

14285

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SCADA SİSTEMİ YARDIMIYLA SU GETİRME
HATLARININ OPTİMUM İŞLETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Erol ÖZALP

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 Eylül 1990

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Eylül 1990

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Haluk KARADOĞAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cahit ÖZGÜR

Prof. Dr. Hasan Fehmi YAZICI

EYLÜL 1990

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖNSÖZ

Görmek istediğim gibi bir İstanbul'a adım adım yaklaşırken, benim de bir katkımın olması dileğiyle ...

Tezime başlarken, mühendislik hayatımın ilk işinin İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nde olmasını sağlayan İSKİ yetkililerine, özellikle burada tanıma şansını bulduğum ve beraber çalışmaktan zevk aldığım Etüd Planlama Daire Başkanı Ertan Korkut'a, Su Proje Müdürü Mustafa Ünlü'ye ve Yük.Müh. Ferhan Kurhan'a, tüm tez çalışmam sırasında sürekli yanımda yardıma hazır bulunan Yüksek Mühendis arkadaşlarım Gülay Savaş, Safa Topbaş Erkan Ferik ve Sevdin Anıl'a, en çok da beni hem tezim, hem de İSKİ'deki çalışmalarım boyunca daima doğru yönlendiren, destekleyen Sayın Hocam Doç.Dr. Haluk Karadoğan'a içten teşekkürü bir borç bilirim.

Erol ÖZALP

İstanbul, 26.9.1990

İÇİNDEKİLER

ÖZET	VI
SUMMARY	VII
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 SCADA'NIN SU DAĞITIM SİSTEMLERİNE UYGULANMASI.....	4
2.1. Merkezden Kontrolün Avantajları	4
2.2. Merkezi Su Yönetimi İçin Bilgi Toplama ve Denetim.....	5
2.2.1. Arazi Bilgi Toplama Alt Sistemi.....	5
2.2.2. Haberleşme Alt Sistemi.....	9
2.2.3. Bilgisayar Alt Sistemi.....	9
2.3. Simulasyon Gereksinimi.....	10
2.4. SCADA Sistemi Bilgi Akışı	11
2.5. Sistem Verimi.....	11
2.6. Arıza ve Erken Uyarımda SCADA.....	12
BÖLÜM 3. SCADA'NIN SU DAĞITIM HATLARI ÜZERİNE ETKİSİ..	14
3.1. Matematiksel Modelin Oluşturulması.....	14
3.1.1. Hidrolik Depo-Vana Boru Similasyonu.....	15
3.1.1.1. Kapasite Elemanı.....	16
3.1.1.2. Akışkan Endüktansı.....	17
3.1.1.3. Kayıp Elemanı.....	18
3.1.2. Matematiksel Modelin Bir Sistemde Uygulanması.....	21
3.1.3. Matematik Modelin Bilgisayara Uygulanması.....	24
3.2. SCADA'nın Depo Hacimleri Üzerine Etkisi ...	25
3.2.1. Günlük Salınımları Dengeleyecek Hacmin Tespiti.....	27

3.2.1.1.	Analitik Yol.....	27
3.2.1.2.	Grafik Yol.....	29
3.2.2.	Depo Seviye Salınımlarında Vana ile Kontrol.....	31
3.3.	SCADA'nın Hava Kazanları Ve Borular Üzerindeki Etkisi.....	37
BÖLÜM 4.	SCADA ve POMPALARDA REGÜLASYON.....	39
4.1.	Pompa Debisini Kontrol Yöntemleri.....	41
4.1.1.	Şebeke Eğrisinin Değiştirilmesi ile Debi Kontrolü.....	42
4.1.2.	Q-H Eğrisinin Değiştirilmesi ile Debi Kontrolü.....	44
4.1.2.1.	Devir Sayısının Ayarlanması.....	44
4.1.2.2.	Ön Dönme Kontrollü.....	47
4.1.2.3.	Çark Kanadı Ayarı.....	48
4.1.2.4.	Pompa Çark Çıkışının Kapatılması.....	49
4.1.2.5.	Çarkın Tornadan Geçirilmesi.....	49
4.1.2.6.	Pompaların Çalıştırılıp Durdurulması.....	50
4.1.3.	Sürekliliğin Değiştirilmesi ile Debi Kontrolü.....	52
4.2.	Kontrol Yöntemlerinin Karşılaştırılması....	53
4.3.	Değişken Hızlı Tahrik Sistemlerinin Akışkan Kontrolünde Kullanılmasının Yararları.....	54
BÖLÜM 5.	SCADA'NIN BÜYÜKÇEKMECE SU GETİRME HATTINDA UYGULANMASI.....	58
5.1.	Hattın Problemleri.....	60
5.1.1.	Kapasite Sorunu.....	60
5.1.2.	Maslak Sorunu.....	62
5.1.3.	Avcılar Sorunu.....	63
5.2.	Hat Elemanlarının İşletimi.....	65
5.2.1.	Pompalar.....	65
5.2.2.	Depolar ve Giriş-Çıkış Vanaları.....	66
5.3.	Mevcut Uygulamanın Dezavantajları.....	68
5.4.	Sonuçlar Ve Hattın İşletimine Yönelik Öneriler.....	69

5.4.1. Depoların Kontrolü.....	69
5.4.2. Büyükçekmece Hamsu Pompalarında Debi Ayarlaması.....	76
5.5. SCADA'nın Büyükçekmece Hattının İşletimine Kazandırdıkları.....	84
SONUÇLAR.....	87
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ	110



ÖZET

Büyük bir şehrin su dağıtımı tek elden, merkezden idare edildiği takdirde daha kontrollü ve istenilen bir şekilde yapılabilir.

Bu çalışmada su dağıtım sistemlerinde Denetlemeli Kontrol ve Veri Edinme (SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition) sisteminin uygulaması incelenmiştir. SCADA'nın avantajları, felsefesi, alt sistem ve enstrümanları tanıtılmış, arıza ve erken uyarım halleri ve sistem elemanlarının ömrü üzerinde SCADA'nın fonksiyonları anlatılmıştır.

Kurulan bir matematik model yardımı ile depo-boruvana sistemlerinin simülasyonu yapılmış, çeşitli durumlar tartışılmıştır.

SCADA uygulamalarının sistemdeki depo hacimlerine etkisi analitik ve grafik yollarla incelenirken, otomatik kontrol vanalarının bu hacimler üzerinde nasıl etkili olabileceği kurulan matematik model yardımıyla da belirlenmiştir.

SCADA'nın su getirme hatları üzerindeki bazı elemanları nasıl etkilediği incelendikten sonra pompa istasyonlarının işletilmesindeki alternatifler tartışılmış ve birkaç yöntem son bölümde Büyükçekmece Hamsu Pompa İstasyonuna uygulanmıştır.

Son bölümde SCADA'nın İstanbul Büyük Şehir Belediyesi İstanbul Su ve Kanalizasyon idaresi İSKİ'nin B.çekmece - Bahçelievler su getirme hattının mevcut problemleri incelendikten sonra, SCADA'nın buraya uygulanması ile optimum işletimi ve bu uygulamaların yararı gösterilmiştir.

OPTIMUM OPERATION OF MAIN WATER LINES

BY THE HELP OF SCADA SYSTEMS

SUMMARY

Today's administrations who are responsible for the daily distribution of millions of metercubes of potable water and serve millions of users choose to monitor and remotely control their water resources, main distribution lines, lake, dam and reservoirs levels in continuous and uninterruptible ways. This can only be achieved by supplying the vital data to one control center for enabling the operators to generate the necessary commands to operate the system in requested state.

Evaluation of the total flow amount in pipeline can be regarded as an example:

If the amount exceeds the limits then a decision of reducing the opening of a valve on the same line might be generated and can be driven by the necessary operational actions in control center.

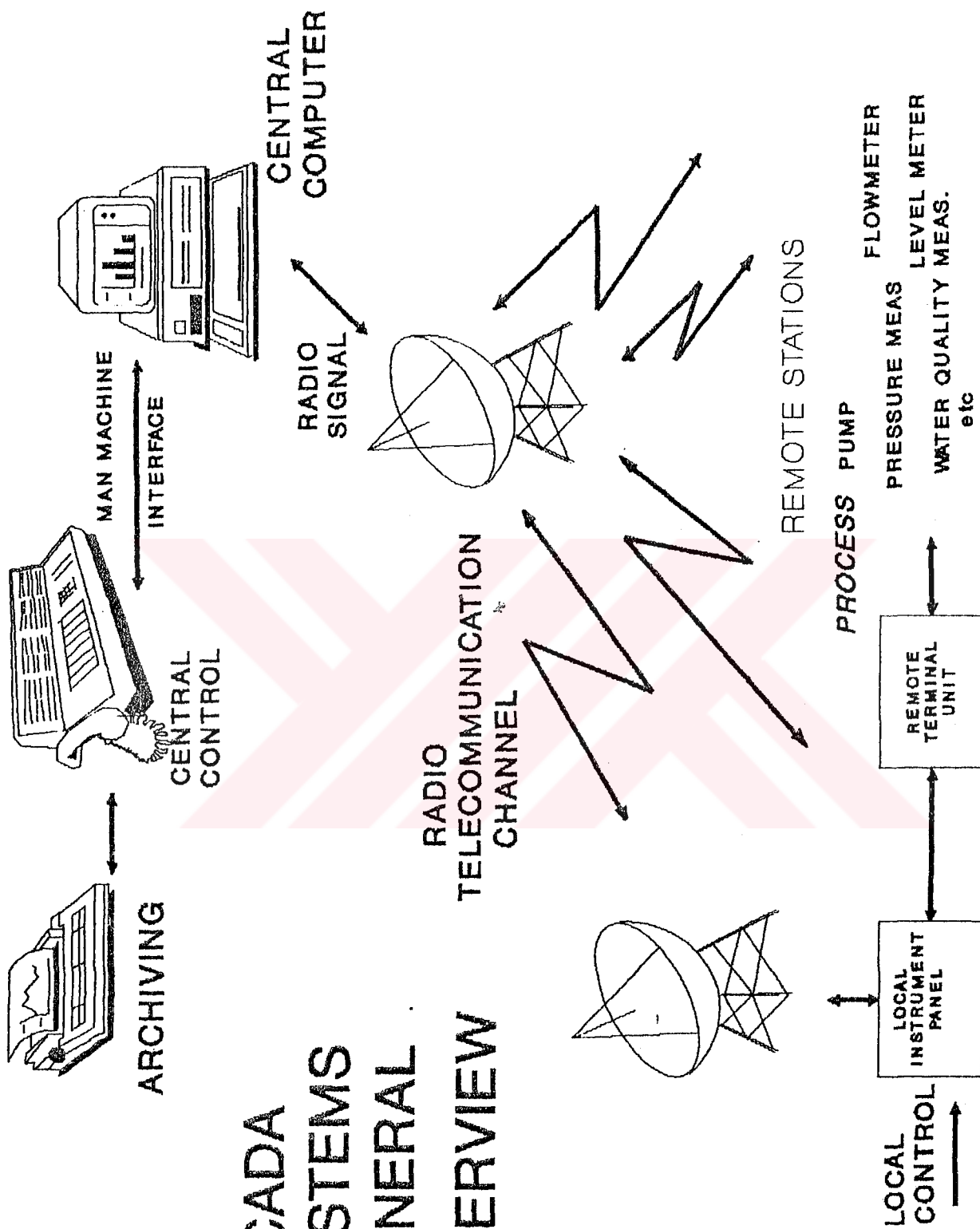
Within the context of a water supply SCADA system besides the monitoring and the control of the distribution lines any fault, breakage or power failure can be detected and any necessary actions taken immediately. In addition the water demands from the different parts of city may be examined in more detail and the whole water distribution network can be run with the highest efficiency.

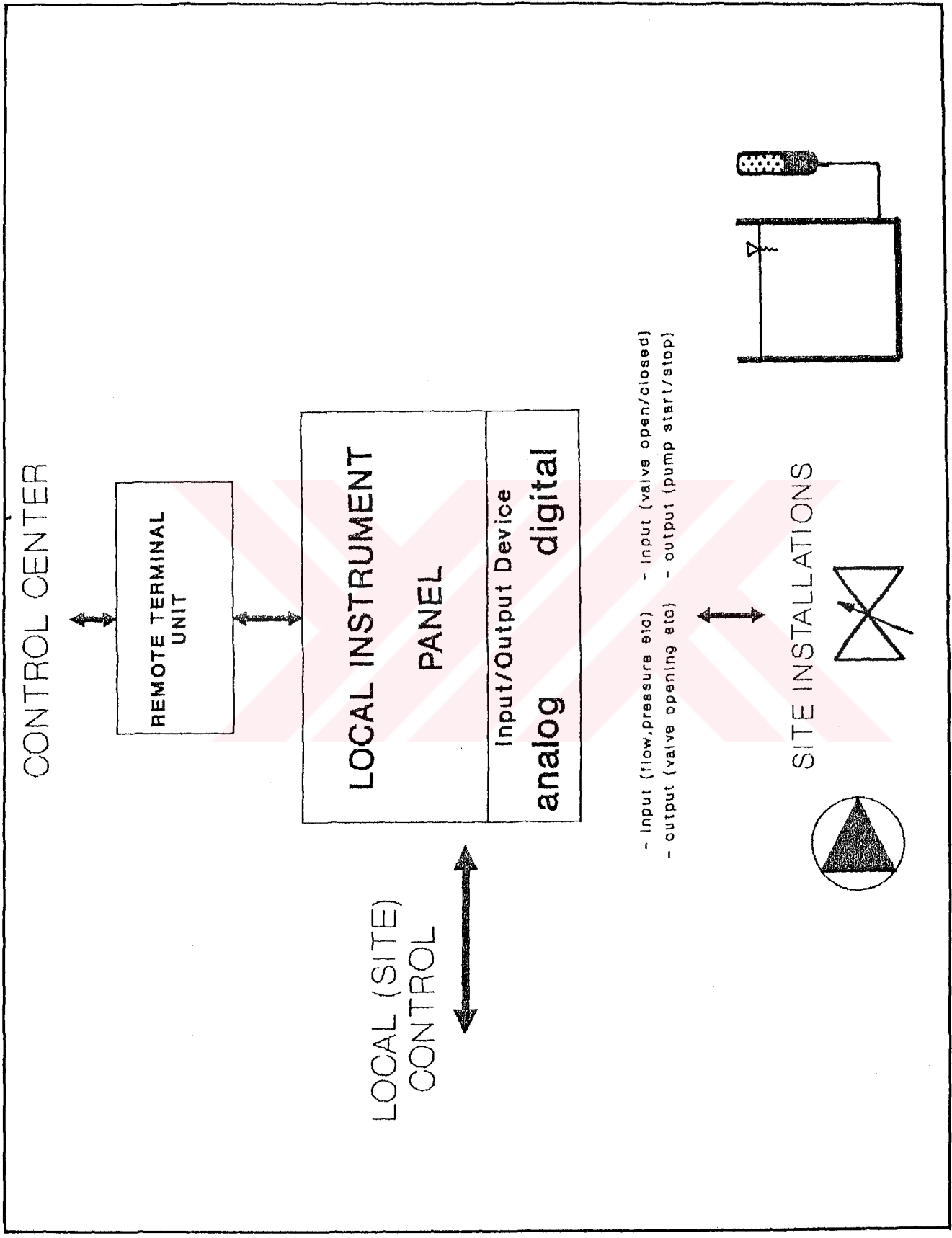
Some of the parameters for a water supply SCADA system, to be monitored and controlled are:

- Meteorological measurements (rainfall, air temperature, evaporation)
- Flow (rate and total)
- Pressure
- Water level (in dams, reservoirs and surge tanks)
- Pump status (stopped, running, fault, alarm, pump running time, power factor, kilowatt hours)
- Water quality (turbidity, PH, residual chlorine)
- Valve status (on/off and selector switch position, valve opening position in percentage)
- Security alarm of each remote station.

After the processing of the collected data, the water can be distributed in accordance to the demands from the consumer. Besides all, future investments for the expansion of network may easily be planned, to serve the increasing population and geographical area.

SCADA SYSTEMS GENERAL OVERVIEW





The main advantages of the controlling from one center can be described as following:

- Achieving homogeneous operation of the distribution
- Supplying continuous and necessary amount of water
- Controlling of the flow in order to avoid instability and water hammer effects.
- Enabling the controlling of the complex and distributed systems where the efficient operation requirements exceeds the capability of the operators.
- Simplifying the water generation and the distribution operations.
- Reducing of employment expert operators which in some extent enables to reduce the operational costs.
- Maintains an advanced data processing and statistical data bank where the logs and reports of the operation are processed and kept for the future references.

A SCADA system is high technology computer-based system which has a wide variety of applications in industry for the monitoring of the remotely located plants and equipments, including the collection of essential data from the remote locations.

SCADA systems are widely used in the following industries:

- Power generation/distribution
- Gas authorities
- Oil refineries
- Water authorities
- Process industries
- Transportation

A completely integrated computer-based SCADA system would typically include the following major complementary components to effect a smooth and trouble-free SCADA system to satisfy particular system objectives depending upon the applications.

- A Computer sub-system
- A Communications sub-system
- Remotely Operated Devices
- A Telemetry sub-system
- Field Instruments

Telemetry and telecommunication system generally consists of remote telemetry units (where the functionally were explained above) and a telecommunication media. The media can vary depending on the nature of the system. Wide area systems can utilize the power lines a radio dependent telecommunication but a local area system also use optical or telephone wires.

In computer sub-system which is located in the control centers conversion of signals from telecommunication media to digital inputs are performed. Processing of all inputs are done in real time; the monitoring and control facilities are enabled over this computer sub-system. All operations and incoming events are kept in logs for security and administrative purpose, reports are generated upon request for specified the intervals. Audible alarms and warnings are produced as soon as a sudden excess or fail in the measurement of a field instrument is observed to inform the operators about the situation of the distribution lines. Besides the items above the SCADA software shows all instrumentation in detailed graphics over color video display units which eases the burden of the operators. Supplied simulation programs help to shape the operational principles well in advance for the future usages in networks.

Such a system can be evaluated upon examining the stable operation of the main distribution network, achieved efficiency, response time and operational expenses, as well as with the continuity of the operation, security and secrecy of the data.

Due to the complexity of the main distribution lines and networks of the water supply systems, the behavior of the whole system can not be easily predicted especially because of many parameters and variables which are involved in the problem. It is advisable to create a model and work on it before realizing any operation on the water system, for avoiding any unwanted effect. With that advantage of simulation, a set of scenarios can be prepared beforehand to be used when the critical situations arises on the SCADA system which also forms the operational philosophy .

With the use of a mathematical hydraulic model, simulation is done for the tank-pipe-valve systems. Tank volumes, which are to be used to compensate the instabilities in daily consumptions, can be minimized especially with the remotely controlled valves in SCADA system. In this study the different values of volumes were examined (which were defined as ratio of the maximum input flow to the maximum daily consumption flow).

Relying upon daily consumption figures, the input flow to tanks can be adjusted by use of valves so the

required tank volumes might be minimized.

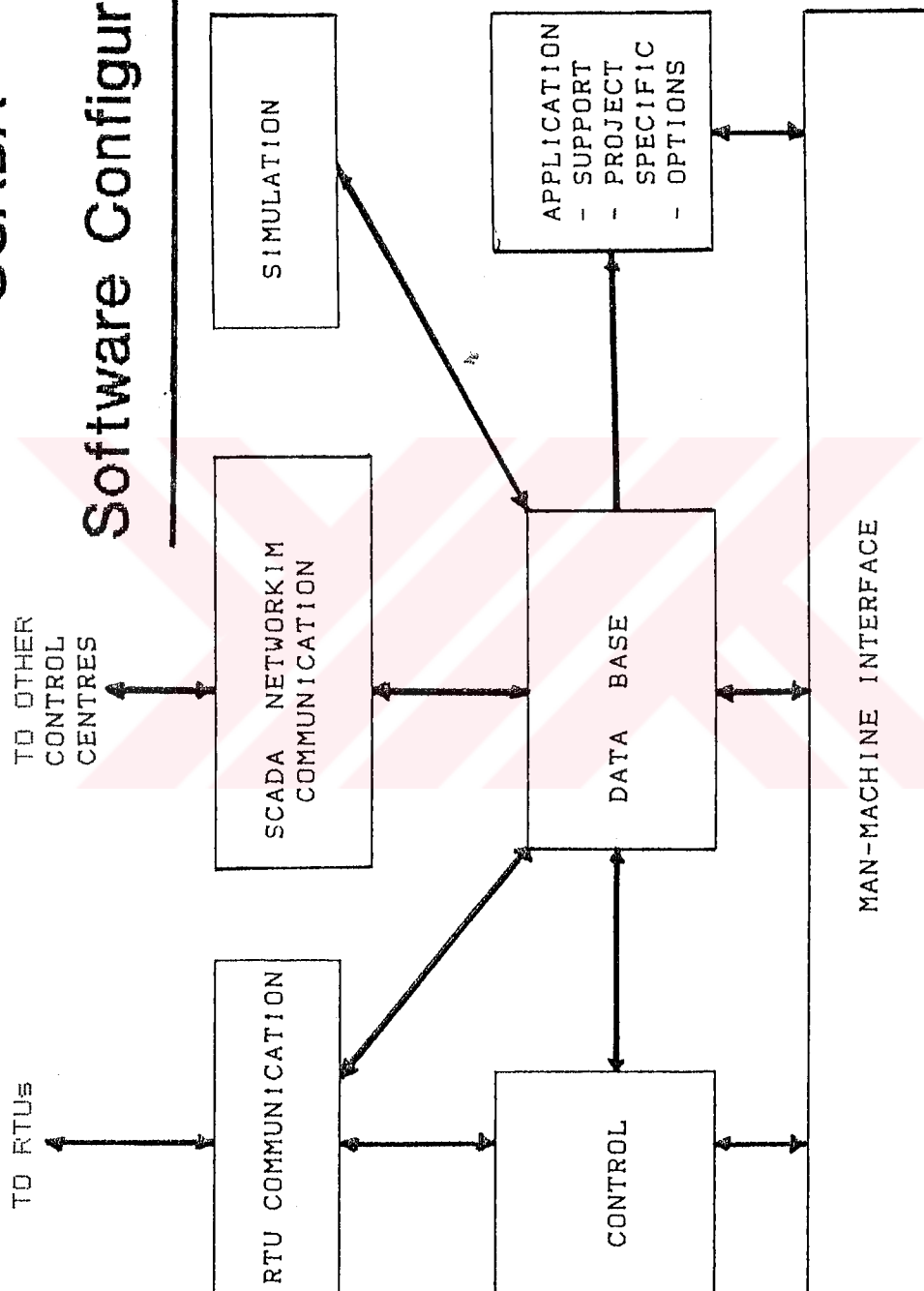
The above mentioned flow control might bring a question of the flow control in non-natural, (non gravity feed) pump feed lines. So the following methods were also mentioned briefly:

- Throttling
- Connection or disconnection of pumps
 - In parallel
 - In series
- By pass regulation
- Speed regulation
- Impeller regulation
- Prerotation control

In the last section of the study; Büyükçekmece-Bahçelievler main distribution line (which were designed for a daily capacity of 400.000 m³ of water) of the Istanbul Metropolitan City, Istanbul Water and Sewerage Administration. The current problems of this line were examined and the new approaches which to be come along with the application of the SCADA system were also emphasized.

SCADA

Software Configuration



- Keyboards
- VDUs
- Loggers
- Mimic

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Sürekli büyüyen ve zamanla daha geniş alanlara yayılan büyük şehirlerin su problemlerini çözmek için, şehrin değişik yerlerine dağılmış su kaynakları, yüzlerce kilometrelik ana su getirme (isale) hatları ile şehire ulaştırılmaya çalışılmaktadır.

Pompaları işleten teknik adamlar bazen tek bir pompanın işletimini üstlenmekte, bazen de yüzlerce pompanın işletiminden sorumlu olmaktadır. Acil durumlarda önemli kararlar vermeleri istenip bir yandan da en ekonomik işletim politikasını seçip uygulamaları beklenirse, özellikle yüksek güçlü pompa istasyonlarında ve karmaşık su getirme sistemlerinde iyi bir verim elde edilemeyeceği ortadadır. Bu durumda merkezden kontrol gerekmektedir. Merkezden kontrol terimi, bir sistem hakkında gerekli bilgileri tek bir merkeze ulaştırıp, sistemin istenen şekilde davranabilmesi için gerekli komutları üretmek ve bunları yürütmek şeklinde özetlenebilir. Örneğin bir su getirme borusunda ölçülen debinin merkezde değerlendirilip istenenden fazla bulunduğu takdirde boru üzerindeki vananın kısılması kararı ve komutunu üretmek ve bunu yürüterek vanayı kısmak gibi.

Artık günümüzde, günlük su dağıtımının milyon metreküp mertebeleri ile ölçüldüğü bir çok şehirde su dağıtımını düzenli yapabilmek için bilgi işlem, kontrol ve kumanda teknolojileri sahip Merkezi Su Yönetim Sistemleri - SCADA 'lar kurulmaktadır.

SCADA sistemi, şehrin su kaynaklarını, ana dağıtım sisteminin ve depoların durumunu sürekli izleme, bilgi toplama, denetleme ve uzaktan kumanda işlevlerini yerine getirmektedir. Şehrin değişik yerlerine yayılmış bir çok istasyondan alınan bilgiler bir kontrol merkezine iletilip, bilgisayarlarda toplanan bilgiler anında değerlendirilip gerekli komutlar verilmektedir.

Böylece ,

- barajlar, arıtma tesisleri, pompa istasyonları, depolar, şehrin değişik bölgelerine dağıtılan su miktarı sürekli gözlenebilmekte,
- su dağıtım sistemindeki arızalar anında belirlenebilmekte ve gerekli önlemler uzaktan kumanda ile anında alınabilmekte,
- şehrin su talebi bölgelere göre daha iyi karşılanabilmekte ve dağıtım şebekesi daha verimli işletilebilmekte,
- meteorolojik şartlar, su kaynaklarının durumu, su kalitesi, basınçlar gibi önemli bilgilerin yanı sıra, pompaları tahrik eden motorların durumu, gerilim, akım ve güç faktörleri de sürekli kontrol altında tutulmaktadır. Bu imkanlarla, daha iyi bakım planlaması yapılabilmekte ve arızalar önceden dikkate alınabilmekte,
- elektrik kesintilerinde, boru kırıklarında, yangın, sel, taşkın gibi acil durumlarda sisteme anında müdahale edilebilmekte,
- şehre verilen suyun kalitesi (klor miktarı, bulanıklık ve pH gibi değerleri) sürekli kontrol altında tutularak şehrin her bölgesine temiz ve sağlıklı su verilebilmekte,

- zorunlu kesintiler şehir halkına en az sıkıntı yaşatacak şekilde planlanabilmekte,
- toplanan bilgilerin değerlendirilmesi ile şehre verilen su, talebe göre ayarlanabilecek, gereken basınç sağlanabilecek ve su eksiği olan bölgelere daha çok su verilebilecek,
- merkezi su yönetim sisteminde toplanan bilgilerle şehrin yeni yerleşim alanları ve nüfus artışına göre gelecekteki yatırımlar ile su dağıtım sistemi planlanabilecektir.

Bu çalışmada önce SCADA sisteminin su getirme sistemlerine uygulanışı tanıtılacaktır.

SCADA'nın arıza hallerinde avantajları ile birlikte erken uyarımın, sistemin ömrü üzerindeki önemi anlatılacaktır.

Daha sonra SCADA'nın su getirme hatlarındaki bazı hidrolik elemanlar üzerindeki etkiler incelenecektir.

Pompa istasyonlarının işletilmesindeki alternatifler tartışılacak.

Son olarak da SCADA'nın pilot bir su getirme hattı üzerindeki uygulamanın yararları gösterilecektir.

BÖLÜM 2. SCADA'nın SU GETİRME SİSTEMLERİNE UYGULANMASI

Günümüzde, her gün milyonlarca metreküp suyun dağıtılmasından sorumlu idareler, su kaynaklarını, ana dağıtım sistemlerini, depoların durumunu sürekli izleme, denetleme ve uzaktan kumanda ile kontrol yoluna gitmektedirler. Bu da gerekli bilgileri tek bir merkeze ulaştırıp, sistemin istenen şekilde davranabilmesi için gerekli komutları üretmek ve yürütmek ile mümkündür. Örneğin bir su taşıma borusunda ölçülen debinin merkezde değerlendirilip istenenden fazla bulunduğu takdirde boru üzerindeki vananın kısılması kararı ve komutunu üretmek ve bunu yürüterek vanayı kısmak gibi. [1]

İşte Merkezi Su Yönetim Sistemi veya SCADA (Supervisory Control and Data Aquisition) su dağıtım tesislerinin idare ve koordinasyonunu temin edecek bir sistemdir.

2.1. MERKEZDEN KONTROLÜN AVANTAJLARI

- Su dağıtım sisteminin, maksimum talep hallerinde bile mevcut suyun tüketicilere yeterli ve devamlı teminini sağlamak için homojen bir şekilde işletilmesi ;
- Su darbeleri, kararsızlık gibi durumlar yaratmadan debilerde değişiklikler yapılabilmesi,
- Karmaşık sistemlerde, uzaktaki istasyonların verimli bir şekilde işletimlerinin operatörlerin yeteneklerini aşması,

- Su dağıtım ve üretim sistemlerinin çalıştırılma ve idaresinin basitleştirilmesi, sistemi işleten operatör sayısının azaltılabilmesi ve bu sayede işçilik maliyetinin düşürülmesi,
- Bilgilerin toplandığı raporlar ve istatistiki amaçlar için kayıtların tutulduğu, bilgilerin işlenip değerlendirmelerin yapıldığı, sistemin işletimine ait bilgilerin sonuç olarak gösterildiği bir merkezin oluşturulması,

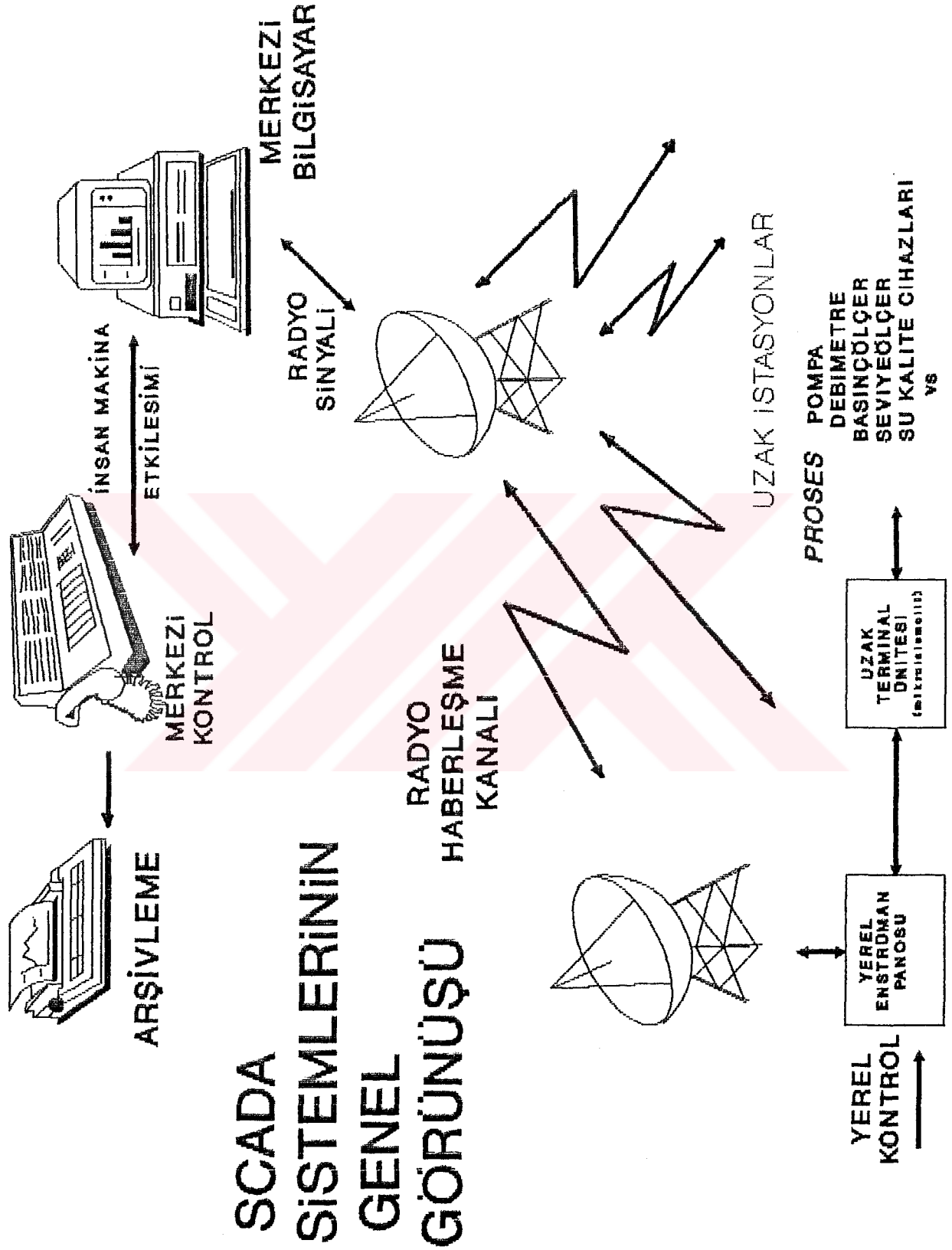
2.2. MERKEZİ SU YÖNETİMİ İÇİN BİLGİ TOPLAMA VE DENETİM

Su getirme tesisleri için entegre bir denetlemeli kumanda ve bilgi toplama (SCADA) sistemi oluşturulurken tüm alt sistemler ve bileşenleri düzenli ve arızasız bir SCADA sistemini teşkil etmek için fonksiyonel olarak bütünleşmiş olmalıdır (Şekil 2.1). [2]

Merkezi kontrol sisteminin alt sistemleri aşağıda sıralanmıştır :

2.2.1 Arazi Bilgi Toplama Alt Sistemi

- Su kalite kontrol cihazları: Dağıtım ve depolanması yapılan su, sürekli olarak sertlik, bulanıklık, pH ve klor açısından denetim altında tutulabilmektedir.
- Elektromanyetik veya Ultrasonik Debimetreler: Su dağıtım ana hatlarından geçen su miktarını anlık ve toplam olarak ölçen ve bu değerleri elektrik sinyaline dönüştüren elemanlardır.



Şekil 2.1

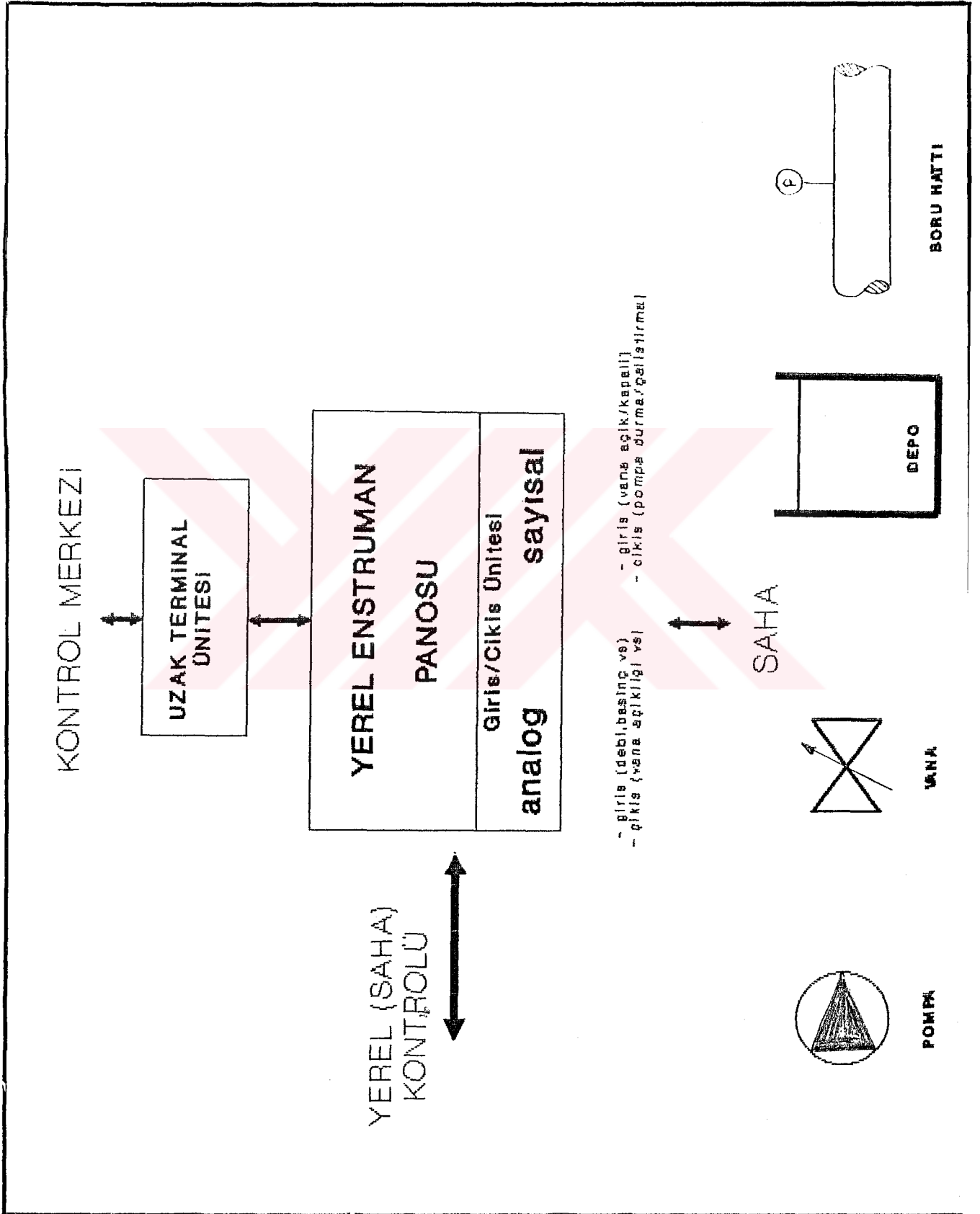
- Elektropomp Üniteleri: Bu ünite uzaktan kumanda ile anında çalıştırılıp durdurulabileceği gibi, pompa çalışma süresi, yatak sıcaklığı, güç faktörü, gerilim gibi önemli çalışma faktörleri sürekli olarak ana kontrol merkezinden izlenebilmektedir.
- Kontrol Vanaları: Su dağıtım hatlarında istenen su debilerinin sağlanması amacı ile hatlara eklenen bu denetim vanaları Su Yönetim Merkezi'nden gönderilen sinyallerle istendiği anda açılıp kapatılabilmekte veya açıklığının yüzdesi belirlenebilmektedir.
- Basınç Ölçerler: İstenen duyarlılıkta ölçüm yapabilen basınç ölçerler yardımıyla ana dağıtım hatlarında çeşitli nedenlerle oluşabilecek ani basınç düşmeleri merkezden izlenebilecek ve anında önlemler alınabilecektir.
- Seviye ve Hacim Ölçerler: İstatistiksel amaçlar nedeni ile hergün, belirlenmiş zamanlardaki seviye veya hacim değerleri kaydedilir.
- Yerel Cihaz Panoları: İstasyonda bulunan elemanların anlık durumunu gösteren bir mimik panoyla kontrol cihazlarını kapsayan ünitelerdir.

Bunların yanında

- Sistemin akışla ilgili parametreleri hakkında bilgi toplayacak duyargalar (transducer),
- Bu fiziksel bilgileri elektronik sinyallere çevirecek elemanlar da merkezden uzaktaki istasyonlarda bulunan elemanlar arasında sayılabilir.

•

Tüm bu yerel enstrümanlarda birkaç dakikada bir ölçüm yapılarak merkeze o nokta hakkında sürekli bilgi verilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2

2.2.2 Haberleşme Alt Sistemi :

- Uzak İstasyon Haberleşme Birimleri : Ana dağıtım hattı üzerinde bulunan her istasyondaki kontrol cihazlarına ana bilgisayarlardan ulaşan sinyallerin dönüşümü için kullanılmaktadır. [3]

- Uzak istasyonlardaki elektrik sinyallerini merkeze iletecek bir iletişim ağı.

2.2.3 Bilgisayar Alt Sistemi (Kontrol Merkezi) :

Tüm koordinasyon sistemin beynini oluşturan kontrol merkezinden yapılmaktadır. Esas olarak,

- İletişim hatlarını gözler,
- Gerekli kontrol sinyallerini gönderir,
- Mesajları alır,
- Geri mesajları alır,
- Simulasyon programları ile önceden işletim felsefeleri belirler,
- Devrelerin ve mesajların gizliliğini sağlar,
- Alarm uyarılarında bulunur,
- Sistemin kontrolü için gereken insan-makina ilişkisini sağlar,
- Kontrol merkezindeki operatörün komutlarını uzak istasyonlara aktarır.
- Arşivleme : Uzak istasyonlardan alınan akış debisi, çalışma zamanı gibi analog veya sayaç değerlerinin hepsi belli bir süre saklanır ve yeniden gösterme, kayıt, basım veya grafik çıkış olarak tekrar işleme alınabilir. Belli bir süre sonra (bir hafta - on gün) bilgisayara yüklenen bilgiler arasından bir seçim yapılarak her eleman için örneğin yalnızca günün en yüksek ve en düşük değerleri alınır.

2.3. SİMULASYON GEREKSİNİMİ

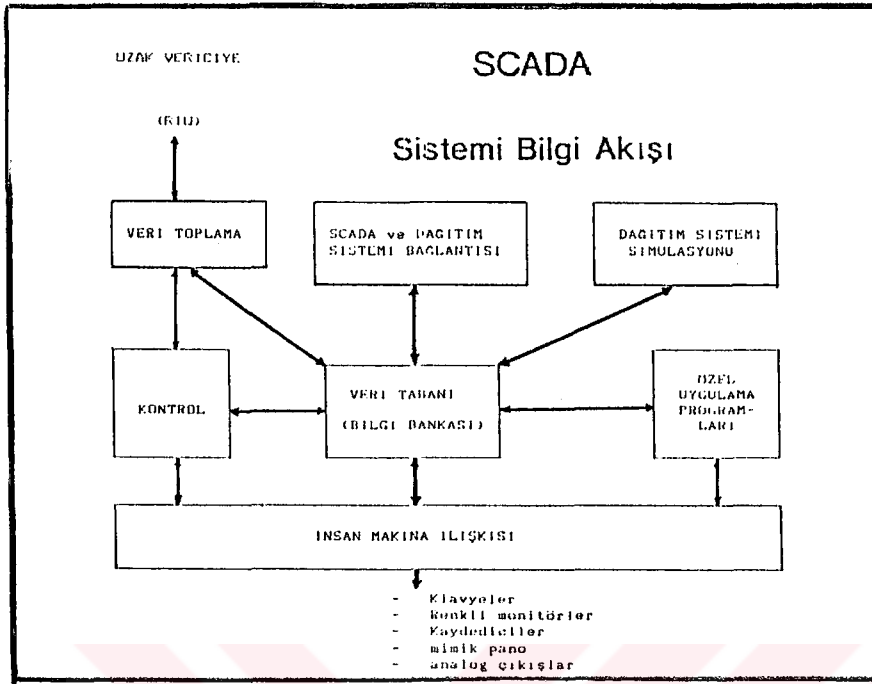
Çok karmaşık bir yapıya sahip su dağıtım şebekelerinin veya su getirme hatlarının, bazı kararlar ve uygulamalar karşısında nasıl davranış göstereceğini önceden tahmin etmek parametre ve değişkenlerin çok fazla olması nedeni ile zordur.

Bu durum, SCADA gibi bir sistemle merkezi bir yerden yönetilen bir su dağıtım sisteminin bile, daha önce denemesi yapılmamış, kritik bir uygulama ile karşı karşıya kaldığında, nasıl bir cevap vereceği sorusunu akla getirir. Bu cevabın, şehrin bazı kritik bölgelerini (hastahane veya tesadüfi bir yangın yeri vs. gibi) susuz bırakabileceği, uzun su getirme borularını boşaltabileceği, bazı boru veya noktalarda fazla basınç yaratıp boruları patlatabileceği düşünülürse, böyle bir uygulamanın doğuracağı sonuçları önce şehrin su getirme hatlarını simule eden, bir hidrolik model üzerinde denemek daha doğru olacaktır. Fakat bunun için de, modelde girilmiş vana, boru, pompa ve depo gibi elemanların gerçek sistemin dataları ile uyum içerisinde olması gerekmektedir. Çok başarılı bir simülasyonda SCADA'dan alınan analog datalar, doğrudan modelin ana değişkenlerini oluşturacak şekilde olmalıdır. [4]

Simülasyonun bu avantajları daha da geliştirilip önceden tasarlanacak bir takım senaryolarla SCADA'ya, kritik durumlarda uygulanmak üzere özel işletme felsefeleri hazırlanabilir.

Bu model sayesinde mevcut hatların en iyi işletilmesi için gerekli koşullar (hat üzerindeki vanaların açıklıkları, pompaların debileri, depo seviyeleri, kritik noktalardaki basınçlar ...) modelde önceden yapılacak denemelerle tespit edilip, daha sonra doğrudan SCADA'da uygulanabilir.

2.4. SCADA SİSTEMİ BİLGİ AKIŞI



Şekil 2.3 : SCADA sistemi bilgi akışı

2.5. SİSTEM VERİMİ

Merkezden kumanda sisteminin verimi sistemin kararlı olarak çalıştırılmasını sağlamadaki becerisi ve bu iş için gerekli maliyete bakarak değerlendirilebilir.

Doğruluğu : (Hatası, doğrusallığı, duyarlılığı vb.) (duyurga, A/D çevirici, telemetre vericisi, iletişim hattı, alıcı ve göstergenin hataları dahil),

Ortalama Cevap Süresi: (uzak istasyonda yapılacak değişikliğin kontrol merkezindeki aletlerde %95 oranında görülme süresi),

Emniyet ve Gizliliği : (güvenilirliği, kesintisiz çalışması, birkaç kritik ünitenin çalışmaması halinde alternatif çalışma modları olması, elemanların uzun süre bozulmadan çalışabilmesi). [5]

2.6. ARIZA ve ERKEN UYARIM'DA SCADA

Bir su getirme hattında SCADA ile ölçülen değerler özetlenecek olursa :

- suyun kalitesi
 - . sertlik
 - . pH değeri
 - . bulanıklık
 - . klor kalitesi
- su getirme hatlarından geçen su miktarı
 - . anlık
 - . toplam
- su getirme hatlarındaki basınçlar
- depo ve göl seviyeleri
- pompa motor grubunda
 - . pompa çalışma süresi
 - . mildeki titreşimler
 - . yatak sıcaklığı
 - . güç faktörü
 - . akım ve gerilim
- vanaların açıklık ve kapalılık durumları

Tüm elemanların ölçümleri çok kısa aralıklarla tekrarlandığı için yukarıda adı geçen değerlerden herhangi birinde beklenmeyen bir değişiklik olduğunda, bu durum bir alarm sinyali olarak merkezdeki mimik pano üzerinde ve enstrumanlarda gösterilecek analog bilgi şeklinde anında farkedilecek ve gerekli önlem zamanında alınabilecektir.

Örneğin boru patlakları, ani basınç düşümleri nedeni ile anında farkedileceği için kilometrelerce uzunluğundaki bir borudan uzun süreli bir su kaçağı ya aradaki bir vananın uzaktan kapatılması ile ya da pompaların durdurulması sayesinde önlenebilir.

Pompa yatak sıcaklığı ve özellikle milindeki titreşimlerin sürekli izlenmesi de erkenden olası bir arızayı farkettilereceği için, SCADA'nın su getirme sistemi mekanik teçhizatının ömrü üzerinde olumlu rol oynadığı söylenebilir [6].



BÖLÜM 3. SCADA'NIN SU DAĞITIM HATLARI ÜZERİNE ETKİSİ

SCADA'nın sağladığı kuşkusuz en büyük fayda, su getirme ve dağıtma hatları üzerindeki bir çok kritik noktada yapılan ölçümleri anında merkezde algılama ve değerlendirme avantajına sahip olmaktır. Bu ölçümler yardımıyla hat elemanlarının birbirlerini nasıl etkiledikleri belirlenebilir ve birtakım otomatik kontrol algoritmaları geliştirilebilir.

3.1. MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞTURULMASI

Kurulacak bir matematiksel model yardımı ile bir su dağıtım hattı üzerindeki hidrolik elemanlar arasındaki bağıntı ve etkileşimler daha yakından izlenebilir.

Bu program sayesinde bazı depo-boru-vana sistemlerinde hız, debi, basınç, seviye gibi değişkenlerin zamana bağlı nasıl değişim gösterdiği kolaylıkla görülebilir.

Bu sonuçlar sayesinde:

- depoların giriş ve çıkışındaki vanalarla en iyi nasıl kontrol edilebileceği bulunabilir.
- farklı çaplarda vanaların farklı açıklıklarda, sürtünme katsayısı-debi-basınç kaybı bağıntıları belirlenebilir.
- günlük su tüketimi değişimlerinin depo seviyelerine etkisi,

- depo seviye salınımlarının dengelenmesinde vanaların etkisi ortaya konabilir.
- otomatik kontrol vanaları simule edilebilir.

Burada dikkatlice yapılacak bir inceleme ile pratikte isale ve şebekelerde suyun münavebeli dağıtımında vanaların ne denli önemli rol oynadıkları ortaya çıkacaktır.[7] Program sonuçlarından, doğrudan uygulamaya katsayı-vana kapama tur sayısı bağıntısı belirlendiğinden geçilebilecektir.

3.1.1 Hidrolik Depo-Vana-Boru Simulasyonu

I. Enerji depolayan elemanlar

- potansiyel enerji depolayan depolar (1)
- kinetik enerji depolayan borular (2)

II. Enerjiyi kayıplar halinde ısıya çeviren elemanlar(3)

Kabul : Yapılan çalışma boyunca sıkıştırılamaz bir akışkanın daimi olmayan akışı ele alınmış olup, zamanın birer fonksiyonu olan basınç $P(t)$ ve debinin $Q(t)$ her t anındaki Q ve P değerleri için inceleme yapılmıştır.

Tanımlar :

İç değişken, i : Kinetik enerji düzeyini belirleyen elemandır.

$$i=Q \text{ (debi)}$$

Uç değişken, e : Potansiyel enerji düzeyini belirleyen elemandır.

$$e= \Delta P \text{ (basınç, basınç farkı)}$$

GÜÇ = (İç değişken) x (Uç değişken)

$$E = Q \times \Delta P$$

Entegre Edilmiş Değişkenler:

$$q = \int i \cdot dt = \int_0^t Q \cdot dt = V \quad q = \int Q \cdot dt + V_0 = V(t)$$

$$p = \int e \cdot dt = \int P \cdot dt = 1/A \cdot \int F \cdot dt = \Pi m$$

V:Hacim A:Birim alan T:Zaman

F:Kuvvet Π :Momentum

3.1.1.1 Kapasite Elemanı :

$$e = \phi_c(q)$$

$$\Delta P = \phi_c(V) \quad [8]$$

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T Q(t) \cdot dt = Q$$

$$\Delta H \cdot A = Q \cdot T$$

$$A \int_1^2 dH = \int_0^t Q \cdot dt$$

$$Q = \frac{dH}{dt} \cdot A$$

veya

$$H_2 - H_1 = 1/A \cdot \int Q \cdot dt$$

$$Q = \frac{\Delta H \cdot \rho \cdot g}{dt} \cdot A = \frac{\Delta P}{dt} \cdot \frac{A}{\rho \cdot g}$$

$$Q = \frac{dP}{dt} \cdot \frac{A}{\rho \cdot g}$$

$$Q = A \cdot \frac{dH}{dt}$$

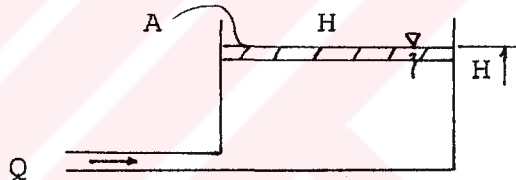
$$Q = C_o \cdot \frac{dP}{dt}$$

... (3.1)

C deponun kapasitansı olarak tanımlanır. Fiziksel anlamı,

$$C = A = \frac{A \cdot dH}{dH} = \frac{dV}{dH}$$

$$C = \frac{\text{Depo edilmiş su hacmindeki artma}}{\text{Depo seviyesindeki artma}}$$



Bu kapasitans depunun kesit alanına karşılık gelmektedir. Kesit alanı sabitse C de bütün seviyeler için aynıdır.

Depo yerine depodaki akışkanı inceleyecek olursak, C_0 akışkan kapasitesi olarak tanımlanabilir. Depodaki akışkanın bağlı olduğu hatta uyguladığı basınç açık bir depoda sıvının ağırlığı ile ilgilidir. Fiziksel anlamı :

$$C_0 = \frac{A}{\rho \cdot g} = \frac{dH \cdot A}{dH \cdot \rho \cdot g} = \frac{dV}{dP}$$

$$C_0 = \frac{\text{Depo edilmiş su hacmindeki artma}}{\text{Basıncındaki artma}}$$

3.1.1.2 Akışkan Endüktansı (Akışkan Ataleti) :

$$i = \varnothing_i(p)$$

$$Q = \varnothing_q(P \, dt)$$

$$\frac{d(mV)}{dt} = \sum F$$

$$m = A \cdot L \cdot \rho$$

m: Boru içindeki suyun kütlesi

$$A \cdot L \cdot \rho \cdot \frac{dV}{dt} = A \cdot \Delta P$$

$$\text{Akışkan ataleti: } I_a = \frac{L \cdot \rho}{A}$$

$$\Delta P = I_a \cdot \frac{dQ}{dt}$$

.... (3.2)

$$\bar{Q} = \frac{1}{I_a} \cdot \int_0^T \Delta P \cdot dt$$

$$\text{Akışkan ataleti: } I_a = \frac{P}{dQ/dt} = \frac{\text{Boru içindeki yük kaybı}}{\text{Debideki değişim}}$$

3.1.1.3 Kayıp Elemanı :

Sistemdeki kayıp elemanları vana olarak simule edilir. Kayıp iç değişkenin yani debinin bir fonksiyonudur [8].

$$\begin{aligned} e &= O_R(i) \longrightarrow e = R \cdot i & R : \text{Direnç} \\ \Delta P &= O_R(Q) \longrightarrow \Delta P = R_H Q & R_H : \text{Hidrolik Direnç} \end{aligned}$$

Yük kaybı ile basınç arasındaki quadratik bağıntı :

$$\begin{aligned} \Delta P &= K_P \cdot Q^2 & P [\text{bar}] \\ \Delta H &= K_H \cdot Q^2 & H [\text{m}] \end{aligned}$$

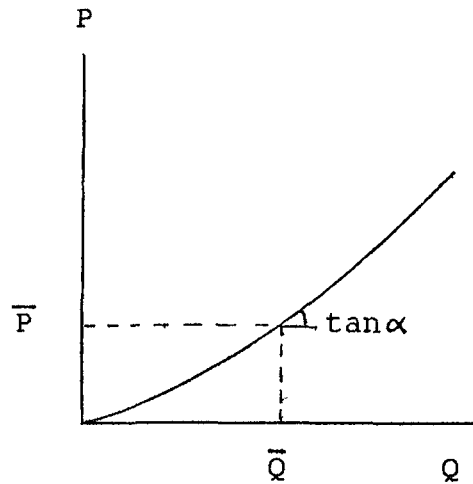
Kararlı rejimde : $P = K \cdot Q^2$ ise
 δp , $\Delta \bar{P}$ etrafındaki basınç farkı değişimi,
 δq , $\Delta \bar{Q}$ etrafındaki debi farkı değişimidir.

$$\begin{aligned} \delta p &= (2 \cdot K \cdot \bar{Q}) \cdot \delta q \\ \delta p &= R_H \cdot \delta q & R_H : \text{Hidrolik direnç} \end{aligned}$$

$$R_H = \frac{\delta p}{\delta q} = \frac{\text{Seviye veya basınçta değişme}}{\text{Debideki değişme}}$$

Basınç ve debideki değişmelerin Q , H değerleri etrafında küçük kalması halinde eğri yerine , teğetini alarak bağıntı lineerleştirilebilir.

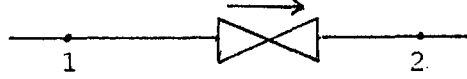
$$R = \left(\frac{\delta p}{\delta q} \right) = \tan \alpha = \text{sb.}$$



şekil 3.1

Lokal kayıp elemanları:

Sistemdeki tüm lokal kayıp elemanları bir vana olarak simule edilebilir.

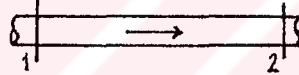


$$\Delta H = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = K_{\text{vana}} \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad K_{\text{vana}}: \text{Vana kayıp katsayısı}$$

Vana katsayılarına Bölüm 5'de bir daha değinilecektir.

Sürekli Yük Kayıp Elemanları (Borular):

Boruları vana gibi bir kayıp elemanı şeklinde ifade etmek mümkündür.



$$\Delta H = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = K_{\text{Boru-VH}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$K_{\text{Boru-VH}} = \frac{\lambda \cdot L}{D} \quad (\text{Hız}(V) \text{ ve Depo seviyesi}(H) \text{ bağıntısı için})$$

Denklem basınç ve debi ile ifade edilecek olursa :

$$P = \rho \cdot g \cdot \frac{\lambda \cdot L \cdot 8}{g \cdot D^5 \cdot \pi^2} \cdot Q^2 = K_{\text{Boru-QP}} \cdot Q^2$$

$$K_{\text{Boru-QP}} = \rho \cdot \frac{\lambda \cdot L \cdot 8}{D^5 \cdot \pi^2} \quad (\text{Basınç}(P) \text{ ve Debi}(Q) \text{ bağıntısı için})$$

λ sürtünme faktörü hem Reynolds sayısı hem de borunun nisbi pürüzlülüğüne bağlıdır. Boru içinde sürtünmeden doğan yük kaybının hesaplanması Moody diagramından bulunabilmesine rağmen, matematiksel bir hidrolik

modelin bilgisayara uygulanmasında bu kayıplar Darcy-Weisbach formülü ile belirlenmiştir. Yük kaybı şu şekilde ifade edilmiştir: [15]

$$H = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

λ :sürtünme faktörü L: Boru uzunluğu [m]

D: Boru çapı [m] V: Boru içindeki akışkanın hızı [m/s]

H:Yük kaybı [m] g:Yer çekimi ivmesi [m/s²]

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7 D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

ϵ : Mutlak pürüzlülük [m]
Re: Reynolds sayısı

Sonuç:

Kararlı rejimde : $\Delta P = R \cdot Q$

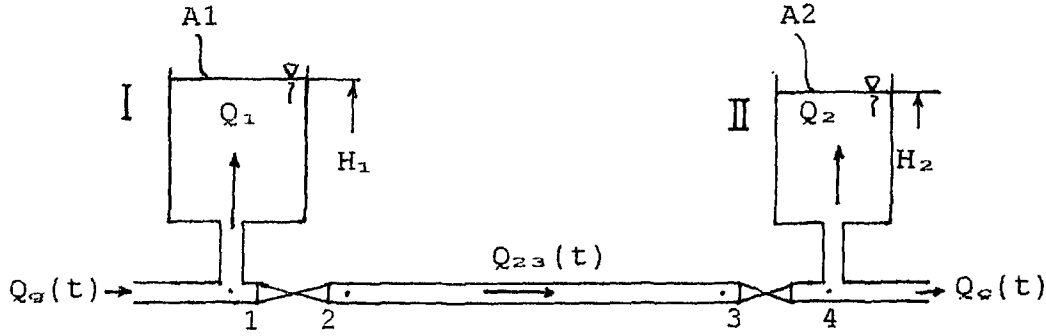
Gerçekte : $\Delta P = K \cdot Q^2$

Pratikte verilen K değerleri $H = K_{\text{boru-vh}} (V^2/2g)$ için olanlarıdır. Model oluşturulduktan sonra hesaplarda vana ve boru kayıp katsayılarının benzerliğini sağlamak için yük kayıpları şöyle alınacaktır:

$$\text{Vana için : } \Delta H = K_{\text{vana}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad \dots (3.3)$$

$$\text{Boru için : } \Delta H = \frac{\lambda \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} = K_{\text{boru-vh}} \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad \dots (3.4)$$

3.1.2 Matematiksel Modelin Bir Sistemde Uygulanması :



Şekil 3.2 : Depo - boru - vana modelinin değişkenleri

Sistemin serbestlik derecesi=3

(2 potansiyel enerji depolayan depo + 1 kinetik enerji depolayan boru)

Eleman Bağıntıları:

(3.1), (3.2), (3.3) bağıntılarından yararlanarak,

$$\text{I. Depo (kapasite elemanı) : } C1 \cdot \frac{dP1}{dt} = Q_g - Q_{23}$$

$$\text{2-3 Borusu (endüktif elem.): } I_a \cdot \frac{dQ_{23}}{dt} = P_2 - P_3$$

$$\text{1-2 Vanası (kayıp elemanı) : } P1 - P2 = K_{BORU-PQ} \cdot Q_{23}^2$$

$$\text{3-4 Vanası (kayıp elemanı) : } P1 - P2 = K_{VANA} \cdot Q_{23}^2$$

$$\text{II. Depo (kapasite elemanı): } C1 \cdot \frac{dP1}{dt} = Q_{23} - Q_c$$

Not: Tüm debiler ve basınçlar zamanın fonksiyonu $Q(t)$ $P(t)$ olup, her t anı için ayrı incelendiğinden formüllerde Q ve P olarak bırakılmıştır.

Etkileşim Bağıntıları :

$$C_1 = \frac{A_1}{\rho \cdot g}$$

$$I = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$C_2 = \frac{A_2}{\rho \cdot g}$$

$$Q_g - Q_1 - Q_{23} = 0$$

$$Q_{23} - Q_g - Q_2 = 0$$

$$P_1 - P_2 = K_{BORU-PQ} \cdot Q_2$$

Sistem Denklemleri :

A) Basınlara göre:

$$(3.5)'den , \quad C_1 = \frac{dP_1}{dt} = Q_g - Q_{23}$$

$$\boxed{\frac{dP_1}{dt} = \frac{1}{C_1} (Q_g - Q_{23})} \quad \dots (3.10)$$

$$(3.6) \dots (3.8)'den, \quad I \frac{dQ_{23}}{dt} = P_2 - P_3$$

$$\boxed{\frac{dQ_{23}}{dt} = \frac{1}{I_a} (P_1 - K_{BORU-PQ} Q_{23}^2) - (P_4 - K_{Vana} Q_{23}^2)} \quad \dots (3.11)$$

$$(3.5)'den , \quad C_2 = \frac{dP_4}{dt} = Q_{23} - Q_g$$

$$\boxed{\frac{dP_4}{dt} = \frac{1}{C_2} (Q_{23} - Q_g)} \quad \dots (3.12)$$

B) Depo seviyelerine göre denklemler yazılırken boru için sürekli yük kayıp katsayısı olarak $K_{\text{boru-vh}}$ alınacak (3.10)...(3.12) elde edildiği gibi (3.13)...(3.15) denklemleri elde edilebilir.

$$\frac{dH_1}{dt} = \frac{1}{A_1} (Q_g - Q_{23}) \quad \dots (3.14)$$

$$I_a \frac{dQ_{23}}{dt} = P_2 - P_3 = (P_1 - P_2) - (P_3 + P_2) =$$

$$= P_1 - P_4 - (R_1 \cdot Q + R_2 \cdot Q)$$

$$\frac{L \cdot f}{S} \cdot \frac{dQ_{23}}{dt} = P_1 - P_4 - (K_{\text{BORU-VH}} + K_{\text{vana}}) \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot f \cdot g$$

$$= g \cdot f \cdot (H_1 - H_4) - (K_{\text{BORU-VH}} + K_{\text{vana}}) \frac{8}{D^5 \cdot \pi^2} Q^2$$

$$\frac{dQ_{23}}{dt} = \frac{S \cdot g}{L} \cdot f_1 - \frac{1}{2 \cdot L \cdot S} (K_{\text{BORU-VH}} + K_{\text{vana}}) \cdot Q^2 + \frac{S \cdot g}{L} \cdot H_4 \quad \dots (3.15)$$

$$\frac{dH}{dt} = \frac{1}{A_2} \cdot (Q_{23} - Q_g) \quad \dots (3.16)$$

Sistem Denklemlerinin RUNGE_KUTTA Alt Programına Hazırlanması :

Sistem Değişkenleri : H Q H
Program Karşılıkları : Y(1) Y(2) Y(3)

Zamana Göre Türevleri: dH/dt dQ/dt dH/dt
Program Karşılıkları : F(1) F(2) F(3) [14]

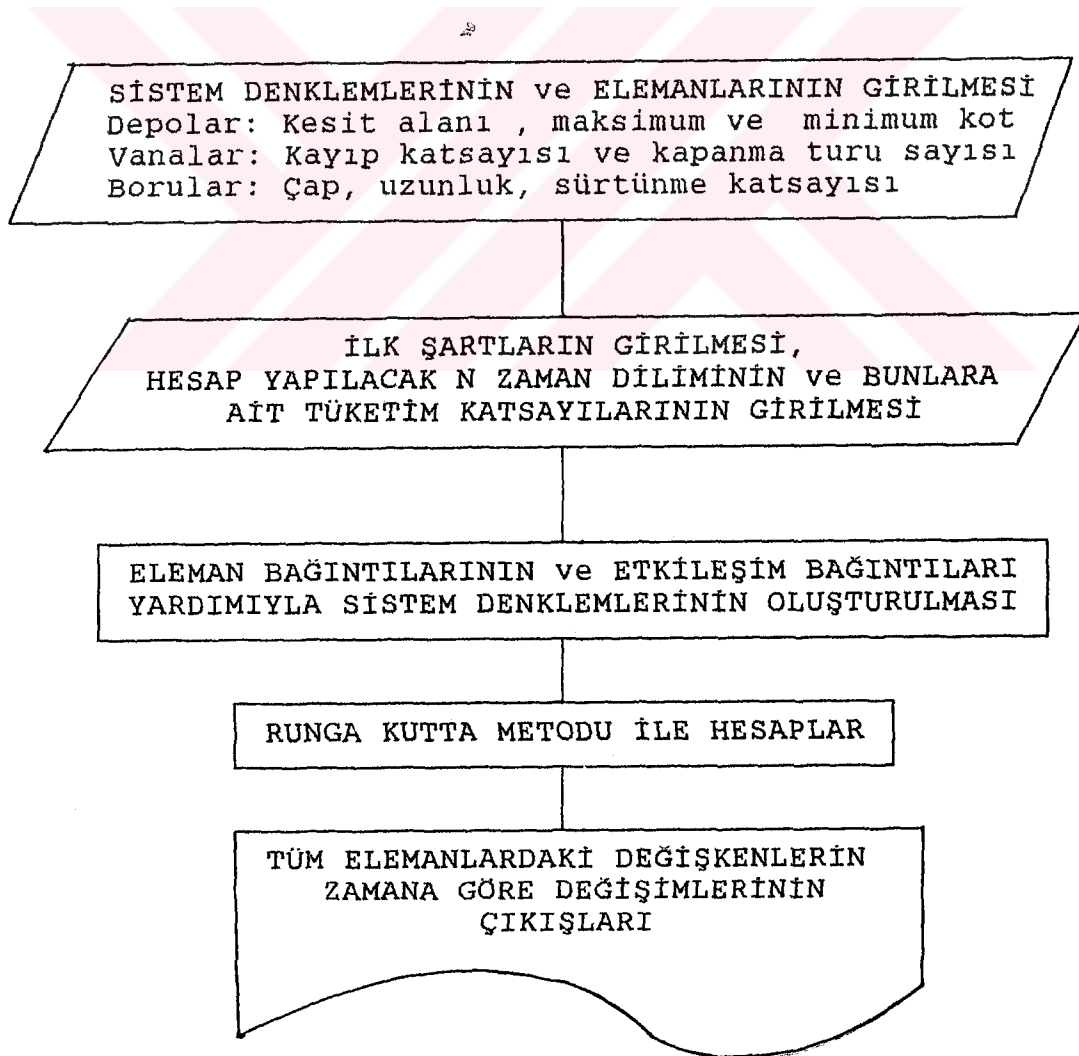
$$F(1) = 1/A \cdot Q_{\text{giris}} - 1/A \cdot Y(2)$$

$$F(2) = Sg/L (Y(1) - Y(3)) - 1/(2LS) (K_{\text{boru}} + K_{\text{vana}}) (Y(2))^2$$

$$F(3) = 1/A \cdot Y(2) - 1/A \cdot Q_{\text{cikis}}$$

3.1.3 Matematik Modelin Bilgisayara Uygulanması :

işlemleri basitleştirmek ve bilgi girişlerine direkt birtakım sonuçlar elde etmek için model bilgisayara girilebilecek bir yazılım haline getirilmiştir. Şekil 3.3'de basit akış diagramı gösterilen programın yazılımı Ek A ve daha ayrıntılı bir akış diagramı Ek B'de verilmiştir. Ayrıca Bölüm 5'de bu model yardımıyla İstanbul'un su getirme hatlarından biri için bazı sonuçlar çıkartılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.3 : Matematiksel hidrolik model algoritması

3.2 SCADA'NIN DEPO HACİMLERİ ÜZERİNDE ETKİSİ

Hazne Hacminin Tayini :

Hazne hacminin belirlenmesinde deponun üç değişik kısmı dikkate alınmalıdır:

1. Anlık su sarfiyat salınımlarını dengeleyen su hacmi
2. Yangın hacmi
3. Tamir, arıza vb. acil durumlar için biriktirilen hacim

Depolar, şebekedeki saatlik, günlük su tüketimi (yangın ihtiyacı dahil) ile kaynak verimindeki değişim arasındaki dengeyi ve şebekeden çekilecek debiyi ve asgari basıncı sağlamak üzere projelendirilirler.

Su sarfiyatının bir günün çeşitli saatlerindeki değişimi, çeşitli faktörlere ve endüstrinin mevcut olup olmamasına bağlıdır. Örneğin İstanbul'da bu değerlerin minimum günlük ortalama tüketimin %60'ı; pik saatlerde maksimum tüketim bir değer %190'ı olmaktadır. Çok daha büyük şehirlerde bu değer %300'ü bulduğu ve su kaynaklarımızın bu ihtiyaca anında karşılık veremeyeceği düşünülürse, günlük salınımların dengelenmesi için önceden bir depolama yapılması gerektiği anlaşılar.

Yangın için gerekli su hacimleri yerleşim yerlerindeki nüfuslara göre belirlenebilmektedir : [10]

Nüfus < 10000	için	36 m ³ ,
10000 < Nüfus < 50000	için	72 m ³ ,
Nüfus > 50000	için	360 m ³ .

Daha büyük nüfuslar için yangın hacmi gözönüne alınmaz.

Tamir, arıza ve acil durumlar için belirtilen hacim ise günlük tüketimin yaklaşık %25'i kadardır.

Depo inşaaasındaki yüksek maliyet ve arazi sorunu, bizi gerekli minimum hacmi almaya zorlamaktadır. Bu yüzden hazne hacmi belirlenirken hem yangın hem arıza halleri için bir ilave hacim düşünmek yerine, yalnızca arıza durumu gözönüne alınabilir.

Şehri su sıkıntısından korumanın en kolay yollarından biri su rezervlerini mümkün olduğu kadar büyük tutmaktır. Böylece o gün için planlanmış hacimler gelecek için de emniyetli seçilmiş olacaktır. STATİK ÇÖZÜM olarak adlandırılabilcek bu şekilde bir çözümle aynı zamanda önemli bir atıl enerji kapasitesi oluşturulmuş olur.

SCADA gibi bir sistemle şehir suyu kontrol altında tutulabiliyorsa, bir bölgeye acilen fazla su gerektiği takdirde uygun vana manevraları ile su, şehrin başka bir yerinden buraya kolayca yöneltilebilir. Acil su problemlerine bu şekilde eldeki suyu kullanarak bir DİNAMİK ÇÖZÜM getirilmiş olur. Sistemin enterkonekte kullanılabilmesi mümkün olur. Su, SCADA sayesinde dinmik bir varlık oluşturur. Bu da depo hacimlerini, gereksiz rezervlerin önüne geçilmesi nedeni ile önemli bir şekilde etkiler.

Bölüm 3.2.1 'de bu hacmin belirlenmesinde kullanılan klasik analitik ve grafik yollardan bahsedilirken, 3.2.2'de daha önce oluşturulan matematiksel modelin yardımı ile bu hacmin belirlenmesi ve çıkarılan birtakım sonuçlara yer verilmektedir.

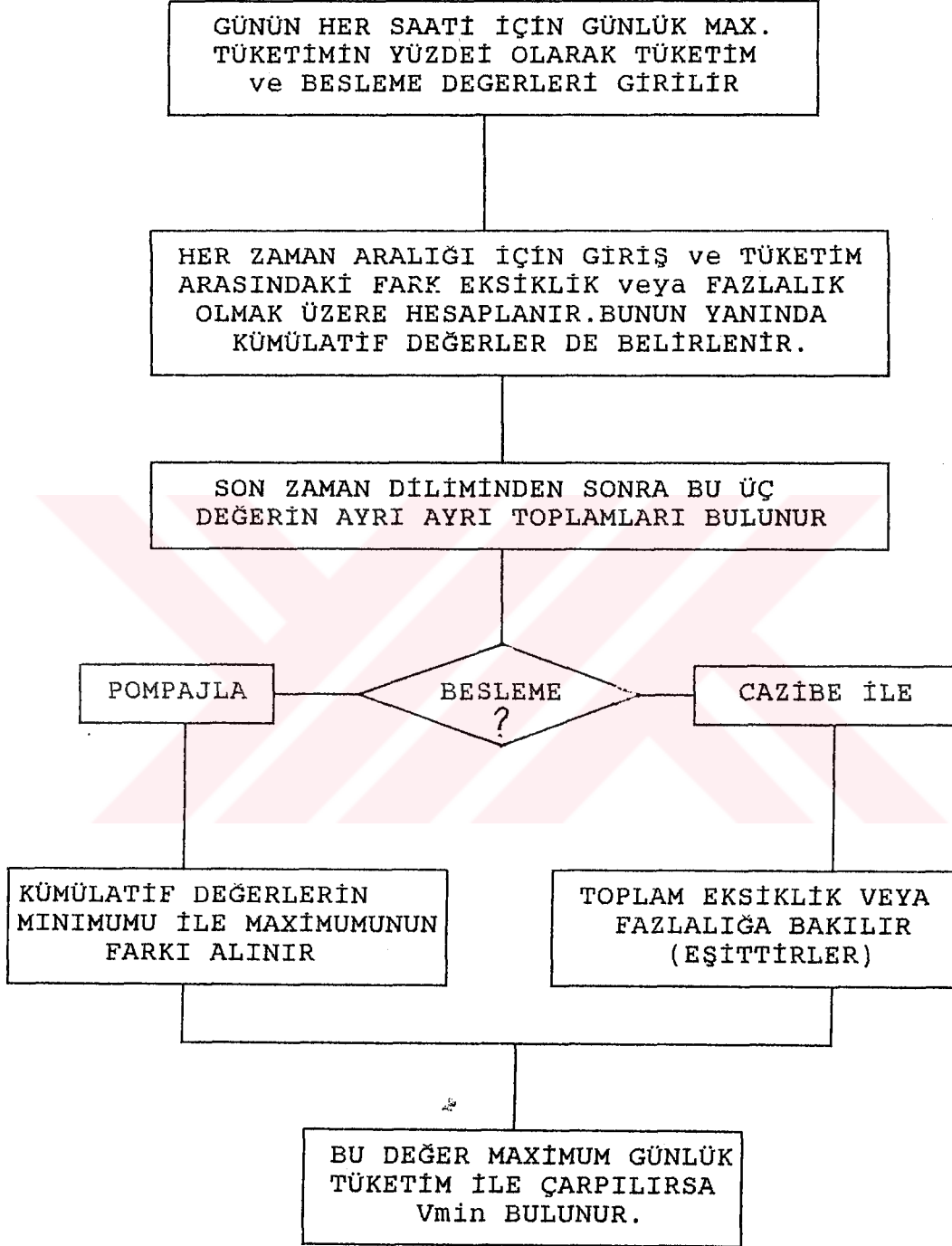
3.2.1 Günlük Salınımları Dengeleyecek Hacmin Tesbiti :

3.2.1.1 Analitik Yol:

Analitik yolla depodaki salınımlar için gerekli hacimlerin bulunmasında deponun cazibe veya pompajla beslenmesi diye iki durum söz konusudur. Hazırlanan bilgisayar programı, çözümleri basitleştirmiştir. EkC'de verilen programın, çıktısı 3.4'de verilmiş olup 3.5'deki algoritmasından fonksiyonu anlaşılacaktır [10,11].

T	ST	Qgiriş	Qüketim	EKSİKLİK	FAZLALIK	KUMULATIF
0.00						
1.00	1.00	0.042	0.035	0.000	0.007	0.007
2.00	1.00	0.042	0.050	0.008	0.000	-0.002
3.50	1.50	0.063	0.093	0.030	0.000	-0.032
4.50	1.00	0.042	0.068	0.026	0.000	-0.058
5.50	1.00	0.042	0.072	0.030	0.000	0.089
8.00	2.50	0.104	0.115	0.011	0.000	-0.100
12.00	4.00	0.167	0.168	0.001	0.000	-0.101
13.00	1.00	0.042	0.048	0.006	0.000	-0.107
14.00	1.00	0.042	0.053	0.011	0.000	-0.119
15.00	1.00	0.042	0.046	0.004	0.000	-0.123
16.00	1.00	0.042	0.035	0.000	0.007	-0.116
24.00	8.00	0.333	0.217	0.000	0.116	0.000
TOPLAMLAR.:		1.000	1.000	0.130	0.130	0.000
$(V_{depo})_{min} = V_{min} \times \text{Günlükmax sarfiyat}$ $= 0.130 \times (0.6 \text{ m/s} \times 86400 \text{ s})$ $= 6721.922 \text{ m}^3$						

Şekil 3.4 : Analitik yolla salınımları dengeleyecek depo hacminin belirlenmesi



Şekil 3.5 : Analitik yolla salınımları dengeleyecek depo hacminin belirlenmesi

3.2.1.2 Grafik Yol :

Tüketim salınımlarını dengeleme maksadı ile gerekli hazne hacminin grafik yoldan tayini arka sayfadaki grafikler incelenirse anlaşılabilir (Şekil 3.6) [10]

a) Giriş ve çıkış debisinin gidiş çizgileri:

1. Çıkış debisi çizgisi
2. Giriş debisi gidiş çizgisi
3. Haznede biriken su hacminin değişimi

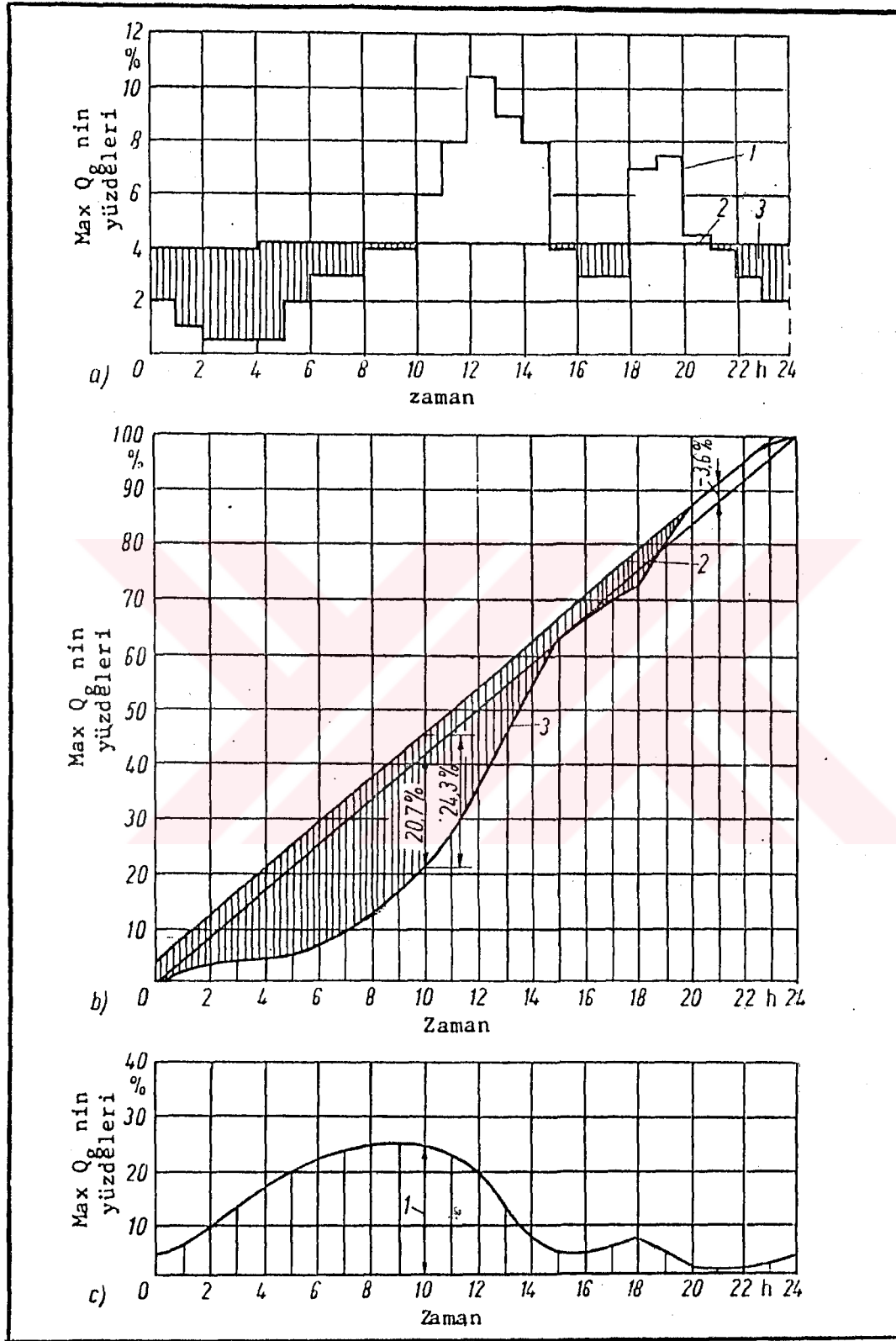
b) Toplam giriş ve çıkış debilerini gösteren eğriler:

1. Toplam giriş debisini gösteren çizgi
2. Bu çizginin kaydırılmış şekli
3. Toplam çıkış debisi

c) Haznede biriken su hacminin zamanla değişimi:

1. Gerekli hazne hacmi $\%24.3 \text{ Max } Q_g$
(Yangın ve arıza hariç)

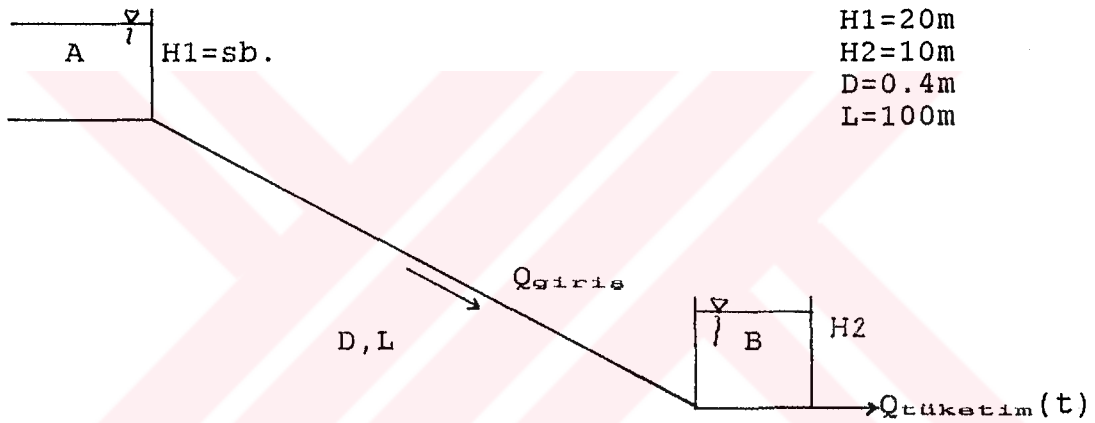
Burada çalışırken besleme eğrisini tüketim toplam eğrisine mümkün olduğunca yakın tutarak gerekli hacim ufak tutulmalıdır.



Şekil 3.6:Grafik yolla gün içindeki tüketim salınımlarını dengeleyecek depo hacminin belirlenmesi

3.2.2 Depo Seviye Salınımlarında Vana ile Kontrol :

Bu kısımda Şekil 3.7'de verilen ve çok sık karşılaşılan örnek bir "depolar sistemi yardımı ile cazibeli" beslemede debi kontrolünün hacimler üzerine etkisi incelenecektir. Alttaki deponun beslemesi seviyesi sürekli sabit kabul edilen bir depodan yapılmaktadır. (Bu aynı zamanda sisteme birinci deponun kazandırdığı basıncı kazandıracak bir pompanın çalışması hali olarak da düşülmünebilir.)

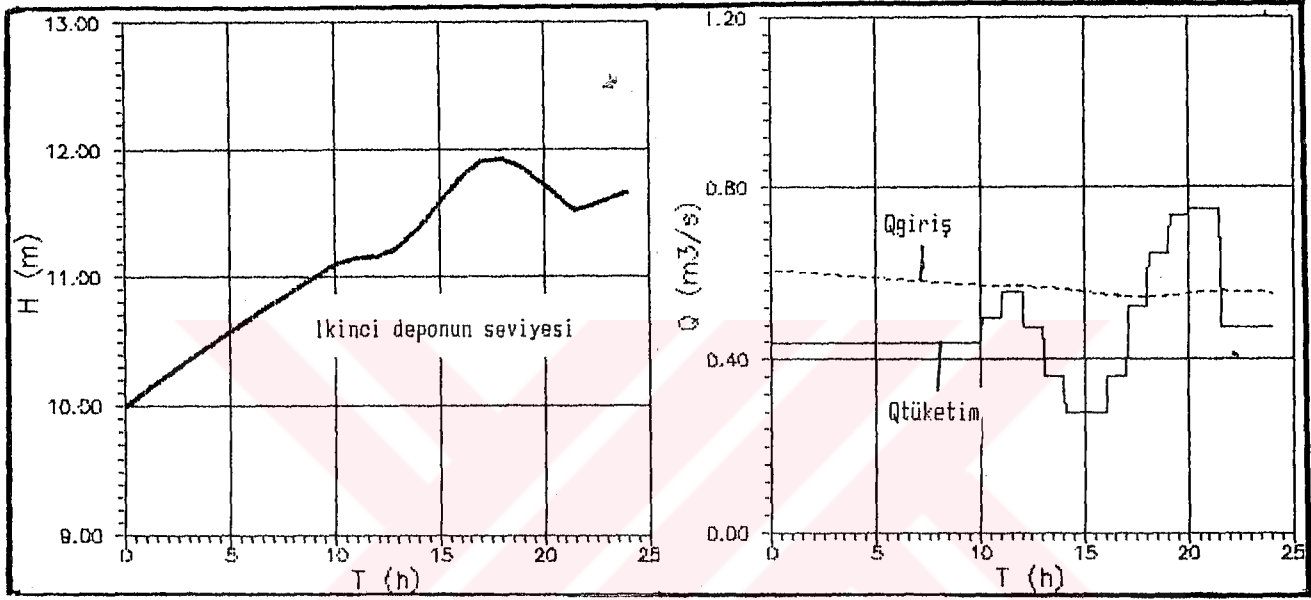


Şekil 3.7 : İki depo arası cazibeli akış

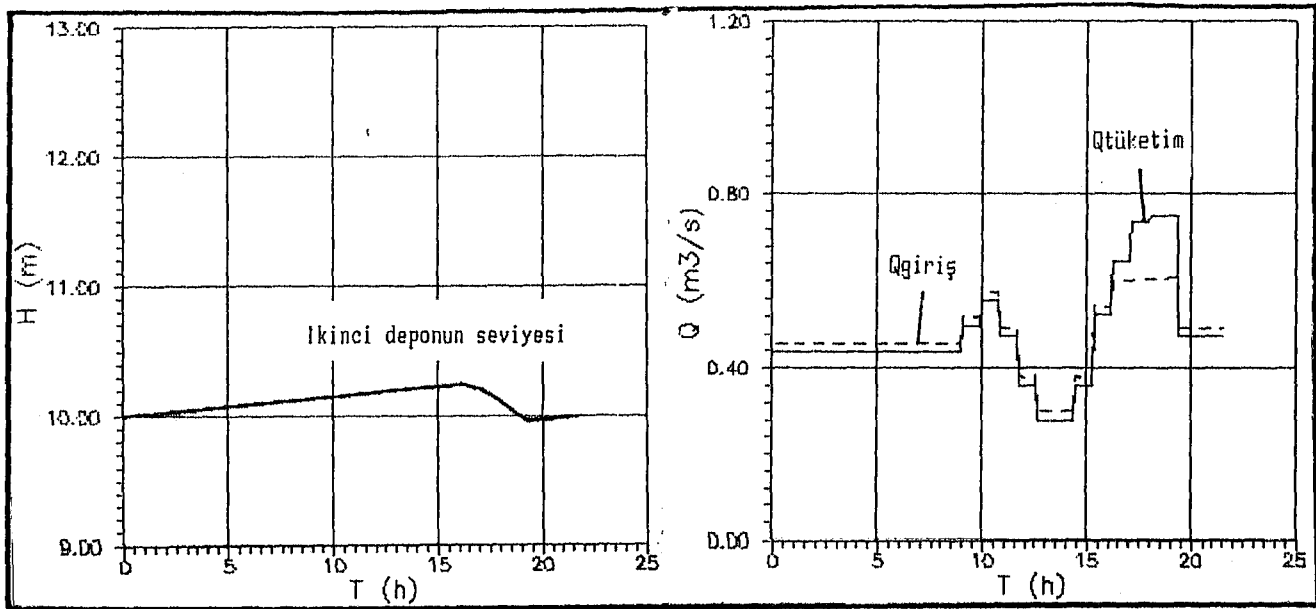
Yukarıdaki gibi iki depolu bir sistemde akış daha önce oluşturulmuş matematik modellerle incelendiğinde, günün belli saatlerinde farklı tüketim debileri karşısında sistem değişkenlerinin gün boyunca alacağı değerler Şekil 3.8-a ve b'de görülmektedir. Kontrol edilmeyen böyle bir sistemde belli bir zaman sonra depo seviyelerinde istenmeyen değişimler olacaktır. Deponun taşmasını önlemek için depo girişindeki mevcut vana, sürekli bir kısıklıkta tutulsa bu defa da tüketimin pik saatlerine cevap verilemeyecektir.

Bu nedenle depo girişindeki bir vananın, seviyenin alçalması halinde yavaşça kısılması ve artması halinde de açılması şeklinde bir kontrole gidildiğinde sistem değişkenlerinin B deposunun seviyesinin ve bu deponun

giriş debilerinin alacağı yeni hal şekil 3.8-c ve d'de izlenebilir. Başarılı bir vana kontrolü ile giriş çıkış debisi yeterli olduğu takdirde giriş debisi ile tüketimi yakından izlemek ve bu sayede Hmax seviye salınımlarını dolayısı ile tüketimdeki günlük dalgalanmaları dengeleyecek hacmi minimuma indirmek mümkündür.

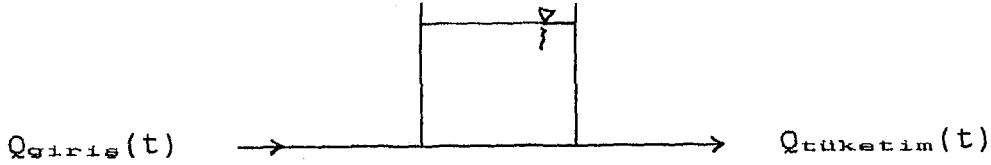


Şekil 3.8 a-b : B deposunun giriş debisi kontrol edilmediği takdirde seviye kontrolsüz bir şekilde artacaktır.



Şekil 3.8 c-d : Giriş debisi vana ile tüketime denk tutulmaya çalışılmaktadır.

Burada iki durum gözönünde tutulabilir :

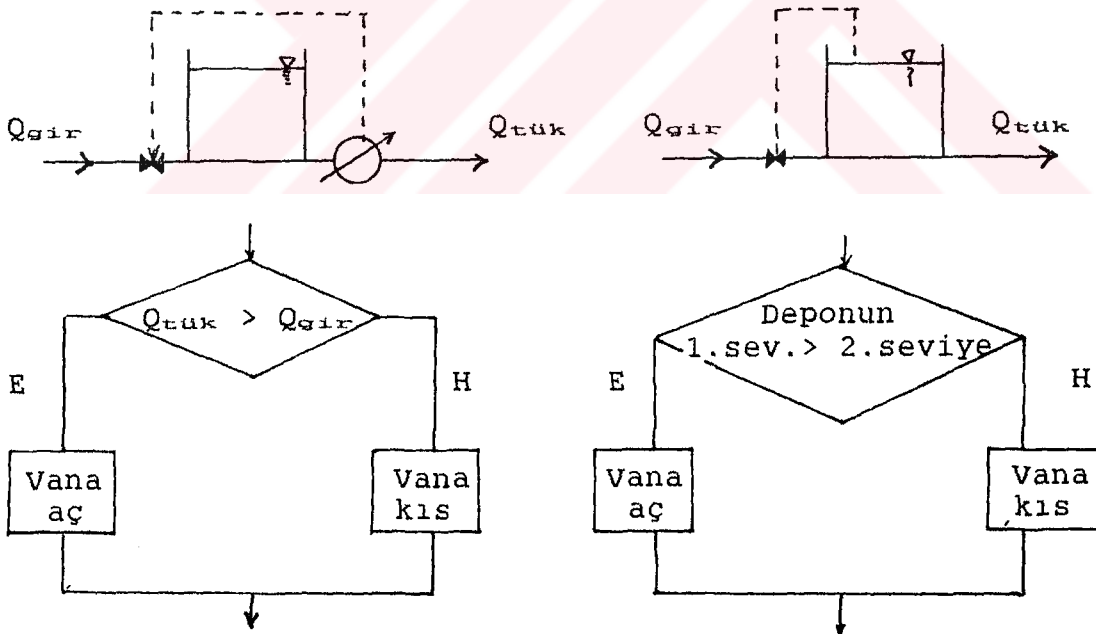


Şekil 3.9 : Deponun giriş ve çıkış debileri

1. $Q_{giris} > Q_{tuketim}$ —————> $V_{depo} = 0$
2. $Q_{giris} < Q_{tuketim}$ —————> $V_{depo} = ?$

V_{depo} : Günlük salınımları dengeleyecek minimum hacim

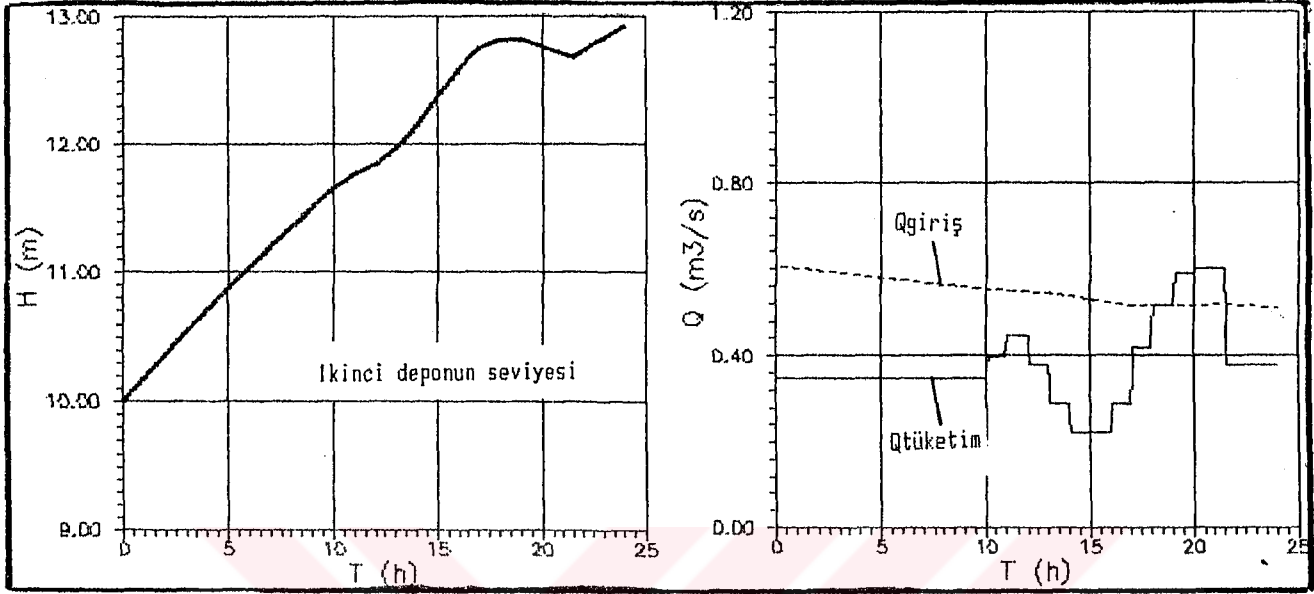
1. $Q_{giris} > \%100 \times (Q_{tuketim})_{max}$ olması durumunda şu şekilde iki farklı kontrol uygulanabilir:



Şekil 3.10 : Depo çıkışındaki debi ölçülüp vana aynı debiyi geçirecek şekilde kısılacak.

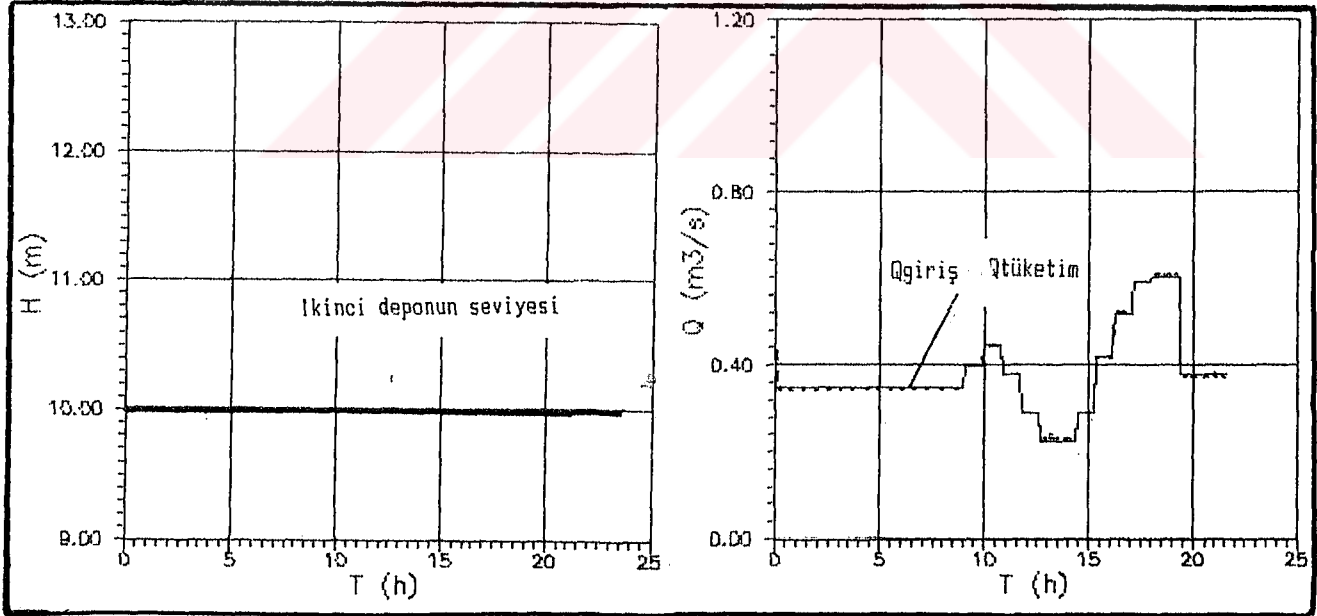
Şekil 3.10-b: Depo girişindeki bir vana sayesinde seviye sabit tutulacak (vana aç-kapa)

Not: Başarılı bir uygulama ile depo hacmi sıfıra indirilebilir. Şekil 3.11'de %100'lük durum için kontrollü ve kontrolsüz hallerin karşılaştırılması yapılmıştır.



a) Depo giriş debisi vana ile kontrol edilmediğinden 24 saat sonra depo taşmakta.

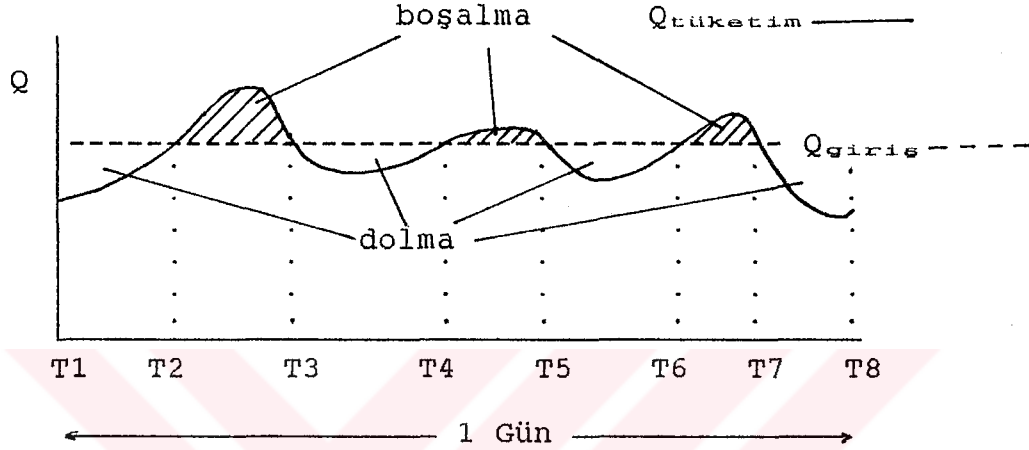
b) Giriş debisi hemen hemen sürekli tüketimden gereksiz yere büyük.



c) Depo girişindeki vana sayesinde giriş sürekli çıkışa (tüketime) eşit tutulduğundan depo seviyesinde oynama yok

şekil 3.11

2. $(Q_{giris})_{max} = \%YUZDE \times (Q_{tuketim})_{max}$ durumunda depoya giren debi pik saatlerdeki aşırı yükü karşılayamayacak bir büyüklükte ise, tüketimin bol olduğu saatler için önceden bir biriktirilmeye gidilmelidir (Şekil 3.12).



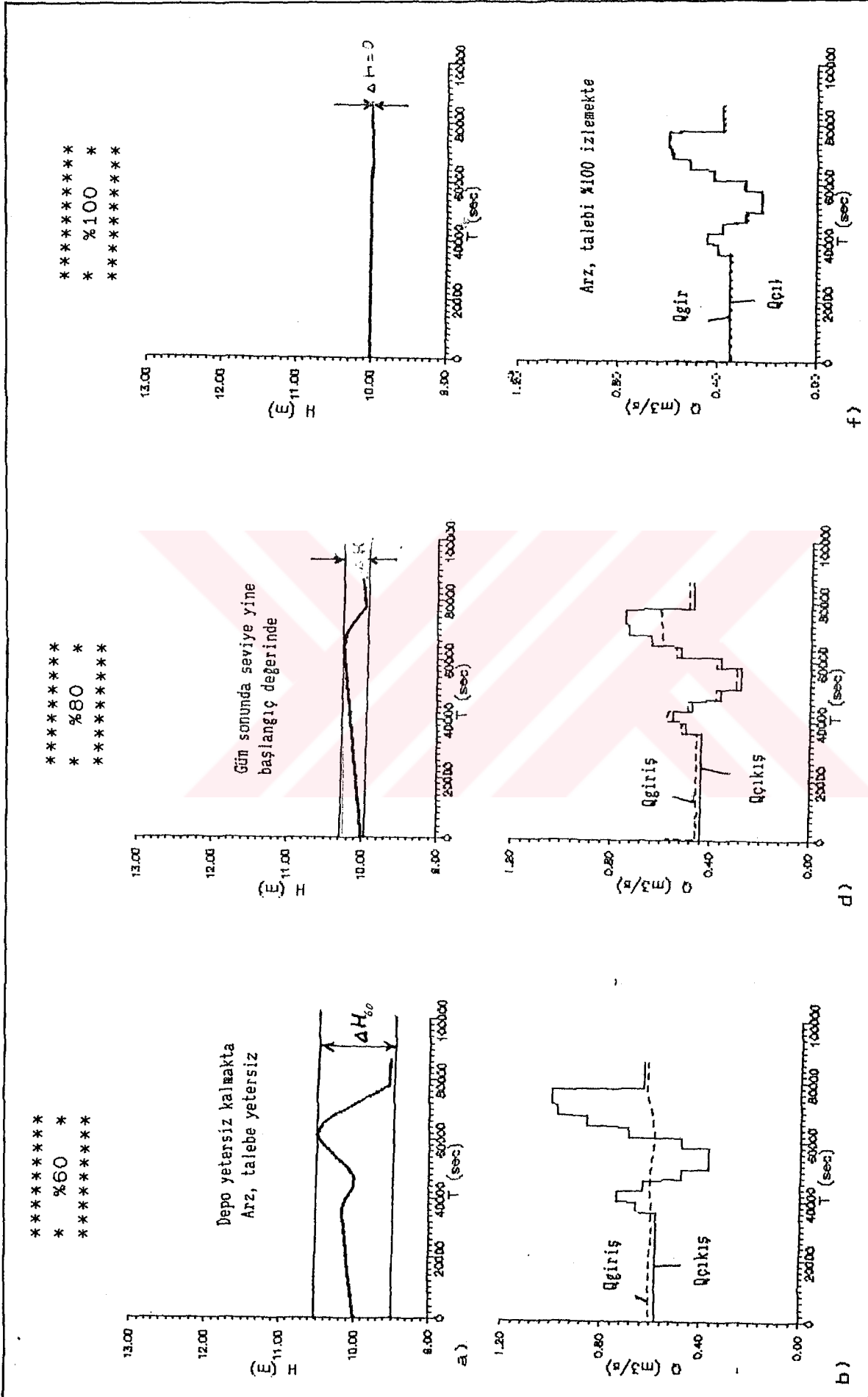
T1...T2	dolma periotları	T2...T3	boşalma periotları
T3...T4		T4...T5	
T5...T6		T6...T7	
T7...T1			

Şekil 3.12 : Deponun dolma ve boşalma periotları

Boşalma ve dolma periyotlarındaki hacimleri birbirine eşit kılacak işletim, minimum hacmi belirleyecektir. Aşağıdaki grafiklerde (Şekil 3.12) farklı $[(Q_{giris}) / (Q_{tuketim})_{max}]$ oranlarına göre düzenlenmiş eğrilerde önceki örnek için

- Depo seviyesi salınımlarını
- Salınım aralığını dolayısı ile hacmi
- Giriş ve çıkış debilerini

görmek mümkündür (Şekil 3.12-a,b,c,d,e,f,g). Görülüyor ki bu oran %100'e yaklaştıkça depo seviye salınımları dolayısı ile depo hacmi azalmaktadır. %100'den daha büyük yüzdelerde maximum giriş debisi, tüketimin her anki değerini karşılamaya yettiğinden hiç bir depolamaya gerek yoktur.



Şekil 3.12 Değişik yüzde değerlerine göre depo seviye salınımları ve giriş-çıkış debilerinin davranışları. Yüzde değeri %100'e yaklaştıkça gerekli depo hacmi azalacaktır.

EkB'de verilen vana algoritması ile günlük tüketim debilerine göre bir vana kısılma programı hazırlandığında SCADA'nın ölçümleri sayesinde zamanla belirlenecek kesin tüketim eğrisinden sapmalara göre bu program değiştirilebilecektir.

Daha büyük sistemlerde SCADA ile kontrolü gereken, sadece iki depo arasından geçen debi değildir. Uzun bir su getirme hattı boyunca değişik branşmanlardan şebekelere yapılan beslemeler, hat üzerinde yapılacak işletme değişiklikleri (ana hattan ayrılan başka hatlar üzerindeki pompaların devreye alınması veya branşman vanalarında manevra yapılması), diğer depolara etkisi gözlenmeli ve SCADA'nın işletmeye konmuş uygulaması yeni şartlara uydurulmalıdır.

Yukarıda yalnızca cazibeli hatlar için bahsedilen debi kontrolü, pompaj hatlarında da daha sonra bahsedilecek metodlarla mümkündür.

4.3. SCADA'NIN HAVA KAZANLARI ve BORULAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bir boru içersinde akmakta olan bir sıvının hareketi, bir vananın kapatılması ile ani olarak durdurulursa, momentum kuvvete dönüşerek bir seri pozitif ve negatif basınç dalgaları meydana getirir. Böylece boruyu parçalayacak derecede yüksek basınçlar oluşabileceği gibi, açık hava basıncının altında negatif değerler de ortaya çıkabilir. Bu olay su darbesi diye adlandırılır [10].

Şebekeler su darbelerinden pek zarar görmezler[10]. Çünkü bunlarda çoğunlukla kullanılan , çapları 500mm'den küçük font veya dikışsiz çelik boruların et kalınlıkları

büyüktür. Ayrıca su şebekelerinde su darbelerini meydana getiren sebepler de azdır. Su darbeleri daha ziyade uzun ve büyük çaplı terfi hatlarında boru cinsi ne olursa olsun şiddetle kendini hissettirir.

Elektrik akımının kesilmesi gibi bir sebeple pompanın devreden çıkması halinde debinin vanalarla ayarlanması mümkün değildir. Bu halde pompanın ani durmasını önleyici başka bir tedbir alınmamışsa, geri tepme klapesi ve vanadan sonra bir hava kazanının konulması tavsiye olunur. Hava kazanında pompanın ani durması halinde, hava basıncı ile boru hattına iletilmesi için, belirli bir miktar su depo edilir. Pompa yerine hava kazanı çok kısa bir süre de olsa boru hattına su göndermeye devam eder ve boruda su akımının ani olarak kesilmesini önler. Basınç darbesi bu sayede azaltılmış olur.

SCADA'nın su getirme hatları üzerindeki tüm elemanların fonksiyonları hakkında sürekli bilgi vermesi sistemde oluşabilecek olası su darbelerine karşı çalışan teçhizatların da kontrolünü sağlar.

Uzun (>40km) su getirme hatlarında oluşacak su darbeleri, basınç dalgalarının yayılma süreleri merkezden bu hat üzerindeki vanaların harekete geçirilmesi süresinden fazla olabilir. Bu durumda dalganın pozitif veya negatif olmasına göre vana uzaktan kısılıp açılarak darbe etkisi azaltılabilir. Boru ve et kalınlıklarının hesabındaki bir risk faktörünü düşüreceğinden boru et kalınlıklarının daha az seçilmesine neden olabilir.

BÖLÜM 4. SCADA VE POMPALARDA REGÜLASYON

Mevcut uygulamalarda hatlardaki debinin kontrolü, paralel pompaların açılıp kapanması ile yapılmaktadır. Fakat pompa istasyonlarının işletilmesinde ve debi kontrolunda daha başka metodların varlığı bilinmelidir. Uygulamada bunlardan yalnızca birini değil, bir kaçını aynı anda kullanmak pompa debisini, hatlardaki debiyi veya basıncı istenen değerlerine ayarlamayı mümkün kılar. SCADA'nın buradaki avantajı bu noktalardaki debi ve basınçların kontrol edilmesini sağlayarak, uygulamayı ve önceden yapılmış teorik çalışmalardan sapmaları belirleyerek bunları düzeltmeye kolaylık tanınmasıdır. [12]

Pompa herhangi bir çalışma noktasında

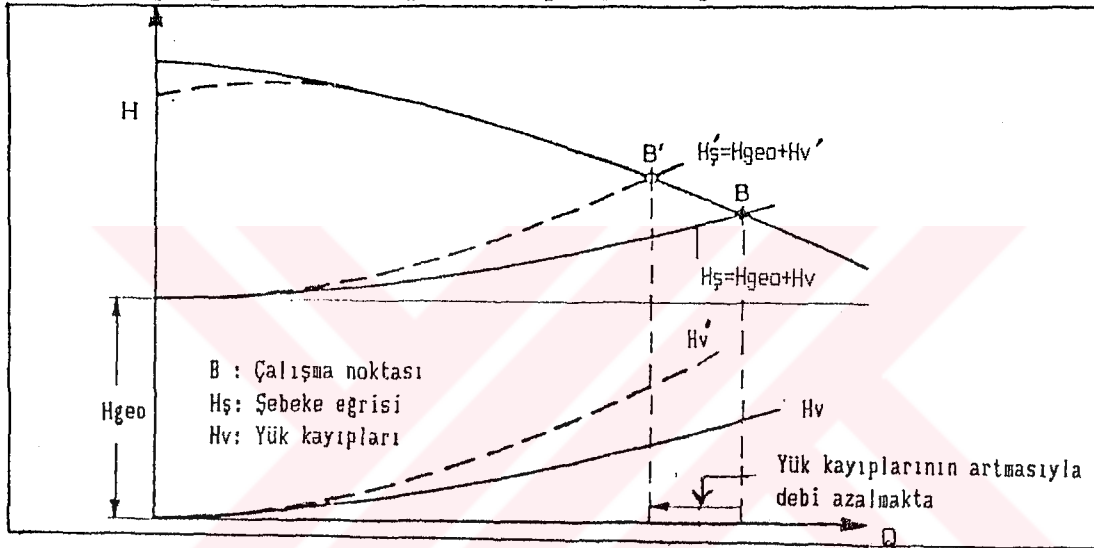
- debiden bağımsız bir statik basma yüksekliğini, başka bir deyişle sıfır debideki basma yüksekliğini (H_0 , $H_{q=0}$), ve
- debinin karesi ile artan şebekelerdeki lokal kayıp elemanlarına, boruların çapına, uzunluğuna ve pürüzlülüğüne bağlı yük kayıplarını (ξ , H_v , H_s) karşılamak zorundadır.

Farklı debiler için bu değerler bir eğride toplandığı zaman şebekenin karakteristik eğrisi ortaya çıkmış olur. Pompanın çalışma noktası da, bu eğri ile pompanın $H-Q$ (debi-basma yüksekliği) karakteristik eğrisini kestiği noktadır.

Statik basma yüksekliği, yani pompanın sıfır debideki basma yüksekliği H_0 , emme ve basma tarafındaki seviyelerle değişirken, H_s yük kayıpları şebekedeki boruların zamanla iç çeperlerinde meydana gelen

değişiklikler ve vana gibi kayıp elemanlarının yarattığı dirençler ile değişir. Şebekelerdeki kayıplara yönelik meydana gelecek herhangi bir değişiklik, şebeke eğrisinin eğimini arttıracak ve pompayı farklı bir debi ve basma yüksekliğine sahip yeni bir çalışma noktasında çalışmaya zorlayacaktır.

İşte bu eğrilerde değişiklikler yaratarak, amaca yönelik pompa regülasyonunu gerçekleştirmek mümkündür.



Şekil 4.1 : Santrifüj pompalarda şebeke eğrileri

4.1. POMPA DEBİSİNİ KONTROL YÖNTEMLERİ [6,12]

I. Şebeke eğrisinin değiştirilmesi ile,

- Vana ile kısma ($Q_{pompa} = Q_{sebeke}$)

II. Pompa Q-H eğrisinin değiştirilmesi ile ($Q_{pom} = Q_{sebeke}$)

- Devir sayısının ayarlanması
- Ön dönme kontrolü
- Kanatların ayarlanması
- Pompaların seri veya paralel bağlanması

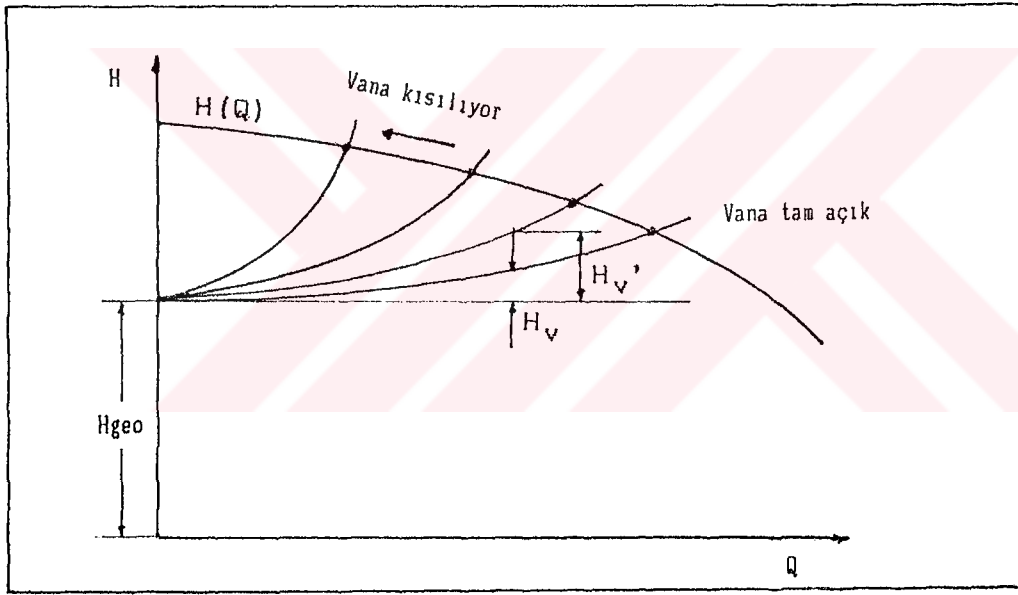
III. Sürekliliğin değiştirilmesi ile

- Bypass kontrolü ($Q_{pompa} > Q_{sebeke}$)

4.1.1. Şebeke Eğrisinin Değiştirilmesi ile Debi Kontrolu

Kısma :

Şebekedeki vana gibi kayıp elemanlarının şebeke eğrisinin eğimi üzerinde önemli etkileri vardır. Pompanın beslediği hat üzerine yerleştirilmiş bir vananın kısılması, hat üzerinde artan bir lokal kayıp oluşturacaktır. Böylece şebeke eğrisinin eğimi artacak ve pompanın Q-H eğrisini daha düşük bir debiye karşı gelecek bir noktada kesecektir.



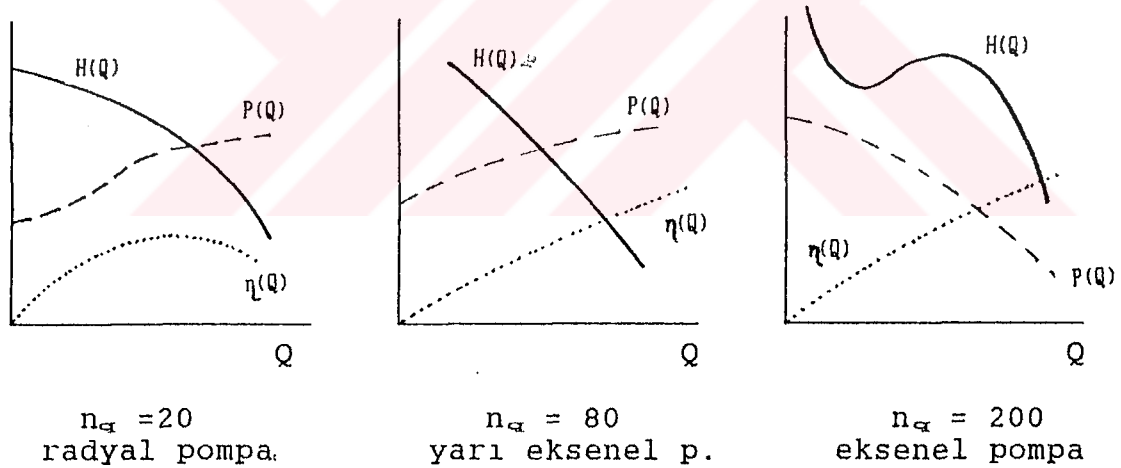
Şekil 4.2': Vananın farklı açıklıklarında şebeke eğrisinin alacağı hal

Kısma işlemi aslında yüksek masraflı bir kayıp regülasyonudur. Çünkü düşük debileri elde etmek için yükseltilecek manometrik basma yüksekliği şebekede çoğu zaman gerekmemektedir. Basma yüksekliği farkı, borularda kullanılamayacak enerji tipine dönüşmektedir (Sürtünme kayıpları, kaçak, titreşim vb.). Özellikle pompajın doğrudan şebekeye yapıldığı sistemlerde artan basınç, boru çatlaklarındaki su kaçaklarını ve aynı zamanda hatta oluşacak yeni çatlakları arttıracaktır. İstanbul gibi yer

yer çok eski bir şebekeye sahip bir şehirde su kaçaklarının %30-50 arasında olduğu düşünülürse, yüksek basıncın ne derece tehlikeli olduğu anlaşılabilir.

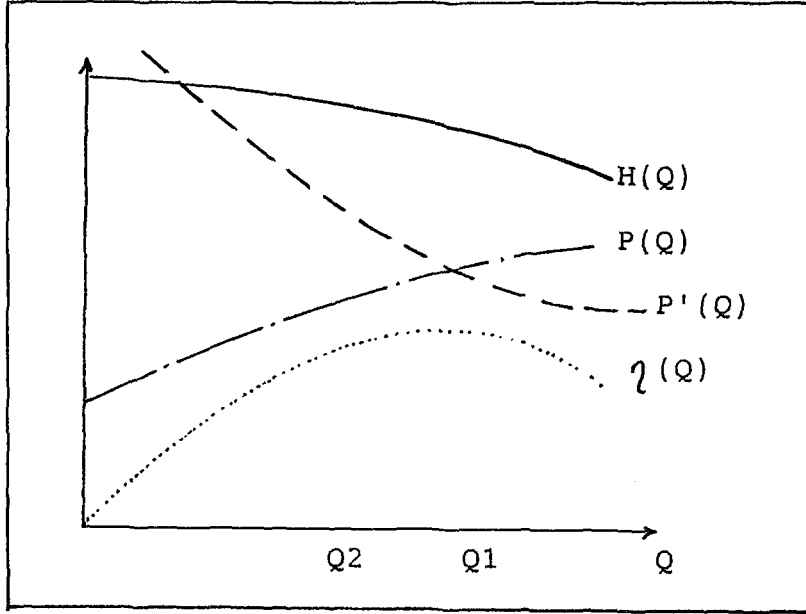
Kısmi işlemi pompa veriminin basma debisine göre optimum çalışma noktasından fazla sapması durumunda, çok uzun süreli çalıştırılmaması şartı ile, özellikle radyal pompalar için uygun bir debi ayarlama metodu sayılabilir.

Tüm radyal ve bazı yarı eksenel pompaların güç-debi eğrileri incelenirse optimum çalışma noktasından sonra debinin azalması ile pompa gücü ve verimin azaldığı gözlenmektedir. Gücün azalan debi ile arttığı, eksenel pompalar için bu metodun kesinlikle uygun olmayacağı anlaşılmaktadır (Şekil 4.3) .



Şekil 4.3: Farklı pompa tiplerinin $H(Q)$, $P(Q)$ ve verim eğrileri

Fakat dikkat edilecek nokta, dağıtılan birim debi [m³/h] için harcanan pompa gücünün P' azalan debinin tersine artmasıdır (Şekil 4.4). Çünkü azalan debi ile verim de düşmektedir.



Şekil 4.4

$$P' = \frac{\rho \cdot H}{367 \cdot \eta} \text{ [kWh/m}^3\text{]} = \text{sb. } \frac{H}{\eta} \quad \begin{matrix} \rho \text{ [kg/m}^3\text{]} \\ H \text{ [m]} \end{matrix}$$

Görülüyor ki birim debi için harcanan güç $\frac{H}{\eta}$ oranına bağlıdır.

Sonuç olarak kısma işlemi özgül hızın $n_q < 60$ olması, yani Q-H eğrisinin yataya yakın olduğu radyal pompalarda başarılı bir şekilde uygulanabileceği söylenebilir.

Yüksek özgül hızlara sahip pompalarda ($n_q > 100$), kısma sonunda azalan debi ile gerekli güç de artacağından motora fazla yüklenilecektir. Ayrıca bozulan akış koşulları düzgün olmayan bir akışa neden olacaktır.

Kısma işlemi için yatırım masraflarının düşük olması bu metodu çok uygun gösterse de, özellikle yüksek güçlü pompaların kontrolündeki kayıp enerji, iyi bir ekonomik analizi gerektirir.

4.1.2. Q-H Eğrisinin Değiştirilmesi ile Debi Kontrolu

Bir santrifüj pompanın Q-H eğrisini şu işlemlerle değiştirmek mümkündür :

1. Devir sayısının ayarlanması
2. Ön dönme kontrolu
3. Pompa geometrisinin değiştirilmesi
 - Pompa çarkının kanatlarının (palaların) ayarlanması
 - Yönlendirme kanatlarının ayarlanması ile
4. Çark çıkışının ayar halkaları ile kısmen kapatılması
5. Çarkın tornalanması
6. Pompaların seri veya paralel çalıştırılması
7. Kondensatör pompalarında olduğu gibi kavitasyon ön şartlı otomatik ayarlama

Bütün bu regülasyon tiplerinde amaç, şebeke eğrisi üzerinde ihtiyacımıza uygun debiyi verecek kadar bir basma yüksekliği sağlamaktır. Özellikle işletme esnasındaki enerji masraflarının yüksek olması, idarecileri bu yöntemleri uygun zamanlarda kullanmaya zorlamalıdır.

4.1.2.1 Devir Sayısının Ayarlanması

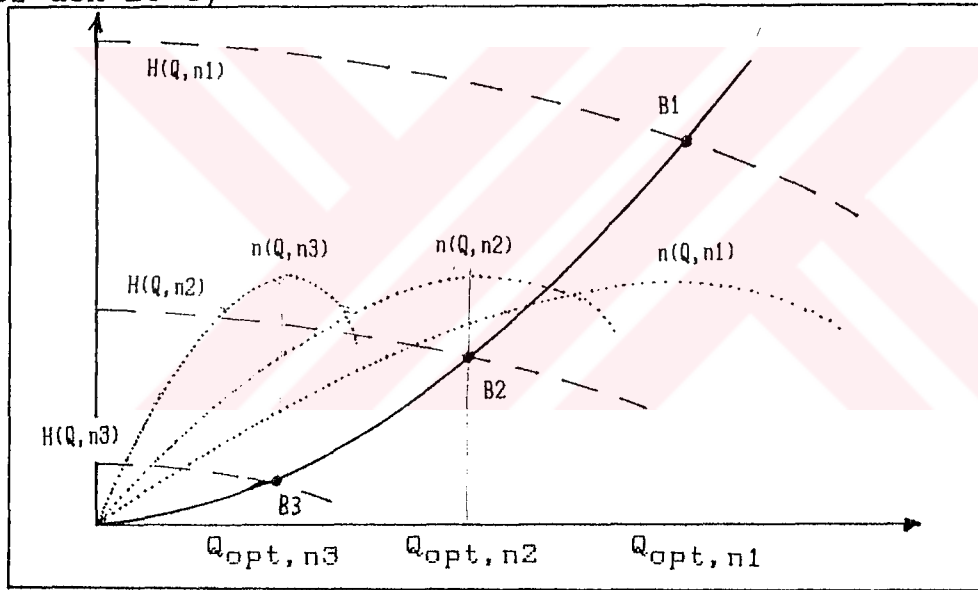
Pompanın Q-H eğrisi değişen devir sayısı ile benzeşim kanunlarına bağlı kalarak, yeni şekillere girecektir . [13]

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad \frac{NPSH_1}{NPSH_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

Son eşitlikten de görülebileceği gibi hızın arttırılması $NPSH_{tesis}$ değeri de artmaktadır. Bu yüzden pompanın $NPSH$ değerinin bunu sağlayıp sağlamayacağı kontrol edilmelidir. [14]

%10'luk bir hız değişikliğinin, pompanın optimum çalışma noktasından itibaren fazla görünür bir etki yaratmayacağı söylenebilir. [12]

Aşağıdaki şekilden de görülebileceği gibi, devir sayısının değişmesi ile tüm çalışma noktaları parabolles üzerinde kaymaktadır. (Şekil 4.5, Örneğin B1'den B2'ye; B2'den B3'e)

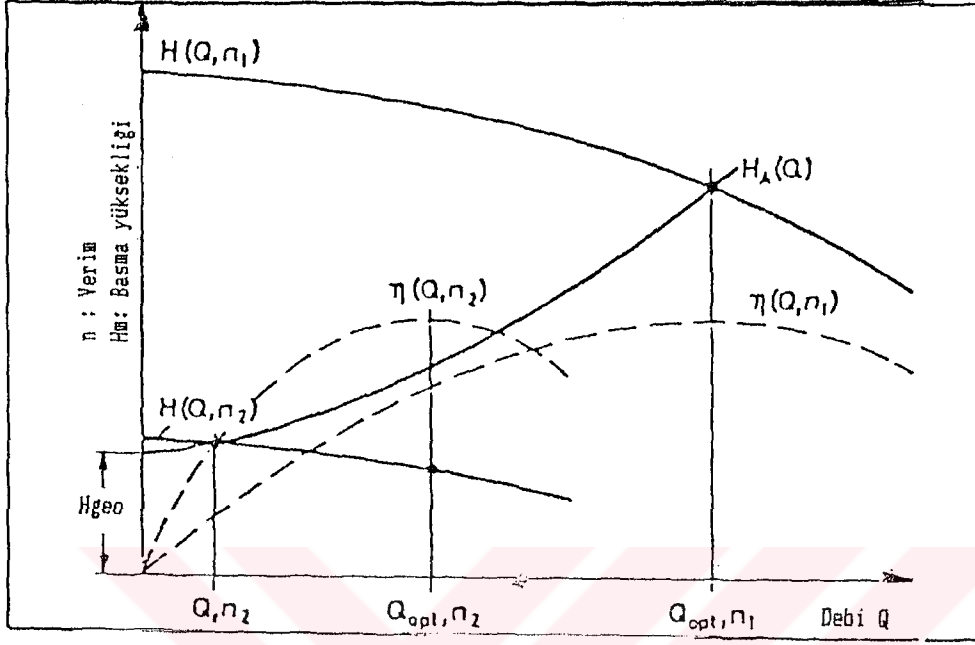


Şekil 4.5

Görülüyor ki şebeke eğrisi $H=0$, $Q=0$ noktasından geçen, yani belli bir H_g statik basıncı altında bulunmayan pompalarda çalışma noktası devir sayısının değiştirilmesi ile her an optimum çalışma noktası, koşullarında tutulmaktadır. [11]

H_{geo} büyüdükçe kısmi ve aşırı yüklerde daha düşük verimlerde çalışmak zorunda kalınabilir. Bunun yaratacağı tehlikeler önceden düşünülerek, pompanın maksimum ve minimum çalışma sınırlarının belirlenmesi gerekir. Örneğin kısmi yüklerde verimin düşmesi, çark boyunca bazı

sınır tabaka ayrılmalarına, düzensizliklere, bütün bunlar da titreşim veya kavitasyona yol açacaktır.



Şekil 4.6: Pompanın mevcut bir statik basınç altında çalıştırılması durumu. n_1 devir sayısında optimum çal.nok. çalışırken, n_2 devir sayısında opt. çal.noktası kaymıştır.

Görülüyor ki bu ayar şekli, emiş tarafındaki NPSH emniyet değerleri dikkate alındıkça enerji tüketimi ve pompanın ömrü açısından en iyi debi kontrol metodudur. (Not : Bölüm 4.3 de bu metod bir daha ele alınmıştır.)

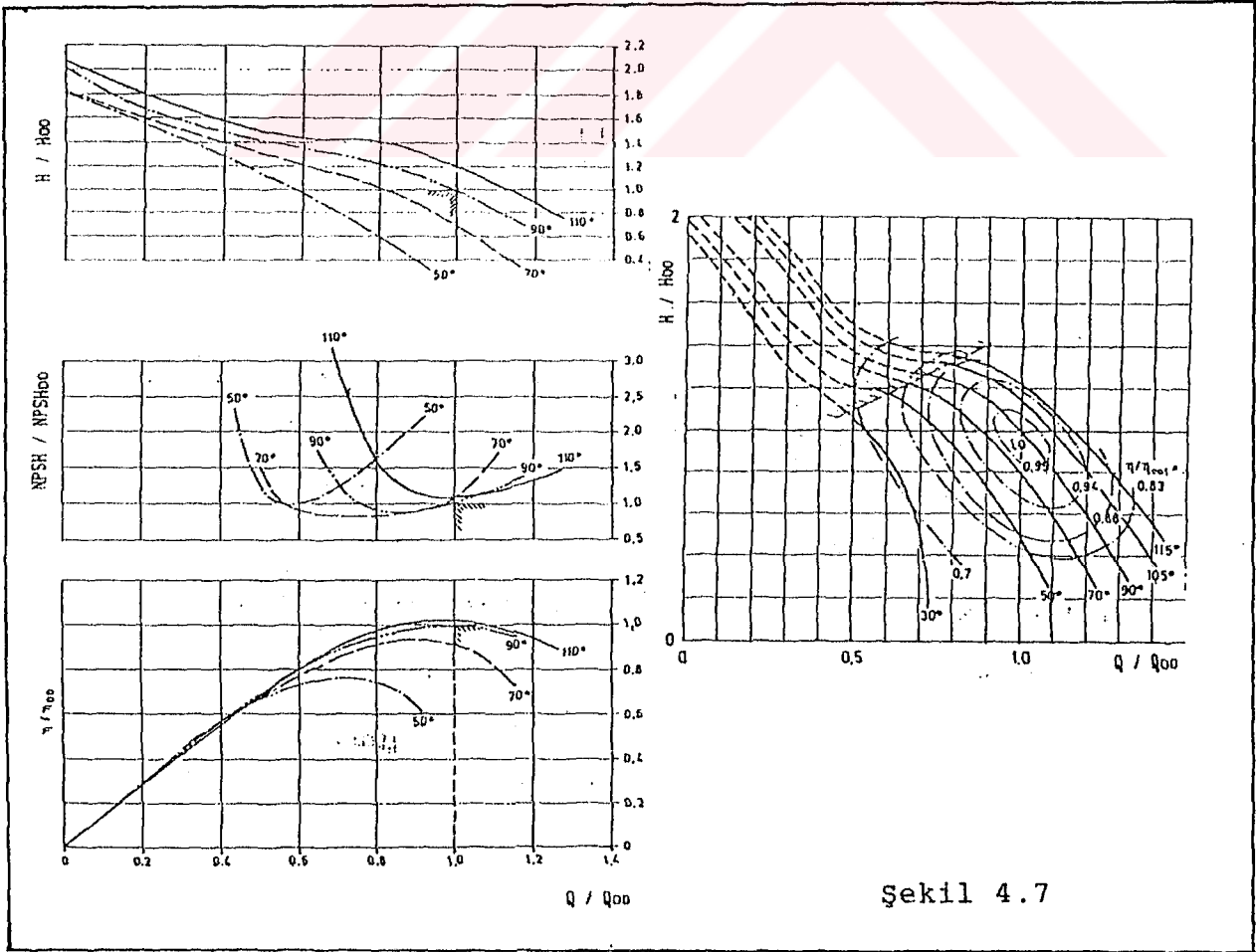
Son olarak da hız kontrolünün şu makinaların tahriği ile sağlanabileceği eklenebilir : [11]

- gaz türbinleri
- dizel motorlar
- ters kutuplu elektrik motorları
- değişken hızlı elektrik motorları (!! En Yaygın Metod)
 - . frekans kontrollu
 - . tristör kontrollu
- elektromanyetik kavramalar
- hidrolik kavramalar
- hidrostatik kavramalar
- kayış kasnak düzenleri
- redüktörler.

4.1.2.2. Ön Dönme Kontrollü :

Pompa girişine çarktan önce sabit olarak yerleştirilecek kanatların ayarlanması ile pompanın karakteristik eğrisi değiştirilebilir. Girişteki bu kanatların oluşturacağı bu çevresel kayıp elemanı giriş ortamını etkilediğinden pompadaki enerji dönüşümünde ve pompa eğrilerinde değişiklikler olacaktır. [15]

Bu yöntem her türlü pompaya uygulanabilmesine rağmen yüksek hızlı pompaların karakteristiklerinde daha etkilidir. Kısmi yüklerde ve fazla yüklenme hallerinde verimdeki düşme, bölüm 4.1.2.3. çark kanatlarının ayarlamasından daha fazla olmaktadır. Ön Dönme Kontrollü debi ayarı ile optimum çalışma noktasının %50-70'ine kadar bir kontrol sağlanabilmektedir (Şekil 4.7).

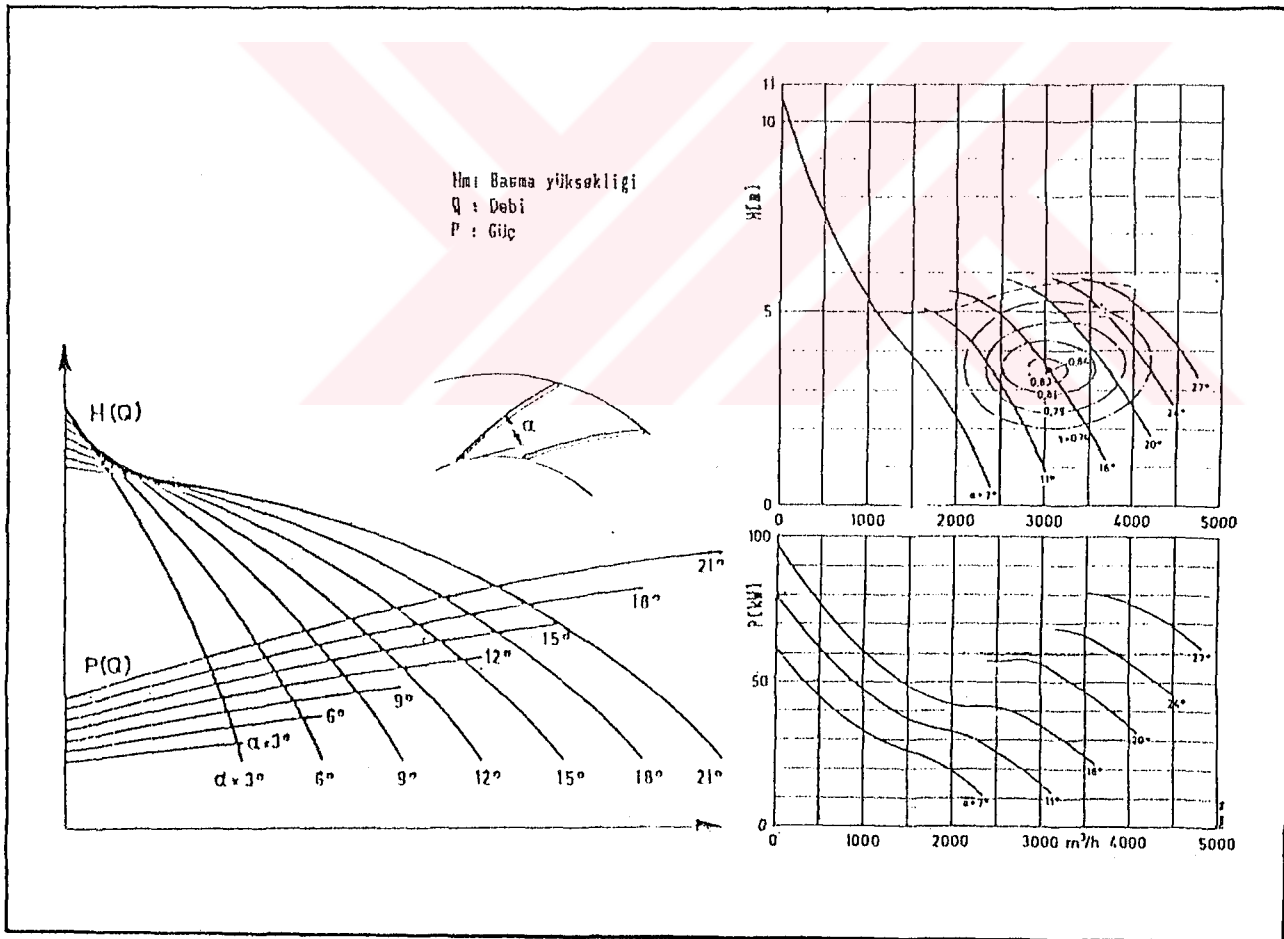


Şekil 4.7

4.1.2.3 Çark Kanadı Ayarı

Eksenel pompaların bazılarında palaların ayarlanması kademesiz ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Sabit seviyedeki bir depodan su emilirken, bu pompalarla ekonomik bir şekilde sistem karakteristikleri kontrol edilebilir(Şekil 4.8) [12]

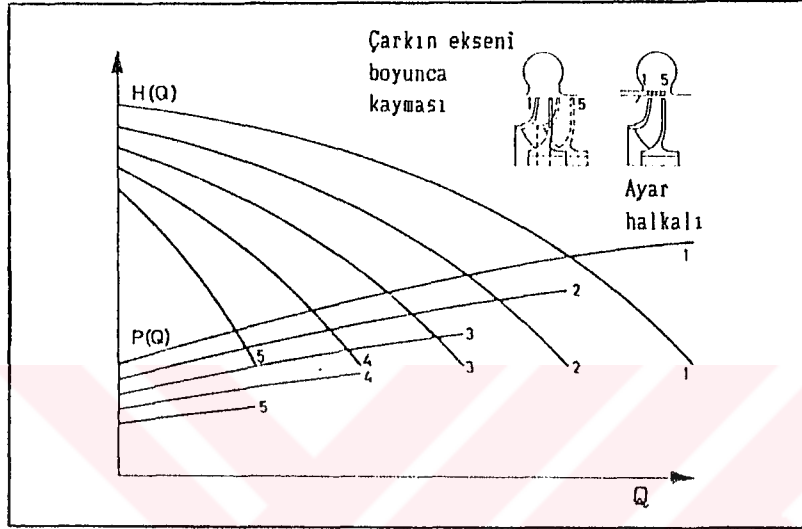
Not: Radyal pompalarda bu yönteme daha ender başvurulur.



Şekil 4.8

4.1.2.4 Pompa Çark Çıkışının Kapatılması

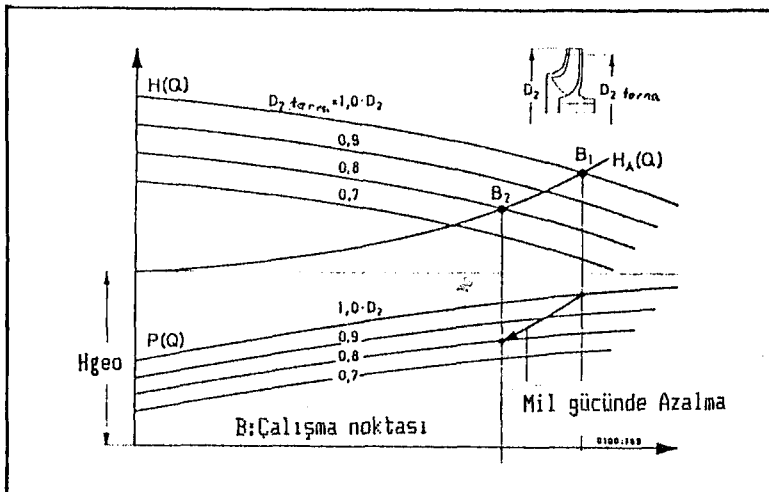
Çarkın pompa içinde yerinin eksen boyunca kaydırılması veya çıkış tarafını kısmen kapama yöntemleri de günümüzde denenmektedir (Şekil 4.9). [6]



Şekil 4.9

4.1.2.5 Çarkın Tornadan Geçirilmesi

Pompa çarkına tornada şekil verilmesi halı, bir regülasyondan çok, pompanın tesise uygun hale getirilmesi olarak bir kere düşünülmelidir. Pompanın tam işletme noktasındaki şartları sağlayabilecek bir çarka sahip olur. Tabiidir ki bu işlemin geriye ayarı yoktur. (Şekil 4.10) [6]



Şekil 4.10

4.1.2.6 Pompaların Çalıştırılıp Durdurulması

Günümüzde artık büyük pompa istasyonlarında yüksek debili bir kaç pompa yerine yol vermesi daha kolay bir çok ufak pompadan oluşan grupların oluşturulup, debi ayarını bu pompalardan bazılarının çalıştırılıp durdurulması ile yapılmasına çok sık rastlanılmaktadır.

- Pompaların Paralel Bağlanması

İhtiyaç debisinin değiştiği durumlarda tek bir büyük pompa yerine bir çok ufak pompayı kullanmak daha yerinde olur. İhtiyaç azalınca bir veya daha fazla pompa durdurulur ve böylece daha yüksek verimli bir noktada çalışılmış olur.

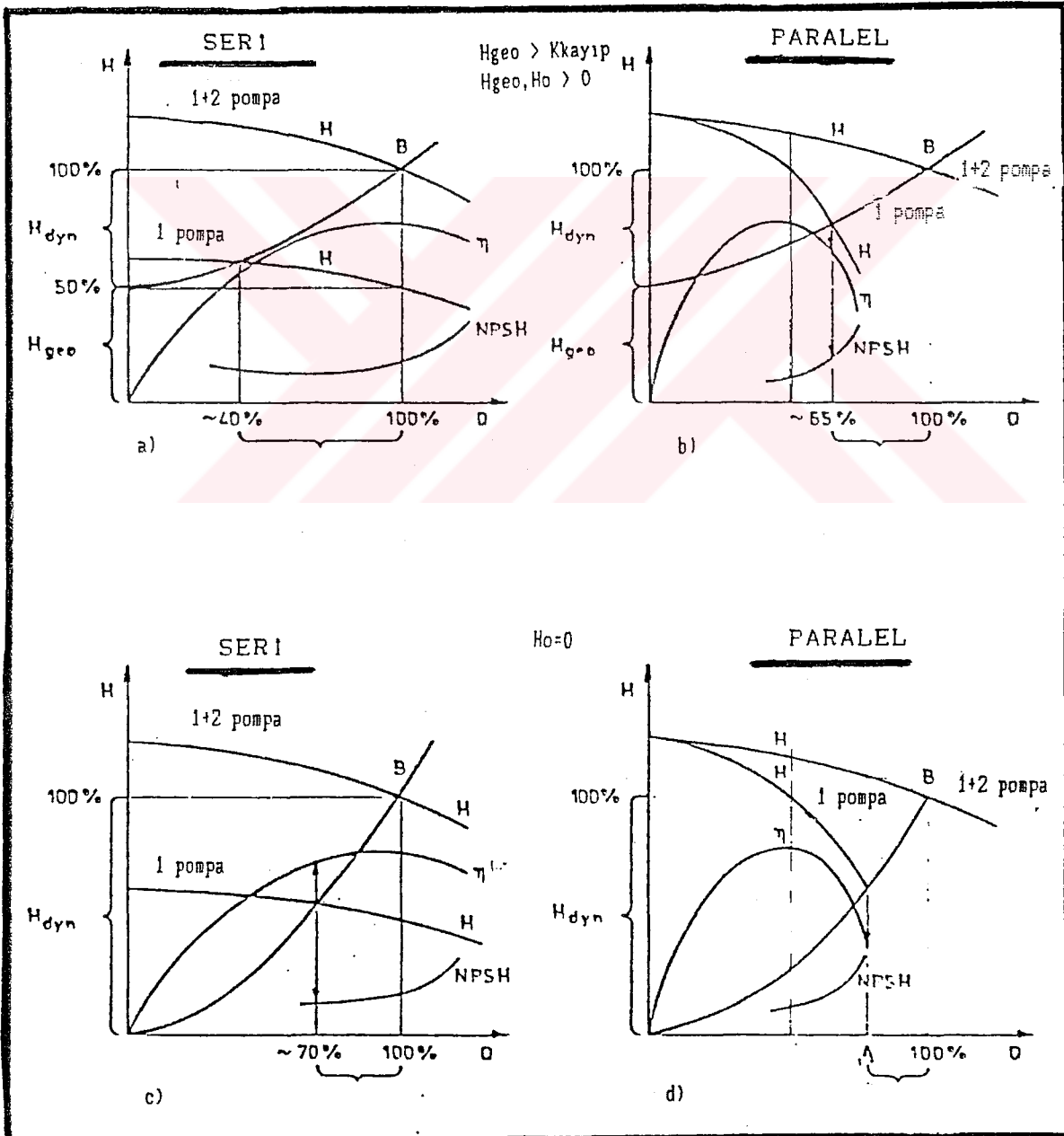
$H_{geo} > H_{kayıp}$ (Sıfır debideki basma yüksekliği yük kayıplarından fazla ise) pompaların seri bağlanmasının bir anlamı yoktur. (Şekil 4.11.a-b). Bir pompa çalıştırılırken bu pompanın çalışma noktasından karakteristik eğri üzerinde ne kadar sağa gidilebileceği ve NPSH değerinin $NPSH_{gerekli}$ değerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Motorun gücünün ve mil mukavemetinin maksimum servise uyup uymayacağı bilinmelidir [12].

- Pompaların Seri Bağlanması

$H_{geo} < H_{kayıp}$ olduğu durumlarda pompalar genellikle seri bağlanırlar. Şekil 4.11.c-d'den bu anlaşılabacaktır. Yüksek kayıpları yüzünden seri bağlı işletme tavsiye edilir. Çünkü bu yolla bir pompanın %70'i kadar debi boşalabilmesinin yanında daha iyi verim ve NPSH değerleri ile çalışılır.

$H_{geo} > H_{kayıp}$ olduğu zaman seri operasyon kullanışlı değildir. Bir pompa devre dışında kaldığı zaman, diğerlerinin düşük performansta çalışacağı doğaldır. Bu durumda pompaların paralel olması daha fazla debi ve daha yüksek verimlerde çalışması nedeniyle avantajlıdır.

Seri bağlı gruplarda yatak ve sızdırmazlık elemanlarının paralele göre daha yüksek basınçlara tabi kaldığı unutulmamalıdır.



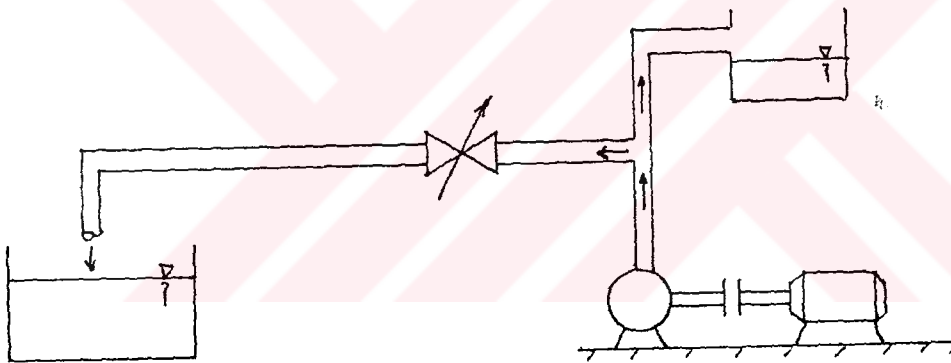
Şekil 4.11: Pompaların Seri ve Paralel Bağlanması

4.1.3 Sürekliliğin Değiştirilmesi ile Debi Kontrolü

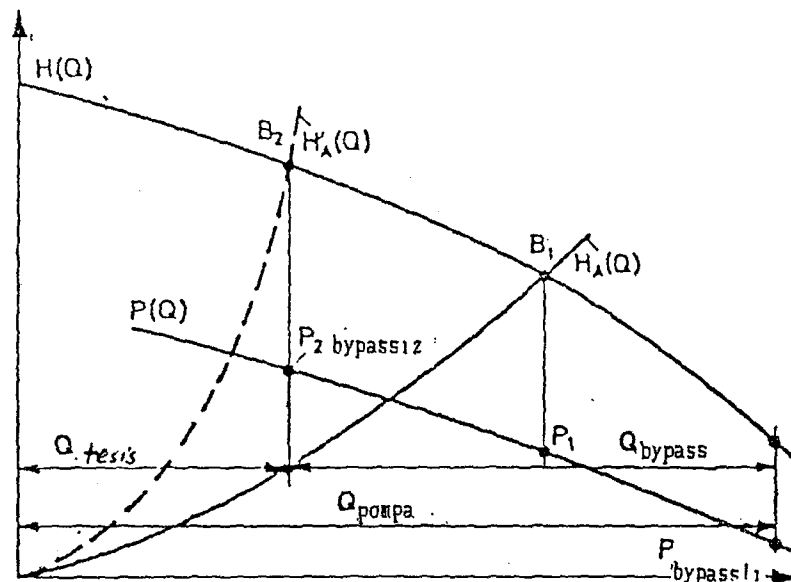
By-Pass Kontrolu :

Pompanın bastığı debinin bir kısmı tekrar emme tarafına gönderilmektedir. Bu şekilde istenen debi basılırken, normal çalışma noktasının sağında çalışılmış olur. Çıkış tarafındaki kayıpların fazla olması nedeni ile genel verim belirli bir şekilde düşecektir.

By-Pass kontrolü daha çok aksenel pompalar gibi yüksek özgül hızlı pompalarda kullanılır. Çünkü bu tip pompalarda artan debi ile harcanan güç azalmaktadır. [8]



Şekil 4.12



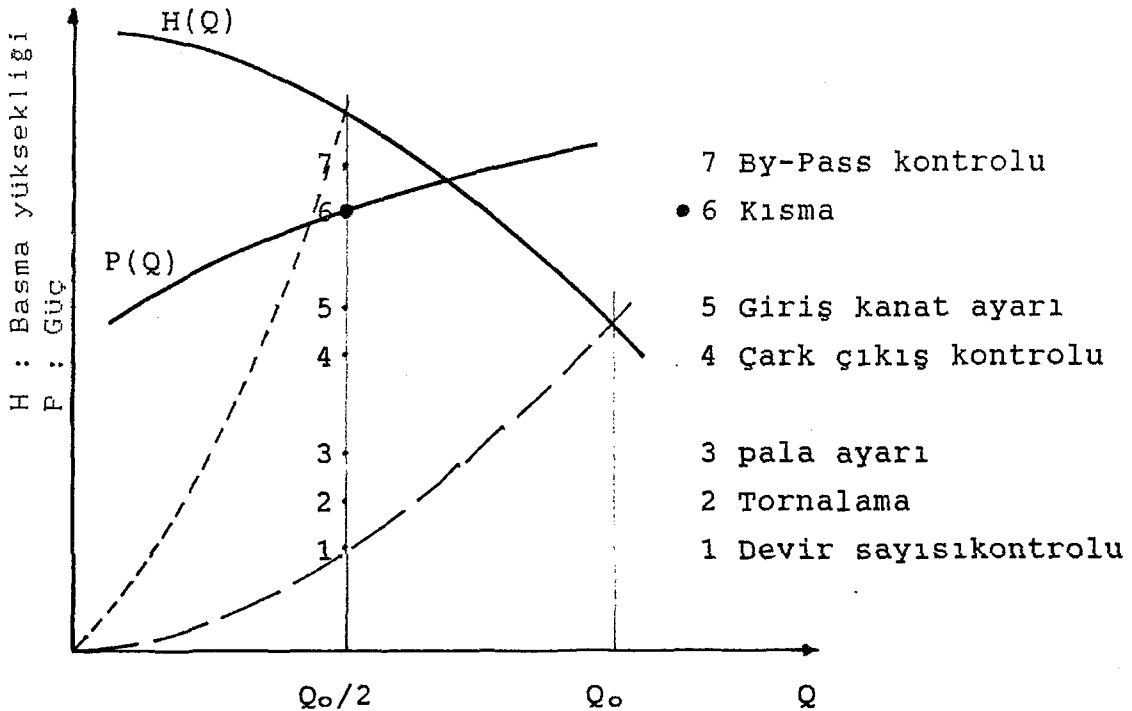
Şekil 4.13

4.2 KONTROL YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Aşağıdaki şekilde farklı debi kontrol yöntemleri güç ihtiyaçlarına göre karşılaştırılmıştır [8]. Örnekte pompa debisi Q 'dan $Q/2$ 'ye ayarlanmaktadır. Bu uygulama bir radyal pompa üzerinde denenmektedir ve yalnızca kısma ile yapılan ayarda pompa eğrilerinin aldığı durum gösterilmiştir.

Radyal pompalarda by-pass kontrolü (eksenel pompaların tersine) en yüksek gücü harcayan yöntemdir. Bunu izleyen diğer önemli kontrol yöntemleri sırayla kısma, emme ağzı girişi kontrolü, pala ayarlaması ve devir sayılı ayarlamadır [8].

Enerji tüketimi yönünden daha ekonomik olan yöntemlerin (kısma dışında) dezavantajları, yüksek ilk yatırım maliyetleridir. Bu yüzden muhakkak bir ekonomik analiz yapmak gerekmektedir.

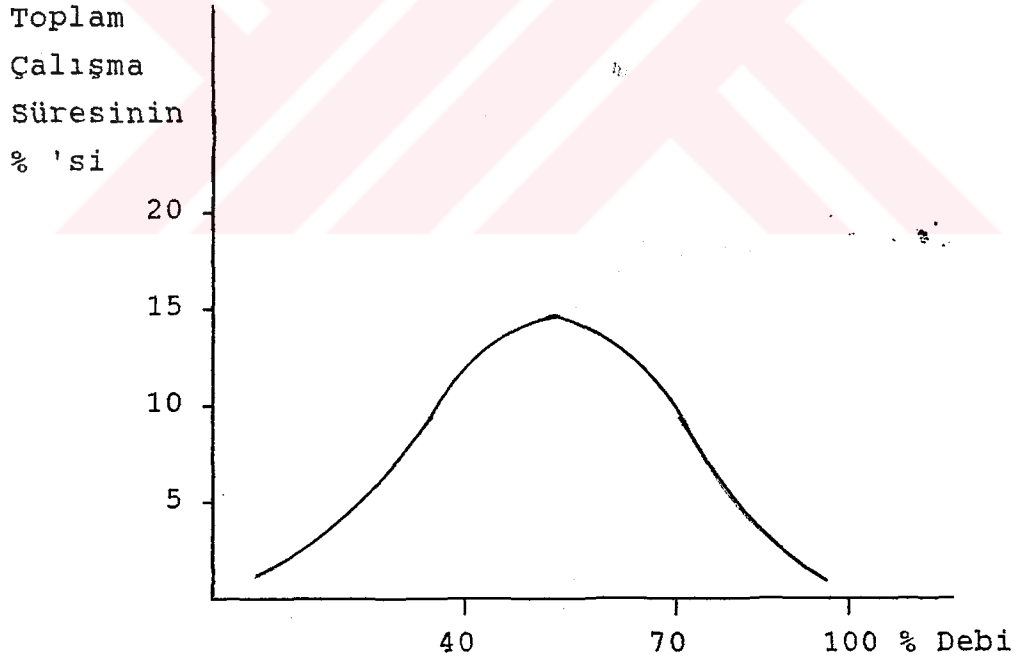


Şekil 4.14 : Değişik yöntemlerde pompa debisinin yarıya düşürülmesi işleminde harcanan güçlerin karşılaştırılması

4.3 DEĞİŞKEN HIZLI TAHRİK SİSTEMLERİNİN AKIŞKAN KONTROLUNDA KULLANILMASININ YARARLARI

Sabit devirde pompa debisi ayarı valf, çıkış damperi, giriş vanaları, difüzyon birimleri, mekanik hız dönüştürücüleri, by-pass üniteleri gibi sistemlerle yapılabilmektedir. Fakat bütün bunlarda üretilen enerjinin bir kısmı sürtünme ve ısıya dönüştüğünden sistemin verimi düşer .

Bir çok pompa uygulamasında akış profili şekil 4.14'deki gibidir [7].



Şekil 4.14

Çalışma periyodunun önemli bir kısmında daha az güç gereksinmesine rağmen, motor maksimum debiyi sağlayacak güçte seçilir. Tipik bir pompada debi çoğu zaman istenen maksimum değer %40-70'i arasındadır.

Debi, güç ve basma yüksekliğinin devir sayısına

bağlı olduğu düşünülürse, değişik hız donanımları ile devir sayısı ayarlanarak pompa istenilen değerlerde çalıştırılır. Kayış kasnak düzenleri, redüktörler, manyetik kavramalar, hidrolik varyatörler çok pahalı, hantal, düşük verimli ve sürekli bakım gerektiren donanımlardır.[8]

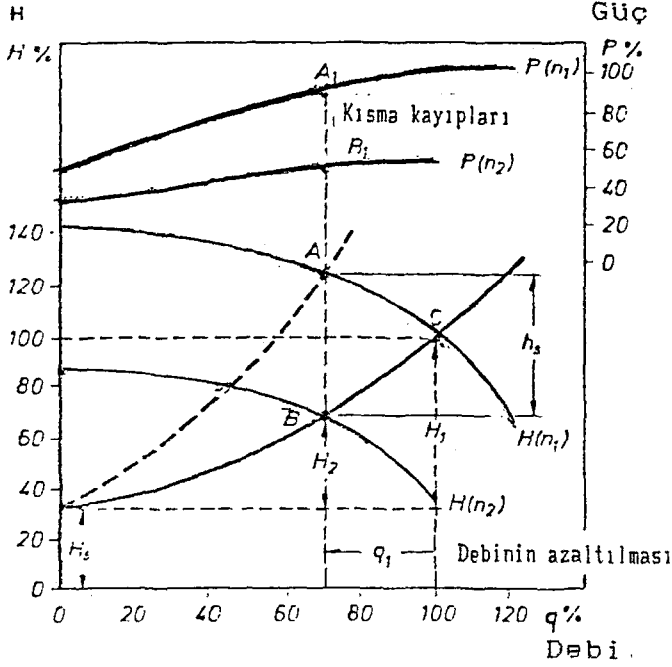
Halbuki değişken frekanslı bir statik kontrol ünitesi kullanılarak bu ayarlama çok daha uygun bir şekilde yapılabilir.

Statora değişken frekans uygulaması prensibine dayanan bu kontrol ünitesinin üstünlükleri :

- Enerji denetim sistemlerine kolay uyum (SCADA !)
- Yüksek verim
- Düşük gürültü
- Mekanik donanım ve bakımda azalma
- Enerji tasarrufu
- Uzun ömür
- Bakım ve servis kolaylığı
- Güvenilirlik
- Doğruluk .

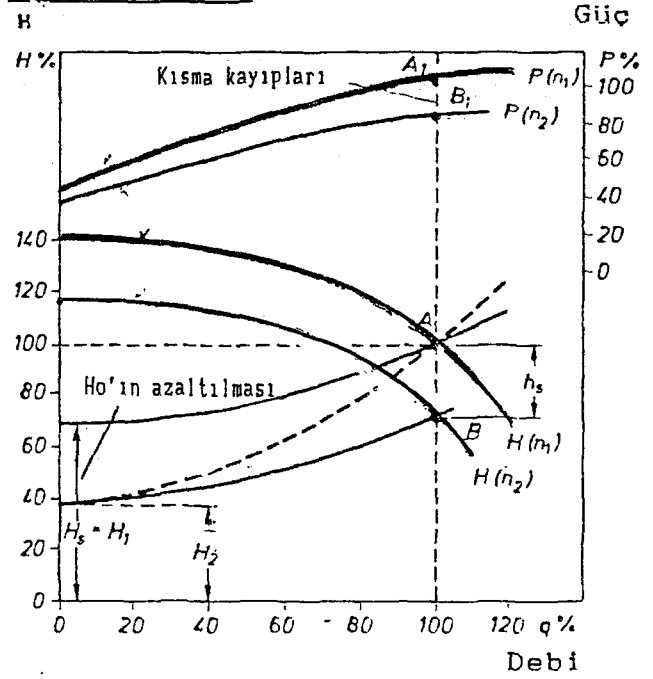
Aşağıdaki eğrilerde kısma valfiyle kontrolün değişken hızlı tahrikle kontrolla karşılaştırılması önce sabit bir H_{geo} 'da debinin q_1 kadar azaltılması hali için (şekil 4.15-a), daha sonra sabit debide H_{geo} 'ın H_1 'den H_2 'ye indirilmesi hali için (şekil 4.15-b) yapılmıştır. Bu şekil özellikle sistemin şebekedeki basınç değişimlerine karşı olumlu davranışı göstermektedir.

Her iki halde de kısma valfi ile kontrolde diğerine göre h_s kadar bir kayıp göze çarpmaktadır. Aynı kayıp güç eğrileri arasındaki farktan da çıkarılabilir.

Sabit Basınç (H_{geo})

Şekil 4.15-a
Sabit basınçta debinin
H1'den q_1 kadar azaltılması

Sabit Debi



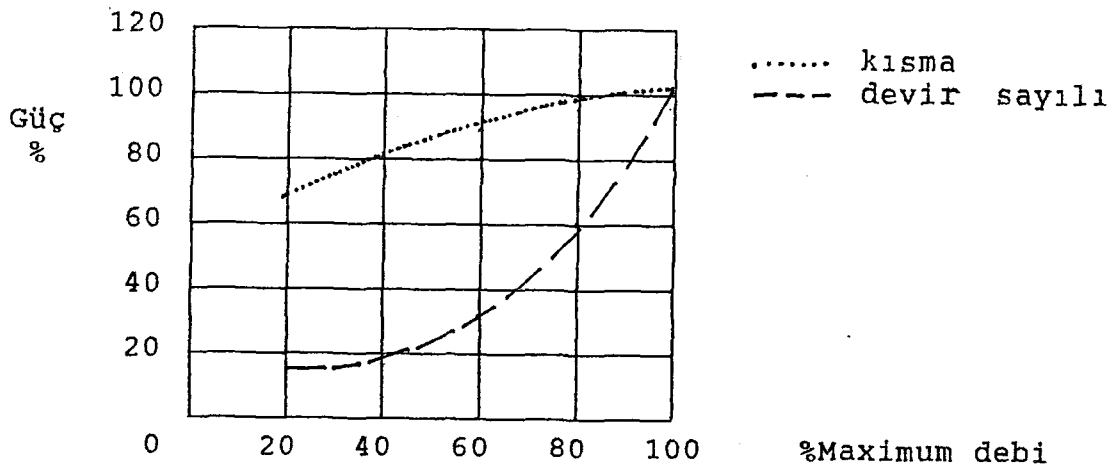
Şekil 2.4.15-b
Sabit H_{stat} 'da basıncın
H2'ye düşmesi (Şebekedeki
basıncın artması hali)

Son olarak bir örnek üzerinde sistemin avantajı gösterilebilir [7]. Örneğin 4000 kW'lık bir pompa^{1p} sisteminde çalışma süresinin,

% 70'inde anma debisine oranla % 60 debide,

% 30'unda anma debisine oranla % 80 debide çalışılsın.

Sıvı debisi kontrolunda giriş gücünün değişimi kısma valfi ve değişken hız kontrolunda şöyle gösterilebilir.



Şekil 14.16

Şekil 14.16'dan okunabileceği gibi kısma valfi ve frekans çeviricili çözüm arasındaki güç farkı % olarak

% 60 debi için : %90 - %35 = %55 ,

% 80 debi için : %98 - %60 = %38 'dir

Çalışma sürekli gözönüne alınırsa güç tasarrufu:

$$0.7 \times \%55 + 0.3 \times \%38 = \%50$$

4000 kW'lık bir pompa için bu tasarruf 2000 kW'dır.

1 yılda 8000 saat çalıştığı düşünülürse, yalnızca harcanan güç açısından tasarruf:

$$2000\text{kW} \times 8000\text{h} \times 250\text{TL/kWh} = 4.000.000.000 \text{ TL dir.}$$

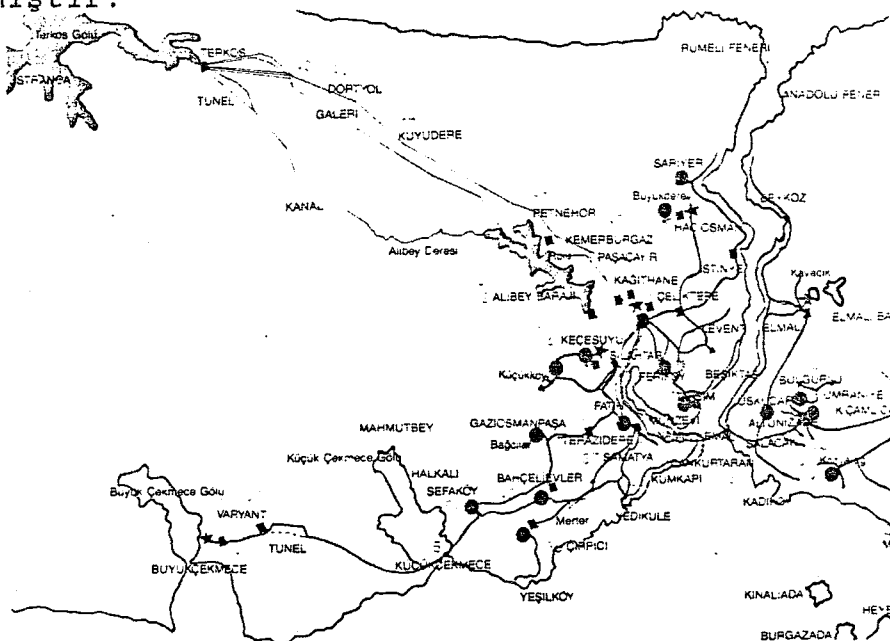
=====

HATTINDA UYGULANMASI

SCADA yardımı ile merkezden kumandanın gerekliliği İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin (İSKİ) yeni su getirme hatlarından biri olan B.Çekmece-Bahçelievler hattı için incelenmiştir (Şekil 5.1, şekil 5.2). Hattın işletiminde bilgi iletiminin azlığından kaynaklanan bazı problemler ortaya çıkarılmıştır.

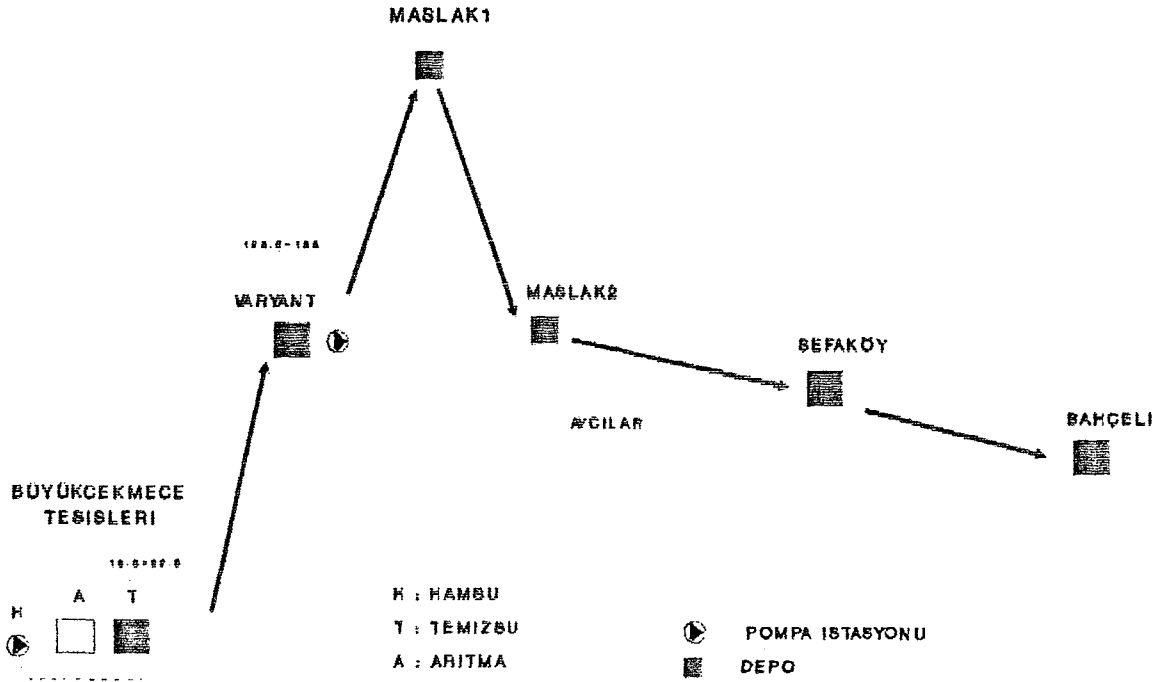
Aşağıda önce bu hat ve mevcut uygulamada karşılaşılan bazı problemler tanıtılmış, daha sonra SCADA'nın bu problemlere ve hattın işletilmesine getireceği kolaylıklar açıklanmıştır.

B.Çekmece-Bahçelievler hattının tam kapasitede çalıştırılamaması ve bazı bölgelere özellikle Avcılar'a istenilen suyun verilememesi üzerine, hattın son aylardaki durumu ele alınmış ve bir takım sonuçlara varılmıştır.



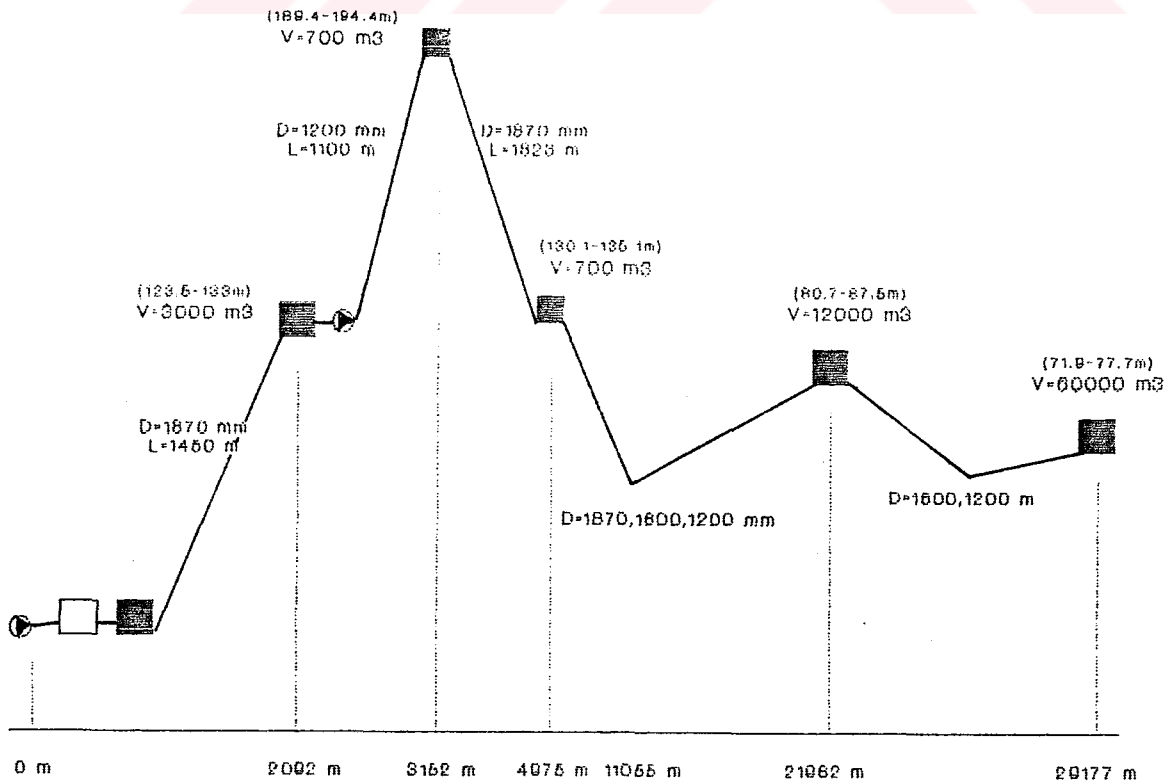
Şekil 5.1: B.Çekmece-Bahçelievler hattının İstanbul su şebekesindeki yeri

BÜYÜKÇEKMECE-BAHÇELİEVLER SU GETİRME HATTI



BÜYÜKÇEKMECE-BAHÇELİEVLER SU GETİRME HATTI

Kollar, hacimler, boru çapları, mesafeler



Şekil 5.2: B.Çekmece-Bahçelievler hattı

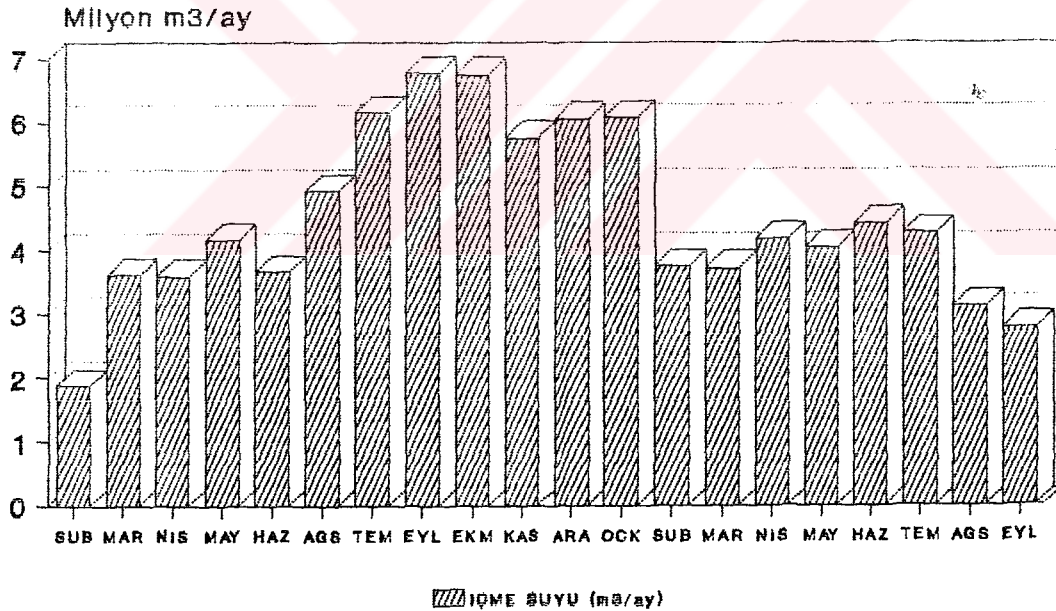
5.1. HATTIN PROBLEMLERİ

5.1.1. Kapasite Sorunu :

İSKİ faaliyet raporları gözönüne alınarak 1989 ve 1990'da İstanbul'a B.Çekmece'den bir yıl boyunca verilen içme suyu (Şekil 5.3), ayrıca B.Çekmece'den İstanbul'daki su kesinti programı başlamadan önceki aylarda şehre verilen temizsu miktarları, grafikler halinde gösterilmiştir (Şekil 5.4).

BÜYÜKÇEKMECE - BAĞÇELİEVLER HATTI

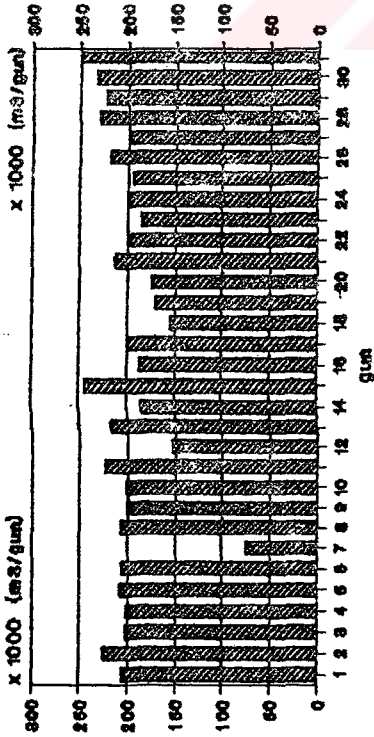
Subat 1989 - Eylül 1990 arası İstanbul'a
Büyükçekmece gölünden verilen içmesuyu



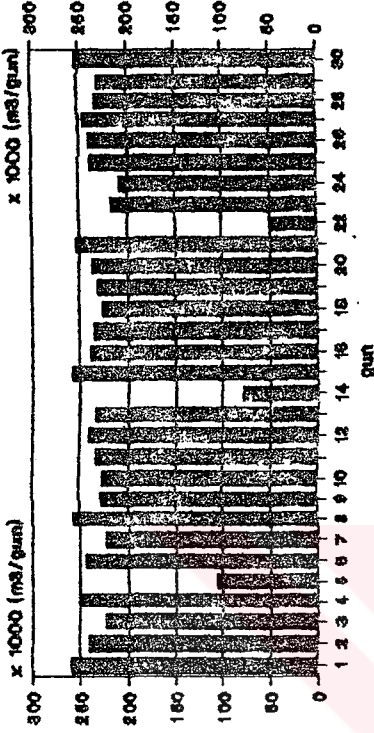
Şekil 5.3 Grafik, İSKİ Faaliyet raporlarından alınan değerlere göre hazırlanmıştır.

B.Çekmece hattının 1989 temmuzdan sonraki durumu incelenecek olursa (İSKİ'nin bu yeni hattı bu tarihten sonra devreye girmiştir), örneğin 1,15,21 eylül vb.tarihlerinde hattın kapasitesinin 260.000 m³/gün'e çıktığı gözlenmektedir. Fakat diğer günlerde bu kapasite 200.000 m³/gün civarında seyretmektedir.

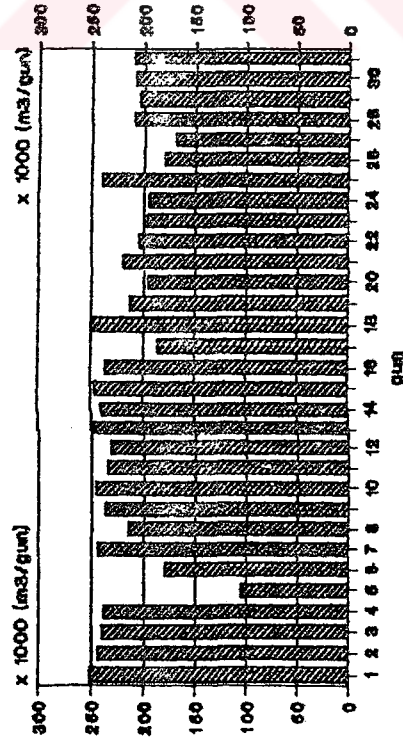
**B.ÇEKMECE HATTI
AGUSTOS**



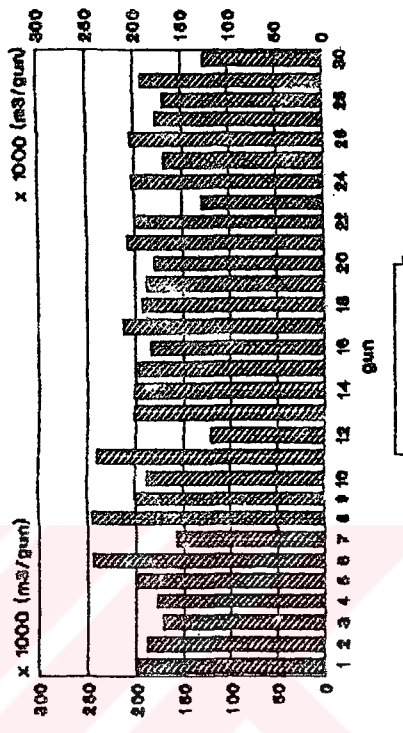
**B.ÇEKMECE HATTI
EYLÜL**



**B.ÇEKMECE HATTI
EKİM**



**B.ÇEKMECE HATTI
KASIM**



Şekil 5.4 Büyükçekmece hattında Ağustos - Kasım 1989 arasında şehre verilen içmesuyu miktarları

Aylık raporlardan görülebildiği gibi değişik aylardaki günlük ortalama kapasite yaklaşık

eylülde 225.000 m³/gün ,
 ekimde 230.000 m³/gün ,
 kasımda 200.000 m³/gün ,
 aralıkta 200.000 m³/gün ,
 ocakta 190.000 m³/gün ,
 şubatda 90.000-150.000 m³/gün civarında seyretmektedir.

Ocak ve şubat ayından sonraki düşük kapasitelerin nedeni, yaşanmakta olan az yağışlı kış mevsimleri nedeniyle bilinçli olarak sürekli su kesinti programı uygulanmasıdır. Fakat diğer aylar için söylenebilecek söz, hattın gerçek kapasitesinin altında çalıştırıldığıdır.

5.1.2. Maslak2 Sorunu :

Kapasiteyi kısıtlayacak bir husus hattın Varyant pompalarından sonraki kısmı incelendiğinde göze çarpmaktadır.

- Varyant pompaları suyu Maslak1'e basmaktadır. Bir pompanın debisi 1.1 m³/gün = 96.000 m³/gün'dür.
- Maslak1'den Maslak2'ye su cazibe ile akmaktadır. Yüksek kot farkından bu noktada bir problem doğmamakta ve su olduğu gibi Maslak2'ye boşalmaktadır.
- Maslak2'den Sefaköy'e su yine cazibe ile akmaktadır. Mevcut kot farkı yüzünden Varyant pompalarından bağımsız olarak kapasite yaklaşık 3100 l/s (267.840 m³/gün) olarak hesaplanmış ve matematik model deneylerinde bulunmuştur. Nitekim bu değer de, son aylardaki temizsu

raporları incelenecek olursa ulaşılabilmiş maksimum değerdir.

- Sefaköy'den Bahçelievler'e su tekrar cazibe ile akmaktadır. Fakat buradaki kot farkı ve aradaki branşmanlardan çekilen su, kapasitenin Maslak2-Sefaköy arasındakinden daha fazla olmasına yol açmaktadır.

Görülüyor ki, dar boğaz Maslak2-Sefaköy arasındadır. 3 Varyant pompası çalıştığı andan itibaren Maslak2 deposunun seviyesi yükselmekte ve taşma olabilmektedir.

5.1.3. Avcılar Sorunu :

Avcılar bölgesi üç ayrı yerden beslenmektedir (Şekil 5.13) :

1. B.Çekmece - Bahçelievler hattından ayrılan bir branşmanla,
2. Eski Ömerli hattından kalan ve Bahçelievler'den pompajla gelen 800 - 400 - 150'lik hattın ,
3. Avcılar civarındaki birtakım kuyulardan yüksek basınçla.

Bu üç kaynak Avcılar branşmanında birleşmektedir diyebiliriz. Zaman zaman 2. ve 3. kaynağın basınçları ana isale hattının (1. kaynak) basıncını boğmaktadır. Bu durumda ana hattın bölgeye su verilmesi amaçlanırken, aslında diğer iki kaynaktan hatta su verilmektedir.

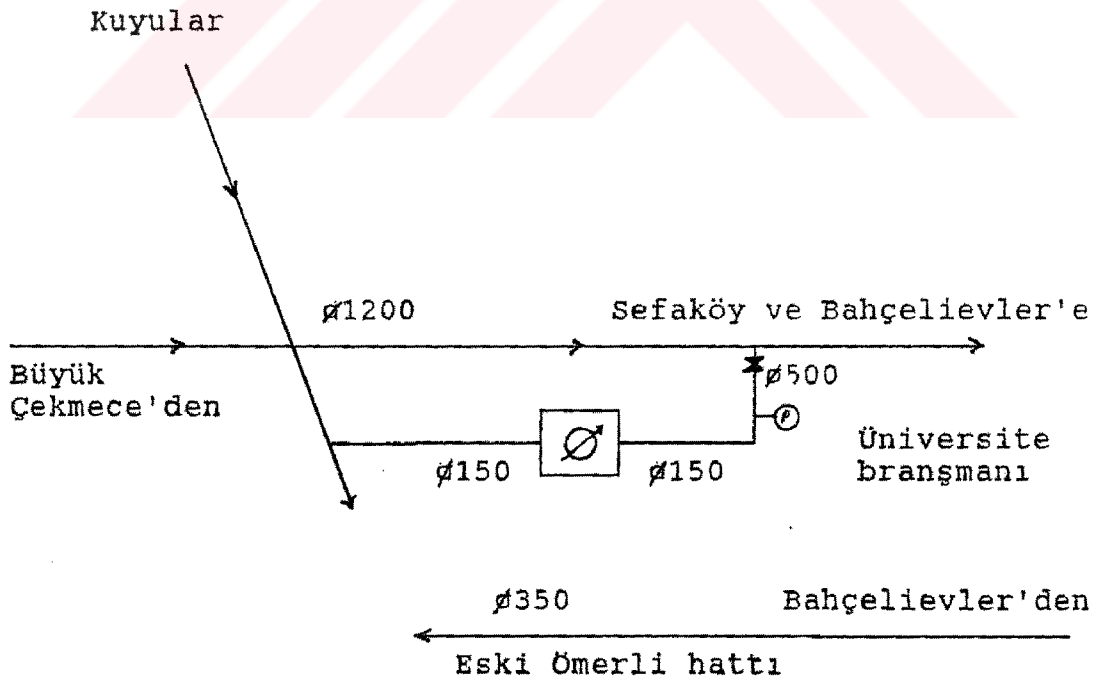
Yerinde yapılan incelemelerde bu durum örneğin 7.12.1989'da saat 12:50 'de Avcılar'daki sayaçta gözlenmiştir. Sayaç göstergesi birden tersine dönmeye başlamıştır. Böylece arada sırada da olsa hattın civar

bölgeleri beslemek için alınan su yine hatta verilmektedir. Bu durum aynı zamanda hat üzerinde hava boşluklarının oluşmasına, su ve basınç dalgalanmalarına neden olabilmektedir.

Not: 17.1.1990'da yapılan başka bir ölçümde de sayaktan saat 16:15'te 263 l/s (23.000 m³/gün) kısa bir zaman sonra da saat 16:45'te 67 l/s (6.000 m³/gün) geçtiği okunmuştur. Bu sırada manometrede 18 m'lik basınç gözlenmiştir.

Görüldüğü gibi işletim sırasında hat, ölçümlerle yeterince kontrol edilmediğinden istenmeyen sonuçlar doğabilmektedir.

Aşağıda Avcılar'ın durumu gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : Avcılar probleminde adı geçen hatlar

5.2. HAT ELEMANLARININ İŞLETİMİ

5.2.1. Pompalar :

Pompalar	Adedi	Hm(m)	Q(m ³ /s)	Q(m ³ /gün)
Hamsu	3	40	1,875	162.000
Temizsu	7	116	1,1	96.000
Varyant	3	74	1,1	96.000
Bahçelievler	3	70	0,6	50.000

Genel olarak teknik bir arıza (pompa,filtre...), enerji kesintisi, depo taşması olmaması durumunda pompalar sürekli çalıştırılmaktadır.

Pompaların çalıştırılması ve dolayısı ile hat-tın işletimi, İSKİ Feriköy merkez santral ve B.Çekmece grubu tarafından şu şekilde yapılmaktadır :

Gölden alınan suyu arıtma tesislerine gönderen Hamsu pompalarının debisi, ihtiyaç fazlası tekrar göle verilerek ayarlanmaktadır.

Arıtmadaki 28 filtrenin 21'i devrede olup çalışır durumdadır. 28 filtrenin tam kapasitede çalışması halinde 400.000 m³/gün geçirilebilmektedir.

Arıtmadan çıkan su Temizsu depouna dolmakta ve depoda su olduğu sürece Temizsu pompaları çalıştırılmaktadır.

Varyant pompalarının debileri Temizsu pompalarının kiler ile aynı olduğundan, Temizsu pompaları ile aynı şekilde çalıştırılmaktadır. Varyant pompalarından şehre verilen suyun tüketiminin özellikle gece ve öğleden sonra saatlerinde az olmasından dolayı Sefaköy ve Bahçelievler depolarının seviyeleri yükselince, Varyant

pompalarının üçünden biri durdurulmak zorunda kalmaktadır. (Not: Sefaköy'ün seviyesi gündüz 460-470 cm'ye, gece de 420 cm'ye çıktığında 1 pompa durdurulmaktadır.)

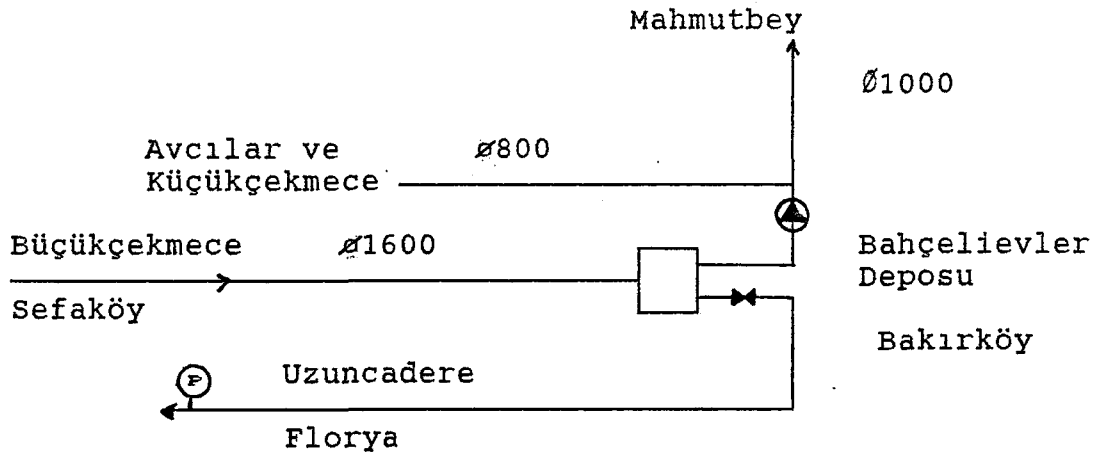
Bahçelievler'de bulunan 3 pompa bir enerji kesintisi dışında gece gündüz hemen hemen sürekli çalıştırılmaktadır. Bahçelievler'de şebeke basıncı da sürekli kontrol edilmektedir.

Bu durumda 3 varyant pompasının günde toplam 72 saat çalışılabilmesi mümkünken , ortalama olarak

- ağustosta 51 saat;
- eylülde 57 saat;
- ekimde 56 saat,
- kasımda 48 saat,
- aralıkta 50 saat,
- ocakta 47 saat çalıştırılmıştır.

5.2.2. Depolar ve Giriş Çıkış Vanaları :

Bahçelievler depo seviyesi sürekli kayıt edilmektedir. Giriş vanası tam açıktır. Bahçelievler deposundan iki şekilde su verilmektedir:



Şekil 5.6 : Bahçelievler deposundan beslenen yerler

Bahçelievler deposundan iki şekilde besleme yapılmaktadır:

1. Pompajla Mahmutbey, Küçükçekmece ve Avcılar'a günde yaklaşık 150.000 m³ . (Not: Bahçelievler depo seviyesi 3.5-4.0m altında iken kavitasyon tehlikesinden, yeni bir pompa devreye sokulamıyor. Fakat bu seviyelerin üzerinde pompalamaya başlanırsa seviye 1.20 m'ye düşünceye kadar devam edilebiliyor.)

2. Bahçelievler deposunun çıkışındaki vanadan Ataköy, Bakırköy, Florya'ya cazibe ile günde yaklaşık 20.000 m³ . Bu çıkış vanası 210 turluk bir vana olup genelde 110-90 tur açık durumunda tutulmaktadır. Vananın açıklığı şu hususlara göre ayarlanıyor:

- Depo seviyesi çok düşerse, kısıllıyor hatta kapatılabiliyor.

- Florya Uzuncadere 'deki manometrede basınç 65m civarında tutulmaya çalışılıyor.

- Açıklık çok artarsa (örn. 150 tur) Uzuncadere basıncı 70m'ye yükselebiliyor ki , bu da hattın çok eski olmasından sakıncalı görülüyor.

Sefaköy depo seviyesi de sürekli kaydedilmektedir. Giriş vanası teknik bir arızada kapatılması dışında sürekli tam açık diyebiliriz. Çıkış vanası en fazla 140 tur açıktır. Bazen + 10 tur değiştirilebiliyor. Örneğin

- Bahçelievler depo seviyesi fazla yükselmişse,
- Bahçelievler çıkış vanası 150 tur açıksa ve
- Uzuncadere basıncı 70 m'ye çıkmışsa

Sefaköy vanası kısılmaktadır.

5.3 MEVCUT UYGULAMANIN DEZAVANTAJLARI

- Hat üzerinde hiçbir debimetrenin bulunmayışı, sistemden geçirilen su miktarının, ancak pompa nominal değerlerinden yola çıkılarak bulunmasını mümkün kılmaktadır.
- Tepelik ve ulaşılması zor bir yerde bulunan Maslak2 deposu taşsa, hiç kimse tarafından farkedilmeyecektir.
- Branşmanlardan bölgelere ne kadar su verildiği, bunların üzerinde sayaç, manometer vs. bulunmayışından bilinmemektedir.
- Pompalar sık sık dur kalk şeklinde çalıştırılmaktadır. Herhangi bir ayar söz konusu değildir.
- Hattın boşalabilmesinin ihtimali çok yüksektir.
 - . Bunun doğuracağı sonuçlar:
 - . Vantuzlar bakımsızlıktan görevlerini tam yapamadıklarından borularda hava sıkışıp tehlike yaratabilir.
 - . Su darbeleri
 - . Su kaçakları artacaktır.
- Muhtemel bir boru patlaması, hat üzerinde merkezden herhangi bir basınç düşüşü izlenemediğinden çok geç farkedilecektir.
- Hat tam olarak kontrol edilemediğinden tam kapasite elde edilemeyecektir.
- İki saatte bir B.Çekmece hattındaki 3 istasyon dahil İstanbul'un yaklaşık 50 yerinden gelen bilgileri değerlendirmeye çalışan ve hatları bu şekilde yöneten Feriköy Merkez Santral'in tüm hattı en verimli şekilde kağıt üzerindeki birkaç değerle yönetmesi mümkün değildir.

- İSKİ içinde amaçları aynı fakat farklı görevleri üstlenmiş Şebeke, İsale ve Arıtma birbirinden kopuk çalışmakta, gerektiği zaman anında veya kısa bir sürede uygulamalarından haber alınamamaktadır.

- Aynı sebeplerden sisteme herhangi ani bir müdahale de söz konusu değildir.

5.4 SONUÇLAR ve HATTIN İŞLETİMİNE YÖNELİK ÖNERİLER

5.4.1 Depoların Kontrolü

Büyükçekmece Bahçelievler hattının planlandığı kapasitenin altında çalıştırılmasının bir nedeni olarak depoların taşıdığı veya seviyenin sürekli istenen değerde korunamaması gösterilmektedir. Burada doğru bir işletim ile depoların taşmasının nasıl önlenebileceği açıklanacaktır.

Hat incelendiğinde, 3 pompaj ve 3 cazibe hattından oluştuğu görülür (Şekil 5.2). Bunların maksimum kapasiteleri,

Pompaj Hatlarında :

Hamsu	Temizsu	: 3 x 1875 l/s (= 3 x 162000 m ³ /gün)
Temizsu	Varyant	: 3 x 1100 l/s (= 3 x 95040 m ³ /gün)
Varyant	Maslak1	: 3 x 1100 l/s (= 3 x 95040 m ³ /gün)

Cazibe Hatlarında :

		Min.kot farkında	Maks.kot farkında
Maslak1	Maslak2 :	373000 m ³ /g	407000 m ³ /g
Maslak2	Sefaköy :	250000 m ³ /g	280000 m ³ /g
Sefaköy	Bahçeli :	100000 m ³ /g	395000 m ³ /g

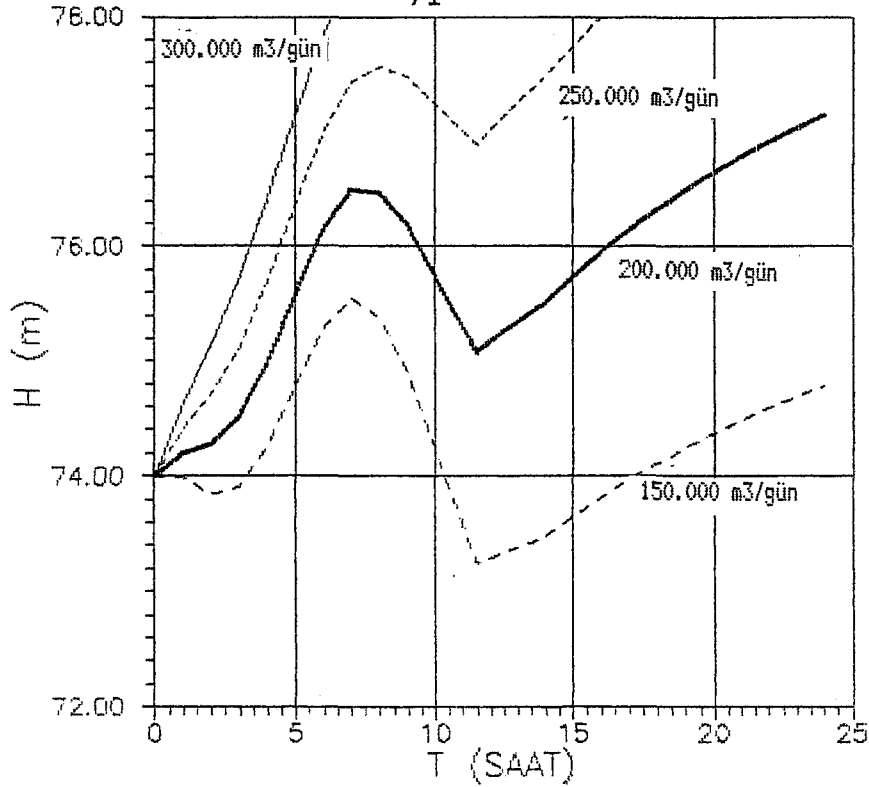
Bu kapasiteler incelendiğinde, depolar arası cazibeli akışların kontrol edilmemesi halinde depolara gelen suların taşıdığı veya girişin çıkışa göre yetersiz kalmasıyla boşalabileceği gözlenmektedir. Su getirme hatlarının boşalmasının doğuracağı problemler, bu suların kontrolünün şart olmasına yalnızca bir nedendir.

İSKİ'nin hidrolik model çalışmalarında kabul edilen ve güney Haliç için alınan tüketimdeki saatlik dalgalanmalar ağırlıklı ortalaması bire eşitlendikten sonra şöyledir :

Zaman Aralığı	Debi Katsayıları
0:00 1:00	1.05
1:00 2:00	1.17
2:00 3:00	1.00
3:00 4:00	0.76
4:00 6:00	0.59
6:00 7:00	0.76
7:00 8:00	1.10
8:00 9:00	1.36
9:00 10:00	1.55
10:00 11:30	1.58
11:30 14:00	1.00
14:00 24:00	0.92

Bu tüketim katsayılarına göre depo giriş vanasının sürekli açık olması durumunda Bahçelievler'deki günlük ortalama tüketimin 150-200-250-300 bin m³/gün olması hallerinde depo seviye değişimleri Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

Depoya gelen su bazı durumlarda, ihtiyacı çok fazla aştığından taşmaktadır. Vana sürekli belli bir konumda kısıllı olsa, bu sefer de depo ihtiyaca karşılık veremeyeceğinden boşalacaktır. Halbuki bir deponun ana amaçlarından birisi, tüketimin değerlerine göre, az olduğu zamanlarda suyu depolayarak gün içindeki pik ihtiyaçlara veya salınımlara cevap verebilmesidir.



Şekil 5.7 : Bahçelievler deposunun girişinin sürekli tam açık olaması halinde depo farklı günlük tüketim değerlerine depo seviyesinin bir günün alacağı değerler.

Yukarıda sözü edilen günlük tüketimler ve gün içindeki saatlere göre salınımlar depo girişindeki bir vana ile (daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi) kontrol edilmeye çalışılınca Bahçelievler depo seviyesindeki değişimler Şekil 5.8'deki gibi olmuştur.

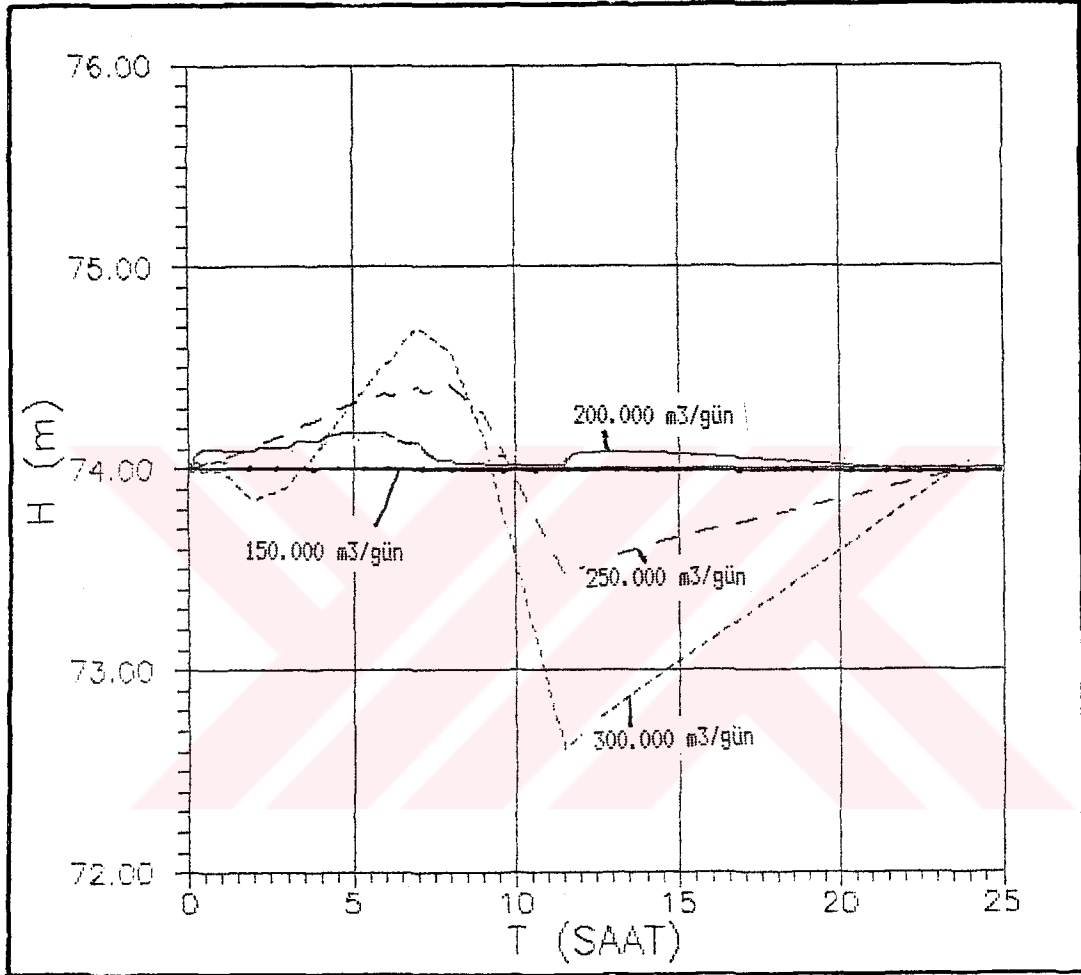
Kontrol sayesinde,

- Bahçelievler deposundan günde 200000 m³'den fazla verilemediği düşünülürse ve Şekil 5.8'den de bu kapasitenin dengelenmesi için deponun yalnızca 1/10'u kullanıldığı teşhis edilirse SCADA ile kontrolün İstanbul'un bir çok yerinde buna benzer atıl yatırımlara engel olabileceği görülür.

- Depo seviyesindeki salınımlar dengelenebilmekte,

- Deponun taşması engellenebilmekte,

- Gün içinde salınımlar minimum hacimlerde dengelenebilmektedir. Farklı günlük toplam tüketimlere göre bu hacim değişir.



Şekil 5.8 : Girişi vana ile kontrol edilen deponun farklı günlük tüketim değerlerinde depo seviyelerinin bir gün boyunca değişimi

Not: Depo taban alanı 10000 m²'dir. Grafiklerden okunacak seviye farkları ile bu alanın çarpımı gerekli hacmi verecektir.

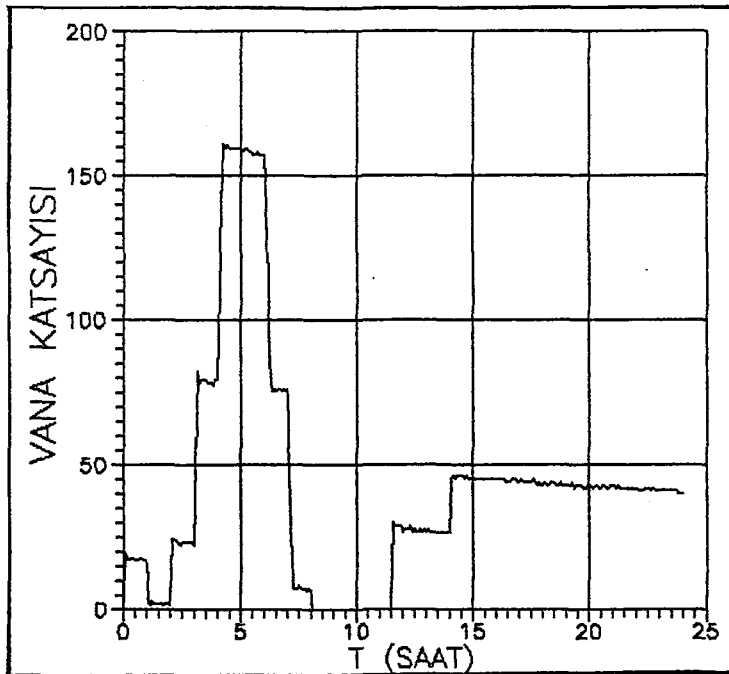
Cazibeli akışın izin vereceği maksimum debinin, maksimum tüketime oranı arttıkça bu oran azalacaktır.

Günlük tüketim (m ³ /gün)	$Q_{girmaks} / (Q_{tüketim})_{max}$ YÜZDE	Gerekli hacim (m ³)
150.000	% 0	0
200.000	% 50	1517
250.000	% 80	9493

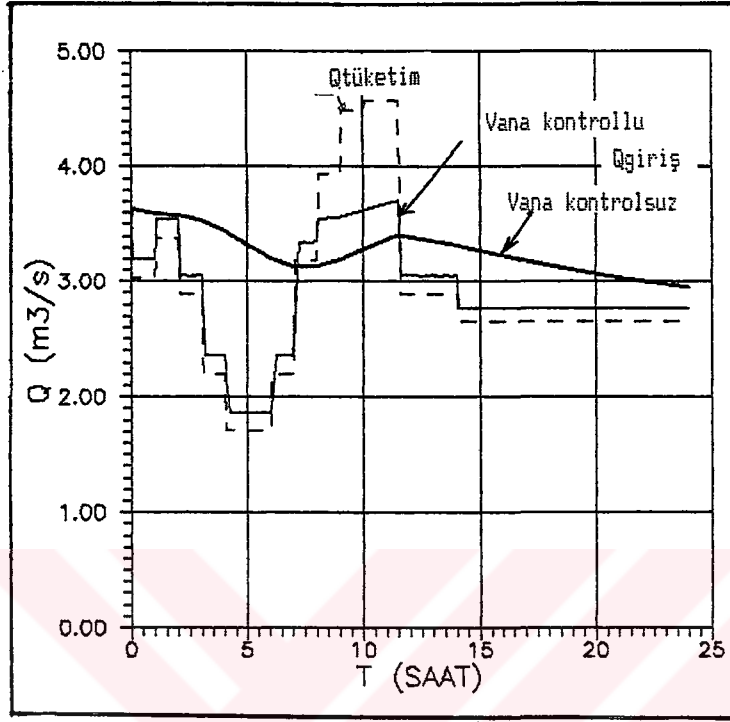
Vana Kontrolü Nasıl Yapılmalı ?

Oluşturulan matematiksel hidrolik model sayesinde günlük tüketim salınımlarını dengeleyecek hacim bulunurken aynı zamanda bunu mümkün kılacak vana kısma programı da belirlenmiş olacaktır.

SCADA'nın burada etkisi evvelki zamanlara göre hazırlanmış bu kısma programının sürekli kontrol edilip yeni şartlara uydurulmasında ortaya çıkacaktır. Örneğin şekil 5.9-a'da 200.000 m³ lük günlük tüketimde günlük salınımları dengeleyecek minimum hacim bulunurken vana katsayısının alacağı değerler, şekil 5.9-b'de vananın kontrollü ve kontrolsüz olması hallerinde giriş debisinin 24 saat boyunca alacağı değerler ile her iki halde de aynı olan günlük tüketim eğrisi verilmiştir.



Şekil 5.9-a



Şekil 5.9-b

SEFAKÖY, DON 'A UYGULANMAK ÜZERE HAZIRLANAN VANA KISILMA PROGRAMI

VANAS1

ÇAP	HIZ	DEBİ	IX	ACIKLIK	TUR SAYISI	PROCEDURE-III KARŞILIĞI	IX	LOKAL KAYIP
D [mm]	V [m/s]	Q [m³/s]	IX	X / D	(MAX 60) K=GERÇEK KATS	Kpro=8.263*Kger/((D**4)*(10**8))	IX	H [m]
			IX		0acık-60kapa (TABLODAN)	PROCEDURE-III KARŞILIĞI	IX	
1600	1.56	3.139	IX	.278	43.35	20.50	IX	2.55
1600	1.73	3.482	IX	.455	32.72	4.50	IX	.69
1600	1.49	2.996	IX	.248	45.15	26.50	IX	3.00
1600	1.15	2.313	IX	.112	53.27	84.50	IX	5.71
1600	.91	1.829	IX	.033	58.03	166.50	IX	7.03
1600	1.15	2.312	IX	.118	52.93	80.50	IX	5.43
1600	1.63	3.280	IX	.356	38.66	10.50	IX	1.43
1600	1.80	3.610	IX	1.000	.00	.00	IX	.00
1600	1.84	3.690	IX	1.000	.00	.00	IX	.00
1600	1.49	2.995	IX	.233	46.02	30.00	IX	3.40
1600	1.35	2.707	IX	.186	48.86	45.00	IX	7.73

Şekil 5.10

Burada bulunan değerler, İSKİ'nin SCADA sisteminin, bir yan bilgi üretme ünitesini oluşturan ve tüm İstanbul'u kapsayan İSKİ-Matematik Modeli PROCEDURE-III, Sefaköy ve Bahçelievler arasında da uygulanmış ve aynı sonuçlar elde edilmiştir (Ek E).

İSKİ-Matematik modelinde ancak sınırlı sayıda zaman aralığının çalıştırılabilmesi, vana katsayılarının zamanında regüle edilememesine yol açmaktadır. SCADA'ya bilgi üretecek, senaryolar yazacak böyle bir sistemin daha verimli ve somut çalışması gerekmektedir.

FORTTRAN programıyla belirlenen katsayılar, FRAMEWORK II'de hazırlanan tablolar sayesinde kolayca pratikteki vana açıklığını ifade eden vana tur sayısına dönüştürülebilir. Şekil 5.9-a'da ifade edilen katsayıların pratikte kullanılan vana kapama tur sayılarına ve de İSKİ'nin simulasyon programında kullanılan kayıp katsayılarına dönüştürülebildiği şekil 5.10 da verilen tabloda gösterilmiştir.

Pratikteki sürgülü vana için kullanılan x/D açıklığı ve K kayıp katsayıları Ek F' de verilmiştir. Ara değerlerin olmayışı bir eğri uydurma zorunluluğunu çıkartmıştır, bu eğri GRAPHER paket programı yardımı ile elde edilmiştir.

FORTTRAN programının sonunda elde edilen Vanak (Kgerçek) değerlerinden,

- Matematik model İSKİ için yeni katsayıların üretilmesi
- Pratikte vana ustabaşılarına iletilecek vana tur sayıları
- Belirtilen vanaların bu katsayıda yaratacağı yük kaybı bulunabilir.

5.4.2 Büyükçekmece Hamsu Pompalarında Debi Ayarlaması

Ek D1 'de görülebilecek KSB firmasının Hamsu pompa karakteristik eğrileri incelendiği takdirde pompaların tek tek debilerinin $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 'nin altına düşmemesi gerektiği anlaşılr. Şekil 5.11 ' den görüleceği gibi 3 pompanın optimum çalışma noktası $5.90 \text{ m}^3/\text{s}$ 'de iken, mevcut pompalarla bu değere çıkmasının imkanı olamamaktadır.

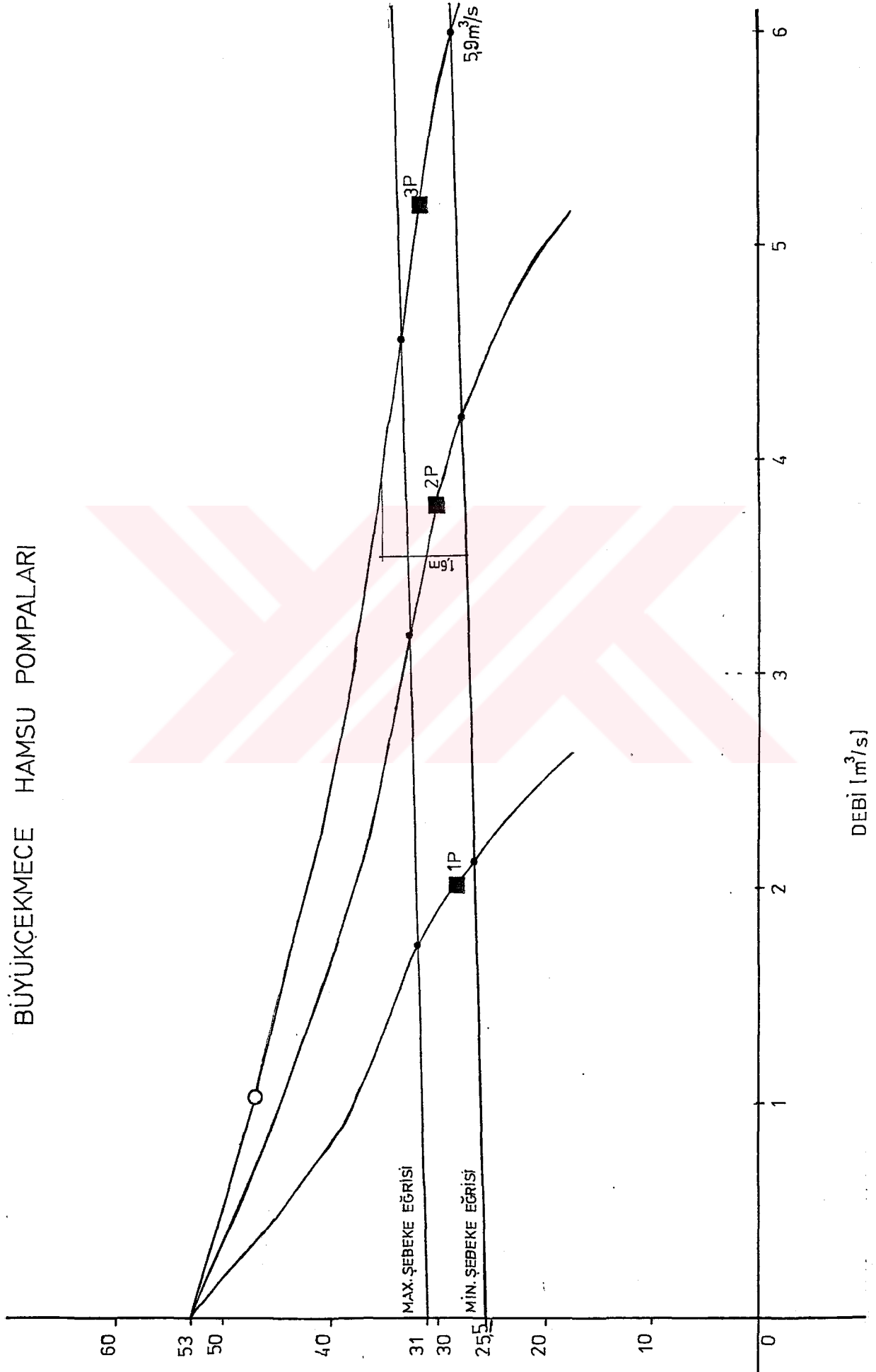
Daha düşük debilerin ayarında da bu problem göze çarpmaktadır. Bir pompa minimum şebeke eğrisinde $2.18 \text{ m}^3/\text{s}$ üzerine çıkamazken , iki pompanın paralel çalışması halinde de $3.08 \text{ m}^3/\text{s}$ altına inilemediğinden bu arada ayar yapmak imkansızdır. Bu çalışmada debi ayarının gerekliliği ortaya konacağından, gerçek pompa eğrilerinin yukarıda bahsedilen kritik noktasından sonrasına sadık kalmaya çalışarak, GRAPHER çizim programı yardımı ile 1,2 ve 3 pompa için denklemler uydurulmuştur . Pompaların yeni grafikleri EK D2 de göl seviyeleri ile değişen şebeke eğrileri ile beraber gösterilmiştir.

Değişik göl kotlarına dolayısı ile farklı H_{geo} 'lara pompaların çalışma noktaları şöyledir :

Göldeki Su Kotu	:	+0.75m	+6.70m
H_{geo}	:	31m	25.5 m
1 pompa çalışırken	:	$1.75 \text{ m}^3/\text{s}$	$2.15 \text{ m}^3/\text{s}$
2 pompa çalışırken	:	$3.50 \text{ m}^3/\text{s}$	$4.20 \text{ m}^3/\text{s}$
3 pompa çalışırken	:	$4.75 \text{ m}^3/\text{s}$	$5.87 \text{ m}^3/\text{s}$

Mevcut uygulamada, bu debiler ile tesisin o sıradaki işletme debisi arasındaki farkın havalandırma yapısındaki dolu savaktan tekrar göle atılması gerekmektedir.

BÜYÜKÇEKMECE HAMSU POMPALARI



Bahçelievler dışında Silivri yönüne de su verileceği düşünülerek 400.000 m³/gün için projelendirilen Hamsu pompa istasyonunda 3 pompa çalıştığında herbirinin

$$Q = 400.000 \text{ m}^3/\text{g} / 3 = 4.62 \text{ m}^3/\text{s} / 3 = 1.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

basması gerekecektir.

Pompalar yukarıda bahsedilen debilerde çalışırken , istenilen debiyi sağlamak için debinin bir kısmının havalandırma tankından bypass edilmesi sırasında harcanacak güç aşağıda belirtilmiştir:

Sağlanması istenilen debi $Q_{\text{ger}} = 1.54 \text{ m}^3/\text{s}$ iken , elektrik enerjisi açısından harcanacak güç yalnızca

$$\begin{aligned} P_{\text{pompa}} &= R_{\text{oh}} * g * Q_{\text{pom}} * H_{\text{m}} / (1000 * \text{Verim}) \\ &= 1000 * 9.81 * 2.15 * 27 / (1000 * 0.86) \\ &= 662.2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Q_{ger} : Gerekli debi
 Q_{pompa} : Pompanın bastığı debi
 Q_{bypass} : Bypass edilen debi
 R_{oh} : 1000 kg/m³
 H_{m} : Man. basma yük [m]
 g : 9.81 m/s²

Not : Tüm debilerin birimi [m³/s]

gibi gözükse de , Q_{bypass} gibi bir debiye verilen gücün suyun göle bypass edilmesi ile tamamen boşa gitmesi, P_{bypass} kadar bir gücün kayıp enerjiye dönüşmesine yol açmaktadır.

$$\begin{aligned} P_{\text{bypass}} &= R_{\text{oh}} * g * Q_{\text{pom}} * H_{\text{m}} / (1000 * \text{Verim}) \\ &= 1000 * 9.81 * (2.15 - 1.54) * 27 / (1000 * 0.86) \\ &= 197,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dolayısı ile fazla suyu bypass ederek gidilen debi ayarlamasında suya kazandıran güç :

$$662,2 - 197,1 = 465,1 \text{ kW 'dır.}$$

Suya kazandırılan gücün pompalara harcanılan güce oranına bakılacak olursa :

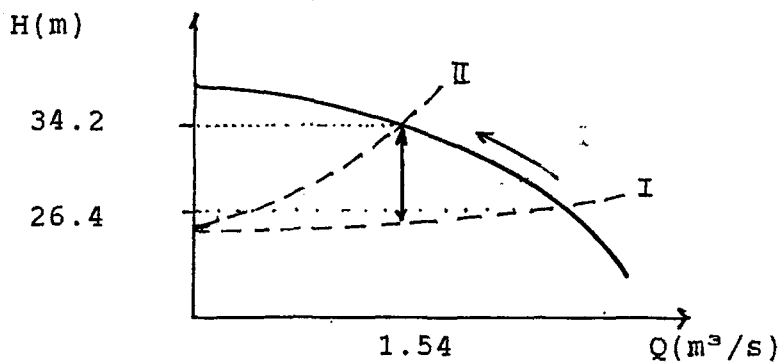
$$465,1 / 662,2 = 0,70$$

Bu da verilen gücün ancak %70'nin kullanılabildiğini göstermektedir. Debinin kısmi vanalama ile ayarlanması söz konusu olduğunda gerekli güç

$$\begin{aligned} P_{\text{vana}} &= R_{\text{oh}} \cdot 9,81 \cdot Q_{\text{ger}} \cdot H / (\text{verim} \cdot 1000) \\ &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,54 \cdot 34,2 / (0,77 \cdot 1000) \\ &= 671 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompanın $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$ 'de çalışması için vana ile pompanın basma tarafında yaratılması gereken kayıp (Şekil 5.10 ve Ek D2)

$$34,2 - 26,4 = 7,8 \text{ m'dir.}$$



Şekil 5.12

Kısma sayesinde kaybedilen güç:

$$1000 \cdot 9,81 \cdot 1,54 \cdot 7,8 = 118 \text{ kW}$$

Bu durumda suya kazandırılan güç

$$671 - 118 = 553 \text{ kW 'tır.}$$

Suya kazandırılan gücün pompalara harcanan güce oranı

$$553 / 671 = 0.82 \text{ 'dir.}$$

Yani kısmi vanalama ile bir ayar yapıldığında %82'lik bir verimle çalışılmaktadır.

Pompanın çalışma noktası optimum çalışma noktasından uzaklaştıkça kısmi vanalamada yaratılan kayıp artmaktadır. Dolayısı ile harcanan güç bu örnekte (ki $1.54 \text{ m}^3/\text{s}$ pompanın minimum debisidir) biraz fazla çıkmış olabilir. Buna rağmen %82 - %70 = %12'lik daha iyi bir verimle çalıştığını da eklemek gerekir. Şekil 5.13'de de daha sonra görülebileceği gibi her pompa optimum çalışma noktasındaki debiye yaklaştıkça kısmi vanalama bypasslı kontrole göre yalnız verim açısından değil, harcanan güç açısından da avatajlıdır.

Akış kontrolü için uygulanan diğer bir yöntem de pompa devir sayısını değiştirerek yapılan ayarlamadır. Bu yöntemde gerekli güç şöyle bulunur :

$3 * 1.54 \text{ m}^3/\text{s} = 4.62 \text{ m}^3/\text{s}$ debiye yük eğrisinde karşı gelen kayıp 28.9 m bulunur.

Rateau teoremine göre,

$$\frac{Q}{Q} = \frac{n}{n} \quad \frac{H_m}{H_m} = \left(\frac{n}{n} \right)^2 = \left(\frac{Q}{Q} \right)^2$$

$$\frac{H_m}{28.9} = \left(\frac{Q}{1.54} \right)^2$$

$$H_m = 12.18 * Q^2$$

Pompa QH eğrisinin denklemi (1 pompa için)

$$H_m = 36.8 - 0.48 * Q^{3.9}$$

$$12.18 * Q^2 = 36.8 - 0.48 * Q^3 \longrightarrow Q=1.65 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{n}{n'} \quad \frac{1.65}{1.54} = \frac{735}{n'}$$

Gerekli devir sayısı $n'=686$ d/d olarak bulunur.

Bu durumda her pompa şu değerlerde çalışacaktır:

$$\begin{aligned} Q &= 1.54 \text{ m}^3/\text{s} \\ H_m &= 28.9 \text{ m} \\ \text{Verim} &= \% 76.5 \end{aligned}$$

Gerekli güç $P_{\text{devir}} = 571$ kW'dır.

Minimum şebeke eğrisi için yapılan bu hesabın mevcut bypasslı uygulama ile karşılaştırılması şöyledir (Amaç yine $1.54 \text{ m}^3/\text{s}$ ' nin iletilmesidir):

Bypass ile gerekli güç : $P_{\text{toplam}} = 662.2$ kW
Dev.say.kon. ile gerekli güç: $P_{\text{devir}} = 571$ kW

$$3 \text{ pompa farkı} : 3 * (662.2 - 571) = 273.6 \text{ kW}$$

1 kWh enerjinin ISKI' ye maliyetinin yaklaşık 250 TL olduğunu hesaba katarsak 1 gün ve 1 yildaki enerji sarfiyatı açısından zarar şöyle olur :

$$1 \text{ günde: } 24 \text{ [h]} * 273.6 \text{ kW} * 250 \text{ TL/kWh} = 1.641.600 \text{ TL}$$

$$1 \text{ yılda: } 365 * 1.641.600 = 599.180.000 \text{ TL}$$

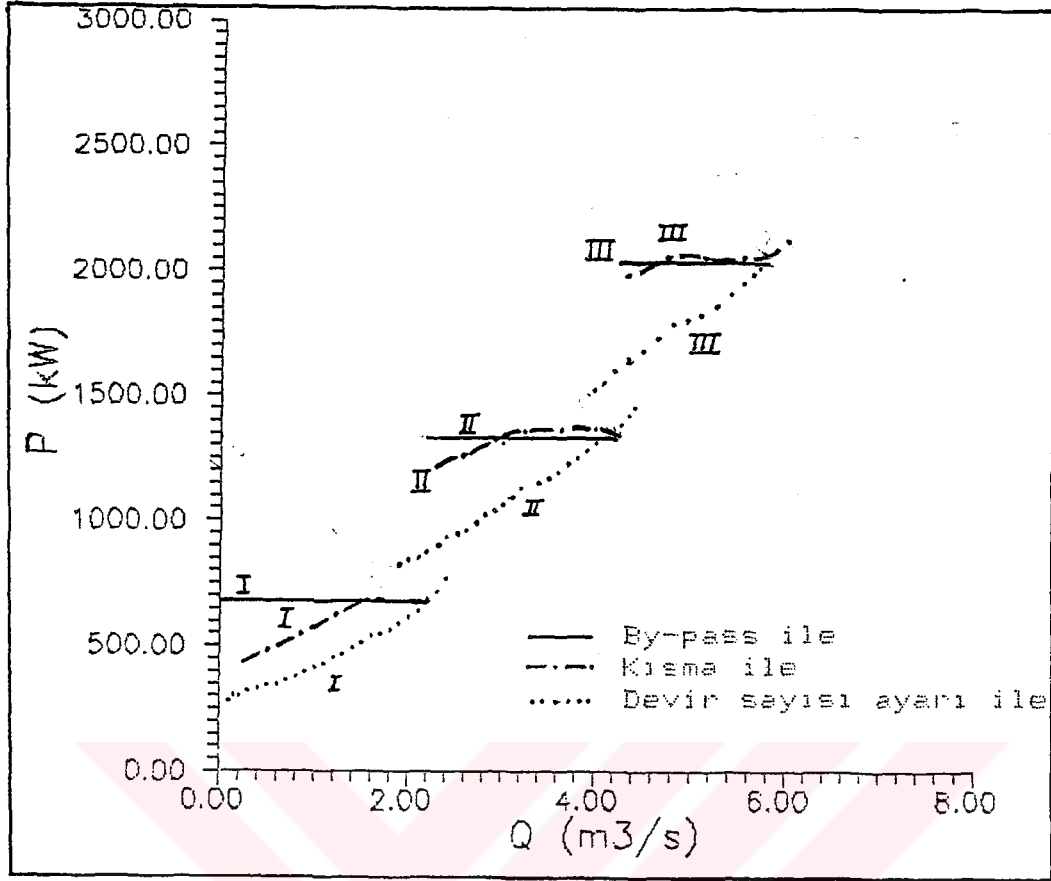
3 pompanın paralel çalıştırılarak olası tüm debilerin bypass, kısmi vanalama ve devir sayısının değiştirilmesi ile yapılan ayarında gerekli güçlerin hesaplanabilmesini yapabilmek için pompa H-Q eğrileri ve şebeke eğrileri formüle edilmiş ve karşılaştırabilmek için eğriler haline getirilmiştir. Şekil 13'de minimum

şebeke eğrisine göre elde edilen güçlerin karşılaştırması yapılabilir.

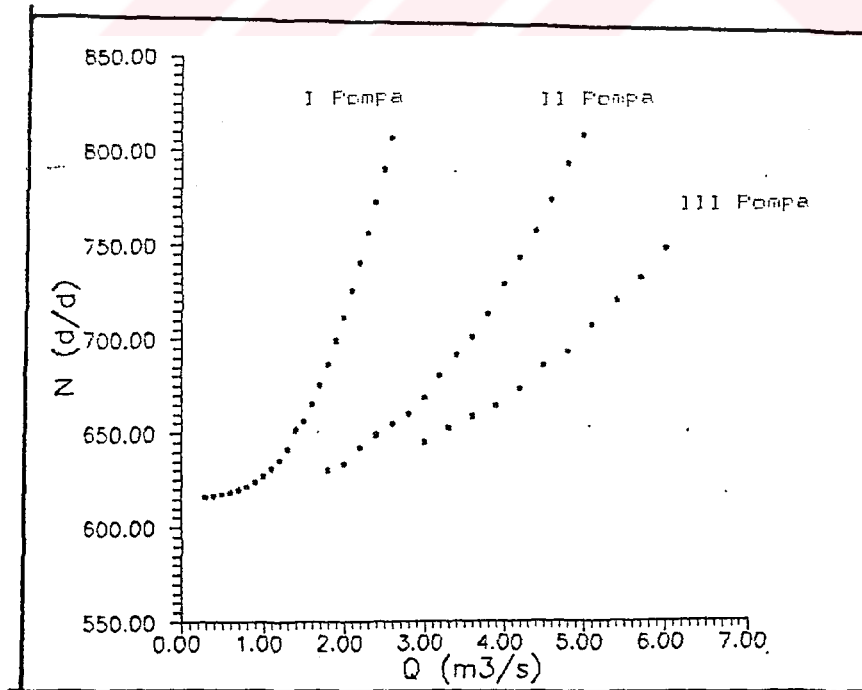
Pompaların nominal değerinde çalışırkenki devir sayısı 735 d/d 'dır . DIN normlarına göre kabul edilebilir hız değişimleri +%5 -%50, ISO normlarına göre +%20 -%50 olduğuna göre şekil 5.14'de belirtilen debi ile devir sayısı ilişkisi bu normlara göre değerlendirilebilir. [6]

Devir sayısı ile kontrolün enerji açısından karlılığının cazibesi, bu sistemi kurmak için gerekli harcamalar düşünülecek olursa kaybolur. Bu çalışmada söz konusu olan yeni bir sistemin dizaynı olmayıp mevcut bir sistemin eldeki imkanlarla ve SCADA'nın ölçüm sonuçlarıyla daha verimli çalıştırılması olduğundan, ayrıca farklı tahrik yöntemlerinin enerji maliyetlerinin kıyaslamasına burada değinilmemiştir.

Mevcut Büyükçekmece sisteminde hiçbir yatırım yapmadan kısmi vanalama ile yapılabilecek debi kontrolünden elde edilecek kar göz ardı edilmemelidir.



Şekil 5.13 : I, II, III pompanın çalıştırılması sırasında değişik debi kontrol yöntemlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.13 : I, II, III pompanın debisinin gerekli devir sayısı ile kontrolünde gerekli devir sayıları

5.5 SCADA'NIN BÜYÜKÇEKMECE HATTININ İŞLETİMİNE KAZANDIRDIKLARI

1. Büyükçekmece'den şehre verilen temizsu miktarı, aylık grafiklerden de görülebileceği gibi , bazı günler 260.000 m³/gün'e ulaşmıştır. Bu kapasitenin sürekli tam olmamasının ve genelde 200.000 m³/gün civarında seyretmesinin sebebi işletim sırasında hat boyunca yeterince ölçüm yapılamaması ve bu yüzden sağlıklı bir kontrol yapılamamasıdır.

2. Sistemin gerçek kontrolü , ancak hat üzerindeki önemli noktalara yerleştirilecek ölçüm cihazları ile sağlanabilir.

-Sefaköy ve Bahçelievler depo girişlerine debimet-
relerin yerleştirilmesi;

-Temizsu-Varyant arası hat basıncını ölçmek üzere bir
manometre.

-Varyant pompa istasyonunun çıkışına Varyant-Maslak1
arası hat basıncını ölçecek bir manometre;

-Maslak2'ye bir seviye kontrol cihazı;

-Bahçelievler girişine bir sayaç;

-Hat üzerindeki branşmanlara birer manometre ve sayaç.

Bu ekipmanlar sayesinde,örneğin Maslak2'de seviye-
nin fazla yükselip taşma durumuna geldiği anda Varyant
pomplarına debinin biraz kısılması gerektiği sinyali
gönderilebilir.

3. SCADA sayesinde bu noktalarda yapılan tüm ölçümler
anında merkezde değerlendirilebileceğinden hat tamamen
kontrol altına alınmış olacaktır. Klasik sistemde hattın
ayrıistasyonlarında ancak 2 saatte bir telsizle
bildirilen ölçüm sonuçlarına göre verilen kararlar
yerine, çok daha sık otomatik olarak gelen analog

sonuçlarla yönetilmesi sistemi çok daha verimli çalıştıracaktır.

4. Hat üzerindeki branşmanlardan, özellikle Sefaköy'den öncekilerden su çekilmesi hattın kapasitesini 200.000 m³'ün üzerine çıkaracaktır. Bazı durumlarda bu branşman vanalarının açık olup olmadığı işletme idarecileri tarafından bile kontrol edilememektedir.

SCADA sayesinde branşmanlar kontrol edileceğinden buralardaki debi ve basınçların yeterliliği, vanalardan beslenen şebekelerin münavebe programlarına uyup uymadığı, yeni vana açıklıklarında bu branşmanlardan geçecek su anında belirlenebilecek ve kontrol altında tutulabilecektir.

5. Hattın en ideal işletmesi tek elden idare edilmesidir. Büyükçekmece Bahçelievler su getirme hattında bu idare bünyesinde Hamsu, Arıtma, Temizsu gibi en fazla tesisi bulunduran Büyükçekmece istasyonundan yapılmalıdır.

İsale ve şebeke hattın işletiminden sorumlu olacak bu istasyondan habersiz hareket edemeyecektir.

6. Bahçelievler deposu üzerinde yapılan inceleme sonucunda tüketimin zamanla değişmesinden kaynaklanan seviye salınımlarını dengeleme ve arıza için depolanması gereken hacim SCADA kontrolü söz konusu olduğunda fazla büyük seçilmiş olduğu görülmüştür. Depo inşaa maliyetlerinin ne denli yüksek olduğu dikkate alındığında, atıl yatırımların İSKİ'ye ne kadar fazlaya mal olacağı düşünülmelidir.

7. Hat üzerindeki ve özellikle kontrol merkezinden uzak elemanların ve istasyonların işletilmesinin algoritmaları İSKİ personeli ile yapılan görüşmeler sonucunda çıkartılarak kontrol merkezinde karar verme mekanizmalarını belli bir sisteme oturtacaktır.

8. Mevcut uygulamada hamsu pompalarının gölden emdiği suyun bir kısmının arıtmanın ilk safhalarında debiyi istenilen düzeye düşürmek için bypass edilerek göle geri verilmesinin, pompaların enerji maliyetleri açısından zararları belirtilmiştir. Bu yöntem daha sonra debinin kısmi vanalama veya pompa devir sayısının kontrolu ile ayarlaması ile karşılaştırılmıştır.

9. Hattın Maslak2, Avcılar gibi sorunları tamamen hattın çalışmasının izlenememesinden kaynaklandığı için SCADA'nın devreye girmesi ile bu problemler ortadan kalkacak veya en azından anında farkedilip derhal müdahale edilebilecektir.

SONUÇLAR

1. Su SCADA'ları incelendi ve yararları tanıtıldı.
2. Arıza ve erken uyarıcı bakımda SCADA'nın sistem elemanlarının ömrü üzerindeki avantajları belirlendi.
3. SCADA'nın su getirme hattı üzerindeki elemanlara etkisi incelendi. Özellikle hattın kritik noktalarındaki basınçların sürekli ölçülebilmesi mevcut sistemlerde su darbelerine karşı kullanılan elemanlarda maliyeti düşürücü bir etki ve otomatik kontrol vanalarının önemini ortaya çıkardı. Depo hacimlerinin SCADA etkisi ile azaldığının görülmesi SCADA'nın, sistemi dinamik bir varlık haline getirdiğinin ispatıdır.
4. Çeşitli depo halleri için, SCADA yardımı ile kontrol basitçe simule edilip gerekli minimum hacimlerin tayini için bir matematiksel modelleme yapıldı. Doğal akışlı hatlar bu model yardımıyla incelenerek günlük tüketim salınımlarını dengeleyecek depo hacimleri belirlendi. Bu hacimlerin belirlenmesinde vanaların önemi ortaya kondu.

SCADA ile kullanılacak otomatik kontrol vanaları sayesinde depo hacimlerinin ufaldığı görüldü.

5. Bir büyük pompa istasyonunun işletilmesinin alternatifleri incelenirken şu metodlar karşılaştırıldı :

I. Şebeke eğrisinin değiştirilmesi ile

- Vana ile kısma

II. Pompanın Q-H eğrisinin değiştirilmesi ile

- Devir sayısının ayarlanması
- Ön Dönme Kontrollu pompa girişinin ayarlanması
- Kanatların ayarlanması
- Pompaların seri veya paralel bağlanması

III. Sürekliliğin değiştirilmesi ile

- By-pass kontrolü

6. Pilot bir su getirme hattı olarak seçilen İSKİ'nin Büyükçekmece hattı üzerinde SCADA uygulanarak sistemin avantaj ve dezavantajları tartışıldı.

SCADA sistemi uygulanmadan önce bazı depoların kontrolsüz bir işletmede taşıdığı ve sistemin verimsiz çalıştığı görüldü. Hattın işletmesindeki problemler ve mevcut uygulamanın dezavantajları ortaya kondu. Bazı depoların günlük sarfiyat salınımlarını dengelemenin çok üzerinde seçilmiş olduğu ortaya çıktı. Hamsu pompalarının mevcut debi ayarı yerine farklı yöntemler karşılaştırıldı.

SCADA ile yönetimin sisteme neler kazandıracağı gösterilerek , tek elden kumandanın hattın en ideal işletimini gerçekleştirdiği ispatlandı. Son olarak da böyle bir kontrol merkezinde karar mekanizmalarının çabuk ve doğru karar üretebilmeleri için gerekli basit işletme algoritmaları çıkarıldı.

KAYNAKLAR :

- [1] COHEN,C., Optimal Control of a Water Distribution Network by Two Multilevel Methods, Automatica Vol.16 pp 83-88,1980.
- [2] DEMOYER,R., A System Approach to Water Distrbution Modelling and Control, Heath and Company, 1975.
- [3] HUNGERBÖHLER,E.,BECOS32-A New Power Control System, Brown Boveri Review 6.85.
- [4] İSKİ Su Proje İhale Dökümanları
- [5] KARADOĞAN,H., Merkezden Kontrollu Pompa İşletimi, Pompa ve Sızdırmazlık Sempozyumu Yıldız Üniversitesi, 1988.
- [6] KSB, Kreiselpumpenlexikon , 1974.
- [7] KUTMAN,T., Değişken Hızlı Tahrik Sistemlerinin Akışkan Kontrolunda Uygulanması,4.Ulusal Otomatik Kontrol Sempozyumu, İstanbul, Kasım 1987.
- [8] KUZUCU, A., Modelleme ve Simulasyon Ders Notları İTÜ Makina Fakültesi,1988.
- [9] MUSLU, Y., Terfi Merkezleri ve İsale Hatları-I Teknik Üniversite Gümüşsuyu, 1976.
- [10] MUSLU, Y., Su Temini ve Çevre Sağlığı, İTÜ Gümüşsuyu,1978.
- [11] MUTSCHMANN,STYMMELMAYR, Taschenbuch der Wasserversorgung,Franckh'che Verlag,Stuttgart,1956 .

- [12] SULZER, Centrifugal Pump Handbook ,
Sulzer Brothers Lmt.,1987.
- [13] Pasin F., Otomatik Kontrole Giriş,Teknik
Üniversite, Gümüşsuyu, 1983.
- [14] White, F., Viscous Fluid Flow,Mc Graw Hill.
- [15] Wood D.J. Computer Analysis of flow pipe Networks,
Un.of Kentucky 1980



EK A

DIMENSION Y(10),F(10),ZAMAN(15),DEBIKATS(12),BQ(15),TF(15)
DIMENSION TEKSIK(1000),Y3(30000),QCIK(12),TILK(10),TSON(10)
DIMENSION VORSG(10),TKFARK(10)

C

103 FORMAT (F9.3,4X,FB.4,4X,F10.3,4X,F12.3,4X,F12.3)
105 FORMAT (F11.1)
107 FORMAT (F10.3,4X,F12.3,4X,F12.3)
110 FORMAT (F10.0,3X,FB.4,4X,F10.4,4X,F14.9,4X,F10.4,2X,FB.3)
111 FORMAT (I10,3X,I3,4X,I3,4X,F10.1,4X,F10.3,4X,F13.4)
112 FORMAT (I8,4X,F12.3,4X,I10)
125 FORMAT (F10.3,4X,F10.2)
151 FORMAT (F11.4,4X,F9.3,2X,F11.3,2X,F11.4,2X,F9.4)
153 FORMAT (FB.2,4X,F12.4,2X,F12.6,2X,F12.4,2X,I3)
154 FORMAT (FB.2,4X,F12.4,2X,F12.6,2X,F12.4)
411 FORMAT (F11.4)

C

OPEN(1,FILE='SS-1.DAT',STATUS='NEW')
OPEN(11,FILE='SS-2.DAT',STATUS='NEW')

C

C

C ***** GÜNLÜK TÜKETİM KATSAYILARI*****

C *** GÜN BAŞLANGICI SAAT 24:00 ***

C

DEBIKATS(1)=1.05
ZAMAN(1)=3600
DEBIKATS(2)=1.17
ZAMAN(2)=7200
DEBIKATS(3)=1.
ZAMAN(3)=10800
DEBIKATS(4)=0.76
ZAMAN(4)=14400
DEBIKATS(5)=0.59
ZAMAN(5)=21600
DEBIKATS(6)=0.76
ZAMAN(6)=25200
DEBIKATS(7)=1.1
ZAMAN(7)=28800
DEBIKATS(8)=1.36
ZAMAN(8)=32400
DEBIKATS(9)=1.55
ZAMAN(9)=36000
DEBIKATS(10)=1.58
ZAMAN(10)=41400
DEBIKATS(11)=1.0
ZAMAN(11)=50400
DEBIKATS(12)=0.92
ZAMAN(12)=86400

C

C

C

C ***** DEBI VERILERI *****

C

QGIRMAX=3.
WRITE(*,*) 'GUNLUK TOPLAM TUKETIMI GIRINIZ ?'
READ(*,105) GUNTUKET
QTUKETIM=GUNTUKET/86400.
QCIKMAX=QTUKETIM*1.58
YUZDE=(QGIRMAX/QCIKMAX)*100

C

WRITE(*,*) ' QGIRMAX MAX GUNLUK TUKETIM'IN YUZDE '
WRITE(*,105) YUZDE
WRITE(1,154) QGIRMAX,QCIKMAX,QTUKETIM,YUZDE
WRITE(*,154) QGIRMAX,QCIKMAX,QTUKETIM,YUZDE

C

C ***** SABITLER *****

C

N=3
T=0.
C TMIN=T/60
 TMIN=0.
 TLIM=86400.
 H=2.
C H=2
 M=0.
 G=9.81

C

C *****

C **** DEPO-VANA-BORU SISTEMI ELEMENLARI ****

C *****

C

* SISTEM DENKLEMLERI *

C

$F(1) = -(1/A1) * Y(2)$

C

$F(2) = ((S * G) / L) * Y(1) - ((TOPLAMK / (2. * S * L)) * (Y(2) ** 2)) - ((S * G) / L) * Y(3)$

C

$F(3) = (1./A2) * Y(2) - (1./A2) * QCIKIS$

C

C ** BORU **

L=36909.

C

DDIS=1.6 m

C

DIÇ=0.38 m

C

$S = \pi * (DIÇ ** 2.) / 4.$

S=2.010

C

LAMBDA=0.01775

C

BORUK=LAMBDA*L/D

BORUK=413.

BORUKAYBI=0

TOPLAMK=BORUK

D1=S * G / L

D2=2 * S * L

C

C ** VANALAR **

C

VANAK1=6.33

C

VANAK2=3.27

VANAK=400

C

C ** DEPOLAR **

A1=1000000.

A2=2070.

C1=1/A1

```

C2=1/A2
C
C ***** İLK ŞARTLAR *****
C
Y(1)=134.
Y(2)=2.
Y(3)=84.
Y1MIN=130.1
Y3MIN=80.7
Y3MAX=86.5
Y3BASLA=84.
C
C
C*****
C***** EKSİK HACMIN ( VORSORGE ) VE QZUSATZ'IN BELİRLENMESİ *****
C*****
C
VORSORGE=0
ZAMAN(0)=0
K1=1
DO 29 L1=1,12
    QCIK(L1)=QTUKETIM*DEBIKATS(L1)
29  CONTINUE
WRITE(1,*) 'QGIRMAX, QCIK(I), TILK(K1-1), TSDN(K1-1), VORSORGE'
DO 222 IK=1,12
    QCIK(IK)=QTUKETIM*DEBIKATS(IK)
    IF (QGIRMAX.LT.QCIK(IK)) THEN
        TILK(K1)=ZAMAN(IK-1)
        TSDN(K1)=ZAMAN(IK)
        DELTAT=TSDN(K1)-TILK(K1)
        VORSB(K1)=(QCIK(IK)-QGIRMAX)*DELTAT
        VORSORGE=VORSORGE+VORSB(K1)
        K1=K1+1
    ENDIF
WRITE(1,103) QGIRMAX,QCIK(IK),TILK(K1-1),TSDN(K1-1),VORSORGE
222  CONTINUE
WRITE(1,*) ' TILK(K2), TSDN(K2), TKTOPLAM '
DO 223 K2=1,K1-1
    TKFARK(K2)=TSDN(K2)-TILK(K2)
    TKTOPLAM=TKTOPLAM+TKFARK(K2)
    WRITE(1,107) TILK(K2),TSDN(K2),TKTOPLAM
223  CONTINUE
TFULLUNG=TLIM-TKTOPLAM
QZUS1=VORSORGE/TFULLUNG
WRITE(1,*) ' TFULLUNG ,VORSORGE, QZUS1'
WRITE(1,107) TFULLUNG,VORSORGE,QZUS1
C
C
C * QZUSATZ DÜZELTMESİ *
C
ZAMAN(0)=0
BTOPLAM=0
TFTOPLAM=0
C
WRITE(*,*) ' BQ(JI) '
DO 648 JI=1,12
    BQ(JI)=QTUKETIM*DEBIKATS(JI)+QZUS1-QGIRMAX

```

```

        WRITE(*,*) BQ(JI)
648  CONTINUE
C
        K3=1
        WRITE(1,*) 'FF  BQ(IK1)  ZAMAN(IK1)  TFTOPLAM  BTOPLAM '
        DO 13 IK1=1,12
        IF (BQ(IK1).GT.0) THEN
        IF ((ZAMAN(IK1).GT.TILK(K3)).AND.(ZAMAN(IK1).LE.TSON(K3))) THEN
                K3=K3+1
                GO TO 83
        ELSE
                TFARK=ZAMAN(IK1)-ZAMAN(IK1-1)
                TFTOPLAM=TFTOPLAM+TFARK
                BTOPLAM=BTOPLAM+(BQ(IK1)*TFARK)
                GO TO 83
        ENDIF
        ENDIF
83      FF=IK1
        WRITE(1,151) FF,BQ(IK1),ZAMAN(IK1),TFTOPLAM,BTOPLAM
13      CONTINUE
C
        TDOLDUR=TLIM-(TFTOPLAM+TKTOPLAM)
        ZUS2=BTOPLAM/TDOLDUR
        QZ=QZUS1+QZUS2
C
        WRITE(1,*) 'TDOLDUR , TFTOPLAM , BTOPLAM, QZUS2 , QZ'
        WRITE(1,151) TDOLDUR,TFTOPLAM,BTOPLAM,QZUS2,QZ
C
        IF (QZ.LT.0) THEN
                QZ=0.
                WRITE(1,*) 'GIRIS DEBISI YETERSIZ'
        ENDIF
C
        WRITE(*,*) 'QZ'
        WRITE(*,*) QZ
C
C **** ILK SARTLARIN ÇIKIŞLARI ****
C
        KK=1
        TSAAT=T/3600.
        WRITE (11,151) TSAAT,Y(2),Y(3),QCIKIS,VANAK
C
8      IF (T-TLIM) 6,6,77
C
6      CALL RUNGE(N,Y,F,T,H,M,K)
        IF (Y(2).LE.0.1) THEN
                Y(2)=0.1
                VANAK=0.
                TOPLAMK=BORUK
        ENDIF
        IF (Y(1).LE.Y1MIN) GO TO 77
        IF ((Y(3).LT.Y3MIN).OR.(Y(3).GT.Y3MAX)) GO TO 77
        GO TO (10,20),K
C
C

```

```

C*****
C***** HESAPLAR *****
C*****
C
C **** SISTEM DENKLEMLERİ ****
C
10  F(1)=-C1*Y(2)
    F(2)=D1*(Y(1)-Y(3))-(TOPLAMK/D2)*(Y(2)**2)
    DO 666 I=1,12
    IF (T.LE.ZAMAN(I)) THEN
    QCIKIS=DEBIKATS(I)*QTUKETIM
    GOTO 100
    ENDIF
666  CONTINUE
100  F(3)=C2*(Y(2)-QCIKIS)
C
    GO TO 6
C
C * KONTROL VANASI AYARI*
C
20  IF (T-ZAMAN(11)) 297,298,297
298  DELTAY3=Y(3)-Y3BASLA
    QSON=DELTAY3*A2/(ZAMAN(12)-ZAMAN(11))
    QZ=-QSON
C Not : QSON son zaman diliminde depolanmış fazla su varsa ,
C       bunu giriş debisinde azaltır.
    WRITE(1,*) ' Y(3) , Y3BASLA , DELTAY3 , QSON'
    WRITE(1,154) Y(3),Y3BASLA,DELTAY3,QSON
    WRITE(*,*) ' Y(3) , Y3BASLA , DELTAY3 , QSON'
    WRITE(*,154) Y(3),Y3BASLA,DELTAY3,QSON
297  IF (Y(2)-(QCIKIS+QZ)) 301,302,300
300  VANAK=VANAK+1.
    GO TO 302
301  IF (VANAK.LT.0.1) GO TO 302
    VANAK=VANAK-1.
302  TOPLAMK=VANAK+BORUK
C
C
C *****
C **** SONUÇLARIN BASILMASI ****
C *****
C    WRITE (11,151) T,Y(2),Y(3),QCIKIS,VANAK
    IF (T.GT.300.) GO TO 23
    IF (T.GT.60.) GO TO 22
    IF (T.LE.10.) GO TO 21
    IT=T/10
    IF ((IT*10).EQ.T) THEN
    GO TO 21
    ELSE
    GO TO 8
    ENDIF
23  IT=T/300
    IF ((IT*300).EQ.T) THEN
    GO TO 21
    ELSE
    GO TO 8

```

```

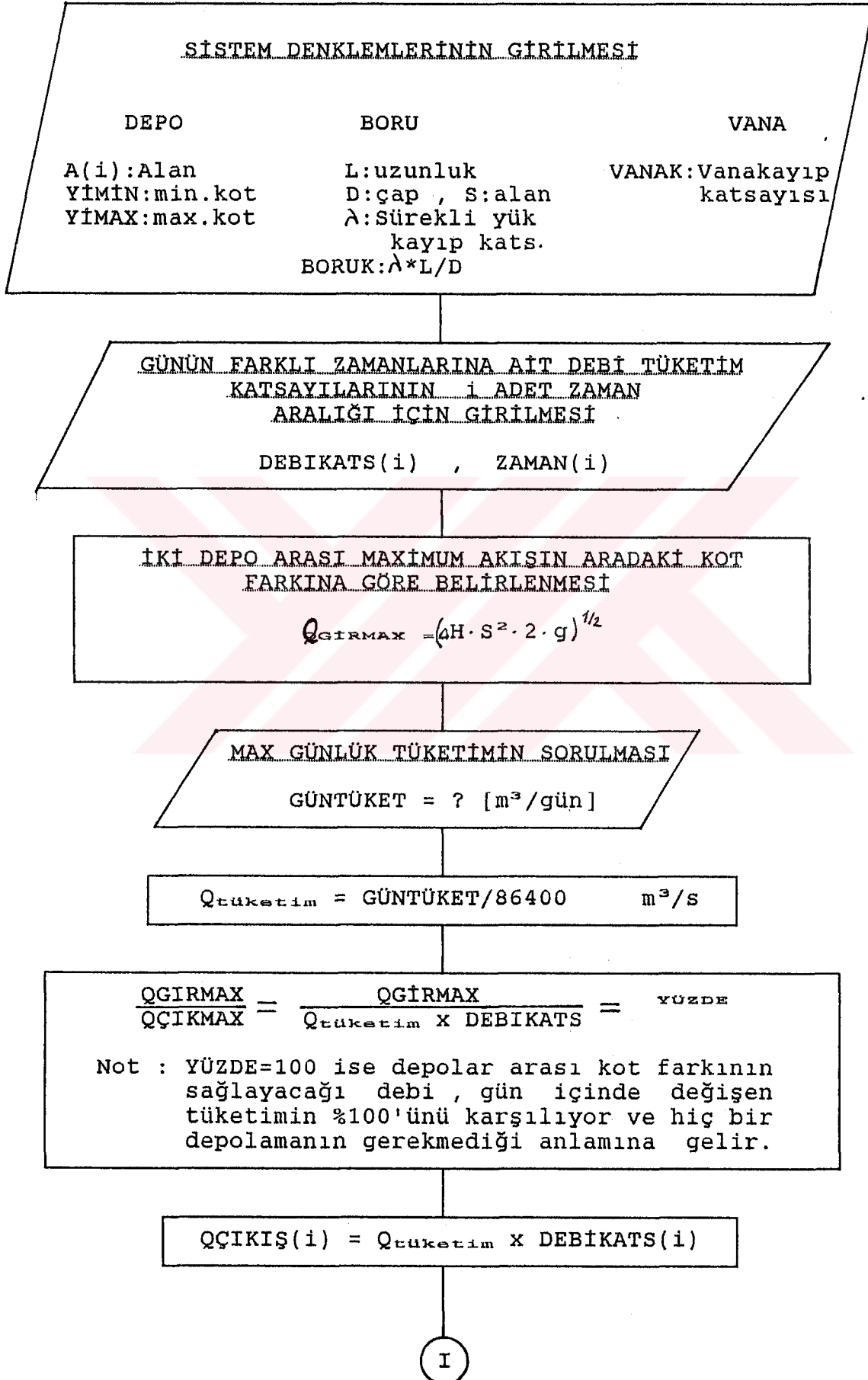
ENDIF
22  IT=T/60
    IF ((IT*60).EQ.T) THEN
        GO TO 21
    ELSE
        GO TO 8
    ENDIF
21  WRITE (*,110) T,Y(2),QZ,Y(3),QCIKIS,VANAK
    HIZ=Y(2)/S
    BORUKAYBI=BORUK*(HIZ**2)/(2*B)
    TMIN=T/60.
    TSAAT=T/3600.
    WRITE (11,151) TSAAT,Y(2),Y(3),QCIKIS,VANAK

C
C
C *** SONUCLARA GORE GEREKLI DEPO ***
C **  HACMININ BELIRLENMESI      **
C
    Y3(KK)=Y(3)
    KK=KK+1
    GO TO 8
77  Y3MAX=YMAX(KK-1,Y3)
    Y3MIN=YMIN(KK-1,Y3)
    Y3FARK=Y3MAX-Y3MIN
    WRITE (1,*) 'DEPOLANMASI GEREKEN HACIM '
    HACIM=Y3FARK*A2
    WRITE(1,411) HACIM
    WRITE(1,*) ' Y3FARK, Y3MAX, Y3MIN'
    WRITE(1,107) Y3FARK,Y3MAX,Y3MIN
    STOP
    END

C
C *****
C ***** RUNGE-KUTTA ALTYORDAMI *****
C *****
C
    SUBROUTINE RUNGE (N,Y,F,T,H,M,K)
    DIMENSION Y(10),F(10),Q(10)
    M=M+1
    GO TO (1,4,5,3,7),M
1   DO 2 I=1,N
2   Q(I)=0
    A=.5
    GO TO 9
3   A=1.70710678
4   T=T+.5*H
5   DO 6 I=1,N
    Y(I)=Y(I)+A*(F(I)*H-Q(I))
6   Q(I)=2.*A*H*F(I)+(1.-3.*A)*Q(I)
    A=.2928932
    GO TO 9
7   DO 8 I=1,N
8   Y(I)=Y(I)+H*F(I)/6.-Q(I)/3.
    M=0
    K=2
    GO TO 10
9   K=1

```

```
10  RETURN
    END
C
C
C ***** MAX-MIN BULMA ALT PROGRAMI *****
C
    FUNCTION YMAX(NN,A)
    DIMENSION A(NN)
C
    YMAXI=A(1)
    DO 44 I=2,NN
    IF (A(I).GT.YMAXI) THEN
        YMAXI=A(I)
        LK=I
    ENDIF
44  CONTINUE
    YMAX=A(LK)
    RETURN
    END
C
    FUNCTION YMIN(NN,A)
    DIMENSION A(NN)
C
    YMINI=A(1)
    DO 31 I=2,NN
    IF (A(I).LT.YMINI) THEN
        YMINI=A(I)
        KL=I
    ENDIF
31  CONTINUE
    YMIN=A(KL)
    RETURN
    END
```



I

GİRİŞ DEBİSİNİN AYARLANMASINDA GEREKLİ QZUSATZ
DEBİSİNİN BULUNMASI

TÜKETİMİN GİRİŞ DEBİSİNDEN FAZLA OLDUĞU
ZAMANLAR BELİRLENEREK GÜNLÜK TÜKETİM
HACMİNİN VERİLEBİLENDEN NE KADAR FAZLA
OLDUĞUNUN BELİRLENMESİ = VORSORGE (m^3)

VORSORGE HACMİNİN QGİRMAX < QCIKİŞ
OLDUĞU ZAMANLARA DAĞITILMASI

$$QZUS1 = \frac{VORSORGE}{TÜKETİMİN MAX.GİRİŞİ AŞMADIĞI ZAMANLAR}$$

Not : QZUS1 debisi tüketimin girişi aşmadığı
zamanlardaki debiye eklenerek, bu sayede
gün içinde oluşan VORSORGE eksik hacmini
telafi için bir rezerv hacmi oluşturur.

QCIKİŞ+QZUS1 > QGİRMAX OLURSA
ÖNCEKİ İKİ ADIMA BENZER BİR ALGORİTMA
İLE BU FARKI TAMAMLAYARAK BİR
QZUS2 DEBİSİ ELİRLENİR.

$$QZUSATZ = QZUS1 + QZUS2$$

Sonuç : Depo girişindeki vana ile giriş debisi
o anki çıkış (tüketim) debisinden
QZUSATZ kadar daha büyük tutulursa
VORSORGE hacmi gün içinde dengelenmiş
olur.

HESABA BAŞLAMA

$T = 1, TLİM$

A

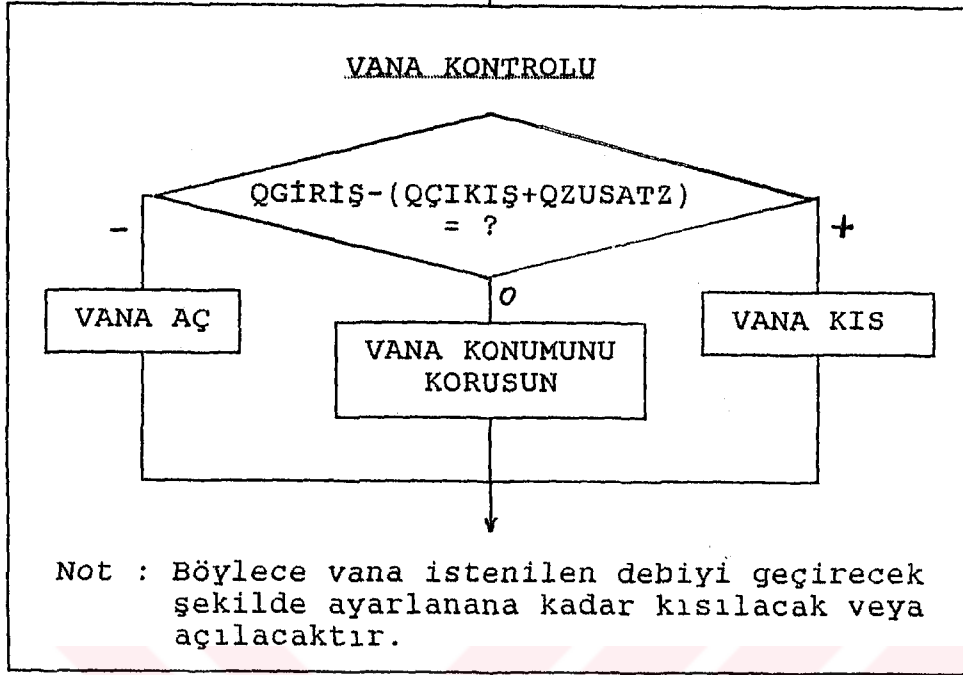
B

SİSTEM DENKELEMLERİNİN
RUNGE KUTTA YÖTEMİ
İLE HESAPLANMASI

II

II

ARA SONUÇLAR



A

B

DEPO SEVİYELERİNİN MİNİMUM VE MAXİMUM
DEĞERLERİNİN BULUNARAK VORSORGE
DENGELEMESİ İÇİN GEREKLİ DEPO
HACMİNİN BULUNMASI

SONUÇLARIN BASILMASI

GÜNLÜK TÜKETİM SALINIMLARINI DENGELEYECEK
MİNİMUM DEPO HACMI

GÜN BOYU DEBİ
VANAKATSAYILARI
DEPO DEĞERLERİ

EK-C

```
program OPTIMUM_DEFO;
const  N=3;
var    i:0..N;
      OKU:TEXT;
      DOS:TEXT;
      T: array [0..N] of real;
      deltaT,Qgiris,Qtuketim,EKSIKLİK,FAZLALIK : array [1..N] of real;
      QGIR,QTUK,EKSIK,FAZLA : real;

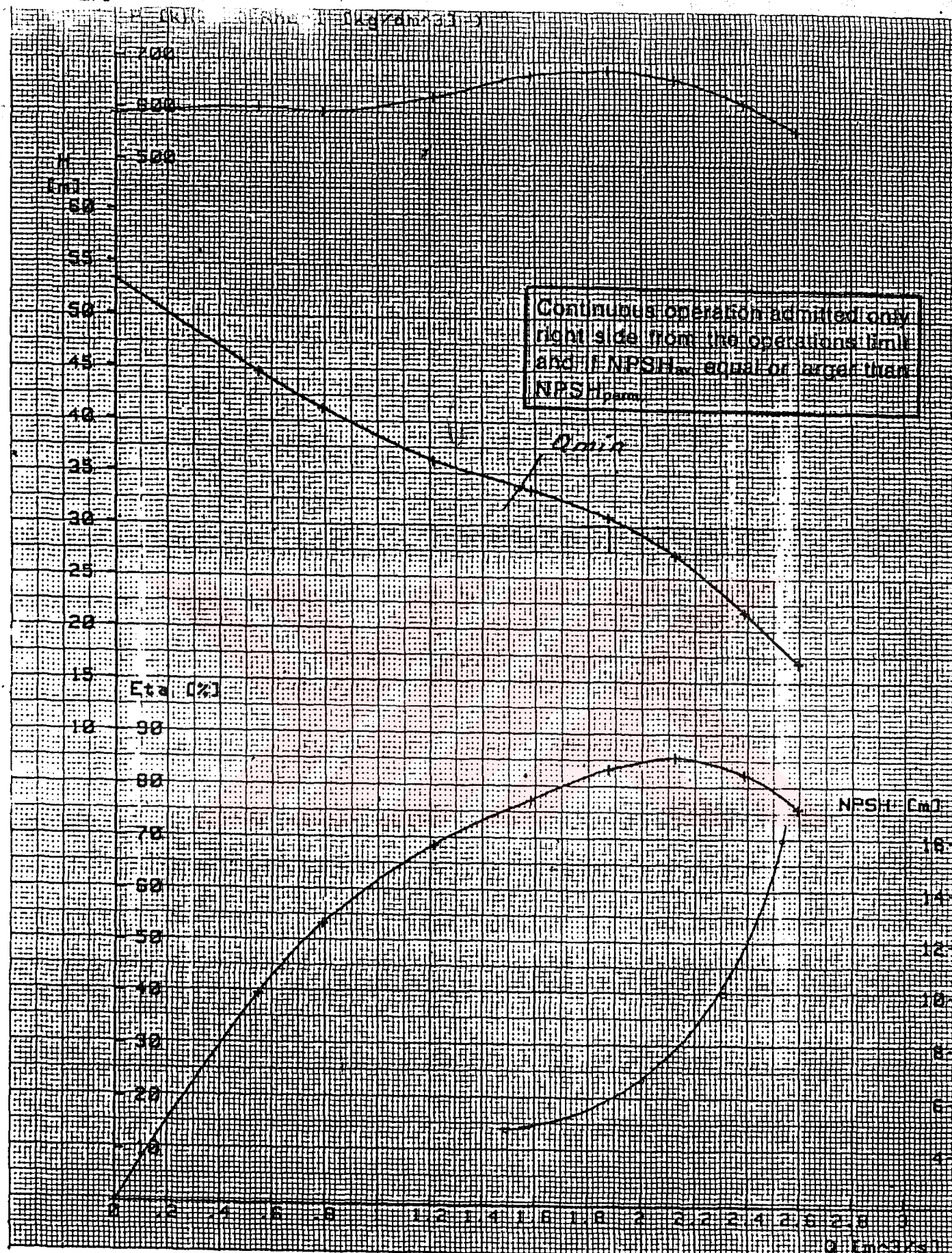
begin
  (*****)
  (**  OKUMA BLOGU  **)
  (*****)
  begin
    { clearviewport; }
    writeln('ZAMAN DİLİMLERİNİ VE BUNLARA KARŞI GELEN');
    writeln('  DEĞİT TUKETİM KATSAYILARINI GİRİNİZ ');
    writeln;
    for i:=0 to N do
      begin
        write('T[' ,i, ']=');read(T[i]);write('Qtuketim[' ,i+1, ']=');readln(Qtuketim[i+1]);
        end;
    {close(OKU);}
  end;
  (*****)
  (**  HESAP BLOGU  **)
  (*****)
  begin
    for i:=0 to N-1 do
      begin
        deltaT[i+1]:= T[i+1]-T[i];
        Qgiris[i+1]:=(deltaT[i+1])/(T[N]-T[0]);
        if Qgiris[i+1]<=Qtuketim[i+1]
          then begin
            EKSIKLİK[i+1]:=Qtuketim[i+1]-Qgiris[i+1];
            FAZLALIK[i+1]:=0;
          end
          else begin
            EKSIKLİK[i+1]:=0;
            FAZLALIK[i+1]:=Qgiris[i+1]-Qtuketim[i+1];
          end;
        end;
    QGIR:=0;
    QTUK:=0;
    EKSIK:=0;
    FAZLA:=0;
    for i:=1 to N do
      begin
        QGIR:=QGIR+Qgiris[i];
        QTUK:=QTUK+Qtuketim[i];
        EKSIK:=EKSIK+EKSIKLİK[i];
      end;
  end;
```

```

        FAZLA:=FAZLA+FAZLALIK[i];
    end;
end;
(*****)
(** YAZDIRMA BLOĞU **)
(*****)
begin
    assign(DOS,'OPT2CIKIS.DAT');
    rewrite(DOS);
    { clearviewport;}
    writeln(DOS,' T      ET      Qgiris  Qtuketim  EKSİKLİK  FAZLALIK');
    writeln(DOS,' _____');
    writeln(DOS,T[0]:8:2);
    for i:=1 to N do
        begin
            write(DOS,T[i]:8:2);
            write(DOS,deltaT[i]:8:2);
            write(DOS,Qgiris[i]:10:2);
            write(DOS,Qtuketim[i]:10:2);
            write(DOS,EKSİKLİK[i]:10:2);
            writeln(DOS,FAZLALIK[i]:10:2);
        end;
    writeln(DOS,' _____');
    write(DOS,'TOPLAMLAR...');
    write(DOS,QGIR:13:2);
    write(DOS,QTUK:10:2);
    write(DOS,EKSIK:10:2);
    writeln(DOS,FAZLA:10:2);
    close(DOS);
end
end.

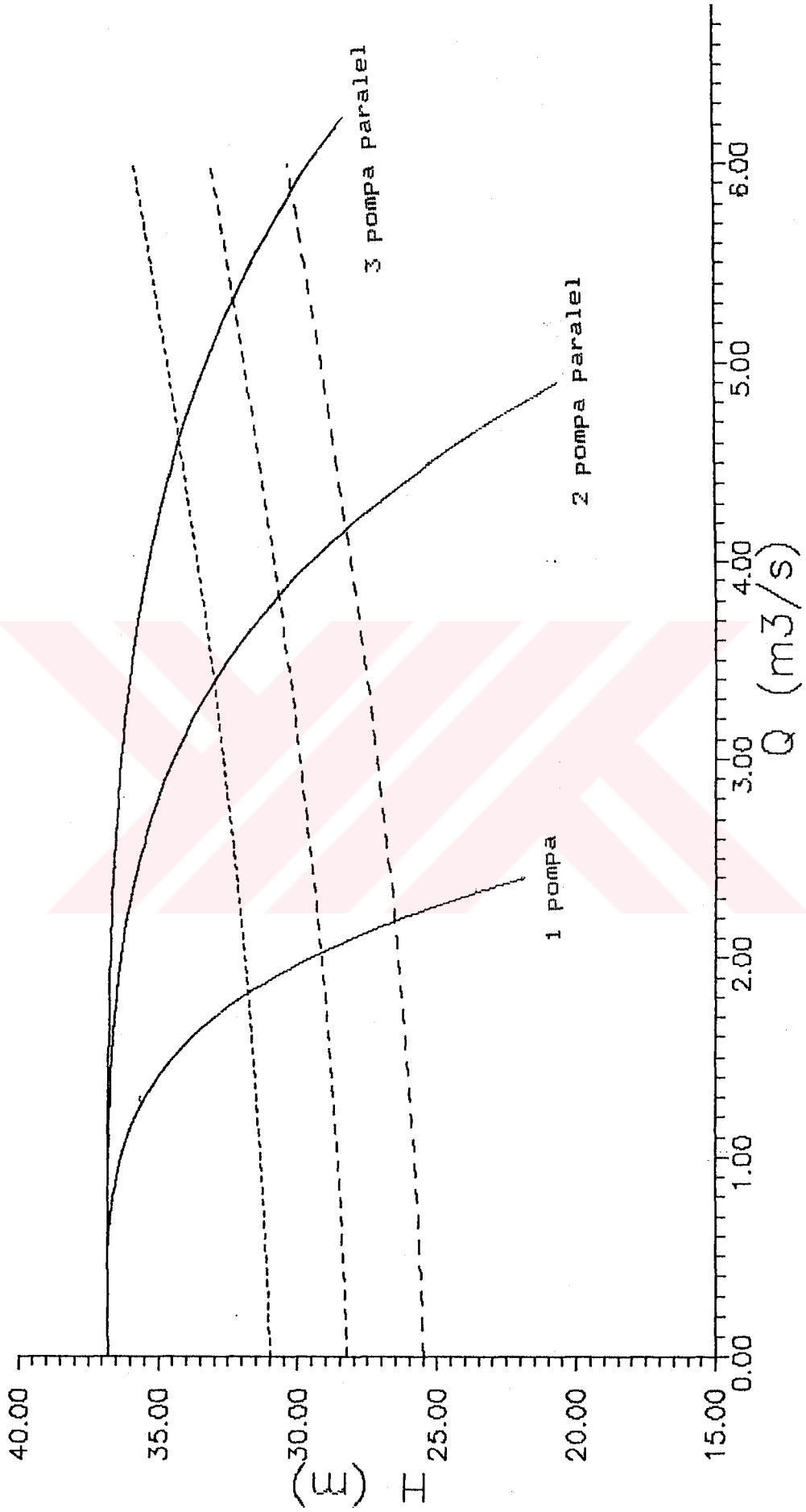
```

EK-D



IMP, MACHIN.	80 421084 2	DIFF/CASING:		WORKS NO.	811-708582
IMP, MODEL	26426/427-5	MACHIN.	80 215795 1	CODE	BUEYUEKCEKMECE
IMP, INDEX	11158-900/593	MODEL	26428A/429-11	TYPE	SEZ 800(900)-875
IMP, MAX. DIA.	877/747	A7e1.0/160pv	T-CURVE	n=	735 1/min
TRIMMED	850/710	KSB		NO.	811-708582
IN/OUTLET	SA 10 x 50 / DE8*52/20*83				
		BREMEN	15.01.1986		
		NAME	Vondracek		

POMPA KARAKTERİSTİK EGRİLERİ VE SEBEKE EGRİLERİ



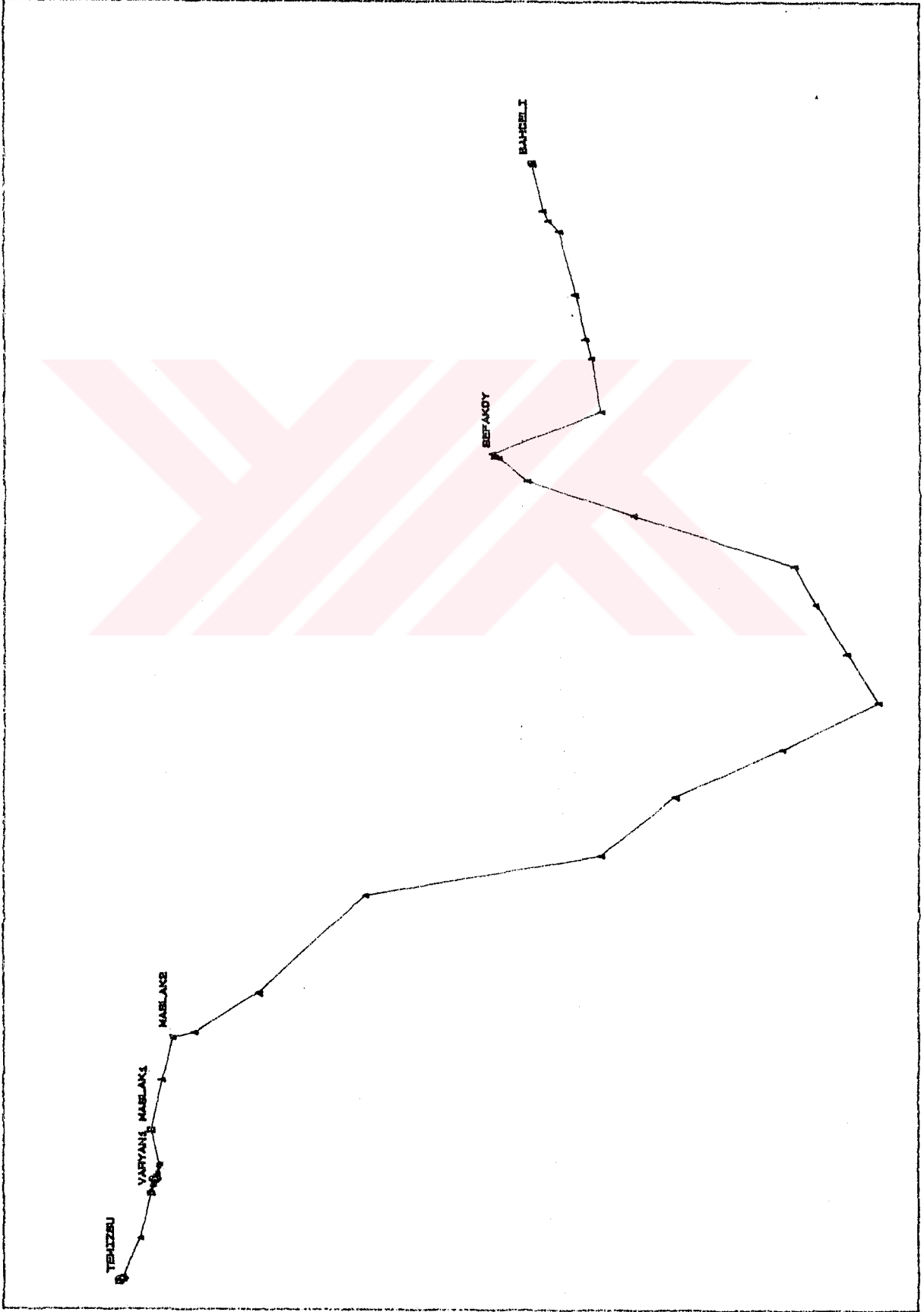
1 pompanın HQ denklemi : $H = 36.8 - 0.480872 \cdot Q^{3.924428}$

Min Şebeke eğrisi denklemi : $H = 25.8 + 0.313268 \cdot Q^{1.51836}$

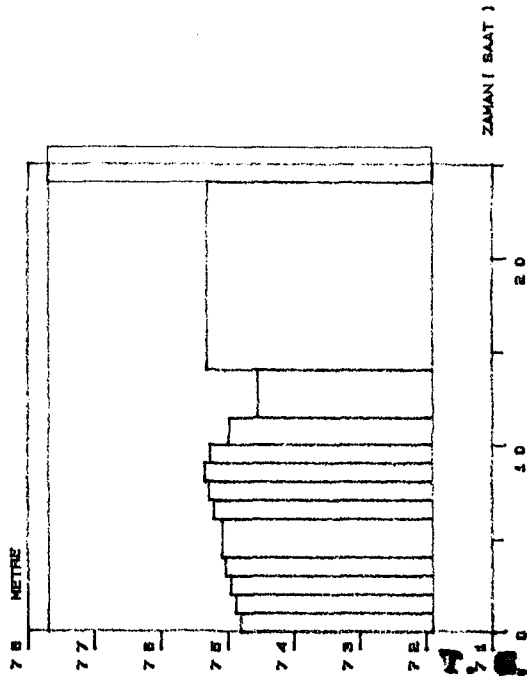
24/ 8/1990 14H 10N 48S

PROCEDURE III - TRACE GRAPHIQUE (C) NSI - SOBREAH 1986
BÜYÜKCEKMECE - BAHCELİEVLER HATTI (İSKİ MATEMATİK MODELİ)

HES.ZAMAN ARALIGI : 5 (5 SAAT)

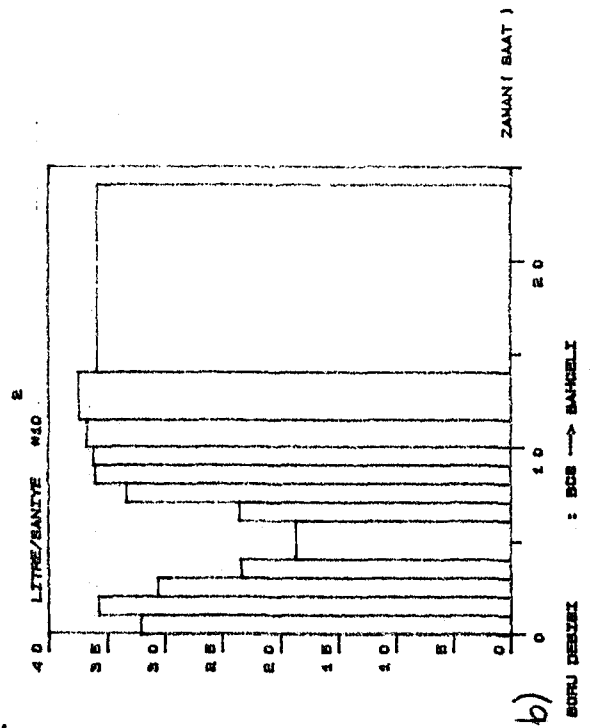


BUYUKCEKMECE HATTI (SEFAKOY-BAHCELI ARASI)

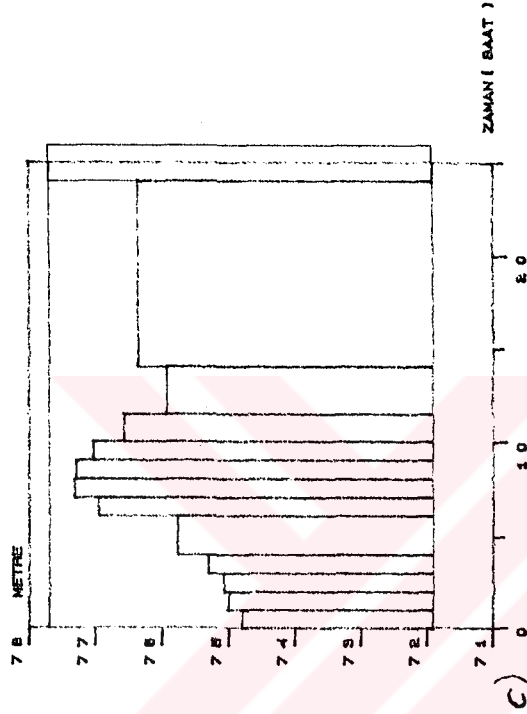


PIEZOMETRIX SEVIYE. REZERVUAR : BAHCELI

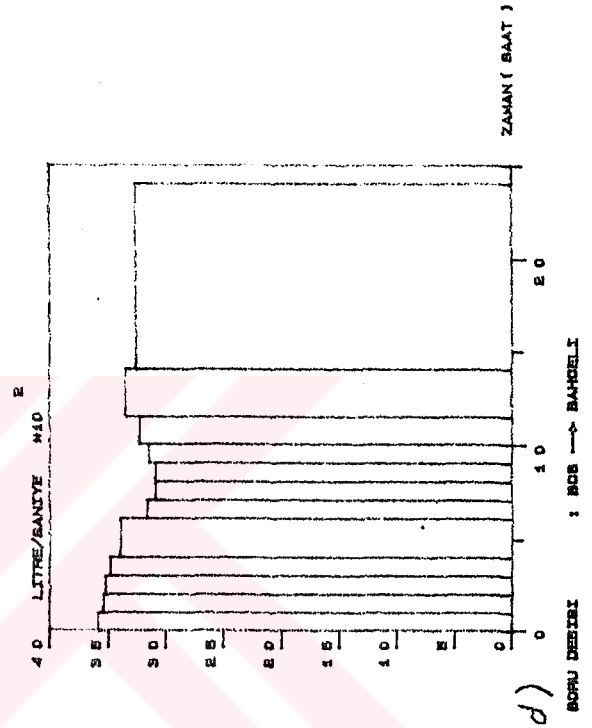
Yükseköğretim Kurumu
Dokümantasyon Merkezi



PIEZOMETRIX SEVIYE. REZERVUAR : BAHCELI



PIEZOMETRIX SEVIYE. REZERVUAR : BAHCELI



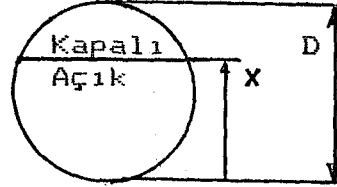
PIEZOMETRIX SEVIYE. REZERVUAR : BAHCELI

BAHCELİYLEYER DEPO GIRIŞI, KISMA PROGRAMI ONCEDEN HAZIRLANMIŞ BİR VANA İLE
KONTROL EDİLMEKTE İKEN DEPO (a) VE GIRIŞ DEBİSİ (b) DEĞİŞİMİ
BAHCELİYLEYER DEPOSU GIRIŞ VANASI SUREKLİ SABİT BİR KISIKLIK İKEN
DEPO SEVİYESİ (c) VE GIRIŞ DEBİSİ (d) DEĞİŞİMİ

SÜRGÜLÜ VANA KATSAYILARI

X/D	K
0.181	41.21
0.194	35.36
0.208	31.36
0.250	22.68
0.333	11.89
0.375	8.63
0.417	6.33
0.458	4.57
0.500	3.27
0.583	1.55
0.667	0.77
1.000	0

$$dH = K \cdot V^2 / (2 \cdot g)$$

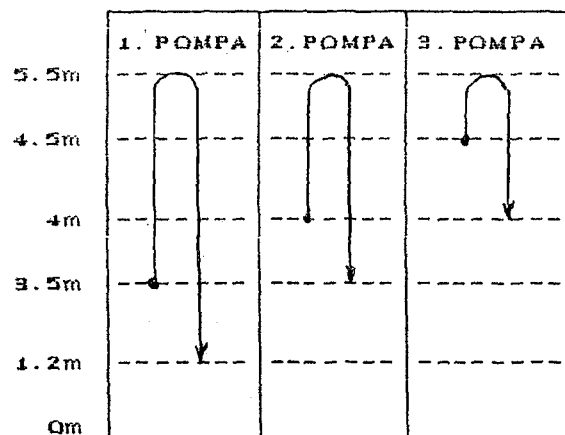


GRAPHER paket programı ile yukarıda verilen katsayılar bir denklem haline getirilerek ara değerler için de sayılar üretilebilecek hale gelinmiştir.

$$K = 220 * e^{-8.5615 \cdot (X/D)}$$

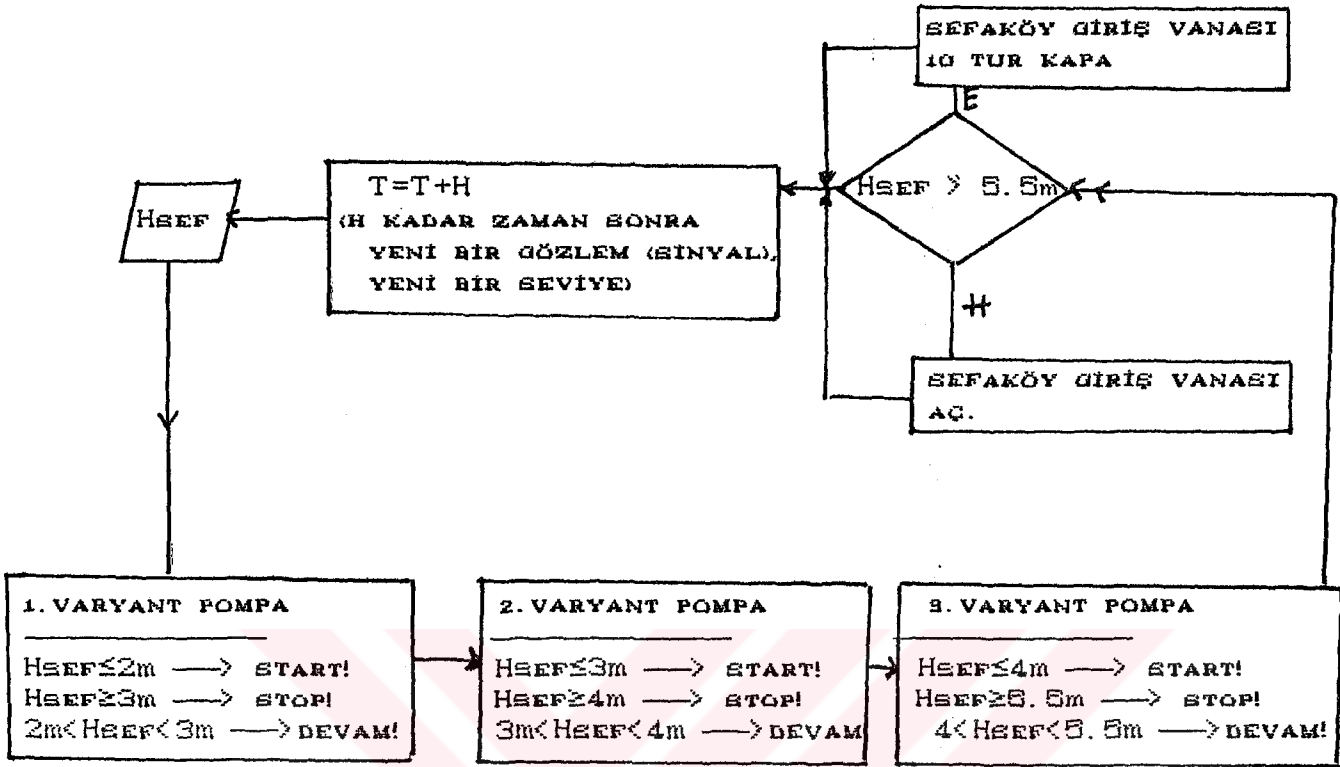
Herhangi bir çap ve debi için FRAMEWORK'de hazırlanmış tablo

ÇAP D [mm]	HIZ V [m/s]	DEBİ Q [m³/s]	ACIKLIK X / D	TUR SAYISI (MAX 60)	K=GERÇEK KATS (TABLODAN)	PROCEDURE-III KARŞILIGI K _{pro} =8.263*K _{ger} /((D**4)*(10**8))	DİNAMİK KAYIP H [m]
400	1	.126	.181	49.14	41.21	1.33E-4	2.10
400	1	.126	.194	48.36	35.36	1.14E-4	1.80
400	1	.126	.208	47.52	31.36	1.01E-4	1.60
400	1	.126	.250	45.00	22.68	7.32E-5	1.16
400	1	.126	.333	40.02	11.89	3.84E-5	.61
400	1	.126	.375	37.50	8.63	2.79E-5	.44
400	1	.126	.417	34.98	6.33	2.04E-5	.32
400	1	.126	.458	32.52	4.57	1.48E-5	.23
400	1	.126	.500	30.00	3.27	1.06E-5	.17
400	1	.126	.583	25.02	1.55	5.00E-6	.08
400	1	.126	.667	19.98	.77	2.49E-6	.04
400	1	.126	1.000	.00	.00	0.00E+0	.00



CADA SEVIYE 9.5'A GEMEDEN BAŞLIYAMIYOR.

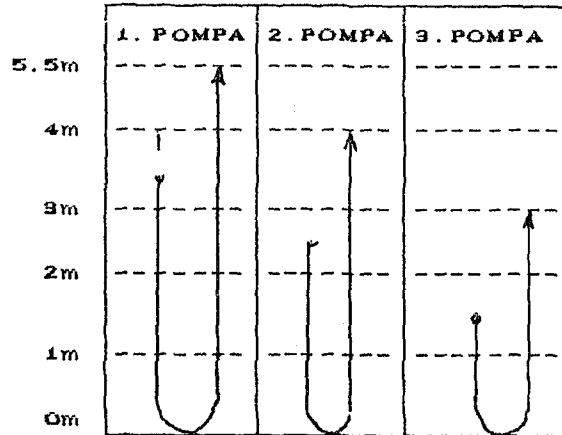
SEFAKÖY DEPOSUNUN İŞLETİMİ I



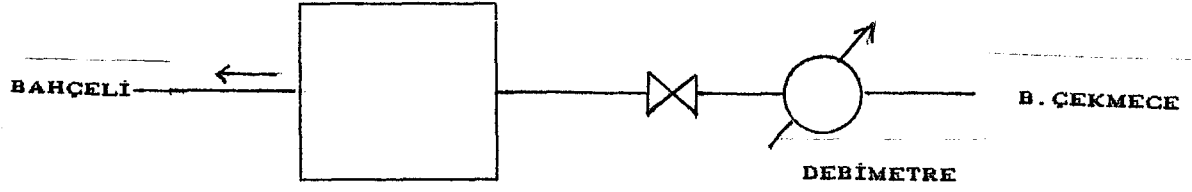
AÇIKLAMALAR:

1. H_{sef} :SEFAKÖY DEPO SEVİYESİ
2. DEPO SEVİYESİNİN DEĞİŞİK KONUMLARINA GÖRE DOĞRUDAN HANGİ VARYANT POMPASININ ÇALIŞACAĞI BELİRLENİYOR.

POMPA ÇALIŞMA ARALIKLARI



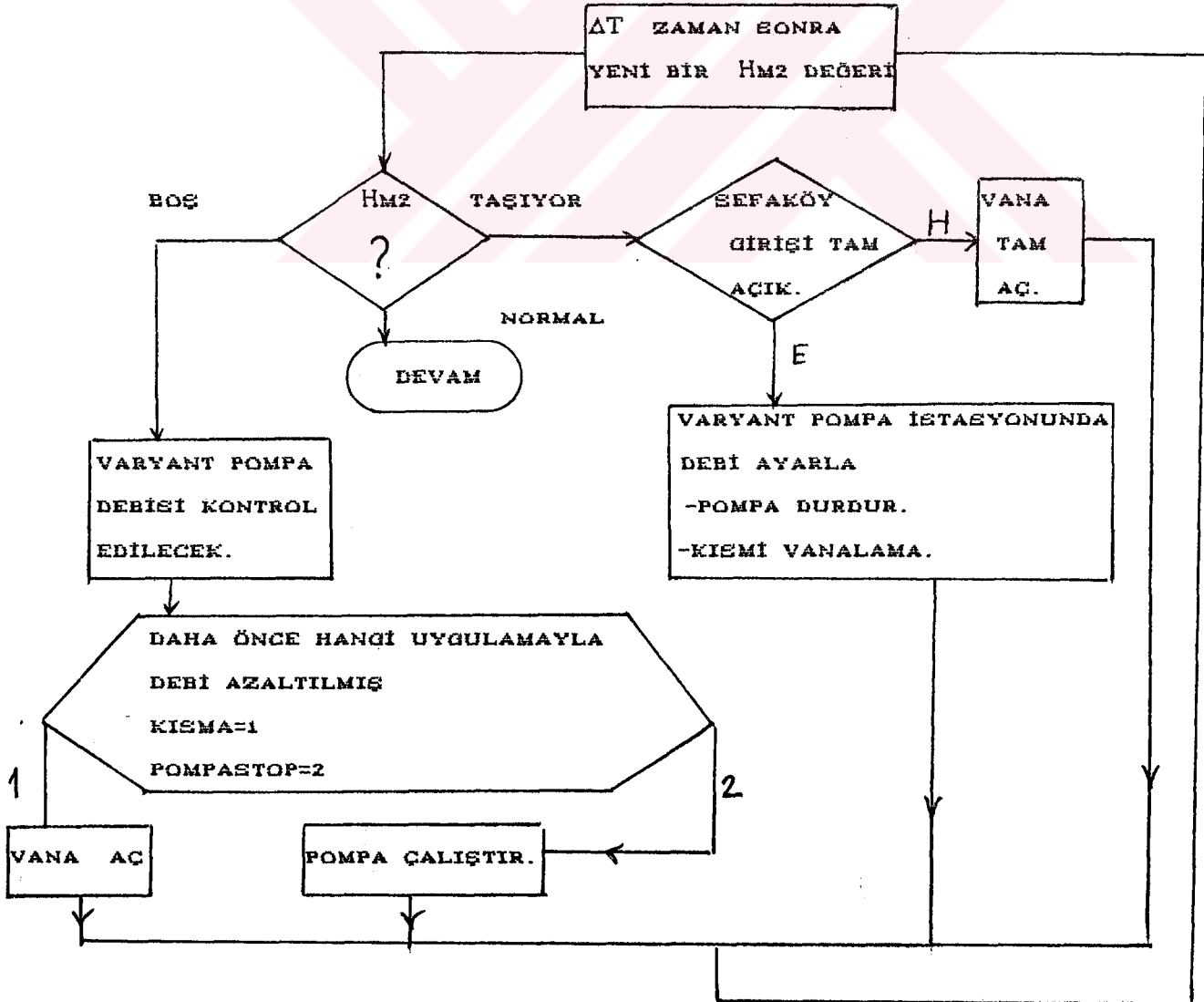
SEFAKÖY DEPOSUNUN İŞLETİMİ II



$Q_{giris} = Q_{cikis} + Q_{zusat}$
 BU ŞARTI SAĞLAMAK İÇİN GEREKİRSE
 VANA KISILACAK.

QZUSATZ İÇİN BKZ. ÖN DEPOLAMA İÇİN
 VANA KONTROL ALGORİTMASI

MASLAK2



Ö Z G E Ç M İ Ş

9 Şubat 1966 Berlin doğumlu olan Erol ÖZALP, orta öğrenimini İstanbul Erkek Lisesi'nde tamamladıktan sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi'nin Makina Mühendisliği bölümüne girmiş ve Enerji-Hidrolik kolundan 1988'de mezun olmuştur. Aynı yıl yine bu branştaki Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. Halen İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi İSKİ, Etüd Planlama Daire Başkanlığı Su Proje Müdürlüğü'ne bağlı olarak çalışmaktadır.

