

Kırsal Alanda Su Getirme

3. BÖLÜM SU İHTİYACI HESABI

3.1.SU İHTİYACININ HESAPLANMASI

Bir yerleşim yerinin su ihtiyacı; o yerin

- Nüfus yoğunluğuna ve nüfusun dağılımına,
- Fiziksel yapısına,
- İklimine,
- Gelecekteki gelişme yönlerine,
- Ekonomik yapısına ve
- iş ve uğraşlarına bağlıdır.

Bütün bu ayrıntılar, ülkelerin su üretim standartlarını farklı oluşturmuştur.

3.1.SU İHTİYACININ HESAPLANMASI

Ülkemizde su ihtiyacının hesabı İller Bankasının kabul ettiği “**Talimatname III**” e göre yapılmaktadır.

Bir yerleşim yerinin Proje Su İhtiyacı;

- İnsan su ihtiyacı,
 - Hayvan su ihtiyacı
 - Özel su ihtiyaçları
- ve toplamından oluşur.

3.2. Nüfus Hesabı

Gerek içme suyu gerekse atık su iletiminde projeler genelde 20 ile 30 yıl arasında bir proje ömrü ile hazırlanırlar. Bunun içinde proje ömrü sonundaki nüfus hesap yöntemiyle hesaplanarak projenin tasarımı yapılır.

Nüfus hesaplamaları için birçok yöntem kullanılmakta olup her bir yöntem için ayrı ayrı hesaplamalar yapılır, yöntemler arasında karşılaştırma yapılır ve en uygun nüfus projeksiyonu yöntemine göre projenin hesaplanmasına başlanır. Aşağıda nüfus projeksiyonu için kullanılan yöntemler verilmekle birlikte yaygın olarak kullanılan yöntem **İller Bankası Metodu** dur;

1. İller Bankası Metodu

Bu metotta artış hızı çoğalma katsayısı ile ifade edilir.

Çoğalma katsayısının (p) belirlenmesi

$$p = \left[\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right] \times 100$$

Eşitlikte,

p = Çoğalma katsayısı (%)

N_y = Yerleşim yerinin son nüfusu

N_e = Yerleşim yerinin bir önceki nüfus sayımındaki nüfusu

a = İki nüfus sayımı arasında geçen süre (yıl)

Eğer

$p < 1$ ise $p = 1$

$p > 3$ ise $p = 3$,

$1 < p < 3$ ise hesaplanan değer aynen alınır.

Ancak Köy Hizmetleri için, hesap yapılmaksızın $p = 3$ kabul edilir. Projeler 30 sene sonraki ihtiyacı karşılayacak şekilde hazırlanır. Bu nedenle gelecekteki nüfus aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$N_g = N_y \times \left(1 + \frac{p}{100} \right)^n$$

n = son nüfus sayımından projenin başlatılmasına kadar geçen süre (yıl)

N_g = n yıl sonraki nüfus

Örnek: 1975 nüfus sayımı değeri 58750 kişi, 1990 nüfus sayımı değeri 72340 olan bir şehirde 2010 ve 2015 nüfus tahmin değerleri ne olur?

Çoğalma katsayısı

$$p = \left[\sqrt[n]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right] \times 100$$

$$p = \left[\left(\frac{N_y}{N_e} \right)^{\frac{1}{(t_y - t_e)}} - 1 \right] \times 100$$

$$p = \left[\left(\frac{72340}{58750} \right)^{\frac{1}{(1990-1975)}} - 1 \right] \times 100 = 1.38$$

$1 < p = 1.46 < 3$ olduğundan hesaplanan değer aynen alınır.

n = son nüfus sayımından projenin başlatılmasına kadar geçen süre (yıl)

$$n = (t_{\text{gelecek}} - t_{\text{yeni}}) = (t_g - t_y)$$

Gelecekteki Nüfus

$$N_g = N_y \times \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad N_g = N_y \times \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{t_g - t_y}$$

$$N_{2010} = 72340 \times \left(1 + \frac{1.38}{100}\right)^{2010-1990} = 95153$$

$$N_{2015} = 72340 \times \left(1 + \frac{1.38}{100}\right)^{2015-1990} = 101903$$

Bu metot **nüfusun birim zamandaki artışının sabit kaldığını** ifade eden bir matematiksel model kullanır. Yani dt gibi bir zaman aralığında dy gibi bir nüfus artışı söz konusu ise nüfus artış hızı olan dy/dt sabit olup; ka “aritmetik artış sabiti” ile ifade edilir.

Artış Hızı;

$$k_a = \left(\frac{N_y - N_e}{t_y - t_e} \right)$$

N_g : Hesaplanacak olan nüfus değeri

N_y : Son nüfus sayım değeri

N_e : İlk nüfus sayım değeri

t_y : N_y nüfusunun belirlendiği yıl

t_e : N_e nüfusunun belirlendiği yıl

t_g : N_g nüfusunun belirleneceği yıl

Gelecekteki nüfus;

$$N_g = N_e + \left[k_a \times (t_g - t_e) \right]$$

Örnek: 1975 nüfus sayımı değeri 58750 kişi, 1990 nüfus sayımı değeri 72340 olan bir şehirde 1995, 2010 ve 2015 nüfus tahmin değerleri ne olur?

Artış Hızı;

$$k_a = \left(\frac{N_y - N_e}{t_y - t_e} \right) \quad k_a = \left(\frac{72340 - 58750}{1990 - 1975} \right) = 906$$

Gelecekteki nüfus;

$$N_g = N_e + \left[k_a \times (t_g - t_e) \right]$$

$$N_{1995} = 58750 + [906 \times (1995 - 1975)] = 76870$$

$$N_{2010} = 58750 + [906 \times (2010 - 1975)] = 90460$$

$$N_{2015} = 58750 + [906 \times (2015 - 1975)] = 94990$$

Nüfus artış hızı **nüfusun logaritmik bir fonksiyonu olarak** ifade edilir.
Nüfus artış hızı ve gelecekteki nüfus hesabı

Artış Hızı;

$$r = \left(\frac{\ln N_y - \ln N_e}{t_y - t_e} \right)$$

N_g : Hesaplanacak olan nüfus değeri

N_y : Son nüfus sayım değeri

N_e : İlk nüfus sayım değeri

t_y : N_y nüfusunun belirlendiği yıl

t_e : N_e nüfusunun belirlendiği yıl

t_g : N_g nüfusunun belirleneceği yıl

Gelecekteki nüfus;

$$N_g = N_e \times e^{r \times (t_g - t_e)}$$

Örnek: 1975 nüfus sayımı değeri 58750 kişi, 1990 nüfus sayımı değeri 72340 olan bir şehirde 1995, 2010 ve 2015 nüfus tahmin değerleri ne olur?

Artış Hızı;

$$r = \left(\frac{\ln N_y - \ln N_e}{t_y - t_e} \right) \quad r = \left(\frac{\ln 72340 - \ln 58750}{1990 - 1975} \right) = 0.014$$

Gelecekteki nüfus;

$$N_g = N_e \times e^{r \times (t_g - t_e)}$$

$$N_{1995} = 58750 \times e^{0.014 \times (1995 - 1975)} = 77734$$

$$N_{2010} = 58750 \times e^{0.014 \times (2010 - 1975)} = 95899$$

$$N_{2015} = 58750 \times e^{0.014 \times (2015 - 1975)} = 102852$$

1.7.Yerleşim Birimlerinde Su İhtiyacının Saptanması

Bir toplumun su ihtiyacı, toplumdaki kişilerin bir günde kullandıkları su miktarı esas alınarak hesaplanır. Bunun için bir insanın içme, yıkanma, bulaşık yıkama, çamaşır yıkama vb. ev ileri için ortalama olarak günde kaç litre su kullandığı bilinmelidir. Birim su sarfiyatına etkiyen faktörler aşağıda sıralanmıştır:

1. Yerleşim merkezinin nüfusu (büyük şehirlerde kişi başına su sarfiyatı daha yüksektir),
2. İklim (sıcak ve kurak iklimlerde ve sıcak dönemin uzun olması halinde sarfiyat artar),
3. Şehir suyundan sulanan bahçe ve parkların fazlalığı,
4. Başka su kaynaklarının varlığı ve bu kaynaklardan su temin etme imkanları (mevcut kaynaklar sarfiyatı azaltır),

5. Suyun kalitesi (iyi kaliteli su sarfiyatı artırır),

6. Hayat standardı ve eğitim seviyesi (hayat seviyesi yükseldikçe sarfiyat artar),

7. Sanayi ve ticaret merkezlerinin durumu,

8. Kanalizasyon tesislerinin varlığı (çevre sağlığı tesislerinin varlığı sarfiyatı artırır),

9. Su dağıtım sistemindeki (şebekedeki) basınç, (fazla basınç sarfiyatı artırır),

10. Suyun fiyatı (yüksek fiyat sarfiyatı azaltır).

3.3.1. İnsan İhtiyacı

İnsan ihtiyacı olarak, genellikle tesisattaki kayıplar dahil kişi başına 100 L/gün değeri dikkate alınarak toplam ihtiyaç hesaplanır. Membada daha fazla su varsa ve ihtilaf yaratmıyorsa, 150 L/gün/kişi miktarına kadar su isale edilebilir.

Çizelge 1 . Nüfus dilimlerine göre insan su ihtiyaçları

Gelecek Nüfus (kişi)			Su İhtiyacı (Q) (L/ insan /gün)	Debi (lt/s)
	$N \leq$	3 000	60	2
3000	$< N \leq$	5 000	70	4
5 000	$< N \leq$	10 000	80	9
10 000	$< N \leq$	30 000	100	35
30 000	$< N \leq$	50 000	120	69
50 000	$< N \leq$	100 000	170	197
100 000	$< N \leq$	200 000	200	463
200 000	$< N \leq$	300 000	225	463
	$N >$	300 000	İdare ile görüşülür.	

1.7.2.Hayvan İhtiyacı

Son tarım sayımına göre, köy ve kasabada ne kadar küçükbaş ve büyükbaş hayvan bulunduğu Tarım Müdürlüğü'nden öğrenilir.

Büyükbaş hayvan için günde 50 L, küçükbaş hayvan için de günde 15 L su sarfiyatı kabul edilerek hayvan su ihtiyacı hesaplanır. Tarım Müdürlüğünden alınan belge etüt dosyasına konulur.

Akarsu, göl veya kuyulardan yararlanılarak hayvan su ihtiyaçları karşılanabiliyorsa, hayvan su ihtiyacı hesaplarda dikkate alınmaz. Keza terfili tesislerde hayvan ihtiyaçlarının terfi ile temini ekonomik olmadığından bu gibi durumlarda mecbur kalınmadıkça, hayvan ihtiyaçları hesaplarda dikkate alınmayacaktır.

1.7.3.Özel Su İhtiyaçları

Belde ihtiyacının tamamının kaynaklardan karşılanması imkanlarının kısıtlı olduğu durumlarda, şahıs başına günlük su ihtiyacı asgari 40 L/gün kabul edilerek hesap yapılmalı ve gerekirse hayvan ihtiyaçları hesaplarda dikkate alınmamalıdır.

Özel ihtiyaç	Birim debi
1m ³ betonun üretilmesi için	120-150 L
Okullarda öğrenci başına	2-10 L/gün
Kışlalarda asker başına	50-150 L/gün
Hastanelerde hasta başına	250-600 L/gün
Otellerde yatak başına	100-250 L/gün
Genel yüzme havuzlarında 1 m ² 'si için	500 L/gün
Mezbahalarda kesilen büyükbaş hayvan başına	300-400 L/gün
Mezbahalarda kesilen küçükbaş hayvan başına	150-300 L/gün
İstasyonlarda bir lokomotif için	600-2200 L
Hamamlarda bir banyo için	300-350 L
Çamaşırhanelerde 1 kg kuru çamaşır için	40-180 L
Tabakhanelerde beher büyük deri için	1000-3000 L

Ayrıca niteliklerine göre değişik üretim yapan kurumların su ihtiyaçları belirlenmelidir.

TOPLAM SU İHTİYACININ BELİRLENMESİ

Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki toplam su ihtiyacı hesabında, iller bankasının kabul ettiği eşitlikler kullanılacaktır. Buna göre,

Nüfus artış katsayısı

$$p = \left[a \sqrt[n]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right] \times 100$$

Eşitlikte,

p = Çoğalma katsayısı (%)

N_y = yerleşim yerinin son nüfus sayımındaki nüfusu

N_e = Yerleşim yerinin önceki nüfus sayımındaki nüfusu

a = İki nüfus sayımı arasında geçen süre (yıl)

Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki nüfusu

$$N_{30} = N_y \times \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{30 + n}$$

N₃₀ = Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki nüfusu

n = son nüfus sayımından projenin başlatılmasına kadar geçen süre (yıl)

TOPLAM SU İHTİYACININ BELİRLENMESİ

Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki su ihtiyacı

$$Q_{30} = \left(\frac{N_{30} \times q}{86400} \right)$$

Eşitlikte,

Q_{30} = yerleşim yerinin 30 yıl sonraki su ihtiyacı (L/s)

N_{30} = Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki nüfusu

q = Nüfusa göre günlük su ihtiyacı (L/gün/insan)

Hayvanlar için gerekli su ihtiyacı

$$Q_h = \left(\frac{(N_B \times 50 \text{ lt / gün / hayvan}) + (N_K \times 15 \text{ lt / gün / hayvan})}{86400 \text{ sn / gün}} \right)$$

Eşitlikte,

Q_h = Hayvanlar için gerekli su ihtiyacı (L/s)

N_B = Yerleşim yerindeki büyükbaş hayvan sayısı

N_K = Yerleşim yerindeki küçükbaş hayvan sayısı

q = Nüfusa göre günlük su ihtiyacı (L/gün/insan)

TOPLAM SU İHTİYACININ BELİRLENMESİ

Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki toplam su ihtiyacı

$$Q_T = Q_{30} + Q_h + Q_E$$

Eşitlikte,

Q_T = Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki toplam su ihtiyacı (L/s)

Q_{30} = Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki insan su ihtiyacı (L/s)

Q_h = Hayvanlar için gerekli su ihtiyacı (L/s)

Q_E = Endüstri için gerekli su ihtiyacı (Özel ihtiyaç) (L/s)

Örnek: 2000 yılı nüfusu 2800 kişi olan bir yerleşim yerinin 2010 yılı nüfusu 3000 kişidir. Proje 2012 yılında tamamlanacaktır. Yerleşim yerinde 2000 büyükbaş hayvan, 3000 küçükbaş hayvan mevcuttur. Endüstri ve özel ihtiyaçlar için toplam 0.50 lt/s'lik ihtiyaç hesaplandığına göre,

- Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki nüfusunu belirleyiniz.
- Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki toplam su ihtiyacını belirleyiniz.

Nüfus artış katsayısı

$$p = \left[\sqrt[10]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right] \times 100 \quad p = \left[\sqrt[10]{\frac{3000}{2800}} - 1 \right] \times 100 = 0.69$$

Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki nüfusu

$$N_{30} = N_y \times \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{30+n} \quad N_{30} = 3000 \times \left(1 + \frac{1}{100} \right)^{30+2} \cong 4125$$

Yerleşim yerinin 30 yıl sonraki toplam su ihtiyacı

$$Q_T = Q_{30} + Q_h + Q_E$$

$$Q_T = 3.340 \text{ lt / s} + 1.678 \text{ lt / s} + 0.50 \text{ lt / s}$$

$$Q_T = 5.518 \text{ lt / s} = 477 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

4. SULARIN DERLENMESİ (SU ALMA YAPILARI)

İçme ve kullanma sularının bulunduğu yerden alınması, su kaynağının şekline, büyüklüğüne ve konumuna göre 5 değişik şekilde yapılır. Bunlar,

1. Kaynak Suları Su Alma Yapıları (Kaptajlar),
2. Yer altı Suları Su Alma Yapıları (Kuyular),
3. Yağmur Suları Su Alma Yapıları (Sarnıçlar),
4. Nehir Suları Su Alma Yapıları,
5. Göl-gölet Suları Su Alma Yapıları dır.

4. SULARIN DERLENMESİ (SU ALMA YAPILARI)

3.1. KAYNAK SULARI SU ALMA YAPILARI (KAPTAJLAR)

Kaynak suları; **yamaçlarda** veya **zeminde pınarlar** halinde yada **sızıntı** şeklinde çıkarlar. **Kaptaj**, kaynak sularının bulunduğu yerden uygun ve sağlıklı bir şekilde alınarak iletme hazır bir duruma getirmek amacıyla yapılan yapılardır.

Kaynak debilerini ölçme yöntemleri, kaynak debisinin büyüklüğüne bağlıdır.

- Verim 1lt/sn veya daha küçük ise; hacmi belli olan kaplarla (Ör. 20 lt olabilir), bir kabın dolu süresinin ölçülmesi ile ölçülür.
- Verim 2~10 lt/sn arasında ise; 0,5*0,5*1 m boyutlarında sızdırmaz sandıklar kullanılır
- Verim 10 lt/sn'den daha büyük ise savaklar yardımıyla ölçülür.

4. SULARIN DERLENMESİ (SU ALMA YAPILARI)

3.1. KAYNAK SULARI SU ALMA YAPILARI (KAPTAJLAR)

Kaynaktan ölçülen en büyük ve en küçük debi arasındaki oran;

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{1}{1} \approx \frac{1}{8}$$

oran varsa bu tip kaynaklar çok uygundur. Bu kaynaklar içme ve kullanma suyu için kaynak olarak kullanılabilir.

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \geq \frac{1}{50}$$

oran varsa bu tip kaynaklarda kirlenme söz konusu olabilir. Bu kaynaklar arıtma yapıldıktan sonra içme ve kullanma suyu için kaynak olarak kullanılabilir.

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} < \frac{1}{50}$$

oran varsa bu tip kaynaklar uygun değildir. Bu kaynaklar içme ve kullanma suyu için kaynak olarak kullanılamaz.

4. SULARIN DERLENMESİ (SU ALMA YAPILARI)

3.1. KAYNAK SULARI SU ALMA YAPILARI (KAPTAJLAR)

Kaynakların oluş şekline (kaynağın yeryüzüne çıktığı noktanın durumuna göre) Kaptajlar;

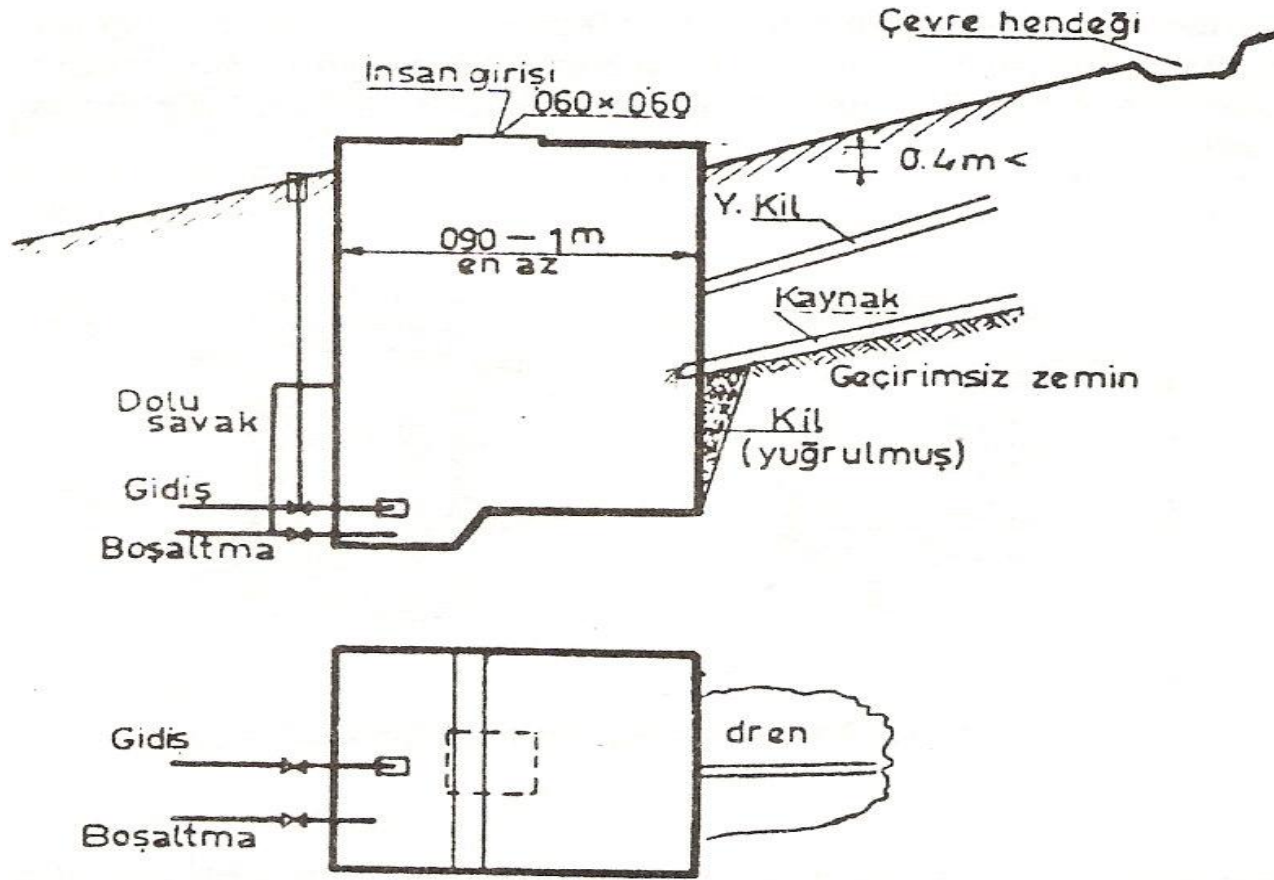
- **Yamaç Kaynağı Kaptajı** ve
- **Basıncılı Kaynak Kaptajı** olmak üzere iki tiptir.

3.1.1. Yamaç Kaynağı Kaptajı

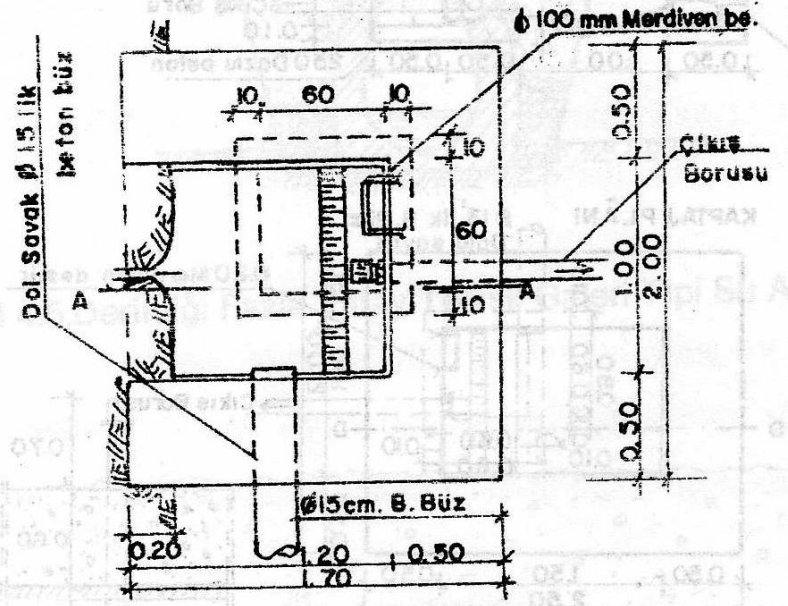
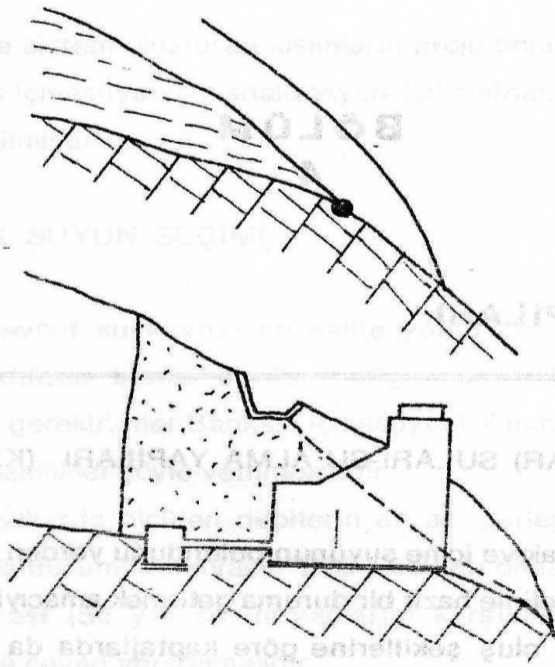
Üzerinde su taşıyan geçirimsiz zeminin vadi yamacını kestiği yerde suyun yer yüzüne çıktığı noktada kaptaj yapılır. Eğer alüvyon dolgu maddeleri ile kaplı ise tesviye ve tabaka kaynaklarında olduğu gibi dolgu zemin temizlenir. Gerekirse galeri açılarak su kaptaja alınır.

Kaynak suyun kaptaja alınması için, kaptajın kaynak tarafındaki duvarı geçirimli, diğer üç duvarı ile tabanı ve tavanı geçirimsiz olarak yapılır.

Su toplama kaptajı aslında vanaları dışarıda olan bir odadan ibarettir. Su toplama odaları giriş-çıkış, dolu savak ve dip savak boruları ile donatılmıştır.

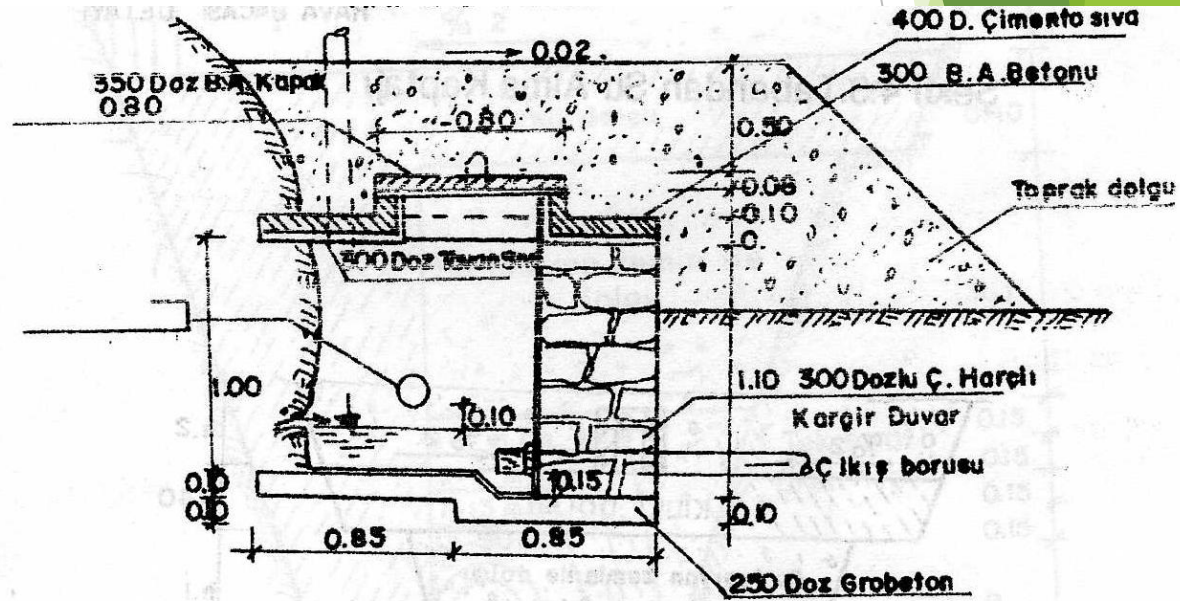


Şekil. Yamaç kaynağı kaptajı plan ve kesiti



KAPTAJ PLANI

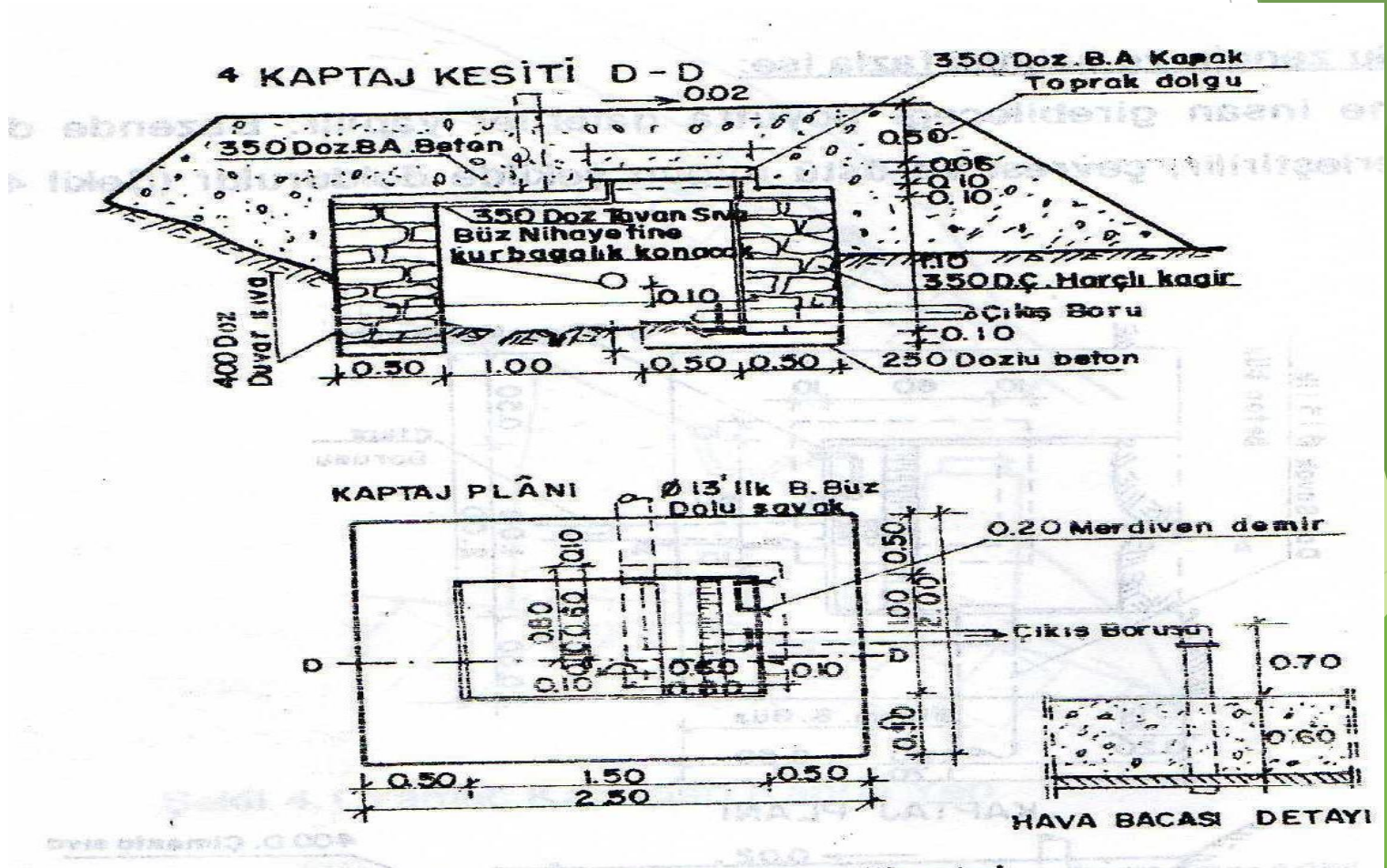
Şekil. Yamaç kaynağı kaptajı plan ve kesiti



2. KAPTAJ KESİTİ A-A

3.1.2. Basıncılı Kaynaklar Kaptajı

Zeminden basınçla yeryüzüne çıkan kaynak suyu yerinde kaptaja alınır. Kaynak suyun kaptaja alınması için, kaptajın tabanı geçirimli, diğer dört duvarı ile tavanı geçirimsiz olarak yapılır.



Şekil. Basınçlı kaynak kaptajı plan ve kesiti

3.2. YER ALTI SUYU SU ALMA YAPILARI (KUYULAR)

- ▶ Yer altı suyu **toprak içinde boşlukları tümünden dolduran**, adsorbatif ve kapilar kuvvetlerden etkilenmeyen, yalnızca **yerçekiminin etkisi ile hareket eden su** olarak tanımlanır.
- ▶ Toprak içerisinde yer altı suyunun bulunduğu bölgeye **doygun bölge** adı verilir.
- ▶ Eğer yeraltı suyunun üst yüzeyi kendini besleyen akımlardaki değişmelerle alçalıp yükseliyor ise yer altı suyu **basınçsız ve serbest su yüzeylidir**.
- ▶ Eğer yeraltı suyu geçirimsiz iki tabaka arasında ise bu suyun üst yüzeyi mevsimlik değişme göstermez ve **bu sular basınçlı olup arteziyen sular adını da alırlar**.



3.2. YER ALTI SUYU SU ALMA YAPILARI (KUYULAR)

Yeraltında değişik derinliklerde bulunan sular açılan **kuyular** ile alınır. **Bir su kuyusu en basit şekliyle yeraltı sularını yer yüzüne çıkarmak için zemin içerisinde düşey doğrultuda değişik çaplarda açılan boşluklardır.**

Kuyular, yer altı suyunun zemin içerisinde bulunma şekline göre değişik şekilde yapılabilir. Bunlar;

- Yatay tesisli galeriler,
- Düşey tesisli hazneli ve filtreli kuyular,
- Borulu kuyular (derin kuyular) dır.

Sığ kuyular elle kazılarak, burguyla delinerek veya çakılarak, derin kuyular ise döner veya darbeli sondaj yöntemleri kullanılarak açılır. **Kuyular açıldıktan sonra çeşitli malzemelerle kaplanarak kirlenmeye karşı korunmalıdır.**

3.2. 1. Yatay Tesisli Su Alma Yapıları (Galeriler)

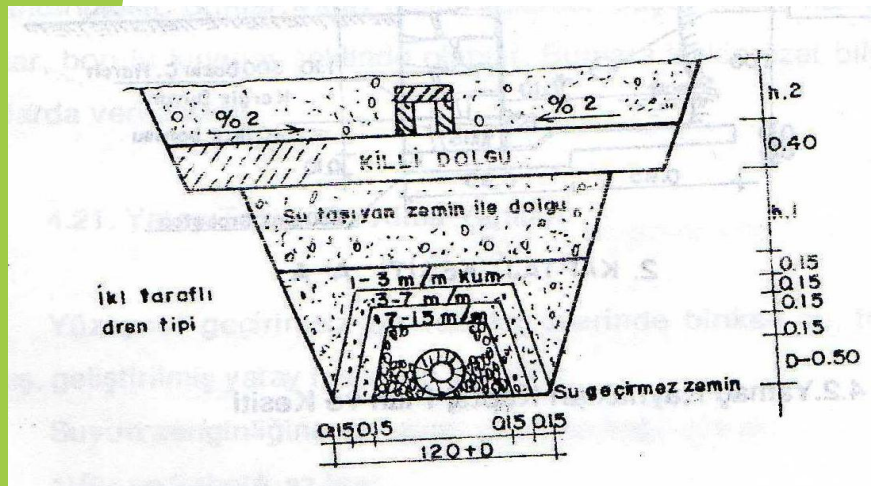
Taşıdıkları su borularla derlenemeyecek kadar çok olan yeraltı suyu yeraltı galerileri ile derlenir. Galeriyeye su girişini sağlamak için galeri duvarı delikli olarak yapılır.

Yüzeysel geçirimsiz bir tabaka üzerinde biriken su, toprak içerisine açılmış yatay galerilerle yada delikli borularla alınarak bir haznede toplanır. Suyun miktarına ve zeminin yapısına göre,

1) Su miktarı ve derinliği az ise; bu durumda hendekler açılır, içerisine 5-10 cm delikli borular yerleştirilir ve üzeri kapatılarak suyun borularda toplanması sağlanır.

2) Su miktarı çok ve derinlik az ise; bu durumda büyük çaplı galeriler açılarak suyun galerilerde toplanması sağlanır.

3) Su miktarı ve derinliği çok fazla ise; bu durumda geçirimsiz zemine kadar açılmış bir keson kuyu ve bu kuyuda sonlanan bir çok yatay filtreli borulardan oluşan bir kaptaj sistemiyle su alınır.

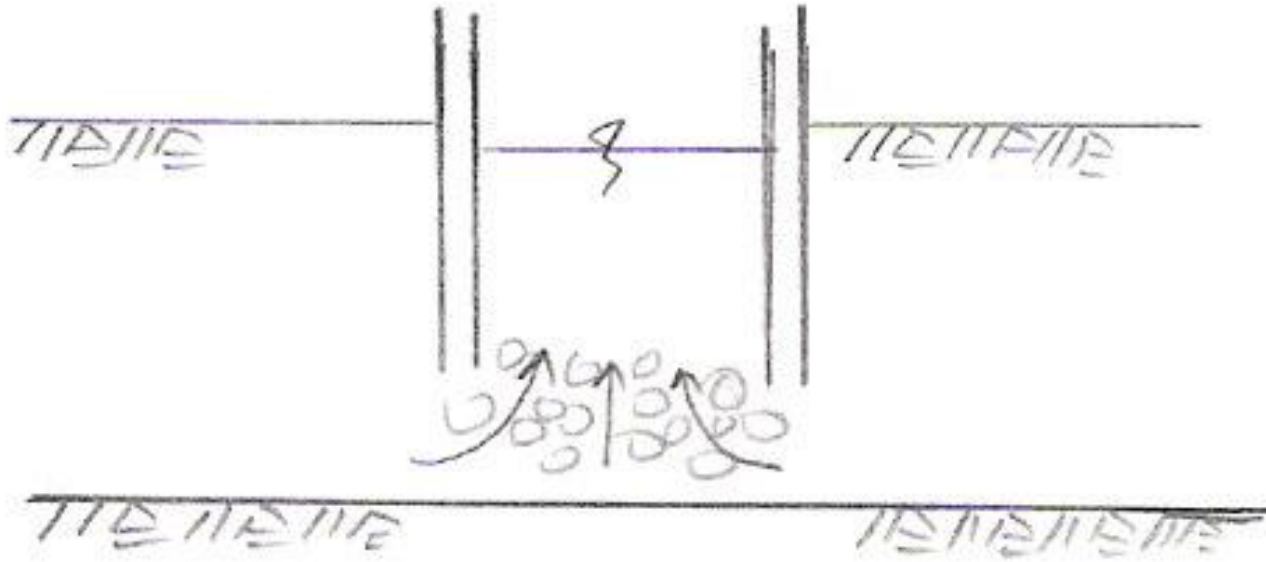


3.2.2. Düşey Tesisli Su Alma Yapıları (Hazneli Kuyular)

Bir işletmenin veya ailenin su gereksinimlerini karşılamak amacıyla özellikle kırsal yerleşimlerde çok eskiden beri uygulanan yeraltı su derleme şeklidir.

Bu tip kuyular insan yada makinalarla açılan, derinliği az olan kagir olarak yapılan kuyulardır. Çapları en az 1.5 m ve derinlikleri 15-20 m kadardır. Geniş bir alandaki su açılan kuyunun haznesinde toplanır. Bu tip su toplama yapıları çabuk kirleneceğinden iyi korunması gerekir.

1. Sadece tabandan su alan hazneli kuyular: Bu tip kuyular küçük grupların su ihtiyacı için kullanılır ve kuyunun geçirimsiz tabakaya kadar indirilmesi gerekmez.



Şekil. Tabandan su alan hazneli kuyu

Bu tip kuyulardan alınabilecek debi miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

Eşitlikte;

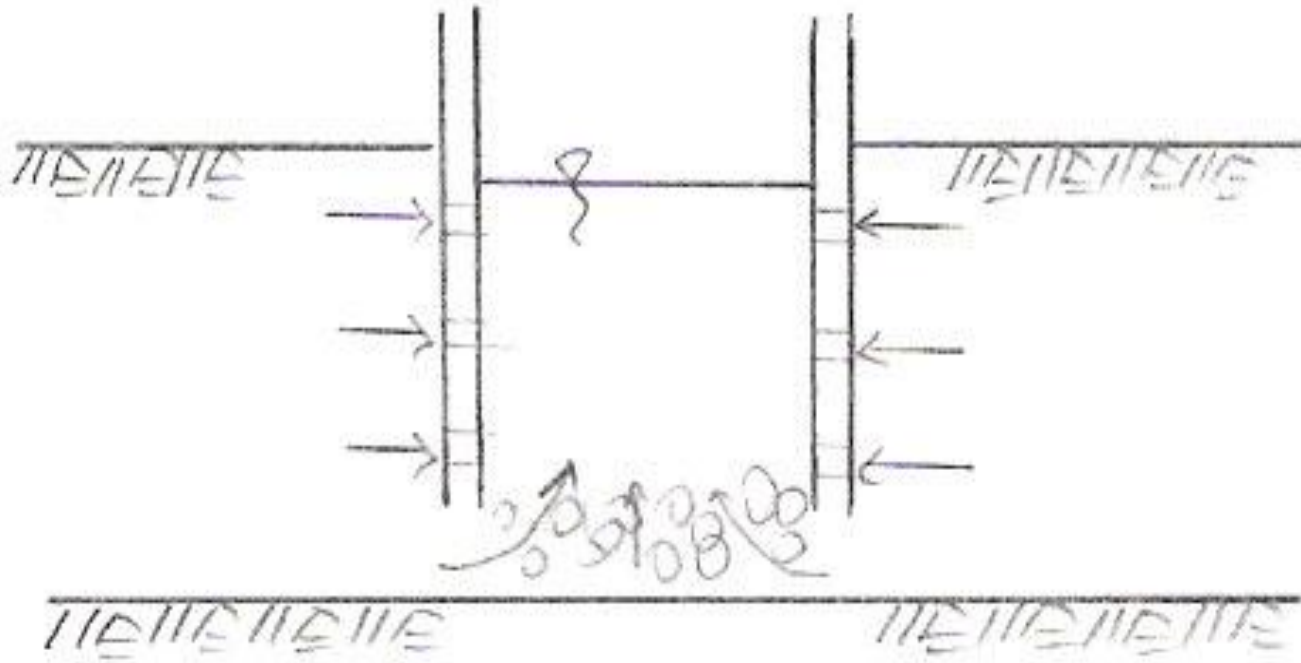
$$Q = \pi \times r^2 \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Q= Debi (m³/s)

r= Kuyu yarıçapı (m),

K=Hidrolik iletkenlik (permeabilite katsayısı) (m/s)

2. Hem tabandan hem de yanlardan su alan kuyular: Yan cidarlarda boşluklar bırakılır ve bu boşluklardan suyun kuyuya girmesi sağlanır. Bu durumda kuyu birinciye nazaran daha derindir



Şekil. Hem tabandan hem yan yüzeyden su alan kuyu

Bu tip kuyulardan alınabilecek debi miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Q = \pi \times r^2 \times \frac{\sqrt{K}}{15} + 2 \times \pi \times r \times h \times \alpha \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Eşitlikte;

Q= Debi (m³/s)

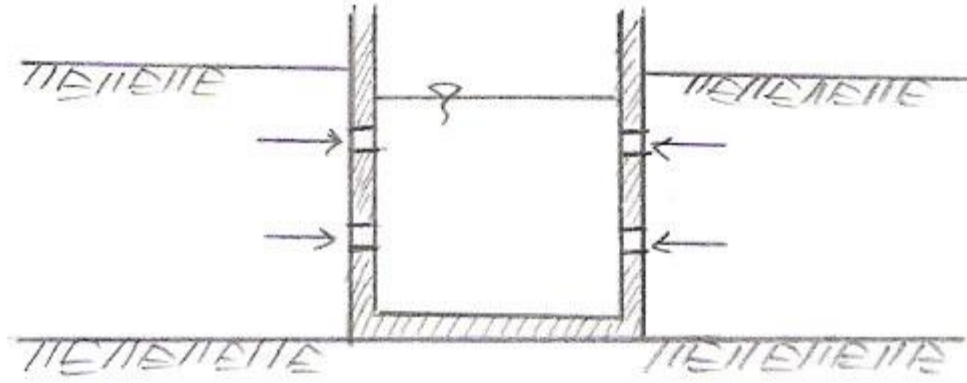
r= Kuyu yarıçapı (m),

h=Kuyudaki su derinliği (m),

K=Hidrolik iletkenlik (permeabilite katsayısı) (m/s),

α = Kuyu yan cidarlarındaki boşlukların kuyu yan yüzeyine oranını ($\alpha = 1 / 4 - 1 / 5$)

3. Sadece yanlardan su alan hazneli kuyular: Bu durumda kuyu geçirimsiz zemine kadar inmektedir.



Şekil. Sadece yan yüzeyden su alan hazneli kuyu

Bu tip kuyulardan alınabilecek debi miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Q = 2 \times \pi \times r \times h \times \alpha \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Eşitlikte;

r = Kuyu yarıçapı (m),

h = Kuyudaki su derinliği (m),

K = Hidrolik iletkenlik (m/s),

Q = Debi (m³/s)

α = Kuyu yan cidarlarındaki boşlukların kuyu yan yüzeyine oranını

3.2.3. Borulu Kuyular (Derin Kuyular)

Büyük ve küçük yerleşim merkezlerine su sağlamada derin sondaj kuyularının önemi büyüktür. Bunlar yüzeyden sızma ile bulaşmalara karşı daha emniyetli korunabildiklerinden ve **suyun derinlerde olması ile daha temiz ve nitelikli su** elde edilmesine hizmet ederler. Bu tip kuyuların verimleri oldukça yüksektir.

Su taşıyan tabakanın çok derinde olması durumunda, zemin içerisine çeşitli yöntemlerle (burgu kullanarak, sondaj yaparak veya sondaj borusu kullanarak vs.) çapları 0.20 – 0.90 m arasında kuyular açılır veya filtreli borular yerleştirilir ve su pompalarla yüzeye çıkartılır.

- ▶ Borulu kuyular **birbirine ekli boru parçalarını zemin içine** indirmek suretiyle açılır. Bu kuyulara su yeraltı su seviyesinin altında kalan boru parçaları üzerinde açılmış deliklerden girer.
- ▶ Yapılışları kolaydır.
- ▶ Çapları küçüktür ve kirlenme tehlikesi çok azdır.
- ▶ Her türlü yeraltı suyu tabakasından su temin edilebilir.
- ▶ Derin tabakalardan su alınabildiğinden, debileri mevsimlere göre fazla değişmez.

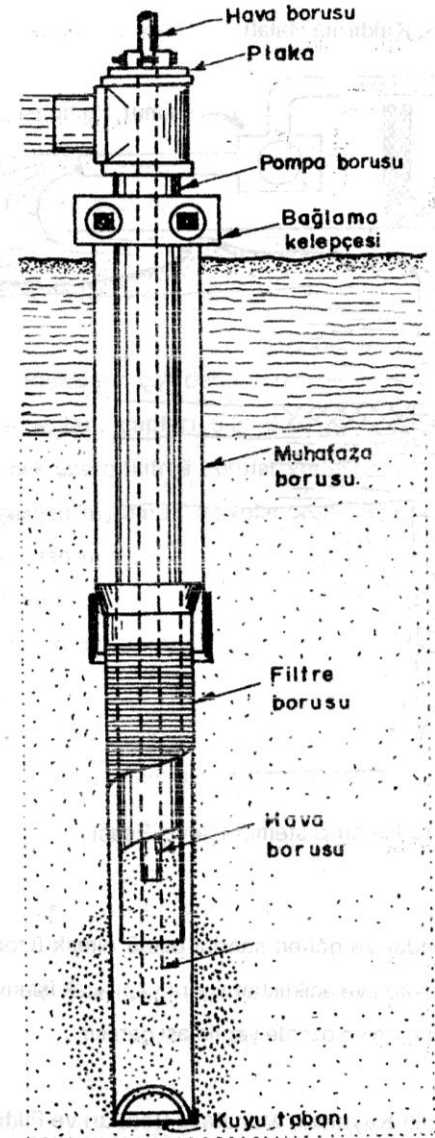
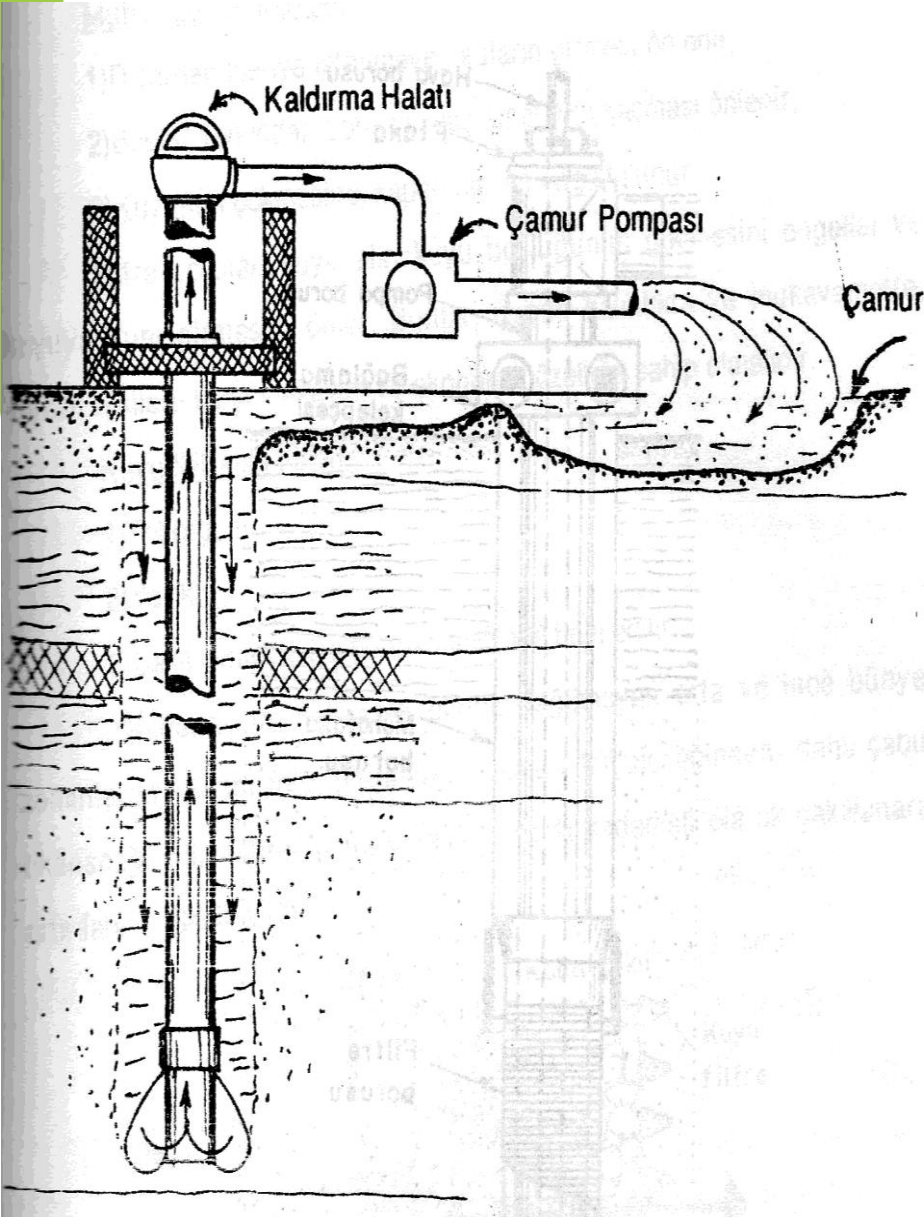
Derin kuyular çeşitli yöntemlerle açılabilir. Bunlar,

- Burgu ile açılan kuyular,
- Çakma kuyular,
- Sondaj kuyularıdır.

Arazi ve zemin yapısı uygun ise burgu ile geniş çapta kuyular açılabilir. Eğer makine gücüne ihtiyaç varsa bu durumda sondaj yöntemiyle kuyu açılır.

Çakma kuyular kullanma ve yangın suyu için daha uygundur. Bu tip kuyuların en önemli yanı, çakılabilme, çıkartılabilme ve tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olmasıdır.

Derin kuyuların açılmasında sondaj yöntemi en yaygın yöntemdir. Her tür zeminde kullanılabilir ve 1000 m den daha fazla derinliklerdeki su alınabilir.



Borulu Kuyular ve filtreler

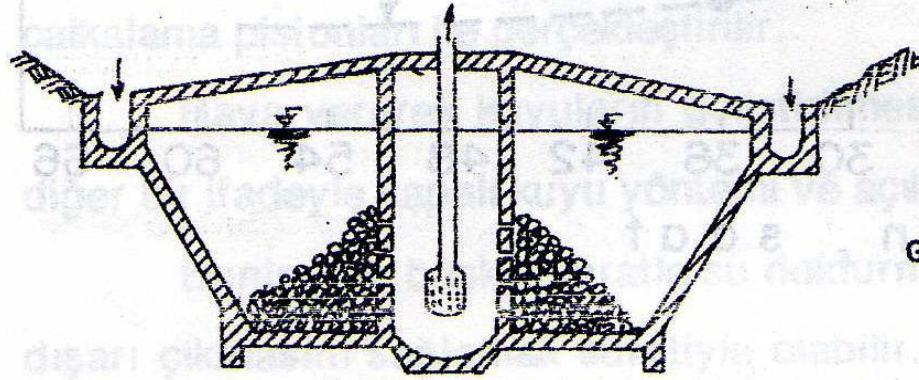
3.3. YAĞMUR SUYU SU ALMA YAPILARI (SARNIÇLAR)

İçme ve kullanma amacıyla kullanılabilecek su kaynaklarının yetersiz olduğu yerlerde, yağmur sularından yararlanmak için yağmur suyu su alma yapısı olan sarniçlerden yararlanır. Çatılardan akan veya özel olarak hazırlanmış yağış suyu toplama yüzeyinden gelen yağış suları yeraltında yapılmış sarniç adı verilen depolarda su gereksinimlerini karşılamak üzere toplanır.

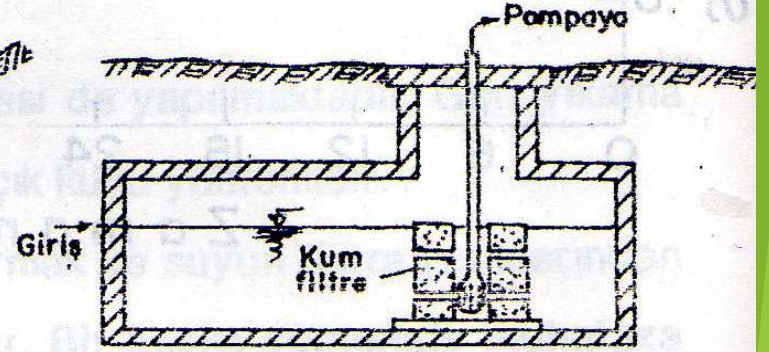
Sarniçler; bölgenin yıllık yağış miktarına, dağılımına ve kurak mevsimin süresine bağlı olarak değişik şekillerde planlanırlar.

Sarniçler genellikle yüzeye düşen yağış hacminin 3/4 ünü toplayacak şekilde planlanır.

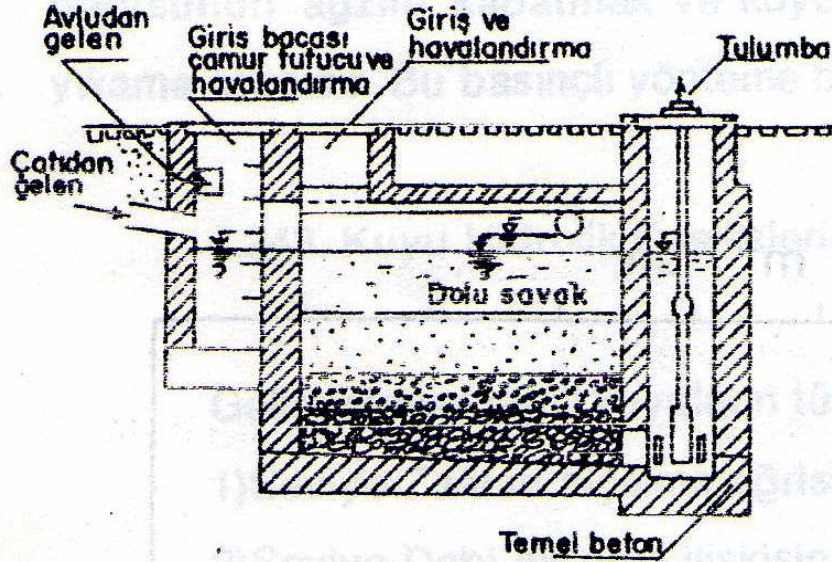
Yer altı deposunu andıran sarniçlerde depolanan su kirli olduğundan mutlaka filtre ve dezenfekte edildikten sonra kullanılmalıdır.



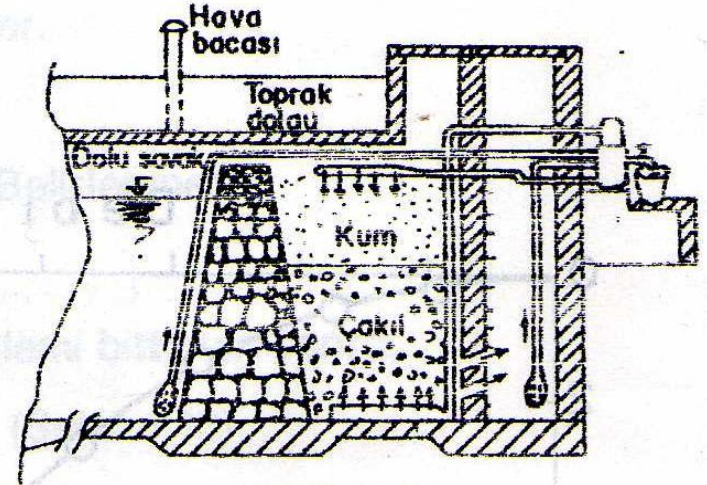
a) Basit sarnıç



b) Amerikan tipi sarnıç



c) Venedik tipi sarnıç



d) Geliştirilmiş sarnıç

Şekil... Sarnıç tipleri





Sarnıçların Projelendirilmesi

Yerleşim yerindeki yıllık ihtiyacı karşılayacak gerekli sarnıç alanı aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$Q = \frac{365 \times N \times q}{1000}$$

$$Q = \frac{\text{gün} \times \text{insan} \times \text{lt} / \text{gün} / \text{insan}}{\text{lt} / \text{m}^3} = \text{m}^3 / \text{yıl}$$

Eşitliklerde,

$$A = \frac{Q}{H \times (1 - c)}$$

Q = Toplam su ihtiyacı (m³/yıl),

N = Yerleşim yeri nüfusu (insan)

q = Günlük su tüketim (L/gün/insan)

(q = 20 – 40 lt/gün/insan)

A = Sarnıç alanı (m²)

H = Yağış derinliği (m)

c = Buharlaştırma katsayısı (c = 0.50 - 0.60).

Örnek: Yıllık yağışı 900 mm olan 400 kişilik nüfusa sahip yerleşim yerinin gerekli yıllık su ihtiyacını karşılayacak sarnıç alanını hesaplayınız. ($q = 30 \text{ lt/gün/insan}$ ve $c = 0.60$)

Yıllık gereksinim duyulan su miktarı

$$Q = \frac{365 \times N \times q}{1000}$$

$$Q = \frac{365 \text{gün} \times 400 \text{insan} \times 30 \text{lt/gün/insan}}{1000 \text{lt/m}^3} = 4380 \text{m}^3/\text{yıl}$$

Bu ihtiyacı depolayacak gerekli sarnıç alanı

$$A = \frac{Q}{H \times (1 - c)}$$

$$A = \frac{4380 \text{m}^3 / \text{yıl}}{0.90 \text{m} \times (1 - 0.60)} = 12167 \text{m}^2$$

Örnek: Yıllık yağışı 600 mm olan 2000 kişilik nüfusa sahip yerleşim yerinin gerekli yıllık su ihtiyacını karşılayacak sarnıç alanını hesaplayınız. ($q = 40 \text{ lt/gün/insan}$ ve $c = 0.50$)

Yıllık gereksinim duyulan su miktarı

$$Q = \frac{365 \times N \times q}{1000}$$

$$Q = \frac{365 \text{gün} \times 2000 \text{insan} \times 40 \text{lt/gün/insan}}{1000 \text{lt/m}^3} = 29200 \text{m}^3/\text{yıl}$$

Bu ihtiyacı depolayacak gerekli sarnıç alanı

$$A = \frac{Q}{H \times (1 - c)}$$

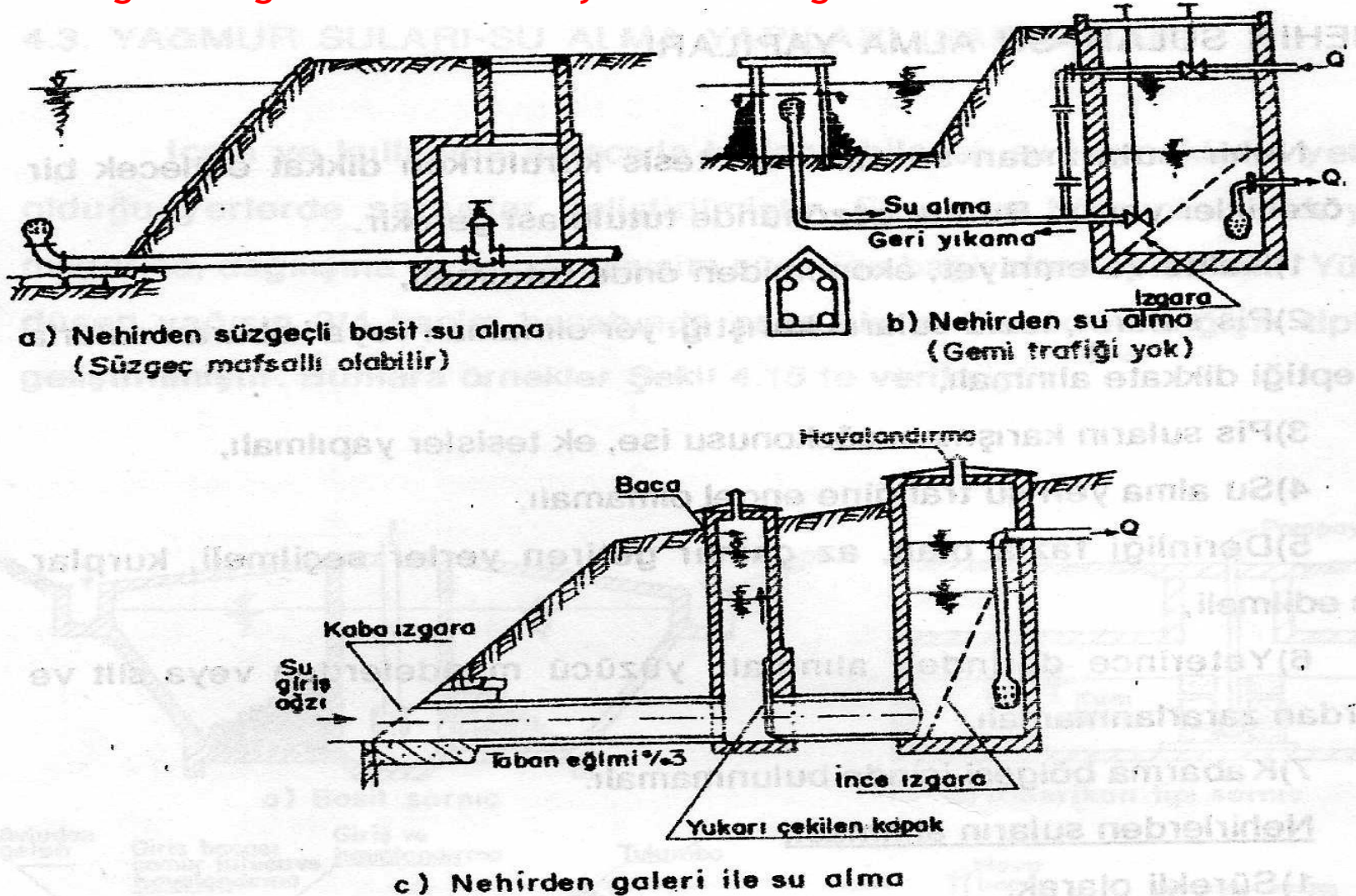
$$A = \frac{29200 \text{m}^3 / \text{yıl}}{0.60 \text{m} \times (1 - 0.50)} = 97333 \text{m}^2$$

3.4. NEHİR SULARI SU ALMA YAPILARI

Nehir sularının içme ve kullanma suyu olarak kullanılması uygun değildir. Bu tür sular içme ve kullanma suyu olarak baş vurulan en son kaynaktır. Taşıdığı organik ve inorganik maddeler nedeniyle kirli ve sağlıksız olan bu suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılması durumunda, su alınırken ve su alma yapısı kurulurken aşağıdaki koşullar dikkate alınmalıdır.

- Kalite ve emniyet ekonomiden önce gelmelidir,
- Kanalizasyon ve atık suların karıştığı yer olmamalıdır,
- Atık suların karıştığı durum söz konusu ise ek tesisler yapılmalıdır,
- Su alma yeri su trafiğine engel olmamalıdır,
- Derinliği fazla olan ve sedimantasyonun az olduğu yerlerden alınmalıdır,
- Su alma yapısı kabarma bölgesi içerisinde olmamalıdır.
- İçme ve kullanma suyu olarak kullanılmadan önce mutlaka filtre ve dezenfekte edilmelidir.

Akarsudan su sağlama zorunluluğu varsa akarsuyun en temiz olduğu bir nokta seçilmeye çalışılır. Genellikle akarsuların daha temiz aktığı noktalar yerleşim yerine göre su gelim tarafında suyun hızlı aktığı kesimlerdir.

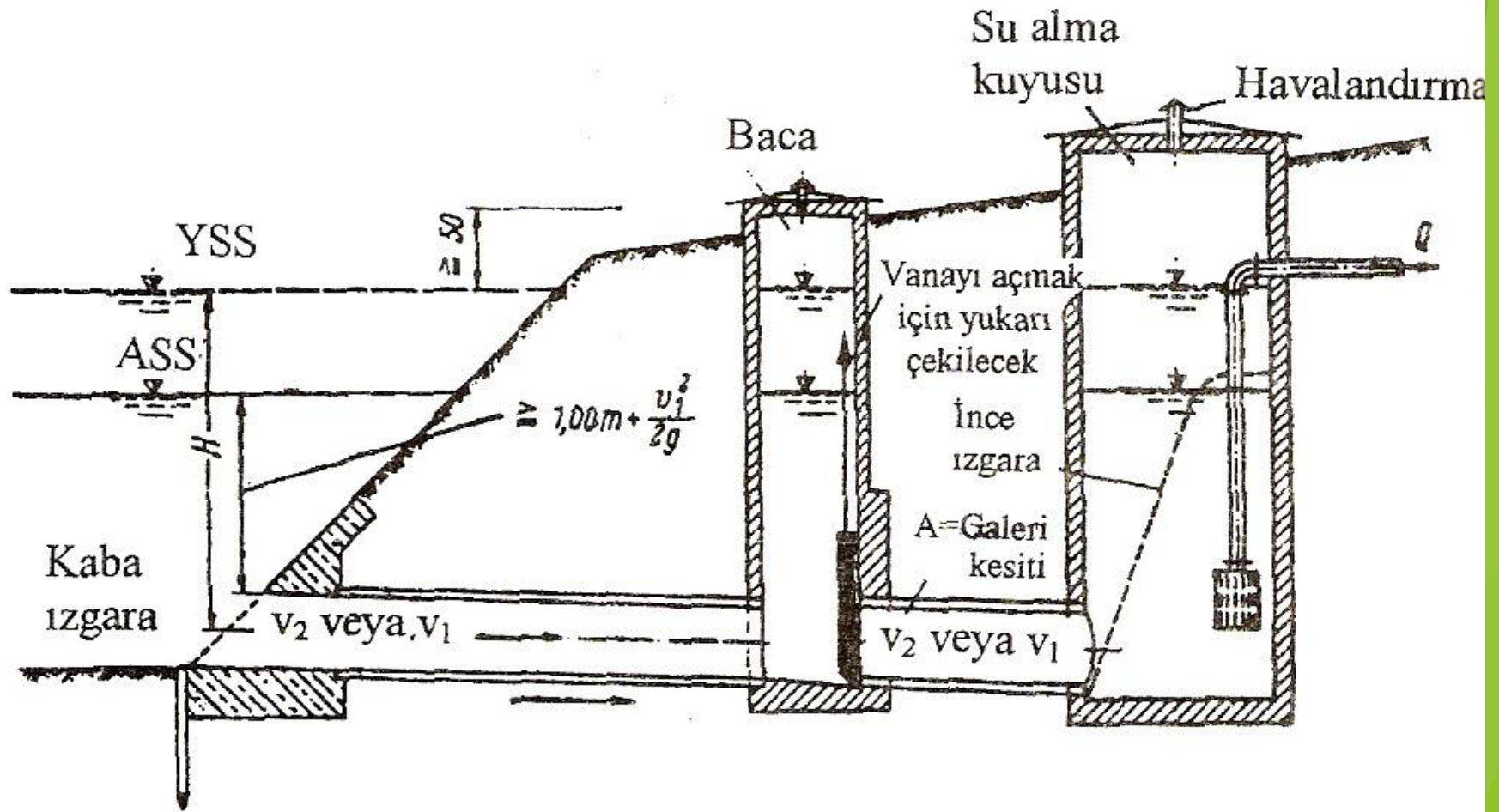


Şekil. Nehirden Su Alma Yapıları

Nehirden Suyun Alınması

1. Şevden Su Alma:

Bir akarsuyun ya kenarından ya yatağından, yada yatağının altından su alınabilir. Bir akarsuyun kenarından (şevden) büyük miktarlarda su almak için önce akarsuya dik olarak bir galeri veya kanal yapılır. Yüzen büyük cisimlerin su alma yapısına girmesini önlemek için galerinin ağzına bir kaba ızgara konur. Su alma kuyusunda da bu suların bir ince ızgaradan geçmesi sağlanır. Bu yapı tarzının uygulanabilmesi için, nehirde su seviyesinin fazla oynamaması ve nehrin yamacının yeteri derecede dik olması gerekir.

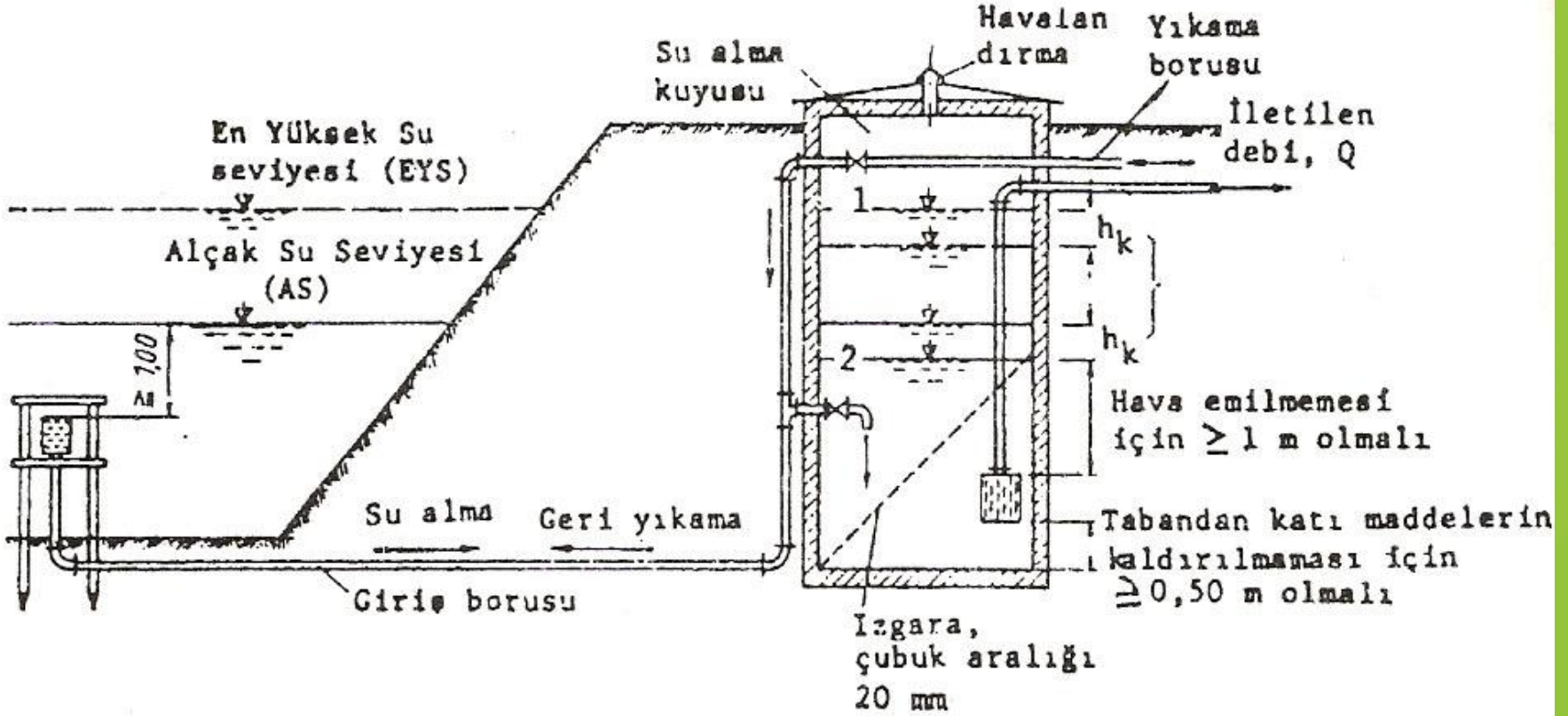


Şekil. Bir galeri ile nehir sahilinden su alınması

Nehirden Suyun Alınması

Nehrin Ortasından Su Alınması

Herhangi bir nehrin ortasından akan sular kenarlara nazaran daha temizdir. Gemi trafiği olmayan nehirlerde akarsuyun ortasından su alınabilir. Nehrin ortasından ve tabandan 1m yukarıdan su alınması tercih edilir. Suyun alınacağı yer böylece tespit edildikten sonra buradan sahile kadar bir boru döşenir. Bu boru bir isale galerisi veya su alma kuyusunda son bulur.



Şekil. Tabanda sürüntü maddesi hareketi olan bir nehirden su alınması

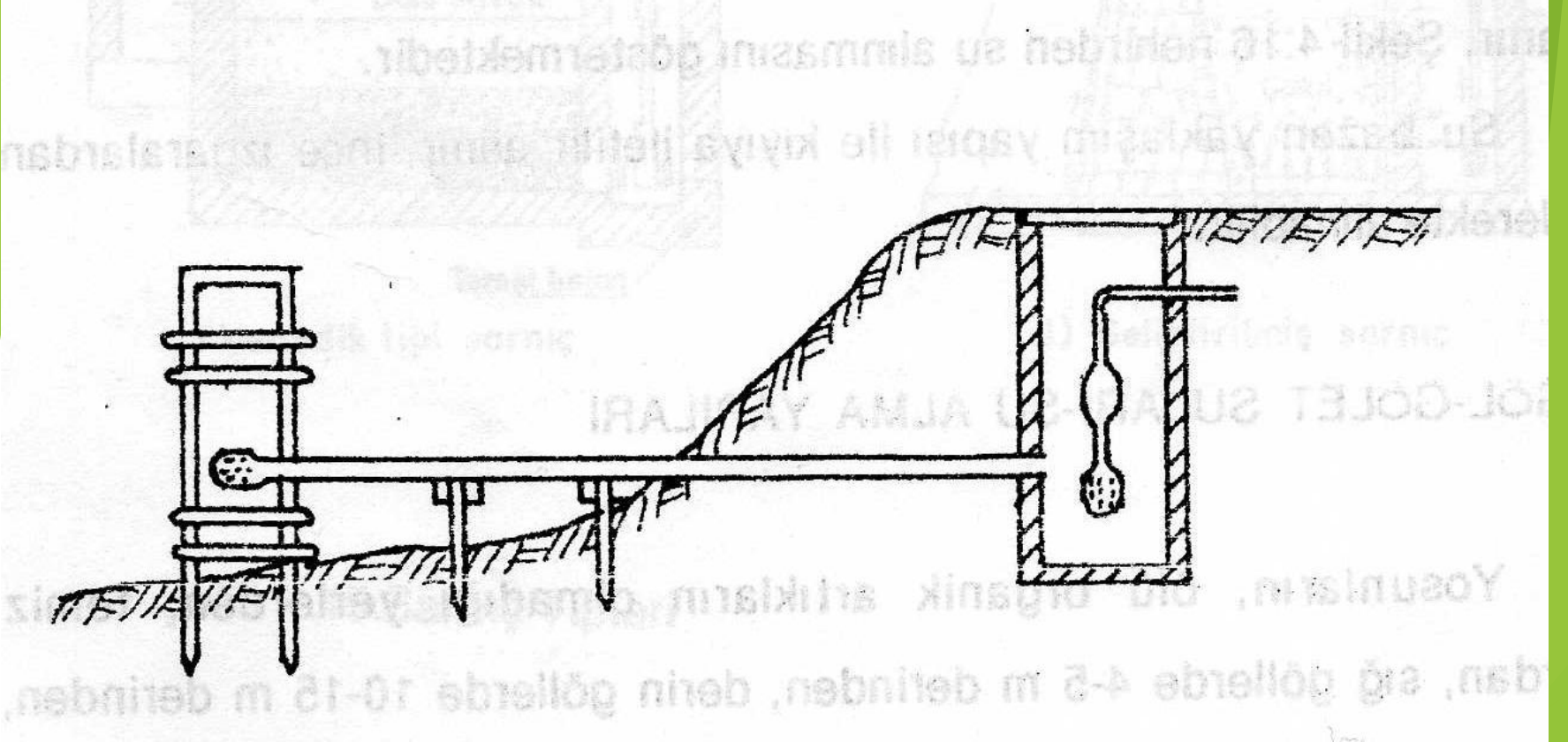
3.5. GÖL-GÖLET SULARI SU ALMA YAPILARI

Yine su kaynaklarının yetersiz olduğu yerlerde yer üstü su kaynağı olan göl-gölet yada baraj sularından içme ve kullanma suyu sağlanır.

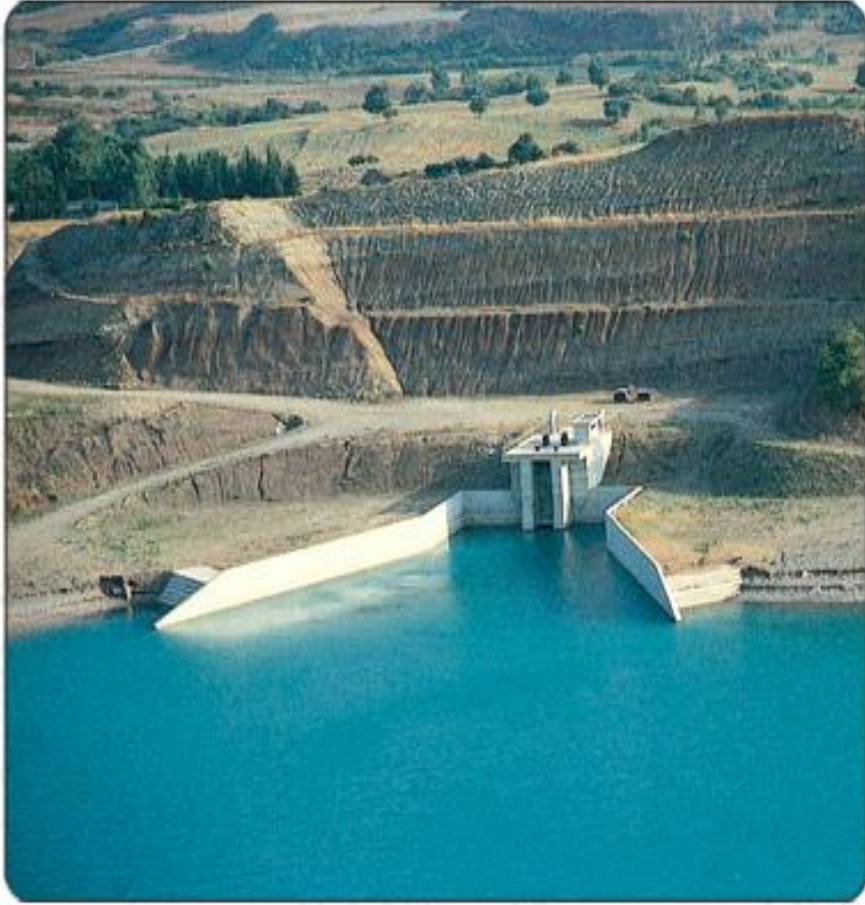
Göllerde su alınacaksa, yosunların, ölü atıkların olmadığı yerlerden, temiz kıyılardan alınmalıdır.

Sığ göllerde 4-5 m derinden, derin göllerde ise 10-15 m derinden ve tabandan 3-4m yukarıdan alınmalıdır. Göl-gölet suyu su alma yapısı nehir suyu su alma yapısına benzer.

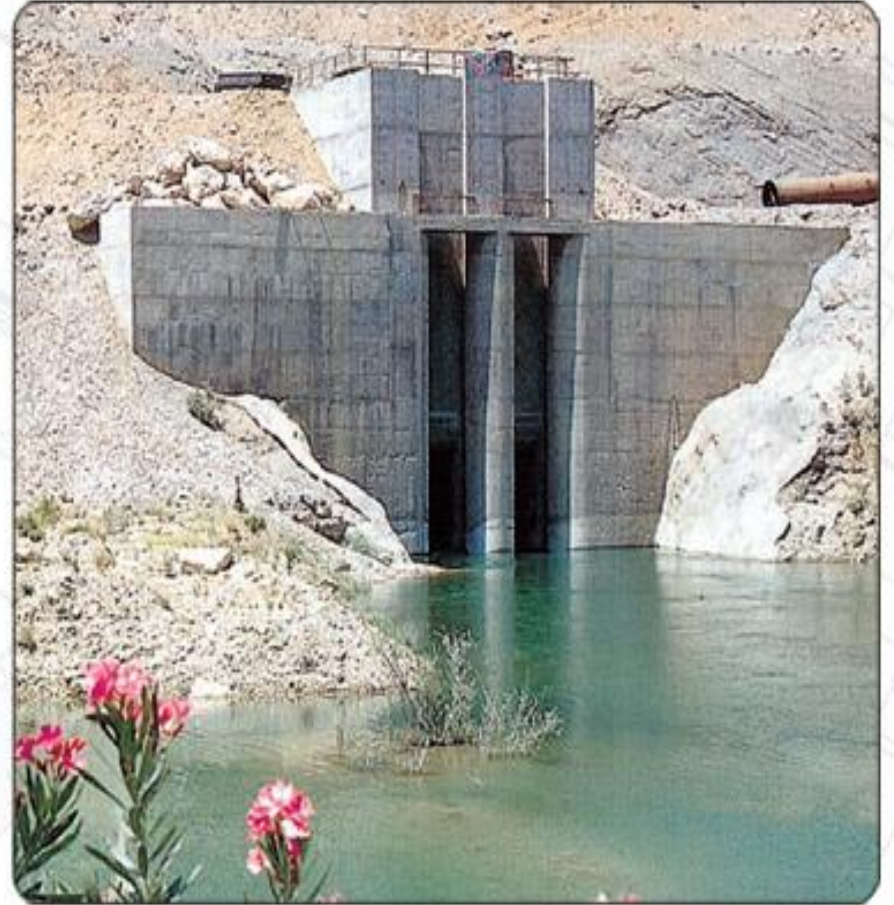
Göl-gölet suları nehir sularına oranla daha temiz olmasına rağmen, yinede içme ve kullanma suyu olarak kullanılacaksa mutlaka filtre ve dezenfekte edilmelidir.



Şekil. Göllerden su Alma Yapısı



Adana İçme Suyu Projesi Seyhan Gölü Su Alma Yapısı



Karacaören Su Alma Yapısı

Şekil. Göllerden su Alma Yapısı

Tahtalı barajı Su Alma Yapısı ve Pompa İstasyonu Özellikleri

Su Alma yapısı tipi : Betonarme kule

Su Alma yapısı çapı : 17 m

Su Alma yapısı yüksekliği : 35 m

Pompa sayısı : 6 adet (4 sabit devirli, 2 değişken devirli)

Toplam pompa kapasitesi : 6,134 m³/s

Trafo kurulu gücü : 10 MVA

Motor gücü ve çalışma gerilimi : 2500 kW, 6,3 kV

Motor devri : 990 devir/dk.

Terfi hattı tipi : Çelik boru

Terfi hattı adedi : 2 adet

Terfi hattı çapı : 1600 mm

Terfi hattı uzunluğu : 580 m

Su denge kulesi çapı : 6 m

Su denge kulesi yüksekliği : 15 m

Su denge kulesi hacmi : 400 m³



Tahtalı barajı su alma yapısı



Tahtalı barajı filtre havuzları

3.2.3. Borulu Kuyular (Derin Kuyular)

Borulu kuyular, yeraltı su tabakasının

- basınçsız (serbest nap)
- basınçlı (sıkışık nap) olması durumuna göre iki şekilde hesaplanmaktadır.

NAP (akifer) : Su taşıyan yeraltı tabakasıdır

Serbest yüzeyli ve basınçlı kuyuların hesabında temel debiler, “Dupuit debisi” ve “İzin verilen debi” değerleridir.

Dupuit debisi: Kuyunun açıldığı zeminin teorik olarak verebileceği debi değeridir.

İzin verilen debi: Zemini sürüklemekten ulaşılabilecek maksimum su hızı ile kuyudan alınacak maksimum debi değeridir.

Optimum debi: Dupuit ve İzin verilen debinin birbirine eşit olduğu debiye optimum debi denir. Bu eşitliği sağlayan seviye alçalmasına da “optimum seviye alçalması” adı verilir.

Borulu kuyular için, optimum debi ve optimum seviye alçalması değerleri, tatonman (deneme- yanılma) ve grafik metot ile hesaplanır.

Sichardt, tesir yarıçapını aşağıdaki şekilde ifade etmiştir.

$$R = 3000 \times s \times \sqrt{K}$$

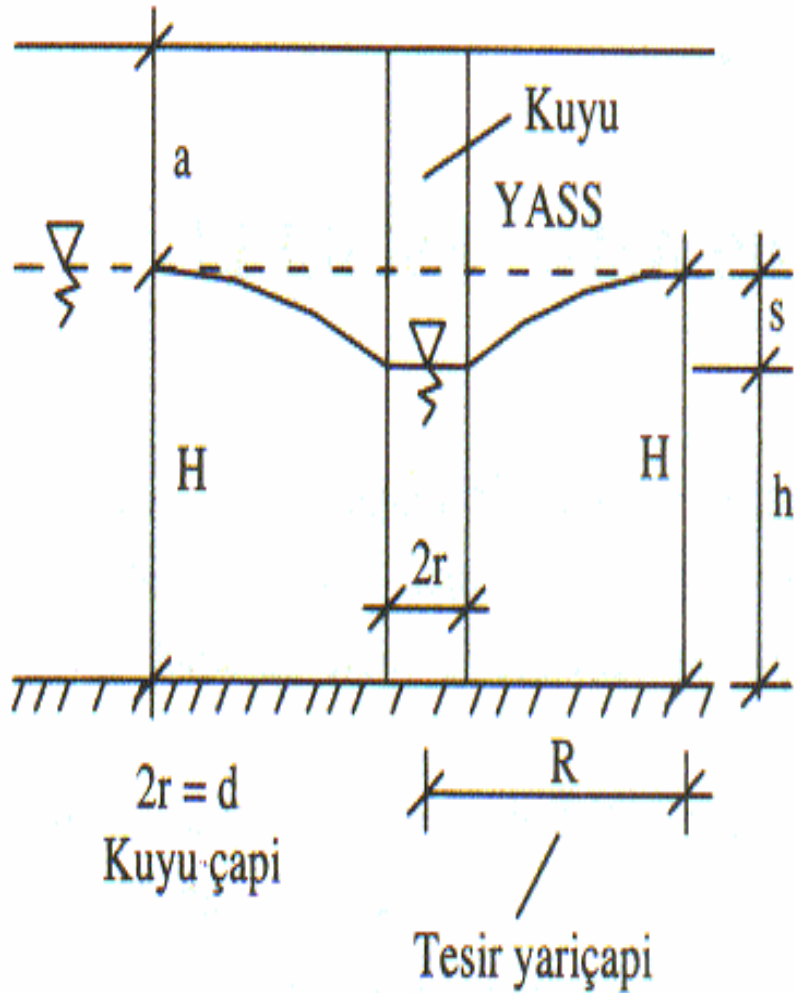
R : Tesir yarıçapı (m)

s: Seviye alçalması (m)

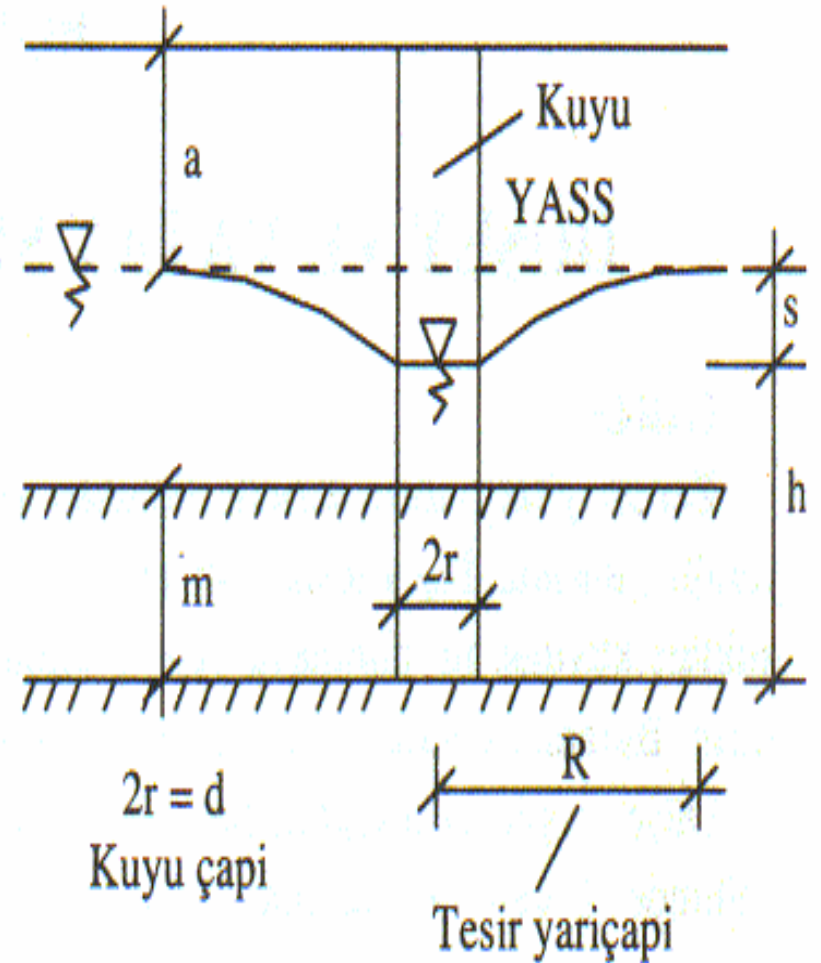
Kuyuya girişte zemini sürüklemekten ulaşılabilecek maksimum hız değeri ise, Sichardt aşağıdaki gibi ifade etmiştir.

$$V_{\max} = \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Basınçsız Akifer



Basınçlı Akifer



Şekil. Basınçsız ve basınçlı kuyu kesitleri

Basıncsız ve basınçlı kuyular için maksimum debiler (İzin verilen debi) aşağıdaki bağıntılarından hesaplanır.

Basıncsız akifer (serbest yüzeyli kuyu) için;

$$Q_{\max} = A \times V_{\max} = (2 \times \pi \times r \times h) \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

$$Q_{\max} = (2 \times \pi \times r \times (H - s)) \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Basınçlı akifer için;

$$Q_{\max} = A \times V_{\max} = (2 \times \pi \times r \times m) \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Basıncsız ve basınçlı kuyular için Dupuit debileri aşağıdaki bağıntılarından hesaplanır.

Basıncsız kuyu (serbest yüzeyli kuyu) için;

$$Q_{Dupuit} = Q_D = \left[\frac{\pi \times k \times (H - h)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \right] \times (H + h)$$

Basınçlı kuyu için;

$$Q_{Dupuit} = Q_D = \left[\frac{\pi \times k \times (H - h)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \right] \times (2 \times m)$$

Kuyu problemlerinin çözümünde izlenecek yöntem, debi formülleri içerisinde bulunan “h” parametresini, “s” cinsinden yazmaktır. ($h = H - s$) Buna göre,

Basıncsız kuyu (serbest yüzeyli kuyu) için Dupuit debisi,

$$Q_D = \left[\frac{\pi \times k \times s}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \right] \times (2 \times H - s) = \left[\frac{\pi \times k \times s}{\ln\left(\frac{3000 \times s \times \sqrt{K}}{r}\right)} \right] \times (2 \times H - s)$$

Basıncılı kuyu için Dupuit debisi;

$$Q_D = \left[\frac{\pi \times k \times s}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \right] \times (2 \times m) = \left[\frac{\pi \times k \times s}{\ln\left(\frac{3000 \times s \times \sqrt{K}}{r}\right)} \right] \times (2 \times m)$$

Kuyular için elde edilen optimum debi ve optimum seviye alçalmasından sonra, gerekli olan kuyu sayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

Basıncsız kuyu (serbest yüzeyli kuyu) için Dupuit debisi,

$$n = \left[\frac{Q_{ihtiyaç}}{Q_{optimum}} \right] = \left[\frac{\left(\frac{q_{\max} \times N}{86400} \right)}{Q_{optimum}} \right]$$

Basıncsız kuyular için, optimum debiyi bulmak amacıyla her iki debi formülünde (serbest yüzeyli kuyular için yazılan Dupuit debisi ve izin verilen debi formülleri) yer alan “s” seviye alçalması için “H” değerine kadar çeşitli değerler verilir. Dupuit debisini maksimum debiye (izin verilen debi) eşitleyen “s” değeri optimum seviye alçalması değeridir. Bu iki debinin birbirine eşit olduğu debi değeri ise optimum debi değeridir.

Basıncılı kuyular için, optimum debi değeri bu tip kuyular için yazılan maksimum debi formülüne eşittir. Yani basıncılı akifer için, optimum debi dorudan maksimum debiye eşittir. Buna karşılık gelen Dupuit debisi yazılarak “s” değeri, tatonman ile hesaplanır. Yine burada da optimum debiyi veren “s” değeri, optimum seviye alçalmasıdır.

Yeraltı suyu akımı Darcy kanuna uymaktadır. Darcy kanununa göre zemindeki filtre hızı (4.21) bağıntısından hesaplanır

$$V_f = \frac{Q}{A} = K \times J$$

Eşitlikte, V_f = Filtre hızı (m/s)

Q = Debi (m³/s),

A = Kesit alanı (m²)

K = hidrolik iletkenlik (m/s)

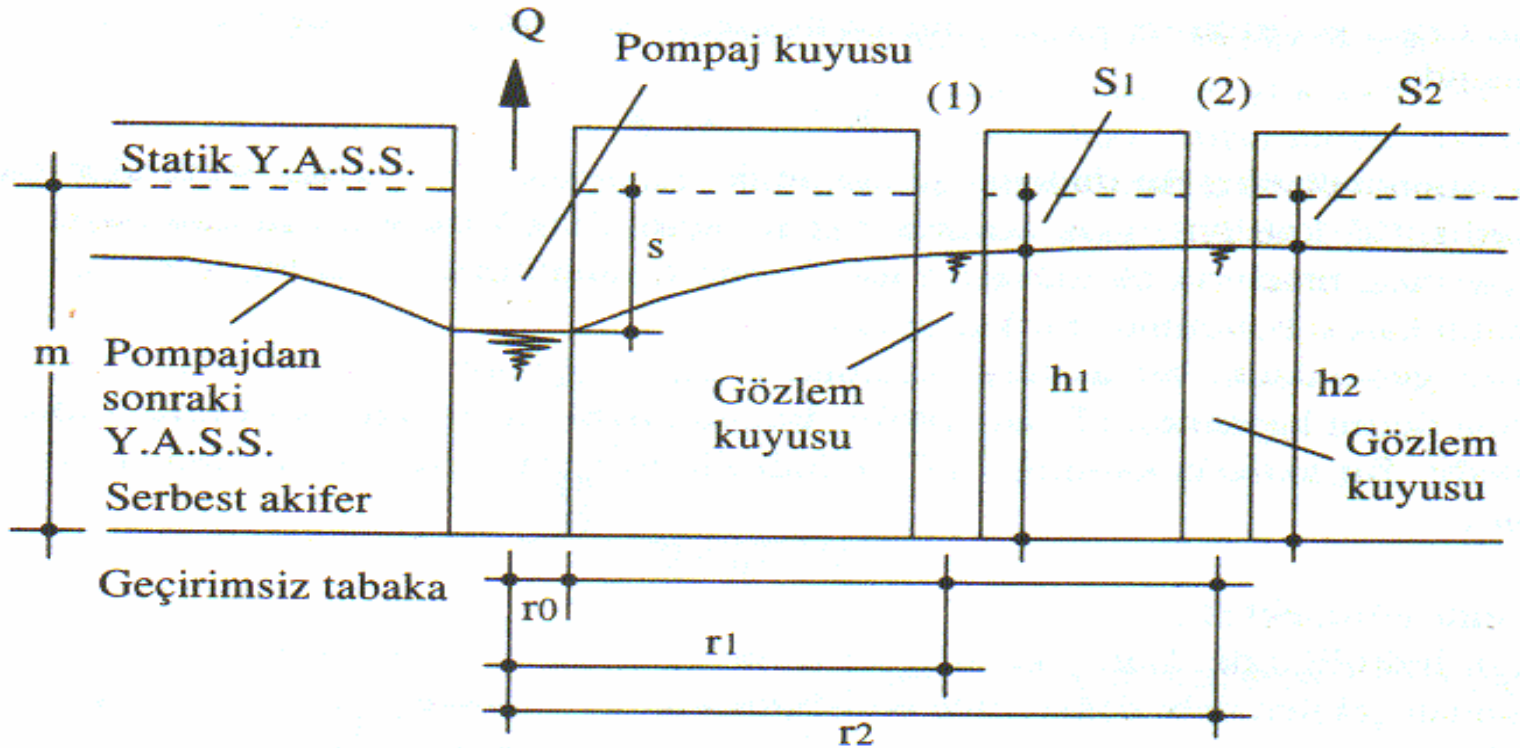
J = (DH/DL) piyezometrik eğimdir.

Filtre hızı (V_f) zemin için gerçek hız değeri olmayıp hayali yani fiktif bir hız ifadesidir. Gerçek artlarda su akımı zeminin boşluklarında meydana geldiğinden gerçek hız değeri bulunmalıdır. Gerçek hız ile filtre hızı arasında

bağıntısı vardır. Burada p parametresi zeminin porozitesini

Serbest yüzeyli bir akiferde açılan bir kuyudan kararlı halde su çekilmesi durumunda pompaj debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

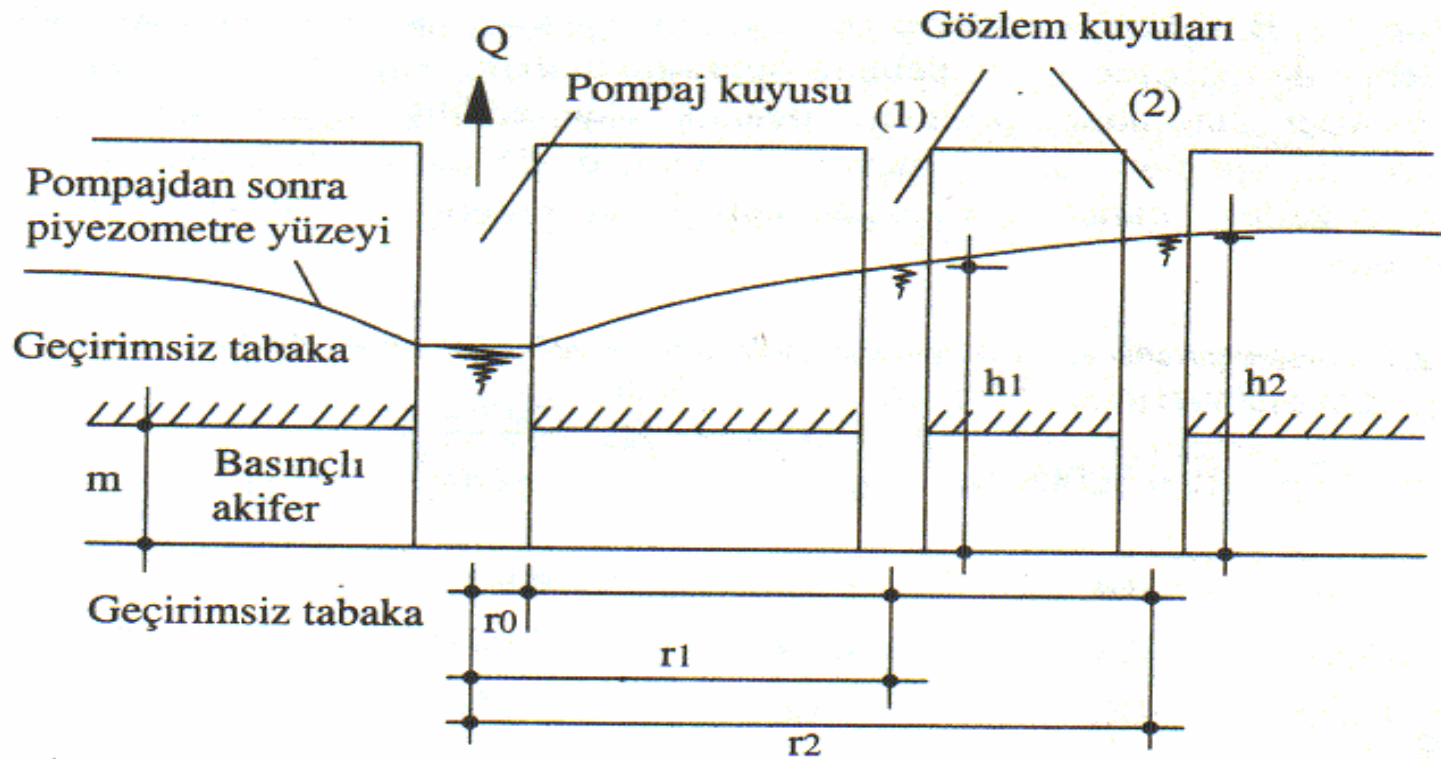
$$Q = \left[\frac{\pi \times K \times (h_2 - h_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \right] \times (h_2 + h_1)$$



Şekil Serbest yüzeyli akiferde açılan kuyu

Basıncılı bir akiferde açılan bir kuyudan kararlı halde su çekilmesi durumunda pompaj debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Q = \left[\frac{\pi \times K \times (h_2 - h_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \right] \times (2 \times m)$$



Şekil Basıncılı akiferde açılan kuyu