle çoğu zaman kuru olan sığ derelerden geçişte boruların döşenmesi için yeterli derinlikte bir hendek açılır. Boru hendek içine indirildikten sonra betonla

doldurulur (Şekil 5.10). Büyük çaplarda iyi netice alınmasına rağmen arıza halinde betonun kırılması gerekir.



Şekil 5.10 Sığ derelerde boru döşenmesi

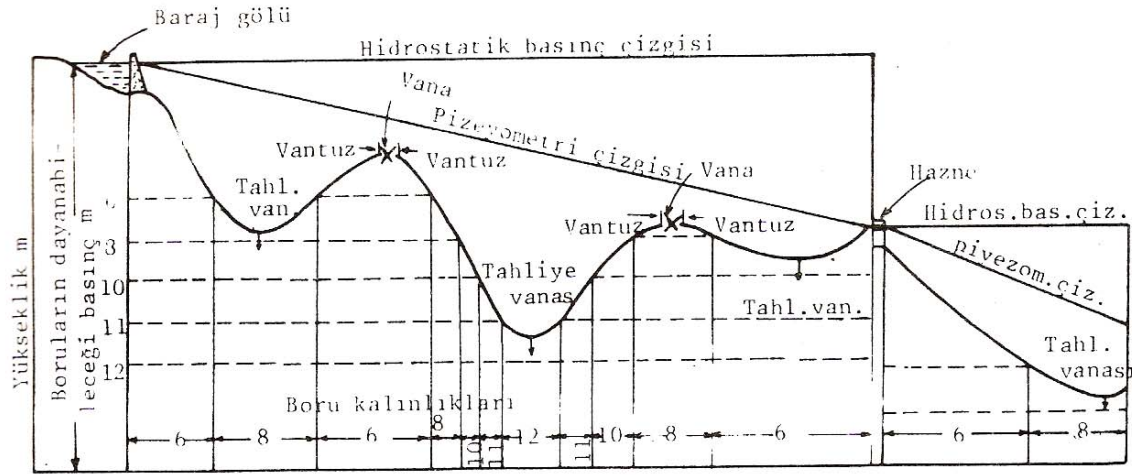
- b) Büyük nehirlerde alçak su seviyesi ile nehir tabanı arasındaki mesafenin 3 m'den büyük olması halinde su içersinde beton veya betonarme bir sandık yapılır. Sandığın içi kumla doldurularak boru kum tabakası içine yerleştirilir. Bu durumda boru ek yerlerine dikkat edilmelidir (Şekil 5.11) (Karpuzcu, 2005).



Şekil 5.11 Büyük nehir tabanında boru döşenmesi

## 5.8 İLETİM HATLARINDAKİ DONATIM ELEMANLARI

Borulardaki akışın kesintisiz bir şekilde sağlanması, boruların gerektiği hallerde boşaltılması, boruların çeşitli zararlardan korunması, gerektiğinde yüksek basınçların düşürülmesi, hatta basınçlı su akımının temin edilmesi vb. şartların yerine getirilmesi için borular çok sayıda işletme ve yardımcı elemanlarla donatılır. Borulara gelen basınçlara göre cidar kalınlıkları değişir. Donatım elemanlarının büyük bir kısmı Şekil 5.12'de gösterilmiştir. Donatım elemanları hakkındaki genel bilgiler aşağıda verilmiştir (Karpuzcu, 2005):



Şekil 5.12 İsalede işletme organları

### 5.8.1 Vanalar

Cazibeli isale hatlarında kullanılan vanalar:

- Tevkif (kapatma) vanaları
- Tahliye (boşaltma) vanaları
- Basınç kırıcı vanalar

olmak üzere üç grupta incelenebilir.

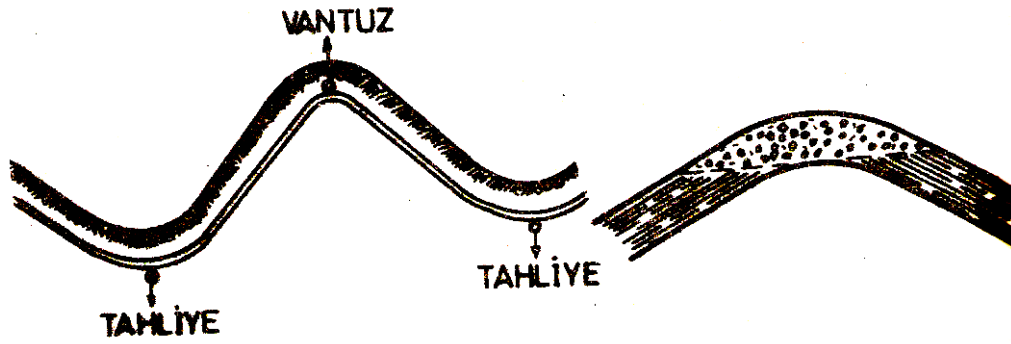
Tevkif vanaları genellikle boru hattının yüksek yerlerine cazibe ile boşalabilen kısımları birbirinden ayırmak için konur. Ayrıca uzun isale hatlarında, boşaltma süresinin kısaltılması ve su kayıplarının önlenmesi için belirli aralıklarda tevkif vanaları yerleştirilir. Vana aralıklarının seçiminde boşalma süreleri esas alınır. Bu süre hattın önemine göre 2 ile 3 saati geçmemelidir.

Tahliye vanaları boruların alçak yerlerinde biriken tortuları temizlemek veya hattı boşaltmak için güzergahın en çukur noktalarında teşkil edilir. Boşaltılan sular cazibe ile veya bir tulumba yardımıyla tabii drenaj alanlarına (dere veya vadiye) boşaltılır.

Basınç kırıcı vanalar borudaki akışın basınç altında cereyan etmesini temin etmek üzere basınç düşürücülerin ve haznelerin girişine konur (Karpuzcu, 2005).

### 5.8.2 Vantuzlar (Hava vanaları)

Basıncı iletim hatları, daima kaptajdan depoya doğru eğimli olmayıp ters eğimleri de vardır. Yani iletim hattı, zeminin engebelerini izleyerek vadi ve tepeleri aşar. Böylece iniş ve çıkışlar yapar. Borularda su ile sürüklenen hava kabarcıkları borunun tümsek kısımlarında birikir (Şekil 5.13). Bu birikme devam ettikçe suyun tamamen akmasına neden olacak hava yastığı oluşabilir. Tepe noktasında biriken bu havayı çıkarmak için konulan ve otomatik çalışan cihaza vantuz denilir (Erdemgil, 1995).

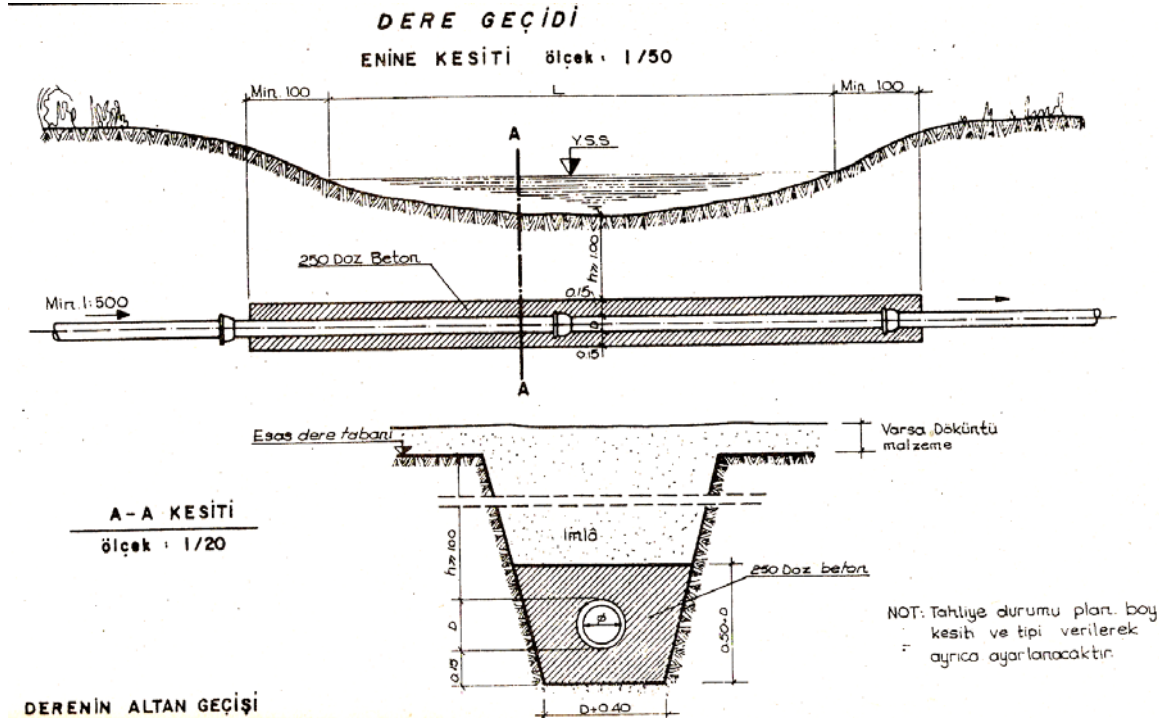


Şekil 5.13 Vantuz

### 5.8.3 Dere Geçidi ve Köprü Geçidi

İletim hatlarının genellikle kuru veya sulu dereleri geçmesi gerekir. Kuru derelerde sel geldiği zaman boru hattının zemin oyularak açıkta kalmaması için iletim hattı hendek derinliği artırılır. Borunun etrafına da en kesiti boyunca beton dökülür. Yani boru beton bir kılıf içine alınır.

Sulu derelerde ise suyu geçit yerinde keserek başka taraftan akıtmağa olanak varsa dere tabanında iletim hattı hendeği açılarak boru döşenebilir. Deredeki suyun hızı fazla ise boru etrafına beton dökülür. Hız az ise boru hendeği içersine kum ve çakıl doldurmakla yetinilir. Büyük dere ve nehirleri geçmek gerektiği takdirde mevcut köprülerden yararlanılarak boru köprüye asılır. Civarında bunu sağlayacak bir köprü yok ise boru için özel bir köprü de yapılabilir. Dar ve derin vadilerde dere, ırmak ve nehirlerle paralel gitmek zorunluluğunda kalınarak dik yamaçlarda boruları döşeyebilmek için istinat duvarları inşa edilir ve bu suretle boru hattının korunması sağlanır. Şekil 5.14’de bir dere geçidi görülmektedir (Erdemgil, 1995).



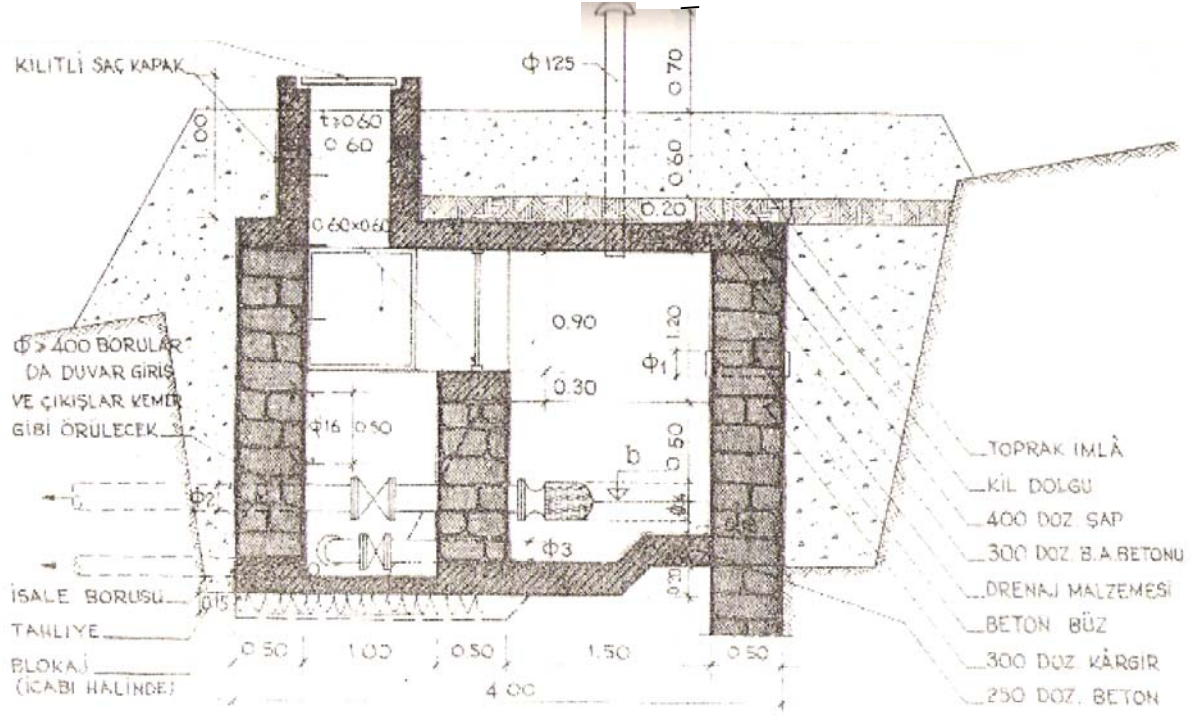
Şekil 5.14 Dere geçidi

#### 5.8.4 Basınç Düşürücüler (Maslak)

İletim hattında; menba ile depo arasında bazı noktalarda yükseklik farkı çok ise hattın bu noktalarında oluşan statik basınçlar, kullanılan borunun cinsine göre dayanabileceği sınırı aşar. Bu takdirde basıncı düşürmek amacıyla gerekli olan yapıya Maslak denir.

Basınç düşürücüler basit olarak, giriş, çıkış, boşaltma boruları ile donatılmış bir hazneden ibarettir (Şekil 5.15). Basınç düşürücülerin hacimleri o kadar önemli değildir. Küçük isalelerde 10 dakikalık debiyi biriktirecek büyüklükte inşa edilir. Basınç düşürücünün yeri, mansap taraftaki kritik noktalardan yeteri kadar yukarıda seçilmelidir (Erdemgil, 2005).

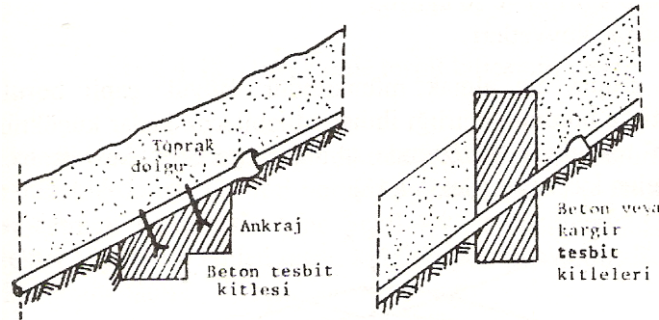




Şekil 5.15 İsale hatlarında kullanılan bir basınç düşürücü (maslak)

### 5.8.5. Tespit Kitleleri

İster cazibeli, ister terfili olsun boruların aşağı kaymasını ve aynı zamanda boruların üzerindeki dolgu toprağını tutabilmek amacıyla borular zemine bağlanır.



Şekil 5.16 Meyilli arazide tespit kitleleri

Amaç, eğimin ve boru ağırlığının oluşturacağı kaydırma kuvvetini zemine aktarmak ve hattı rijitleştirmektir (Erdemgil, 1995).

### 5.8.6 Tulumbalar (Pompalar)

Kaptajdaki su kotunun hazne kotundan daha düşük olması halinde sular tulumbalar ile yükseltilir. Bu şekilde isaleye terfili isale adı verilir. Terfi tesisleri genel olarak kaptaj civarında inşa edilir. Suların kaptajdan hazneye yükseltilmesinde

1. Pistonlu tulumbalar
2. Santrifüj tulumbalar olmak üzere iki tip tulumba kullanılır.

Tulumbaların gücü Buhar beygiri cinsinden;

$$N = \frac{QH}{75\mu} \quad (5.8)$$

(5.8) ifadesi ile hesaplanır. Burada Q terfi debisini, H basma yüksekliğini,  $\mu$  randımanı, N tulumba gücünü göstermektedir (Karpuzcu, 2005).

#### 5.8.6.1 Terfi Merkezi İçin Yer Seçimi

Terfi merkezinin yeri seçilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. Tesisin bulunduğu yere kolayca gidilip gelinmelidir. Makine ve teçhizatın kolayca taşınması için yol kenarları tercih edilmelidir.
2. Su taşma bölgesinin dışında olmalıdır.
3. Taşıma gücü fazla olan zeminler seçilmelidir.
4. Yeraltı suyu seviyesi fazla yüksek olmamalıdır.
5. Bu şartlar sağlanamadığı takdirde sular bir ön tulumba ile kaptajdan alınır ve yukarıdaki şartların sağlandığı yerde inşa edilen ana terfi merkezine basılır (Karpuzcu, 2005).

### 5.8.6.2 Tulumba Sayısı ve Seçimi

Her terfi merkezi için biri yedek olmak üzere en az iki tulumba seçilir. Aynı karakterde olan tulumbar nöbetleşe çalıştırılır. Tulumbarların sayısı sarfiyat salınımlarına göre tayin edilir. Pratikte en çok karşılaşılan haller aşağıda verilmiştir:

1.  $Q_{\max} = 2Q_{\min}$  ise her birinin kapasitesi  $Q_{\min}$ 'a eşit olan üç tulumba seçilir., biri yedek, biri minimum debide çalışır. Sarfiyatın maksimum olması halinde 2 tulumba beraber çalışır.
2.  $Q_{\max} = 3Q_{\min}$  ise:
  - a) Her birinin kapasitesi minimum debiye eşit olan dört tulumba seçilir. Biri yedek, biri minimum debiyi iletir. Ortalama sarfiyatta ikinci, maksimum sarfiyatta da üçüncü tulumba devreye girer.
  - b) Verimi  $Q_{\min}$ 'a eşit bir,  $2/3 Q_{\max}$ 'a eşit iki olmak üzere 3 tulumba seçilir. Büyük tulumbarların biri yedektir (Karpuzcu, 2005).

### Kaynaklar

1. Karpuzcu, M., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Kubbealtı Neşriyatı, 2005
2. Muslu, M., Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, 2005.
3. Erdemgil, N., Su Getirme, Bilim Yayınları, 1995