



# SU DARBESİ PROJELENDİRME HATALARI

**Levent KAVURMACIOĞLU**  
**Haluk KARADOĞAN**

## ÖZET

Pompalama sistemlerde elektrik kesilmesi, pompa ve vana manevraları gibi nedenlerle oluşan su darbeleri büyük zararlara yol açabilmektedir.

Tasarım aşamasında bu tehlikenin de göz önüne alınarak hesap yapılması ve gerekli önlemlerin alınması önemlidir.

Su darbelerini önlemek amacıyla hava kazanı ve /veya tek yönlü denge bacası, kontrollü vanalar, tek yönlü vanalar en çok kullanılan yöntemlerdir.

Pompalama sisteminin karakteristiklerine göre bunların boyutlarının ve hat üzerinde yerleştirilecekleri yerlerin doğru olarak belirlenmesi, görevlerini tam anlamıyla yapabilmeleri açısından gerekmektedir.

Bu çalışmada, pompalama sistemi tasarımında son yıllarda rastlanan su darbesi projelendirme hatalarından

- Gereksiz kazan
- Aşırı büyük kazan hacmi
- Aşırı yük kaybı
- Aşırı emniyet
- Yetersiz regülasyon vanası

gibi bazıları tartışılmaya çalışılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Pompalama sistemlerinde özellikle elektrik kesilmelerinde ve duruş/kalkışlar sırasında momentum değişimi sonucu ortaya çıkan su darbelerine karşı önlem alınmadığı durumlarda işletmecileri bekleyen ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Özellikle boru patlaması, kompensatör yırtılması, beton kütlelerin bağlantılarının kopması gibi sonuçlar doğuran su darbeleri tasarım aşamasında düşünülme ve her yeni boru hattının tasarımından sonra bir hidrolik analiz ve su darbesi kontrolü yapılmak durumundadır.

Yurdumuzda, yakın yıllarda tamamlanmış ve yeni sayılan boru hatlarında daha ilk devreye alma sırasında ortaya çıkan darbe sonucu zarar/arıza durumlarına rastlanmaktadır.

Su darbesi analizi için en çok kullanılan yöntemler ve eksiklikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- “Parmakyan” abakları kullanmak limitlerinin yetersiz kalması nedeni ile artık düşünülmemelidir [1],
- “Ruus” yöntemi[2] çok emniyetli olup pratik bulunmamaktadır,
- Bilgisayarları kullanmak varken grafik çözümlerle ayrıntılı sınır şartlarını çizmek pratik olmamaktadır,
- Regülasyon vanaları her geometride çözüm olamamakta, özellikle negatif darbe ve hat profilinin dış bükey olması durumlarında sorun yaratmaktadır,

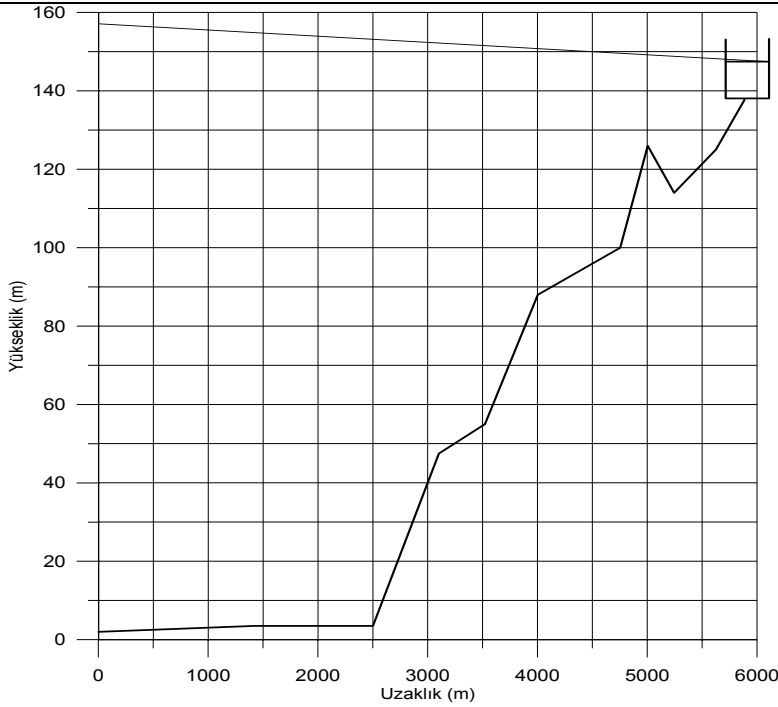


## 2. SON YILLARDA RASTLANAN BAZI HATALAR

Rastlanan bazı projelerde su darbesi analizinin yeterince yapılmamış olduğu ve fakat sorun ortaya çıktıktan sonra ( yani bir patlama ortaya çıktıktan sonra) çözüm aranma yoluna gidilmekte , bu durum da proje maliyeti açısından istenmeyen ve fakat daha pahalı çözümleri doğurmaktadır.

Olaylardan bir sonuç çıkarabilmek için rastlanan bazı örnekler aşağıda aynı formatta sıralanmıştır:

## 2.1. Terkos-İkitelli Hattı



### **Problem:**

Hat kısmi yükte çalışırken elektrik kesilmesi ardından pompa istasyonu içindeki kauçuk kompensatörlerin patlaması sonucu pompaların kısmen su altında kalması nedeniyle Terkos-Kağıthane arasındaki profili şekil . de görülen ham su hattında su darbelerini önlemek amacı ile kullanılan regülasyon vanalarının etkinliğini araştırmak ve daha uygun çözüm önerileri hazırlamak.

### **Geometri:**

Terkos gölünden değişken seviyelerde (-1 m , +4 m) alınan hamsu pompa istasyonuna yerleştirilen 5 adet pompa ile, 5920 m uzunluğunda bir adet  $\Phi 2200$  mm çapındaki çelik boru ile, taban kotu 137.6 m olan denge bacasına basılmaktadır. Denge bacasında en büyük su kotu 153.5 m dir.

### **Akış şartları:**

Pompaların her birinin dönme hızı 990 d/d, basma yüksekliği 150 m ve debisi  $1.57 \text{ m}^3 / \text{s}$  ( $5652 \text{ m}^3 / \text{h}$ ) olup toplam debi  $7.85 \text{ m}^3 / \text{s}$  ( $28260 \text{ m}^3 / \text{h}$ ) dir. Boru hattındaki toplam yük kaybı bu debi için 10 mSS dur.

### **Hatalı çözüm:**

Pompa çıkışında basınç regülasyon vanaları kullanarak su darbesinin önlenmesi. Yapılan hesaplamalarda mevcut regülasyon vanalarının, mevcut bağlantı şekilleri ile mevcut açma/kapama karakteristikleri ile su darbelerini önlemediği görülmüştür.

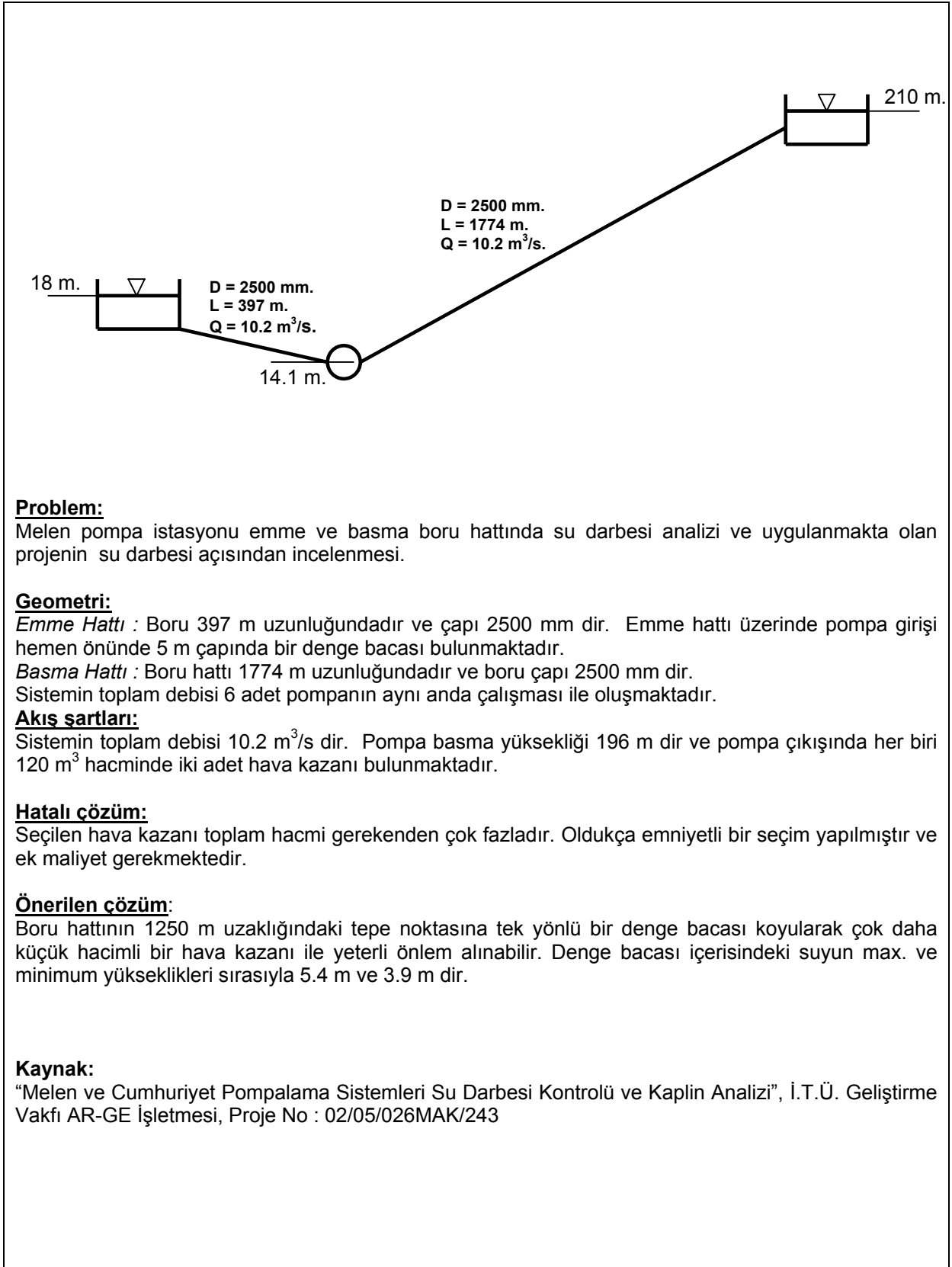
### **Önerilen çözüm:**

Mevcut regülasyon vanalarına ek olarak hattın beşinci kilometresinde bulunan boru alt kotu 121.96 m olan tepe noktasına 2.5 m çapında ve 1.5 m yüksekliğinde bir adet tek yönlü denge bacası konulması. Su darbesine karşı alınan bu önlem ile, pozitif darbeye karşı mevcut regülasyon vanaları işlev görecek, negatif darbeye (kolon kopması) karşı ise tek yönlü denge bacası engel olacaktır.

### **Kaynak:**

"Terkos – Kağıthane Hattı Su Darbesi Analizi", İ.T.Ü. Geliştirme Vakfı AR-GE İşletmesi, Proje No : 2000/243

## 2.2. Melen Hattı



### **Problem:**

Melen pompa istasyonu emme ve basma boru hattında su darbesi analizi ve uygulanmakta olan projenin su darbesi açısından incelenmesi.

### **Geometri:**

*Emme Hattı* : Boru 397 m uzunluğundadır ve çapı 2500 mm dir. Emme hattı üzerinde pompa girişi hemen önünde 5 m çapında bir denge bacası bulunmaktadır.

*Basma Hattı* : Boru hattı 1774 m uzunluğundadır ve boru çapı 2500 mm dir.

Sistemin toplam debisi 6 adet pompanın aynı anda çalışması ile oluşmaktadır.

### **Akış şartları:**

Sistemin toplam debisi 10.2 m<sup>3</sup>/s dir. Pompa basma yüksekliği 196 m dir ve pompa çıkışında her biri 120 m<sup>3</sup> hacminde iki adet hava kazanı bulunmaktadır.

### **Hatalı çözüm:**

Seçilen hava kazanı toplam hacmi gerekenden çok fazladır. Oldukça emniyetli bir seçim yapılmıştır ve ek maliyet gerekmektedir.

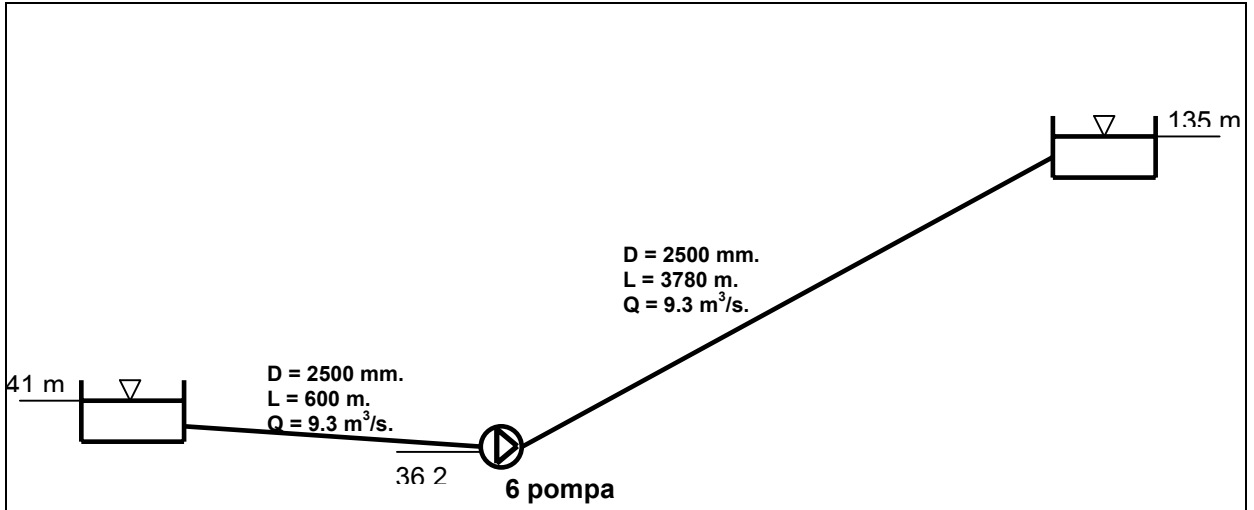
### **Önerilen çözüm:**

Boru hattının 1250 m uzaklığındaki tepe noktasına tek yönlü bir denge bacası koyularak çok daha küçük hacimli bir hava kazanı ile yeterli önlem alınabilir. Denge bacası içerisindeki suyun max. ve minimum yükseklikleri sırasıyla 5.4 m ve 3.9 m dir.

### **Kaynak:**

"Melen ve Cumhuriyet Pompalama Sistemleri Su Darbesi Kontrolü ve Kaplin Analizi", İ.T.Ü. Geliştirme Vakfı AR-GE İşletmesi, Proje No : 02/05/026MAK/243

## 2.3 Cumhuriyet Hattı



### **Problem:**

Cumhuriyet pompa istasyonu emme ve basma boru hattında su darbesi analizi ve uygulanmakta olan projenin su darbesi açısından incelenmesi.

### **Geometri:**

*Emme Hattı* : Boru 600 m uzunluğundadır ve çapı 2500 mm dir. Emme hattı üzerinde pompa girişi hemen önünde 5 m çapında bir denge bacası bulunmaktadır.

*Basma Hattı* : Boru hattı 3780 m uzunluğundadır ve boru çapı 2500 mm dir. Sistemin toplam debisi 6 adet pompanın aynı anda çalışması ile oluşmaktadır..

### **Akış şartları:**

Sistemin toplam debisi 9.3 m<sup>3</sup>/s dir. Pompa basma yüksekliği 100 m dir ve pompa çıkışında her biri 120 m<sup>3</sup> hacminde iki adet hava kazanı bulunmaktadır.

### **Hatalı çözüm:**

Seçilen hava kazanı toplam hacmi gerekenden çok fazladır. Oldukça emniyetli bir seçim yapılmıştır ve ek maliyet gerekmektedir.

### **Önerilen çözüm:**

Boru hattının 3300 m uzaklığındaki tepe noktasına tek yönlü bir denge bacası koyularak çok daha küçük hacimli bir hava kazanı ile yeterli önlem alınabilir. Denge bacası içerisindeki suyun max. ve minimum yükseklikleri sırasıyla 7.8 m ve 3.7 m dir.

### **Kaynak:**

Melen ve Cumhuriyet Pompalama Sistemleri Su Darbesi Kontrolü ve Kaplin Analizi", İ.T.Ü. Geliştirme Vakfı AR-GE İşletmesi, Proje No : 02/05/026MAK/243

### 3. SONUÇLAR

İTÜ Makina Fakültesi Hidromekanik ve Hidrolik Makinalar Ana Bilim Dalı tarafından uzun yıllar boyunca yapılmış olan “Su Darbesi ve Önleme Çareleri “ ile ilgili bir çok çalışma ve proje raporlarından elde edilmiş olan deneyimlerimize göre aşağıda özetlenen sonuçlara varılmıştır.

#### 3.1. Rastlanan Ortak Hatalar

- Su darbesi hesabı boru hatlarının projelendirilmesi esnasında çoğunlukla hiç yapılmamakta ya da en basit ve aşırı emniyetli olan “ani kapama kanunu” kullanılarak su darbesi basınçları hesaplanmaktadır.

$$\Delta h = \pm \frac{a V_0}{g}$$

Burada  $V_0$  daimi akış halindeki su hızı,  $a$  ise sesin su içindeki yayılma hızıdır.

- Hava kazanı seçiminde “Parmakyan” abakları kullanılmaktadır. Bu abakların limitlerinin dar olması nedeni bir çok problemin çözümünde yetersiz kalmaktadır.
- Piyasada “Su Darbesi Önleme Vanası” olarak satılan vanalar sadece aşırı basınç darbeleri çözüm için sağlamakta , negatif darbe ve hat profilinin dış bükey olması durumlarında sorun yaratmaktadır,
- Tek yönlü denge bacası kullanılması çoğunlukla düşünülmemektedir. Halbuki basit bir su deposu ve çek valf ile oldukça ucuza mal olan bu yöntemle kolon kopması tehlikesi ortadan kaldırılabilir.
- Çek valf seçiminde sadece valfin oluşturduğu kayıp öneme alınmakta fakat çek valfin çarpması sonucu oluşacak su darbesi hiç hesaba katılmamaktadır.

#### 3.2 Yeni Projelendirilecek Boru Hatlarında Dikkat Edilecek Noktalar

- Eğer coğrafi yapı uygun ise boru hattı ani yükselmeler (tepeler) oluşturulmadan tasarlanmalıdır.
- Boru hattına uygun dinamik davranışı olan bir çek valf seçilmelidir.
- Tasarımı bitmiş pompa istasyonu ve boru hattı için komple bir su darbesi hesabı yapılmalı ve hava kazanı, denge bacası, basınç sınırlama vanası gibi gerekli önleme cihazları boyutlandırılmalıdır.

#### 3.3 Bitmiş Boru Hatlarının İşletiminde Dikkat Edilecek Noktalar

- Vana manevralarında ani hareketlerden kaçınılmalıdır.
- Pompalara yol verme aşamasında boru hattı içinde hava paketlerinin oluşmasına engel olunacak önlemler alınmış olmalıdır
- Hava kazanlarına ait kompresörlerin arızalı olmadığından emin olunmalıdır.



## KAYNAKLAR

- [1] PARMAKIAN I, "Waterhammer Analysis" Dover Publications, (1953)
- [2] RUUS E., "Charts for Waterhammer in Pipelines with air Chambers" , Canadian Journal of Civil Eng. , 4, 3, 293-313 (1977)
- [3] KAVURMACIOĞLU L, KARADOĞAN H. , "Terkos – Kağıthane Hattı Su Darbesi Analizi", İ.T.Ü. Geliştirme Vakfı AR-GE İşletmesi, Proje No : 2000/243
- [4] KAVURMACIOĞLU L, KARADOĞAN H. , "Melen ve Cumhuriyet Pompalama Sistemleri Su Darbesi Kontrolü ve Kaplin Analizi", İ.T.Ü. Geliştirme Vakfı AR-GE İşletmesi, Proje No : 02/05/026MAK/243

## ÖZGEÇMİŞLER

### Levent KAVURMACIOĞLU

1963 Ankara doğumludur. 1985 yılında İTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Aynı Üniversiteden 1995 yılında Doktor Mühendis unvanını almıştır.. 1996 yılından beri İ.T.Ü. Makina Fakültesi Hidromekanik ve Hidrolik Makinalar Anabilim Dalı'nda Y.Doç.Dr. olarak görev yapmaktadır. Akışkanlar Mekaniği uygulamaları, türbomakinalar, hesaplamalı akışkanlar dinamiği konularında çalışmaktadır.

### Haluk KARADOĞAN

1949 yılı Mersin doğumludur. 1971 yılında İ.T.Ü.Makina Fakültesi'ni bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1978 yılında Doktor Mühendis ünvanını almıştır.. 1992 yılından beri İ.T.Ü. Makina Fakültesi Hidromekanik ve Hidrolik Makinalar Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. olarak görev yapmaktadır. Akışkanlar Mekaniği uygulamaları, pompalama sistemleri, akışın yarattığı titreşimler konularında çalışmaktadır.