

Ana Sayfa Tarama Mevzuat İstatistikler SSS Yasal Uyarı Bize Ulaşın

Üyelik Bilgileri Tezlerim Listem Tez Veri Giriş Formu Oturum Kapat

## T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU TEZ MERKEZİ TEZ VERİ GİRİŞ FORMU

(Tez yazarı tarafından bilgisayarda doldurularak kaydedilmeli Referans Numarası alındıktan sonra basılarak imzalanmalıdır.)

## Tez Veri Giriş Formu

Referans No : 10242036

Yazar : SAYITER YILDIZ

Uyruk / TC Kimlik No : - / 32396281060

E-Posta : sayiteryildiz@gmail.com

Dil : Türkçe

Tezin Adı (Özgün) : Sivas 4 Eylül barajı kent içme suyu projesinde karşılaşılabilecek olası sorunlar ve alternatif çözümler

Tezin Adı (Çeviri) : Sivas 4 Eylül barajı kent içme suyu projesinde karşılaşılabilecek olası sorunlar ve alternatif çözümler

Konu : Çevre Mühendisliği = Environmental Engineering

Konu Ekle

Temizle

Üniversite : Cumhuriyet Üniversitesi

Enstitü / Hastane : Fen Bilimleri Enstitüsü

Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı : Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

Tez Türü : Yüksek Lisans

Yıl : 2006

Sayfa : 109

1. Danışman Ad Soyad : PROF. DR. MUSTAFA DEĞİRMENCI

Değiştir

Temizle

2. Danışman Ad Soyad : Seçiniz

Seçiniz

Temizle

3. Danışman Ad Soyad : Seçiniz

Seçiniz

Temizle

Dizin Terimleri :

Dizin Ekle

Temizle

Önerilen Dizin :

Terimleri

Proje No :

(Proje desteği aldıysa)

Türkçe özet : Nüfus artmasıyla birlikte yerleşim alanlarında mevcut su ihtiyacı karşılanamaz hale gelmekte ve alternatif çözümler üretilmektedir. Suyunu yeraltından karşılayan yerleşim yerleri için başlıca alternatif kaynak yüzey suları olmakta ve gerek bugün ki ihtiyaç, gerekse gelecekteki su ihtiyacını karşılayabilmek için projeler geliştirilmektedir. Sivas ilindeki mevcut su potansiyeli, şu anki ihtiyacı ancak karşılayabilmekte hatta zaman zaman karşılayamamaktadır. Artan nüfus da dikkate alındığında gelecekte su problemiyle karşılaşmamak için alternatif projelerin geliştirilmesi gerekmektedir. İlk bakışta Sivas yeterli su kaynağı olan bir yerleşim yeri olarak görülmekte ise de bu kaynaklardan yararlanılamamaktadır. Bunun en önemli nedeni kent civarında geniş yer kaplayan jipsli formasyonların su kalitesini olumsuz yönde etkiliyor olmasıdır. Suan ki içme suyu ihtiyacının karşılandığı Tavra deresindeki yeraltı suları, içme suyu standartlarına uygun özellik

İngilizce özet : By increasing population, necessity for water in settlement areas can not be supplied and alternative solutions are being produced. Main alternative source for settlement areas which supply their water from underground is surface water and projects have been produced to supply water need both today and in future. Water potential in Sivas can supply the need for today but some times it can not. Considering the increasing population, alternative projects should be improved to prevent possible water problems in future. Even if Sivas is known as a settlement place which has enough water sources, it can not benefit from these sources. The most important reason of this is grand gypsum formations; around the city negative effects on the water quality. Underground water in Tavra valley, which supplies the drinking water need today, has adequate

KAYDET

YAZDIR

Gerekli bilgileri alanlara yazıp kaydet butonuna basınız.

Önemli hatırlatma: Bilgilerinizi kaydettikten sonra Enstitünüz onaylayana kadar tekrar üzerinde değişiklik yapabilirsiniz.

Daha sonra çıktı almak ve değişiklik yapmak isterseniz, Oturum menüsünden Tez/lerim bağlantısına tıklayarak tezinize erişebilirsiniz. Karşınıza gelen listeden Referans numarasına tıklayarak teziniz üzerinde gerekli gördüğünüz değişiklikleri yapabilir, kağıt çıktınızı tekrar alabilirsiniz.

171208

171208

SİVAS 4 EYLÜL BARAJI KENT İÇME SUYU PROJESİNDE  
KARŞILAŞILACAK OLASI SORUNLAR  
VE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER



Sayiter YILDIZ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2006  
SİVAS

SİVAS 4 EYLÜL BARAJI KENT İÇME SUYU PROJESİNDE  
KARŞILAŞILACAK OLASI SORUNLAR  
VE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER

Sayiter YILDIZ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENÇİ

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. Fikret KAÇAROĞLU

Üye Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ

Üye Yrd. Doç. Dr. Fehiman ÇİNER

*Kaçaroğlu*  
*Değirmenci*  
*ÇiNER*

**ONAY**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

02.10.2006

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ**

**Prof. Dr. Halil GÜRSOY**

*Halil Gürsoy*



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu” adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.



## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	iii
SUMMARY	v
KATKI BELİRME ve TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
2. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ	3
2.1. Arazi Çalışmaları	3
2.2. Laboratuar Çalışmaları	3
2.3. Büro Çalışmaları	3
3. TÜRKİYE’DE İÇME SUYU TEMİNİ VE ALPYAPI TESİSLERİNDEKİ MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ	4
3.1. Altyapı Tesislerinin Mevcut Durumu	4
3.2. İçme Suyu Temini ve Koruması Açısından Mevcut Durum	5
3.2.1. İçme suyu temini açısından değerlendirilmesi	5
3.2.2. İçme suyu kaynaklarının kirlenme riski açısından değerlendirilmesi	5
4. SİVAS İLİ İÇME SUYU İHTİYACININ KARŞILANMA YÖNTEMLERİ VE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER	7
4.1. Sivas İli Mevcut Su Potansiyeli	7
4.2. Su Dağıtım Sistemi ve Özellikleri	9
4.2.1. Tatlı su çeşmeleri	10
4.2.2. Altyapı ilişkileri	12
4.3. Sivas Çevresindeki Su Kaynakları ve Özellikleri	13
4.3.1. Tavra vadisi	13
4.3.2. Pirkinik havzası	19
4.3.3. Kızılırmak	20
4.3.3.1. Göydün ve Seyfe kaynakları	23
4.3.4. Yıldız ırmağı havzası	24
4.3.4.1. Bazı büyük kaynaklar ve özellikleri	25

4.3.4.2. Havzadaki Büyük Kaynakların Su Potansiyeli ve Sivas'a Su Sağlamada Kullanılabilirliği	25
5. SİVAS 4 EYLÜL BARAJI	27
5.1. Barajın Tanıtımı	27
5.2. Barajda Alınması Gereken Koruma Tedbirleri	36
5.3. Baraj Koruma Alanı İçinde Kalan Yerleşim Birimleri ve Özellikleri	38
5.4. Soğuk Çermik ve Kızılca Köyü Paket Arıtma Projesi	40
5.4.1. Pis su debisi hesaplamaları	40
5.5. Baraj Mutlak Koruma Alanı İçinde Kalan Kolluca köyü	44
5.6. Baraj Gölü ve Gölü Besleyen Derelerin Su Kalitesi	45
5.7. Baraj Gölü Teşekkülünün Su Kalitesi Üzerindeki Muhtemel Tesirleri	64
5.7.1. Gölge termal tabakalaşma ve mevsimsel değişme	64
5.7.2. Depolamanın su kalitesi üzerindeki etkileri	68
5.8. Arıtma Tesisi Kapasitesi ve Yeri	69
5.8.1. Arıtma tesisinin kapasitesi	69
5.8.1.1. Su arıtma kapasitesi ve tesis inşa kademeleri	69
5.8.2. Arıtma tesisinin yeri	70
5.9. İçme Suyu Arıtma Tesislerinde Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Oluşumu	72
5.9.1. Dezenfeksiyon yan ürünlerinin etki eden faktörler	72
5.9.2. Dezenfeksiyon yan ürünleri sınır değerleri	73
5.9.3. Trihalometanların oluşumu	74
5.9.4. Trihalometanların etkisi	74
5.9.5. Trihalometanların kontrolü ve giderimi	75
5.10. Hamsu Kalite Parametreleri ve Arıtılmış Su Kalitesi	77
5.10.1. Arıtılmış su kalitesi	77
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
6.1. Sonuçlar	79
6.2. Öneriler	81
7. KAYNAKLAR	82
8. ÖZGEÇMİŞ	84
9. EKLER	85

## ÖZET

Sivas 4 Eylül Barajı Kent İçme Suyu Projesinde Karşılaşılacak Olası Sorunlar  
Ve Alternatif Çözümler

Sayiter YILDIZ

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMECİ

Nüfusun artmasıyla birlikte yerleşim alanlarında mevcut su ihtiyacı karşılanamaz hale gelmekte ve alternatif çözümler üretilmektedir. Suyunu yeraltından karşılayan yerleşim yerleri için başlıca alternatif kaynak yüzey suları olmakta ve gerek bugün ki ihtiyaç, gerekse gelecekteki su ihtiyacını karşılayabilmek için projeler geliştirilmektedir.

Sivas ilindeki mevcut su potansiyeli, şu anki ihtiyacı ancak karşılayabilmekte hatta zaman zaman karşılayamamaktadır. Artan nüfus da dikkate alındığında gelecekte su problemiyle karşılaşmamak için alternatif projelerin geliştirilmesi gerekmektedir. İlk bakışta Sivas yeterli su kaynağı olan bir yerleşim yeri olarak görülse de bu kaynaklardan yararlanılamamaktadır. Bunun en önemli nedeni kent civarında geniş yer kaplayan jipsli formasyonların su kalitesini olumsuz yönde etkiliyor olmasıdır.

Şuan ki içme suyu ihtiyacının karşılandığı Tavra deresindeki yeraltı suları, içme suyu standartlarına uygun özellik göstermektedir. Ancak su miktarı bakımından ileriki yıllarda ihtiyacı karşılayamayacağı hesap edilmiştir. Bu yüzden ihtiyacı yüzey suyundan karşılamak için 4 Eylül Barajı yapılmasına karar verilmiştir. Baraj inşaatı tamamlanmış ve 10 Ekim 2003 tarihinde barajda su tutulmaya başlanmıştır.

Mevcut durumda baraj havzası içinde bazı yerleşim yerleri bulunmaktadır. Bunlardan Kızılca köyü ile Soğuk Çermik atıksuları için paket arıtma yapılmış ve bu suların baraj göl alanına karışması engellenmiştir. Mutlak koruma alanı içinde kalan Kolluca köyünün ise koruma alanı dışına taşınması gerekmektedir.

Barajı besleyen dereler üzerinde kurak ve yağışlı dönemlerde analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda suyun arıtılmadan içilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Baraj göl alanında şu anda yaklaşık 21.000.000 m<sup>3</sup> su bulunmaktadır. Mısmırlamak üzerinde yapılan 30 yıllık akım ölçümlerine bakıldığında ortalama akım miktarının 37.050.000 m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. 1965-1994 yılları arasındaki akım ölçümlerine bakıldığında minimum akım



ise 12.400.000 m<sup>3</sup> dır. Barajdan elde edilen su ile sadece kentin alt kotları beslenecektir. Bu alanda kalan yerleşim yerlerinin su ihtiyacı yıllık yaklaşık 12.500.000 m<sup>3</sup> tır. Bu durumda barajın ihtiyaca cevap verebileceği görđlmektedir.

Arıtma tesisi yapımı da tamamlandıktan sonra burada toplanan su arıtılarak şehir şebekesine verilecektir. Barajın Sivas ili içme ve kullanma suyu ihtiyacını uzun yıllar karşılayacağı düşünölmektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER :** 4 Eylül Barajı, İçme Suyu, İçme Suyu Arıtma Tesisi,  
Türkiye, Sivas,



## SUMMARY

Possible problems that could be encountered in the project of Sivas 4 Eylül barrage city drinking water project and alternative solutions.

Sayiter YILDIZ

Cumhuriyet University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences

Environmental Engineering Fundamental Science Branch

Counselor: Prof. Dr. Mustafa Değirmenci

By increasing population, necessity for water in settlement areas can not be supplied and alternative solutions are being produced. Main alternative source for settlement areas which supply their water from underground is surface water and projects have been produced to supply water need both today and in future.

Water potential in Sivas can supply the need for today but some times it can not. Considering the increasing population, alternative projects should be improved to prevent possible water problems in future. Even if Sivas is known as a settlement place which has enough water sources, it can not benefit from these sources. The most important reason of this is grand gypsum formations; around the city negative effects on the water quality.

Underground water in Tavra valley, which supplies the drinking water need today, has adequate drinking water standards. However, according to calculations, it will not be able to supply the need in future because of its water potential. For this reason 4 Eylül barrage has been built to supply the need from surface water. The barrage is completed and water is started to be hold on the 10<sup>th</sup> October 2003.

There are some residential areas in barrage region. For two of these Kızılca Köyü and Cold Spring's wastewaters have been refined and these wastewaters are prevented to mix with the barrage. Kolluca village, which is in certain protection area, should have been carried out of the protection area.

Some analyses have been done in arid and rainy periods on valleys which pours into the barrage. The result of these analyses is that the water should not be drunk without refining.

There is nearly 21.000.000 cubic meter water in barrage lake area. The last 30-year stream scales of Mısmırlırmak, shows that the average stream scale is 37.050.000 cubic meter. And the stream scales between 1965 and 1994, shows that minimum stream is 12.400.000 cubic meter. Only sub-places of city could be fed by the water supplied from the barrage. The annual need of water for settlement places in this area is nearly 12.500.000 cubic meter per year. In this case barrage could supply the need.

After building of the refining system is completed, the water held here will be given to city network. It is hoped that the barrage is going to supply the need of water for drinking and other purposes for long years.

**KEY WORDS:** 4 Eylül Barrage, Drinking Water, Drinking Water Refining System, Turkey, Sivas.

## KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında, çalışmaları başından sonuna kadar yakından izleyen, karşılaşılan her türlü sorunun çözülmesinde titizlikle ve sabırla yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCI' ye teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında büyük yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım Çevre Mühendisi Fuat ÖZYONAR' a ve Çevre Mühendisi Mustafa ÖZTÜRK' e, büyük maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme ve tezin tüm aşamalarında emeği geçen herkese ayrıca teşekkür ederim.



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1 İçme Suyu Genel Dağıtım Planı	11
Şekil 4.2. Tavra Vadisi Bulduru Haritası	13
Şekil 4.3. Tavra Deresi İçme Suyu Kuyuları Hali Hazır Planı	16
Şekil 4.4 Sivas Kenti Genel Yerleşim Planı Ve Kızılıрмаğı Besleyen Dereler	21
Şekil 5.1. 4 Eylül Barajı Yapım Aşamasından Bir Görünüm (Doğuya / Soğuk çermik tarafına bakış)	28
Şekil 5.2. 4 Eylül Barajından Genel Görünüm (Doğu–Kuzeydoğu/Soğuk çermik tarafına bakış)	28
Şekil 5.3. Mısımlı Irmağa Ait Aylık Ortalama Akım Miktarlarının Değişimi (l/sn) (1965-1994)	33
Şekil 5.4. Mısımlı Irmağa Ait Yıllık Toplam Akım Miktarının Değişimi ( $10^6 m^3$ )	34
Şekil 5.5. Aylara Göre Gelen Maksimum ve Minimum Akımlar ( $10^6 m^3$ ) (1965-1994)	35
Şekil 5.6. 4 Eylül Barajı Koruma Alanları ve Beslenme Havzasındaki Yerleşim Birimleri	37
Şekil 5.7. Paket Arıtma Tesisinden Genel Görünüm	39
Şekil 5.8. Baraj ve Kolluca Köyünden Bir Görünüm (Barajın maksimum derinliğinin yaklaşık %25'i kadar su derinliği mevcut)	44
Şekil 5.9. Barajı Besleyen Derelerden Alınan Numunelerin Bulduru Haritası	48
Şekil 5.10. Kolluca Deresi (Günören köyünden gelen dere, Örnek No:1, kurak dönem)	49
Şekil 5.11. Dörtıpınar Deresi (Bademkaya köyünden gelen dere, Örnek No: 2, kurak dönem)	49
Şekil 5.12. Eskiköy Deresi ( Tokuş köyünden gelen dere, Örnek No: 3, kurak dönem)	50
Şekil 5.13. Soğuk Çermik Deresi (Örnek No: 4, kurak dönem)	50
Şekil 5.14. Soğuk Çermik Kaynağı Boşalımı (Örnek No: 5, kurak dönem)	51
Şekil 5.15. Başıbüyük Köyünden Gelen Dere (Örnek No: 6, kurak dönem)	51
Şekil 5.16. Baraj Aksı (Örnek No: 7, kurak dönem)	52
Şekil 5.17. Kolluca Deresi (Günören köyünden gelen dere, Örnek No: 1, yağışlı dönem)	54
Şekil 5.18. Dörtıpınar Deresi (Bademkaya köyünden gelen dere, Örnek No: 2, yağışlı dönem)	54
Şekil 5.19. Eskiköy Deresi (Tokuş köyünden gelen dere, Örnek No: 3, yağışlı dönem)	55
Şekil 5.20. Soğuk Çermik Deresi (Örnek No: 4, yağışlı dönem)	55
Şekil 5.21. Soğuk Çermik Havuz Boşalımı (Örnek No: 5, yağışlı dönem)	56
Şekil 5.22. Başıbüyük Köyünden Gelen Dere (Örnek No: 6, yağışlı dönem)	56
Şekil 5.23. Baraj Aksı (Örnek No: 7, yağışlı dönem)	57
Şekil 5.24. Baraj Göl Başlangıcı (Örnek No: 8, yağışlı dönem)	57
Şekil 5.25. Taşlı Dere (Arapyazı Mahallesinden Gelen Dere, Örnek No: 9, yağışlı dönem)	58

Şekil 5.26. Soğuk Çermik Çıkışındaki Dere (Örnek No: 10, yağışlı dönem)	58
Şekil 5.27 Barajı Besleyen Derelerdeki Kurak ve Yağışlı Dönem Debi Değerleri	60
Şekil 5.28 Barajı Besleyen Derelere Ait EC Değerleri	61
Şekil 5.29. Barajı Besleyen Derelerdeki Kurak ve Yağışlı Dönem Sertlik Değerleri	62
Şekil 5.30 Barajı Besleyen Derelerdeki Kurak ve Yağışlı Dönem Organik Madde Değerleri	63



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Yerüstü Su Potansiyelinin Havzalara Göre Dağılımı	7
Çizelge 4.2. Tavra Vadisi ve Pirkinik Havzası Kuyu ve Kaynak Sularına Ait Kimyasal Analiz Sonuçları	17
Çizelge 4.3. Kızılırmak Sivas Girişi ve Çıkışından Alınan Su Örneklerinin Analiz Sonuçları	22
Çizelge 4.4. Elektriksel İletkenlik (EC) ve % Na Değerine Göre Sulama Suyu Sınıflaması	22
Çizelge 4.5. Yıldız Irmağı Havzasındaki Akarsularda Ölçülen Debi, Sıcaklık, EC, pH Değerleri	24
Çizelge 5.1. Mısmıl Irmağına Ait Aylık Akım Verileri	29
Çizelge 5.2. Mısmıl Irmak Analiz Sonuçları	31
Çizelge 5.3. 4 Eylül Baraj Havzası İçinde Yer Alan Köylerin Mevcut Durumu	38
Çizelge 5.4. Baraj Gölü ve Gölü Besleyen Derelere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları (Kurak döneme ait sonuçlar, 21.10.2004)	47
Çizelge 5.5. Baraj Gölü ve Gölü Besleyen Derelere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları (Yağışlı döneme ait sonuçlar, 30.05.2005)	53
Çizelge 5.6. Hamsu Depolamasının Su Kalitesi Üzerine Etkileri	68
Çizelge 5.7. Arıtma Tesisi Dizayn Kapasitesi	69
Çizelge 5.8. Arıtma Tesisi İnşaat Kademeleri	70
Çizelge 5.9. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri İçin Sınırlamalar	73
Çizelge 5.10. 4 Eylül Barajından İsale Edilen Hamsu Üzerinde Bugüne Dek Yapılmış Bulunan Su Kalitesi Analiz Sonuçları	77

## 1. GİRİŞ

Su canlı yaşamının temelini oluşturan ve yaşamsal işlevlerin gerçekleştirilmesinde en çok ihtiyaç duyulan doğal kaynaktır. Yeryüzünde tüm canlılar için vazgeçilmez bir unsurdur. Nüfusun artması ve sanayinin gelişmesiyle beraber tüketilen su miktarı da artmaktadır. İhtiyaç artarken su kaynaklarının sabit kalması ve bu kaynakların da belli dönemlerde daha da azalması içme suyu problemini ortaya çıkarmıştır. Kentlerde kişi başına tüketilen su miktarı kırsal kesime oranla çok daha fazla olduğundan, buralarda içme suyu sağlamak için alternatif kaynakların kullanılması gerekmektedir.

Mevcut su kaynağı seçimi suyun miktarı, kalitesi, suyun temin edileceği yere uzaklığı, tasfiye edilebilme imkanları, suyun miktarında ve evsafında mevsimsel değişiklik olup olmadığı dikkate alınarak belirlenir. Su kaynakları, yeraltı su kaynakları ve yüzey suları olmak üzere iki sınıfa ayrılır. İçme suyu temininde ilk düşünülecek kaynak yeraltı suları olmalıdır.

Yeraltı sularının kirlenmesi zordur, renk dereceleri ve bulanıklıkları düşüktür ve yüzey sularına göre daha ekonomiktir. Yeraltı sularının tek dezavantajı, buldukları jeolojiye de bağlı olarak sertliklerinin fazla olabilmesidir. Yeraltı suyu kullanımı kuyulardan, kaynak kaptajı ile ve drenaj hendekleriyle olmaktadır.

Yerleşim yerinin içme suyu ihtiyacı yeraltı suyundan karşılanamıyorsa yüzey suyu kullanımı yoluna gidilir. Yüzey suları; baraj, göl, nehir ve seddelerden alınan sular olup, bu sular arıtma işlemiyle içme suyu standartlarına getirilerek kullanılır. Yüzey suları her türlü kirlenmeye açıktır. Renk ve bulanıklığı fazladır. Ayrıca organik maddeler, tad ve koku veren maddeler, fenoller, deterjanlar, metaller gibi maddeler yüzey sularında bulunabilir. Tüm bunların arıtılarak içme suyu standartlarına uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

İçme sularının renksiz, berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları ve zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi istenir. Sularda bu şartları sağlamak ve suda bulunması arzu edilmeyen maddeleri zararsız seviyede tutmak amacıyla çeşitli standartlar getirilmiştir. Ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardı TS 266 olup diğer standartlar Dünya Sağlık Teşkilatı ( WHO ), ABD Çevre Koruma Ajansı ( EPA ), Avrupa Birliği ( EC ) dir.

### 1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Sivas'ın ileride içme ve kullanma suyu ihtiyacına katkıda bulunacak olan 4 Eylül Barajını tanıtmak, bu konuda alınması gereken koruma önlemleri ile ilgili çalışmalar hakkında bilgi sunmaktır. Ayrıca, 4 Eylül Barajı ile civarında bulunan yerleşim alanları ve barajı besleyen su kaynaklarının mevcut durumu ve su kalitesi incelenerek gerekli önerilerde bulunulması amaçlanmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Kapsamı

Sivas ili içme ve kullanma suyu ihtiyacını Tavra vadisinde bulunan kuyulardan karşılamaktadır. Buradaki kuyularla çekilen yeraltı suyu depolanarak şehir şebekesine verilmektedir. Şebeke suyunun sertliği yaklaşık 35 FS° civarındadır. Tavra vadisinden yaklaşık 800-850 lt/sn civarında su temin edilmektedir. Ancak bu miktar mevcut durum itibariyle ihtiyacı ancak karşılayabilmekte, hatta zaman zaman karşılayamamaktadır. Her geçen gün artan nüfus ve su ihtiyacındaki artış düşünüldüğünde bu kaynağa alternatif gereksinimi kaçınılmazdır. Tüm bu sebeplerden dolayı gelecek yıllardaki içme suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla 4 Eylül Barajı inşa edilmiştir. Yapılacak olan arıtma tesisi ile birlikte buradan şebekeye su vermeye başlanacaktır. Baraj, Mısmıl Irmak üzerine kurulmuştur. Barajın mutlak koruma alanı içerisinde bazı yerleşim alanları mevcuttur. Bu çalışmada; barajı besleyen dereler ve koruma alanı içerisinde kalan yerleşim alanları incelenerek baraja olası etkileri ile içme suyu arıtma tesisi ve muhtemel çıkış suyu kalitesi de çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.



## 2. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Bu çalışmada Sivas 4 Eylül Barajı civarı incelenmiş, göl alanı ve barajı besleyen akarsulardan yağışlı ve kurak dönemde numuneler alınarak analizleri yapılmıştır. Ayrıca yapımı devam eden içme suyu arıtma tesisi ve Sivas'ın mevcut içme suyu kaynakları ile alternatif olarak düşünülebilecek kaynaklar incelemeye alınmıştır.

### 2.1. Arazi Çalışmaları

Barajın beslenme havzası içinde yer alan yerleşim alanları incelenmiş, bölgede baraj gölünü besleyen derelerde yerinde EC, sıcaklık, amonyum ve nitrat deneyleri yapılmış, akım miktarları ölçülmüş ve su örnekleri alınarak laboratuvarlarda analizleri yapılmıştır.

### 2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Bu çalışmada su kalitesini belirleyecek laboratuvar analizleri hedef alınmıştır. Bu kapsamda kimyasal ve bakteriyolojik analizler yapılmıştır.

İlk aşamada; kurak dönemde alınan numunelerin kimyasal analizleri Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği İçme Suyu Laboratuvarında, ağır metal analizleri Tarım İl Müdürlüğü Laboratuvarında ve bakteriyolojik analizler ise İl Sağlık Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır.

İkinci aşamada ise; yağışlı dönemde numuneler alınmış olup, kimyasal analizleri Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği İçme Suyu Laboratuvarında, bakteriyolojik analizler ise İl Sağlık Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır. Baraj koruma alanı içerisinde herhangi bir endüstri kuruluşunun olmaması ve I. Aşamada yapılmış olan analiz sonuçlarında ağır metale rastlanmamış olması nedeniyle bu numunelerde ağır metal çalışması yapılmamıştır.

### 2.3. Büro Çalışmaları

Çalışma kapsamında içme suyu arıtma tesisi ve baraj ile ilgili bilgiler Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü'nden, Tavra vadisi ve içme suyunun mevcut durumu Sivas Belediyesi'nden alınmıştır. Ayrıca konu kapsamında daha önce yapılmış olan çalışmalar derlenip değerlendirilmiştir.

### 3. TÜRKİYE'DE İÇME SUYU TEMİNİ VE ALTYAPI TESİSLERİNDEKİ MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

#### 3.1. Altyapı Tesislerinin Mevcut Durumu

Sivas'ın mevcut durumunu anlatmadan önce, Türkiye'de içme suyu temini ve altyapı tesislerindeki mevcut durumunun değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu başlık altındaki bilgiler Değirmenci 2004'den özetlenerek alınmıştır.

Türkiye'de içme suyu şebekesi % 100 tamamlanmış olan il sayısı 27 olup toplam içerisindeki payı % 37 kadardır. Geri kalan % 63 lük kısmında ise içme suyu şebekesi belli oranlarda ancak tamamlanmış durumdadır. İçme suyu şebekesiyle hizmet edilen il belediye nüfusunun toplam il belediye nüfusu içindeki payı % 87,37 olup, içme suyu şebekesinden faydalanamayan nüfus % 12,63 kadardır. Sivas ilinin tamamı içme suyu şebekesinden faydalanmaktadır.

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE)'nin 1998 yılı verilerine göre Türkiye genelindeki mevcut 3215 belediyenin % 70,14'ü içme suyu şebekesine sahiptir. Bu rakamın, il belediyeleri nüfusu baz alındığında % 87,37 ye kadar yükselmesi, nüfus sayısı arttıkça belediyelerin içme suyu şebekesi kullanım oranının da arttığını göstermektedir.

Türkiye genelinde kanalizasyon şebekesinin % 100'ü tamamlanmış olan il sayısı 9 olup bu toplam il sayısının % 13,64'ünü oluşturmaktadır. Geri kalan % 86,36'lık kısmında ise kanalizasyon şebekesi belli oranlarda ancak tamamlanmış durumdadır. Sivas, kanalizasyon şebekesinin % 100'ü tamamlanmış olan iller arasında yer almaktadır. Ancak kanalizasyonların tamamı ana kolektöre verilmemekte, bazı işletmeler atık sularını doğrudan alıcı ortama boşaltmaktadır.

Aynı konu, illerin nüfusları ile kanalizasyon şebekesinin tamamlanma yüzdesi birlikte değerlendirildiğinde, kanalizasyon şebekesiyle hizmet edilen il belediye nüfusunun toplam il belediye nüfusu içindeki payı % 79,17, kanalizasyon şebekesinden faydalanamayan nüfus ise % 20,87 kadardır.

Sivas kenti mevcut durumda atık sularını doğrudan akarsuya (Kızılırmak'a) vermektedir. Ancak ihale aşamasında olan atıksu arıtma tesisinin 2008 yılı başlarında tamamlanması planlanmaktadır. Atıksu arıtma tesisinin işletmeye açılmasıyla birlikte atık sular bu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra akarsuya deşarj edilecektir.

### 3.2. İçme Suyu Temini Ve Korunması Açısından Mevcut Durum

#### 3.2.1. İçme suyu temini açısından değerlendirme

Türkiye genelinde içme suyu ihtiyacının %100'ünü yeraltı suyundan karşılayan il belediye sayısı toplam il sayısının % 65,27'sini oluşturmaktadır. İhtiyacının tamamını yeraltı suyundan karşılayan illerin nüfusları toplamı 8.798.505 kişidir. Bu sayı ise söz konusu toplam nüfusun % 30,07'sini oluşturmaktadır. Nüfus baz alındığında yeraltı suyu kullanım oranının iki katın üzerinde düşüyor olması, İstanbul, İzmir ve Ankara gibi nüfusu fazla olan büyük şehirlerin su temininde yüzey suyu kullanıyor olmalarıdır. Sivas ili mevcut durumunda ihtiyacının % 100'ünü yeraltı suyundan karşılamaktadır.

İçme suyu ihtiyacının % 100'ünü yüzey suyu ile karşılayan il belediye sayısı toplam il sayısının % 15,27'sini oluşturmaktadır. İhtiyacının tamamını yüzey suyundan karşılayan illerin nüfusları toplamı 14.399.706 kişidir. Bu sayı ise söz konusu toplam nüfusun % 49,21'idir. Burada da il belediye sayısı baz alındığında % 15,27 olan oran nüfus dikkate alındığında, benzer şekilde % 49,21'lere çıkmıştır.

İhtiyacının tamamını yeraltı suyu ile karşılayan belediyelerde, sayı baz alındığında yüzde rakamı yüksek iken, nüfus baz alındığında bu oran düşmektedir. İhtiyacının tamamını yüzey suyundan karşılayan belediyelerde ise durum tam tersidir. Bunun nedeni nüfusu fazla olan büyük illerde ihtiyacın tamamına yakını yüzey suyundan arıtma ile karşılanmaktadır. İstanbul ve Ankara ili, ihtiyacının tamamına yakını yüzey suyundan arıtma ile karşılamaktadır. İstanbul ilinin Türkiye genelinde ihtiyacını yüzey suyundan karşılayan iller içindeki payı % 61,13 ve Ankara'nın % 22,24'dur. Yani iki ilimiz nüfus dikkate alındığında ihtiyacının tamamını arıtma ile karşılayan illerin % 83,37 sini oluşturmaktadır.

#### 3.2.2. İçme suyu kaynaklarının kirlenme riski açısından değerlendirilmesi

Kentlerin içme ve kullanma suyu kaynaklarının bulunduğu mevki, kirlenme riski açısından önemlidir. Şehir yerleşmeleri ve/veya imar planı içinde bulunan su kaynaklarının kirlenme riski daha fazladır. Çoğu yerleşim biriminde, özellikle sondaj kuyuları, kuyunun açıldığı yıllarda kent yerleşiminin dışında bulunduğu ve dolayısıyla kirlenme riski olmadığı halde, ilerleyen yıllarda, kentin gelişimine ve açılan yeni imar alanlarına bağlı olarak, yerleşim birimleri içerisinde kalabilmektedir. İçme suyu ihtiyacının bir kısmını yeraltı suyundan, bir kısmını da yüzey suyundan karşılayan illerde (14 il bu durumdadır), yeraltı suyu kaynaklarının (kuyu ve kaynak olarak) yerleşim birimi içerisinde kalma oranı en yüksek olup % 87'lere kadar çıkmaktadır. Bu durum, söz konusu illerde yüzey suyu kullanımına yönelmede, mevcut yeraltı suyu kaynaklarında kirlenme riskinin ortaya çıkmış olmasının etkili olduğunu göstermektedir. Zira

içme suyu temininde, zorunlu kalınmadıkça, kirlenme riski daha çok ve su temin maliyeti daha yüksek olan yüzey suları tercih edilmemektedir (Değirmenci, 2004).

Sivas'ta içme suyu temininin sağlandığı Tavra vadisi yerleşim alanı dışında kalmakta olup bu alan Belediye tarafından su havzası olarak belirlenmiş ve koruma altına alınmıştır.

Yeraltı suyu kirlenmesinde önemli bir diğer parametre de yeraltı suyu seviyesidir. Yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu bölgelerdeki kirlenme riski, daha derin bölgelere oranla çok daha fazladır.

Tavra deresindeki mevcut kuyuların statik su seviyeleri (vadoz zon) 7–25 m arasında değişmektedir. Yeterli vadoz zon kalınlığının mevcut olması ve bölgede herhangi bir kirlilik kaynağının bulunmaması nedeniyle bu kuyularda kirlenme riski yok denecek kadar azdır. Önceki yıllarda kullanılan drenaj hendekleri şu an kullanılmamaktadır.



#### 4. SIVAS KENTİ İÇME SUYU İHTİYACININ KARŞILANMA YÖNTEMLERİ VE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER

##### 4.1. Sivas İli Mevcut Su Potansiyeli

Sivas İlinin mevcut su potansiyeli ile ilgili bilgiler DSİ 2001 yılı raporuna göre aşağıda özet olarak sunulmuştur.

Fırat, Kızılırmak, Yeşilirmak, Seyhan ve Ceyhan havzalarının bir kısmı bölge sınırlarımız içerisinde kalmaktadır. Başka bir deyişle yukarıda saydığımız havzaların su potansiyeline bölgemiz katkıda bulunmaktadır. Türkiye'nin en uzun nehri olan Kızılırmak nehri Sivas-İmranlı ilçesindeki Kızıldağ'dan doğmaktadır.

Sivas İli 28488 km<sup>2</sup> alanı ile Konya İli'nden sonra ikinci alan büyüklüğüne sahiptir. Bu alanın 14446 km<sup>2</sup>'si Kızılırmak, 4288 km<sup>2</sup>'si Yeşilirmak, 8943 km<sup>2</sup>'si Fırat, 302 km<sup>2</sup>'si Seyhan ve 509 km<sup>2</sup>'si Ceyhan havzasında kalmaktadır.

İlimiz su potansiyeli ise;

a-Yeraltı su potansiyeli 44 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl

b-Yerüstü su potansiyeli 5410x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl'dır.

Yerüstü su potansiyelinin havzalara göre dağılımı Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1. Yerüstü Su Potansiyelinin Havzalara Göre Dağılımı (DSİ, 2001)**

Havza Adı	Su Potansiyeli
Kızılırmak havzası	2100x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl (Toplam su potansiyelinin %38,81'i)
Yeşilirmak havzası	1900x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl (900x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl bölge dışından) (Toplam su potansiyelinin %35,12'si)
Fırat havzası	1300x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl (Toplam su potansiyelinin %24,02'i)
Ceyhan havzası	60x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl (Toplam su potansiyelinin %1,10'i)
Seyhan havzası	50x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl (Toplam su potansiyelinin %0,95'i)
Toplam	5410x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl
Genel Toplam	5454x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl

su potansiyeli mevcuttur (DSİ, 2001).

Sivas İli'nin içme ve kullanma suyunun temin edildiği önemli havza; Tavra deresi vadisidir. Tavra vadisinden boşalan iki önemli kaynak, Sivas halkının "tatlı su" olarak nitelediği, Behrampaşa suyu ve Kepenek suyu kaynaklarıdır. Behrampaşa suyu, Tavra vadisinde 1400 m kotlarındaki 4 adet kaynak kaptajla alınmıştır. Ortalama debisi 25 lt/sn civarındadır. Bu suyun % 70'i kent içindeki 85 adet sokak çeşmesini beslemekte, % 30'u ise Demiryolları fabrikası tarafından kullanılmaktadır (DSİ, 2001).

Kepek suyu, Paşabahçe mesire yerinden boşalmaktadır. Kapte edilen kaynağın debisi 7–8 l/sn kadardır. Kaynak suyu 50 m<sup>3</sup>lük bir depoda toplanmakta ve şehir içindeki 35 adet sokak çeşmesine verilmektedir (DSİ, 2001).

Tavra deresinde içme ve kullanma suyu temin etmek amacıyla yapılan yeraltı drenaj sistemlerinin ilki Belediye tarafından 1956 yılında inşa ettirilmiştir. Taş duvar ve taş kapaklı bu drenajın derinliği 110 cm, genişliği 50 cm, uzunluğu 2000–2500 m olan iki kanaldır.

1964 yılında yine Belediye tarafından inşa ettirilen ek drenaj sistemi, sol sahilde 300 mm.lik büzlerle yapılmıştır. Daha sonra da, sağ sahilde 1200 m uzunluğunda yeni bir drenaj sistemi oluşturulmuştur (DSİ, 2001).

En son çalışmada 1992 yılında DSİ Bölge Müdürlüğü tarafından beton delikli büzler kullanılarak ek drenaj sistemi inşa edilmiştir. Bütün drenaj kanalları ile toplanan yeraltı suları 2500 m uzunluğundaki galeri ile toplama odasına ve buradan da ana depoya iletilmektedir. Mevcut durumda söz konusu drenaj hendekleri kullanılmamaktadır.

Tavra vadisinde, Sivas Belediyesi adına DSİ tarafından 1992 yılında 5 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu sondajdan sonra 1993 den günümüze kadar özel sondaj şirketleri tarafından 23 adet sondaj kuyusu daha açılmıştır.

Tavra deresindeki tüm sular kalsiyum bikarbonatlı sulardır. Suların elektriksel iletkenlikleri 219–526 µS/cm, toplam sertlikleri 13,6–31,7 FS arasında değişmektedir. Sivas Belediyesi'nden alınan bilgiye göre şehir şebekesindeki (altyapıda) su kaybı % 30 seviyesinde olmaktadır. Ayrıca vatandaşların amaç dışı kullanımları (halı, kilim, yün yıkama ve bahçe, bostan sulamaları) sonucunda da % 10'luk kayıpların olduğu belirlenmiştir. Toplam su kaybı % 40 seviyesinde gerçekleşmektedir.

Sivas İli'nin son nüfus sayımlarına göre merkez nüfusu 250.307 kişidir. İller Bankası yönetmeliklerine göre, nüfusu 100.000'in üzerindeki yerleşimler için belirlenen içme ve kullanma suyu ihtiyacının, kişi başına 200 l/gün olduğu kabul edilerek, Sivas halkının toplam içme ve kullanma suyu ihtiyacının 579 l/sn olduğu hesaplanmaktadır.

Sivas'ın yakın çevresinde yapılan ve ilave su temin etmeyi amaçlayan hidrojeolojik incelemelerde (Çelebiler deresi, Cehennem deresi, Karşıyaka) ve yapılan sondaj çalışmalarında kayda değer yeraltı suyu oluşumlarına rastlanmamıştır (DSİ, 2001).

#### 4.2. Su Dağıtım Sistemi ve Özellikleri

1936 yıllarında işletmeye açılan ve bu tarihte debisi oldukça az olan kaptajda 1974 yılında kentin belediyesi tarafından geliştirme çalışmaları yapılarak debi artırılmıştır.

İsale hattının minimum debisi, 450 l/sn ve ortalama debisi ise, 800 l/sn'dir. Tavra deresindeki kuyulardan çekilen su toplama odalarına basılır. Son toplama odasından çıkan su, birbirine paralel olarak giden Ø 500'lük AÇB ve Ø 600'lük font boru ile klor odasında klorlandıktan sonra, Ø 600'lük font borudan Ø 500 lük çelik boru ile 15.000 m<sup>3</sup> lük Paşa Fabrikası Deposunu beslemekte ve Ø 400 lük AÇB boru ile de 15.000 m<sup>3</sup> kapasiteli Kolej Depoya verilmektedir. Ø 500'lük AÇB boru ise klorlamadan çıktıktan sonra direk 5.000 m<sup>3</sup> kapasiteli Türkîş Depoya gitmektedir. Ayrıca Paşafabrikası şebekesinden Ø 300 mm çaplı AÇB boru ile alman su ise Karşiyaka depoya iletilmektedir. Şebekeye ait su depoları ve dağıtım sisteminin yerleşim planı Şekil 4.1 de verilmiştir.

##### **Fabrika depo:**

Bu depo paşa fabrikasının üst kesiminde 1368 m kotlarında yer almaktadır. 15.000 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. Bu depo şehrin orta zon bölgesinde yer alan mahallelerin su ihtiyacını karşılamaktadır. Bu mahalleler; Seyrantepe mahallesi, Alibaba mahallesinin bir kısmı, Klavuz mahallesinin bir kısmı, Huzur mahallesinin bir kısmı, Aydoğan mahallesi, Yenidoğan mahallesi, Yeni mahallenin bir kısmı, Ece mahallesinin bir kısmı, Kümbet mahallesinin bir kısmı, Emek mahallesinin bir kısmı ,M.Sinan mahallesinin bir kısmı ,Tuzlugöl mahallesinin bir kısmı, Akdeğirmen mahallesinin bir kısmı, Mevlana mahallesinin bir kısmı, Mehmetpaşa mahallesinin bir kısmı, Çiçekli mahallesi, Yüceyurt mahallesi, İstiklal mahallesinin bir kısmı, 4 Eylül mahallesi, Diriliş mahallesinin bir kısmı, Uzuntepe mahallesi, Organize Sanayi Bölgesi, Çayboyu mahallesi, Altuntabak mahallesi, Esentepe mahallesinin bir kısmı, Yunus Emre mahallesinin bir kısmı Gökçebostan mahallesinin bir kısmı ve Şeyh Şamil mahallesinin bir kısmıdır.

##### **Kolej depo :**

Bu depo Seyrantepe mahallesi içerisinde 1336 m kotlarında yer almaktadır. 15.000 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. Bu depo şehrin alt zon bölgesinde yer alan mahallelerin su ihtiyacını karşılamaktadır. Bu mahalleler; Klavuz mahallesinin bir kısmı, Alibaba mahallesinin bir kısmı, Gökçebostan mahallesinin bir kısmı, Abdul Vahabi Gazi mahallesi, İnönü mahallesi, Mısmırlırmak mahallesi, Dedebalı mahallesi, Gülyurt mahallesi, Mehmet Akif Ersoy mahallesi, Huzur mahallesi bir kısmı, Yeşilyurt mahalles, Kardeşler mahallesi, Demircilerardı mahallesi, Ferhatbostan mahallesi, Küçükminare mahallesi, Bahtiyarbostan mahallesi, Akdeğirmen mahallesinin bir kısmı, Çayyurt mahallesi, Mevlana mahallesinin bir kısmı, Sularbaşı mahallesi, Eskikale mahallesi, Paşabey mahallesi, Uluanak mahallesi, Gökmedrese mahallesi, Yahyabey mahallesi, Üçlerbey mahallesi, Kızılırmak mahallesi, Pulur mahallesi, Kaleardı mahallesi, Yenişehir, Örtülüpınar

mahallesi, Kadıburhanettin mahallesi, Gültepe mahallesi, Emek mahallesinin bir kısmı, Selçuklu mahallesi, M.Sinan mahallesinin bir kısmı, Diriliş mahallesinin bir kısmı, Kümbet mahallesinin bir kısmı, Yiğitler mahallesi, Orhan Gazi mahallesi, Çarşıbaşı mahallesi, Mehmetpaşa mahallesinin bir kısmı, Ece mahallesinin bir kısmı ve Halil Rıfat Paşa mahallesidir.

#### **Türkîş Depo :**

Bu depo Yüceyurt mahallesinde bulunan askeri alan içerisinde 1410 m kotunda yer almaktadır. Türkîş Depo suyunu Klor Deposundan doğrudan almakta ve 5.000 m<sup>3</sup> lük hacme sahiptir. Bu depo şehrin üst zon bölgesinde yer alan mahallerin su ihtiyacını karşılamaktadır. Bu mahalleler; Esentepe mahallesinin bir kısmı, İstiklal mahallesinin bir kısmı, Yeni mahallenin bir kısmı, Yunus Emre mahallesinin bir kısmı, Fatih mahallesi, Tuzluğöl mahallesinin bir kısmı ve Emek Mahallesinin bir kısmıdır.

#### **Karşıyaka Mahallesi deposu :**

S.S. Sivas memur, işçi ve emeklileri arsa ve yapı kooperatifi tarafından kurulan bu mahallenin 500 m<sup>3</sup> kapasiteli olarak yapılan depo 1993 yılında iptal edilerek Sivas Belediyesi tarafından 1.000 m<sup>3</sup> hacme sahip yeni bir depo inşa edilmiştir. Depo suyunu 15.000 m<sup>3</sup>lük Paşafabrikası şebekesinden Ø300 mm çaplı AÇB boru ile almaktadır. Deponun kotu 1330 m olup bu depodan Karşıyaka mahallesi ve Esenyurt mahallesi beslenmektedir.

#### **4.2.1. Tatlı su çeşmeleri**

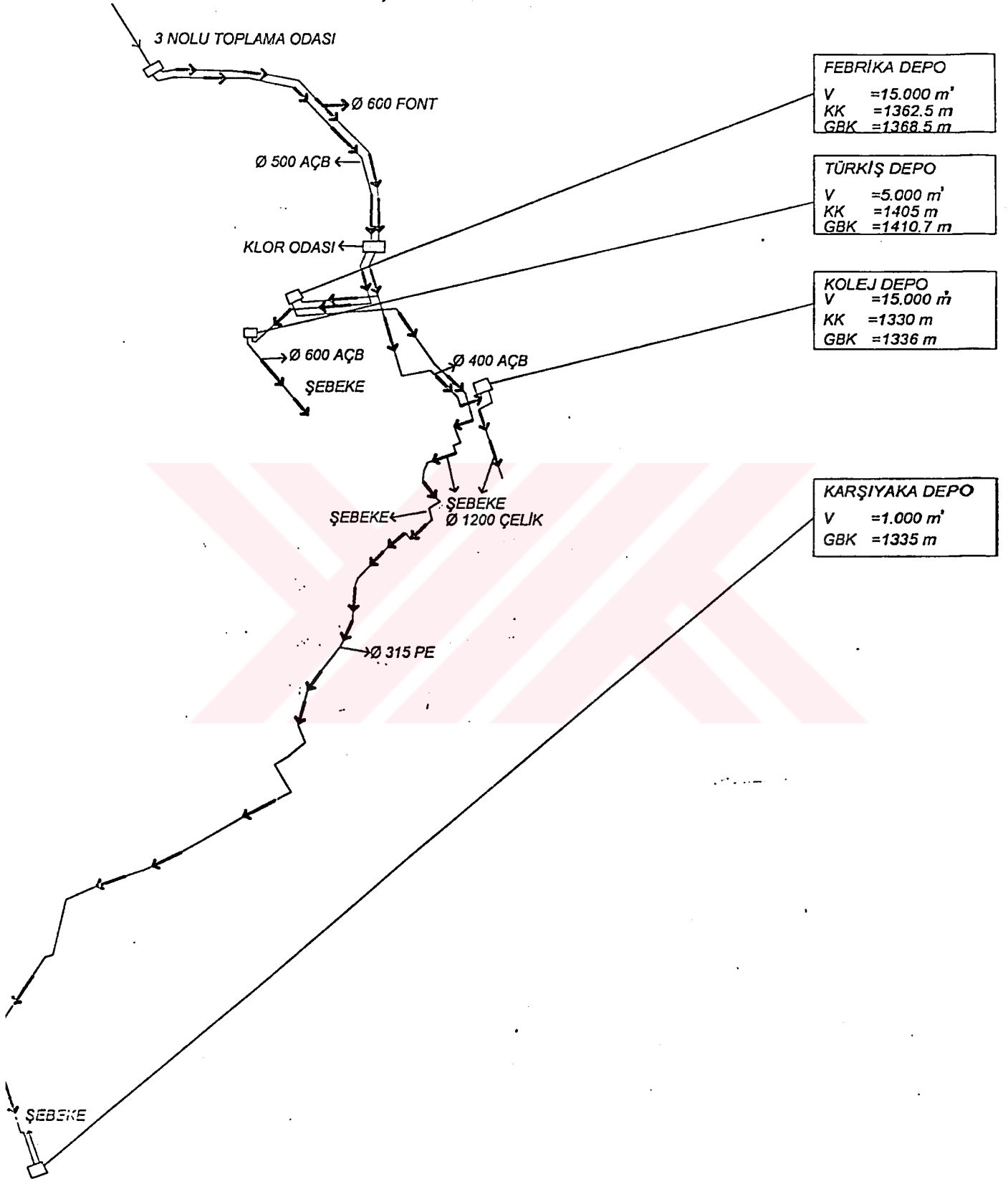
Şehir şebekesini besleyen ana sistemin yanı sıra Tavra deresi kaynak havzası mevkiinde eski dönemlerden kalma ve mahalle çeşmelerini besleyen tali toplama sitemleri bulunmaktadır. Halkın tatlı su olarak isimlendirdiği ve mahalle çeşmelerini besleyen iki kaynak bulunmaktadır. Bunlardan Behrampaşa suyu olarak bilinen kaynak, kentin 8 km kuzeyinde Tavra çayırı mevkiinde ve Tavra deresi kenarında, 1400 m kotlarında 4 adet küçük debili kaynağın kapte edilerek, 5 m<sup>3</sup>lük toplama odasında biriktirilmesiyle oluşmuştur. Bu kaynak ortalama 25 l/sn civarında bir debiye sahiptir. Bunun %70'i toplama odasından sonra Ø150'lik font boruyla kent içindeki 85 adet sokak çeşmesini beslemek üzere verilmektedir. %30'luk kısmı ise, özel bir hatla DDY fabrikasına verilmektedir. İletim terfi gerektirmeden cazibe ile sağlanmaktadır. Maksimum debisi 30 l/sn civarında olan kaynak herhangi bir depoya bağlı değildir (Çiner, 1993).

Tatlı su olarak bilinen ikinci kaynak ise, kentin 7 km kuzeyinde yer alan ve 7-8 l/sn kadar debisi olan Kepenek suyu kaynağıdır. Bu kaynağın suyu, 50 m<sup>3</sup>lük Kabak Yazısı deposundan Ø125'lik pik boru ile kentteki 35 adet sokak çeşmesine verilmektedir (Çiner, 1993).

Behrampaşa ve Kepenek sularının (Çiner, 1993) ve Mihri Vefa suyunun kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.2 de verilmiştir.



T.C  
SİVAS BELEDİYESİ  
SİBESKİ MÜDÜRLÜĞÜ  
İÇME SUYU GENEL DAĞITIM PLANI



#### 4.2.2. Altyapı ilişkileri

Sivas kenti sularının büyük bir kısmını sağlayan Tavra Havzasının jeolojik yapısı gereği, bölgede yaygın olarak bulunan jipsli birimlerden uzaklaşmak amacıyla, jipsli seviyeler üzerinde yer alan kireçtaşlarından kaynaklanan sulardan yararlanmak için toplama ve kaptaj üniteleri üst kesimlerde tesis edilmiştir

Sivas kentinde, özellikle kış aylarında gözlenen su sıkıntısının esas kaynağı, alt yapının da en yaygın kesimini oluşturan dağıtım şebekeleridir. Bu şebeke içinde su iletimi, su dağıtım katlarında terfi gerektirmeden cazibe ile sağlanmaktadır. Ancak şehrin gelişimine paralel olarak su dağıtım katları, bazı bölgelerde ve yüksek yapılarda yeterli cazibeyi sağlayamamaktadır (Çiner, 1993).

Ana dağıtım sistemlerinde değişik çaplarda pik, galvaniz, çelik ve plastik boru olmak kaydıyla değişik boru türleri kullanılmıştır. Şebekenin eksikliğinden kaynaklanarak, yer üstüne çıkmadan zeminin jeolojik yapısından faydalanarak yeraltına kaçan su miktarı, şehre verilen suyun yaklaşık % 25'i seviyesindedir. Halen şehirde, şebekenin eskiliğinden kaynaklanan su kaçaklarının yanı sıra, sayaçsız kullanımdan kaynaklanan kaçaklar ve özellikle izolasyonsuz sistemlerde kışın donmayı önlemek amacıyla ev çeşmelerinin açık bırakılmasıyla oluşan kaçaklar büyük miktarlarda su kaybına neden olmaktadır. Bütün bu su kayıplarının toplamı özellikle kış aylarında tüm şebekeye verilen suyun yaklaşık % 32 'sini oluşturmakta ve kış döneminde su sıkıntılarının doğmasına neden olmaktadır.

Ayrıca, su sayaçlarının büyük bir kısmı da bina dışında bahçede bağlanmaktadır. Kış koşullarında, Sivas ve yakın çevresinde hava sıcaklığındaki aşırı düşmeler, söz konusu açıkta kalan tesisatta donmalara, hasara ve bu arada da su kayıplarına neden olmaktadır. Donma nedeniyle borularda meydana gelen kırılma ve çatlak noktalarından içeriye pis su girişimi olmaktadır. Kışın donmayı önlemek amacıyla çeşmelerin açık bırakılması sebebiyle daha yüksek kotlu mahallelere yeterli işletme basıncı sağlanamadığı için su iletilenmemektedir. Boru iç basıncının düşmesi ise vakum yaparak dışarıdan şebekeye atık su girişimine neden olmaktadır (Çiner, 1993 ).

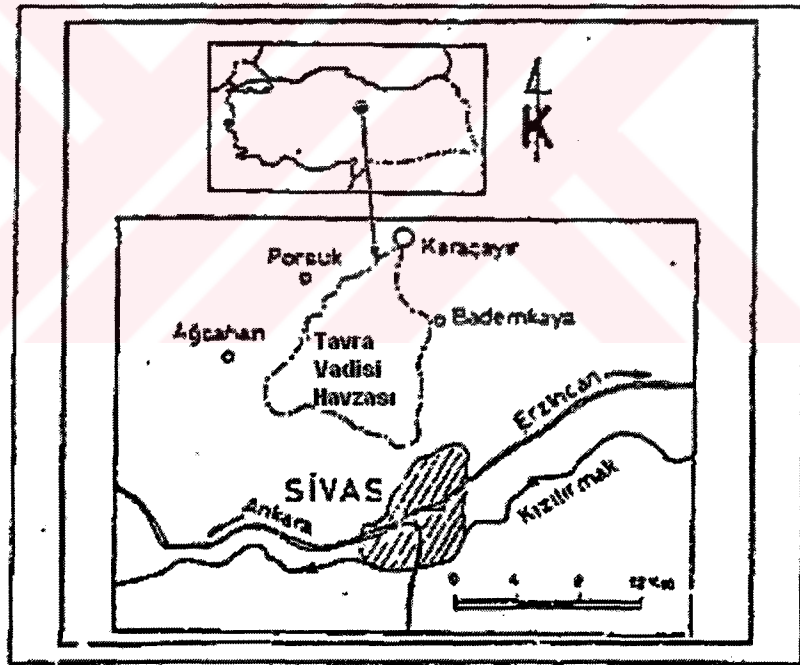
Mevcut durumda; Sivas Belediyesi tarafından kaçakları azaltmak için bazı çalışmalar başlatılmıştır. Bir ekip, kaçak arama ekipmanları ile geceleri düzenli olarak mahalleleri taramaktadır. Bulunan şebeke kaçakları, şebekenin tamir edilmesiyle giderilmektedir. Başka bir ekip ise özellikle yapımı devam eden inşaatları ve müstakil evleri denetleyerek sayaçsız su kullanımlarını kontrol altına almaya çalışmaktadır. Ayrıca su ücreti alınmayan yerlere (park, bahçe, cami vb.) sayaçlar takılarak buralarda tüketilen suyun kayıt altına alınması sağlanmıştır. Tüm bu çalışmalarla % 40 civarında olan kaçak oranını % 32'lere düşmüştür.

### 4.3. Sivas Çevresindeki Su Kaynakları Ve Özellikleri

#### 4.3.1. Tavra vadisi

Tavra vadisi, Sivas yerleşim alanının 7 km kuzeyinde 1/100000 ölçekli Sivas 137 ve 138 paftalarında yer alır (Şekil 4.2). Tavra deresi tarafından drene edilen Tavra Havzası 85 km<sup>2</sup>'lik yağış alanına sahiptir. Tavra deresi vadisinde, debileri 3–10 l/sn arasında değişen birçok kaynak çıkışları mevcuttur (Kaçaroğlu ve Şahin, 1994).

Sivas kenti su ihtiyacının tamamı Tavra vadisindeki sondaj kuyularından çekilen sulardan karşılanmaktadır. Bu su kaynaklarından karşılanan ortalama 800–850 l/sn su Sivas'a verilmektedir. Ayrıca tatlı su kaynakları olarak nitelendirilen Behrampaşa ve Kepenek kaynakları da içme suyu sağlamada kullanılmaktadır (Kaçaroğlu ve Şahin, 1994).



Şekil 4.2. Tavra Vadisi Bulduru Haritası (Kaçaroğlu ve Şahin, 1994)

#### Hidrojeolojisi :

Sahanın batısından gelen Ayı Dere, kuzeyden gelen kolla birleşerek Tavra deresini oluşturur. Tavra deresi vadisinde alüvyon ile derenin kesiştiği yerlerde ve dere tabanında, debileri 3–10 lt/sn arasında değişen birçok kaynak çıkışları gözlenmektedir. Tavra deresi, alüvyondan çıkan bu kaynaklarla beslenerek, güneydoğuya doğru akmakta ve mansaba doğru kuzeydoğudan gelen Sağırın dere ile birleşerek sahayı terk etmektedir. Bunun dışında Hazine batıran köprüsü

civarında Tavra deresinde 65 l/sn.lik su şebekeye girmeden yüzeysel akıyla uzaklaşmaktadır (Kaçaroglu ve Şahin, 1994).

#### **Su kalitesi :**

Neojen yaşlı çökeller, genel olarak jipsli ve tuzlu kayalardan oluştuğu için bu alanlarda aşırı derecede sülfatlı ve tuzlu sular bulunmaktadır. Bölgede yaygın olan jipsli birimlerden mümkün olduğunca uzaklaşmak ve jipsli seviyeler üzerinde yer alan kireçtaşlarındaki suları değerlendirmek amaçlanmıştır (Çiner, 1993).

Tavra vadisinde yer alan kuyulara ait hali hazır plan Şekil 4.3 de ve suların kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 4,2'de verilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında kuyulardaki su sertliğinin 41-19,5 FS arasında değiştiği görülmektedir. Kuyulardan çekilen sular toplama odalarında karıştığında sertlik yaklaşık 35 FS civarında olmaktadır. Yapılan kimyasal analizlerde içme suyu standartlarının üzerinde bir değer görülmemektedir.

#### **Su bütçesi (Hidrolojik bilanço) :**

Tavra vadisi yer altı suyu beslenimi yağıştan ve yüzeysel akıştan olmaktadır. Boşalım ise Tavra vadisi kaynaklarından ve buharlaşma-terleme (ETp) yoluyla olmaktadır. Mevcut veriler kullanılarak havzaya ait yeraltı suyu bilançosu aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Çiner, 1993).

##### **a) Yağıştan süzülme**

$$Q = A * P_{ort} * k$$

$$A = \text{Havza alanı (km}^2\text{)}$$

$$P_{ort} = \text{Havzayı temsil eden ortalama yağış (mm)}$$

k= Süzülme yüzdesi (Mevcut yağışın % 30'luk kısmının buharlaşma terleme vb. yollarla kaybolduğu % 70'inin ise süzülerek yeraltı suyuna dahil olduğu varsayılmıştır.)

$$Q = 85.10^6 * 0,4176 * 0,70 = 24,84.10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

##### **b) Yüzeysel akıştan süzülme**

$$Q = A * ha * k$$

$$Q = \text{Yüzeysel akıştan yer altı suyuna süzülen toplam su miktarı (m}^3\text{/yıl)}$$

$$A = \text{Yüzeysel akışın gerçekleştiği toplam alan (km}^2\text{)}$$

$$ha = \text{Yağışın yüzeysel akışa geçen miktarı (mm)}$$

$$k = \text{Yüzeysel akışla gelen suyun altıvyonda süzülme yüzdesi}$$

$$Q = 80.10^6 * 0,0926 * 0,10 = 0,74.10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

**Toplam Beslenme**

Yağıştan  $24,84 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Yüzeysel akıştan  $0,74 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Toplam  $25,58 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$

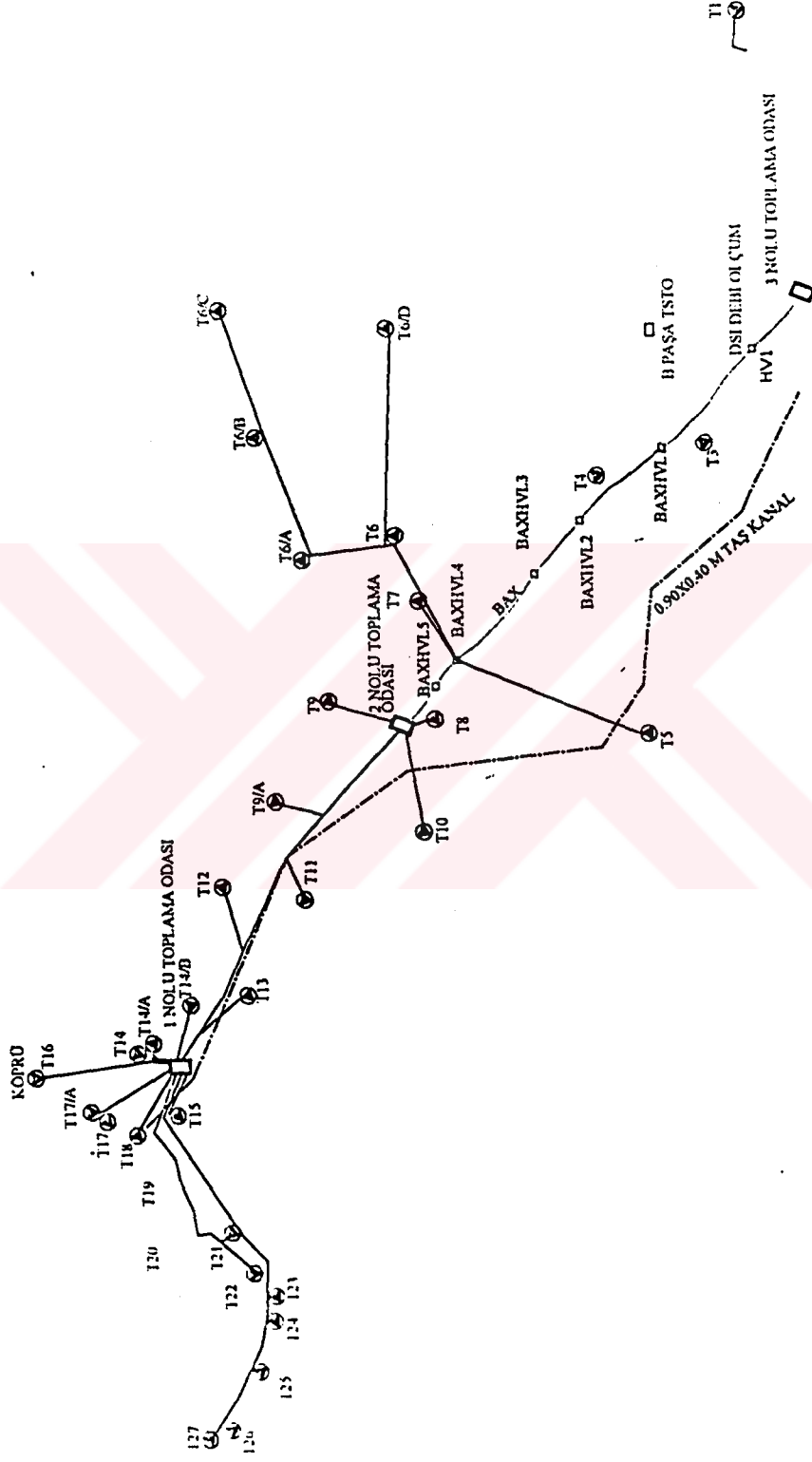
$Q_{\text{beslenme}} = 25,58 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl} = 811 \text{ l/sn}$

Olarak bulunmaktadır (Çiner, 1993)

Mevcut durumda Sivas kenti yıllık içme suyu ihtiyacı yaklaşık  $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  dir. Bu ihtiyacı karşılamak için tavra vadisinde bulunan kuyulardan yaklaşık 800 l/sn su çekilmektedir. Tavra vadisinin su potansiyeli 811 l/sn dir ve bu miktar mevcut ihtiyacı ancak karşılayabilmektedir. Gelecekte su ihtiyacının artmasıyla birlikte Tavra vadisinin ihtiyaca cevap veremeyeceği görülmektedir.



T.C  
SIVAS BELEDİYESİ  
SİBESKİ MÜDÜRLÜĞÜ  
TAVRA DERESİ İÇME SUYU KUYULARI  
HALİ HAZİR PLANI



Şekil 4.3. Tavra Deresi İçme Suyu  
Kuyuları Halî Hazîr Planı



Çizelge 4.2. devam ediyor

Su Noktası Adı	Renk-Tortu	Koku-Tad	Sertlik (Fran.Der.)	PH	Nitrit (mg/lt)	Amonyum (mg/lt)	Klor (mg/lt)	Klorür (mg/lt)	Nitrat (mg/lt)	Org.Md. (mg/lt)
20 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	40.5	7.35	"	"	"	21.32	0	0.16
21 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	35.5	7.20	"	"	"	15.62	0	0.16
22 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	38	7.25	"	"	"	17.75	0	0.16
23 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	38	7.25	"	"	"	17.75	0	0.16
24 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	32	7.20	"	"	"	15.62	0	0.16
25 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	34	7.25	"	"	"	17.75	0	0.16
27 No 'lu Kuyu (TH)	"	"	28.5	7.15	"	"	"	14.2	0	0.16
Tavra Havzası	"	"	35	7.25	"	"	"	16.33	0	0.16
Toplama Galerisi	"	"	35	7.25	"	"	0.35	16.33	0	0.16
Belediye Lab. Çeş.	"	"	36	7.35	"	"	"	14.2	0	0.32
Pirkinik Havzası 1 No 'lu Kuyu	"	"	36	7.35	"	"	"	14.2	0	0.32
Pirkinik Havzası 2 No 'lu Kuyu	"	"	36	7.35	"	"	"	14.2	0	0.32
Pirkinik Havzası 3 No 'lu Kuyu	"	"	56	7.55	"	"	"	546.7	0	0.32
Pirkinik Havzası 4 No 'lu Kuyu	"	"	109	7.65	"	"	"	1029.5	0	0.32
Behrampaşa suyu (Çiner, 1993)	"	"	19.68	7.8	0.003	0.035	--	6.418	2,71	0,78
Kepek suyu (Çiner, 1993)	"	"	13,59	8,2	0,001	0,007	--	5,745	2,99	0,75
Mihri Vefa suyu	"	"	15	7,0	--	--	--	8,52	--	0,98



#### 4.3.2. Pirkinik havzası

Sivas İli'nin 5 km kuzeydoğusundan başlayan Pirkinik Havzası 236,8 km<sup>2</sup> lik bir yüzölçümüne sahiptir. 1/25000 ölçekli topoğrafik 137-a4 paftasında görüldüğü gibi kuzeydoğu-güneybatı yönüne uzanan havza içerisinde, yerleşim yerleri olarak Pirkinik, Kahkik, Kızılcaköy ve Tokuş köyleri yer almaktadır. Havzanın drenajını oluşturan önemli akarsu Mısmırlırmak ve yan kollarıdır. Bu akarsular daha sonra Kızıllırmak'a karışır (DSİ, 1989).

Havzanın drenaj alanı. 236,8 m<sup>2</sup>

##### Yer altı Su Bilançosu

Havzaya düşen ortalama yağış: 413 mm. (Sivas Meteoroloji İstasyonunun yıllık ortalamasına göre)

##### Yeraltı Su Kayıpları:

Evapo-transpirasyonla kayıp, yağışın az ve buharlaşmanın fazla olduğu yaz dönemlerinde yer altı suyu kayıpları olmaktadır. Yağış esnasında buharlaşmaya bağlı kayıplarda ilave edilerek bu kaybı havza geneli için global olarak ifade edecek olursak (% 1'lik evapo-transpirasyon kaybı olarak)  $236,8 \times 0,413 \times 0,01 = 0,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  gibi bir rakam elde edilir.

Direkt akım kayıpları; havzaya düşen yağışın % 1'lik evapo-transpirasyon kaybının dışında kalan suyun önemli bir bölümünde genelde geçirimsiz olan formasyonlar üzerinde yüzeysel akışa geçerek havza dışına taşınmaktadır.

Havzanın beslenimi; drenaj alanı 236,8 km<sup>2</sup> olan havzaya düşen yağışın geçirimli formasyonlarda (Havza genelinde) % 5 oranında süzülmesi kabul edildiğinde,

$$236,8 \times 0,413 \times 0,05 = 4,8 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{yıl} \text{ değeri ortaya çıkmaktadır.}$$

##### Akiferin beslenimi:

Oligo-Miyosen (jipsli)serinin beslenimi;

Yağıştan beslenim % 30 süzülme ile 15,3 km<sup>2</sup>'lik sahada  $15,3 \times 0,413 \times 0,3 = 1,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$

##### Alüvyonun beslenimi:

Yağıştan beslenimi = % 35 süzülme ile 15,3 km<sup>2</sup>sahada

$$13,5 \times 0,413 \times 0,35 = 1,95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Yüzeysel akıştan beslenim = %5 süzülme ile  $13,5 \times 0,413 \times 0,05 = 0,27 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Altüvyondaki emniyetli yeraltı rezervi % 60 olarak alındığında

$$2,2 \times 10^6 \times 0,6 = 1,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

olarak bulunmaktadır (DSİ, 1989).

##### Su kalitesi

Havzada akifer özellik gösteren Oligo-Miyosen seriye ait yeraltı suyu rezervi:  $1,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  olarak hesaplanmıştır. Ancak bu su ait olduğu formasyondaki jipslerin erimesi sonucu yoğun sülfatlı hale gelmiş olup içme, kullanma ve sulamaya uygun vasıfta değildir (DSİ, 1989).

Geçmiş yıllarda buradaki kuyulardan su çekilmekte ve kolej depoya basılmaktaydı. Ancak mevcut durumda burada yer alan kuyuların tamamı iptal edilmiştir.

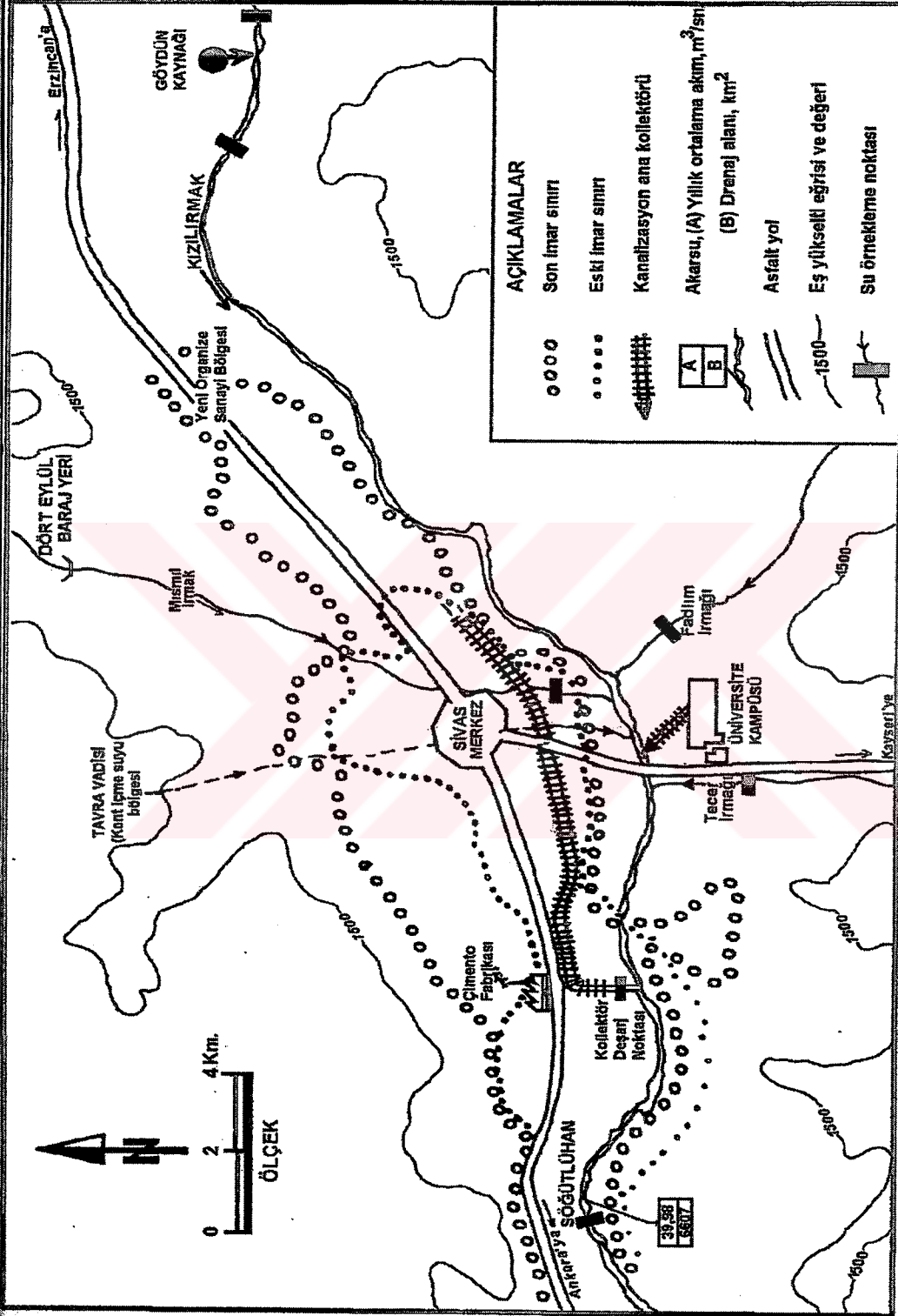
#### 4.3.3.Kızılırmak

Kızılırmak, ülkemiz sınırlarından çıkıp yine ülke sınırlarında denize dökülen en uzun ırmak olma özelliğine sahiptir. Sivas il sınırları içerisinde İmranlı bölgesinden doğan Kızılırmak, bu bölgelerde içilebilir özellikte olmasına karşın, Sivas – İmranlı arasında yaygın olarak gözlenen jips ve tuzlu litolojik birimlerin etkisi ile tuzlanmakta ve Sivas'ın 20 km kadar doğusundan itibaren sulamada dahi kullanılmayacak bir özellik kazanmaktadır. Tuzlanmanın yanı sıra, yoğun erozyon etkisi ile özellikle yağışlı dönemlerde kıvılcık bir renk almakta, süspansiyon haldeki katıların miktarı 2000 mg/l düzeylerini geçmektedir (Değirmenci, 1995).

Sivas kenti altyapı kanalizasyon sistemi tamamlanmıştır. Ancak, sistemin yaklaşık % 80'lik kısmı ana kolektöre bağlanıp Sivas alanı çıkışında tek noktada Kızılırmak'a deşarj edilirken % 20'lik kısmı ana kolektöre henüz bağlanmamış olup, kent içerisinden geçen Mısmıl Irmak'a ve en yakın mesafeden doğrudan Kızılırmak'a deşarj edilmektedir.

Kızılırmak, Sivas girişi ile çıkışı arasında Şekil 4.4.'den de görüldüğü gibi, ırmağa güneyden Fadlım ve Tecer İrmakları, kuzeyden ise Mısmıl Irmağı karışmaktadır. DSİ tarafından Kızılırmak'ın Sivas girişinden ve çıkışından 2000 yılında aylık periyodik olarak alınan su örneklerinin analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçların yıl sonu ortalamaları Çizelge 4.3.'de topluca sunulmuştur.

Sivas 20 km kadar doğusunda Kızılırmak yakınında yer alan Göydün kaynağının Kızılırmak'a karışımından sonra ırmak suyu aşırı derecede tuzlanmakta ve bu noktadan itibaren (Sivas girişi) Haziran-Aralık zaman aralığında ırmak suyu sulamada kullanılmayacak duruma gelmektedir. Yan kollardan Mısmıl ve Tecer ırmakları yılın tüm aylarında sulamada kullanılabilir özellikte iken Fadlım Irmağı ile Seyfe kaynakları öncesinde Kızılırmak, Temmuz-Aralık aralarında şüpheli kullanılabilir özelliktedir (Değirmenci, 1995). Elektriksel iletkenlik (EC) ve % Na değerlerine göre sulama suyu sınıflaması Çizelge 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 : Sivas Kenti Genel Yerleşim Planı ve Kızılıрмаğlı Besleyen Dereler (Değirmenç, 1995)

**Çizelge 4.3. Kızılırmak Sivas Girişi ve Çıkışından Alınan Su Örneklerinin Analiz Sonuçları (DSİ, 2000)\***

Parametreler	Kızılırmak-Sivas Girişi	Kızılırmak-Sivas Çıkışı
T, °C	20	21
pH	7,8	8,0
EC, µS/cm	5525	5415
SS, mg/lt	64	68
Cl, mg/lt	1030	1012
NH <sub>3</sub> , mg/lt	0	0,34
NO <sub>2</sub> , mg/lt	0,0073	0,1
NO <sub>3</sub> , mg/lt	0,32	0,62
SO <sub>4</sub> , mg/lt	1234	1200
Na, mg/lt	706	626
K, mg/lt	3,9	4,3
Ca, mg/lt	500	512
Mg, mg/lt	36	48

(\* Ölümler 2000 yılına aittir.

**Çizelge 4.4. Elektriksel İletkenlik (EC) ve % Na Değerine Göre Sulama Suyu Sınıflaması (Todd, 1980)**

SINIF	EC	%Na
ÇOK İYİ	<750	<20
İYİ	250-750	20-40
KULLANILABİLİR	750-2000	40-60
ŞÜPHELİ KULLANILABİLİR	2000-3000	60-80
KULLANILAMAZ	>3000	>80

Sivas ve çevresindeki su kalitesini olumsuz yönde etkileyen jips ve tuzlu litolojik birimler geniş bir yayılıma sahiptir. Göydün kaynağı anılan bu birimlerden boşalan bölgenin en tuzlu suyuna sahip bir kaynaktır. Yıllık ortalama debisi 1,120 m<sup>3</sup>/sn olup, yağışlı ve kurak dönemlerdeki debisi arasında çok az bir fark bulunmaktadır (Değirmenci, 1995).

#### 4.3.3.1. Göydün ve Seyfe kaynakları

Göydün ve Seyfe kaynakları bölgedeki jips akiferlerinin iki önemli kaynağını oluşturmaktadır.

Göydün kaynağı, bölgedeki alüvyon-jips sınırı yakınında jipslerde oluşmuş düşey huni şekilli yaklaşık 5 m çaplı erime boşluğundan sifon yaparak boşalmaktadır. Kaynağın boşalım noktası jipslerde gelişmiş olan birkaç fay zonunun kesiştiği alanda bulunmaktadır. Göydün kaynağının ortalama debisi  $1,12 \text{ m}^3/\text{sn}$ , sıcaklığı  $13^\circ\text{C}$  dir. Göydün kaynağı debisi yağışlı ve kurak aylar arasında fazla değişim göstermeyen bir kaynaktır. Bu özellikleri kaynağın iyi gelişmiş olan bir yeraltı karst sisteminin topladığı yeraltı suyunun boşalımı olduğunu göstermektedir. Kaynak suyu, boşalım noktasından itibaren DSİ tarafından açılmış olan bir toprak zemin kanalla Kızılırmak'a ulaşmaktadır. Kanal yapımı öncesinden kaynak ile Kızılırmak arasında Seyfe kaynağı önünde halen mevcut olan sulak alana benzer bir sulak alan bulunmaktaydı.

Seyfe kaynağı, Göydün kaynağının 5 km batısında alüvyon jips sınırında jipslerden boşalmaktadır. Kaynak suyu üç ayrı noktadan boşalmakta ve Kızılırmak'a karışımı öncesinde bölgede büyük bir sulak alan oluşturmaktadır. Kaynağın boşalım noktası jipslerde oluşmuş olan bir çöküntü alanı sınırı ile fayın kesiştiği alanda yer alır. Seyfe kaynağının ortalama debisi  $0,240 \text{ m}^3/\text{sn}$ , sıcaklığı  $13^\circ\text{C}$ 'dir (Değirmenci ve diğerleri, 1996).

#### Su kalitesi

Kaynak sularının elektriksel iletkenlik değerleri Göydün kaynağında  $EC=13000-14000 \mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmekte olup hakim katyonlar Na ve Ca, anyonlar ise Cl ve  $\text{SO}_4$ 'dür. Sertlik  $172-252 \text{ FS}^\circ$  arasında olup sulamada kullanılamaz özelliktedir.

Kızılırmağa Göydün kaynağı karışımından önce kurak periyotta ırmağın su sertliği 35-64 Fransız sertliğinde olup toplam çözünmüş iyon miktarları düşüktür. Kaynaklar karıştıktan sonra ise özellikle kurak dönemde sulamada dahi kullanılmayacak duruma gelmektedir (Değirmenci ve diğerleri, 1996).

#### 4.3.4. Yıldız ırmağı havzası

Yıldız Irmağı, Sivas'ın 26 km kuzey batısında 1035 km<sup>2</sup> lik havza alanına sahip bir ırmaktır. Yıldız ırmağı bölgedeki Kaynarca ve Gaziköy Kaynakaları ve yine bölgedeki küçük bir çok kaynaktan beslenmektedir (Ek - 1). Yıldız ırmağı kolları üzerindeki derelere ait debi, sıcaklık (T), pH ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri Çizelge 4.5'de verilmiştir (Şahin, 1995).

**Çizelge 4.5.** Yıldız Irmağı Havzasındaki Akarsularda Ölçülen Debi, Sıcaklık, EC, pH Değerleri (Şahin, 1995)

Su Noktası No	Akarsu Adı	T (°C)	Debi (l/sn)	EC (µs/cm)	pH
YI-1	Yıldız Irmağı (Kaynarca Kay.Memba)		2507		
YI-1	“		1530		
YI-1	“		798		
YI-1	“	13	577	445	7.25
YI-1	“		1155		
YI-2	Yıldız Irmağı (Kaynarca Kay.Mansab)		3045		
YI-2	“		2020		
YI-2	“		1399		
YI-2	“	13	1213	640	6.73
YI-2	“		1780		
YI-3	Yıldız Irmağı (Zengi)			497	7.3
YI-3	“	15		500	7.9
YI-3	“			580	7.6
DÇ-1	Dumanlı Çayı (Gaziköy)	13	3000	290	
DÇ-1	“	15		530	7.8
KD-1	Kayalığöl Deresi(Yıldız)	15	240	270	

#### 4.3.4.1. Bazı büyük kaynaklar ve özellikleri

##### Yedigözeler kaynağı

Yedigözeler kaynağı, Yıldız Beldesi'nin 650m. Güneyinde ve mermerlerden boşalmaktaydı. Ancak Yıldız Göleti'nin yapımından sonra kurudu.

Yıldız havzasında yer alan bazı büyük kaynaklar ve özellikleri aşağıda özetlenmiştir (Şahin, 1995).

##### Gaziköy kaynakları

Gaziköy Kaynakları, Gaziköy'ün yaklaşık 1 km batısında ve Dumanlı çayının sol sahilinde travertenlerden boşalmaktadır. Bu kaynaklardan Gaziköy-1 Kaynağı 1385 m. kotlarında ve karstik özelliktedir. Çıkış ağzı mağara şeklinde olup, yaklaşık çapı 2 m civarındadır. Gaziköy-1 Kaynağının debisi 139-200 l/sn arasında değişir. Sıcaklığı 14°C dir. Sertliği 41 FS olup, EC (elektriksel iletkenlik) 779  $\mu\text{S/cm}$  dir.

Gaziköy-2 Kaynağı'nın debisi 8 l/sn arasında olup, sıcaklığı 25°C dir. Sertliği 40 FS, EC'si ise 686  $\mu\text{S/cm}$  dir.

Gaziköy-3 Kaynağı ise 25 l/sn civarında bir debiye sahip olup, sıcaklığı 16°C, EC'si 730  $\mu\text{S/cm}$ , sertliği 38 FS dir.

##### Kaynarca kaynakları

Kaynarca kaynakları, Gökkaya köyünün 3.5 km güneydoğusunda ve travertenlerden boşalırlar. Bu kaynaklardan Kaynarca-2, Kaynarca-3, Kaynarca-4 Yıldız Irmağı'nın sol sahilinde yer alırlar. Kaynarca-1'in boşalımı Yıldız Irmağı kenarındadır. Kaynarca kaynakları 1325–1350 m kotlarında bulunur. Kaynak debileri 6–40 l/s, sıcaklıkları 12.5-13.5 °C, EC değerleri 961-1086  $\mu\text{S/cm}$  arasında değişir.

#### 4.3.4.2. Havzadaki büyük kaynakların su potansiyeli ve Sivas'a su sağlamada kullanılabilirliği

Sivas kenti içme ve kullanma suyu ihtiyacının büyük bir kısmı Tavra vadisindeki yer altı suyundan sağlanmaktadır. Bu vadi kentin 7 km kuzeyinde ve 85 km<sup>2</sup>lik su toplama alanına sahiptir. Buradan kente yaklaşık 800–900 l/sn su verilmektedir.

Yıldız Havzasında yer alan büyük debili kaynaklardan en önemlisi Kaynarca-1, Kaynarca-2 ve Gaziköy-1 kaynaklarıdır. Kaynarca kaynaklarının debileri 205-401 l/s, sıcaklıkları 12.5-13.5 °C, EC değerleri 961-1086  $\mu\text{S/cm}$  arasında değişir. Gaziköy kaynağının debisi 139–200 l/sn arasında değişmektedir. Sıcaklığı ise 14 °C, sertliği 41 FS olup EC değeri 779  $\mu\text{S/cm}$  dir.

Kaynarca kaynaklarının ve Gaziköy Kaynağı'nın Sivas kentine içme suyu olarak verilebilmesi için, bu kaynakların kaptaja alınarak suların çelik borularla 1315 m kotundaki (Ek-1)

toplama odası-1'e cazibe ile iletilmesi planlanmıştır. Burada toplanan sular, yaklaşık 5 km mesafede ve 1460 m kotundaki toplama odası-2'ye terfi ettirilecek, daha sonra ise 22,5 km mesafedeki Tavra vadisinin kuzeydoğusunda bulunan 1450 m kotundaki mevcut depoya cazibe ile akıtılacaktır. Bu kaynaklardan Tavra deposuna iletilebilecek maksimum su miktarı 800 l/sn'dir. Bu kaynaklara ait toplama tesisleri ve iletim hattı Şekil 4.3 de verilmiştir.

Bu üç kaynağın sularının karışması halinde (Kaynarca-1, Kaynarca-2, Gaziköy-1) karışım suyunun sertliği 50 FS olacaktır. Kaynak sularının Tavra vadisi yeraltı suyu ile karıştırılması halinde ise 40 FS olacaktır (Şahin, 1995).

#### **Akarsu ve kollarına ait suların içme suyu açısından değerlendirilmesi**

Akarsuların sıcaklıkları (13–15 °C) ve sertlik değerleri (18,5–37 FS) kabul edilen limitler içerisinde dir.

Bu suların NO<sub>2</sub> miktarları YI-1'de (Yıldız ırmağı) 0,007 mg/lt, KD-1'de (Köyderesi) 0,0072 mg/lt, DÇ-1 (Dumanlı çayı), YI-2 ve YI-3'de ise 0,003 ppm'dir. Su içindeki demir miktarı YI-2 ve YI-3'de 0,08 mg/lt, DÇ-1'de ise 0,09 mg/lt'dir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleride 322–837 µs/cm arasında değişir. Organik madde miktarı ise 0,8–2,28 mg/lt arasındadır. Sudaki toplam organik maddenin litrede 3,5 mg/lt'yi aşması halinde bakteriyolojik analiz yapılmalıdır. Akarsularda organik madde miktarı da kabul edilen limitler içerisinde dir (Şahin, 1995)



#### 5.4 EYLÜL BARAJI

Sivas'ın 10 km kuzeydoğusunda, yukarı Kızılırmak havzasında Mısmıl ırmağı üzerinde yer alan 4 Eylül Barajı Sivas'ın ileriki yıllarda içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmıştır (Şekil 5.1 ve 5.2). İçme suyunun karşılandığı mevcut kaynaklar artan nüfusla birlikte ihtiyacı karşılayamayacak düzeydedir. İlin jeolojik birimlerinin su kalitesini olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle çevrede yararlanılabilir başka su kaynağı mevcut değildir. Alternatif olarak düşünülebilecek Yıldız kaynaklarının yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yanı sıra kesin çözüm olmaması içme suyu elde etmek için en pahalı yöntem olan barajı zorunlu hale getirmiştir. Sivas içme suyu kaynakları ve genel dağıtım planı Ek – 5 de verilmiştir.

##### 5.1. Barajın Tanıtımı

Barajın Yeri	: Sivas ilinin 10 km KD'da
Akarsu Adı	: Mısmıl Irmak
Amacı	: İçme ve kullanma suyu
Tipi	: Zonlu toprak dolgu
Yağış Havzası	: 236,8 km <sup>2</sup>
Talveg Kotu	: 1336 m
Talvegden Yüksekliği	: 60 m
Temelden Yüksekliği	: 65 m
Gövde Dolgu Hacmi	: 4.185.952 m <sup>3</sup>
Toprak Depolama Hacmi	: 85 hm <sup>3</sup>
Aktif Hacim	: 80,55 hm <sup>3</sup>
Max. Su Seviyesi	: 1393,70 m
Min. Su Seviyesi	: 1355 m (DSİ, 1984)

4 Eylül Barajı 10.10.2003 tarihinde su tutmaya başlamıştır. DSİ'den alınan bilgiye göre göl alanına 31.12.2004 tarihine kadar 9.330.600 m<sup>3</sup> su girişi olmuştur. 29.09.2005 tarihi itibarıyla gölde toplanmış alan su hacmi 15.887.000 m<sup>3</sup> tür. 1965-1994 yılları arasında Mısmıl Irmak üzerinde ölçülen aylık akım miktarları çizelge 5.1. de ve 2000 yılında DSİ tarafından yapılan Mısmıl ırmak analiz sonuçları Çizelge 5.2 de verilmektedir.

DSİ'den alınan bilgiye göre barajın inşaat maliyeti 2005 fiyatlarına göre 54.697.359 YTL ve içme suyu arıtma tesisinin maliyeti ise 8.942.619 YTL dir. Arıtma tesisi kapasitesinin 1,57 m<sup>3</sup>/sn olduğu düşünüldüğünde suyun m<sup>3</sup> birim maliyeti yaklaşık 17 kuruş olacaktır. Bu fiyata arıtma tesisi işletme giderleri dahil değildir. Yukarıdaki hesaplamada arıtma tesisinin 30 yıllık ömrü ve bu süre içinde tüketilen su miktarı baz alınmıştır.



Şekil 5.1. 4 Eylül Barajı Yapım Aşamasından Bir Görünüm (Doğuya / Soğuk çermik tarafına bakış)



Şekil 5.2. 4 Eylül Barajından Genel Görünüm (Doğu-Kuzeydoğu/Soğuk çermik tarafına bakış)

Çizelge 5.1. Mısmıl Irmağa Ait Aylık Akım Verileri (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) (DSİ, 1995)

YILLAR	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	YIL TOPL.
1965	0,04	0,05	0,32	0,41	0,37	10	11,2	4,34	0,7	0,11	0,03	0,03	27,6
1966	0,1	0,16	1,03	6,55	10,7	11,8	9,15	2,41	1,64	0,04	0,03	0,02	43,63
1967	0,04	0,05	0,89	1,03	0,85	3,07	22,7	5,71	0,47	0,06	0,04	0,04	34,95
1968	0,07	0,32	1,43	1,04	1,37	14,1	21,7	4,61	2,1	0,25	0,03	0,26	47,28
1969	0,78	1,52	2,81	3,83	2,99	23	15,9	9,82	2,53	0,71	0,05	0,06	64
1970	0,84	0,68	0,84	1,11	3,41	14,2	6,15	1,4	0,38	0,08	0	0,1	29,19
1971	0,08	0,41	0,85	1,46	0,7	3,7	6,1	1,98	1,29	0,14	0,39	0,11	17,21
1972	0,02	0,25	0,33	0,16	0,45	7,44	11,3	6,7	2,38	0,32	0,14	0,36	29,85
1974	0,08	0,16	0,23	0,13	0,1	7,86	3,39	2,56	0,07	0,02	0,24	0,01	14,85
1975	0,13	0,03	0,07	0,05	0,03	10,4	13,7	8,04	8,04	0,16	0	0	40,65
1976	0,04	0,16	0,17	0,17	0,16	6,78	39,5	8,89	2,01	0,27	0,13	0,17	58,45
1977	0,59	0,37	0,54	0,17	4,05	14,2	15,9	6,06	1,49	0,1	0,01	0,01	43,49
1978	0,02	0,03	0,03	0,03	1,35	7,36	8,32	3,16	0,14	0,02	0	0,02	20,48
1979	0,11	0,17	0,19	1,43	5,3	5,5	2,41	2,4	2,21	0,09	0,01	0	19,82
1980	0,01	0,01	0,1	0,11	0,01	18,6	39,9	15	1,01	0,01	0,02	0,07	74,85
1981	0,42	0,74	1,93	2,57	2,44	21,4	11,1	8,88	3,16	0,59	0,24	0,18	53,65
1982	0,65	0,97	5,44	3,7	2,19	6,18	20,5	5,76	2,5	0,79	0,21	0,92	49,81
1983	0,52	0,43	0,37	0,26	0,29	8,63	13,4	5,3	1,54	0,3	0,03	0,11	31,18
1984	0,35	1,75	3,42	1,4	1,89	7,53	9,49	5,89	1,48	0,34	0,12	0,08	33,74
1985	0,19	0,38	0,48	0,54	0,48	4,75	2,8	5,46	1,23	0,4	0,15	0,2	36,06
1986	0,44	1,34	0,86	1,48	4,03	15	6	3,49	3,17	0,63	0,12	0,34	36,9
1987	0,54	0,54	0,54	0,73	5,13	4,91	19,5	6,25	1,57	0,27	0,13	0,12	40,23
1988	0,09	1,06	4,35	1,75	1,37	7,65	24,94	8,42	4,86	1,16	0,38	0,16	56,19
1989	0,8	1,27	3,65	1,58	1,23	13,8	3,72	0,6	0,47	0,27	0,11	0,14	27,64
1990	0,16	2,17	3,51	1,67	1,02	5,33	8,74	8,63	1,16	0,34	0,05	0,11	32,89

Çizelge 5.1. devam ediyor

YILLAR	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	YIL TOPL.
1991	0,24	0,32	0,34	0,25	0,22	7,08	7,51	5,55	0,98	0,15	0,05	0,08	22,77
1992	0,16	0,17	0,24	0,24	0,22	3,67	12,5	1,45	0,54	0,15	0,06	0,07	19,47
1993	0,16	0,48	0,62	0,53	0,52	5,52	29,5	14,6	2,33	0,36	0,07	0,09	54,78
1994	0,18	0,19	0,26	0,65	0,43	6,12	3,43	0,65	0,17	0,16	0,07	0,09	12,4
Aylık													
Toplam	7,85	16,18	35,84	35,03	53,3	275,58	419,45	164,01	51,62	8,29	2,91	3,95	1074,01
Ortalama	0,27	0,56	1,24	1,21	1,84	9,5	14,46	5,66	1,78	0,29	0,1	0,14	37,05
Ortalama	104,2	216	478,4	466,8	709,9	3665,1	5578,7	2183,6	686,7	111,9	38,6	54,01	14294
Max.akım 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,84	2,17	5,44	6,55	4,05	23	39,9	15	8,04	1,16	0,39	0,92	74,85
Min.akım 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,07	0,03	0,03	3,07	2,41	0,6	0,07	0,02	0	0	12,4

Çizelge 5.2. Mısmıl İrmak Analiz Sonuçları (DSİ, 2000)

Paremetreler	Ocak	Mart	Mayıs	Temmuz	Eylül	Kasım
T, °C	-2	8	10	20	18	7
pH	7,6	8	7,9	7,9	8,0	7,9
EC, µs/cm	580	626	468	662	576	603
Toplam çözünmüş katı, mg/lt	371	401	300	424	369	386
Askıda katı, mg/lt	56	54	15	63	36	11
Bulanıklık,NTU	6	7	<5	>5	3	1
Renk Pt-Co	<5	<5	1	1	<5	<5
HCO <sub>3</sub> , mg/lt	225	255	210	250	208	225
Cl, mg/lt	24	26	5,3	14	11,4	15,6
NH <sub>3</sub> -N, mg/lt	0	0	0	0,13	0	0
NO <sub>2</sub> -N, mg/lt	0,0014	0,0016	0	0,0014	0,0014	
NO <sub>3</sub> -N, mg/lt	0,08	0,16	0,54	0,08	0	
BOİ <sub>5</sub> , mg/lt	5	2,3	1,2	-	3	
SO <sub>4</sub> , mg/lt	79	48	25	91	98	
Fe, mg/lt	1,06	0,28	0,09	0,28	0	0
Na, mg/lt	14,7	17,5	7,6	24	15,4	14,7
K, mg/lt	1,2	1,5	0,08	2	1,2	1,2
Ca, mg/lt	104	100	78	104	106	108
Mg, mg/lt	12,2	12	8,5	12	4	5
Florür, mg/lt	0	0	1,66	1,05	1,4	1,1
Sertlik FS	30	29	23	30	28	29

Mısmıl Irmak üzerinde yapılan aylık ölçümlerde, 1970, 1975, 1978 yıllarının Ağustos ve 1979 yılının Eylül ayında derenin kuru olduğu görülmektedir. Mısmılırmağa gelen aylık maksimum debi  $39.900.000 \text{ m}^3$  olup, 1980 yılı Nisan ayında gelmiştir. Mısmılırmağa ait aylık ortalama akım verilerinin değeri Şekil 5.3 de verilmiştir.

Yıllık toplam akım miktarı ise; minimum  $12.400.000 \text{ m}^3$  ile 1994 yılında gerçekleşirken, maksimum akım  $74.850.000 \text{ m}^3$  olup 1980 yılında gelmiştir. Yapılan ölçümlerde Mısmılırmağa gelen yıllık ortalama akım miktarı  $37.050.000 \text{ m}^3$  tür. Yıllık toplam akım miktarının değişimi Şekil 5.4 de verilmiştir.

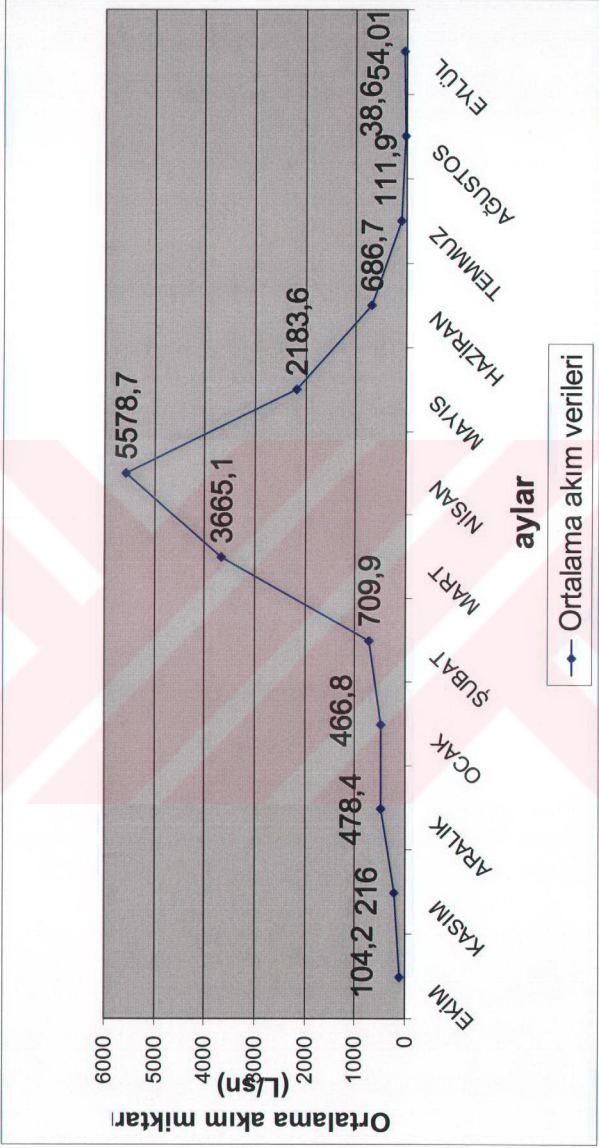
10.10.2003 ile 31.12.2004 tarihleri arasında baraj göl alanına  $9.330.600 \text{ m}^3$  su girişi olmuştur. Bu miktar Mısmıl ırmak üzerinde yapılan 30 yıllık ölçümlerin ortalamasının çok altındadır. 29.09.2005 tarihine kadar göldeki su hacmi  $15.887.000 \text{ m}^3$  tür. Buna göre son yıllarda baraja gelen su miktarının genel ortalamanın çok altında olduğu görülmektedir.

Sivas kentinin yıllık su tüketim miktarı yaklaşık  $25.000.000 \text{ m}^3$  tür. Barajdan alınan suyun şebekenin yaklaşık % 50 sini besleyeceği düşünüldüğünde baraj gölünde bulunan su rezervinin minimum debi gelmesi durumunda bile ihtiyaca cevap vereceği görülmektedir. 1965-1994 yılları arasında aylara göre gelen minimum ve maksimum debiler Şekil 5.5 de verilmiştir.

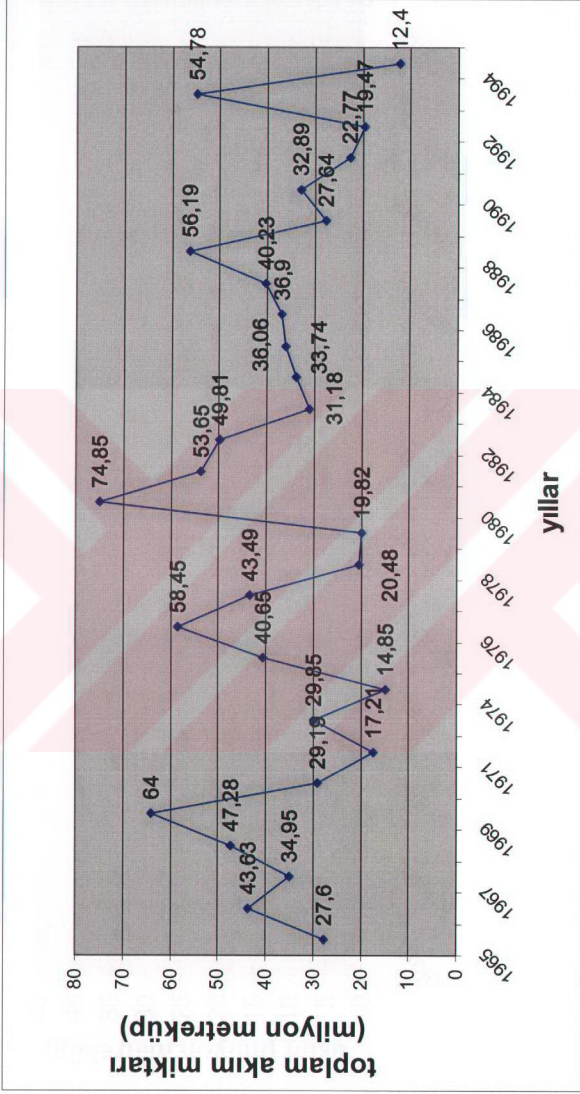
Mevcut durumda; barajdaki su seviyesi yaklaşık 33 m dir. Bu seviyedeki suyun kotu 1369 m dir. 4 Eylül Barajına ait kot – hacim ilişkisinin verildiği çizelgeye bakıldığında (Ek - 2) baraj göl alanında yaklaşık  $21.000.000 \text{ m}^3$  su olduğu görülmektedir. Bu çizelge, baraj aksındaki su yüksekliğine bakılarak barajda tutulan suyun hacmini ve kapladığı alanı göstermektedir.

Mısmıl ırmak üzerine kurulan barajın, ırmaktaki ekolojik dengeyi bozmaması ve canlı yaşamının devam etmesi için baraj dip savağından yaklaşık 40 l/sn su ırmağa verilmektedir. Baraj dip savağından verilebilecek maksimum su miktarı su yüksekliği ile orantılıdır. 1369 m su kotuna sahip barajda dip savağın tamamen açılması durumunda buradan verilebilecek maksimum debi yaklaşık  $10 \text{ m}^3/\text{sn}$  dir. Dip savaktan su seviyesine göre verilebilecek maksimum su miktarı Ek - 3 de verilen dip savak içme suyu branşman deşarj eğrisinden bulunabilmektedir.

Bir tehlike anında barajın boşaltılması gerekirse dip savak ve tam dolu barajlarda dolu savak kullanılarak bu işlem gerçekleşir. Dolu savaktan su seviyesine göre boşalabilecek maksimum su miktarı 1394 m için ( maksimum su seviyesi)  $555,36 \text{ m}^3/\text{sn}$  dir. Dolu savak deşarj eğrisi Ek - 4 de verilmiştir.



Şekil 5.3. Mısmıl Irmağı Ait Aylık Ortalama Akım Miktarlarının Değişimi (l/sn) (1965-1994)  
(Değerler 1965-1994 yılları arası 30 yıllık ortalamalardır)



Şekil 5.4. Mısmıl Irmağına Ait Yıllık Toplam Akım Miktarının Değişimi (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)



## 5.2. Barajda Alınması Gereken Koruma Tedbirleri

4 Eylül Barajı Sivas'ın içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayacağı önemli bir tesistir. Bu tesise şimdiye kadar milyarlarca lira yatırılmış ve halende bu tesisin devamı niteliğindeki arıtma tesisine olan yatırımlar devam etmektedir. Bu nedenle barajın koruma alanları dikkatli bir şekilde belirlenmelidir.

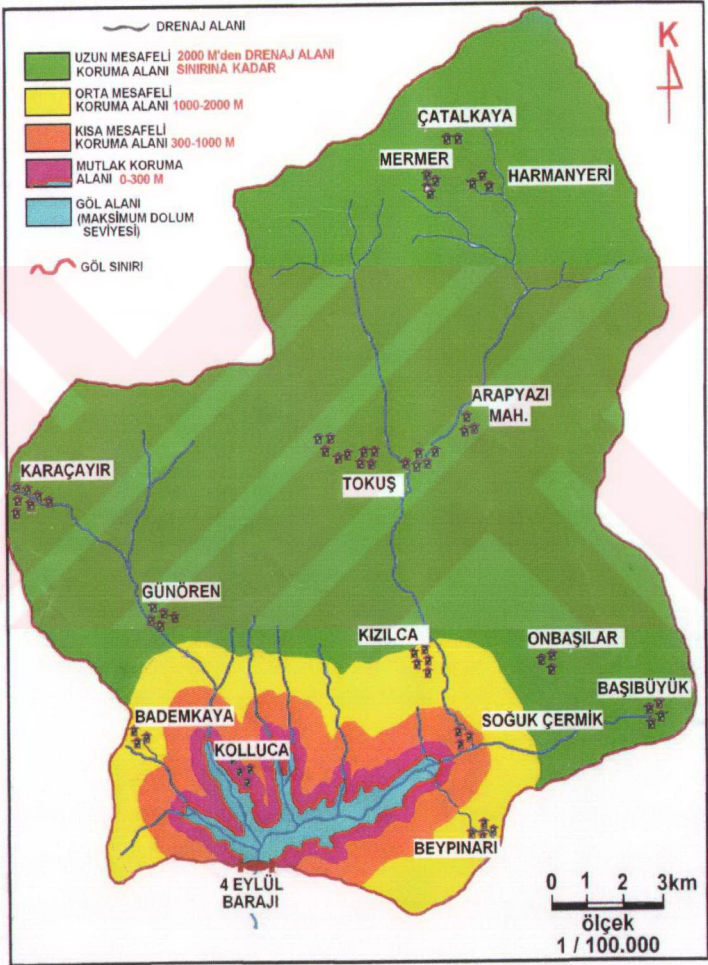
Barajın korunmasına dair Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde (1988) geçen ilgili maddeler Ek-6 de verilmiştir.

Barajın 250 m kuzeyinde yer alan Kolluca köyü "Mutlak Koruma Alanı" içerisinde bulunmaktadır (Şekil 5.6).

Barajın 1 km kuzeydoğusunda bulunan Soğuk Çermik Ilıcası kısa mesafeli koruma alanı içerisinde yer almaktadır.

Barajın, 1600 m kuzeybatısında bulunan Bademkaya köyü ve 1700 m doğusunda yer alan Beyınarı köyü, Kızılca köyü "Orta Mesafeli Koruma Alanı" içerisinde yer almaktadır.

Uzun mesafeli koruma alanı içerisinde ise; Güngören, Onbaşılar, Başbüyük, Tokuş, Karaçayır, Arapyazı Mahalesi Mermer, Çatalkaya köyleri yer almaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. 4 Eylül Barajı Koruma Alanları ve Beslenme Havzasındaki Yerleşim Birimleri

### 5.3. Baraj Koruma Alanı İçinde Kalan Yerleşim Birimleri ve Özellikleri

4 Eylül Barajı'nın su toplama havzası içinde 14 adet yerleşim birimi (köy vb.) mevcuttur. Söz konusu köylerde tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Bu köylerin adları, nüfusları ve konu ile ilgili diğer özellikleri Çizelge 5.3. de topluca sunulmuştur.

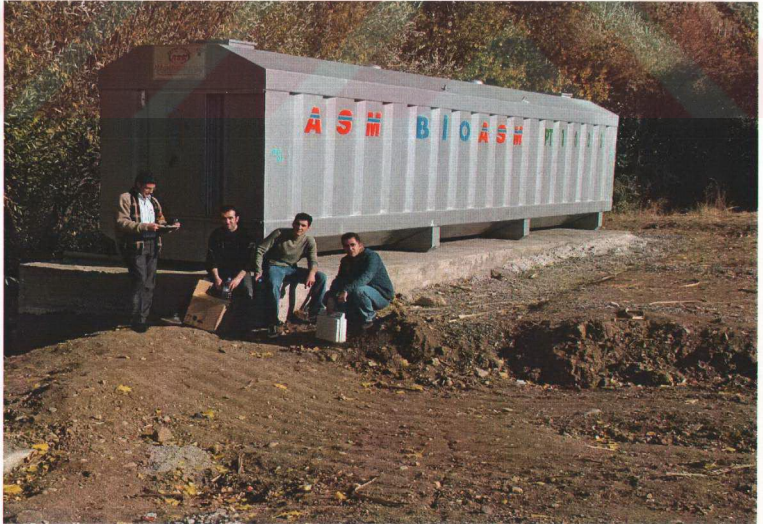
**Çizelge 5.3. 4 Eylül Baraj Havzası İçinde Yer Alan Köylerin Mevcut Durumu**

Yerleşim Biriminin / Köyün Adı	Baraja Göre Konumu	Nüfusu	Kanalizasyon Durumu	Hayvan Sayısı	
				Büyük Baş	Küçük Baş
Kolluca Köyü	Mutlak Koruma Alanı İçinde	318	Kanalizasyonu yok	250	--
Soğuk Çermik	Kısa Mesafeli Koruma Alanı İçinde	50 (kış nüfusu) 6.000 (yaz nüfusu)	Kanalizasyonu var	--	--
Bademkaya Köyü	Orta Mesafeli Koruma Alanı İçinde	126	Kanalizasyonu var	150	250
Kızılca Köyü	Orta Mesafeli Koruma Alanı İçinde	844	Kanalizasyonu var	1266	400
Beypınarı Köyü	Orta Mesafeli Koruma Alanı İçinde	526	Kanalizasyonu var	644	382
Karaçayır Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	177	Kanalizasyon yok (Proje aşamasında)	175	270
Günören Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	99	2006 yılında yapılacak	150	300
Tokuş Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	308	Kanalizasyon inşaatı devam ediyor	350	1200
Onbaşlar Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	141	Kanal yok (Proje aşamasında)	200	500
Başbüyük Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	269	2007 yılında yapılacak	333	250
Mermer Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	152	Kanalizasyonu yok	155	180
Çatalkaya Köyü	Uzun Mesafeli Koruma Alanı İçinde	270	Kanalizasyonu yok	320	440

Kanalizasyonu tamamlanmış köylerde; evlerden alınan pis su büyük fosseptiklere getirilmektedir. Bu fosseptiklerde dinlenerek savaklanan su uygun bir araziye deşarj edilmektedir. Ortamın karstik olmadığı düşünülürse, deşarj edilen su vadöz zonda temizlenerek yeraltı suyuna karışmaktadır.

Köy Hizmetleri Müdürlüğü'nden alınan bilgiye göre Günören köyünün kanalizasyon çalışması 2006 yılında başlayacaktır. Tokuş köyünün kanalizasyon yapımı ise halen devam etmektedir. Karaçayır ve Başbüyük köylerine ait kanalizasyon projeleri tamamlanmış ancak yapım tarihleri belirlenmemiştir. Mutlak koruma alanı içinde kalan Kolluca köyünün kaldırılacağı düşünüldükçe burada herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Uzun mesafeli koruma alanı içinde yer alan Çatalca ve Mermer köylerine ait bir çalışma henüz yapılmamıştır. Baraj koruma alanı içinde yer alan köylerden gerek nüfus sayısı olarak gerekse küçük ve büyük baş hayvan sayısı itibarıyla en büyüğü Kızılca köyüdür.

Orta mesafeli koruma alanı içinde yer alan Kızılca Köyü ile mutlak koruma alanı içinde yer alan Soğuk Çermik Kaplıcası'nın pis suları direkt olarak baraj gölüne gelmekte ve kirlilik yaratmaktadır. Sivas şehrinin içme suyu ihtiyacını karşılamak üzere tasarlanan 4 Eylül Barajının baraj gölüne pis suların karışmasını önlemek için D.S.İ. 19. Bölge Müdürlüğü tarafından paket arıtma tesisi yaptırılmıştır (Şekil 5.7). Bu paket arıtma tesisine Kızılca Köyü ile Soğuk Çermik Kaplıca Tesislerinin atık suları bağlanacaktır. Bu atık sular söz konusu paket arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra barajın mansabına deşarj edilecektir.



Şekil 5.7. Paket Arıtma Tesisinden Genel Görünüm

#### 5.4. Soğuk Çermik ve Kızılca Köyü Paket Arıtma Projesi

Baraj havzası içerisinde pis suları direk göle ulaşan Kızılca köyü ve Soğuk Çermik suları bir paket arıtma sisteminde arıtıldıktan sonra baraj mansabına verilecektir. Söz konusu projede yapılacak işlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1 )Kızılca Köyü'nün pis suları mevcut fosseptikten alınarak uygun bir topografya izlenmek suretiyle yaklaşık 2,5 km uzaklıktaki Soğuk Çermik kaplıca tesisleri yanındaki paket arıtma tesisine iletilmesi,

2) Soğuk Çermik kaplıca tesislerinin pis sularının paket arıtma tesisine iletilmesi,

3) Paket arıtma tesisi yanındaki alana terfi merkezi (pompa istasyonu) yapılması,

4) Soğuk Çermik kaplıca tesislerinin havuz sularının terfi merkezine iletilmesi,

5) Paket arıtmadan çıkan atık suların terfi merkezine iletilmesi,

6) Terfi merkezinde toplanan suların terfi hattı ile yaklaşık 1430 m kotlarına terfi edilmesi,

7) 1430 m kotlarındaki suların uygun bir topografya izlenerek 1410 m kotlarındaki dolu savak palyelerinin üstünden baraj mansap kısmına iletilmesi,

8) 1430 m kotu ile 1410 m kotu arasında yol projesi yapılması. Yapılacak yol projesi toplayıcı hatta uygun bir platform olması teşkil etmesi amacıyla projelendirilmiştir.

Paket arıtma tesisi yanında önerilen terfi merkezinde toplanan pissular, terfi hattı ile (Ø 225 mm. PE Boru 10 ATU L = 670 m) bacaya iletilecektir. Buradan da cazibeli olarak, yeni yapılacak yol güzergahını izlemek suretiyle baraj mansap kısmına deşarj edilecektir (Ø 315 PE Boru L = 12.071 m) (DSİ, 2003)

##### 5.4.1. Pis su debisi hesaplamaları

Kızılca Köyü'nün mevcut nüfusu 500-600 kişi civarındadır. Gelecekteki bu nüfusun yaklaşık 3.000 kişi civarında olacağı tahmin edilmiştir. Kişi başına günlük su tüketimi de 60 lt/kişi/gün (İller Bankası Genel Müdürlüğü'nün Şehir ve Kasaba İçme Suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik) alındığı taktirde köyün pis su debisi;

Gelecekteki Nüfus : 3.000 kişi

Su Tüketimi : 60 lt/kişi/gün (İ.B.G.M.Yönetmelik)

$$\text{Pissu Debisi} = \frac{3.000 \text{ kişi} \times 60 \text{ lt/kişi/gün}}{24} \times \frac{24}{24}$$

86.400

12

**Pissu Debisi** = 4,17 lt/sn ~ 5 lt/sn

Soğuk Çermik kaplıca tesislerinde; 2 adet havuz, 50 adet banyo, 100 adet WC yer almakta, konaklama çadırlarda yapılmaktadır. Ancak Belediye'nin 40 yataklı bir otel projesi gündemdedir. Bu tesisler yılda ortalama 3-4 ay hizmet vermekte olup günlük turist sayısının 6.000 kişi civarına ulaştığı Belediye yetkilileri tarafından ifade edilmektedir. Bu tesislerin pis su miktarları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Havuzların pis su hesabı;

Havuz Sayısı : 2 adet

Havuz Boyutu : 150 m<sup>2</sup>

Su Tüketimi : 500 It/m<sup>2</sup>/gün (İ.B.G.M.Yönetmelik)

$$2 \text{ adet} \times 150 \text{ m}^2 \times 500 \text{ It/m}^2/\text{gün}$$

$$\text{Pissu Debisi} = \frac{\text{-----}}{86.400}$$

$$\text{Pissu Debisi} = 1,74 \text{ It/sn} = 2,00 \text{ It/sn}$$

Banyoların pis su hesabı;

Banyo Sayısı : 50 adet

Kişi Sayısı : 600 kişi\*

Su Tüketimi : 300 It/kişi/gün (İ.B.G.M.Yönetmelik)

(\*): Banyoların 12 saat açık olduğu ve her saatte bir kişinin faydalandığı göz önüne alınarak kişi sayısı hesaplanmıştır.

$$600 \text{ kişi} \times 300 \text{ It/kişi/gün} \quad 24$$

$$\text{Pissu Debisi} = \frac{\text{-----} \times \text{-----}}{86.400 \quad 12}$$

$$\text{Pissu Debisi} = 4,17 \text{ It/sn} = 5,00 \text{ It/sn}$$

WC'lerin pis su hesabı;

WC 'lerde tüketilen su miktarı çok küçük olacağından hesaplarda dikkate alınmamıştır.

Belediye Oteli pis su hesabı;

Yatak Sayısı : 40 adet

Personel Sayısı : 10 kişi

Su Tüketimi : 200 lt/kiş/gün (İ.B.G.M.Yönetmelik)

$$\text{Pissu Debisi} = \frac{50 \text{ kiş} \times 200 \text{ lt/kisi/gun} \times 24}{86.400 \times 12}$$

**Pissu Debisi = 0,23 lt/sn = 0,50 lt/sn**

Toplam pis su debisini hesap edersek;

Tesis Adı / Yerleşim Adı	Pis Su Debisi (lt/sn)
Kızılca Köy	5,00
Soğuk Çermik (Havuz + Banyo + WC + Otel)	7,50
<b>TOPLAM</b>	<b>12,50</b>

Öte yandan Belediye yetkilileri günlük ziyaretçi sayısının 6.000 kişiye ulaştığını ifade etmişlerdir. Bu durum dikkate alınrsa pis su hesabı;

Ziyaretçi Sayısı : 6.000 kişi

Su Tüketimi : 150 lt/kişi/gün (İ.B.G.M.Yönetmelik)

$$\text{Pissu Debisi} = \frac{6.000 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/kisi/gun} \times 24}{86.400 \times 12}$$

**Pissu Debisi = 20,80 lt/sn = 21,00 lt/sn** olmaktadır.

Kaplıca İdaresi ile yapılan görüşmelerde kaplıca suyunun temin edildiği 3 adet kuyudan ortalama 20-25 lt/sn su alındığını ifade etmişlerdir. Bu durumda ziyaretçi sayısından yola çıkılarak bulunan pis su debisi daha gerçekçi olmaktadır. Buna göre proje tasarımında dikkate alınacak pis su debisi aşağıdaki tabloda verilmiştir (DSİ, 2003)

Tesis Adı / Yerleşim Adı	Pis Su Debisi (lt/sn)
Kızılca Köy	5,00
Soğuk Çermik (Havuz + Banyo + WC + Otel)	21,00
<b>TOPLAM</b>	<b>26,00</b>



### 5.5. Baraj Mutlak Koruma Alanı İçinde Kalan Kolluca Köyü

Mutlak koruma alanı içinde kalan ve barajda su seviyesinin yükselmesi durumunda alt kesimleri ve mezarlıkları baraj suları altında kalacak olan Kolluca köyü, mutlak suretle koruma alanı dışına taşınması gerekmektedir. Köye ait olan alan kamulaştırılarak köyün boşaltılması sağlanmalı ve koruma alanı dışında gösterilecek yerde Kolluca köyü kurulmalıdır. Baraj ve Kolluca köyünden bir görünüm Şekil 5.8’de verilmektedir.

Aksi halde burada yapılacak olan hayvancılık ve tarım içme suyu amaçlı kullanılacak olan baraj suyu için bir tehlike arz etmektedir.



**Şekil 5.8.** Baraj ve Kolluca Köyünden Bir Görünüm (Barajın maksimum derinliğinin yaklaşık %25’i kadar su derinliği mevcut)

### 5.6. Baraj Gölü ve Gölü Besleyen Derelerin Su Kalitesi

Barajı besleyen dereler üzerinden kurak ve yağışlı dönemlerde numuneler alınarak, Standart Metotlar yöntemlerine göre analizleri yapılmıştır.

#### Gıda Mevzuatı ve Standardı (Keskin, 1995) ;

##### Madde 425:

İçme ve kullanma sularının aşağıdaki niteliklerde olması gereklidir:

- Daima berrak, renksiz, kokusuz ve tortusuz olacaktır.
- Bu suların tabii olarak ihtiva edecekleri kimyasal maddelerin cins ve miktarları:

Kurşun (Pb)	0,05 mg/lit
Arsenik (As)	0,05 mg/lit
Selenyum (Se)	0,01 mg/lit
Kadmiyum (Cd)	0,01 mg/lit
Siyanür (CN)	0,2 mg/lit
Florür (F)	1,5 mg/lit
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	45 mg/lit
Bakır (Cu)	1,5 mg/lit
Demir (Fe)	1,0 mg/lit
Mangan (Mn)	0,5 mg/lit
Çinko (Zn)	15,0 mg/lit
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	400,0 mg/lit
Klorür (Cl)	600,0 mg/lit
Fenolik Maddeler	0,002 mg/lit
Total organik madde miktarı	
(Oksijen hesabıyla) geçmeyecektir	3,5 mg/lit

Amonyak ve nitrit bulunmayacak, sertlik derecesi en fazla 50 Fransız derecesi ve pH 6,5-9,2 olacaktır.

Daha yüksek sertliğe sahip içme ve kullanma suları Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığının iziyle tüketime verilebilir.

Klorlanmış sularda serbest bakiye klor miktarı litrede 0,5 mg. dan fazla olmayacaktır.

- c) Bu suların tedarik edildiği yerlerden alınan numunelerin 1 cm<sup>3</sup> ünde (Jeloz plakında) 500 den fazla aerob bakteri ve 100 cm<sup>3</sup> ünde koliform bakteri üremeyecek, protozoerleri ve crustaceaları ihtiva etmeyecektir.
- d) Radyoaktivite kontrolünü gerektiren hallerde radyoaktivite miktarı aşağıdaki miktarları geçemez.  
Alfa vericiler, litrede en çok 1 Pikoküri (Picocurie)  
Beta vericiler, litrede en çok 10 Pikoküri (Picocurie)
- e) Bu suların lüzum görüldükçe ve her halde en geç üç ay da bir resmi laboratuarlarda analiz ve kontrolü zorunludur.

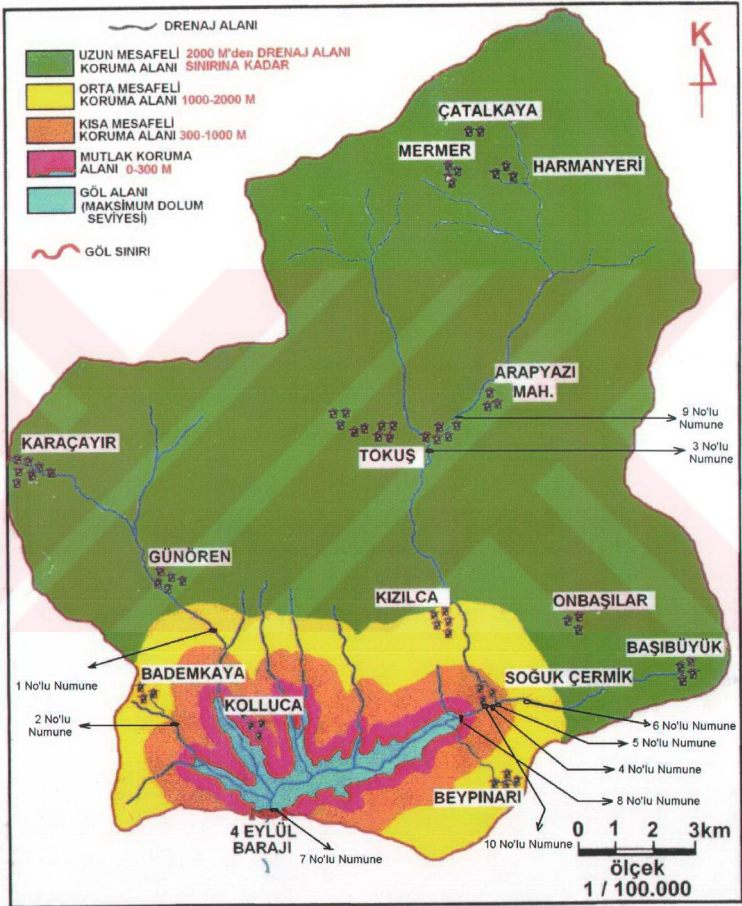
#### **Madde 432:**

Kaynak, içme ve kullanma suları ve buzlar aşağıdaki hallerde sağlığa az veya çok zarar verecek derecede bozulmuş sayılırlar:

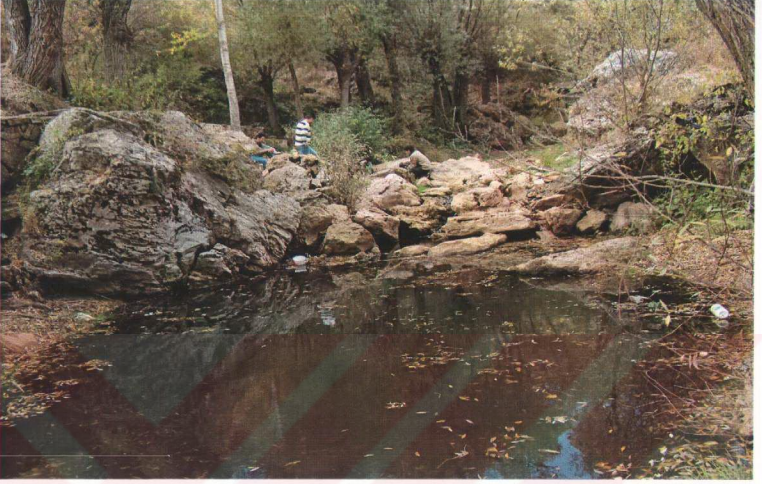
- a) Bulanık, kokulu, tortulu, renkli olan her türlü kaynak, içme ve kullanma suları ve bu sularla yapılmış buzlar,
- b) Himaye bölgesi olmayan ve kaptaj, isale, doldurma ve dağıtımları gerekli fenni ve sıhhi şartlar altında bulunmayan ve nitelikleri bu Tüzük ve Yönetmelikte belirtilen şişe ve galonları yıkama doldurma ve kapatma için tam otomatik cihaz olmayan kaynak suları,
- c) İçinde patojen mikroplar veya bulaşmayı gösteren bakteri, protozoer ve crustacealar bulunan veya bu Tüzükte belirlenen bakteriyolojik, radyoaktivite ve kimyasal sınırları aşan kaynak, içme ve kullanma suları ile bu sularla yapılmış buzlar,
- d) Kirliliği ve şüpheli olmaları nedeniyle yapılan tasfiyeler için gerekli tesisleri yetersiz olan veya temizlenmiş suyun bakteriyolojik nitelikleri bu Tüzük hükümlerine aykırı bulunan içme ve kullanma suları ve bu sularla yapılmış buzlar,
- e) Suyun kaptaj, nakil ve dağıtım veya muhafaza esnasında, kurşun veya antimuan gibi zehirli maddeler ihtiva eden kap ve vasıtalarla temas eden bütün agresif sular ve bu sularla yapılmış buzlar,
- f) Tüzükte gösterilen sınırlar üstünde radyoaktivite saptanması nedeniyle satışı yasaklanmış kaynak, içme ve kullanma suları ve bu sularla yapılmış buzlar.

Baraj gölünü besleyen derelerden kurak dönemde (Çizelge 5.4) ve yağışlı dönemde (Çizelge 5.5) numuneler alınmış ve analizleri yapılmıştır. Derelerden alınan numunelerin buldu haritası şekil 5.9 de verilmiştir. Ayrıca kurak dönemde numune alınan derelere ait fotoğraflar Şekil 5.10-5.16 da ve yağışlı dönemde numune alınan derelere ait fotoğraflar Şekil 5.17-5.26 da verilmiştir.





Şekil 5.9. Barajı Besleyen Derelerden Alınan Numunelerin Bulduru Haritası



Şekil 5.10. Kolluca Deresi (Günören köyünden gelen dere, Örnek No:1, kurak dönem)



Şekil 5.11. Dörtpınar Deresi (Bademkaya köyünden gelen dere, Örnek No: 2, kurak dönem)



Şekil 5.12. Eskiköy Deresi ( Tokuş köyünden gelen dere, Örnek No: 3, kurak dönem)



Şekil 5.13. Soğuk Çermik Deresi (Örnek No: 4, kurak dönem)

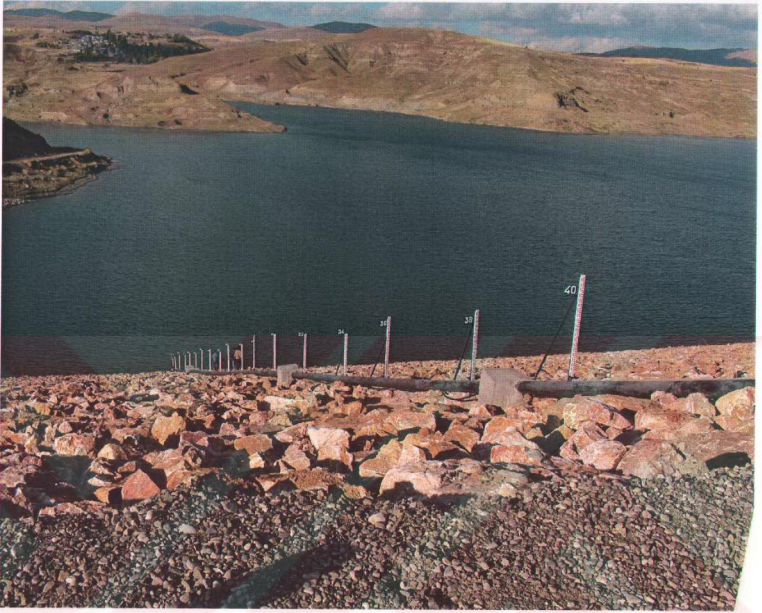


Şekil 5.14. Soğuk Çermik Kaynağı Boşalımı (Örnek No: 5, kurak dönem)



Şekil 5.15. Başıbüyük Köyünden Gelen Dere (Örnek No: 6, kurak dönem)





Şekil 5.16. Baraj Aksı (Örnek No: 7, kurak dönem)

**Çizelge 5.5.** Baraj Gölü ve Gölü Besleyen Derelere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları ( Yağışlı döneme ait sonuçlar, 30.05.2005)

Örnek No ve Yeri / Parametre	Örnek no 1 Kolluca deresi	Örnek no 2 Dörtınar deresi	Örnek no 3 Eskiköy deresi	Örnek no 4 Soğuk Çermik deresi	Örnek no 5 Soğuk Çermik kaynağı boşalımı	Örnek no 6 Başbüyük köyünden gelen dere	Örnek no 7 Baraj aksı	Örnek no 8 Baraj göl başlangıcı	Örnek no 9 Taşlı dere	Örnek no 10 Soğuk Çermik çıkışındaki dere	İçme Suyu Standartı (TSE 266)
Q lt/sn	35-40	50-55	20-25	34-40	3-5	80-90	--	--	80-100	300-350	
EC µS/cm	404	495	390	411	1715	380	372	387	335	650	
Sıcaklık (°C)	11,3	12,3	19,3	12,3	26,3	12,5	19,5	19,7	11,6	19	
Sertlik (FS°)	31	24	23	25	85	25	27	20	21	33	
Ca mg/lt	96,2	80,1	80	88,2	245	84,2	52	52,1	72,1	96,2	200
Mg mg/lt	17,01	9,72	7,29	7,3	58,34	9,72	34,03	17,01	7,3	21,9	50
Na mg/lt	4,25	7,60	5,40	3,6	64,1	4,20	7,35	11,6	1,40	23,6	175
K mg/lt	3,5	2,6	1,65	2,85	4,70	1,10	1,11	1,4	1,25	2,7	12
CO <sub>3</sub> mg/lt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
HCO <sub>3</sub> mg/lt	335,5	285	256	269	920	278	287	227	224	383	
Cl mg/lt	24,85	10,65	21,3	21	135	21,3	28,4	24,85	17,75	31,4	600
SO <sub>4</sub> mg/lt	--	--	--	--	58	--	--	--	--	16	250
NO <sub>3</sub> mg/lt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	50
NO <sub>2</sub> mg/lt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,1
Organik Madde mg/lt	4,48	4,16	2,96	3,04	3,12	2,24	2,56	4,32	3,12	2,88	
Bakteriyolojik Su Analizi	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 23 den fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	KMS 240 dan fazla	Olmaması istenmez
GMT'ye göre	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ve 425'e ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ve 425'e ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	Madde 432 ye uygun değildir	



Şekil 5.17. Kolluca Deresi (Günören köyünden gelen dere, Örnek No: 1, yağışlı dönem)



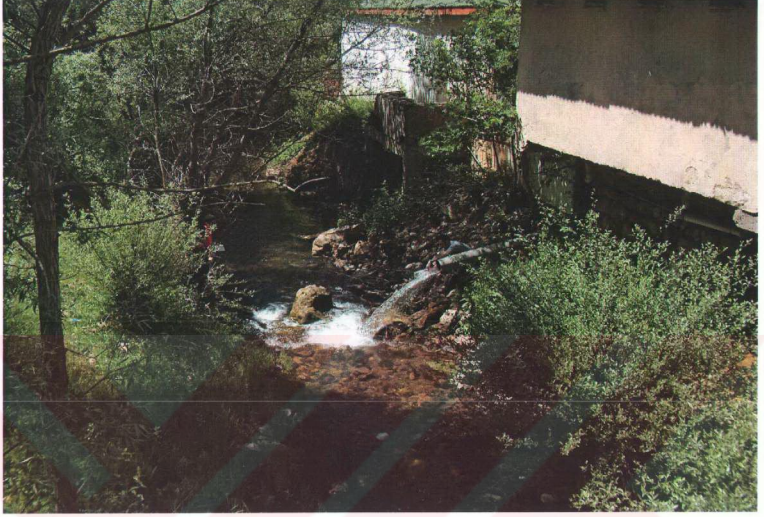
Şekil 5.18. Dörtpınar Deresi (Bademkaya köyünden gelen dere, Örnek No: 2, yağışlı dönem)



Şekil 5.19. Eskiköy Deresi (Tokuş köyünden gelen dere, Örnek No: 3, yağışlı dönem)



Şekil 5.20. Soğuk Çermik Deresi (Örnek No: 4, yağışlı dönem)



Şekil 5.21. Soğuk Çermik Havuz Boşalımı (Örnek No: 5, yağışlı dönem)



Şekil 5.22. Başbüyük Köyünden Gelen Dere (Örnek No: 6, yağışlı dönem)



Şekil 5.23. Baraj Aksı (Örnek No: 7, yağışlı dönem)



Şekil 5.24. Baraj Gölü Başlangıcı (Örnek No: 8, yağışlı dönem)



Şekil 5.25. Taşlı Dere (Arapyazı Mahallesinden Gelen Dere, Örnek No: 9, yağışlı dönem)

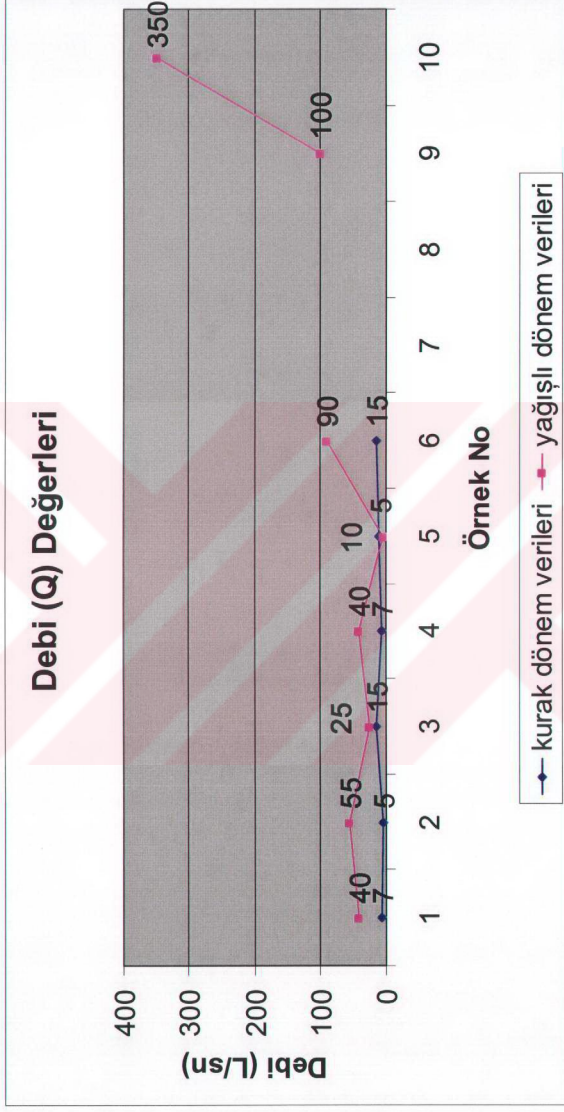


Şekil 5.26. Soğuk Çermik Çıkışındaki Dere (Örnek No: 10, yağışlı dönem)

Kurak dönemde derelerde sadece baz akım ölçülebilenken, yağışlı dönemde kaynak sularının yanı sıra yağış ve yüzeysel sularında dereleri beslemesiyle debi miktarları artış gösterir (Şekil 5.27). EC değerlerinde ise yağışlı dönemde EC si oldukça düşük olan yüzey sularının ve yağışların dereleri besliyor olması sebebi ile bir miktar düşme görülür (Şekil 5.28). Benzer durum sertlik içinde geçerlidir (Şekil 5.29). Yağışlı dönemde meydana gelen sellenme beraberinde organik maddeleri de derelere taşımaktadır. Bu sebeple yağışlı dönemde derelerdeki organik madde miktarında artış gözlenmektedir (Şekil 5.30).

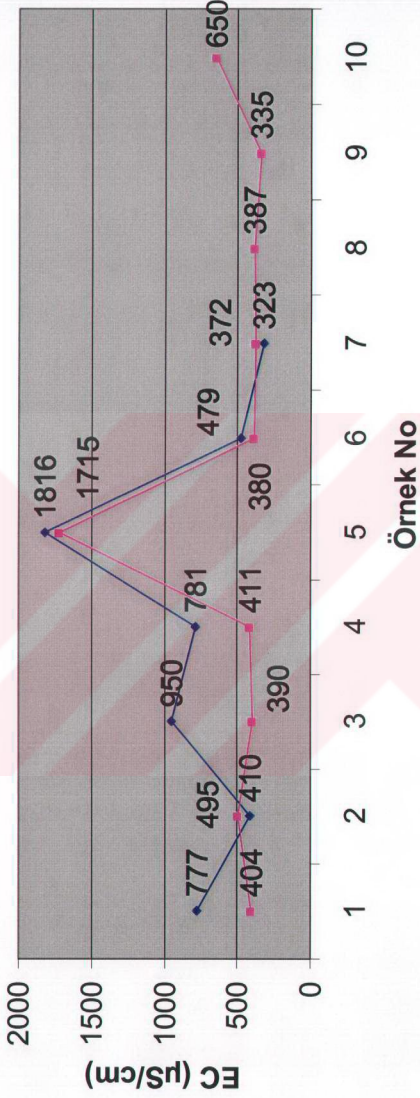






Şekil 5.27. Barajı Besleyen Derelerdeki Kurak ve Yağışlı Dönem Debi Değerleri

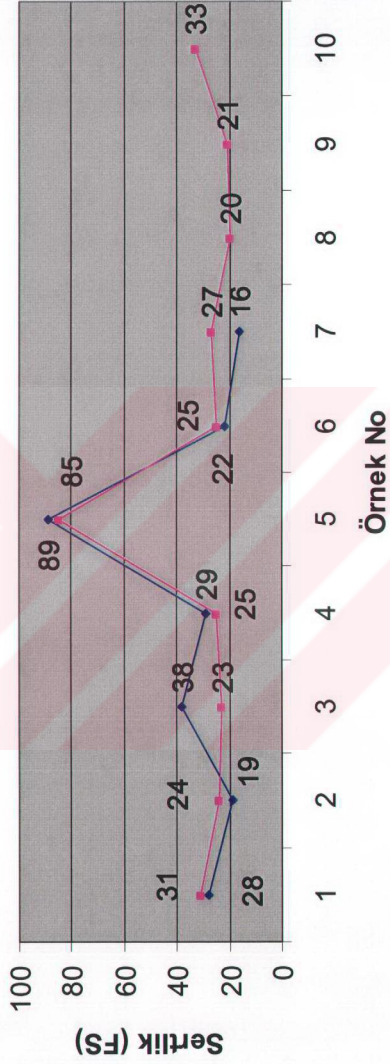
## EC Değerleri



—◆— kurak dönem verileri —■— yağışlı dönem verileri

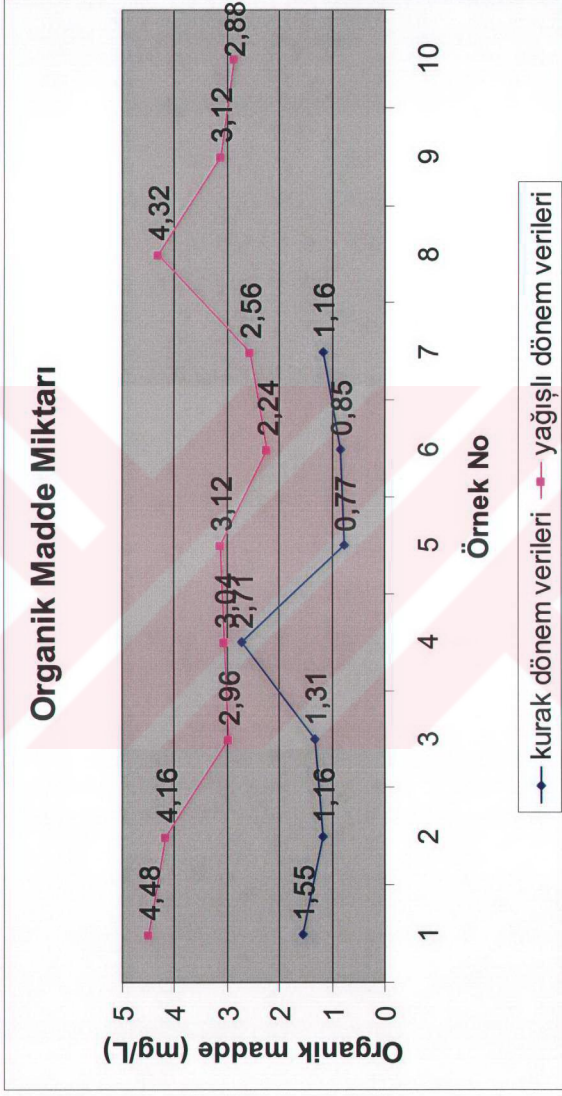
Şekil 5.28. Barajı Besleyen Derelere Ait EC Değerleri

## Sertlik Değerleri



—◆— kurak dönem verileri —■— yağışlı dönem verileri

Şekil 5.29. Barajı Besleyen Derelelerdeki Kurak ve Yağışlı Dönem Sertlik Değerleri



Şekil 5.30. Barajı Besleyen Derelelerdeki Kurak ve Yağışlı Dönem Organik Madde Değerleri

## 5.7. Baraj Gölü Teşekkülünün Su Kalitesi Üzerindeki Muhtemel Tesirleri

### 5.7.1. Gölde termal tabakalaşma ve mevsimsel değişme

Göllerde, rezervuarlarda ve diğer derin sularda sıcaklık, yoğunluk ve rüzgarın karşılıklı etkilemeleri sonucu yılın farklı mevsimlerinde karakteristik bir temel tabakalaşma meydana gelir. Kıyıya doğru esen rüzgar tarafından sürüklenen su, kıyı topografyasına bağlı olarak, su yüzünde ya da su yüzeyinin altında hareket eden dönüş dalgaları meydana getirir. Dönüş akımlarının derinliği, su sıcaklığına bağlı olarak değişir. Derinlikle birlikte sıcaklık azalması arttıkça, karışmaya karşı termal direnç büyür ve dönüş dalgaları daha çok suyun yüzey tabakasına doğru yoğunlaşır. Termal direnç dönüş sonucu daha soğuk ve bu nedenle daha yoğun olan alt tabakadaki su daha sıcak ve bu nedenle daha hafif olan üst tabaka suyu ile yer değiştirir. Burada oluşan kayma düzlemi, rüzgar yönündeki yüzey akımlarını, rüzgarın karşıt yönündeki dönüş akımlarından ayrılır. Böylece kıyıya doğru esen rüzgârlar yüzeyden dibe doğru ve kıyından esen rüzgârlar ise alttan yukarı doğru bir hareket (akım) meydana getirecektir (DSİ, 2003).

Kış mevsiminde, buz tabakasının hemen altındaki suyun sıcaklığı 0°C'dir. Buzun yüzeydeki ve yüzeye yakın sıcaklığı çok daha azdır.

Göl ya da rezervuarın taban suyu sıcaklığı ise maksimum yoğunluk derecesi olan 4°C kadardır. Bu durumda maksimum yoğunluğu 4°C sıcaklığındaki su dipte toplanır, daha soğuk ve daha az yoğun su ise onun üstünde yer alır. Böylece göldeki su, sıcaklıkla ters ve yoğunlukla doğru orantılı olarak nispeten kararlı bir halde bulunur. Su yüzeyindeki buz tabakası, alt kısmında bulunan suyun rüzgar vb. etkiler altında dalgalanmasını önler, dikey ve yatay hareketini keser ve kış durgunluğu denilen durum meydana gelir. Sıcaklığın 4°C'nin altına düştüğü soğuk yörelerde, su sıcaklığı 4°C'nin altına düştükçe su yoğunluğu tekrar azalacağından, kış tabakalaşması da meydana gelebilir (DSİ, 2003).

İlkbaharda buzlar eridikçe yüzeye yakın su ısınmaya, maksimum yoğunluk (4°C) sıcaklığına ulaşmaya kadar suyun yoğunluğu artmaya ve böylece aşağı doğru inmeye başlar. Günlük sıcaklık değişimleri yoluyla suyun denge hali bozulur ve rüzgar tarafından düşey sirkülasyona yardımcı olunur. Tüm derinliklerinde su sıcaklığı hemen hemen üniform hale geldiğinde ve maksimum yoğunluğa yaklaştığında, sirkülasyon belirginleşir ve rüzgarların da yardımıyla kolay ve tam bir karışım meydana gelir. İlkbahar sirkülasyonu ya da bahar alabarası denilen bu durum birkaç hafta sürer ve bu sürenin uzunluğu yıllara göre değişir (DSİ, 2003).

Yaz başlarında, yüzey suyu giderek ısınmaya, daha hafif sular tekrar daha yoğun suların üstüne yayılmaya başlar. Sıcaklık farkları arttıkça, sirkülasyon daha ziyade üst sularla sınırlı kalır. Böylece yaz durgunluğu denilen ikinci denge periyodu (dengeli tabakalaşma) oluşur ve su, hem sıcaklık hem yoğunluk bakımından doğrudan tabakalaşır. Bu dönem, kuzey yarıkürede Nisan-Kasım periyodunu kapsar. Bu durumda yaklaşık 8 m derinlikteki su hemen hemen durgundur, dip sıcaklığı sabit ve 4°C dolaylarındadır. Yaz mevsimi sonlarında termoklin (geçiş tabakası) gölde aşağı doğru iner (DSİ, 2003).

Sonbahar geldiğinde, yüzey suyu soğuyarak yoğunluğunun artması sonucu dibeye doğru inmeye başlar ve böylece dengeli tabakalaşma durumu yeniden bozulur. Su giderek derinlere iner ve sıcaklık eğimi yaklaşık dikey hale gelir. Bu durumda, yüzeyde dibeye kadar su sıcaklığı hemen hemen eşit hale gelir ve bu sırada büyük bir karışma oluşur. Sonbahar rüzgarları sulardaki sirkülasyon (devridaimi) kolaylaştırdığından, bu durumda büyük sirkülasyon ya da sonbahar alabarası meydana gelir. Yüzey suyu donduğunda, kış durgunluğu hali yeniden oluşur (DSİ, 2003).

Su tabakalaşmasındaki farklılaşma en çok yaz durgunluğu periyodunda görülür. Göl suları üstte sirkülasyon bölgesi epilimnion, alta durgunluk bölgesi (stagnation) ve bu iki tabakanın arasında da geçiş bölgesi (mezolimnion, termoklin) olmak üzere tabakalaşır (DSİ, 2003).

Sirkülasyon bölgesindeki suyun sıcaklığı ve yoğunluğu hemen hemen üniformdur ve rüzgarların neden olduğu akımlar vasıtasıyla yatay olarak ve konveksiyon (sıcaklığın etkisiyle ısınıp hafifleyerek yükselme ve soğuyup ağırlaşarak aşağı inme) akımları tarafından dikey olarak kolayca hareket eder. Bu nedenle yaz mevsiminde bu tabakadaki su büyük ölçüde karışmış halde bulunur. Derinliği 9-15 m arasında değişen bu tabakada suyun sıcaklığı ve çözülmüş oksijen konsantrasyonu en yüksek seviyededir. Bu nedenle sirkülasyon (epilimnion) bölgesinde yoğun biçimde algler ve protozoerler oluşacaktır (DSİ, 2003).

Termoklin denilen geçiş bölgesi derinlik arttıkça sıcaklığın ve çözülmüş oksijen konsantrasyonunun hızla azaldığı ince bir tabakadır. Genel olarak bu bölgede her metre derinlikte su sıcaklığı yaklaşık 1°C düşer. Bu tabaka, üst sıcak su tabakası ve alt (dip) soğuksu tabakası arasında bir bariyer oluşturur. Yaz mevsiminde burada meydana gelen hızlı sıcaklık düşümü sonucu teşekkül eden bu bariyer, rüzgârın etkisi altında kolayca örselenmez. Bu tabakanın üst kısımlarında alglere ve protozoerlere rastlanabilir. Göl tabanına kadar inen durgunluk bölgesindeki (hypolimnion) su genellikle daha soğuktur yatay hareketler çok azdır. Hareketler ise hemen hemen yoktur. Yani burada karışma olayı yoktur ve oksijen konsantrasyonları çok düşüktür. Yüzey tabakasındaki günlük sıcaklık değişimleri, değişken bir mikro çevre meydana getirir (DSİ, 2003).

Moleküler yayılma yavaş olduğunda, gollerin ve benzeri derin suların termal (ısısal) değişimleri çözünmüş gazların konsantrasyonlarındaki değişimlere benzer. Su yüzeyinden enerji ve oksijen emilir, karbondioksit ve diğer çözölmüş gazlar dışarı salıverir. Yüzeyde emilen oksijen, sirkülasyon (epilimnion) bölgesinde dolaşan su yoluyla dağılır, yüzeyi kaplayan hava ile temas yoluyla da CO<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S vb. çürüme gazları salıverilir.

Termoklinde (geçiş bölgesinde) çözönmüş oksijende keskin bir düşme, çürüme gazları konsantrasyonunda ise yükselme mevcuttur. Termoklinin altında çözönmüş oksijen konsantrasyonu minimum bir değere (çoğunlukla sıfıra) düşer, çürümüş gazların konsantrasyonu da maksimum bir değere yükselir. Dip suyundaki çözönmüş oksijenin doymuşluk derecesi, suyun yoğunluğuna ve çürüme işleminin süresine bağlıdır. Çürüme ise, su kalitesi ve dip birikintilerinin ihtiva ettiği organik maddelerin bir fonksiyonudur (DSİ, 2003).

Göl ve rezervuardaki su kalitesinde ve su sıcaklığında dikey bir mevsimsel değişme meydana geldiğinden, en iyi kalitede su çekilebilmesi amacı ile genelde su alma seviyesinin değiştirilmesi gerekmektedir (DSİ, 2003).

Yaz durgunluğu ve daha az derecede de olsa kış durgunluğu sırasında görölen termal tabakalaşmada olduğu gibi kalite değişmesi, alabora döneminde önlenmiş olur. Böylece, alabora döneminde bütün derinliklerdeki suyun kalitesi hemen hemen aynıdır ve bu sırada ortalama kaliteden daha iyi nitelikte su çekimi mümkün olamaz. Bu nedenle alabora dönemler (özellikle sonbahar alaborası ya da uzun alabora) su kalitesinde önemli derecede bozulmalar meydana geldiği dönemlerdir. Bundan başka, alabora süresince, sularında dikey hareketi, ışık seven organizmaların hareketsiz hücrelerini, yerleşik halde buldukları karanlık derinliklerinden yüzeye doğru taşıyabilir. Aynı zamanda, alabora sonucu üst tabakadaki besi maddeleri de alglerin (özellikle diyatomelerin) ve diğer mikroorganizmaların gelişmesini teşvik eder (DSİ, 2003).

Sonuç olarak, ilk ve sonbahar alaboraları sırasında düşey yöndeki karışma işlemi, gün ışığını seven dipteki mikroorganizmaları yüzeye çıkararak, üst tabaka yoğun alg, diyatome vb. mikroorganizmaların hızla gelişmelerine neden olur. Keza yaz durgunluğu sırasında da yeşil algler gelişir. Bu organizmalar ise suda tat ve koku yapar, filtreleri tıkarlar. Kış mevsiminde alglerin teşekkülü söz konusu değildir (DSİ, 2003).

Durgun derin sularda, sıcaklığın etkisi ile çok değişken bir çevre oluşur. Fiziksel anlamda, dikey çevresel değişimler mevsimseldir. Göl ya da rezervuar sularında sıcaklığın etkisi altında mevsimsel tabakalaşma, alabora ve karışım olayları meydana gelir. Kimyasal ve biyolojik anlamda da, gölü besleyen akarsulardan ve direkt yüzeyel akış sularından gelen besleyici elemanların birikiminden dolayı sürekli değişimler vuku bulur. Sonunda, göllerdeki besleyici elemanlarda yoğun biçimde kirlenmiş akarsulardaki kadar fazla miktarlarda net

kümülatif artış meydana gelir. Kentleşme, sanayileşme ve yoğun tarımsal faaliyet göl ve rezervuarlarda bütün değişimleri hızlandırır (DSİ, 2003).

Göl ve rezervuarlara besi maddelerinin dışarı, durgun kesimler içinde besinlerin biriktiği, mikroorganizmaların gelişmesi için elverişli ortamlar oluşturmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyotik koşullar çeşitli besleyici seviyelerini belirler. Kirli akarsularla beslenen saprobik (çürümüş organik maddeli) sistemlerde, özellikle uzun süreden beri kirlenmiş göllerde, besleyicilik derecelerinin dikkatle saptanması gerekir (DSİ, 2003).

Göller, besleyicilik ya da organik madde verimliliği açısından genellikle üç sınıfa ayrılır (1) Oligotrofik (az besleyici) göller. (2) Ötrofik (iyi, çok besleyici) göller, (3) Distrofik (çok az besleyici) göller (DSİ, 2003).

Oligotrofik ( az besleyeci) göller normal olarak derindir. Bu tür göllerin hipolimnionu (dip ya da durgunluk bölgesi) büyük ve soğuktur. Asılı halde ya da dipte az miktarlarda organik madde içerirler. Yıl boyunca tüm derinliklerde oksijen mevcuttur. Planktonlar azdır, yosun türlerin fazlalığına rağmen yosunsal çiçekler nadirdir (DSİ, 2003).

Otrofik (cok besleyeci) goller, cogu kez sıg, bazen da derindedirler. Sıg gollerde az miktarda soğuk su mevcut olabilir. Asılı halde veya dipte fazla miktarlarda organik madde bulunur. Derin tabakalaşmış göllerin besleyiciliği zenginleşmiştir ve hipolimnion (alt durgunluk tabası) az miktarda oksijen ihtiva eder ya da etmez. Plankton sayısı fazladır, algler da yaygın halde bulunur (DSİ, 2003).

Distrofik (cok az besleyeci) goller genellikle sığdırlar ve asılı halde ve dipte bol miktarda organik madde ihtiva ederler. Tabakalaşmış distrofik göllerdeki soğuk sularda genellikle çözünmüş oksijen yoktur. Planktonların miktarı az, algler ise nadiren bulunur. Kalsiyum, fosfor ve azot konsantrasyonları düşük, hümik malzemelerin konsantrasyonu yüksektir (DSİ, 2003).

Zamanla doğal kirlenme ve endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyet gibi çeşitli aktiviteler sonucu olarak, az besleyici (oligotrofik) göller çok besleyici (otrofik) göllere ve çok besleyici (otrofik) göller de çok az besleyici (distrofik) göllere dönüşebilirler (DSİ,2003).

Göllerdeki mevsimsel tabakalaşma ve sirkülasyon su kalitesi tabakalaşmasına da sebep olmaktadır. Göl ve rezervuardaki su kalitesinde ve su sıcaklığında dikey bir mevsimsel değişme meydana geldiğinden, en iyi kalitede su çekilebilmesi amacıyla genelde su alma seviyesinin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle barajlardaki su alma yapıları hareketli olmalı ve istenilen seviyeden su alma imkanı verilmelidir.

4 Eylül Barajı su alma yapısı Talveg kotundan itibaren yaklaşık 19 m yukarıda sabit olarak inşa edilmiştir. İstenilen seviyeden su alma imkanı olmayacağından her mevsim 1354 m deki minimum su kotunda bulunan bu yapıdan su alınacaktır. Yaz aylarında suyun termoklin tabakasının altından alınması önerilir. Ancak sabit su alma yapısında mümkün olmadığından zaman zaman daha düşük kalitedeki suyun alınması önlenemez.



### 5.7.2. Depolamanın su kalitesi üzerindeki etkileri

Uygulamada, 1-2 haftalık kısa süreli biriktirmelerde bile su kalitesinde önemli düzelmeler görülebilir. Genel olarak depolamanın suyun kalitesi üzerindeki etkileri Çizelge 5.6'da özetlenmiştir

**Çizelge 5.6.** Hamsu Depolamasının Su Kalitesi Üzerine Etkileri (DSİ, 2003)

Parametre	Ortalama Azalma Yüzdesi %
Renk	50
Bulanıklık	80
Klorür	0
Oksitlenmiş azot, mg/l	50
Albüminli azot, mg/l	50
Nitrit azotu, mg/l	45
Nitrat azotu, mg/l	20
Emilmiş oksijen	40
Demir	85
Mangan	60
Muhtemel koli	98
Koliform sayımlar (20°C'de 3 günlük)	88

Baraj gölüne giren çözünmez haldeki bazı mineraller, oksijenin az bulunduğu veya hiç oksijen bulunmayan alt tabakalarda çözünebilir hale gelebilir. Bu durum, özellikle, suya kırmızı, kahverengi veya siyah bir renk veren demir ve manganda belirgin şekilde görülür. Çözünmez haldeki Fe (III) ve Mn (IV) rezervuar tabanında demir ve mangan iyonları Fe (III) ve Mn (II) şeklinde çözünerek çökebilir (DSİ, 2003).

Diğer taraftan, besleyiciliği yüksek olan ova sularının depolanması, alglerin gelişmesini çok hızlandırır. (DSİ,2003).

Mısmıl ırmak üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre suyun sertliği 23-30 FS arasında değişmektedir. Mısmıl ırmağı besleyen derelere bakıldığında sertliğin 19-38 FS arasında değiştiği görülmektedir. Ancak baraj göl alanında yapılan ölçümlerde sertlik 16-27 FS bulunmuştur.

Kurak dönemde barajı besleyen dereler baz akımla beslendiğinden, sertlikleri yüksek iken debileri düşüktür. Böylece baraja sertliği yüksek ancak miktar olarak az bir su girişi olur. Ancak yağışlı dönemde dereleri baz akımın yanı sıra yağış suları da besler. Sertlikleri çok düşük olan yüzey suları iyon çözmeden ve sertlikleri çok fazla değişmeden derelere karışır. Böylece göl alanındaki suyun sertliği barajı besleyen derelerden daha düşük olur.

## 5.8. Arıtma Tesisi Kapasitesi ve Yeri

Arıtma tesisi ile ilgili bilgiler aşağıda özetlenmiştir (DSİ, 2003).

### 5.8.1. Arıtma tesisinin kapasitesi

4 Eylül Barajı ve buna bağlı isale ve arıtma tesislerinden 1,57 m<sup>3</sup>/sn lik su içme suyu elde edilecek, bu miktar su ise gelecekteki ihtiyacı rahatlıkla karşılayabilecektir.

Ayrıca ülkemizde nüfus artış hızı eskiye oranla azalma eğilimine girmiştir. Sivas kenti de göç veren görüntüde olup, imar planında 2000 yılı için hedeflenen 500 000 kişi yerine nüfus 251 776–250 000 (hedeflenenin yarısı) olarak gerçekleşmiştir.

Bu durumda Tavra Deresi + Açılan Derin Kuyular ve 4 Eylül Barajı 2040 yılı içme, kullanma ve endüstri su ihtiyacını karşılamaktadır.

İller Bankası'na oluşturulan 3 katlı depo-şebeke sistemi de yapılacak tesislerle entegre ve uyumlu olarak hizmete devam edecektir.

Arıtma tesisinin kapasitesi, barajdan Ø 1400 mm CTP boru ile gelecek 1,57 m<sup>3</sup>/sn debiyi 1. kademe kabul ederek hesaplar yapılmıştır. Buna göre 2020 1. Kademe seçilmiştir.

İleride sisteme 1,57 m<sup>3</sup>/sn'lik ilave bir debi geleceği düşüncesiyle oluşturulan hesaplamalarda 2040 yılı 2. kademe seçilmiştir.

#### 5.8.1.1. Su Arıtma tesisi kapasitesi ve tesis inşaa kademeleri

Su arıtma tesisi kapasitesi 4 Eylül Barajı'ndan gelecek 1,57 m<sup>3</sup>/sn lik (135000 m<sup>3</sup>/gün) debiye göre tespit edilecektir.

Planlama çalışmalarında *maksimum gün/ortalama gün pik faktörü* 1,50 olarak kabul edilmiştir. Buna göre yıllar itibarıyla arıtma tesisinde su arıtma kapasiteleri Çizelge 5.7.'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Arıtma Tesisi Dizayn Kapasitesi (DSİ, 2003)

AÇIKLAMA	HEDEF YILI	KAPASİTE		
		lt/sn	m <sup>3</sup> /saat	m <sup>3</sup> /gün
Ortalama gün	2020	1047	3769	90456
	2040	2093	7535	180840
Maksimum gün (dizayn)	2020	1570	5652	135648
	2040	3140	11304	271296
Maksimum + gün + %10	2020	1727	6217	149213
ilave hidrolik kapasite	2040	3454	12 434	298426

Buna göre tesisin birbirinin eşi ve her birinin 135 000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli iki simetrik ünite grupları şeklinde ve iki kademe de tesis ve inşası uygun olacaktır. Çizelge 5.8.'de arıtma tesisi inşaat kademeleri verilmiştir.

**Çizelge 5.8. Arıtma Tesisi İnşaat Kademeleri (DSİ, 2003)**

ETAP	TESİS PROJE	İNŞAAT		İHTİYAÇ
	KAPASİTESİ m <sup>3</sup> /gün	BAŞLANGIÇ YILI	BITİŞ YILI	KARŞILAMA HEDEF YILI
I	135000	2003	2005	2020
II	135000	2022	2025	2040
Toplam	270000	-	-	2040

#### 5.8.2. Arıtma tesisinin yeri

Bir arıtma tesisi yer seçiminde dikkate alınması gereken hususlar genelde aşağıdakileri içermektedir (DSİ, 2003).

- 1- Yeterli miktarda ve makul fiyatlarla satın alınabilecek yerleşim sahasının bulunması,
- 2- Tesis yerleşiminde pahalı düzenlemeleri zorunlu kılmayacak bir tesis yerleşim sahası şeklinin varlığı,
- 3- Yerleşim sahasının fiziki özellikleri; topografya, drenaj, yeraltı suyu ve temel zemin şartları yönünden çözümlü güç ve pahalı sorunların bulunmaması,
- 4- Emniyetli enerji temini olanaklarının mevcudiyeti,
- 5- İnşaat sırasında inşaat araç, gereç ve malzemelerinin, tesis işletmeye açıldıktan sonra ise kimyasal maddelerin ikmali için tesise yeterli ulaşım imkanlarının bulunması,
- 6- Arıtma atıklarının, çevre sorunu oluşturmayacak şekilde, bertaraf imkan ve kolaylıklarının mevcudiyeti,
- 7- Tesis yerleşim sahası istimalının herhangi bir sosyal ve sosyo-psikolojik sorun oluşturmaması,
- 8- Tesis yerleşim sahasının doğal güzelliği,
- 9- Sivil savunma bakımından uygun bir yer olması, örneğin askeri hedeflerden uzak bulunması,
- 10- Gerek su dağıtım şebekesi, gerekse kaynak ve isale tesislerinin işletme ve bakım kararlarının su arıtım tesisi işletme ve bakım kararlarıyla koordinasyonuna imkan veren konumda bulunması,
- 11- Yeterli sayıda ve özellikle işletme ve bakım personeli temininde kolaylıklar sağlayacak bir mevkide bulunması.

Sivas Su Arıtma Tesisi yerini belirleyen birinci faktör, 4 Eylül Barajında su seviyesi minimum işletme seviyesinde iken, projelendirilen depoya maksimum günlük su sarfiyatının cazibe ile isalesini sağlayacak bir konumda olmasıdır. Bu koşul dikkate alınmak kaydıyla, oldukça kısa olan isale güzergahı boyunca arıtma tesisinin yerleşeceği alanlar arazide yerinde değerlendirilmiş ve 1987 yılında Sutes Proje Taahhüt Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'nin önerdiği yer uygun görülmüştür.

Seçilen alan yukarıda 11 maddede sıralanan faktörlere göre değerlendirildiğinde şu hususlar ortaya çıkmıştır.

Seçilen alan nazım imar hudutları dahilinde yer almakla birlikte, meskun saha dışında hali arazi şeklindedir. Halen kuru ziraat yapılan tarla durumundadır. İl hududunun hemen içinde yer aldığı halde gelişme bölgelerinin en uç kesiminde yer aldığı için istimalak açısından herhangi bir sosyal ve fiziki sınırlama mevcut değildir. Sahada yeraltı suyu problemi yoktur. Arıtma atıklarının ve proses taşkın sularının rahatlıkla ve ekonomik bir biçimde tesisten uzaklaştırılması bakımından yazın bir kuru dere görünümünde olan ancak kesiti itibarıyla söz konusu atıkları rahatlıkla taşıyabilecek kapasitedeki Bağrısak Deresi'ne bitişiktir. Tesise iki ayrı noktadan yüksek gerilim enerji ikmali olanakları mevcuttur. Sivas şehrine hakim ve çevre düzeni bakımından cazip bir konumdadır. Şebekenin ana ünitelerinde olan mesafesi itibarıyla rahatlıkla şebeke yönetim ve denetim koordinasyonu bu noktadan yapılabilir. Planlama safhasında askeri tesislere bitişik olarak seçilmiş olan yerleşim yeri doğuya kaydırılmak suretiyle sivil savunma açısından sakıncalı durumu giderilmiştir.

Sivas şehir merkezine yaklaşık 4 km mesafededir. Şehrin meskun sahasına uzaklığı yaklaşık 1-1,5 km mertebesindedir. Bu itibarla şehre hiçbir ulaşım sorunu olmadığı gibi, kalifiye işletme ve bakım personelinin temini ve belediye ile iletişim ve koordinasyon açısından hiçbir sorunu bulunmamaktadır. Jeofizik koşullar açısından yüzeysel jeolojik değerlendirmelere göre önemli bir sorun bulunmamaktadır. Topografya % 10-15 tatlı meyillidir.

Önerilen arıtma süreci EK-7'de, arıtma tesisi yerleşim planı Ek - 8 da ve arıtma tesisi akım şeması Ek - 9 de verilmiştir.

### 5.9. İçme Suyu Arıtma Tesislerinde Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Oluşumu

İçme suyu arıtma tesislerinde uygulanan dezenfeksiyon işleminin amacı, tesiste ve dağıtım şebekesinde mikroorganizma büyümesini engellemek ve dolayısıyla halkı su yolu ile bulaşan hastalıklardan korumaktır. Bununla beraber, dünyada ve Türkiye’de pek çok içme suyu arıtma tesisinde dezenfektan olarak kullanılan klorun, baraj sularındaki doğal organik maddelerle (DOM) reaksiyona girerek “dezenfeksiyon yan ürünleri (DYÜ) olarak tanımlanan klorlu-organik bileşiklerin oluşumuna yol açtığı 1970’lerden beri bilinmektedir. Buna rağmen klor, ucuz bir dezenfektan olması ve dağıtım şebekesinde bakiye bırakması nedeniyle günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Cangir ve diğ., 2003).

Dezenfeksiyon yan ürünleri, organik moleküldeki aktif kısımların halojen olarak adlandırılan klor, brom veya iyot ile yer değiştirmesi sonucunda meydana gelmekte olup, başlıcaları trihalometanlar (THM), haloasetik asitler (HAA) ve haloasetonitriller (HAN)’dir. Trihalometanların oluşma sürelerinin daha iyi biliniyor olması, sağlığa olan riskleri hakkında daha fazla bilgi bulunması ve ölçüm metodlarının iyi anlaşılması, kolay uygulanabilir olması DYÜ’ler arasında en fazla araştırılan bileşikler olmasını sağlamıştır. En sık rastlanan trihalometan bileşikleri; kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), bromodiklorometan ( $\text{CHBrCl}_2$ ), dibromoklorometan ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ) ve bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ) olarak sıralanmakta olup, genellikle toplam olarak ifade edilmektedir (Cangir ve diğ., 2003).

#### 5.9.1. Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumuna etki eden faktörler

**pH’in yan ürün oluşumuna etkisi :** Genel olarak suyun pH değerindeki artış yan ürünlerinde artışına neden olmaktadır. Suların arıtılması sırasında pH değerindeki artış bu sulara daha yüksek konsantrasyonlarda trihalometan bulunmasına neden olmaktadır. Ancak, THM ler dışındaki çoğu halojenli dezenfeksiyon yan ürünleri, alkali ortamda hidroliz oldukları için, yüksek pH değerleri toplam halojen oluşumunda bir azalmaya sebep olmaktadır.

**Dezenfeksiyon süresinin etkisi :** Trihalometanlar ve haloasetik asitlerin (HAA) oluşumları dezenfeksiyon süresi arttıkça artar. Buna paralel olarak, dağıtım sisteminde serbest klor bakiyesi bulunduğu sürece trihalometan oluşumu devam eder. Buna karşılık, bazı halojenli dezenfeksiyon yan ürünleri (haloasetonitriller ve haloasetonlar) yalnızca klorlama sırasında oluşabilir. Bunlar daha sonra dağıtım sistemindeki, serbest klor kalıntıları ile sürekli reaksiyona girerek ve hidroliz olarak azalır. Bu nedenle klorlama işlemlerinin mümkün olduğunca kısa süre içinde yapılması önerilmektedir.

**Sıcaklığın etkisi :** Yaz aylarındaki yüksek sıcaklık, dezenfeksiyon yan ürün bileşiklerinin oluşum reaksiyonunu hızlandırmaktadır. Bunun sonucu olarak dezenfeksiyon klor ihtiyacı ve uygulanan klor dozu yaz aylarında dezenfeksiyon yan ürünlerinin miktarında da belirgin bir artış görülür.

**Klor dozunun etkisi :** Klor dozu arttırıldıkça, suda bulunan organik madde miktarıyla orantılı olarak dezenfeksiyon yan ürünlerinin miktarında da artış gözlenmektedir. Yüksek klor dozları, trihalometanlara oranla daha çok uç halojenli haloasetik asitlerin artışına neden olmaktadır. Bu nedenle dezenfeksiyon işlemlerinde aşırı klor dozundan kaçınılması gerekir (Yalçın ve Gürü, 2002).

### 5.9.2. Dezenfeksiyon yan ürünleri sınır değerleri

Avrupa birliğinin doğrudan THM ler için zorunlu bir direktifi olmamasına rağmen, birlik üyesi bazı ülkeler bu konuda ulusal standartlar oluşturmuşlardır. İngiltere’de 100 µg/L olan bu limit, Almanya ‘da 25 µg/L’dir. Dünya Sağlık Teşkilatı standartlarında, dezenfeksiyon yan ürünleri için ayrı ayrı değerler vermiştir (Çizelge 5.9) (Yalçın ve Gürü, 2002).

**Çizelge 5.9.** Dezenfeksiyon Yan Ürünleri İçin Sınırlamalar (WHO)

Dezenfeksiyon yan ürünleri	Limit değerler, µg/L
<b>Trihalometanlar (THM’ler)</b>	
Kloroform	200
Bromodiklorometan (BDCM)	60
Dibromoklorometan (DBKM)	100
Bromoform	100
<b>Haloasetik Asitler (HAA’lar)</b>	
Monokloroasetik asit	50
Dikloroasetik asit	50
Trikloroasetik asit	100
<b>Haloasetonitriller (HAN’lar)</b>	
Dikloroasetonitril (DCAN)	90
Trikloraasetonitril	1
Dibromoasetonitril	100
<b>Siyanürlü halojenler</b>	
Siyanür klorür (CN olarak)	70
<b>Aldehitler</b>	
Trikloroaetaldehit	10
<b>Klorofenaller</b>	
2- klorofenol	-
2,4- diklorofenol	-
2,4,5- triklorofenol	200

### 5.9.3. Trihalometanların oluşumu

Doğal su ortamında çeşitli organik maddeler bulunmaktadır. Bu organik maddeler (kirleticiler);

- Tabii maddeler
- Sentetik maddeler

-Sonradan arıtma ve dağıtma kademelerinde oluşan organik maddeler olarak üç grupta sınıflandırılabilir. Doğal ortamda bulunan bu maddeler hüyük asitler, lignin, polinükleer aromatik hidrokarbonlar, pestisit ve herbisitler, deterjanlar, petrokimyasal ürünler, halojenli hidrokarbonlar olarak örneklenir. Bu maddelerden hüyük asit önemli bir yer tutmaktadır. Hüyük asitler karbonhidrat, protein gibi organik maddelerin bozunmasının son ürünleridir. Su kaynaklarında eser miktarlarda bulunmaktadır.

Tabii ve sentetik maddelerin yanı sıra içme suyu arıtma tesislerinin koagülasyon – Flokülasyon üniterinde ve özellikle dezenfeksiyon kademesinde organik kirleticiler oluşmaktadır. Bu ürünler organik maddenin aktif kısımlarının klor, brom gibi halojenler ile yer değiştirmesi sonucu oluşmaktadır. Genel bir ifadeyle, bu oluşum arıtma işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerle ortamda bulunan organik maddelerin reaksiyonu sonucu gerçekleşmektedir. (Malkoç, Acar, 2002).

### 5.9.4 Trihalometanların etkisi

Son yıllarda ABD ve Avrupa'da yapılan çeşitli araştırmalar, suların arıtılması sırasında organik kirleticilerin oluştuğunu göstermiştir. Oluşan bu maddeler, eser miktarlarda da olsa etkileri bakımından halk sağlığını ilgilendirmesi yönünden önemle üzerinde durulması gereken kirleticiler sınıfını oluşturmaktadır. Bunların özellikle insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunduğu belirtilmekte ve bu maddeler ve bazı hastalıklar arasında ilişki kurulmaktadır (Malkoç, Acar, 2002).

ABD ve Avrupa'da içme suyu standartlarında kirletici madde olarak yer alan THM'lar için limit değerler belirlenmiştir. ABD Çevre Koruma Örgütü'ne (EPA) göre içme suyu arıtma tesislerinin çıkışlarındaki yıllık ortalama değer olarak toplam THM konsantrasyonu 80 µg/L'dir. Bu limitin 2000 yılından itibaren 40 µg/L'ye indirilmiştir. Avrupa'da ise kloroform için 40 µg/L, bromodiklorometan için 15 µg/L limit değerler söz konusudur (Malkoç, Acar, 2002).

Yüzeysel sular, hüyük ( tabii ) maddeler gibi organik materyaller açısından zengin olduğundan, klorlama aşamasında ortaya çıkan yan ürünlerin kanserojen ve mutajenik madde oldukları ( Koivusalo, 1994 ) 1980'li yıllardan sonra araştırma konusu olmuştur. Birçok çalışmada, insanlarda potansiyel kanser riskinin içme sularında trihalometanların varlığı ile ilişkilendirildiği görülmektedir.

Trihalometanların sağlık üzerine olan tesirlerinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmalarda, kloroformun farelerde kansere sebep olduğu belirlenmiştir. Ferreira'nın yapmış olduğu çalışmalarda, trihalometanların kanseri meydana getirme mekanizmasının kanseri başlatıcı mı yoksa ilerletici mi oldukları araştırılmış ve kanseri ilerletici oldukları belirlenmiştir.

Kanada'da 66 merkezde yapılan içme suyu analizlerine bağlı olarak, kloroform ve toplam trihalometanların, önemli derecede klor miktarıyla ilişkisi olduğu ortaya konulmuştur. Erkekler üzerinde yapılan araştırmalarda, toplam organik karbon ile bağırsak kanseri arasında ve klor ile mide kanseri arasında bir ilişki olduğu görülmüştür.

İçme suyunda düşük seviyelerde bulunan trihalometanlara uzun süre maruz kalınmasıyla sindirim sistemi kanseri arasında bir ilişki kurulmaktadır. Ayrıca yapılan araştırmalara göre, klorlanmış sı içenlerin bağırsak ve mesane kanserine yakalanma risklerinin klorlanmamış su içenlere oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

THM'lerin yanı sıra THM'lerin oluşumuna sebep olan organik maddelerin de renk, koku oluşturmaya, zehirlilik, birikicilik gibi etkileri bulunmaktadır (Malkoç ve Acar, 2002).

#### 5.9.5. Trihalometanların kontrolü ve giderimi

THM'lar arıtma sürecinde klorlama sırasında oluştuklarından, arıtma tesislerinde basit modifikasyonlar ve uygulamalar yapılarak oluşumların önlemek ya da oluşumlarının miktarını azaltmak mümkün olmaktadır. Bu amaçla, aşağıdaki alternatifler önerilmektedir (Yetiş ve Çapar, 2002).

- 1- Ham su kalitesinin korunması;
- 2- Tesiste kullanılan klor miktarının, özellikle ön klorlama aşamasında azaltılması,
- 3- Klor uygulama noktasının değiştirilerek, koagülasyon-flokülasyon-filtrasyon aşamalarında gerçekleştirilen doğal organik madde gideriminin ardından uygulanması,
- 4- pH kontrolü ile THM oluşumunun ve doğal organik madde gideriminin optimize edilmesi,
- 5- Oluşan THM'lerin giderilmesi.

Dezenfeksiyon yan ürünü derişimlerinin, ham su içindeki alg bütütmesi ile ilişkili olduğundan, alg oluşumuna ve miktarına bağlı olan ham su kalitesinin korunması gerekmektedir. Bunun için, nitrüentleri tutan yağmur suyu toplama havuzlarının ve toprak kullanımının kontrolü, su kaynağı olarak kullanılan havuzların geliştirilmesinin sınırlanması, su kaynağında havalandırma sistemlerinin yerleştirilmesi ve havadaki besin döngüsünü kontrol eden programların oluşturulması gibi önlemlerin alınması gerekmektedir.



Klora alternatif olarak önerilen dezenfektanlar arasında; klor dioksit, kloraminler ve ozon yer almaktadır. Ancak, bunlar da çeşitli yan ürünlerin oluşmasına neden olmaktadır. Ozon, iyi bir dezenfektan olmasının yanı sıra; suda bakiye bırakmaması nedeniyle dağıtım şebekesinde suya başka bir dezenfektan eklenmesini gerektirmektedir. Klorla oranla pahalı olması da önemli bir dezavantajdır. Mükemmel bir dezenfektan olan klor dioksit, genelde klorlu yan ürünleri oluşturan doğal organik maddeler ile reaksiyona girmemekte, bu nedenle kanserojen dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu en aza inmektedir. En büyük dezavantajı ise, stabil olamaması ve sahada üretilemeyi gerektirmesi olarak bilinmektedir. Klordan daha az etkili bir dezenfektan olan kloraminler, THM kontrolünde alternatif oluşturmaları nedeniyle, giderek daha fazla kullanılmaktadır (Yetiş ve Çapar, 2002).

Doğal organik madde giderim yöntemleri; ileri koagülasyon, granül aktif karbon adsorpsiyonu, kimyasal oksidasyon ve nanofiltrasyon veya ters ozmoz gibi membran prosesleri olarak sıralanabilir (Yetiş ve Çapar, 2002).

4 Eylül Barajı içme suyu arıtma tesisinde ön klorlama ve son klorlama üniteleri mevcuttur. On ozonlama için ise daha sonra ihtiyaca göre yapılabilmesi için yer bırakılmıştır. Bu durumda arıtmaya giren suda organik madde bulunması durumunda ön klorlamadan itibaren trihalometan oluşumu görülebilir. Bu nedenle tesisi işletmeye alındığından itibaren düzenli olarak çıkış suyunda trihalometan analizleri yapılmalıdır.

Arıtma giriş suyunda organik madde miktarı yüksektir. Bu sebeple ön dezenfeksiyonun ozon ile yapılması gerekmektedir. Arıtma sırasında organik maddeyi en aza indirecek koagülant seçilerek giderimi sağlanmalı ve son dezenfeksiyonda klor kullanılmalıdır. Ozonun bakiye bırakmaması nedeniyle klor son dezenfeksiyonda kullanılmalıdır.

### 5.10. Hamsu Kalite Parametreleri ve Artılmış Su Kalitesi

4 Eylül Barajından isale edilen hamsu üzerinde bugüne dek yapılmış bulunan su kalitesi analiz sonuçlarına göre (Çizelge 5.10.) düzeltilmesi gereken hamsu kalite parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri belirtilmiştir (DSİ, 2003).

**Çizelge 5.10.** 4 Eylül Barajından İsale Edilen Hamsu Üzerinde Bugüne Dek Yapılmış Bulunan Su Kalitesi Analiz Sonuçları

PARAMETRE	Analizlerde Bulunan		Karşılaştırılması Muhtemel Değer Kabulleri
	Minimum Değer	Maksimum Değer	
Bulanıklık (NTU)	1	530	100
Renk (Pt-Co skalası birim)	1	5	50
pH	7.2	8.5	7.5-8.5
Toplam Sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	160	570	320
Demir	0	1.06	0.5
Mangan	0	0.27	0.2

Esas itibariyle, yukarıda belirtilen kalite parametre sınırlarının hiçbiri, seçilecek konvansiyonel tipteki bir su arıtma tesisi projesi çerçevesinde önemli bir sorun oluşturacak seviyede değildir (DSİ, 2003).

#### 5.10.1. Artılmış su kalitesi

Artılmış su kalitesi aşağıda belirtilen parametreler için Türk İçmesuyu Standartlarına ve Avrupa Birliği Standartlarına uygun olacaktır. Ana parametreler için artılmış su değerleri aşağıda verilmiştir.

##### a) Organoleptik özellikler :

- Koku : Tüketici tarafından hissedilmeyecek derecede kokusuz.  
Tat : Tabii su lezzetinde

##### b) Fiziksel özellikler :

- Bulanıklık : 1-5 NTU  
Renk : 1-5 Pt-Co  
Sıcaklık : 12-25 C

##### c) Kimyasal özellikler:

- pH : 6,5-8,5

## Toplam

Demir	: 0,05-0,3 mg/l
Mangan	: 0,02-0,1 mg/l
Alüminyum	: 0,05-0,2 mg/l

## Toplam

Sertlik	: 30 FS
Serbest Bakiye Klor	: 0,1 mg/l

## d) Toksik Maddeler :

Mevcutiyetleri halinde Avrupa Birliği Standartlarında belirtilen değerlerin altında

## e) Bakteriyolojik Özellikler:

Koliform yok.

## f) Biyolojik Özellikler :

Artılmış suda görülen ve sağlığa zararlı parazit larva ve yumurta vb. hayvansal ve bitkisel organizmalar bulunmayacaktır (DSİ, 2003)

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Türkiye genelinde 3215 belediyeden ihtiyacının tamamını yer altı suyundan karşılayan iller sayı olarak toplamın %65'ini, ihtiyacının tamamını yüzey suyundan karşılayan iller sayı olarak toplamın %15'ini, ihtiyacının bir kısmını yer altı suyu bir kısmını da yüzey suyundan karşılayan iller ise toplam il sayısının %20'sini oluşturmaktadır. Aynı konuda, illerin nüfusları dikkate alınarak benzer bir değerlendirme yapılması durumunda, yukarıdaki yüzde oranları sırasıyla %30, %50 ve %20 değerlerini almaktadır. Nüfusu fazla olan İstanbul, İzmir ve Ankara gibi büyük illerin içme suyu ihtiyaçlarının yüzey suyundan karşılanıyor olması nedeniyle il sayısı ile il nüfusları baz alınarak yapılan değerlendirmeler arasında önemli farklılıklar gözlenirken, ihtiyacının bir kısmını yeraltı suyundan, bir kısmını da yüzey suyundan karşılayan iller için il sayısı ile il nüfusu değerlendirmelerinde herhangi bir farklılık gözlenmemektedir.

İl bazında ihtiyacını yer altı suyundan karşılayan toplam nüfus 11.228.182 kişidir. Söz konusu bu nüfusun %80'i ihtiyacını kuyular yoluyla, %20'si ise kaynak kaptajı şeklinde karşılamaktadır. Benzer bir değerlendirme Türkiye'deki tüm belediyeler için yapıldığında, mevcut belediyelerin %49'u içme suyu ihtiyacını kuyular kullanarak, %43'ü kaynak kaptajı şeklinde, %8' ise yüzey sularından (akarsu, göl, gölet ve baraj gibi) karşılamaktadır. İçme suyu temininde, alternatif kaynaklardan en ekonomik olanı kaynak kaptajıdır. Kaynak çıkış noktasının yerleşim biriminden daha yüksek kotlarda yer alması durumunda, kaynak kaptajı ve isale hattı gibi ilk yatırım masrafları dışında herhangi bir masrafının bulunmaması ve aynı zamanda kirlenme riskinin de az olması nedeniyle, özellikle nüfusu az, küçük yerleşim birimlerinde birinci derecede tercih edilen alternatif olarak görülmektedir. Kaynak sularının miktar olarak yeterli olmaması durumunda, ikinci alternatif olarak yine yer altı suları tercih edilmekte ancak maliyet açısından biraz daha pahalı olan kuyularla su temini yoluna gidilmektedir. Nüfusun çok fazla olduğu büyük şehirlerde ise mevcut yer altı suyu kaynakları ihtiyacı karşılamada yeterli olmadığı için zorunlu olarak yüzey suyu kaynaklarından yararlanılmaktadır.

1- Sivas'ın içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan Tavra vadisine alternatif bir kaynak bulmak gerekmektedir. Su temininde alternatif olarak düşünülebilecek kaynaklardan biri Kızılırmak'tır. Kızılırmak çok tuzlu ve jipsli araziden çıkmakta ayrıca güneyden katılan kollarından Kızılırmak'a 4 büyük kaynak karışmakta olup bu sulardan dolayı sertliği ve tuzluluğu artmaktadır. Kızılırmak'ın EC si yaklaşık 5500 civarında olup bu değer kullanılamaz su sınıfına girmektedir.

2- Diğer bir alternatif Pirkinik havzasıdır. Bu havzadan çıkan yeraltı suyunda jipslerin erimesi sonucu yoğun sülfat bulunmaktadır.

3- Bir başka kaynak Yukarı Yıldız Havzasıdır. Bu havzada bulunan Kaynarca kaynaklarının ve Gaziköy Kaynağı'nın Sivas kentine içme suyu olarak verilebilmesi için, bu kaynakların kaptaja alınarak suların çelik borularla 1315 m kotundaki toplama odasına cazibe ile iletilmesi planlanmıştır. Burada toplanan sular, yaklaşık 5 km mesafede ve 1460 m kotundaki toplama odasına terfi ettirilecek, daha sonra ise 22.5 km mesafedeki Tavra vadisinin kuzeydoğusunda bulunan 1450 m kotundaki mevcut depoya cazibe ile akıtılacaktır. Bu kaynaklardan Tavra deposuna iletilebilecek maksimum su miktarı 800 l/sn'dir

Bu üç kaynağın sularının karışması halinde (Kaynarca-1, Kaynarca-2, Gaziköy-1) karışım suyunun sertliği 50 FS olacaktır. Kaynak sularının Tavra vadisi yeraltı suyu ile karıştırılması halinde ise 40 FS olacaktır.

Yukarı Yıldız Havzasında ki kaynak suları içme suyu kalitesi açısından uygun olsada yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetinin yanı sıra kesin çözüm olmaması nedeniyle tercih edilmemiştir.

4- İçme suyu ihtiyacını karşılamak için alternatif olarak düşünülen bir diğer kaynakta 4 Eylül Barajıdır. Çeşitli nedenlerden dolayı uygun olmayan diğer kaynakların haricinde son çare olarak 4 Eylül Barajı düşünülmüştür. Barajın Sivas ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını uzun yıllar karşılayacağı düşünülmektedir.

5- 4 Eylül Barajı koruma alanı içinde bazı yerleşim alanları bulunmaktadır. Bunlardan Kolluca köyü baraj suyunun yükselmesiyle birlikte sular altında kalacaktır. Bu köyün mutlak suretle baraj koruma alanı dışına taşınması gerekmektedir.

Günören köyünün kanalizasyon çalışması 2006 yılında başlayacak olup Tokuş köyünün kanalizasyon yapımı ise halen devam etmektedir. Karaçayır ve Başbüyük köylerine ait kanalizasyon projeleri tamamlanmış ancak yapım tarihleri belirlenmemiştir. Mutlak koruma alanı içinde kalan Kolluca köyünün kaldırılacağı düşünüldükte burada herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Uzun mesafeli koruma alanı içinde yer alan Çatalca ve Mermer köylerine ait bir çalışma henüz yapılmamıştır. Baraj koruma alanı içinde yer alan köylerden gerek nüfus sayısı olarak gerekse küçük ve büyük baş hayvan sayısı itibarıyla en büyüğü Kızılca köyüdür.

Koruma alanı içerisinde bulunan Kızılca köyünün atıkları kanalizasyonla toplanarak soğuk çermikte yapılan paket arıtmaya verilecektir. Soğuk çermik kanalizasyonu ile birlikte paket arıtmadan geçirilen atık su barajın mansap kısmına verilecek ve böylece baraj suyuna olası olumsuz etkisi ortadan kaldırılacaktır.

6- Barajı besleyen Mısımlı İrmak üzerinde 1964-1994 yılları arasında yapılan aylık ölçümlerde, 1970, 1975, 1978 yıllarının Ağustos ve 1979 yılının Eylül ayında derenin kuru olduğu görülmektedir. Mısımlırmağa gelen aylık maksimum debi 39.900.000 m<sup>3</sup> olup, 1980 yılı Nisan ayında gelmiştir.

Yıllık toplam akım miktarı ise; minimum 12.400.000 m<sup>3</sup> ile 1994 yılında gerçekleşirken, maksimum akım 74.850.000 m<sup>3</sup> olup 1980 yılında gelmiştir. Yapılan ölçümlerde Mısmıl ırmağa gelen yıllık ortalama akım miktarı 37.050.000 m<sup>3</sup> tür.

7- 10.10.2003 ile 31.12.2004 tarihleri arasında baraj göl alanına 9.330.600 m<sup>3</sup> su girişi olmuştur. Bu miktar Mısmıl ırmak üzerinde yapılan 30 yıllık ölçümlerin ortalamasının çok altındadır. 29.09.2005 tarihine kadar göldeki su hacmi 15.887.000 m<sup>3</sup> tür. Buna göre son yıllarda baraja gelen su miktarının genel ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

Sivas ilinin yıllık su tüketim miktarı yaklaşık 25.000.000 m<sup>3</sup> tür. Barajdan alınan suyun şebekenin yaklaşık % 50 sini besleyeceği düşünüldüğünde baraj gölünde bulunan su rezervinin minimum debi gelmesi durumunda bile ihtiyaca cevap vereceği görülmektedir.

8- Baraj ve çevresindeki derelerden alınan numunelerin analiz sonuçlarından baraj suyunun arıtılmadan kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır. Barajdan alınacak olan su, içme suyu arıtma tesisine gelecek ve arıtılan su şehir şebekesine verilecektir. İçme suyu arıtma tesisinde; ön klorlama, hızlı karıştırma, flokleştirme, durultma, hızlı kum filtreleri, son klorlama ve çamur arıtma üniteleri yer alacaktır. Arıtma tesisinden çıkan ve 25.000'lik depoya gelen su kot itibarıyla ancak şehrin alt kotunu (1350 m kotunun altında kalan) besleyebilmektedir. Şu an kolej deponun beslediği şehrin alt kısımları arıtma tesisinin işletmeye alınmasıyla birlikte baraj suyundan beslenebilecektir. Şehrin orta ve üst kotları yine Tavra deresinden gelen sular ile beslenmek zorundadır. Şehrin alt kot şebekesinden faydalanan nüfus yaklaşık 130.000 kişidir. Bu oran Sivas nüfusunun yaklaşık % 51 dir ( 2000 yılı nüfus sayımlarına göre).

9- Bu verilerle arıtma tesisinin tamamlanmasıyla birlikte şehrin yaklaşık yarısının ihtiyacını Tavra deresinden karşılayacağı diğer yarısının ise 4 Eylül barajından temin edilen su ile ihtiyacını karşılayacağı görülmektedir. Böylece Tavra deresindeki kuyulardan çekilen su eskiye oranla daha az olacaktır.

10- 4 Eylül Barajı su alma yapısı Talveg kotundan itibaren yaklaşık 19 m yukarıda sabit olarak inşa edilmiştir. İstenilen seviyeden su alma imkanı olmayacağından her mevsim 1354 m deki minimum su kotunda bulunan bu yapıdan su alınacaktır. Yaz aylarında suyun termoklin tabakasının altından alınması önerilir. Ancak sabit su alma yapısında mümkün olmadığından zaman zaman daha düşük kalitedeki suyun alınması önlenemez.

11- DSI'den alınan bilgiye göre barajın inşaat maliyeti 2005 fiyatlarına göre 54.697.359 YTL ve içme suyu arıtma tesisinin maliyeti ise 8.942.619 YTL dir. Arıtma tesisi kapasitesinin 1,57 m<sup>3</sup>/sn olduğu düşünüldüğünde suyun m<sup>3</sup> birim maliyeti yaklaşık 17 kuruş olacaktır. Bu fiyata arıtma tesisi işletme giderleri dahil değildir. Yukarıdaki hesaplamada arıtma tesisinin 30 yıllık ömrü ve bu süre içinde tüketilen su miktarı baz alınmıştır.

12- Tavra deresi ile barajın ortaklaşa şebekeyi beslemesiyle uzun yıllar Sivas'ta içme suyu sıkıntısı olmayacağı düşünülmektedir.

## 6.2. Öneriler

1- Barajın mutlak koruma alanı içinde kalan Kolluca köyünün baraj koruma alanı dışında bir yere taşınması gerekmektedir.

2- Köy hizmetleri baraj koruma alanı içinde kalan yerleşim yerlerinde kanalizasyon çalışması yapmakta ve fosseptiklerde dinlenerek savaklanan sular araziye verilerek doğal arıtım yapmaktadır. Köy hizmetleri tarafından bu fosseptiklerin ve atıksuyun verildiği arazinin etüdü iyi yapılmalı ve yeni bir kirliliğe yol açmaması için takip edilmelidir.

3- Baraj koruma alanı içinde kalan köylerdeki asıl problem kanalizasyon bertarafından ziyade hayvan gübrelerinin gelişigüzel atılmış olmalarıdır. Söz konusu bu gübreler özellikle yağışlı dönemlerde yüzey suları ile yıkanıp dereler vasıtasıyla baraj gölüne kadar ulaşabilmektedir ve organik kirlenmeye sebep olmaktadır. Bu atıklar (hayvan gübreleri) geçirimsiz depolama yapılarında biriktirilerek uygun bertarafı (anaerobik üretim-metan gazı üretimi ve/veya gübre olarak kullanımı gibi...) sağlanmalıdır. Böylece yüzeysel akışla derelere ulaşması önlenmiş olur.

4- Koruma alanı içinde yeralan köylerde yapılan tarımsal faaliyetlerin işlerinin kontrol altına alınması gerekmektedir. Buralarda kullanılan pestisitlerin derelere karışması ve kirliliğe sebep olması önlenmelidir.

5- İçme suyu arıtma tesisi işletmeye alındıktan sonra mutlaka çıkış suyunda trihalometan değerleri ölçülmeli ve bu değerlerin sınır değerleri aşması halinde ön dezenfeksiyonun ozon ile yapılması gerekmektedir. Ayrıca giriş suyundaki organik madde miktarının yüksek çıkması halinde koagülant iyi seçilmeli ve arıtma sırasında organik maddenin giderimi sağlanmalıdır. Son dezenfeksiyon bakiye bırakması nedeniyle klor ile yapılmalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

Cangir, T. B., Çapar, G., Dilek, F., Yetiş, Ü., 2003, Ankara İçme Suyu Dağıtım Şebekesinde Trihalometanlar, Çevre Bilim & Teknoloji Dergisi, Cilt I, Sayı 3, ss39-46.

Değirmenci, M., Cerit, O., Kaçaroglu, F., 1996, Sivas Yakın Doğusu Jips Karst Alanının Tektonik Özellikleri: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Cilt II, ss. 521-530

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1988, Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı, Resmi Gazete 9.9.1988, sayı 19919.

Çiner, F., 1993, Sivas Kentinde İçme Sularının Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi): Cumhuriyet Üniv. Fen Bil. Enst., Sivas, 65 s.

Değirmenci, M., 1995, Kızılırmak'ın Sivas Civarındaki Kesiminin Doğal Sular ve Kentsel Atıksularla Kirlenmesi: Hacettepe Üniversitesi Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çevre Bilimleri Dergisi, sayı 2, s. 9-32.

Değirmenci, M., Kaçaroglu, F., Cerit, O., 1996, Jipsli Havzalarda Karşılaşılan Kalite Problemleri (Sivas Örneği): Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Cilt II, s. 521-530

Değirmenci, M., 2004, Türkiye'de İçme Suyu Temini ve Altyapı Tesislerindeki Mevcut Durumun Değerlendirilmesi, Sivas 1.Ulusal Çevre Kongresi Bildiriler Kitabı ss. 153-163, Sivas

DSİ, 1989, Pirkinik Havzasının Hidrojeolojik Durumu ve Yeraltı Suyu Potansiyeli: DSİ XIX. Bölge Müd. Sivas

DSİ, 1992, Sivas-Tavra Deresi Acil İçme Suyu Temini Projesi: DSİ XIX. Bölge Md. Sivas

DSİ, 1995, Sivas İli Mısırlırmak Akım Verileri Raporu: DSİ XIX. Bölge Md. Sivas

DSİ, 2000, Sivas Çevresindeki Atıksuların Analiz Sonuçları Raporu: DSİ XIX Bölge Md. Sivas



DSİ, 2001, Sivas İli'nin Mevcut Su Potansiyeli: DSİ XIX. Bölge Md. Sivas, 4 s.

DSİ, 2003, Sivas 4 Eylül Barajı Koruma Havzası İçinde Kalan Soğuk Çermik ve Kızılca Köyü Kanalizasyon Toplayıcı ve Kolektör Hattı Tatbikat Projesi: DSİ XIX Bölge Md. Sivas,

DSİ, 2003, Sivas 4 Eylül Barajı Koruma Havzası İçinde Kalan Soğuk Çermik ve Kızılca Köyü Kanalizasyon Toplayıcı ve Kolektör Hattı Tatbikat Projesi: DSİ XIX Bölge Md. Sivas, 4-510-13 s.

Kaçaroglu, F., Şahin, M., 1994, Tavra Vadisinin (Sivas Kuzeyi) Hidrojeolojisi ve Yer altı Suyu Kalitesi: Geosound, Çukurova Üniv. Yayını, sayı 24, 117-133 s.

Keskin, K., 1995, Gıda Mevzuatı ve Standard, 1212 s, Ankara.

Malkoç, E., ve Acar,F.N., 2002, Trihalometanların Oluşumları, Etkileri ve Giderme Yöntemleri, I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, Atatürk Üniversitesi, 211-217 s, Erzurum

Şahin, M., 1995, Yukarı Yıldız Irmağı Havzasının (Sivas KB) Hidrojeoloji İncelemesi (Yüksek lisans Tezi): Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, 76s, Sivas.

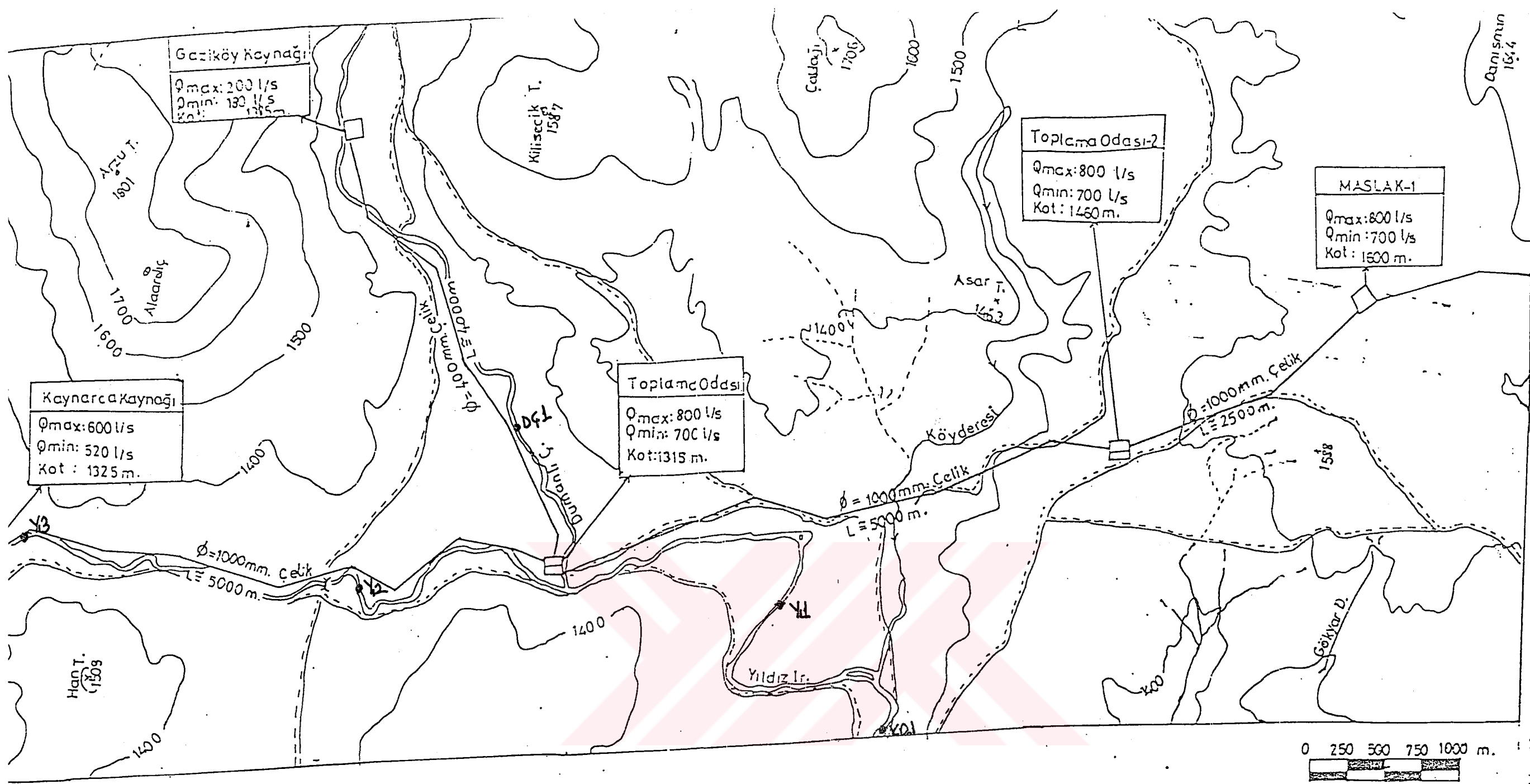
Todd, D., K., 1980, Groundwater Hydrology, Jhon Wiley and Sons, New York, 535pp.

Yalçın, H., ve Gürü, M., 2002, Su Teknolojisi Kitabı, 504 sayfa, İstanbul.

Yetiş, Ü., ve Çapar, G., 2002, Klorlu Organik Bileşikler ve Giderimleri-Ankara Örnek Çalışması, Çevre Bilimleri Dergisi, Sayı 5, ss 29-38.

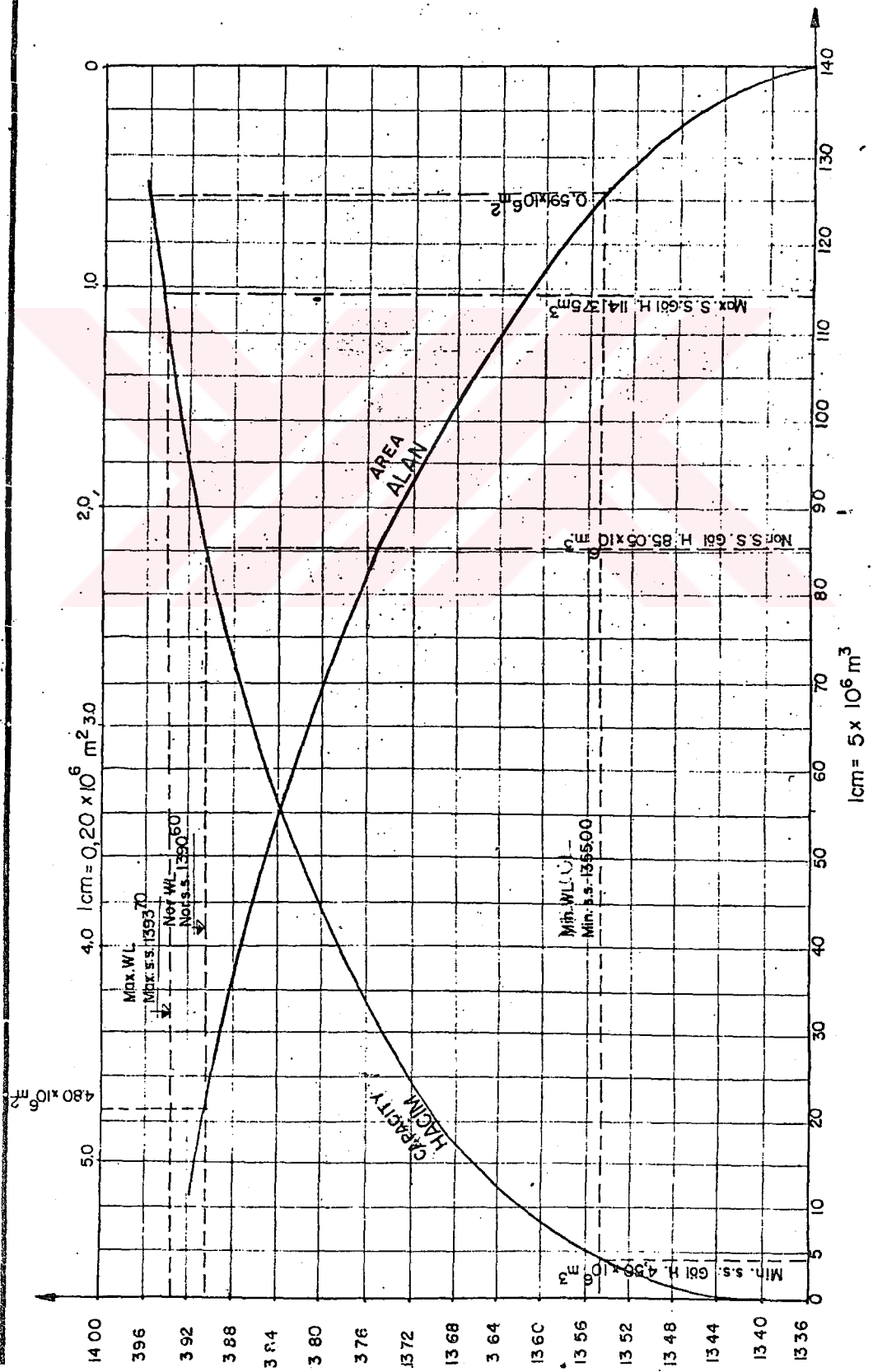
## ÖZGEÇMİŞ

17.10.1976 Sivas doğumludur. 1997 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümünden mezun olduktan sonra aynı yıl Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi. Bu bölümden mezun olduktan sonra 2003 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Sivas Belediyesi SİBESKİ Müdürlüğünde Çevre Mühendisliği kadrosuyla çalışmakta olup halen Arıtma ve Ruhsat Şube Müdürlüğü görevini yürütmektedir.



EK - 1 Kaynarca ve Gazi Köy Kaynakları İçin İller Bankası Tarafından Planlanan Toplama Tesisleri (Şahin, 1995)

Ek-2 Kot = hacim diyyagramı

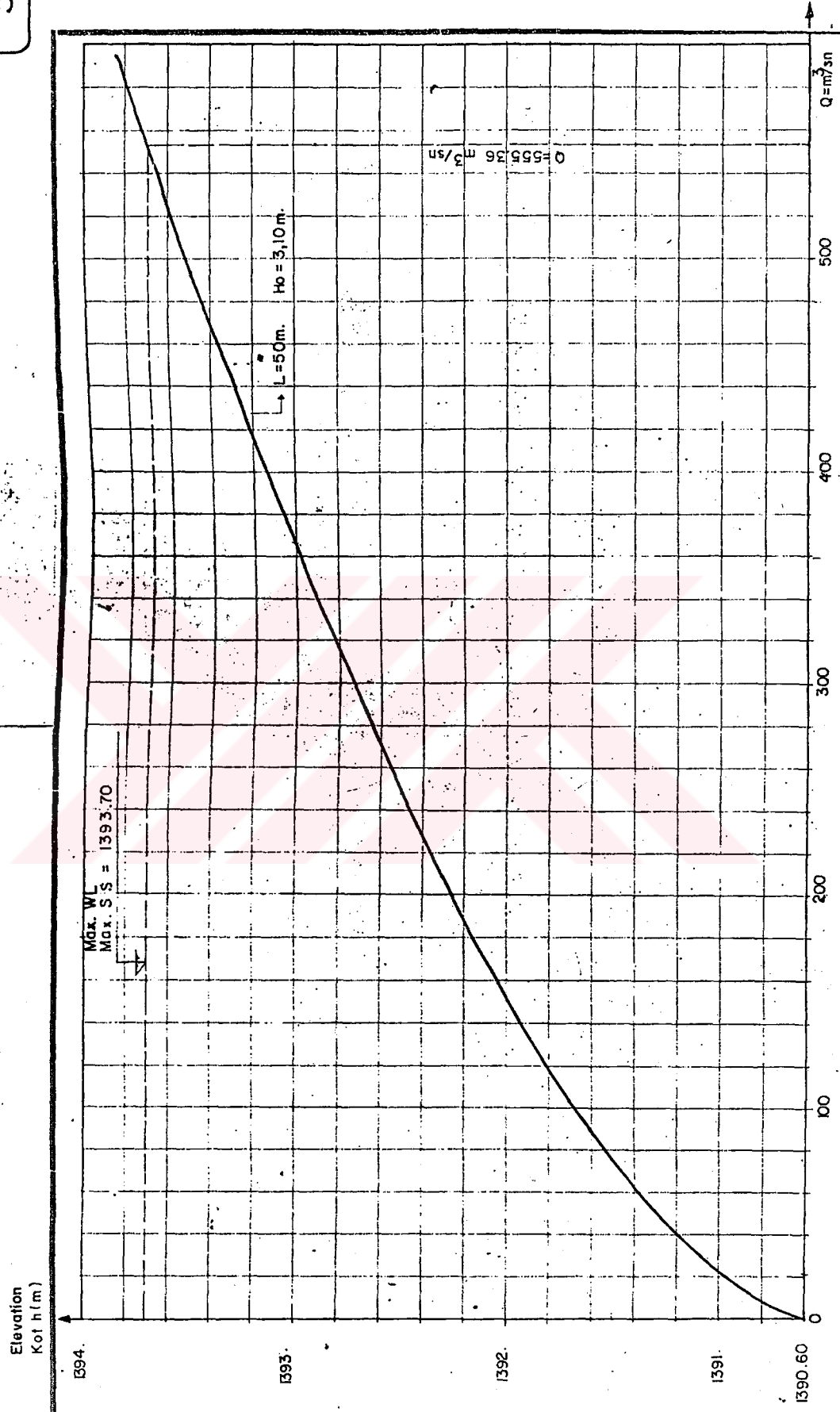


KOT	ALAN $10^6 \text{ m}^2$	HACIM $10^6 \text{ m}^3$
1336		
1338	0.009	0.043
1340	0.043	0.086
1342	0.091	0.300
1344	0.153	0.600
1346	0.216	1.020
1348	0.286	1.515
1350	0.363	2.314
1352	0.445	3.000
1354	0.540	3.900
1356	0.643	5.100
1358	0.736	6.600
1360	0.895	8.301
1362	1.026	10.425
1364	1.183	12.950
1366	1.345	15.150
1368	1.512	17.850
1370	1.690	21.125
1372	1.858	24.600
1374	2.052	28.350
1376	2.252	32.625
1378	2.474	37.500
1380	2.728	43.221
1382	2.978	42.650
1384	3.274	56.700
1386	3.609	63.825
1388	4.045	71.830
1390	4.651	81.002
1392	5.14	94.500
1393	5.49	103.750
1393.70	5.60	114.375



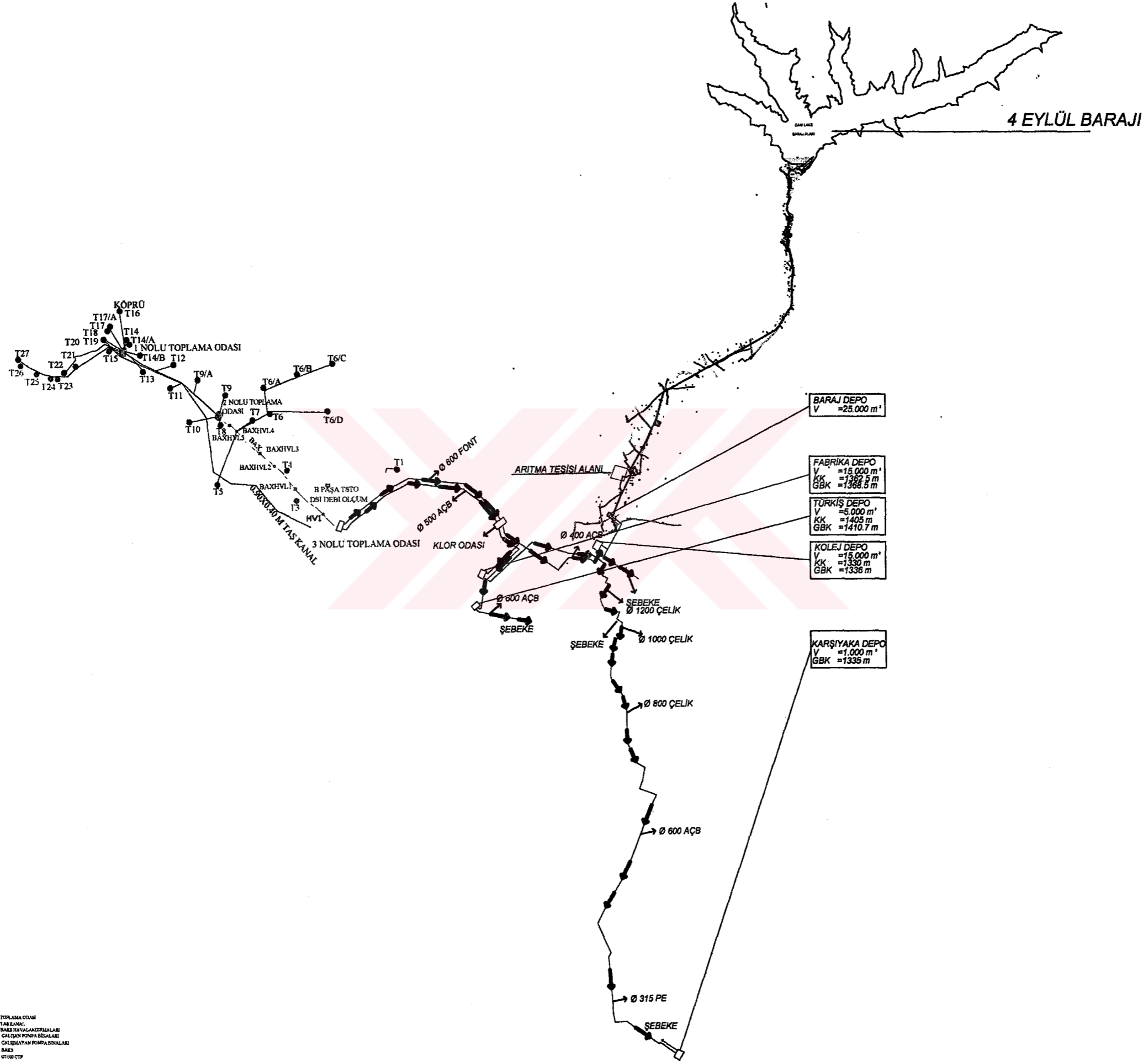
EK-4

3



DOLUSAVAK DESARJ EGRISI  
SPILLWAY RATING CURVE

T.C  
SİVAS BELEDİYESİ  
SİBESKİ MÜDÜRLÜĞÜ  
İÇME SUYU TEMİNİ KAYNAKLARI VE  
GENEL DAĞITIM PLANI



**EK-6****İÇME VE KULLANMA SUYU TEMİN EDİLEN KITA İÇİ YÜZEYSEL SULARLA İLGİLİ KİRLETME YASAKLARI**

**Madde 16 -** İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının ve benzeri su kaynaklarının korunmasında, her kaynak için özel hükümler getirilinceye kadar aşağıda verilen genel ilkeler ve koruma alanları geçerlidir.

- A ) İçme ve kullanma suyu rezervuarları içinde ve civarında suların kirlenmesine neden olacak faaliyetler yapılamaz.
- B ) Çöp ve moloz gibi atıklar bu tür su kaynaklarına atılamaz ve atılmasına izin verilemez.
- C ) Akaryakıt ile çalışan kayık, motor ve benzeri araçların kullanılmasına izin verilemez. Yelkenli, kürekli ve akümülatör ile çalışan vasıtalara ve sallara izin verilebilir. İstisnai durumlarda, akaryakıt ile çalışacak su araçlarının kullanılmasına Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü veya Bölge Müdürlüklerince izin verilir. Bu araçlarda oluşabilecek her türlü atıksu ve sintine suyunun arıtıldıktan sonra bile içme ve kullanma suyu rezervuarına boşaltılması yasaktır.
- D ) İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının su toplama havzaları içinde bulunan devlete, belediyelere ve kamuya ait araziler koruma alanları için verilen kısıtlamalara tabidir.
- E ) Yüzme, balık tutma, avlama ve piknik yapmaya, su alma noktasına 300 m'den daha az olan yerlerde izin verilemez.
- F ) İçme suyu temin edilen rezervuarlarda ihale yoluyla balık avı yapılması yasaktır. Ancak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nce Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü'nden olumlu görüş almak kaydıyla, ekonomik bölge olan rezervuarlardan, ihale yoluyla balık avı yapılmasına izin verilebilir.

**Mutlak Koruma Alanı**

**Madde 17-** İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının maksimum su seviyesinden itibaren 300 m genişlikteki şerit, mutlak koruma alanıdır. Söz konusu alanın sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde, mutlak koruma alanı havza sınırında son bulur. Bu alanda aşağıda belirtilen koruma tedbirleri alınır:

- A ) Koruma alanı içinde kalan bölge, ilgili alanın yetkili kıldığı idarece kamulaştırılır. Kamulaştırma işlemlerinin, mevcut kent içi veya kent dışı yoğun yerleşimler nedeniyle olağanüstü yüksek harcamaları gerektireceği durumlarda, içme suyu kaynağının korunması için idarece gerekli düzenlemeler yaptırılır.



- B ) İçme ve kullanma suyu projesine ve mevcut yapıların kanalizasyon sistemlerinin ıslahına ait mecburi teknik tesisler hariç olmak üzere, bu alanda hiçbir yapı yapılamaz. Bu alanda kalan mevcut yapılar dondurulmuştur.
- C ) Çevre düzeni ve amenajman planına uyularak, bu alan içinde gölden faydalanma, piknik, yüzme, balık tutma ve avlanma ihtiyaçları için cepler teşkil edilir. Bu cepler su alma yapısına 300 m'den daha yakın olamaz.
- D ) İdarece gerekli görülen yerlerde alan çitle çevrilir veya koruma alanı teşkil edilir.

#### **Kısa Mesafeli Koruma Alanı**

**Madde 18-** İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının mutlak koruma alanı sınırından itibaren 700 m genişliğindeki şerittir. Söz konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde, kısa mesafeli koruma alanının havza sınırında son bulur. Kısa mesafeli koruma alanı içinde;

- A ) Turizm, iskan ve sanayi yerleşmelerine izin verilmez.
- B ) Çöp ve moloz birikintisine izin verilmez.
- C ) Madde 17 B'de anılan mecburi teknik tesisler ile Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu kapsamına giren uygulamalar dışında hafriyat yapılamaz.
- D ) Sıvı ve katı yakıt depolarına ve mezarlık kurulmasına izin verilemez. Bu alanda kalan mevcut yapılar dondurulmuştur.
- E ) Bu alanın rekreasyon ve piknik amacıyla kullanılmasına dönük kamu yararı ve günübirlik turizm ihtiyacına cevap verecek, sökülüp takılabilir elemanlardan meydana gelen geçici nitelikte kır kahvesi, büfe ve benzeri tek katlı yapılara, onanmış çevre düzeni ve uygulama planlarına ve plan kararlarına uygun olarak izin verilebilir.
- F ) Yukarıdaki E fıkrasında belirtilen yapıların kapalı kısmının alanı 100 m<sup>2</sup>'yi geçemez.
- G ) Yukarıda E fıkrasında belirtilen yapıların sıhhi tesisatları Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı'nın 19.3.1971 tarih ve 13783 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Lağım Mecrası İnşası Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara ait Yönetmelik" hükümlerine göre düzenlenir.
- H ) Suni gübre ve tarım ilaçları kullanmamak şartıyla ve hayvancılık hariç olmak üzere, diğer tarımsal faaliyete izin verilir. Ayrıca erozyonu artırıcı metotların uygulanmaması önerilir.
- I ) İmar planı gereği yapılacak yolların bu alandan geçecek olan kısımlarından sadece ulaşım ile ilgili fonksiyonlara izin verilir.

#### **Orta Mesafeli Koruma Alanı**

**Madde 19-** İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının kısa mesafeli koruma alanı sınırından itibaren 1 km genişliğindeki şerittir. Söz konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde,

orta mesafeli koruma alanı havza sınırında son bulur. Bu alanlardaki koruma tedbirleri aşağıda belirtilmiştir.

- A ) Bu alanda hiçbir sanayi kuruluşuna ve iskâna izin verilemez.
- B ) Bu alanda yapılacak ifrazlardan sonra elde edilecek her parsel 5000 m<sup>2</sup>'den küçük olamaz. Bu parsellerin tapu ve kadastro veya tapulama haritasında bulunan veya varolan bir yola yapılan ifrazdan sonra en az 25 m cephesi bulunması mecburidir.
- C ) Bu alanda bulunan parsellerde sıhhi ve estetik mahzur bulunmadığı takdirde parsel sathının %5'inden fazla yer işgal etmemek, inşaat alanları toplamı 2 katta 250 m<sup>2</sup>'yi, saçak seviyelerinin tabi zeminden yüksekliği h=6,50 m'yi aşmamak, yola ve parsel sınırına 5 m'den fazla yaklaşmamak şartı ile, bir ailenin oturmasına mahsus bağ veya sayfiye evleri, eğlence veya turizm tesisleri ile bu gibi tesislerin müstemilat binalarının yapılmasına izin verilebilir.

Bu alanda ayrıca, entegre tesis niteliğinde olmayan mandıra, kümes, ahır, ağıl, su ve yem depoları, hububat depoları, gübre ve silaj çukurları, arı haneler, balık üretim tesisleri ve un değirmenleri gibi konu dışı yapılar, mahreç aldığı yola 10 m'den, parsel hudutlarına 5 m'den fazla yaklaşmamak ve inşaat alanı katsayısı %55'i ve yapı yüksekliği h=6,50 m'yi geçmemek şartı ile yapılabilir. Beton temel ve çelik seralar yaklaşma mesafelerine uyulmak şartı ile inşaat alanı katsayısına tabi değildir.

Beton temel ve çelik çatı dışındaki basit örtü mahiyetindeki seralar ise yukarıdaki belirtilen çekme mesafeleri ve inşaat alanı katsayısına tabi değildir. Ayrıca bu tesisler hakkında Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Taşra Teşkilatının uygun görüşünün alınması ve başka amaçla kullanılmayacağı hususunda tesis sahiplerince ilgili idareye noterlikçe tasdikli yazılı taahhütte bulunması gerekmektedir. Bu maddede anılan yapıyla ilgili Bakanlık ve kuruluşlarca hazırlanmış bulunan 1/50 veya 1/100 ölçekli tip projeler üzerinde yapılabilir. Ayrıca tüm yapıların imar mevzuatına uygun olarak yapılması gerekir.

D ) Atık sular, ancak "Teknik Usuller Tebliği"nde verilecek sulama suyu kalite kriterlerine uygun olarak arıtıldıktan sonra sulamada kullanılabilir.

E ) Hiçbir şekilde maden ocağı açılmasına ve işletmesine izin verilemez.

F ) Bu yörede suni gübre ve tarım ilaçları kullanmamak şartı ile tarım yapılabilir.

G ) Bu yörede çöp dökme ve imha alanlarına izin verilemez.

#### **Uzun Mesafeli Koruma Alanı**

**Madde 20-** İçme ve kullanma suyu rezervuarının yukarıda tanımlanan koruma alanlarının dışında kalan su toplama havzasının tümü uzun mesafeli koruma alanıdır. Bu alanda aşağıda belirtilen koruma tedbirleri alınır.

- A ) Bu alanda kirletici nitelik taşıyan sıvı, gaz ve katı atıklar üreten yeni sanayi kuruluşlarına izin verilemez.
- B ) Uzun mesafeli koruma alanında yerleşik bulunan mevcut tesislerin ise bu koruma alanından uzaklaştırılması esastır. Ancak bu mümkün olmadığı takdirde yukarıda A bendinde bahsi geçen sıvı, gaz ve katı atıkların ekonomik uygulanabilirliği ispatlanmış ileri teknoloji seviyesinde arıtma ve bertaraf teknikleriyle uzaklaştırılması ilgili idare tarafından istenecektir.
- C ) İçme ve kullanma suyu rezervuarlarını besleyen tüm sulara, akar ve kuru derelere hiçbir surette atık su veya atık deşarjı yapılamaz. Bu yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren, 19. maddenin C bendinde belirtilenlerin yeni iskana ve 20. maddenin A bendinde belirtilen türde sanayi kuruluşlarına izin verilemez. Ancak yer değiştirmesi mümkün olmayan mevcut iskan bölgelerinden kaynaklanan atık suların bu Yönetmeliğin 5. bölümünde verilen deşarj sınırlamalarının ötesinde rezervuardaki suyun kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerini bozmayacak şekilde arıtılarak deşarjına izin verilebilir. Katı atık atılamaz.
- D ) İçme ve kullanma suyu rezervuarının havadan ve erozyon nedeniyle topraktan kirlenmesine karşı gerekli tedbirlerin alınması sağlanır.
- E ) Bu yörede kontrollü çöp depolama ve imha alanlarının kurulması, ilgili idarece Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü'nün uygun görüşü alınarak yapılabilir.

## EK-7

### EK-7.1. ÖNERİLEN ARITMA SÜRECİ

Ham su kalitesi ile arıtılmış su kalitesinin mukayesesine göre, iyileştirilmesi gereken kalite parametreleri pH, bulanıklık, renk, demir ve mangan olarak belirlenmiştir. Alüminyum normal olarak ham su da beklenmeyen ancak yetersiz bir flokleştirme sonucu durultma işlemi mansabına kaçan flokların ve dolayısıyla düşük bir durultma randımanının göstergesi olarak kabul edilmelidir. Bu açıdan denetlenmesi gereken ana parametreler listesine dahil edilmiştir (DSİ, 2003).

Arıtma süreci genel olarak aşağıdaki arıtma işlemlerini içerecektir.

- Su arıtma tesisi girişinde havalandırma ve ön dezenfeksiyon için ön klorlama.
- Ön ozonlama (ihtiyaç olması halinde gelecekte yapılmak üzere yer ayrılmıştır).
- Kimyasal maddelerin ham suya karıştırılması pH düzeltme ve koagülasyon için hızlı karıştırma.
- Flokleştirme,
- Durultma,
- Hızlı kum filtreleme,
- Son dezenfeksiyon için son klorlama,
- Çamur arıtma üniteleri,

Arıtma tesisi akım şeması Ek - 7 de verilmiştir.

#### EK-7.1.1. Arıtma Sürecine İlişkin Teorik Görüşler

##### EK-7.1.1.1. Tesis girişinde havalandırma ve ön klorlama

Havalandırma tesisi, kaskad tipi havalandırma üniteleri şeklinde tesis edilecektir.

Havalandırmanın ham suyun kalitesini iyileştirmesinde sağlayacağı avantajlar kısaca şöyle özetlenebilir (DSİ, 2003).

Ham suda çözülmüş oksijen miktarını artırmak suretiyle suyun lezzetini iyileştirmek.

Suda çözülmüş demir ve mangan iyonlarının oksitlemek suretiyle bunların giderilmesine yardımcı olmak,

Sudaki karbondioksiti gidermek,

Suyun korozyon yapma özelliğini azaltmak,

Sudaki hidrojen sülfürü (kükürtlü hidrojen) gidermek, metallerin korozyonunu ve betondaki çimentonun dağılmasını, klorla girişim yapmasının azaltmak,

Yüzücü yağları ve alg ve diğer mikroorganizmalar tarafından suya salıverilen benzeri koku ve tat yapan maddeleri gidermek.

#### **EK-7.1.1.2. Ön ozonlama**

Sivas içme suyu arıtma tesisinde bugün için gerekli olmamakla birlikte ön dezenfeksiyonu sağlamak, çeşitli kirlilik parametrelerini oksitlemek ve klorlamadan kaynaklanan trihalometan oluşumunu engellemek amacı ile gelecekte ihtiyaç olması durumunda havalandırma yapısından sonra Ön Klorlama yerine Ön Ozonlama yapılabileceği dikkate alınarak yerleşim planı ve hidrolik profile yer ayırmak üzere proje kapsamında ön boyutlandırması yapılmıştır.

#### **EK-7.1.1.3. Hızlı karıştırma**

Sudaki yabancı maddelerin çoğu askıda katı madde halinde bulunmaktadır. Bunlardan sudan daha yoğun olanların durgun ve yarı durgun ortamlarda ağırlıklarının etkisi ile (fiziksel çökme yoluyla) sudan ayrılırlar.

Ancak, kolloidal partiküllerin çökme hızları çok küçük olduğundan fiziksel çökme yoluyla ve  $1 \text{ m}\mu^{-1} \mu$  arasında değişen irilikteki taneleri kum filtrelerin gözeneklerinden kolayca geçebilecek kadar küçük olduklarından süzme yoluyla bunların sudan ayrılması mümkün olmamaktadır (DSİ, 2003).

Koloidal maddelerin statik çökme yoluyla giderilmesinin pratik bir çözüm olmadığı Çizelge 5.13'de açıkça görülmektedir.

Çizelge 1.1. Tane Çapı ile Çökelebilmeye İlişkisi (DSİ, 2003)

TANE ÇAPI Mm	TANE YAPISI	TOPLAM YÜZEY (1) ALANI	ÇÖKELTME SÜRESİ (2)
10	Çakıl	0,478 in <sup>2</sup>	0,3 sn
1	Kaba kum	4,78 in <sup>2</sup>	3 sn
0,1	İnce kum	48,70 in <sup>2</sup>	38 sn
0,01	Silt	3,38 ft <sup>2</sup>	33 dk
0,001	Bakteri	33,80	55 dk
0,0001	Kolloid	3,8 yd <sup>2</sup>	230 gün
0,00001	Kolloid	3388 yd <sup>2</sup>	6,3 yıl
0,000001	Kolloid	33880 yd <sup>2</sup>	63yıl (min.)

Genel olarak, durgun bir sıvıdaki küçük parçacıkların Brownian hareketi yüzünden birbirleriyle çarpışmaları sonucu hızla çökelen partiküller daha yavaş çökelenlerin üstlerine binerek daha büyük parçacıklar haline gelirler. Partiküllerin çarpışma hızı suyun hidrolik ya da mekanik olarak karıştırılması yoluyla artırılır. Flokülasyon denilen bu işlemin verimli olabilmesi için kolloid konsantrasyonunun yüksek olması gerekmektedir. Aksi takdirde, suya koagülant (pihtılaştırıcı) madde ya da polielektrolitlerin karıştırılması suretiyle kolloidal partiküllerin kimyasal koagülasyonu sağlanmaktadır (DSİ, 2003).

Koagülasyon olayının tam olabilmesi için, katılan koagülant maddelerin suyun her tarafına eşit şekilde dağılması ve kolloidlerin çevresindeki su ağı ile kolloidal partiküller arasında var olan elektriksel itme kuvvetlerinin yok edilmesi gerekir. 30-60 saniye süre ile hızlı (ani) karıştırma yapılarak kolloidlerin su içinde her noktada eşit dağılması sağlanmış ve koagülasyona uygun bir fiziksel ve kimyasal ortam sağlanmış olmaktadır (DSİ, 2003).

#### EK-7.1.1.4. Floklaştırma ve durultma

Ham suyun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin düzeltilmesinde su arıtma sürecinde yer alan ilk esas proses birimini floklaştırma ve durultma tesisleri oluşturmaktadır.

Floklaştırma hızlı karıştırmayı takiben sudaki askıda haldeki koloidal maddelerin;

- 1- Bu maddelerin birbirini iten elektrik kuvvetlerinin bir koagülant madde yardımıyla nötralize edilmesi,
- 2- Bunu takiben birbirlerini itici elektrik yüklerden arınmış tanelerin birbirleri ile temas olasılıklarını yükselterek birbirleri ile aglomerasyonunu sağlayan elektro-kimyasal ve fiziksel bir arıtma kademesidir.

Ham suyun arıtılmasında optimum bir koagülasyon seviyesinin oluşması bir çok değişkenin oluşturduğu kompleks bir dengenin sağlanması ile mümkündür.

Burada kısada olsa flokülant çökelme işleminin ilk etabını teşkil eden temel faktörlere değinmekte yarar vardır.

- a) pH: Mümkün olan ölçüde, koagülasyonun optimum pH zonunda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Optimum zon dışında gerçekleştirilen koagülasyon bir taraftan kimyasal madde israfı yanında daha düşük bir durulmuş su kalitesine de neden olabilmektedir.

Sivas içme suyu arıtma tesisinde koagülant olarak  $FeCl_3$  kullanılacaktır.

- b) Tuzlar: Ham sudaki inorganik tuzlar koagülasyon ve müteakip flokülasyonu aşağıdaki belirtilen şekillerde etkilemektedirler.

- 1- Optimum koagülasyon için geçerli pH zonunun genişlemesi veya daralması
- 2- Optimum koagülant dozunun değişmesi
- 3- Flokülasyon süresinin değişmesi
- 4- Temiz sudaki bakiye koagülant muhtevasının değişmesi

Ham sudaki anyon ve katyonların koagülasyon üzerindeki etkileri laboratuvar ölçeğindeki değerlendirmelere dayanarak şu şekilde özetlenebilir.

1- Genellikle, alüminyum ve demir tuzları ile gerçekleştirilen koagülasyon katyonlardan çok anyonlardan etkilenmektedir. Bu itibarla, sodyum, kalsiyum ve magnezyum gibi katyonların koagülasyona çok az etkileri vardır.

2- Anyonlar koagülasyon için optimum pH zonunu, valaslarıyla orantılı olarak asit tarafına çekmektedirler. Buna göre, klorür ve nitrat türü monovalan anyonların koagülasyona olan tesirleri

marjinal seviyede iken sülfat ve fosfat gibi anyonların tesirleri pH optimasında gözle görülür sapmalar olarak görülmektedir.

c) Ham su bulanıklığın yapısı;

Ham su bulanıklığı ile koagülan tüketimi arasında aşağıdaki genellemeleri yapmak mümkündür (DSİ, 2003).

1- Herhangi bir seviyedeki kil bazlı bulanıklığın giderilmesi yönünde sağlam bir flok oluşturulabilmesi için ham suya belirli bir miktarda koagülant dozlamak gerekir.

2- Bulanıklık yükseldikçe koagülant dozajını artırmak gerekecektir. Ancak koagülan dozajı bulanıklıktaki artışla lineer olarak artmayacaktır.

3- Bir paradoks olarak, danelerin birbirleri ile çarpışma olasılıkları arttığından çok yüksek bulanıktaki suları nispeten daha düşük koagülan dozları ile koagüle etmek mümkündür. Buna paralel olarak çok düşük bulanıklıkları koagüle etmek oldukça güçtür.

4- Killerin kationlarla mübadele kabiliyetinin kantitatif bir ifadesi olan bulanıklık mübadele kapasitesi, bulanıklığın giderilmesi açısından büyük bir anlam ifade etmemektedir. Buna rağmen artan bir mübadele kapasitesi genellikle artan bir koagülan ihtiyacını belirlemektedir.

5- Kil taneleri üzerine absorbe olmuş organik maddelerin mevcudiyeti koagülan madde dozajının arttırılmasına neden olmamaktadır.

6- Birbirlerinden çok farklı tane çaplarına sahip kil danelerinin bulunduğu süspansiyonları koagüle etmek tane çapları arasında farklılaşmanın az olduğu süspansiyonları koagüle etmekten daha kolay olmaktadır.

7- Endüstri veya konutsal atıkların kirletmeleri sonucu organik madde muhtevası yüksek ham suları koagüle etmek kaideten daha zordur ve bu tür sulardan koagülan madde ile organik madde arasında meydana gelen ekstansif kimyasal reaksiyonlar nedeniyle koagülan madde dozajları yükselmektedir.

d) Karıştırma Etkisi:

Koagülan maddenin ham su ile tam manasıyla karışıp tümüyle hidrolize olması için hızlı karıştırma kademesi ve bunu takiben daha yavaş bir ikinci kademe karıştırma ile flok oluşumunun sağlanması yüksek randımanlı bir çökeltim için zorunludur. İkinci kademedeki karıştırma derecesi, topakların süspansiyon halinde kalmalarını ve birbirleri ile temas imkanları yüksek olacak şekilde flokları hareket halinde tutacak buna karşın flokların parçalanmasına yol açmayacak seviyede tutulmalıdır (DSİ, 2003).

e) Durultma İşlemi:

Flokların işleminden oluşan topakların çökeltme işlemi durultucularda



gerçekleştirilmektedir. Bazı durultucu tiplerinde flokleştirme çökeltim ünitesi ile entegre olarak aynı ünitenin bünyesinde yer alırken, özellikle yatay akımlı havuzlarda bu fonksiyonlar daha net bir ayırım içinde birbirini takip eden ünitelerce yerine getirilmektedir.

### **Filtre tesisi**

Filtreleme askı halindeki maddelerin tutulması için suyun gözenekli bir ortamdan geçirilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir. Çökeltme işlemi ham suda bulunan ve flokleştirme ünite veya zonlarında pıhtılaşmış topak haline gelen katı maddelerin büyük bir kısmını giderecektir. Bununla birlikte, durultma tesislerinden kaçan ve filtre akımına intikal eden nispeten az miktardaki ufak boyutlu ve hafif katı madde parçacıkları filtre üniteleri vasıtasıyla giderilecek ve filtre çıkış suyu tamamıyla berrak bir su niteliğinde arıtılmış olacaktır (DSİ, 2003).

Sivas Su Arıtma Tesisinde konvansiyonel hızlarda çalışacak, tek ortamlı (kum), sabit seviyeli, manüel işletmeli (vana, pompa ve üfleyici operasyonları filtre kontrol konsolundan uzaktan kumandalı) hızlı kum filtre tipinin uygulanması görüşü idare ile mutabık kalınarak benimsenmiştir.

### **pH düzeltme**

Ham su analiz sonuçlarına göre ham su pH'ı limitler arasında olup uygundur. Ancak gelecekte meydana gelebilecek bozulmalara karşı tedbir olarak, kostik soda ünitesi için yerleşim planında rezerv kimya binası alanı ayrılmıştır. Buna göre, filtre ünitesinden gelen arıtılmış suyun pH'ını ayarlamak için kostik soda kullanılacaktır. Suyun asidik özelliğini gidermek için kostik soda kullanılacaktır. Suyun asidik özelliğini gidermek için 20 mg/lit lik gerektiğinde dozlama yapılacaktır (DSİ, 2003).

Klor temas tankı girişine sensörlerden okunan pH değerlerine bağlı olarak dozlama pompalarıyla seyreltilmiş kostik soda enjeksiyonu yapılacaktır.

### **Filtrelenmiş su menfezi ve arıtma tesisi çıkışı**

DSİ tarafından bugüne kadar işletmeye alınmış bulunan tüm tesislerde son klorlamanın (dezenfeksiyon) denetimini temin açısından bir klor temas tankı tertip ve inşa edilmiştir. Burada amaç son klorlamanın, bakiye klor analizöründen alınacak serbest bakiye klor konsantrasyonu sinyaline ve tesis çıkışından alınacak arıtma tesisi debisine göre tesis çıkış suyundaki serbest bakiye klor belirlenmiş bir değerde kalacak şekilde, otomatik klorinatörler aracılığıyla dolamanın otomatik olarak yapılması ve bu şekilde klor sarfiyatında gereksiz kullanımın engellenerek

ekonomi sağlanması ve aşırı bakiye klordan kaçınılarak tüketiciye hem emniyetli hem de içimi hoş bir su arzıdır (DSİ, 2003).

Bunun için bakiye klor denetiminin kontrollü bir biçimde yapılmasına yönelik olarak klor temas tankı yapılacaktır.

### **EK-7.1.2. Su Arıtma Tesisi Üniteleri Tip Seçimi, Ön Hidrolik Boyutlandırma ve Ön Karakteristikleri**

Bundan önceki bölümde su arıtma tesisi için öngörülen arıtma süreci genel mahiyette tartışılmış ve bu sürecin su kalitesi açısından gerekçesi ve sağlayacağı yararlar kısmen teorik boyutta vurgulanmıştır. Arıtma Tesisi Kaskat Havalandırma, Ön Klorlama, Demir Klorür ile Pıhtılaştırma, Polielektrolit ile Yumaklaştırma, Lamelli Durultucu, Hızlı Kum Filtre ve Son Klorlamadan oluşacaktır (DSİ, 2003).

#### **EK-7.1.2.1. Arıtma tesisi genel by-pass**

Arıtma tesisinde genel bir arıza veya bakım söz konusu olduğunda havalandırılan ham su havalandırma ünitesi çıkışından filtre girişindeki By-Pass Vana odasına kadar Ø 1600, buradan klor temas tankına kadar Ø 1000 mm'lik çelik boru ile By-Pass edilecek, böylece havalandırmadan sonra sadece son klorlama yapılan ham su içme suyu deposuna verilecektir.

#### **EK-7.1.2.2. Giriş vana odası, akım ayarlama ve enerji kırma tesisi**

##### **Akım Ölçer:**

4 Eylül Barajı ile içme suyu deposu arasındaki hattın branşmanla arıtma tesisine bağlanan Ø 1200 mm'lik hat üzerine, tesise girecek debiyi ölçmek için, Ø 1000 mm'lik manyetik debimetre konulacaktır.

##### **Giriş Yapısı:**

Ham su debimetreden geçtikten sonra, havalandırma ünitesi içerisindeki giriş yapısına gelecektir.

Bu giriş hattı üzerinde Ø 1200 mm motor/el kumandalı kelebek izolasyon ve kısmi akım ayar vanası ve demontaj parçası olacaktır.

Giriş yapısından kaskat kanallarına geçiş 2 adet 120x100 cm ebatlarındaki sürgülü kapaklardan yapılacaktır. Böylece iki paralel kaskattan oluşan havalandırma yapısında istenildiği zaman kaskatların bir tarafı devre dışı bırakılabilecektir.

#### **EK-7.1.2.3. Havalandırma yapısı**

Havalandırma ünitesinde sudaki çözülmüş oksijen miktarını arttırmak suretiyle demir ve mangany okside ederek çöktürmek ve hidrojen sülfür ile karbondioksitin giderilmesini sağlamak için kaskat tipi havalandırma yapılacaktır (DSİ, 2003).

Her biri 50 cm'lik düşü sağlayan dört kademeli savaktan oluşan kaskat havalandırma ile %60 'lık minimum oksijen konsantrasyonu sağlanacaktır.

İki tarafta savaklanma olacak şekilde düzenlenmiş olan kaskat yapısının her bir tarafı gerektiğinde sürgülü kapaklar ile devre dışı bırakılabilecektir.

#### **EK-7.1.2.4. Ön ozonlama yapısı**

##### **Ön ozon temas tankı**

Sivas içme suyu arıtma tesisi ön dezenfeksiyonu sağlamak, çeşitli kirlilik parametrelerini oksitlemek ve klorlamadan kaynaklanan trihalometan oluşumunu engellemek maksadı ile gerekmesi halinde havalandırma yapısından sonra Ön Klorlama yerine Ön Ozonlama yapılacaktır.

Ön Ozon Temas Tankı herhangi bir arıza veya bakım çalışması sırasında yedeklemeyi sağlamak maksadıyla 2 paralel tank olacak şekilde projelendirilmiştir (DSİ, 2003).

##### **Ozon jeneratörü binası (ihtiyaç olması halinde gelecekte inşa edilecek)**

Tesiste kullanılacak ozon ayrı bir binada ozon jeneratörleri vasıtasıyla üretilecektir. Maksimum ozon ihtiyacı 12 kg/sa'tir. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla 6 kg/sa'e kadar ozon üretebilen 2 adet jeneratör kullanılacaktır.

Üretilen ozon kompresör ile basınçlandırılarak ozon temas tankına iletilecektir.

Ozon üretiminde havadaki nem oranının jeneratör verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle emilen hava jeneratörlere verilmeden önce hava kurutuculardan geçirilerek kurutulacaktır.

#### **EK-7.1.2.5. Hızlı karıştırma tesisi**

Hızlı karıştırma tesisi de kompakt ve ekonomik tesis anlayışı içinde durultucu tesisinin hemen önünde ve durultucu yapısıyla bütünleşmiş bir şekilde projelendirilmiştir.

Kimyasal pıhtılaştırma, bulanıklık, kil tanecikleri, organik maddeler, bakteri ve algler ile yüzey sularının yok edilmesi aşamasıdır. Verim pH, karıştırma etkisi ve süresine bağlıdır.

Hızlı karıştırıcılar olarak yüksek servis faktörlü (min.2.0), dinamik ve statik tesirlere karşı dayanıklı, korozyona karşı korumalı ve 24 saat sürekli problemsiz çalışacak üniteler öngörülmektedir (DSİ, 2003).

Hızlı karıştırma bir ünite şeklinde tertiplenmiştir. Öngörülen bekleme süresi 50 saniyedir.

#### **EK-7.1.2.6. Yavaş karıştırma ünitesi**

Hızlı karıştırmadan gelen su flokülasyona gelmeden önce bir dağıtım kanalında toplanacak, ünitenin 1 tanesi bakıma alındığında dağıtım kanalındaki kapaklarla toplam debi 3 üniteye dağıtılabilecektir.

İyi bir yumaklaşma elde etmek amacıyla 2 bölmeli yavaş karıştırma tankı projelendirilmiştir. Her bir bölmedeki karıştırıcının hız gradyanı ve devri farklı olacaktır. Suyun bulanıklığına göre karıştırıcı hızları PCC ile ayarlanacaktır.

#### **EK-7.1.2.7. Durultucular**

Sivas Su Arıtma Tesisinde Lamelli tip durultucu seçilmiştir. Her çökeltme tankı prizmatik PVC plaklarından oluşan 60 derece eğimli lamel modülleriyle teçhiz edilecektir.

#### **EK-7.1.2.8. Filtre tesisi**

Sivas Su Arıtma Tesisinde inşa ve tesis edilecek filtreler sabit hızlı ve sabit seviyeli tek ortamlı hızlı kum filtreler tipinde olacaktır.

Filtre tesisi merkezi bir makine holünün iki tarafında uzanan iki filtre bataryasından oluşacaktır.

### **Filtre Yatağı Malzemeleri :**

Filtre ünitelerinde kullanılacak kuartz kumu Podima/DSİ tesislerinden temin edilecektir. Filtre kumu fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri DSİ ve AWWA Standartlarına uygun olacaktır (DSİ, 2003).

Filtre yatağı tek ortamlı olarak teşkil edilecek, ancak ince kum yatak ile süzgeçler arasında geri yıkama hızlarına karşı tampon görevi yapmak üzere sığ bir yıkanmış granülometrik çakıl tabakası teşkil edilecektir.

Filtre yatağında kullanılacak kum temiz, sert ve dayanıklı, tercihen kuartz veya silis olacaktır. 24 saat süre ile seyreltik tuz asidi içinde bekletildiğinde, kalsiyum ve magnezyum % 2'den az olacaktır.

Kullanılan çakıl ise sert, oval ve ağırlıkça %2'den daha az yassı ve uzun kısımları olan malzeme seçilecektir. Konsantre hidroklorik asit içinde 24 saat bekletildiğinde %5'den fazla kayıba uğramayacaktır.

### **EK-7.1.2.9. Klor temas tankı**

Klor temas tankına, filtreden gelen süzölmüş su veya havalandırmadan gelen By-Pass hattının suyu bir vanalama sistemi ile girecektir.

Son klorlama klor temas tankının giriş borusunun hemen önüne yapılacaktır. Böylece klor, klor temas tankı içerisindeki bölmeli duvarlarında etkisi ile yüksek dereceli bir piston akım içerisinde homojen olarak dağılacak, klorlama etkisinden tam olarak faydalanılacaktır.

### **EK-7.1.2.10. Kimya binası**

Sivas Su Arıtma Tesisinde, su arıtma sürecinde kimyasal madde olarak sırasıyla demirklorür ve polielektrolit kullanılacaktır. Bunlardan demirklorür koagülant, polielektrolit koagülant yardımcısı olarak ham suya dozlanacaktır. Kostik soda dozlaması ham su pH'ının gerektiği takdirde 8.0'ın altına çekilerek koagülan maddenin optimum ölçüde etkinliğinin sağlanması için ve arıtma tesisi çıkışında gerekirse arıtılmış su pH'ını düzelterek arıtılmış suyun korozif özelliğinin giderilmesi için uygulanmaktadır(DSİ, 2003).

İlk etapta ham suya kostik soda dozlamasına ihtiyaç görülmemiştir. Ancak gelecekte hamsu kalitesinde meydana gelebilecek bozulmalara karşı tedbir olarak yerleşim alanında bu madde için Kimya Binası Rezerv Alanı bırakılmıştır.

Demirklorür ve polielektrolit gerektiğinde tesisin direk filtrasyon yapacak şekilde çalıştırabileceği dikkate alınarak havalandırma yapısı giriş-dengeleme bölümüne yapılmıştır.

Demirklorür dozlaması sürekli, diğer kimyasal maddelerin tatbiki ise arıtma tesisinde yapılacak su kalitesi izleme ve denetim programına göre aralıklı olacaktır.

#### **EK-7.1.2.11. Çamur arıtma ünitesi**

Durultucudan bırakılan sıvı atıklar miktar açısından bir tesisten diğerine önemli farklılaşmalar göstermektedirler.

Bunun yanında çamur kompozisyonunu da tesis devreye girmeden hassas bir şekilde belirlemek mümkün değildir. Buna rağmen kullanılması öngörülen ortalama akım dozajına, giderilmesi planlanan ortalama bulanıklık değerine ve süspansiyon madde konsantrasyonuna bağlı olarak durultma tesislerinden üretilen katı atık miktarları ile ilgili takribi değerlendirmeler yapmak mümkündür. Genelde durultuculardan çekilen çamurda katı madde miktarının %0.2 ile % 2.0 mertebesinde olacağı kabul edilmektedir.

Sivas Su Arıtma Tesisinde, sade fakat çevreye sağlık ve estetik açıdan zarar vermeyen bir çözüm önerilmektedir. Buna göre durultucuların bünyesinde yer alan dalgıç pompalar aracılığıyla durultucu çamuru önce çamur koyulaştırıcılara terfi edilecektir. Burada koyulaştırılan çamur, çamur pompaları ile lagünlere, koyulaştırıcıların üst suyu ise tesis girişine terfi edilecektir.