



TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

APK DAİRE BAŞKANLIĞI
“Sürdürülebilir Bilgi Paylaşımı IV”

KARADON MÜESSESESİ -360 m. KATI SU HARİTASI

Tuncer ÖZKAN - Kadir ÇELİK

MAYIS 2007

$$Q_{nom} = 7,2 m^3/dak. (432 m^3/saat)$$

$$H_{m_{nom}} = 425 mSS$$

$$I_{nom.mot.} = 165 A$$

$$\frac{P_o}{\gamma} = H_o = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{OC}$$



KARADON MÜESSESESİ -360 M. KATI SU HARİTASI	1
“ÇATALAĞZI KUYUSU TARİHÇESİ”	1
MAYIS 1972 TARİHİNDEN BARAJIN İNŞA EDİLDİĞİ 14 AĞUSTOS 1972 TARİHİNE KADAR YAPILAN ÇALIŞMALAR:4	
“BİR ANA İHRAÇ KUYUSUNUN ZOR KOŞULLAR ALTINDA BOŞALTIMASI”	6
“ZONGULDAK KÖMÜR OCAĞINDA SU BASILMASI İLE MÜHENDİSLER NASIL MÜCADELE EDER.”	8
<i>Dalgıç elektro-pompaların seçimi;</i>	8
2.KUZEY HAVUZU → 1.KUZEY HAVUZU	10
“PRANDTL – NİKURADSE” DENKLEMİ	13
KAYIP KATSAYILARI ξ :	13
A-C ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİ YAZILIRSA (ŞEKİL 3),	16
2. KUZEY HAVUZU – 1. KUZEY HAVUZU <i>debiyi hesaplayalım. ($\phi 65$ mm.)</i>	17
“0” PAS – 1. KUZEY HAVUZU	18
O-C ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİ YAZILIRSA (ŞEKİL 9),	18
“0”PAS– 1. KUZEY HAVUZU <i>debiyi hesaplayalım.</i>	20
“PAKER” SU TOPLAMA BORULARI – 1. KUZEY HAVUZU	21
A – C ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİ YAZILIRSA (ŞEKİL 11);	21
“PAKER” SU TOPLAMA BORULARI – 1. KUZEY HAVUZU <i>debiyi hesaplayalım.</i>	23
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (SONDAJ DELİĞİ 5 ADET)	25
A – B ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİ YAZILIRSA (ŞEKİL 13),	25
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU <i>debiyi hesaplayalım.</i>	27
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 M. KATI) (SONDAJ DELİĞİ:5 AD, KAT ÇIKIŞ BORUSU: $\phi 350$MM.)	28
A – B ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİNİ YAZALIM (ŞEKİL 15),	28
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU <i>(-160 m. katı) debiyi hesaplayalım.</i>	28
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (SONDAJ DELİĞİ:7AD.)	30
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 M KATI) (SONDAJ DELİĞİ:7AD., KAT ÇIKIŞ BORUSU:$\phi 350$MM.)	31
2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 M KATI) (SONDAJ DELİĞİ:7AD., KAT ÇIKIŞ BORUSU:$\phi 400$MM.)	33
A – B ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİNİ YAZALIM (ŞEKİL 19),	33
“20” PAS – YENİ KUYU	36
A – C ARASINDA BERNOULLİ DENKLEMİ YAZILIRSA (ŞEKİL 20),	36
“20” PAS – YENİ KUYU <i>debiyi hesaplayalım.</i>	38
(“0” PAS+“20” PAS) – YENİ KUYU	39
BERNOULLİ DENKLEMLERİ (ŞEKİL 22):	39
(“0” PAS+“20” PAS) – YENİ KUYU <i>DEBİ:</i>	43
DÜŞÜNÜLEN BORU BAĞLANTILARI	45
H ₂ BASINÇ DEĞERLERİNİN YILLARA DAĞILIMI	45
SU HAVUZLARI	46
LİTERATÜR	47

ŞEKİL 1- -360M. KATI, SU ANA BORU ŞEBEKESİNİN ŞEMATİK GÖSTERİMİ	2
ŞEKİL 2 – DPG 465 TİPİ DALGIÇ ELEKTRO-POMPA’NIN KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ (KSB).	6
ŞEKİL 3 – 2.KUZEY HAVUZU → 1.KUZEY HAVUZU ANA BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK) .	11
ŞEKİL 4 – İZAFİ PÜRÜZLÜLÜĞE $\left(\frac{d}{k}\right)$ BAĞLI OLARAK, BORU SÜRTÜNME KATSAYISI.....	13
ŞEKİL 5 – BİR DİRSEK PARÇASINDA AKIŞ 1.....	14
ŞEKİL 6 – Y-BORULARI A) AYRILMA PARÇASI B)BİRLEŞME PARÇASI	15
ŞEKİL 7 – Y BORULARINDA KAYIP KATSAYILARI A) AYRILMA PARÇASI ξ_a B) BİRLEŞME PARÇASI ξ_b	15
ŞEKİL 8 – ‘2. KUZEY HAVUZU – 1.KUZEY HAVUZU $H_2 = f(Q_{21})$ EĞRİSİ	17
ŞEKİL 9 – ‘0” PAS → 1.KUZEY HAVUZU ANA BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK).....	19
ŞEKİL 10 – ‘0” PAS – 1. KUZEY HAVUZU $H_2 = f(Q_{01})$ EĞRİSİ.....	20
ŞEKİL 11 – ‘PAKER” SU TOPLAMA BORULARI → 1.KUZEY HAVUZU ANA BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK).	22
ŞEKİL 12 – ‘PAKER” SU TOPLAMA BORULARI – 1.KUZEY HAVUZU $H_2 = f(Q_{PA1})$ EĞRİSİ	24
ŞEKİL 13 – 2.KUZEY HAVUZU → YENİ KUYU BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK).	26
ŞEKİL 14 – 2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU $H_2 = f(Q_{2Y})$ EĞRİSİ (SONDAJ DELİĞİ 5 ADET).	27
ŞEKİL 15 – 2. KUZEY HAVUZU → YENİ KUYU (-160M. KATI) BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK, SONDAJ DELİĞİ :5 AD., KAT ÇIKIŞ BORUSU $\phi 350$ MM.).	29
ŞEKİL 16 – 2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 M. KATI) $H_2 = f(Q_{2YK})$ EĞRİSİ (SONDAJ DELİĞİ 5 ADET)	30
ŞEKİL 17 – 2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU $H_2 = f(Q_{2Y7})$ EĞRİSİ (SONDAJ DELİĞİ: 7 ADET).....	31
ŞEKİL 18 – 2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 M. KATI) $H_2 = f(Q_{2K7})$ EĞRİSİ (SONDAJ DELİĞİ 7 ADET)....	32
ŞEKİL 19 – 2.KUZEY HAVUZU → YENİ KUYU (-160M. KATI) BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK, SONDAJ DELİĞİ: 7 ADET, KAT ÇIKIŞ BORUSU: $\phi 400$ MM.).	34
ŞEKİL 20 – ‘20”PAS → YENİ KUYU BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK).....	37
ŞEKİL 21 – ‘20” PAS – YENİ KUYU $H_2 = f(Q_{20Y})$ EĞRİSİ.	38
ŞEKİL 22 – (‘0” PAS + ‘20” PAS) → YENİ KUYU BORU ŞEBEKESİ VE BAĞLANTI ELEMANLARI (ŞEMATİK)	40
ŞEKİL 23 – (‘0” PAS+‘20” PAS) – YENİ KUYU $H_2 = f(Q_{020})$ EĞRİSİ.....	43
ŞEKİL 24 – YENİ KUYU HAVUZUNA GELEN TOPLAM SU MİKTARININ $H_2 = f(Q_{TY})$ EĞRİSİ.	44

KARADON MÜESSESESİ -360 m. KATI SU HARİTASI

Su haritası ve haritadaki semboller; Şekil 1, Cetvel 1 de gösterilmiştir ama önce, Çatalağzı kuyusu ile ilgili bazı bilgiler :

“Çatalağzı Kuyusu Tarihçesi”

Maden Y.Müh. Zekai AKÇAN. TTK Eski Gn.Md.

Çatalağzı kuyusunun derinleştirme işlemine 26/10/1953 tarihinde “Cementation” firmasınca başlanılmış, kalker arazide karşılaşılan su nedeni ile çalışmalar hayli ağır gitmiş ve sonunda derinleştirme işlemi 1967 yılında tamamlanabilmiştir.

Çatalağzı kuyusunun hizmete girebilmesi için, -366 katında proje edilen kontur, su havuzları –pompa dairesi ve anılan kuyu ile Karadon kuyusu arasında tamamı kalker içindeki irtibat lağımının sürülmesi zorunlu idi.

Sürülecek galerilerin yüksek basınçta su barındıran kalker arazi içinde bulunması nedeniyle olağanüstü güçlüklerle karşılaşılacağı öngörüldüğünden , herhangi bir olaya neden olmamak düşüncesiyle işin uzman yabancı bir firmaya yaptırılmasına karar alınmıştır.

22/12/1967 tarihinde yapılan bir anlaşma ile iş, “Veruschhacht” firmasına verilmiştir. Anılan firma 3/6/1968 tarihinde işe başlamış ve ilk SU PATLAMA OLAYININ MEYDANA GELDİĞİ 26/09/1969 tarihine kadar,-366 katında toplam 615 m. Lağım sürmüştür.

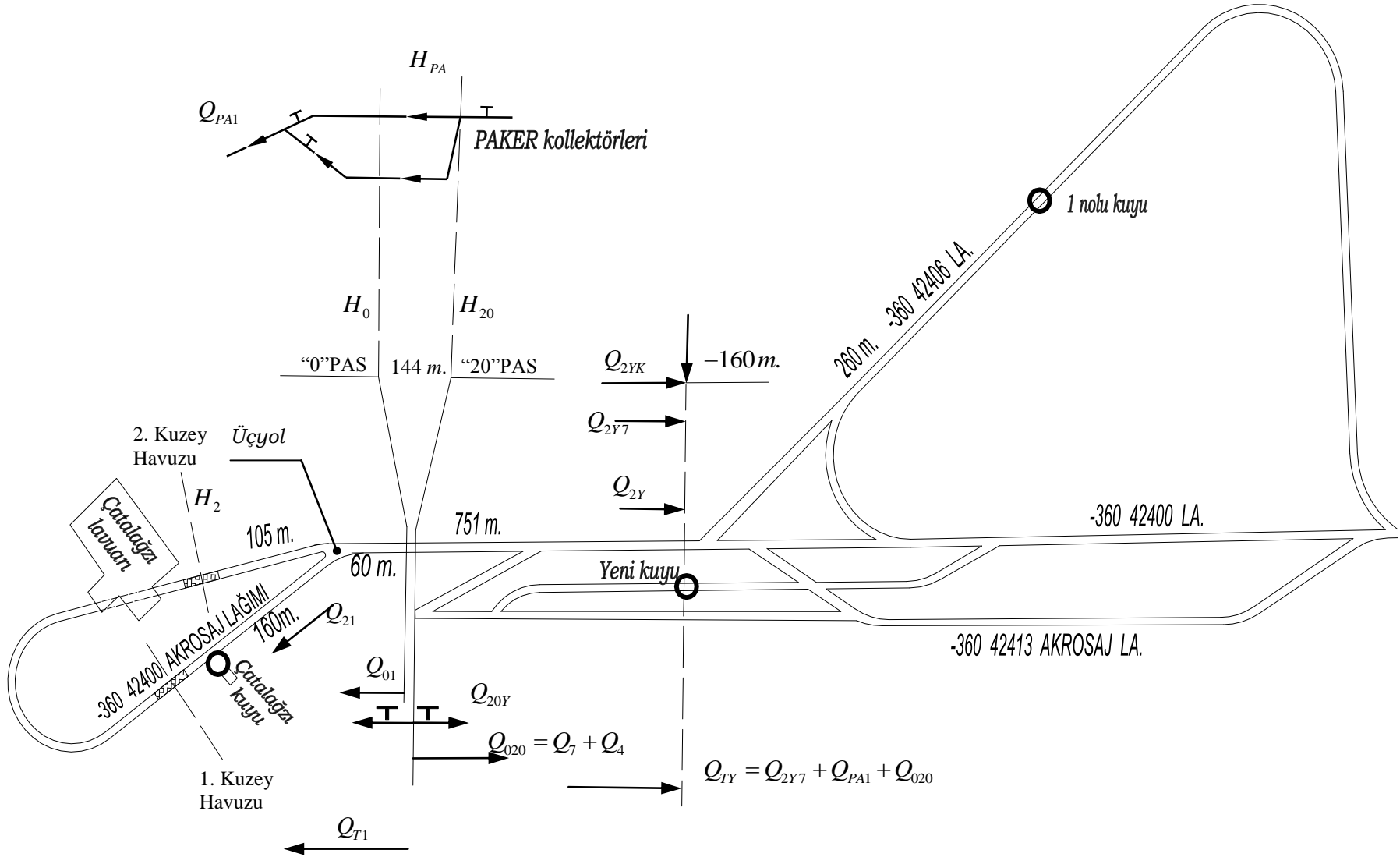
Suya boğulan kuyunun boşaltılması için 15/10/1969 tarihinde firma ile TKİ arasında bir protokol imzalanarak, galerilerde normal çalışma şartlarının oluşmasına kadar anlaşma askıya alınmıştır.

İlk su boşaltma sırasında yaklaşık 10 milyon m³ su ve basılan su ile birlikte de 14 bin ton kil veya ince kum dışarıya atılmıştır..Kuyu tabanı seviyesine inilip, galerilerde birikmiş olan kil,kum v.s. gibi malzemeler temizlendiğinde, kuzey lağımında kuyu dibinden yaklaşık 160 m uzakta kapalı bir göçüğe rastlanmıştır.

Göçük sahasının geçilmesi için çalışmalara başlanıldığı sırada, 06/10/1971 tarihinde, aşırı su geliri yenilmediğinden KUYU İKİNCİ KEZ SUYA BOĞULMUŞTUR.

Hemen su boşaltma işine başlanılarak 17/10/1971 tarihinde yeniden kuyu dibine, -366 galeri kotuna inilme başarılmış, kuyu dibindeki durum incelendikten sonra aynı tarihte hazırlanan bir protokol ile kuzey lağımında su patlayan ve göçük sahanın önüne bir baraj yapılmasına karar verilmiştir.

Barajın inşa edileceği yer seçilip, gerekli hazırlık işleri bitirildiği sırada , yağan şiddetli yağmurlar sonucu artan su geliri mevcut pompaj kapasitesi ile karşılanamadığından KUYU ÜÇÜNCÜ KEZ SU İLE DOLMUŞTUR.



Şekil 1- -360m. katı, su ana boru şebekesinin şematik gösterimi.

Cetvel 1 – Su Haritasında kullanılan semboller

Q_{21}	=	2. Kuzey Havuzu	\Rightarrow	1.Kuzey havuzu ($\phi 65\text{mm.}$)
Q_{01}	=	“0” PAS	\Rightarrow	1.Kuzey havuzu
Q_{PA1}	=	PAKER Su toplama boruları	\Rightarrow	1.Kuzey havuzu
Q_{2Y}	=	2.Kuzey Havuzu	\Rightarrow	Yeni kuyu havuzu (Sondaj deliği:5 ad.)
Q_{2YK}	=	2.Kuzey Havuzu	\Rightarrow	Yeni kuyu (-160m)(Sondaj deliği:5 ad.)
Q_{2Y7}	=	2.Kuzey Havuzu	\Rightarrow	Yeni kuyu (Sondaj deliği:7 adet)
Q_{2K7}	=	2.Kuzey Havuzu	\Rightarrow	Yeni kuyu (-160m) Sondaj deliği:7 ad.)
Q_{20Y}	=	“20” PAS	\Rightarrow	Yeni kuyu
Q_{020}	=	“0” PAS +”20” PAS	\Rightarrow	Yeni kuyu
Q_{T1}	=	1.Kuzey havuzuna gelen toplam su miktarı ($Q_{21} + Q_{01} + Q_{PA1}$)		
Q_{TY}	=	Yeni kuyu havuzuna gelen toplam su miktarı ($Q_{2Y7} + Q_{PA1} + Q_{020}$)		
Q_7	=	“20” PAS	}	Bileşenleri : ($Q_7 + Q_4$)
Q_4	=	“0” PAS		
H_0	=	“0”PAS Basıncı		
H_{20}	=	“20”PAS Basıncı		
H_{PA}	=	PAKER Su toplama basıncı		
H_2	=	2.Kuzey havuz basıncı		

Mayıs 1972 tarihinden barajın inşa edildiği 14 Ağustos 1972 tarihine kadar yapılan çalışmalar:

- 1.** Kuyu içindeki su seviyesi -200 kotunun altına düşürülünce, bu katta bulunan pompa motorları olağanüstü bir gayretle dışarı çıkartılıp kurutmaya verildi. Pompaların bakım ve gerekli tamirleri, gece gündüz insanüstü bir çaba ile yeniden çalışır hale getirilerek pompaj kapasitesi $24m^3 / dak$ ya çıkartıldı.
- 2.** Bu, maksimum pompaj kapasitesinin kullanılmasıyla 01 Haziran 1972 tarihinde su seviyesi kuyu dibine, -366 kotuna indirilebildi.
- 3.** Sık sık meydana gelen enerji kesilmeleri yüzünden su boşaltma işlerinin gecikmesine neden olan enerji besleme sisteminin bağımsız hale getirilmesi için, 8800 kVA'lık bir trafo istasyonu kurulmuştur.
- 4.** Baraj inşaatında kullanılacak $10x50x25$ cm boyutunda 22 bin adet biriket imal edilmiştir.
- 5.** 02 Haziran 1972 tarihinde, daha önceki su baskınında kuyu dibinde bulunan EKİ pompa motorları sökülerek EKİ Elektrik atölyesine gönderilmiş ve 1 haftada kurutma, sarım, onarım işleri olağanüstü bir çalışma ile bitirilmiştir.
- 6.** Barajın inşa edileceği yer ve taban hafriyatı yapıлып temel demirleri döşendiği sırada aşırı yağmur sonucu suyun taşıdığı bol miktarda kum ve kil, aynı zamanda pompa motorlarında oluşan sık sık arızalanmalar 25 Haziran 1972 tarihinde pompaj kapasitesinin düşmesi dolayısıyla KUYUNUN YENİDEN SUYA BOĞULMASINA neden olmuştur.
- 7.** Pompa ve motorların 400 m, kuyudan çıkartılması, onarılması, yeniden yerine montajı, aralıksız çalışmalar sonucu gerçekleşmiştir.
- 8.** 23 Temmuz 1972 tarihinde, bu olağanüstü çalışma ve yönetim anlayışıyla su tekrar boşaltılarak baraj yerinde çalışmalara başlanılmıştır.
- 9.** Bu gayretli çalışmaların sonucu olarak, $20 m^2$. kesitli 12 m . Kalınlığındaki baraj 12 bin adet briket örülerek inşa edilmiş, içine yerleştirilen vanalı borular ile suyun geliri pompaların kapasitesine uygun hale getirilmiştir.
- 10.** 14 Ağustos 1972 tarihinde tamamen bu baraj sayesinde , kattaki çalışmalar emniyet altına alınmıştır. Bundan böyle kuyunun suya boğularak işlerin engellenmesi veya gecikmesi artık söz konusu değildir.
- 11.** 11 Ağustos 1972 den 16 Eylül 1972 tarihine kadar güneydeki barajda inşa edilerek, güney arından gelecek su tehlikelerine karşın kuyu tamamen emniyete alınmıştır.

Kuyu ve galeri bu çalışmalarla emniyete alınmış oldu. Bundan sonra Karadon yönüne gidecek olan lağımın hızlı ilerlemesi için gerekli çalışmalara başlandı. Su patlamadan önce güney arına 40 ayrı yerde toplam 6607,9 m. Sondaj deliği delinmiş ve gelen su 304,85 ton çimento enjeksiyonu ile tıkanmıştır. Kuyudaki su boşaltıldıktan sonra güney arındaki koşullar tekrar kontrol edilmiş, yapılan sondajlardan yine bol miktarda suyun geldiği görülmüştür. Yeniden 6025,2 m. sondaj yapılmış, 196,10 ton çimento enjekte edilmiştir. Ancak bu çalışmalardan sonra lağım ilerlenebilir duruma geçmiştir.

Lağımın sürülmesi sırasında araziden gelen sular beton tahkimat yapmaya mani olduğundan , özel bir tahkimat sistemi uygulanmış ve 121 m. lik çürük arazi bütün kötü şartlara rağmen sürülmüştür. Bu çürük kısım tekrardan yürüyen kalıp vasıtasıyla 40 bar basınca dayanabilecek betonarme kesona alınmıştır. (50 ton demir, 271 ton çimento, 804,5 m³ beton).

“Bir ana ihraç kuyusunun zor koşullar altında boşaltılması”

Dipl.-ing. Günter Matthes, Glückauf November 1975

1. Çatalağzı kuyusunun su boşaltma işlemi 10 ay planlanmış ancak 2,5 yıl sürmüştür.
2. Boşaltmada kullanılan DPG 495 tipi dalgıç pompalara (KSB) ait karakteristik değerleri içeren diyagram şekil 2 de verilmiştir.

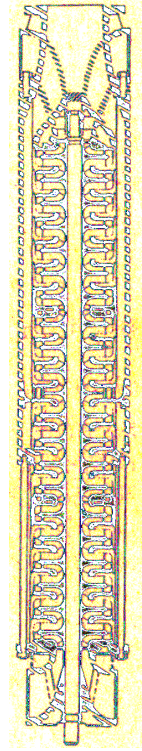
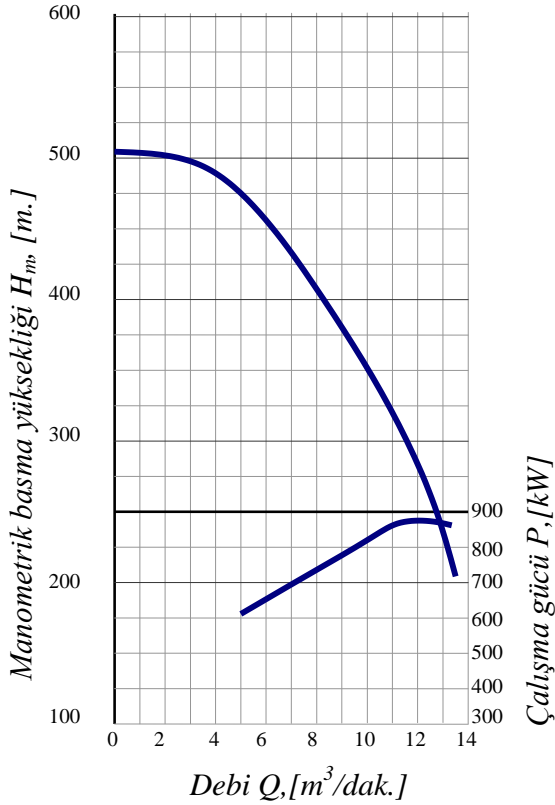
Buna göre ;

$$Q_{\min} = 5 \text{ m}^3/\text{dak.} \quad (300 \text{ m}^3/\text{saat}) \quad , \quad H_{m_{\max}} = 475 \text{ mSS}$$
$$Q_{\max} = 12 \text{ m}^3/\text{dak.} \quad (720 \text{ m}^3/\text{saat}) \quad , \quad H_{m_{\min}} = 282,5 \text{ mSS}$$

ve en uygun değerler;

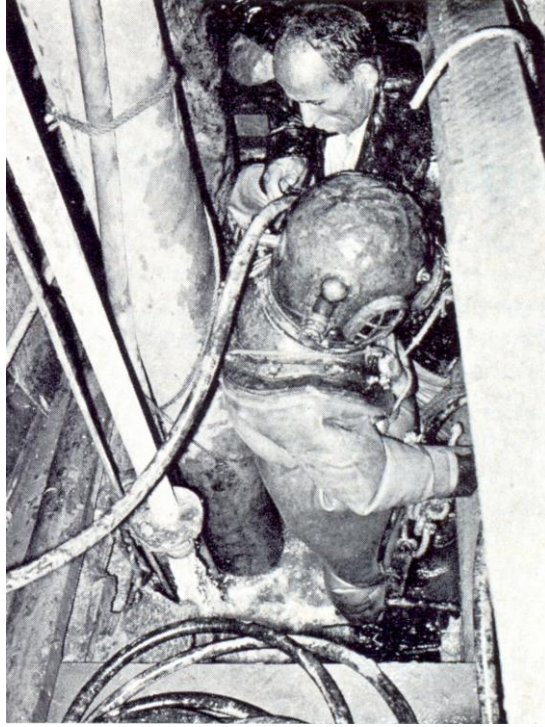
$$Q_{\text{nom}} = 7,2 \text{ m}^3/\text{dak.} \quad (432 \text{ m}^3/\text{saat})$$
$$H_{m_{\text{nom}}} = 425 \text{ mSS}$$
$$I_{\text{nom.mot.}} = 165 \text{ A}$$

dir.



Şekil 2 – DPG 495 tipi dalgıç elektro-pompa'nın karakteristik eğrileri (KSB).

3. *Pompalardan biri 6 diğeri 67 gün çalıştıktan sonra arızalandı. Arıza nedeni, motorlardaki aşırı ısınma dolayısıyla bobin tellerindeki izolasyon direncinin düşmesi olarak gösterildi.*
4. *Çözüm olarak, motorların çevresinde asılan borularla su devridaim'i sağlandı (Motor gövdesinin soğutma gücünü veya başka bir deyişle ısı geçiş katsayısını artırmak için. T.Ö.)*
5. *Her iki KSB dalgıç pompa kuyu içine indirilirken kayıt halatlarından yararlanıldı ancak, yol verme esnasında kayıt halatlar ilk hareket momentini yenemedi ve dolayısıyla pompalar çalışmadı. Almanya'dan gelen dalgıçlar tarafından kayıt halatlar , kuyu dibinde her biri 5 ton olan ağıtlıklarla gerdirildiler. Daha sonra kuyuya indirilen 3 nolu dalgıç pompada titreşim problemleri yaşanmadı. (Bu deneyimlerden Kozlu kuyuda çok yararlandık. T.Ö.)*



Resim 1 Dalgıçlar atal ağzı kuyuda

6. *Özetle, Çatalağzı ana ihraç kuyusunda boşaltma işlemini 3 yıl sürmüştür. Pompalama esnasında aşırı ısıdan dolayı 700 kW lık motorlarda arızalar ve boru şebekesi üzerinde 2 m. den fazla amplitüdler oluşturan titreşimler meydana gelmiştir. Katı maddelerin su ile karışmasında bir dalgıç pompanın çamura boğularak yatak sarması nedeniyle devre dışı kalmasına neden olmuştur.*

“Zonguldak kömür ocağında su basılması ile mühendisler nasıl mücadele eder.”

Dipl.-ing. Günter Matthes, World Coal, May 1975

Dalgıç elektro-pompaların seçimi;

Yüksek kapasiteli ve 400 m. statik basma yüksekliğinde 7,2 m³/dak. debili iki adet güçlü, halen mevcudu bulunmayan, ilk defa prototip imalatı KSB firması tarafından gerçekleştirilen pompalar seçilmiştir. Pompaların her biri çift emişli ve her bir emiş 11 kademelidir. Motor, 3000 V ta 620 kW kapasiteye sahip olup su içinde çalışmaktadır. Yataklar su yağlamalı ve soğutmalıdır. (Adı geçen 11+11 kademeli dalgıç pompaların imalatını artık ülkemizde gerçekleştirebiliriz. T.Ö.)

İki pompa, günde ortalama 20 ton kil pompalamaktaydı. Seviyenin 330 m. inmesi, pompalardan geçen katı akışını 70 ton/gün veya 90gr/litre ye çıkarmıştır. Altı aylık su boşaltma işleminden sonra, tonlarca kil hareket etmeye başlamış ve bu arada su ile 300...640 ton/gün pompalanmıştır.

Birinci yun sonunda büyük miktardaki katılar yeniden yarıklar arasından hareket etmeye başlamıştır. Ancak bu kez malzeme kil olmayıp ince taneli kumdu. Bir ay içerisinde bu ince tanecikli kumların 3650 ton'u dalgıç pompalardan geçmiştir.

Çeşitli su basma ve su alma periyotlarının analizinden, Çatalağzı kuyusu drenaj sahasının yarıkları ve yaklaşık 1,2 milyon m³ lük depolama hacminin olduğu söylenebilmektedir. 140,230,270, ve 310 m. seviyelerinde dört adet özellikle su açısından zengin zonlar mevcuttur.

Hesaplama temelde iki prosesi gerektirir. Birincisi, büyük çatlak ve mağaralardan gelen su depolanması ve su drenajı, ikincisi kuyulara su geçişinde su akışı ve sızıntısının dinamik prosesidir. Katılar, kaya kütlesi içerisinde valf olarak hareket etmektedir. Ancak bu valfler fonksiyon ve lokasyonlarında tam olarak sabit değildirler. Suyun alınması ve yeniden doldurulması ile ilgili eğriler, kararsız valf fonksiyonu tarafından kırılan ve parametreleri kesitten kesite değişen üstel fonksiyonlar hakkında bilgi vermektedir.

2,5 yıllık su boşaltma programının maliyeti yaklaşık 1,6 milyon \$ dir.

Not : Çatalağzı kuyusunda kullanılan KSB pompaları (T.Ö.)

1. (7+7) Kademe

$\sim 450 m^3/saat$; 320 mSS; 660 kW; 1480 d/d;

3000V; 160,5 A.

Ağırlık: 6400 kg. (Pompa+Motor)

Boy : 5,35 m. (Pompa+Motor)

2. (8+8) Kademe

$\sim 450 m^3/saat$; 350 mSS; 700 kW; 1470 d/d;

3000V; 175 A.

Ağırlık: 7000 kg. (Pompa+Motor)

Boy : 6 m. (Pompa+Motor)

3. (11+11) Kademe

$300 m^3/saat - 475 mSS$;

$720 m^3/saat - 282,5 mSS$;

700 kW; 1470 d/d; 3000V; 175 A.

Ağırlık: 9500 kg. (Pompa+Motor)

Boy : 8 m. (Pompa+Motor)

Bu ön bilgilerden sonra su haritası hesaplarına geçebiliriz.

2.KUZEY HAVUZU → 1.KUZEY HAVUZU

Ana boru şebekesi ve bağlantı elemanları şematik olarak şekil 3 te gösterilmiştir.

Elektro-Mekanik Baş.Müh. Cengiz BURMA'dan :

“2.Kuzey barajında 9 (Şu anda 7) adet $\phi 65$ mm. lik çeşitli boylarda sondaj deliklerinden su alınmaktadır. Sondaj delikleri, ön kısmı $\phi 85$ mm.lik elmas kronla taranmış ve $\phi 80$ mm. lik borular sıkıştırılmıştır.”

Sondaj deliklerini $\phi 65$ mm. , 75 m. boyunda ve ucunda da $\phi 80$ mm. ,6 m. uzunluğunda Cr-Ni li borular bulunduğunu düşünelim.

- ◆ $\phi 65 / \phi 80$ mm. ani genişleme kaybı gözardı edilmiştir.
- ◆ $\phi 80$ mm. borulardaki (2 ad.) hızlar eşit alınmıştır.
- ◆ Üniversal kayıp katsayısı λ :

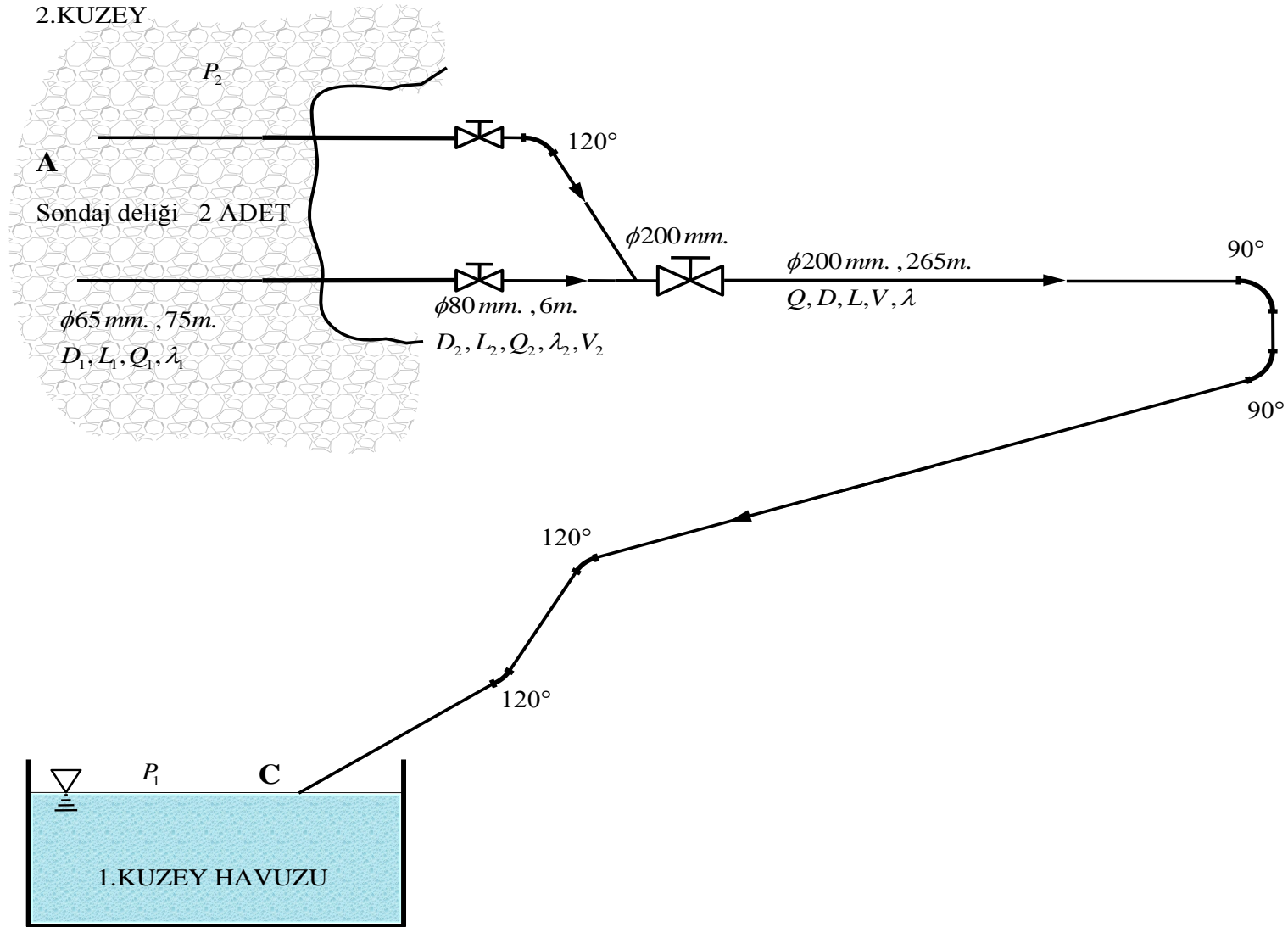
“**MOODY**” denklemi;

$$\lambda = 0,0055 + \frac{0,15}{\sqrt[3]{\frac{D}{k}}}$$

k – Mutlak pürüzlülük veya ortalama pürüz yüksekliği (Cetvel 2;3)

Cetvel 2:Cidar pürüzlülüğü için kabul edilebilir (tavsiye edilen k değerleri

Malzeme	Boru iç cidar durumu	k [mm]
Dökme demir boru	Yeni, kullanıma (piyasaya) uygun	0,25...0,5
	Biraz paslanmış	1,0...1,5
	Kabuklanmış	1,5...5
Yeni,dikişsiz çelik boru,haddelenmiş veya çekilmiş	Zar gibi ince hadde tabakası bulunan	0,02...0,06
	Aşınmış	0,03...0,04
	Daralan kesitli borular	0,1'e kadar
Yeni, düz dikişli çelik boru	Zar gibi ince hadde tabakası bulunan	0,04...0,1
Yeni, çelik boru kaplanmış (örtülü)	Metal püskürtme ile kaplanmış	0,08...0,09
	Galvanizli (çinkolanmış)	0,07...0,1
	Piyasaya uygun (ticari) galvanizlenmiş	0,1...0,16
	Bitümlenmiş	~0,05
	Çimento kaplı	~0,18
	Galvanizli	~0,008



Şekil 3 – 2.Kuzey Havuzu → 1.Kuzey havuzu ana boru şebekesi ve bağlantı elemanları (Şematik)

Cetvel 3: Mutlak pürüzlülük

Malzeme	Ortalama iç cidar durumu k [mm]
Dökme demir, yeni	0,5...1,0
Dökme demir, paslanmış	1,0...1,5
Dökme demir, kabuklanmış	1,5...3,0
Çelik, yeni	0,05...0,1
Çelik, paslanmış	0,4...0,6
Çimento kaplı, perdahlanmış	0,3...0,8
Çimento kaplı, işlenmemiş	1,0...2,0
Pürüzlü tahta	1,0...2,5
Tabii kırma taş (mıcır) kaplı	8,0...15

$D_2 = \phi 80 \text{ mm.}$ (Cr – Ni li paslanmaz boru)

$k = 0,1 \text{ mm.}$ (Yeni çelik boru. Cetvel 3)

$$\lambda_2 = 0,0055 + \frac{0,15}{\sqrt[3]{\frac{80}{0,1}}}$$

$$\lambda_2 = 2,16 \cdot 10^{-2}$$

$$\left. \begin{array}{l} D_1 = \phi 65 \text{ mm.} \\ k = 0,1 \text{ mm.} \end{array} \right\} \left(\begin{array}{l} \text{Aşınmalar nedeniyle sondaj deliklerinin} \\ \text{pürüzsüz olduğu kabul edilmiştir.} \end{array} \right)$$

$$\lambda_1 = 0,0055 + \frac{0,15}{\sqrt[3]{\frac{65}{0,1}}}$$

$$\lambda_1 = 2,2 \cdot 10^{-2}$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = 0,02$$

$D = \phi 200 \text{ mm.}$

$k = 0,6 \text{ mm.}$ (Paslanmış çelik boru. Cetvel 3)

$$\lambda = 0,0055 + \frac{0,15}{\sqrt[3]{\frac{200}{0,6}}}$$

$$\lambda = 0,027$$

“Prandtl – Nikuradse” denklemi

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \cdot \log \frac{d}{k} + 1,138\right)^2}$$

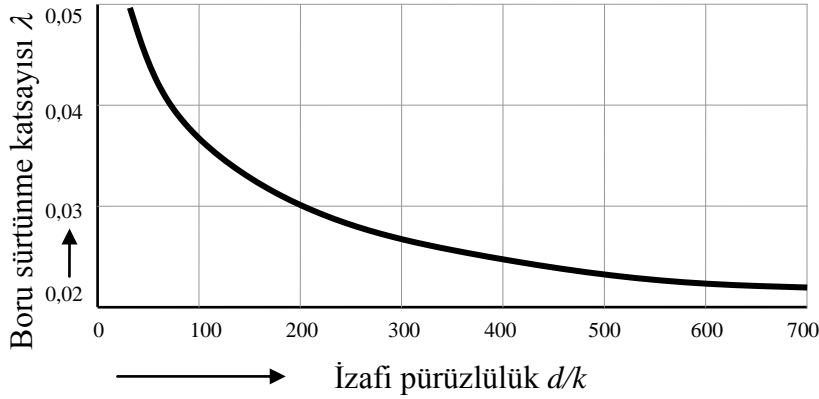
$$\lambda_2 = \frac{1}{\left(2 \cdot \log \frac{80}{0,1} + 1,138\right)^2} = 0,0207$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{\left(2 \cdot \log \frac{65}{0,1} + 1,138\right)^2} = 0,0218$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \cdot \log \frac{200}{0,6} + 1,138\right)^2} = 0,026$$

Görüldüğü gibi birbirine çok yakın değerler elde edildi.

λ , Şekil 4 teki diyagramdan da okunabilir. (Genel olarak λ , 0,02...0,04 arasındadır)



Şekil 4 – İzafi pürüzlülüğe $\left(\frac{d}{k}\right)$ bağlı olarak, boru sürtünme katsayısı

Kayıp katsayıları ξ :

Hazne çıkışı,

$$\xi_{h\zeta} = 0,5$$

Koswa – ventil,

$$\xi_v = 2,5$$

Dirsek (90°),

$$\xi_{d90^\circ} = 0,45$$

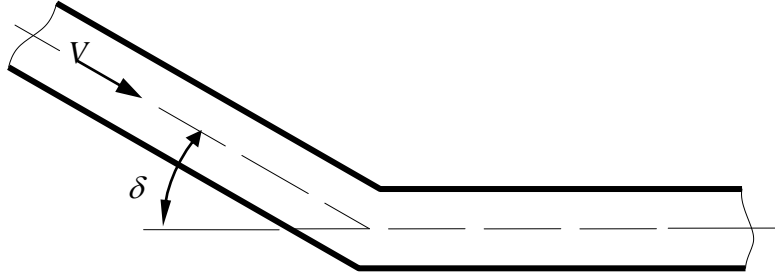
T bağlantı parçası

$$\xi_T = 0,8 \dots 1,7$$

Çeşitli δ dönme (sapma) açılına karşılık gelen deve boynu (dirsek),

$$\xi_{d\delta^\circ} = \xi_{d90^\circ} \cdot \frac{\delta^\circ}{90^\circ}$$

δ açısı Şekil 5 te gösterilmiştir.



Şekil 5 – Bir dirsek parçasında akış

120° dirsek için,

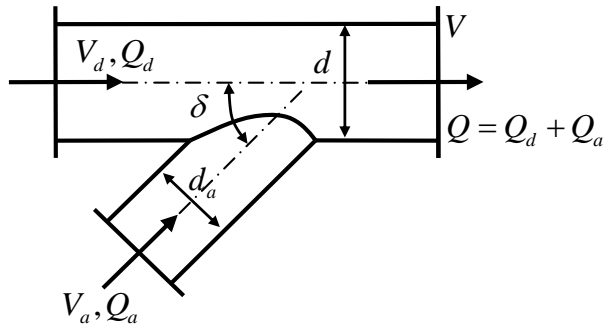
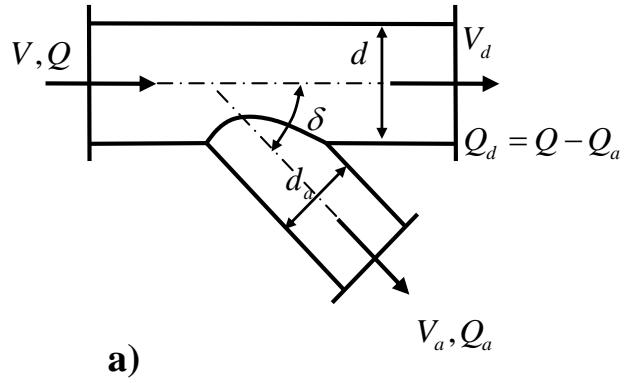
$$\xi_{d120^\circ} = \xi_{d90^\circ} \cdot \frac{60^\circ}{90^\circ} = 0,45 \cdot \frac{60^\circ}{90^\circ}$$

$$\underline{\underline{\xi_{d120^\circ} = 0,30}}$$

elde edilir.

Y- boruları,

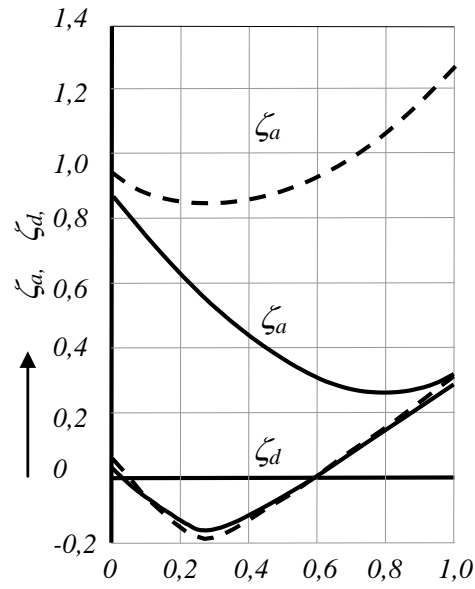
Birleşme ve ayrılma parçaları için Şekil 6 ve Şekil 7 ye bakınız.



b)

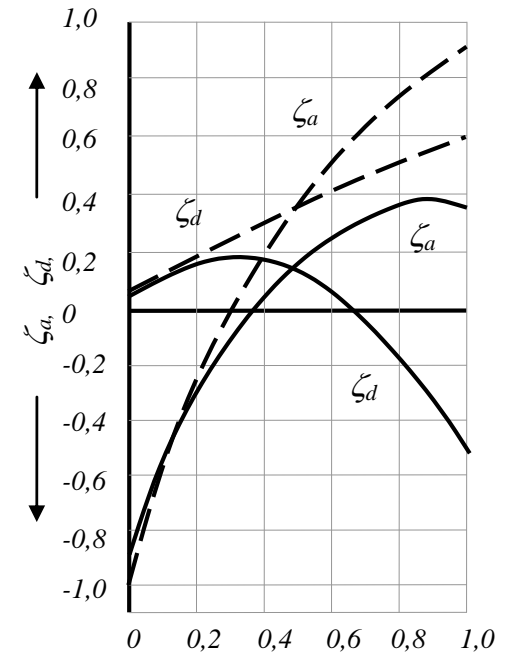
Şekil 6 – Y-boruları

- a) Ayrılma parçası
b) Birleşme Parçası



- Q_a/Q
— $\delta = 45^\circ$
- - - $\delta = 90^\circ$

a)



- Q_a/Q

b)

Şekil 7 – Y borularında kayıp katsayıları

- a) Ayrılma parçası ζ_a
b) Birleşme parçası ζ_b

Örnek : Birleşme parçası (Y – boruları)

$$\left. \begin{array}{l} \frac{Q_a}{Q} = 0,5 \\ \delta = 45^\circ \end{array} \right\} \quad \underline{\underline{\xi_d = 0,12}} \quad (\text{Şekil 7b})$$

A-C arasında Bernoulli denklemi yazılırsa(Şekil 3),

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,12 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \\ + 2,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 2 \cdot 0,45 \cdot \frac{V^2}{2g} + 2 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = \left(1 + 2,5 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,9 + 0,6 \right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} \\ + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5 + 0,12 \right) \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = \left(1 + 2,5 + 0,027 \cdot \frac{265}{0,200} + 0,9 + 0,6 \right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065} \right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ + \left(0,02 \cdot \frac{6}{0,080} + 2,5 + 0,12 \right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 \cong 2 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,2 \cdot V_2^2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$D_1^2 \cdot V_1 = D_2^2 \cdot V_2$$

$$65^2 \cdot V_1 = 80^2 \cdot V_2$$

$$\underline{\underline{V_1 = 1,515 \cdot V_2}}$$

$$Q = 2 \cdot Q_2$$

$$D^2 \cdot V = 2 \cdot D_2^2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad 200^2 \cdot V = 2 \cdot 80^2 V_2$$

$$\underline{\underline{V_2 = 3,125 \cdot V}}$$

$$V_1 = 1,515 \cdot V_2 = 1,515 \cdot 3,125 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 = 4,734 \cdot V}}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = 2 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (4,734 \cdot V)^2 + 0,2 \cdot (3,125 \cdot V)^2$$

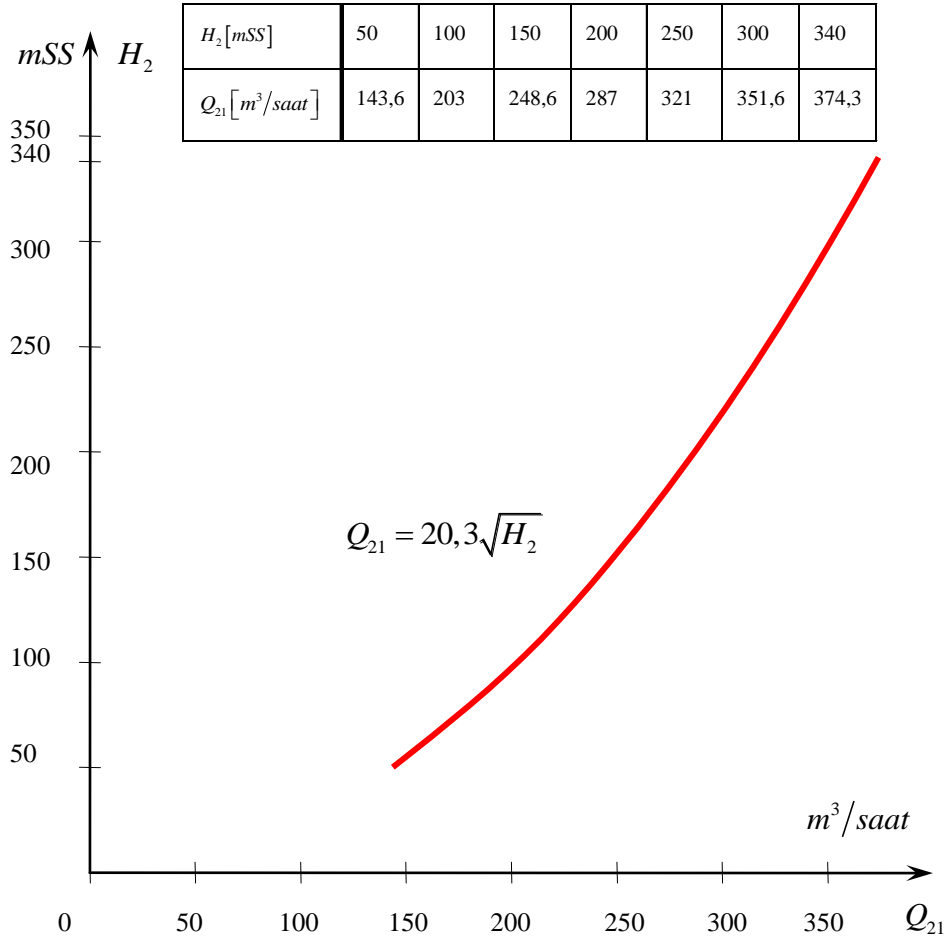
$$\underline{\underline{\frac{P_2}{\gamma} = H_2 \cong 31 \cdot V^2}}$$

2. KUZEY HAVUZU – 1. KUZEY HAVUZU debiyi hesaplayalım. ($\phi 65$ mm.)

$$Q_{21} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_2}{31}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{21} = 20,3 \cdot \sqrt{H_2}}}$$

$$\frac{Q_{21}}{m^3/saat} \mid \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 8 – ‘2. Kuzey havuzu – 1.Kuzey havuzu $H_2 = f(Q_{21})$ eğrisi

“0” PAS – 1. KUZEY HAVUZU

Sondaj deliklerinin ucunda $\phi 80$ mm. , 6 m. boyunda Cr-Ni li borular ve $\phi 80$ mm. 3m. lastik hortum vardır. Sondaj deliklerinin bir kısmı aşınmış bir kısmı daralmıştır. Hesaplarımızda;

- ◆ Sondaj delikleri ortalama $\phi 65$ mm. alınmıştır.
- ◆ $\phi 65/\phi 80$ ani genişleme kaybı ihmal edilmiştir.
- ◆ $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0,02$ alınmıştır.

O-C arasında Bernoulli denklemi yazılırsa (Şekil 9),

$$\frac{P_0}{\gamma} = H_0 = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{0c}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_0}{\gamma} = H_0 = & \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V^2}{2g} \\ & + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 2 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g} \end{aligned}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = H_0 = \left(1 + 0,5 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,6\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_0}{\gamma} = H_0 = & \left(1 + 0,5 + 0,027 \cdot \frac{220}{0,200} + 0,6\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ & + \left(0,02 \cdot \frac{9}{0,080} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} \end{aligned}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = H_0 = 1,62 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,24 \cdot V_2^2$$

$$Q_2 = Q_1$$

$$\frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot V_2 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot V_1 \quad \rightarrow \quad 80^2 \cdot V_2 = 65^2 \cdot V_1 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_1 \cong 1,515 \cdot V_2}}$$

$$Q = 8 \cdot Q_2$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = 8 \cdot \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad 200^2 \cdot V = 8 \cdot 80^2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_2 = 0,78 \cdot V}}$$

$$V_1 = 1,515 \cdot 0,78 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 = 1,18 \cdot V_2}}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = H_0 = 1,62 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (1,18 \cdot V)^2 + 0,24 \cdot (0,78 \cdot V)^2$$

$$\underline{\underline{\frac{P_0}{\gamma} = H_0 = 3,44 \cdot V^2}}$$

$$\frac{H_0}{mSS} \Big| \frac{V}{m/sn}$$

“0”PAS– 1. KUZEY HAVUZU debiyi hesaplayalım.

$$Q_{01} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot \sqrt{3,44} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{01} \cong 61 \cdot \sqrt{H_0}}}$$

$$\frac{Q_0}{m^3/sn} \mid \frac{H_2}{mSS}$$

$H_2 - H_0$ Bağıntısını bulmaya çalışalım.

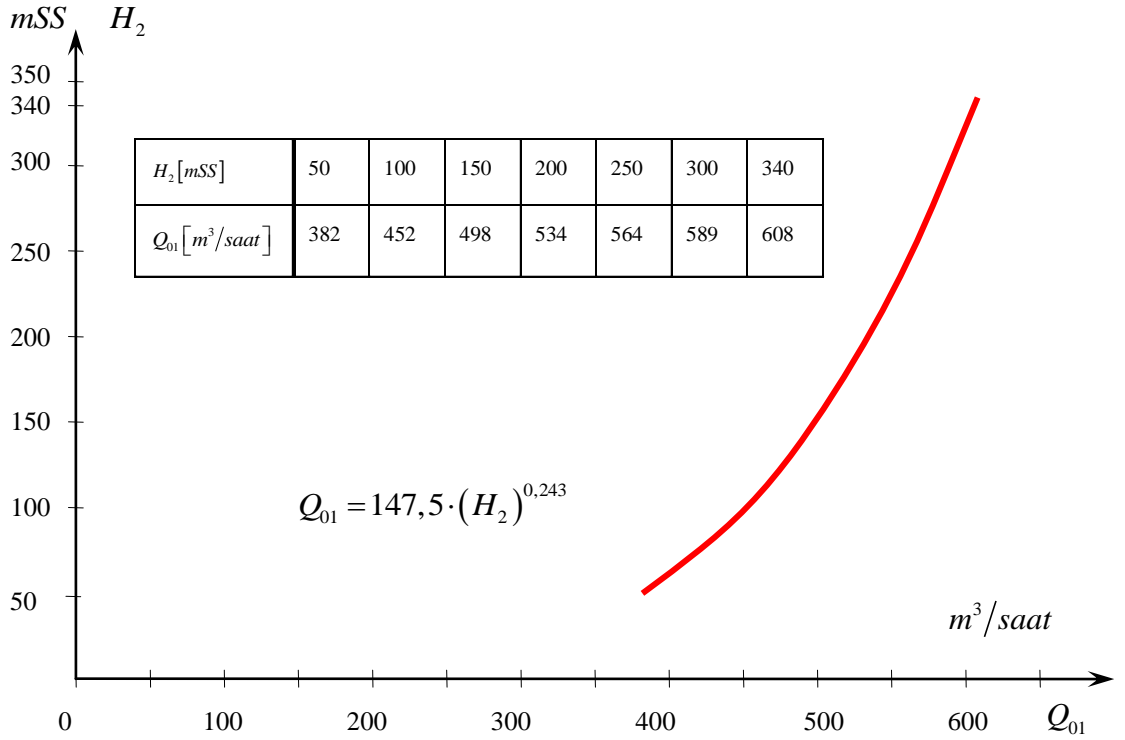
$H_2 [mSS]$	60	70	80	90	100	130	140	160	180	200	210	220	230	260	280	290	300	340
$H_0 [mSS]$	40	50	55	50	50	55	70	70	90	70	70	80	80	95	85	100	80	110

$$\underline{\underline{5,85 \cdot H_2^{0,486} = H_0}}$$

$$Q_{01} = 61 \cdot \sqrt{H_0} = 61 \cdot \sqrt{5,85 \cdot H_2^{0,486}} = 147,54 \cdot (H_2^{0,486})^{1/2}$$

$$\underline{\underline{Q_{01} = 61 \cdot \sqrt{H_0} = 147,54 \cdot (H_2)^{0,243}}}$$

$$\frac{Q_{01}}{m^3 / saat} \mid \frac{H_0}{mSS} \mid \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 10 – “0” Pas – 1. Kuzey havuzu $H_2 = f(Q_{01})$ eğrisi

“PAKER” SU TOPLAMA BORULARI – 1. KUZEY HAVUZU

A – C arasında Bernoulli denklemi yazılırsa (Şekil 11);

$$\frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{AC}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \lambda_3 \cdot \frac{L_3}{D_3} \cdot \frac{V_3^2}{2g} \\ + 0,3 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 0,12 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,3\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \\ + \left(\lambda_3 \cdot \frac{L_3}{D_3} + 0,3 + 2,5 + 0,12\right) \cdot \frac{V_3^2}{2g} \end{aligned}$$

Sondaj deliklerinin ucunda $\phi 1\frac{1}{2} \cong \phi 38 \text{ mm}$, 2 m. uzunluğunda galvanizli borular vardır.

- ◆ Sondaj delikleri ortalama $\phi 65 \text{ mm}$. alınmıştır.
- ◆ $\phi 65 / \phi 38$ ani daralma kaybı ihmal edilmiştir.
- ◆ $\left. \begin{array}{l} \lambda_1 = \lambda_2 = 0,02 \\ \lambda_3 = \lambda = 0,027 \end{array} \right\}$ kabulü ile hesap yapılmıştır.

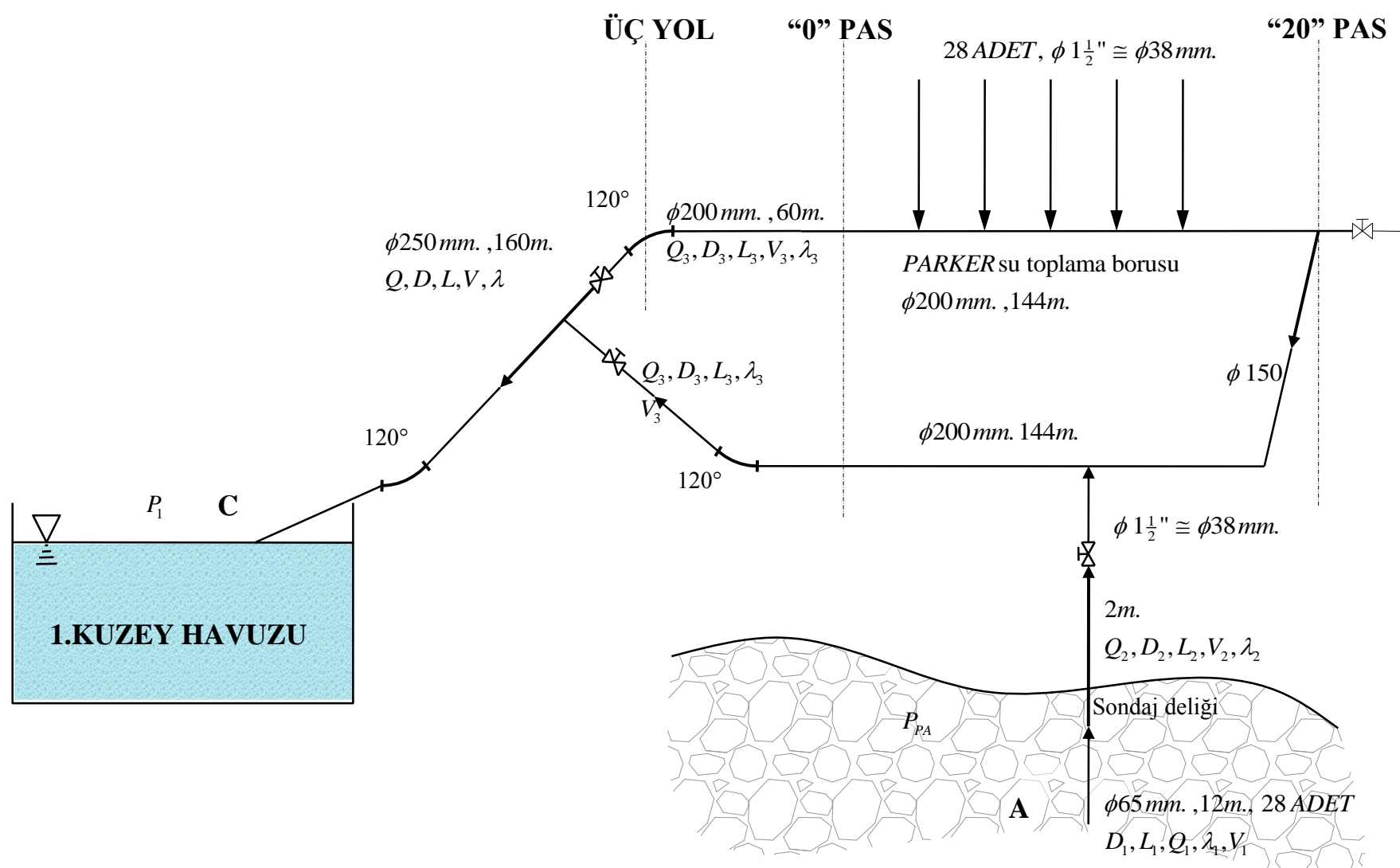
$$\begin{aligned} \frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = \left(1 + 0,027 \cdot \frac{160}{0,250} + 0,3\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{12}{0,065}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ + \left(0,02 \cdot \frac{2}{0,038} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,027 \cdot \frac{60}{0,200} + 0,3 + 2,5 + 0,12\right) \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot 9,81} \end{aligned}$$

$$\frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = 0,947 \cdot V^2 + 0,213 \cdot V_1^2 + 0,181 \cdot V_2^2 + 0,5617 \cdot V_3^2$$

$$Q = 2 \cdot Q_3$$

$$D^2 \cdot V = 2 \cdot D_3^2 \cdot V_3 \quad \rightarrow \quad 250^2 \cdot V = 2 \cdot 200^2 \cdot V_3$$

$$\underline{\underline{V_3 \cong 0,78 \cdot V}}$$



Şekil 11 – “PAKER” su toplama boruları → 1.Kuzey havuzu ana boru şebekesi ve bağlantı elemanları (Şematik).

$$Q_3 = 28 \cdot Q_2$$

$$D_3^2 \cdot V_3 = 28 \cdot D_2^2 \cdot V_2 \rightarrow 200^2 \cdot V_3 = 28 \cdot 38^2 \cdot V_2$$

$$V_2 \cong 0,99 \cdot V_3 = 0,99 \cdot 0,78 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_2 \cong 0,77 \cdot V}}$$

$$Q_2 = Q_1$$

$$D_2^2 \cdot V_2 = D_1^2 \cdot V_1 \rightarrow 38^2 \cdot V_2 = 65^2 \cdot V_1$$

$$V_1 = 0,342 \cdot V_2 = 0,342 \cdot 0,77 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 \cong 0,26 \cdot V}}$$

$$\frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = 0,947 \cdot V^2 + 0,2137 \cdot (0,26 \cdot V^2) + 0,181 \cdot (0,77 \cdot V^2) + 0,5617 \cdot (0,78 \cdot V^2)$$

$$\frac{P_{PA}}{\gamma} = H_{PA} = 1,41 \cdot V^2$$

$$\frac{H_{PA}}{mSS} \left| \frac{V}{m/sn} \right.$$

“PAKER” SU TOPLAMA BORULARI – 1. KUZEY HAVUZU debiyi hesaplayalım.

$$Q_{PA1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_{PA}}{1,41}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{PA1} \cong 148,8 \cdot \sqrt{H_{PA}}}} \quad \frac{Q_{PA}}{m^3/saat} \left| \frac{H_{PA}}{mSS} \right.$$

Yapılan “DEBİ” ölçüm sonucunda,

$$H_{PA} \cong \frac{1}{100} \cdot H_{20} \quad \left(P_{PA} \cong \frac{1}{100} \cdot P_{20} \right)$$

ile hesap yapılabilir.

P_{20} – "20" Pas kolektöründeki basınç

$H_2 [mSS]$	60	70	80	90	100	130	140	160	180	200	210	220	230	260	280	290	300	340
$H_0 [mSS]$	40	50	55	50	50	55	70	70	90	70	70	80	80	95	85	100	80	110
$H_{20} [mSS]$	50	60	60	70	80	115	120	120	130	130	130	140	140	155	140	160	140	170
$H_{PA} [mSS]$	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,15	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,55	1,4	1,6	1,4	1,7

$$Q_{PA1} = 148,8 \cdot \sqrt{H_{PA}} = 148,8 \cdot \sqrt{H_{20}/100} = 14,88 \cdot \sqrt{H_{20}}$$

$$Q_{PA1} \cong 15 \cdot \sqrt{H_{20}}$$

$$\frac{Q_{PA}}{m^3/saat} \mid \frac{H_{20}}{mSS}$$

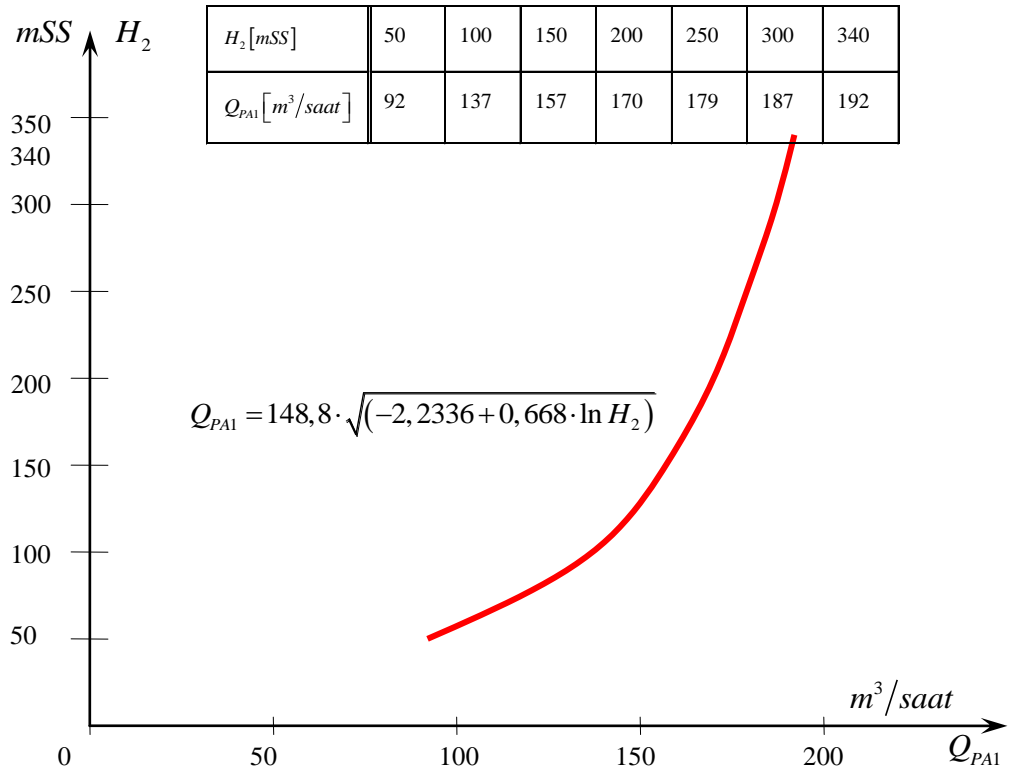
Yukarıdaki tablodan

$-2,2336 + 0,668 \cdot \ln H_2 = H_{PA}$ bağıntısı elde edilebilir.

$$Q_{PA1} = 148,8 \cdot \sqrt{H_{PA}}$$

$$\underline{\underline{Q_{PA1} = 148,8 \cdot \sqrt{(-2,2336 + 0,668 \cdot \ln H_2)}}}$$

$$\frac{Q_{PA1}}{m^3/saat} \mid \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 12 – “PAKER” su toplama boruları – 1.Kuzey havuzu $H_2 = f(Q_{PA1})$ eğrisi

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (Sondaj deliği 5 adet).

5 adet $\phi 65\text{ mm}$, 75 m sondaj deliği ve ucunda $\phi 80\text{ mm}$, 6 m boyunda Cr-Ni li boruların olduğu göz önüne alınarak,

- ◆ $\phi 65\text{ mm}/\phi 80\text{ mm}$. ani genişleme kaybı ihmal edilmiştir.
- ◆ $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,02$

$$\lambda = 0,0055 + \frac{0,15}{\sqrt[3]{\frac{350}{0,6}}} \quad (\text{Sayfa 10})$$

$$\underline{\underline{\lambda = 0,0234}}$$

veya,

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \cdot \log\left(\frac{350}{0,6}\right) + 1,138\right)^2} \quad (\text{Sayfa 12})$$

$$\underline{\underline{\lambda = 0,0225}}$$

A – B arasında Bernoulli denklemi yazılırsa (Şekil 13),

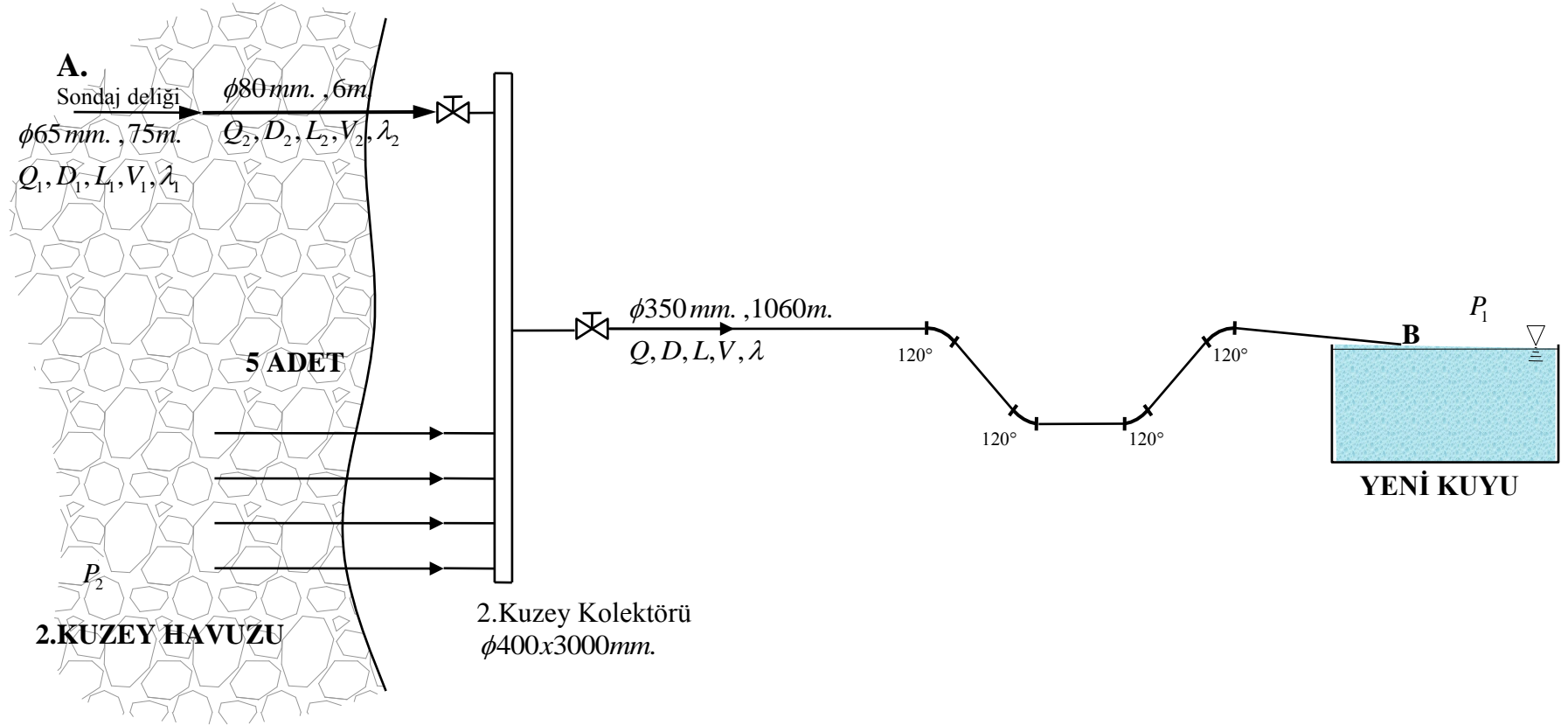
$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{AB}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{\gamma} = H_2 = & \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V^2}{2g} \\ & + 2,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 4 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{\gamma} = H_2 = & \left(1 + 0,5 + 2,5 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 1,2\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} \\ & + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{\gamma} = H_2 = & \left(5,2 + 0,0234 \cdot \frac{1060}{0,350}\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ & + \left(0,02 \cdot \frac{6}{0,080} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} \end{aligned}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = 3,88 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,2 \cdot V_2^2$$



Şekil 13 – 2.Kuzey havuzu → Yeni kuyu boru şebekesi ve bağlantı elemanları (Şematik).

$$D_1^2 \cdot V_1 = D_2^2 \cdot V_2$$

$$65^2 \cdot V_1 = 80^2 \cdot V_2$$

$$\underline{\underline{V_1 = 1,515 \cdot V_2}}$$

$$Q = 5 \cdot Q_2 \quad \rightarrow \quad D^2 \cdot V = 5 \cdot D_2^2 \cdot V_2$$

$$350^2 \cdot V = 5 \cdot 80^2 \cdot V_2$$

$$\underline{\underline{V_2 = 3,828 \cdot V}}$$

$$V_1 = 1,515 \cdot 3,828 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 \cong 5,8 \cdot V}}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = 3,88 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (5,8 \cdot V)^2 + 0,2 \cdot (3,828 \cdot V)^2$$

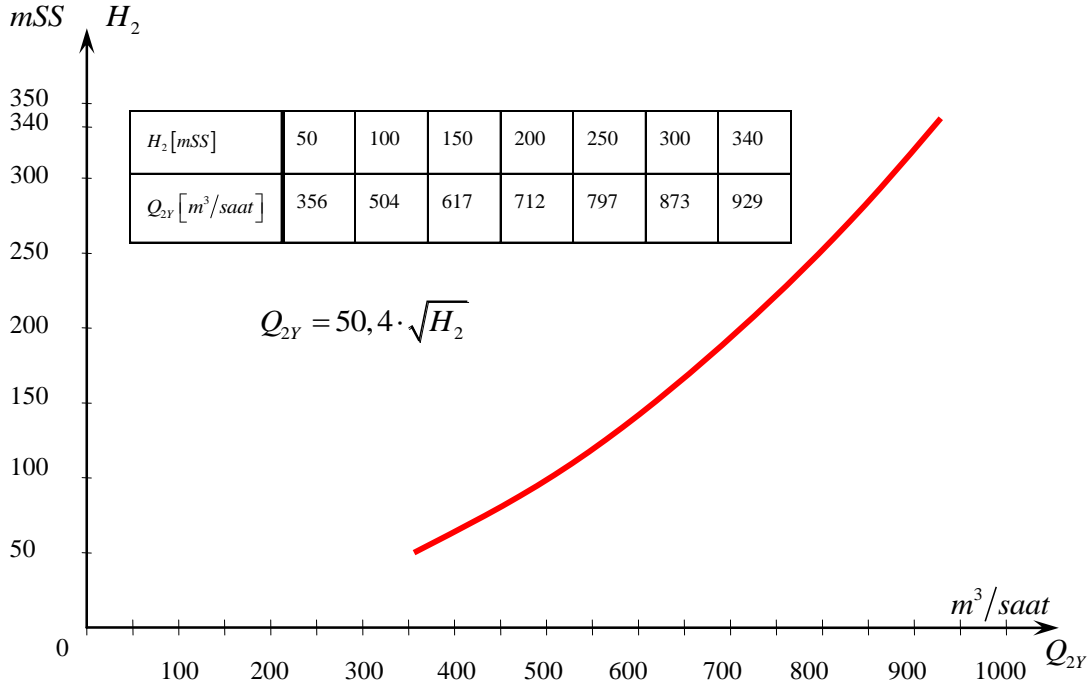
$$\underline{\underline{\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = 47,18 \cdot V^2}}$$

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU debiyi hesaplayalım.

$$Q_{2Y} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,350^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_2}{47,18}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{2Y} = 50,4 \cdot \sqrt{H_2}}}$$

$$\frac{Q_{2Y}}{m^3/saat} \Big| \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 14 – 2.Kuzey havuzu – Yeni kuyu $H_2 = f(Q_{2Y})$ eğrisi (Sondaj deliği 5 adet).

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 m. katı)
(Sondaj deliği:5 ad, Kat çıkış borusu: φ350mm.)

A – B arasında Bernoulli denklemini yazalım (Şekil 15),

$$H_2 - 200 = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{AB}$$

$$H_2 - 200 = \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V^2}{2g} \\ + 2,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 4 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g} + 0,8 \cdot \frac{V^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + 0,45 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

T-Bağlantı
parçası (S:13)

$$H_2 - 200 = \left(1 + 0,5 + 2,5 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 1,2 + 0,8 + 2,5 + 0,45 \right) \cdot \frac{V^2}{2g} \\ + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5 \right) \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$H_2 - 200 = \left(8,95 + 0,0234 \cdot \frac{1260}{0,350} \right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065} \right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ + \left(0,02 \cdot \frac{6}{0,080} + 2,5 \right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_2 - 200 = 4,75 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,2 \cdot V_2^2$$

$$\left. \begin{array}{l} V_1 = 1,515 \cdot V_2 \\ V_2 = 3,828 \cdot V \\ V_1 = 5,8 \cdot V \end{array} \right\} \text{(Sayfa 27)}$$

$$H_2 - 200 = 4,75 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (5,8 \cdot V)^2 + 0,2 \cdot (3,828 \cdot V)^2$$

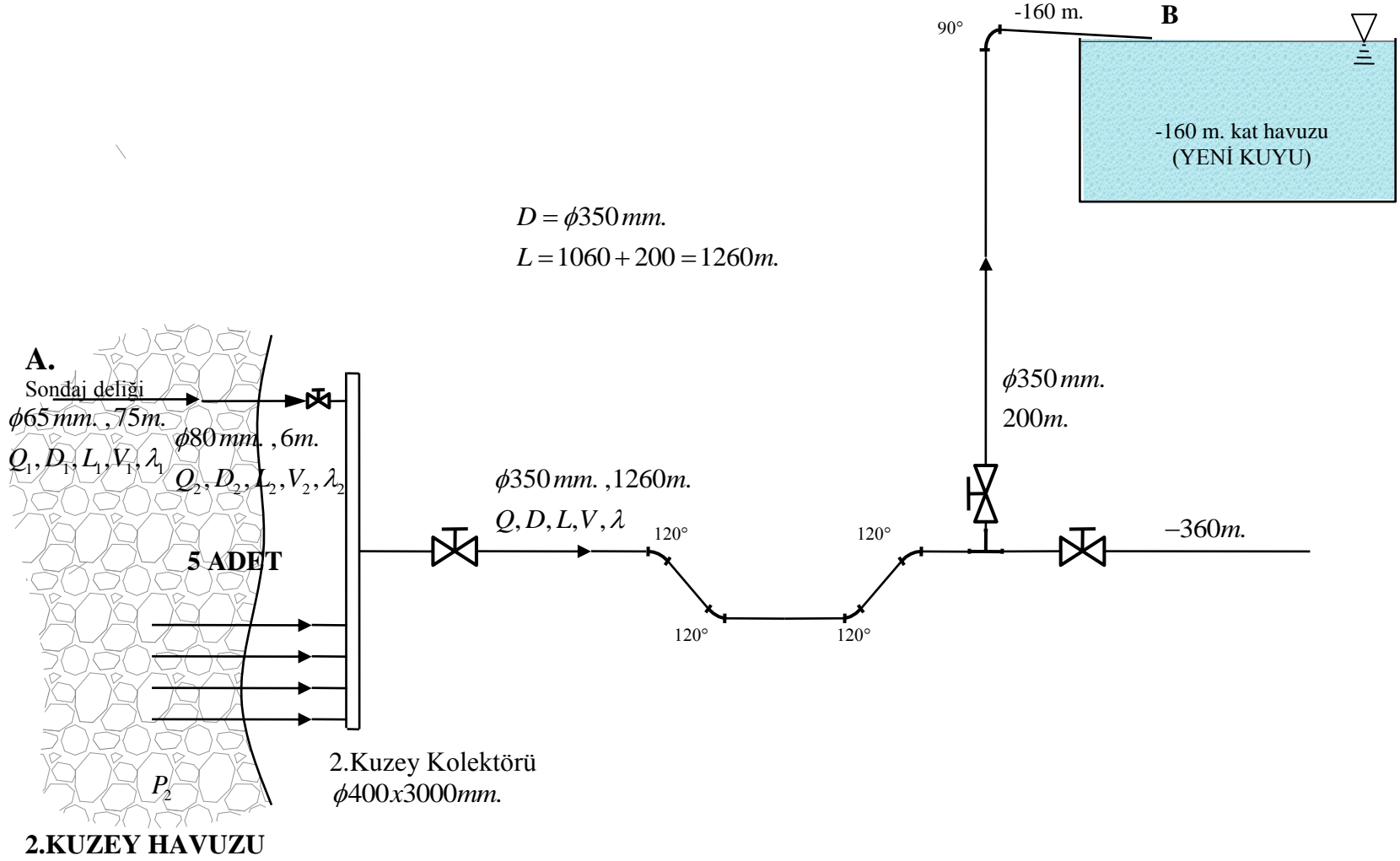
$$\underline{\underline{H_2 - 200 = 48 \cdot V^2}}$$

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 m. katı) debiyi hesaplayalım.

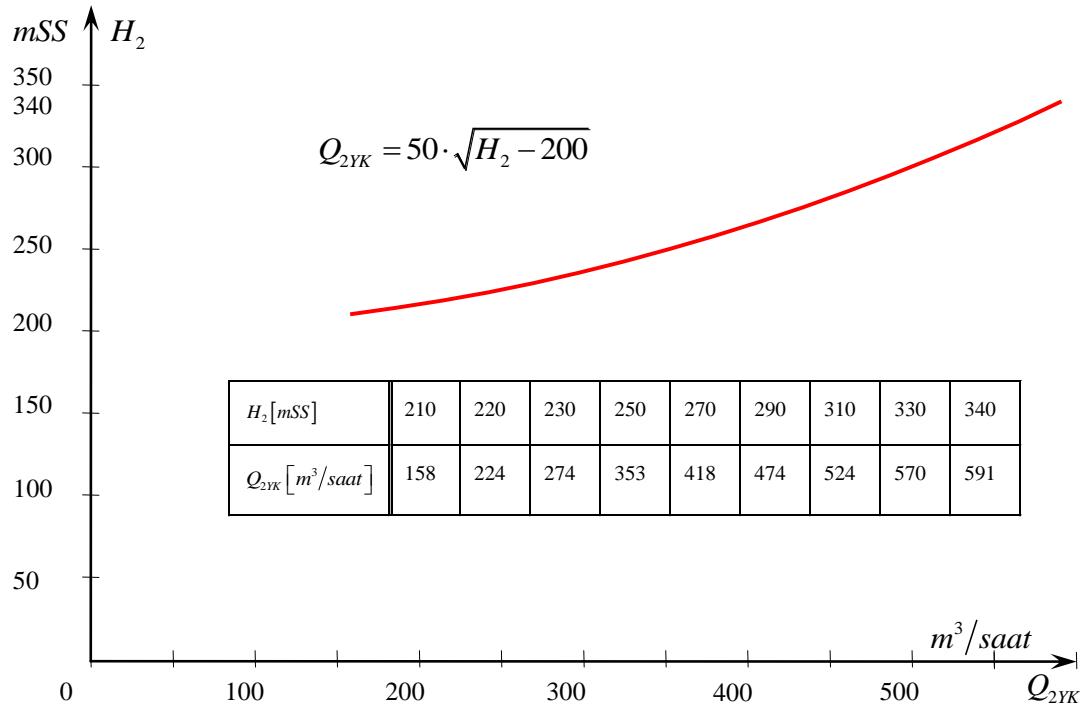
$$Q_{2YK} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,350^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_2 - 200}{48}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{2YK} = 50 \cdot \sqrt{H_2 - 200}}}$$

$$\frac{Q_{2YK}}{m^3/saat} \Big| \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 15 – 2. kuzey havuzu → Yeni kuyu (-160m. katı) boru şebekesi ve bağlantı elemanları (Şematik, sondaj deliği :5 ad., kat çıkışı borusu $\phi 350 \text{ mm.}$).



Şekil 16 – 2.Kuzey havuzu – Yeni kuyu (-160 m. katı) $H_2 = f(Q_{2YK})$ eğrisi (Sondaj deliği 5 adet)

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (Sondaj deliği:7Ad.)

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_2}{\gamma} = H_2 &= 3,88 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,2 \cdot V_2^2 \\ V_1 &= 1,515 \cdot V_2 \end{aligned} \right\} \text{(Sayfa 25,26)}$$

$$Q = 7 \cdot Q_2 \quad \rightarrow \quad D^2 \cdot V = 7 \cdot D_2^2 \cdot V_2$$

$$350^2 \cdot V = 7 \cdot 80^2 \cdot V_2$$

$$\underline{\underline{V_2 = 2,734 \cdot V}}$$

$$V_1 = 1,515 \cdot V_2 = 1,515 \cdot 2,734 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 \cong 4,14 \cdot V}}$$

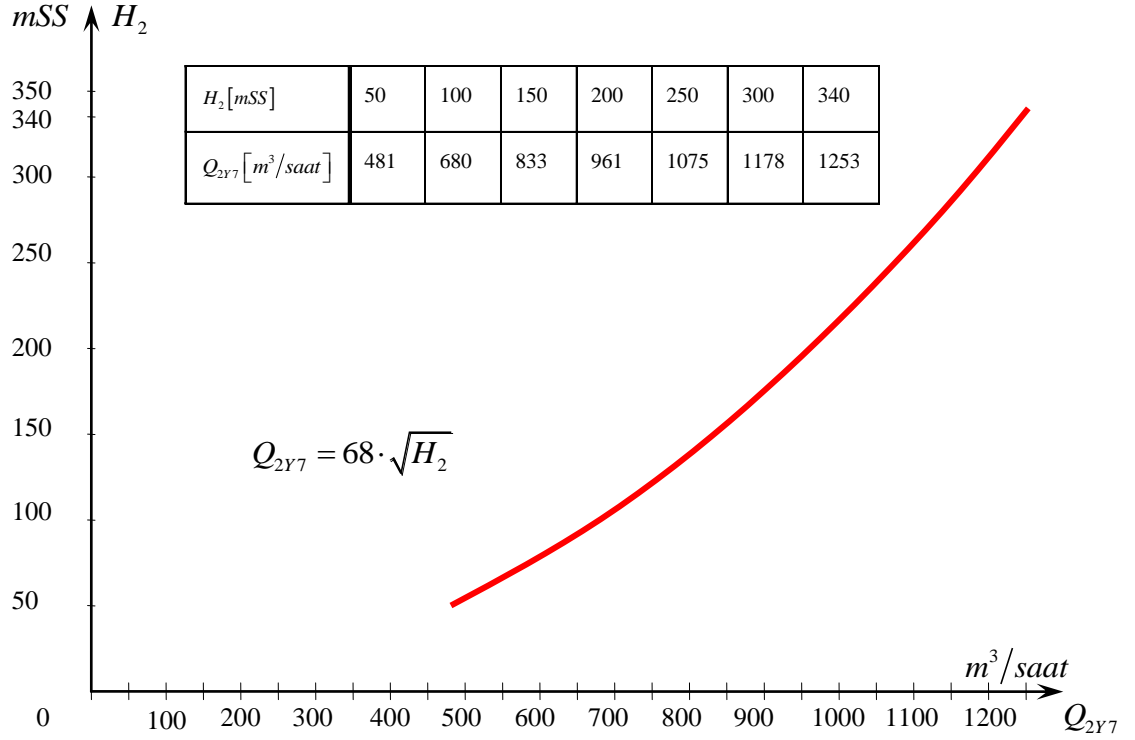
$$\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = 3,88 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (4,14 \cdot V)^2 + 0,2 \cdot (2,734 \cdot V)^2$$

$$\underline{\underline{\frac{P_2}{\gamma} = H_2 = 26 \cdot V^2}}$$

$$Q_{2Y7} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,350^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_2}{26}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{2Y7} = 68 \cdot \sqrt{H_2}}}$$

$$\frac{Q_{2Y7}}{m^3/saat} \mid \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 17 – 2.Kuzey havuzu – Yeni kuyu $H_2 = f(Q_{2Y7})$ eğrisi (Sondaj deliği: 7 adet)

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 m katı) (Sondaj deliği:7Ad., Kat çıkış borusu:φ350mm.)

$$H_2 - 200 = 4,75 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,2 \cdot V_2^2 \quad (S:28)$$

$$\left. \begin{array}{l} V_2 = 2,734 \cdot V \\ V_1 = 4,14 \cdot V \end{array} \right\} (sayfa 30)$$

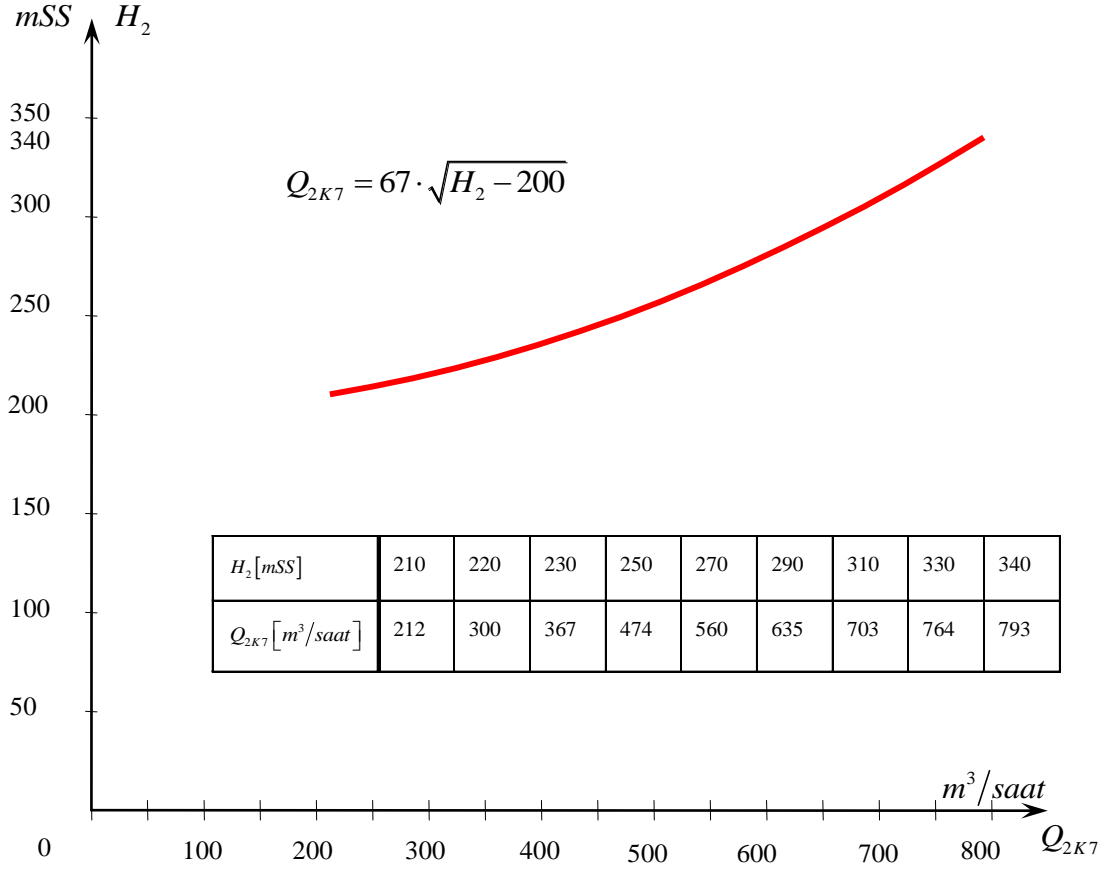
$$H_2 - 200 = 4,75 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (4,14 \cdot V)^2 + 0,2 \cdot (2,734 \cdot V)^2$$

$$\underline{\underline{H_2 - 200 = 26,8 \cdot V^2}}$$

$$Q_{2K7} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,350^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_2 - 200}{26,8}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{2K7} = 67 \cdot \sqrt{H_2 - 200}}}$$

$$\frac{Q_{2K7}}{m^3/saat} \Big| \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 18 – 2.Kuzey havuzu – Yeni kuyu (-160 m. katı) $H_2 = f(Q_{2K7})$ eğrisi (Sondaj deliği 7 adet)

2.KUZEY HAVUZU – YENİ KUYU (-160 m katı)
(Sondaj deliği:7Ad., Kat çıkış borusu:φ400mm.)

A – B arasında Bernoulli denklemini yazalım (Şekil 19),

$$H_2 - 200 = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{AB}$$

$$H_2 - 200 = \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_3^2}{2g} \\ + \lambda_3 \cdot \frac{L_3}{D_3} \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 4 \cdot 0,3 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 0,8 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 0,45 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$H_2 - 200 = \left(1 + 2,5 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,45\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} \\ + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \left(0,5 + 2,5 + \lambda_3 \cdot \frac{L_3}{D_3} + 1,2 + 0,8\right) \cdot \frac{V_3^2}{2g}$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_1 = \lambda_2 = 0,02 \\ \lambda_3 = 0,0234 \end{array} \right\} \quad (\text{Sayfa 25})$$

$$\lambda = 0,0055 + \frac{0,15}{\sqrt[3]{\frac{400}{0,6}}} \quad (\text{Sayfa 10})$$

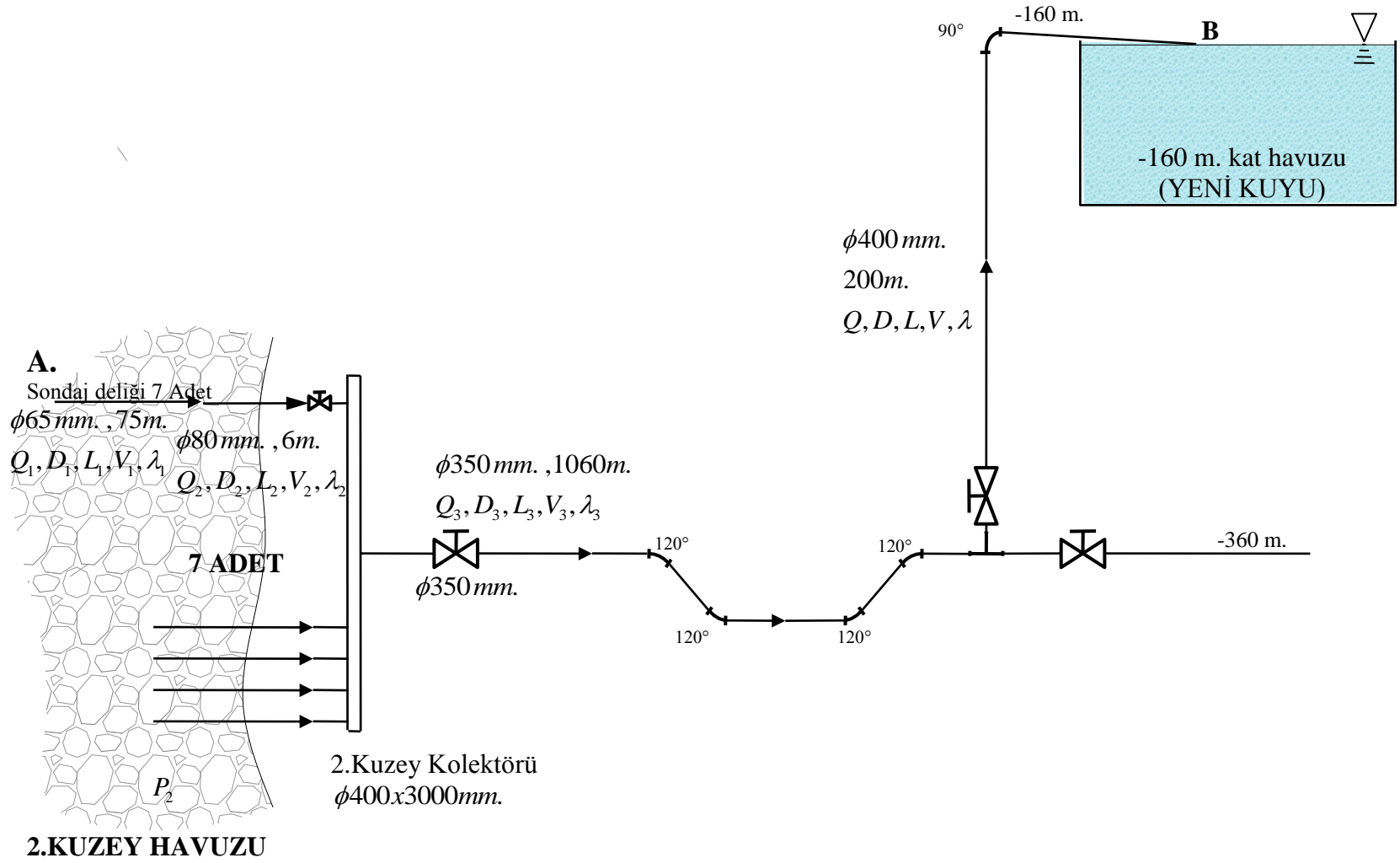
$$\underline{\underline{\lambda = 0,0267}}$$

$$H_2 - 200 = \left(3,95 + 0,0267 \cdot \frac{200}{0,400}\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ + \left(0,02 \cdot \frac{6}{0,080} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} + \left(5 + 0,0234 \cdot \frac{1060}{0,350}\right) \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_2 - 200 = 0,88 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,2 \cdot V_2^2 + 3,87 \cdot V_3^2$$

$$\blacklozenge \quad Q_1 = Q_2 \quad \rightarrow \quad D_1^2 \cdot V_1 = D_2^2 \cdot V_2$$

$$V_1 = \left(\frac{80}{65}\right)^2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_1 = 1,515 \cdot V_2}}$$



Şekil 19 – 2.Kuzey havuzu → Yeni kuyu (-160m. katı) boru şebekesi ve bağlantı elemanları (Şematik, sondaj deliği: 7 adet, Kat çıkış borusu: $\phi 400 \text{ mm.}$).

$$\diamond \quad Q_3 = 7 \cdot Q_2 \quad \rightarrow \quad D_3^2 \cdot V_3 = 7 \cdot D_2^2 \cdot V_2$$

$$350^2 \cdot V_3 = 7 \cdot 80^2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_2 = 2,734 \cdot V_3}}$$

$$\diamond \quad Q_3 = Q \quad \rightarrow \quad D_3^2 \cdot V_3 = D^2 \cdot V$$

$$350^2 \cdot V_3 = 400^2 \cdot V \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_3 = 1,3 \cdot V}}$$

$$V_1 = 1,515 \cdot 2,734 \cdot 1,3 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 = 5,38 \cdot V}}$$

$$V_2 = 2,734 \cdot V_3 = 2,734 \cdot 1,3 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_2 = 3,55 \cdot V}}$$

$$H_2 - 200 = 0,88 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (5,38 \cdot V)^2 + 0,2 \cdot (3,55 \cdot V)^2 + 3,87 \cdot (1,3 \cdot V)^2$$

$$\underline{\underline{H_2 - 200 = 44,67 \cdot V^2}}$$

$$Q_{2K7400} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,400^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_2 - 200}{44,67}} \cdot 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{2K7400} = 67,7 \cdot \sqrt{H_2 - 200}}}$$

$$\frac{Q_{2K7400}}{m^3/saat} \Big| \frac{H_2}{mSS}$$

$$Q_{2K7350} = 67 \cdot \sqrt{H_2 - 200}$$

(Sayfa 31)

$$Q_{2K7400} \cong Q_{350}$$

Programı bozmayalım.

“20” PAS – YENİ KUYU

“20 pas da galeri tavanına doğru $\phi 65$ mm. çapında ~75 m boyunda 8 adet sondaj deliği delinerek su “20” Pas kolektöründe toplanmıştır.

Sondaj deliklerinin ucunda $\phi 80$ mm. 6m. boyunda Cr-Ni li borular ve $\phi 80$ mm. 3 m. lastik hortum vardır. Sondaj deliklerinin bir kısmı aşınmış bir kısmı daralmıştır. Hesaplarımızda,

- ◆ Sondaj delikleri ortalama $\phi 65$ mm. alınmıştır.
- ◆ $\phi 65/\phi 80$ ani genişleme kaybı ihmal edilmiştir.
- ◆ $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0,02$ (S:12) } alınmıştır.
 $\lambda = 0,027$ (S:12)

A –C arasında Bernoulli denklemi yazılırsa (Şekil 20),

$$\frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{AC}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = & \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \\ & + 2,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 3 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = & \left(1 + 0,5 + 2,5 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,9\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} \\ & + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = & \left(4,9 + 0,027 \cdot \frac{751}{0,200}\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} \\ & + \left(0,02 \cdot \frac{9}{0,080} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} \end{aligned}$$

$$\frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = 5,417 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,24 \cdot V_2^2$$

$$Q_1 = Q_2$$

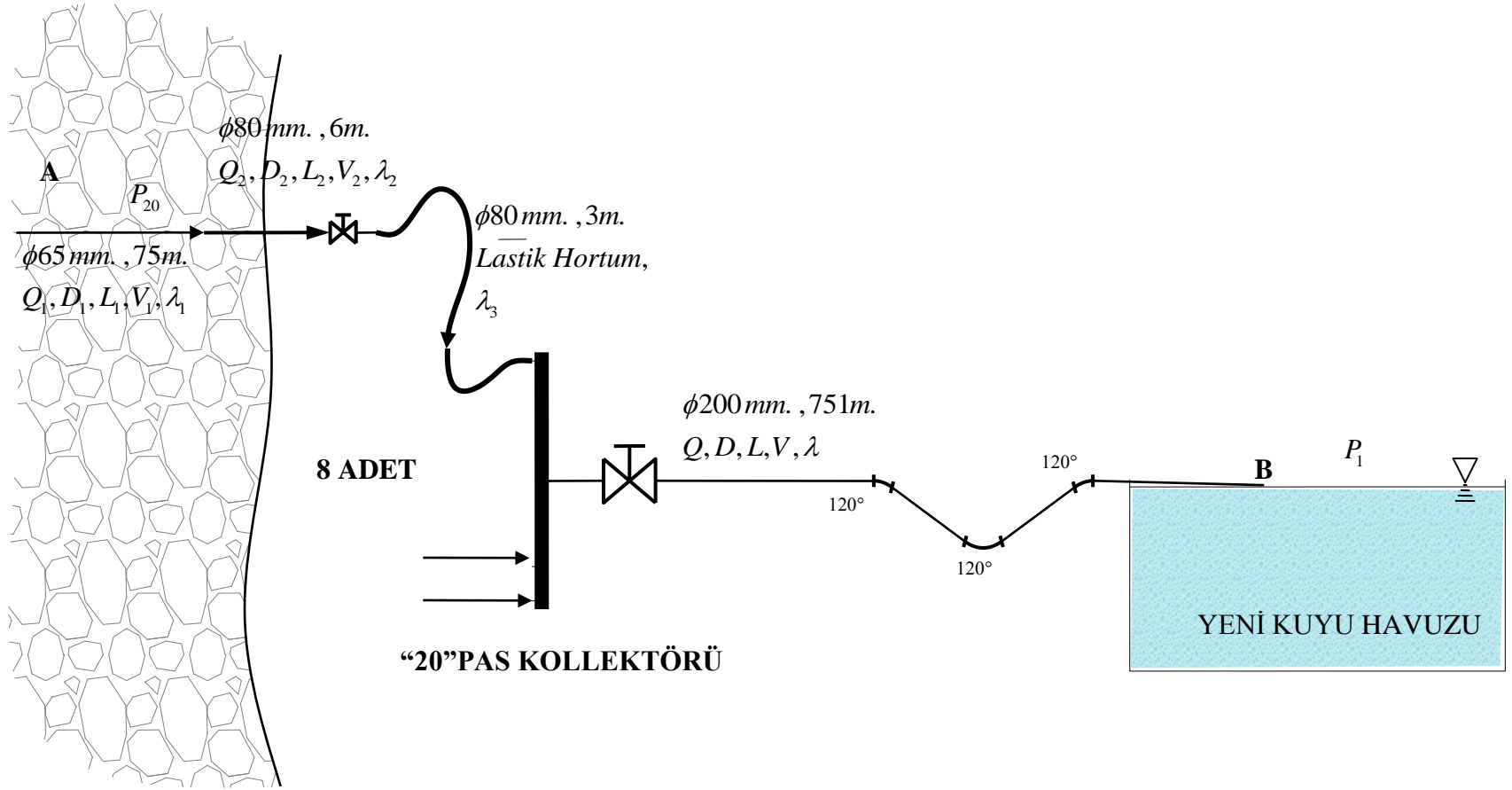
$$65^2 \cdot V_1 = 80^2 \cdot V_2$$

$$\underline{\underline{V_1 = 1,515 \cdot V_2}}$$

$$Q = 8 \cdot Q_2$$

$$200^2 \cdot V = 8 \cdot 80^2 \cdot V_2$$

$$\underline{\underline{V_2 = 0,78 \cdot V}}$$



Şekil 20 – “20”PAS → Yeni kuyu boru şebekesi ve bağlantı elemanları (Şematik).

$$V_1 = 1,515 \cdot V_2 = 1,515 \cdot 0,78 \cdot V$$

$$\underline{\underline{V_1 = 1,18 \cdot V}}$$

$$\frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = 5,417 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (1,18 \cdot V)^2 + 0,24 \cdot (0,78 \cdot V)^2$$

$$\underline{\underline{\frac{P_{20}}{\gamma} = H_{20} = 7,237 \cdot V^2}} \quad \left| \frac{H_{20}}{mSS} \right| \frac{V}{m/sn}$$

“20” PAS – YENİ KUYU debiyi hesaplayalım.

$$Q_{20Y} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_{20}}{7,234}} \cdot 3600$$

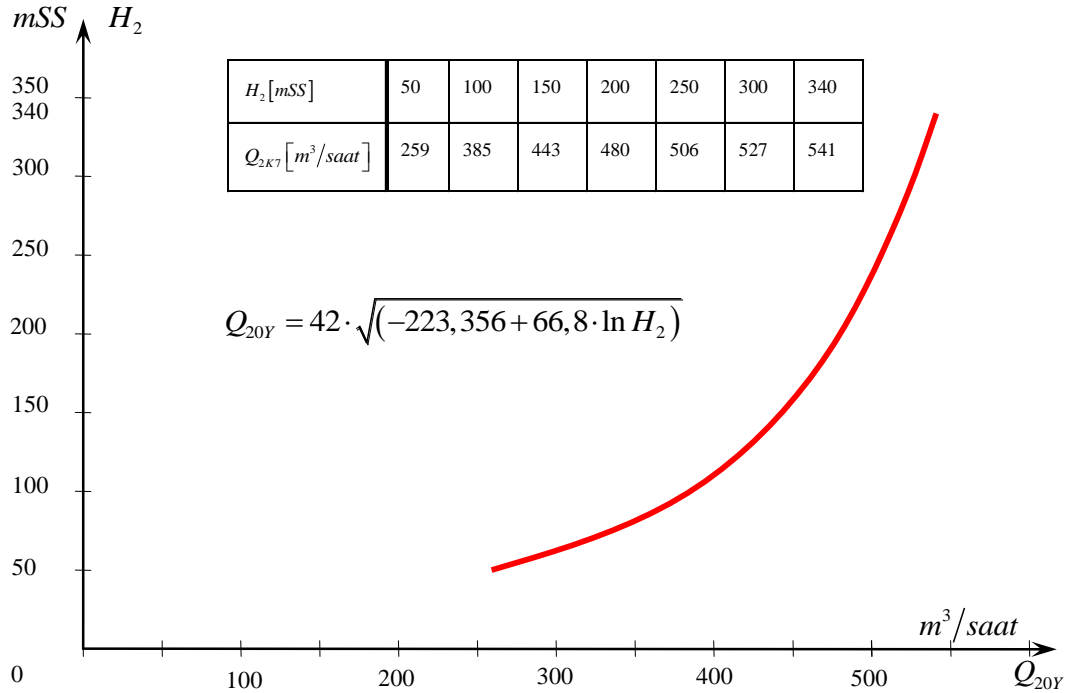
$$\underline{\underline{Q_{20Y} = 42 \cdot \sqrt{H_{20}}}} \quad \left| \frac{Q_{20Y}}{m^3/saat} \right| \frac{H_{20}}{mSS}$$

Sayfa 23 deki cetvelden $H_{20} = f(H_2)$ bağıntısını,

$$-223,356 + 66,8 \cdot \ln H_2 = H_{20}$$

şeklinde bulabiliriz.

$$\underline{\underline{Q_{20Y} = 42 \cdot \sqrt{-223,356 + 66,8 \cdot \ln H_2}}} \quad \left| \frac{Q_{20Y}}{m^3/saat} \right| \frac{H_2}{mSS}$$



Şekil 21 – “20” Pas – Yenikuyu $H_2 = f(Q_{20Y})$ eğrisi.

("0" PAS+"20" PAS) – YENİ KUYU

Bernoulli denklemleri (Şekil 22):

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_{2\text{Lastik}} = \lambda_5 = \lambda_6 = 0,02 \quad (\text{Sayfa 18})$$

$$\lambda_3 = \lambda_7 = 0,027 \quad (\text{Sayfa 12})$$

$$\lambda_4 = \lambda = 0,0234 \quad (\text{Sayfa 25})$$

◆ **ACD boyunca**

$$H_0 = \frac{V^2}{2g} + \sum \xi_{ACD}$$

$$H_0 = \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + 0,3 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + \lambda_3 \cdot \frac{L_3}{D_3} \cdot \frac{V_3^2}{2g} \\ + 0,225 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + \lambda_4 \cdot \frac{L_4}{D_4} \cdot \frac{V_4^2}{2g} + 0,12 \cdot \frac{V_4^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 3 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\substack{45^\circ \text{DIRSEK} \\ 0,45 \frac{45}{90} \text{ (S:14)}}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{(S:16)}}$

$$H_0 = \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,9\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \\ + \left(0,5 + 0,3 + \lambda_3 \cdot \frac{L_3}{D_3} + 0,225\right) \cdot \frac{V_3^2}{2g} + \left(\lambda_4 \cdot \frac{L_4}{D_4} + 0,12\right) \cdot \frac{V_4^2}{2g}$$

$$H_0 = \left(1,9 + 0,0234 \cdot \frac{751}{0,350}\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,02 \cdot \frac{9}{0,080} + 2,5\right) \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} \\ + \left(1,025 + 0,027 \cdot \frac{4}{0,200}\right) \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,0234 \cdot \frac{144}{0,350} + 0,12\right) \cdot \frac{V_4^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_0 = 2,656 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_1^2 + 0,24 \cdot V_2^2 + 0,08 \cdot V_3^2 + 0,5 \cdot V_4^2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$65^2 \cdot V_1 = 80^2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_1 = 1,515 \cdot V_2}}$$

$$Q_3 = 8 \cdot Q_2$$

$$200^2 \cdot V_1 = 8 \cdot 80^2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_2 = 0,78 \cdot V_3}}$$

$$Q_4 = Q_3$$

$$350^2 \cdot V_4 = 200^2 \cdot V_3 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_3 = 3 \cdot V_4}}$$

◆ **BCD boyunca**

$$H_{20} = \frac{V^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_5^2}{2g} + \lambda_5 \cdot \frac{L_5}{D_5} \cdot \frac{V_5^2}{2g} + \lambda_6 \cdot \frac{L_6}{D_6} \cdot \frac{V_6^2}{2g} + 2,5 \cdot \frac{V_6^2}{2g} + 0,5 \cdot \frac{V_7^2}{2g} + 0,3 \cdot \frac{V_7^2}{2g} + \lambda_7 \cdot \frac{L_7}{D_7} \cdot \frac{V_7^2}{2g} \\ + 0,12 \cdot \frac{V_7^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 3 \cdot 0,3 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{20} = \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + 0,9\right) \frac{V^2}{2g} + \left(0,5 + \lambda_5 \cdot \frac{L_5}{D_5}\right) \cdot \frac{V_5^2}{2g} + \left(\lambda_6 \cdot \frac{L_6}{D_6} + 2,5\right) \cdot \frac{V_6^2}{2g} \\ + \left(0,5 + 0,3 + \lambda_7 \cdot \frac{L_7}{D_7} + 0,12\right) \cdot \frac{V_7^2}{2g}$$

$$H_{20} = \left(1,9 + 0,0234 \cdot \frac{751}{0,350}\right) \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{75}{0,065}\right) \cdot \frac{V_5^2}{2 \cdot 9,81} \\ + \left(0,02 \cdot \frac{9}{0,080} + 2,5\right) \cdot \frac{V_6^2}{2 \cdot 9,81} + \left(0,92 + 0,027 \cdot \frac{4}{0,200}\right) \cdot \frac{V_7^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_{20} = 2,656 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V_5^2 + 0,24 \cdot V_6^2 + 0,0744 \cdot V_7^2$$

$$Q_5 = Q_6$$

$$62^2 \cdot V_5 = 80^2 \cdot V_6 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_5 = 1,515 \cdot V_6}}$$

$$Q_7 = 8 \cdot Q_6$$

$$200^2 \cdot V_7 = 8 \cdot 80^2 \cdot V_6 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_6 = 0,78 \cdot V_7}}$$

$$V_1 = 1,515 \cdot V_2 = 1,515 \cdot 0,78 \cdot V_3 = 1,515 \cdot 0,78 \cdot 3 \cdot V_4 = 3,545 \cdot V_4$$

$$V_2 = 0,78 \cdot V_3 = 2,34 \cdot V_4$$

$$H_0 = 2,656 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (3,545 \cdot V_4)^2 + 0,24 \cdot (2,34 \cdot V_4)^2 + 0,08 \cdot (3 \cdot V_4)^2 + 0,5 \cdot V_4^2$$

$$\underline{\underline{H_0 = 2,656 \cdot V^2 + 17,6146 \cdot V_4^2}}$$

$$H_{20} = 2,656 \cdot V^2 + 1,2 \cdot (1,515 \cdot 0,78 \cdot V_7)^2 + 0,24 \cdot (0,78 \cdot V_7)^2 + 0,0744 \cdot V_7^2$$

$$H_{20} = 2,656 \cdot V^2 + 1,9 \cdot V_7^2$$

$$Q = Q_4 + Q_7$$

$$350^2 \cdot V = 350^2 \cdot V_4 + 200^2 \cdot V_7$$

$$\underline{\underline{V = V_4 + 0,326 \cdot V_7}}$$

$$H_0 = 2,656 \cdot V^2 + 17,6146 \cdot V_4^2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_4 \cong 0,24 \cdot (H_0 - 2,656 \cdot V^2)^{1/2}}}$$

$$H_{20} = 2,656 \cdot V^2 + 1,9 \cdot V_7^2 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{V_7 \cong 0,7255 \cdot (H_{20} - 2,656 \cdot V^2)^{1/2}}}$$

$$-223,356 + 66,8 \ln H_2 = H_{20} \quad (\text{Sayfa 38})$$

$$5,85 \cdot H_2^{0,486} = H_0 \quad (\text{Sayfa 20})$$

$$V = 0,24 \cdot (H_0 - 2,656 \cdot V^2)^{1/2} + \underbrace{0,326 \cdot 0,7255}_{-0,24} \cdot (H_{20} - 2,656 \cdot V^2)^{1/2}$$

$$4,17 \cdot V = (H_0 - 2,656 \cdot V^2)^{1/2} + (H_{20} - 2,656 \cdot V^2)^{1/2}$$

$$H_0 = 2,656 \cdot V^2 \cdot \left(1 + \frac{17,6146 \cdot V_4^2}{2,656 \cdot V^2}\right) = 2,656 \cdot V^2 \cdot \left(1 + 6,63 \cdot \frac{V_4^2}{V^2}\right)$$

$$H_{20} = 2,656 \cdot V^2 \cdot \left(1 + \frac{1,9 \cdot V_7^2}{2,656 \cdot V^2}\right) = 2,656 \cdot V^2 \cdot \left(1 + 0,715 \cdot \frac{V_7^2}{V^2}\right)$$

$$\frac{H_{20}}{H_0} = \frac{1 + 0,715 \cdot \frac{V_7^2}{V^2}}{1 + 6,63 \cdot \frac{V_4^2}{V^2}}$$

$$V = V_4 + 0,326 \cdot V_7 \quad \rightarrow \quad 1 = \frac{V_4}{V} + 0,326 \cdot \frac{V_7}{V}$$

$$\frac{V_4}{V} = 1 - 0,326 \cdot \frac{V_7}{V}$$

$$\frac{H_{20}}{H_0} = \frac{1 + 0,715 \cdot \frac{V_7^2}{V^2}}{1 + 6,63 \cdot \left(1 - 0,326 \cdot \frac{V_7}{V}\right)^2}$$

$$\underline{\underline{\frac{V_7}{V} = x}}$$

$$\frac{H_{20}}{H_0} = \frac{1 + 0,715 \cdot x^2}{1 + 6,63 \cdot (1 - 0,326 \cdot x)^2} = \frac{1 + 0,715 \cdot x^2}{1 + 6,63 \cdot (1 - 0,652 \cdot x + 0,106276 \cdot x^2)}$$

$$\frac{H_{20}}{H_0} = \frac{1 + 0,715 \cdot x^2}{0,7 \cdot x^2 - 4,323 \cdot x + 7,63}$$

$$(0,7 \cdot x^2 - 4,323 \cdot x + 7,63) \cdot H_{20} - (1 + 0,715 \cdot x^2) \cdot H_0 = 0$$

$$(0,7 \cdot H_{20} - 0,715 \cdot H_0) \cdot x^2 - 4,323 \cdot H_{20} \cdot x + (7,63 \cdot H_{20} - H_0) = 0$$

$$x = \frac{4,323 \cdot H_{20} - \sqrt{(4,323 \cdot H_{20})^2 - 4 \cdot (0,7 \cdot H_{20} - 0,715 \cdot H_0) \cdot (7,63 \cdot H_{20} - H_0)}}{2 \cdot (0,7 \cdot H_{20} - 0,715 \cdot H_0)}$$

$$H_{20} = 2,656 \cdot V^2 + 1,9 \cdot V_7^2 = 2,656 \cdot V^2 + 1,9 \cdot (V \cdot x)^2$$

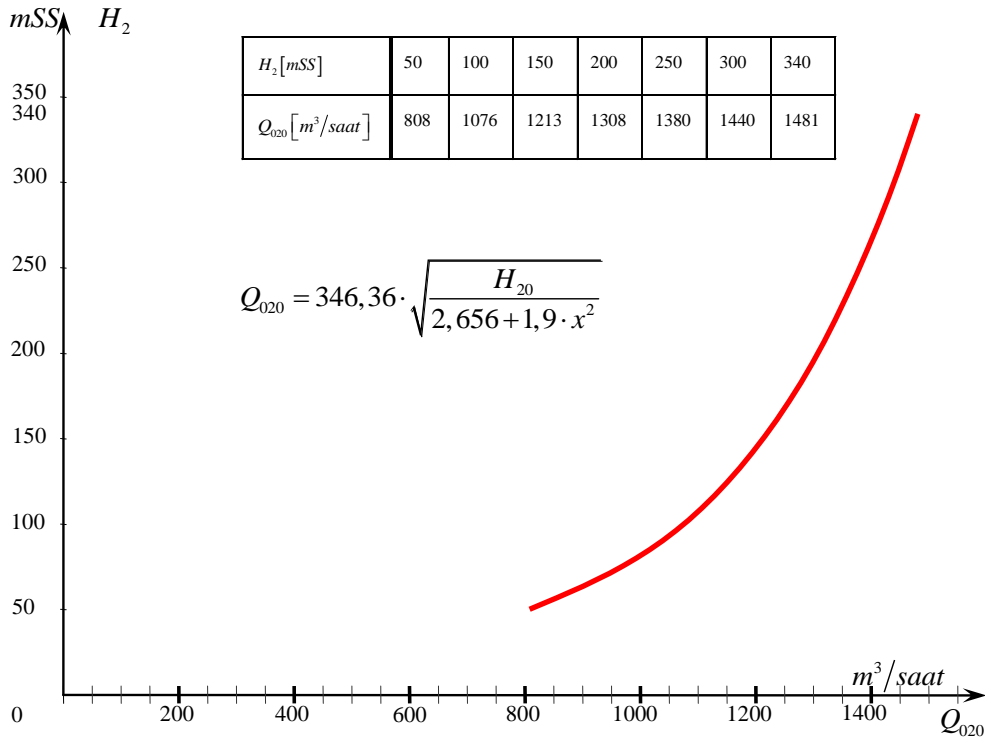
$$H_{20} = (2,656 + 1,9 \cdot x^2) \cdot V^2$$

$$V = \left(\frac{H_{20}}{(2,656 + 1,9 \cdot x^2)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

(“0” PAS+“20” PAS) – YENİ KUYU DEBİ:

$$Q_{020} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 350^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{H_{20}}{2,656 + 1,9 \cdot x^2}} \cdot 3600$$

$$Q_{020} = 346,36 \cdot \sqrt{\frac{H_{20}}{2,656 + 1,9 \cdot x^2}} \quad \left| \frac{Q_{020}}{m^3/saat} \right| \frac{H_{20}}{mSS}$$



Şekil 23 – (“0” Pas+“20” Pas) – Yeni kuyu $H_2 = f(Q_{020})$ eğrisi

$$V_7 = V \cdot x = \left(\frac{H_{20}}{(2,656 + 1,9 \cdot x^2)} \right)^{1/2} \cdot x$$

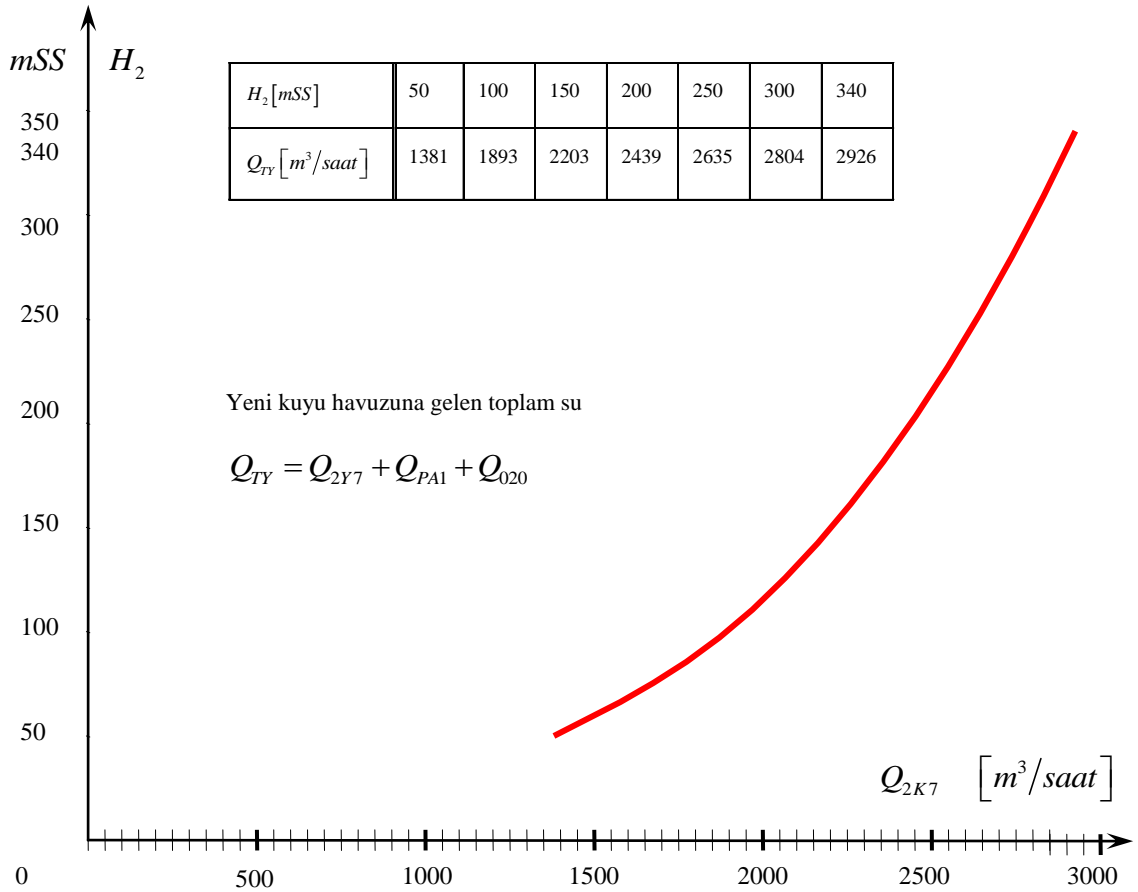
$$Q_7 = \frac{\pi \cdot D_7^2}{4} \cdot V_7 = \frac{\pi \cdot 0,200^2}{4} \cdot \left(\frac{H_{20}}{(2,656 + 1,9 \cdot x^2)} \right)^{1/2} \cdot 3600$$

$$Q_7 = 113 \cdot \left(\frac{H_{20}}{(2,656 + 1,9 \cdot x^2)} \right)^{1/2} \cdot x \quad \frac{Q_7}{m^3/saat} \Big| \frac{H_{20}}{mSS}$$

$$Q_4 = Q_{020} - Q_7$$

Yeni kuyu havuzuna gelen toplam su miktarı;

$$\underline{\underline{Q_T = Q_{2Y7} + Q_{PAI} + Q_{020}}}$$



Şekil 24 – Yeni kuyu havuzuna gelen toplam su miktarının $H_2 = f(Q_{TY})$ eğrisi.

DÜŞÜNÜLEN BORU BAĞLANTILARI

- ◆ Su toplama borusu (Paker) ϕ 250mm. 1.Kuzey havuzu yerine üç yol havuzuna bağlanacak.
- ◆ 2.Kuzey havuzundan çıkan, 7 ad. ϕ 80mm. lik Cr-Ni li borulardaki dirsekler deve boynu olacak. Kolektör yenilenecek. Kolektör-yeni kuyu arasına (1060m.) yeni ϕ 350mm. boru döşenecek.
- ◆ 2.Kuzey havuzu-yeni kuyu arasındaki eski ϕ 350mm. boru, “0” Pas, “20” Pas ortak borusu olacak.
- ◆ ϕ 200mm. lik “20” Pas-Yeni kuyu borusu. Üç yol havuzuna bağlanacak (~204m). Üç yol havuzundaki su, üç yol pompaları ile yeni kuyu havuzuna bu ϕ 200mm. lik “20” Pas borusundan basılacak.

H₂ BASINÇ DEĞERLERİNİN YILLARA DAĞILIMI

YIL	$H_2 \left[\frac{mSS}{GÜN} \right]$				
	Min	Max	340	\geq	$>$
1989	50/5	340/Pik	2	26	51
1991	100/17	340/2	3	83	100
1992	100/35	340/3	3	50	77
1994	60/53	340/2	12	48	50
1995	60/55	300/2	-	46	64
1996	100/100	330/1	-	21	31
1997	100/46	340/1	1	91	117
1998	140/5	340/Pik	7	108	126
1999	50/11	320/5	-	17	24

Ortalama 120 mSS

SU HAVUZLARI

1. “Mining Engineers Handbook” a göre:

Minimum havuz kapasitesi, 8 saatlik akışı karşılayabilecek şekilde olmalıdır, 24 saat yada daha fazla kapasite anormal değildir.

2. “Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA” ya göre:

◆ Uygulamada havuz hacmi daima, bir günlük suyu alacak şekilde hesaplanır ve biri yedek olmak üzere böyle iki havuz yapılır. Pompa kapasitesi ise bir günlük su gelirini 24 saatten daha az bir sürede yeryüzüne basabilecek değerde seçilir.

◆
$$\frac{Q_p \text{ (Pompa kapasitesi } m^3/saat)}{Q_h \text{ (Su geliri } m^3/saat)} = 1, 2 \dots 2 \text{ alınabilir}$$

LİTERATÜR

1. Cahit ÖZGÜR, “Deneysel Hidromekanik”, İTÜ Kütüphanesi Sayı:660, İstanbul-1966
2. Cahit ÖZGÜR, “Pratik Hidrolik Problemleri”, İTÜ Matbaası-1967
3. Heinrich Rödel, “Hydro- Mechanik”, Carl Hanser Verlag München Wien 1978
4. DUBBEL, “Taschenbuch für den Maschinenbau”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg Newyork 1970,1981