



SAYI : 50

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sahibi

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Sorumlu Müdür

YÜKSEL SAYMAN

Yayın Kurulu

YÜKSEL SAYMAN
TURHAN AKLAN
SAYHAN BAYAĞLI
VEHBİ BİLGİ
KEMAL ERTUNÇ
MEHMET KAPIDERE
KADİR TUNCA

Basıldığı yer

DSİ BASIM ve FOTO - FİLM
İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ
MATBAASI

SAYI : 50

MART 1982

Üç ayda bir yayınlanır.

İÇİNDEKİLER

DSİ'DEKİ KALİTE KONTROL LABORATUVARLARININ DEĞERLEN-
DİRİLMESİ 3

Atila KELECOĞLU - Yalçın ERTAN

KONİK VANALAR VE UYGULAMA MODELLERİ 11

Mine ORHON

TÜRKİYE'DE BUZLA ÖRTÜLEN AKARSULARDA SEVİYE VE DEBİ
ÖLÇÜMÜ 20

İbrahim GÜRER

HİDROGRAFIK HARİTA YAPIMINDA «SABİT DOĞRULTU VE AÇI»
YÖNTEMİ VE PRESİZYONU 32

Emirhan ALGÜL

KARBONAT AKİFERİNDE SU VE MİNERALLER ARASINDAKİ
KİMYASAL DENGİ 37

Çeviren : Güner AĞACIK

OTEC : DENİZDEN ENERJİ ÇEKMEK 42

Çeviren : Erdoğan TEKİN

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sayı: 2
DEVLET İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Sorumlu Müdür
YÜKSEL SAYMAN

Yayın Kurulu
YÜKSEL SAYMAN
TÜRKHAN AKLAN
SAYMAN İYAYIOĞLU
VEHİD BİÇİ
KEMAL BİTÜNCÜ
MEHMET KAHNOZ
KADİR TUNCA

Baskı Yeri

DSİ BAŞİM VE FOTO FİLM
İSTANBUL MÜHÜRÜ
MATEKASE

SAYI : 20
MART 1982
Üç ayda bir yayınlanır

İÇİNDEKİLER

DSİ'DE KALİTE KONTROL LABORATUVARLARININ DEĞERLEN DİRİLMESİ	1
AĞIL KİLECOĞLU - YALÇIN ERTAN	11
KONİK VANAALAR VE UYGULAMA MODELLERİ	17
MİNE ÖRNEK	20
TÜRKİYE'DE BUZLA ÖRTÜLEN AKARSULARDA SEVİYE VE DEĞİ ÖLÇÜMÜ	20
İbrahim GÜRER	20
HİDROGRAFIK HARİTA YAPIMI - SABİT DOĞRULTU VE AÇI YÖNTEMLERİ VE PRESİZYON	25
Eminehan ALGUL	25
KARBONAT AKIFERİNDE SU VE MİNERALLER ARASINDAKİ KİMYASAL DENGİ	27
Çevre - Güneş AĞAÇIK	27
ÖTECİ DENİZDEN ENERJİ ÇEKMEK	49
Çevre - Erdoğan TEKİN	49

DSİ'DEKİ KALİTE KONTROL LABORATUVARLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazanlar : Atilla KELECOĞLU (*)
Yalçın ERTAN (**)

Ö Z E T

Gelişmiş olan ülkelerdeki laboratuvarlar, o ülkenin Ulusal Kalite Kontrol Örgütleri veya Ulusal Standardizasyon Kuruluşlarınca belli zamanlarda değerlendirilmeye tabi tutulur ve değerlendirme sonuçlarına göre laboratuvarların belgelendirilmesi işlemleri yapılır. Bu çalışmaların başlıca amacı; aynı tür çalışma yapan laboratuvarlar arasında birliği sağlamak, deney sonuçlarına güvenilirliği artırmak ve deney sonuçlarının geçerliliği konusunda bu sonuçları kullananlara güvence vermektir. Aynı zamanda bu tür çalışmalar; deneylerin yapılışı, laboratuvar yönetimi, personel eğitimi ve organizasyonu ile laboratuvar araçlarının kullanılması yönünden de bir standardizasyona gidilmesini sağlar.

DSİ'de mevcut Kalite Kontrol Laboratuvarlarının etkinliğini sağlamak, laboratuvar sonuçlarına güvenilirliği artırmak ve bu tür çalışmaların DSİ'de yaygınlaşmasını sağlamak amacı ile 1981 yılında Araştırma ve Geliştirme Dairesince yürütülen ve 21 adet Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarını kapsayan bir, LABORATUVAR DEĞERLENDİRME çalışması yapılmıştır.

Bu yazıda DSİ'de mevcut Kalite Kontrol Laboratuvarlarının durumu, bu laboratuvarlarda yaptırılan değerlendirme çalışması sonuçları, bu sonuçların yorumu ile DSİ Laboratuvarlarının yurt çapında etkinlik kazanması için alınması gerekli önlemler aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

1. DSİ'DE MEVCUT KALİTE KONTROL LABORATUVARLARI HAKKINDA ÖZET BİLGİ :

1.1. Mevcut Laboratuvarlar ve Türleri :

DSİ'de Kalite Kontrol Laboratuvarlarının kuruluş ve örgütlenmesine, 1965 yılında önce büyük Şantiyelerde ve Bölge Merkezlerinde olmak üzere başlanılmıştır. Bugün ise gereksinim duyulan hemen her Bölge Merkez ve Şantiyelerde işlerin türüne göre Kalite Kontrol Laboratuvarları kurulmuş durumdadır. Ayrıca duyulan gereksinimlere göre yeni Şantiye-Şube Kalite Kontrol Laboratuvarı kurmak ve Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarlarını Bölgesindeki tüm Kalite Kontrol deneylerini yapabilir duruma getirmek için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Bugün için çalışmalarını sürdüren Kalite Kontrol Laboratuvarlarımızın sayısal durumu şöyledir :

- A Tipi Kalite Kontrol Laboratuvarı Sayısı : 18
 - B Tipi Kalite Kontrol Laboratuvarı Sayısı : 43
 - C Tipi Kalite Kontrol Laboratuvarı Sayısı : 8
 - D Tipi Kalite Kontrol Laboratuvarı Sayısı : 5
- olmak üzere toplam Kalite Kontrol Laboratuvarı sayısı 74 adettir.

A Tipi Laboratuvar : Şantiye ve/veya Şubelerde kurulu Beton Kalite Kontrol deneylerini yapan Laboratuvarlar.

B Tipi Laboratuvar : Bölge Şantiye ve/veya Şubelerde kurulu Beton ve Zemin Kalite Kontrol deneylerini yapan laboratuvarlar.

C Tipi Laboratuvar : Yalnızca Bölge Merkezlerinde kurulu Beton, Zemin, Kimya (İçmesuyu ve Kirli su) Kalite Kontrol deneyleri yapan laboratuvarlar.

D Tipi Laboratuvar : Şantiye ve/veya Şubelerde kurulu Zemin Kalite Kontrol deneyleri yapan laboratuvarlar.

(*) Fizik Y. Müh. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı

(**) Fizik Y. Müh. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı

Bu durumda 25 Bölge Merkezinin 6'sı dışında diğerlerinde Kalite Kontrol Laboratuvarı çalışmalarını sürdürmekte ve 74 Kalite Kontrol Laboratuvarının 19'u Bölge merkezinde 55'i de Şantiye ve Şubelerde bulunmaktadır.

Ayrıca Samsun, Edirne, Bursa, İstanbul ile kısmen Kayseri ve Ankara Bölge Merkezlerinde bazı Zemin Mühendislik deneyleri yapılmaktadır.

1.2. Mevcut Laboratuvarların Eleman Durumu :

DSİ'de kurulu 74 Kalite Kontrol Laboratuvarlarında bizzat laboratuvar işlerinden sorumlu teknik Personel sayısı 37'dir. Bunların 14'ü İnşaat Mühendisi, 23'ü de diğer meslek gruplarındandır. Bu durumda birim laboratuvarında 0,50 teknik personel bulunmaktadır. Oysa birim laboratuvarında bulunması gerekli teknik personel sayısı en az 2 adettir.

Mevcut Laboratuvarlarda çalışan S/S personel sayısı ise 275'dir. Birim laboratuvara bu durumda 3,7 adet Sanat Sınıfı personel düşmektedir. Oysa birim laboratuvarında çalışması gerekli S/S personel sayısı en az 7 olmalıdır.

2. LABORATUVAR DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI VE SONUÇLARI :

2.1. Yapılan Değerlendirme Çalışmasının Amacı ve Yöntemi :

Kalite Kontrol Laboratuvarlarının gücünü vurgulamak, DSİ içinde etkinliğin artırmak ve tüm laboratuvarlar arasında teknik birlik ve standardizasyonu sağlamak amacı ile; 21 adet Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarında Agregat - Çimento, Zemin ve Su numuneleri üzerinde bazı deneylerin aynı yöntemlerle yapılması ve deney sonuçlarının gönderilen numunelere ait baz değerlerle kıyaslanarak ortaya çıkan yanlışlıkları bulmak, bunların nedenlerini saptamak ve ileride aynı tür yanlışlıklara düşmemek için alınması gerekli önlemler belirlenmeye çalışılmıştır.

Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarlarına gönderilen Agregat üzerinde; Elek analizi, Birim ağırlık, Özgül ağırlık ve Su emme, Kil toprakları ve Sodyum Sülfat don deneyi gibi agregat fiziki özelliklerini belirleyen deneylerin yapılması istenmiştir. Ayrıca aynı agregat ile birlikte gönderilen çimento örneği ile verilen belli karışım oranına göre, bir beton karışımı yapılarak taze betonda; Çökme deneyi, Taze

betonun birim ağırlığı deneyi ve 3 adet beton numunesi alınarak bunların 7 günlük basınç dayanımı deneylerinin yapılması da istenmiştir. Bütün agregat ve beton deneyleri yapılmasında uygulanacak yöntemin aynı olması için, «Beton ve Deneyleri» kitabı kaynak yayın olarak önerilmiştir.

Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarlarına gönderilen Zemin örneklerinde ise; «Zemin özellik ve Deneyleri I» kitabı kaynak yayın olarak kullanılarak, Elek analizi, Hidrometrik analiz, Özgül ağırlık, Likit Limit, Plastik Limit, Proktor deneyleri ile Zemin örneğinin sınıflandırılmasının yapılması istenmiştir.

Bazı Bölge merkezlerinde kurulu C Tipi Kalite Kontrol Laboratuvarlarından ise gönderilen su numuneleri üzerinde; PH, iletkenlik, Kalsiyum, Magnezyum, Klorür, Karbonat ve Bikarbonat deneylerinin «Su Analiz ve Metodları»nda yazılı yöntemlere göre yapılması istenmiştir.

2.2. Değerlendirme Çalışmaları Sonuçları :

Yukarıda açıklanan deneylerin, Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarlarında bulunan sonuçlarının, «Aynı örneklerin Başkanlığımızda en az 3 kez deneyinin yapılması ile bulunan değerlere göre kıyaslamaları yapılmıştır.

Çizelge : 1'de; Agregat örneklerinde Birim ağırlık, Özgül ağırlık, Su emme deney sonuçları ile taze betonda bulunan Çökme ve taze betonun birim ağırlık deneylerine ait Başkanlığımız laboratuvarlarında bulunan baz değerlerden, Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarlarında yapılan aynı deney sonuçlarının sapmaları verilmektedir.

Çizelge : 2'de ise; Zemin örneklerinde Özgül ağırlık, Kıvam limitleri ve Standard Proktor deneylerine ait Başkanlığımız laboratuvarlarında bulunan baz değerlerden, Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarlarında yapılan aynı deney sonuçlarının sapmaları verilmektedir.

Çizelge : 3'de de; Su örneklerinin tamamına ait baz değerlerden, Bölge Merkez Kalite Kontrol Laboratuvarında bulunan aynı deney sonuçlarının sapmaları verilmektedir.

Bölgelerde yaptırılan tüm deneylerdeki sapmalar ve bunların değerlendirilmesi bu yazıda verilmemektedir. İleride yapılacak bir çalışma ile tüm ayrıntılar istatistikî metodlara göre incelenecek daha geniş bir biçimde verilecektir.

ÇİZELGE : 1 — BETON DENEYLERİ SAPMALARI

Bölge	BİRİM AĞIRLIK		ÖZGÜL AĞIRLIK		SU EMME		TAZE BETONDA	
	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	Çökme	Birim Ağırlık
A	+0.02	-0.07	+0.04	+0.02	+1.10	+0.1	0	+0.07
B	+0.02	-0.08	-0.03	-0.02	-0.3	-0.8	+1.5	+0.02
C	-0.01	-0.07	0	-0.01	-0.9	-0.9	-0.5	+0.25
D	-0.11	+0.12	-0.03	0	—	—	-0.5	+0.02
E	+0.05	-0.03	-0.03	+0.01	-0.2	0	0	+0.04
F	+0.02	-0.02	-0.15	+0.05	+1.2	-0.7	-1.0	+0.03
G	+0.03	-0.07	+0.03	+0.02	-0.3	-0.5	-1.0	-0.16
H	+0.07	-0.07	-0.03	-0.03	-1.3	+1.3	0	+0.05
I	-0.09	-0.16	+0.05	+0.13	—	+0.8	+5.0	—
J	-0.18	-0.23	+0.10	+0.01	—	—	+2.0	—
K	+0.06	-0.06	-0.02	+0.01	-0.7	-0.2	0.0	0
L	+0.07	-0.05	-0.01	+0.02	-0.3	-0.1	-0.1	0
M	-0.01	-0.05	+0.02	+0.04	-0.3	-0.3	0.0	+0.03
N	—	—	+0.05	+0.01	+0.6	+0.1	+1.0	+0.06
O	+0.09	-0.04	0	+0.03	+1.0	-0.3	+1.5	—
P	+0.03	+0.01	-0.05	0	+0.6	+0.4	+2.0	-0.02
R	+0.05	+0.19	-0.03	+0.01	-0.3	-0.1	+1.0	+0.05
S	-0.14	+0.19	+0.04	+0.05	+0.8	-0.1	0	+0.08
T	—	—	+0.03	+0.24	+2.3	-0.5	+3.0	-0.15
U	-0.18	-0.23	+0.10	+0.02	+0.3	+0.1	+2.5	+0.09
V	+0.05	-0.05	+0.03	+0.01	-1.1	+0.2	0	—

ÇİZELGE : 2 — ZEMİN DENEYLERİ SAPMALARI

Bölge	ÖZGÜL AĞIRLIK	KIVAM LİMİTLERİ		STANDARD PROKTOR	
		LL	PL	$\gamma_{k_{max}}$	W_{opt}
A	+0.02	-0.7	-2.3	-0.06	+1.1
B	-0.15	-1.7	-1.7	-0.06	+1.3
C	-0.07	-1.7	-2.1	0	+0.5
D	-0.06	-7.8	-2.8	+0.04	-0.6
E	+0.01	-1.2	-0.8	-0.05	+1.6
F	-0.12	-1.8	-2.3	+0.02	-2.0
G	-0.01	-5.2	-1.3	+0.04	-0.1
H	-0.13	-2.8	-2.3	-0.03	+1.1
I	—	+3.0	+2.2	-0.09	+3.4
J	-0.03	-5.9	-3.5	-0.03	+0.5
K	+0.03	-2.8	-1.7	-0.03	+1.0
L	-0.01	+0.6	+0.1	-0.06	+2.4
M	+0.01	0	-0.2	-0.04	+1.4
N	-0.06	-4.3	-8.9	+0.01	+0.7
O	-0.13	+4.6	+2.0	-0.05	-2.2
P	-0.07	-2.3	-3.1	-0.05	+0.4
R	-0.05	-3.0	-2.4	-0.01	-0.5
S	+0.01	-6.5	-2.0	-0.03	+1.0
T	-0.09	-2.2	-5.0	-0.18	+9.8
U	-0.01	-6.1	-3.4	-0.03	+0.4
V	0	-2.3	-2.3	-0.01	-0.5

ÇİZELGE : 3 — KİMYA DENEYLERİ SAPMALARI

Bölge	PH	EC	CA	Mg	CL	CO ₂	Bicarbonat
A	+0.3	+55	-8	+3.3	-3.6	0	+0.7
B	+0.1	+97	-20	+6.1	+13.4	0	-18.0
C	-0.7	+63	0	+6.1	+1.4	0	+12.2
D	-0.2	-55	-6	+10.9	+2.8	0	+6.1
E	+0.1	—	-14	+12.2	-0.7	0	+18.3
F	+0.3	+79	-3	+2.5	0	0	+17.7
G	+0.1	+175	—	—	-7.9	0	+79.3
H	-0.3	-50	-2	+7.3	+0.7	0	+4.7
I	-1.0	+65	-6	+6.9	+1.4	0	+11.7
J	-1.0	-35	+15	+0.6	+5.6	0	+49

DENEYLERDE İZLENEN SAPMALARIN DEĞERLENDİRMESİ :

Çizelge : 1, 2 ve 3'teki sonuçların yorumunu yapmadan önce, Bölgelerden gelen deney sonuçları incelendiğinde bazı Bölge deney raporlarında görülen birim hataları, yöntem hataları ile Sistematik hatalarını özetleyelim.

1 — Deney sonuçlarına etki etmemekle birlikte raporlarda önemli sayıda birim hataları bulunmaktadır. Örneğin kum özgül ağırlığı 2,54 gr/cm³ yerine 2,54 kg/m³ veya 25,4 kg/dm³ Şeklinde gösterilmiştir. Birim ağırlık sonuçları da aynı Şekilde 1569 kg/m³ yerine 1,569 kg/m³ olarak verilmiştir.

2 — Yapılan yöntem hatalarının en önemlilerinden biri, deneyde kullanılması gerekli malzeme miktarının, Standard yöntemde gösterilen alınması gerekli numune miktarından çok daha farklı olarak alınmasıdır. Örneğin kil toprakları ve elek analizi deneylerinde tane çapına göre Standard'da yazılı ağırlıkta numune alınacağı yerde, gereken miktarlardan az veya fazla numune ile deney yapılmıştır. Ayrıca Sodyum Sülfat don deneyinde 1970 yılından önceki Standarda göre numuneler alınarak deney yapıldığı da görülmüştür. Oysa bütün deneylerin önerilen kaynak kitap ve Standardlara göre yapılması gerekir.

3 — Deneylerde yapılan sistematik hataların başlıcaları ise, deney hesaplarının yanlış yapılması ve deneylerde kullanılması gerekli araçlarla yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Örneğin su emme hesabı yapılırken doymuş kuru yüzey numunenin ağırlığı ile bu numunenin kurutulduktan sonraki ağırlığı arasındaki farkın, doymuş kuru yüzey ağırlığa bölünmesi gerekirken aynı fark kuru numune ağırlığına bölünerek daha yüksek su emme değeri bulunmuştur. Aynı şekilde birim ağırlık hesabında kum ve çakıl için aynı birim ağırlık kabı kullanılarak bu deneyde de sistematik hatalar yapıldığı gözlenmiştir. Yukarıda açıklanan hatalar dikkate alınmadan laboratuvar raporlarında yazılı sonuçlara

göre Çizelge : 1, 2 ve 3 düzenlenmiştir. Yaptığımız değerlendirmelerde, Standardlarda belirlenen hata sınırlarına ve laboratuvar deneyimlerine göre, her deney için uygun bir hata yapabilmek sınırı kabul edilmiştir. Bu sınır değerler esas alınarak laboratuvar deney sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmış ve bu sınır değerlere göre tüm bölgeler için kabul edilebilir oranları (kabul edilebilir deney sayısı yüzdeleri) hesaplanmıştır.

3.1. Beton Deneyleri Sapmalarının Değerlendirilmesi :

Bölge Merkez Kalite Kontrol laboratuvarında yapılan beton deneylerinin, tüm Bölge laboratuvarları için hesaplanan kabul edilebilir deney yüzdeleri ve bu yüzdelerin nedenleri aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Birim Ağırlık Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Agrega birim ağırlıkları deneylerinde, kum birim ağırlık deneyinin tüm bölgeler için kabul edilebilir oranı yüzde kırkdokuz, çakıl birim ağırlığının aynı şekilde kabul edilebilir oranı ise yüzde otuz sekizdir.

Çizelge : 1'deki birim ağırlık deneyi sapmalarının incelenmesinden de görüleceği gibi, sapmaların büyük kısmı (—) yöndedir. Bu ise birim ağırlık deneylerinde yeterli sıkışmanın Standard da belirtilen şekilde verilemediğini göstermektedir. Ayrıca, 3. bölümde özetlendiği gibi deneylerin yapımında, kural ve standartlara uyulmakta gösterilmeyen özen, kabul edilebilir oranının düşmesine neden olmaktadır.

3.1.2. Özgül Ağırlık Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Agrega özgül ağırlık deneylerinden, kum özgül ağırlık deneyindeki sapmalara göre, tüm Bölgeler için hesaplanan kabul edilebilir oranı yüzde alt-

mişiki, çakıl özgül ağırlığının aynı şekilde kabul edilebilme oranı ise yüzde yetmiş altıdır.

Kum özgül ağırlığı için bulunan kabul edilebilme oranının çakıla göre daha küçük olmasının nedeni ise, kum özgül ağırlık deneyinde numuneye yeterli vakum uygulanamamasıdır. Ayrıca tartım sırasında veya numunenin piknometreye yerleştirilmesinde gerekli özen gösterilmemiş olabilir.

3.1.3. Su Emme Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Kum su emme deneyi sonuçlarındaki sapmalara göre tüm Bölgeler için kabul oranı yüzde kırk, çakıl su emme deneyindeki aynı oran yüzde elliçettir.

Özgül ağırlık deneyinde olduğu gibi su emme deneyinde de kum için bulunan kabul edilme oranı çakıla göre daha düşüktür. Bunun nedenin de tartım ve kurutma hataları ile 3ncü bölümde özetlenen kural ve standartlara uyulmama sonucu ortaya çıktığı söylenebilir.

3.1.4. Taze Beton Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Taze beton üzerinde yapılan deneylerde bulunan sapmalara göre tüm Bölgeler için hesaplanan Çökme değerinin kabul edilebilme oranı, yüzde yetmişbeş ve taze betonun birim ağırlığı için hesaplanan aynı oran yüzde kırk yedi olarak bulunmuştur.

Çökme değeri için bulunan kabul edilebilme oranı şu anda istenen düzeyin üzerindedir. Ancak taze betonun birim ağırlığında bulunan kabul edilebilme oranının düşüklüğünün nedenleri, agrega birim ağırlık deneyindeki nedenlerle aynıdır.

3.1.5. Diğer Deneyler :

Bölgelerden yapılması istenen karışım deneyi ve basınç dayanımı deneyi sonuçları bu çalışmada değerlendirmeye tabi tutulmamıştır. Çünkü basınç dayanımı deney sonucuna; rutin deneylerin yapılması, karışım elemanlarının belirlenmesi, numunenin yerleştirilmesi ve kür şartları gibi etki eden nedenler çok fazladır. Bu konu da bu yazıda değerlendirilmeyen bazı zemin deneyleri ile birlikte ileride ayrıntılı olarak incelenecektir. Ancak bu deneylere ait raporlar ve hesaplar incelendiğinde genellikle şu yanlışların yapıldığı saptanmıştır.

a) Karışım hesaplarının nasıl yapıldığı bazı Bölgelerce belirtilmemiş veya karışım hesapları yapılırken gerekli rutubet düzeltmeleri yapılmamıştır. Ayrıca karışım hesabında toplam malzeme bazılarında 1000 dm³ ten az görülmektedir.

b) Beton numunelerin alınması ve muhafazasında da bazı eksiklikler vardır, örneğin numu-

nelerin yerleştirme şekli belirtilmemiş ve/veya bazı numuneler el, bazı numuneler vibrasyonla yerleştirilmiş, kür koşulları her yerde Standartlarda belirtilenleri sağlamamakta ve bazı numuneler 7 gün yerine 5 veya 6 günde kırılmıştır. Bu nedenlerle değerlendirme yapmak şimdilik mümkün olamamıştır.

c) Sodyum Sülfat don deneyi, bazı Bölgelerde eski Standartda göre yapılmış ve bazı Bölgelerde ise kayıp yüzdeleri esas granülometrideki yüzdelere bölünmemiştir.

d) Elek analizi deneyinde uygun miktarda numune alınmamıştır.

3.2. Zemin Deneyleri Sapmalarının Değerlendirilmesi :

Beton deneylerinde olduğu gibi zemin deneylerinin de, tüm Bölgeler için hesaplanan kabul edilebilme oranları ve bu oranların istenen düzeye erişmesi için alınması gerekli önlemler aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Özgül Ağırlık Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Özgül ağırlık deneyindeki sapmaların tüm Bölgeler için kabul edilebilme oranı yüzde ellidir.

Çizelge : 2'deki bu deneye ait sapmalar incelendiğinde baz değerden düşük değerde bulunan kabul edilebilme oranı ise yüzde altmış yedidir. Büyük oranda düşük değer bulunmasının esas nedeni, bazı küçük yan etiketlerle birlikte, süspansiyonun havasının tamamen alınamaması ve/veya tartılan malzemenin piknometreye konmadan önce bir kısmının yitirilmesi.

3.2.2. Kıvam Limitleri Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Kıvam limitleri deneylerindeki sapmaların tüm Bölgeler için kabul edilebilme oranı; likit limit deneyi için yüzde kırk yedi ve plastik limit deneyi içinde yüzde yetmiş altı olarak hesaplanmıştır.

Kişisel deneyim ve özenin, diğer deneylere kıyasla, deney sonucunu daha çok etkilediği plastik limit deneyinde kabul edilebilme oranının, yüksek olması -dikkat çekicidir. Plastik limit deneyi ile birlikte değerlendirilen likit limit deneyinde bu oranın düşük ve genellikle baz değerinin altında olması, likit limit aletlerinin Kalibrasyonlarının tam yapılmaması yanlış deney yöntemi uygulanması (Deneye zeminin likit limit değerinden daha düşük su içeriğinde başlamamak), Su içeriği belirlenmesi için alınan numunenin hemen tartılmayıp kurumasına neden olunması gibi yanlışlardan kaynaklanmaktadır.

3.2.3. Standard Proktor Deneylerinin Değerlendirilmesi :

Laboratuvar standard sıkıştırma (Standard Proktor) deneyinde tüm Bölgeler için kabul edilebilir deney sayısı, en büyük kuru birim ağırlık ve optimum su içeriği için aynı değerlerde, yüzde kırk üçtür.

Bu deneylerdeki sapmalar incelendiğinde görüldüğü gibi sapan değerlerin büyük kısmı baz değerden düşüktür. Bunun başlıca nedenleri ise; sıkıştırma için gerekli standard enerjiden daha düşük enerji uygulanması; deneyin her kademesinde yeni malzeme kullanılmaması ve rutubetin malzeme içinde homojen yayılması için yeterli zamana olanak verilmemesidir.

3.2.4. Diğer Deneyler :

Çizelge : 2'de yer almayan ve değerlendirilmesi ileride ayrıntılı olarak yapılacak olan deneylerden, tek elek yöntemi ve buna ek olarak yapılan hidrometrik çözümüleme yöntemi ile tane dağılımı eğrisinin saptanmasında genel olarak aşağıdaki yanılırlara düşüldüğü görülmüştür.

a) Elek çözümüleme deneyi için, zemin örneğinin maksimum, tane boyutuna göre alınması gerekli miktarda malzeme deney için alınmamıştır.

b) Eleklerde kalan kuru malzeme ağırlıkları toplamı, yıkanma sonu toplam kuru malzeme ağırlığından % 0.3 den çok saptığı durumlarda deneyin yenilenmesi gerektiği halde bu yapılmamıştır.

c) Hidrometrik Çözümüleme deneyinde, hesaplarda (özgül ağırlığa göre kalibre edilmiş hidrometreler kullanıldığı zaman) geçen yüzde hesabında, 200 No.lu elek (0,074 mm) boyutundan küçük malzemenin özgül ağırlığı yerine, 4 No.lu elek (4,76 mm) boyutundan küçük malzemenin özgül ağırlığı kullanılmıştır.

d) Genel olarak menisküs ve sıcaklık düzeltme katsayıları, hesaplarda gözönüne alınmamıştır.

3.3. Su Deneylerindeki Sapmaların Değerlendirilmesi :

Çizelge : 3'teki Su deneylerinin tüm Bölgeler için hesaplanan kabul edilebilme oranları sırasıyla şöyledir.

- PH deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde yetmiş sekiz
- EC deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde yetmiş sekiz

- Ca deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde doksan
- Mg deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde yetmiş
- Cl deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde seksen
- CO₃ deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde yüz
- Bi Karbonat deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde seksendir.

Görüldüğü gibi sadece, Mg deneyi için kabul edilebilme oranı yüzde yetmiş sekizin altında bulunmaktadır.

Su deneylerinde en önemli noktalardan biri de deneyin standardta belirtilen zamanda ve koruma şartları altında yapılabilmesidir. Bunun için, Bölgelerin ve Başkanlığımızdaki referans numunelerin aynı anda deneye tabi tutulmaları istenmiştir. Yukarıdaki sonuçlar, bu şarta uyulduğunu ve sonuçların şu anda beklenen düzeyin üstünde olduğunu söylemeye yeter. Ancak deney sonuçlarının aynı birim ile verilmediği gözlenmiştir. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde tüm DSİ Laboratuvarlarının Standard Metodlarla belirtilen aynı birimlerle sonuçlarını belirtmeleri yerinde olacaktır.

4 — ALINMASI GEREKLİ ÖNLEMLER :

Kalite Kontrol Laboratuvarlarının etkinliğini sağlayabilmek için, bu laboratuvarların belirli bir düzeyin üzerinde çalışmalar yapması gerekir. Yukarıda özetlenen değerlendirme sonuçlarına göre; bir takım önlemlerin alınmasıyla, DSİ'nin Kalite Kontrol Laboratuvarlarından beklediği arzulanan çalışma düzeyinin üzerine çıkmak mümkün olacaktır.

Kalite Kontrol ve Laboratuvar çalışmalarında başarılı olabilmek için; başta bunların gerekliliği ve yararına yönetici ve çalışanları ile birlikte inanmak ve laboratuvar çalışmaları için belli bir eğitim seviyesine erişmiş olmak gerekir.

Kalite Kontrol Laboratuvar elemanlarının eğitim durumuna göz atacak olursak en belirgin husus olarak şunları görmekteyiz.

a) 1979 - 1981 yılları arasında DSİ'de mevcut Kalite Kontrol Laboratuvarı teknik personelinin 22'si Başkanlığımız Laboratuvarlarında konuları ile ilgili olarak 1 hafta ile 1 ay arasında eğitime tabi tutulmuştur.

b) Aynı yıllar arasında Kalite Kontrol Laboratuvarları sanat sınıfı elemanlarından, gerek OET nin tertiplediği kurslardan gerek bizzat Bölgesinin talebi ile Başkanlığımızda 60'ın üzerinde eleman yetiştirme kursuna ve 52 elemanda geliştirme kursları görmüşlerdir.

c) Yapılması gerekli eğitim hacminin bunun çok üzerinde olması ve eğitimin hemen her seviyede yapılması gerekir. Çünkü bu değerlendirme çalışmasında bazı Bölgelerde yapılması çok az olası olan temel yanlışlara düğüldüğü, bazı Bölgelerde ise yöntemlerle ilgili yanlışların var olduğu saptanmıştır. Bütün bu eksikliklerin giderilebilmesi için eğitim konusunda şu önlemler alınması gerekir.

a) Başta Bölge Merkez Kalite Kontrol laboratuvarları sorumluları olmak üzere tüm Kalite Kontrol laboratuvarları sorumluları mevcut yayın, Standart ve deney yöntemlerini en iyi şekilde bilmeli ve elemanlarla öğretmek için Bölgelerde bir eğitim seferberliği başlatılmalıdır.

b) Gerek Başkanlığımız yayınlarının gerek diğer teknik yayınların Bölgelerde Kalite Kontrol Laboratuvarı yetkilerine ulaşması için gerek OET, gerek Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı ve gerekse Bölge yetkililerince yeterli çaba gösterilmelidir.

c) Araştırma ve Geliştirme Dairesince yürütülecek eğitim çalışmalarına Bölgeler gerekli ilgiyi göstermeli ve açılan kursların yeterli eleman gelmemesi nedeni ile yapılmaması OET ve Bölge-lerde alınacak önlemlerle ortadan kaldırılmalıdır.

d) Bölge Merkez Laboratuvar yetkilileri önce Bölge merkez laboratuvarlarında, deneylerin gerekli duyarlıkta ve Standartlarda istenen deney yöntemlerine göre yapılmasını sağladıktan sonra; Bölge dahilindeki diğer laboratuvarlarında Araştırma ve Geliştirme Dairesince yapılabenzer şekilde bir değerlendirmesini yapmalı ve böylece tüm laboratuvar elemanlarını daha iyi ve daha doğruyu bulma konusunda bir yarışma havasına sokmaları yerinde olacaktır.

5 — SONUÇ :

Yapılan değerlendirme çalışması sonucu hesaplanan «Kabul edilebilir deney sayısı», tüm Bölgeler için bulunmuştur. Hesaplanan «Kabul edilebilir deney sayısı»na, kuruluşları çok kısa bir zaman önce tamamlanan Bölgelerde dahil edildiğine göre, bulunan sonuç olumludur. Ancak 4. bölümde açıklanan küçük önlemlerde dikkate alınır tüm yetkililerin «KALİTE»ye ve dolayısıyla KALİTE KONTROL VE LABORATUVAR çalışmalarına verdikleri önem daha da artarsa, DSİ'deki bütün Kalite Kontrol Laboratuvarlarının en üst düzeyde çalışmalar yaptığını görmek çok kısa bir zaman içerisinde gerçekleşecektir.

KONİK VANALAR VE UYGULAMA MODELLERİ

Yazan : Mine ORHON (*)

Ö Z E T

Bu tebliğde günümüzde yaygın bir biçimde kullanılan konik vanalardan çıkan akımın enerjisinin kırılmasında ve deşarj kapasitesinin saptanmasında karşılaşılan güçlükler ve konuya model çalışmalarıyla getirilen çözümler tartışılmıştır.

1. GİRİŞ :

Konik vanalar, çeşitli düşülerde vibrasyonsuz çalışabilmeleri, yüksek deşarj kapasiteleri, işletme ve onarım kolaylıkları gibi nedenlerle, günümüzde, büyük su yapılarında oldukça yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Şekil : 1'de Seyhan Barajı çıkış vanası olarak kullanılan tipik bir örneğinin projesi görülen konik vanalar; silindirik kapak, keçeler ve işletme mekanizmaları olmak üzere dört bölümden oluşmuştur. Gövde memba ucunda flanşı olan bir silindirik şekilde olup, bu kısımdan cebri boru veya konduviye bağlanır, mansap ucunda konisi olan başlık ve dahili radyal bölmelerden oluşmuştur. 40 cm. çap ve bundan büyükleri çelik levhalardan yapılır ve işlenmeden önce iç gerilmeleri giderilir. Daha küçük çaplılar ise dökme çelik gövdeden yapılabilir. Gövde üzerinde hareket eden silindirik kapak da aynı şekilde 45 cm. ve daha büyük çaplar için iç gerilmeleri giderilmiş çelik plakalardan, daha küçük çaplar için ise dökme çelikten yapılır. [1]

2. KONİK VANALARIN DEŞARJ KAPASİTELERİNİN HESABI :

Konik vanaların geçirecekleri debi orifis denklemi ile hesaplanabilir :

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \quad \dots\dots\dots 2.1$$

Burada

Q = Debi (m³/s)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \text{Minimum iç çapa göre hesaplanmış}$$

vana alanı (m²).

C = Debi katsayısı

g = Yer çekim ivmesi (m/s²)

H = Metre cinsinden net düşüktür. (giriş sürtünme, dirsek ve diğer kayıplar çıkarıldıktan sonra)

A değerini de yerine koyduktan sonra aynı formülü aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz :

$$Q = K \times D^2 \sqrt{H} \quad \dots\dots\dots 2.2$$

Burada

$$K = \frac{\pi \sqrt{2g}}{4} \cdot C \text{ dir ve kapak açıklığına bağlı}$$

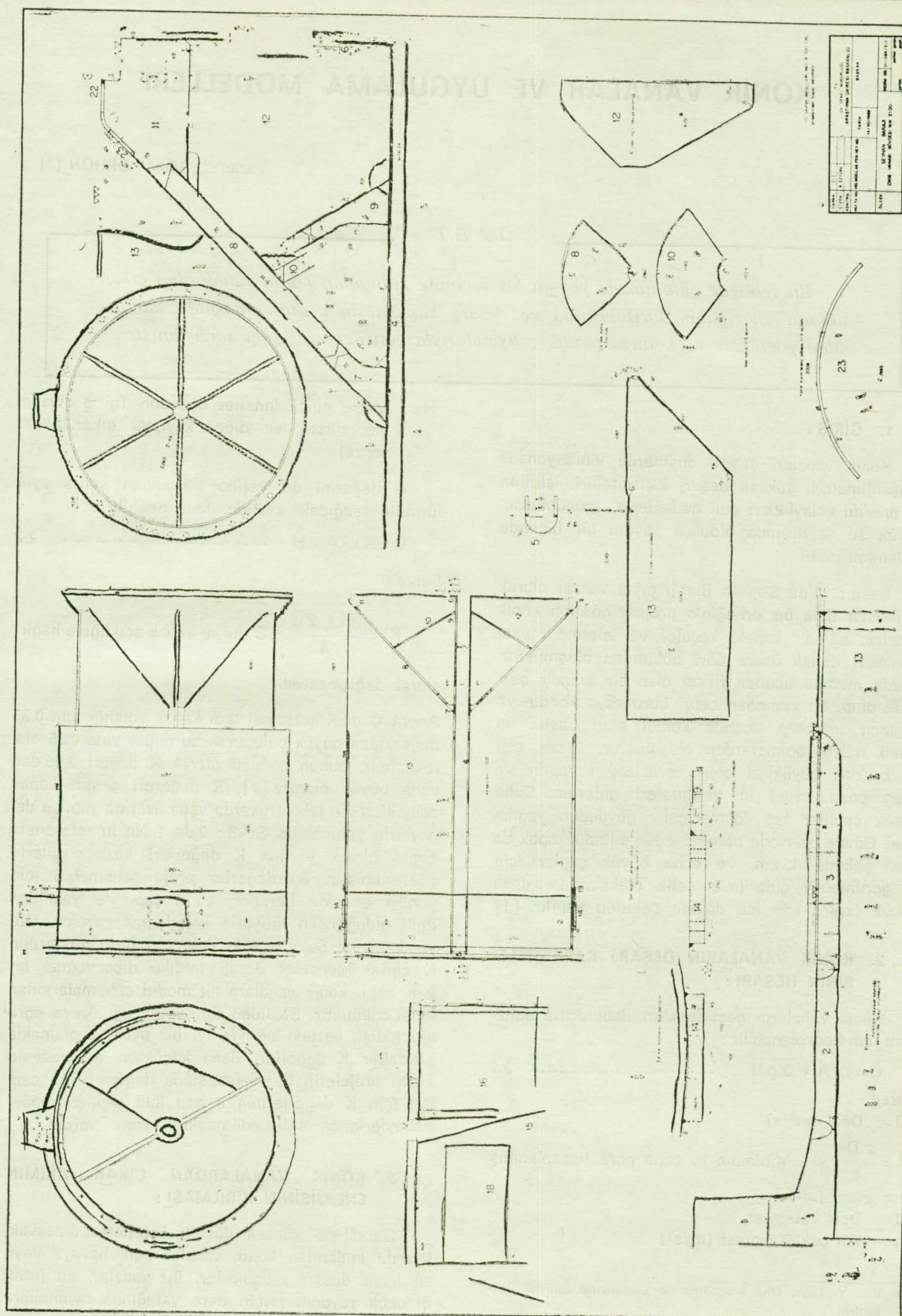
olarak değişmektedir.

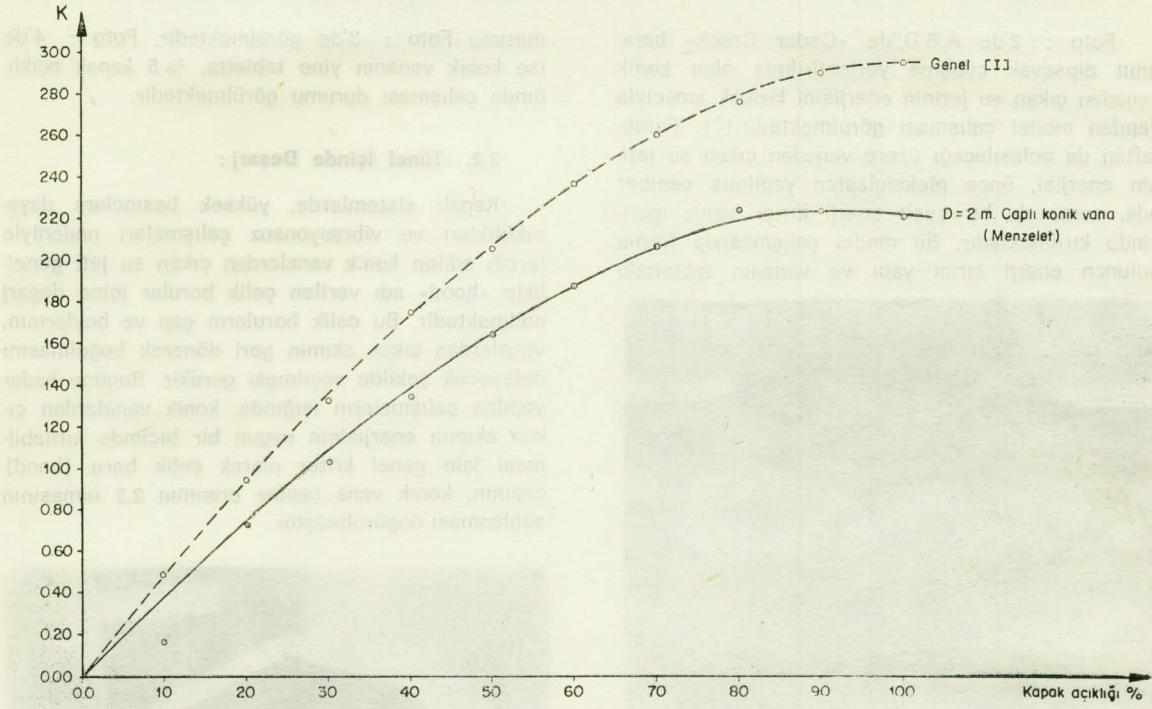
Ancak C debi katsayısı tam kapak açıklığı için 0.85 değerinden büyük bulunursa bu değer yine 0.85 olarak alınır, bunun sonucu olarak K değeri 2.95 den daha büyük olamaz [1]. K değerleri çeşitli kapak açıklıkları için, laboratuvarında vana üzerine yapılan deneylerle bulunabilir. Şekil : 2'de 1 No.lu referansta genel olarak verilen K değerleri kırık çizgilerle gösterilmiştir. Bu değerler proje çalışmaları için yararlı olmakla beraber, vana çapı ile yakından ilgili olduğundan ihtiyatla karşılamak gerekir. Öte yandan yine Şekil : 2'de dolu çizgilerle gösterilen K eğrisi Menzelet Barajı tehlike dipsavağına ait 2 m. çaplı konik vanalara ait model çalışmalarından elde edilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere eğrinin gidişi, üstteki eğriyle iyi bir uyum sağlamakla beraber K değerleri daha küçüktür. Bu nedenle kesin projelerin hazırlanmasında değişik vana çapları için K değerlerinin o çap için yapılan model deneylerinden elde edilmesinde yarar vardır.

3. KONİK VANALARDAN ÇIKAN AKIMIN ENERJİSİNİN KIRILMASI :

Genellikle yüksek düşülü barajların dipsavaklarında kullanılan konik vanalar açık havaya veya su içine deşarj yapabilirler. Bu vanalar, su jetini oldukça yaydıkları için dere yatağında oyulmalara

(*) İnş. Y. Müh. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı





Şekil : 2 Konik vanalara ait K değerleri

neden olmazlar. Su jetinin dağılması sağlanamıyorsa vana bir çember oda içine alınabilir veya tünel içine deşarj yapılabilir.

3.1. Açık Havaya Deşarj :

Yukarıda da belirtildiği gibi konik vanalar dere yatağında fazla oyulmaya neden olmadığından, su

yapısının ve arazinin uygun durumlarında açık hava ya deşarj yapılabilirler. Foto : 1'de açık havaya deşarj yapan bir konik vana görülmektedir. Ancak çıkıştaki arazi koşulları enerjisi kırılmamış bir su jetinin deşarjına izin vermiyorsa, model çalışmalarıyla uygun bir enerji kırıcı yapı geliştirilmeli ve yerinde uygulanmalıdır.

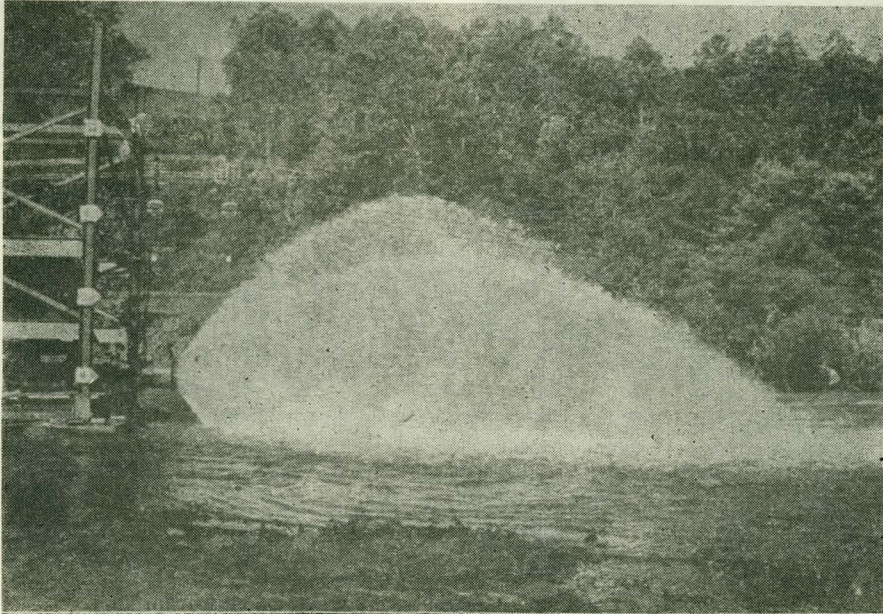


Foto 1 Konik vana ile açık havaya deşarj

Foto : 2'de A.B.D.'de «Cedar Creek» barajının dipsavak çıkışına yerleştirilmiş olan konik vanadan çıkan su jetinin enerjisini kırmak amacıyla yapılan model çalışması görülmektedir (*). Fotoğraftan da anlaşılacağı üzere vanadan çıkan su jetinin enerjisi, önce pleksiglastan yapılmış çember oda, sonra da bir çeşit enerji kırıcı havuz içerisinde kırılmaktadır. Bu model çalışmasıyla formu bulunan enerji kırıcı yapı ve vananın tabiattaki

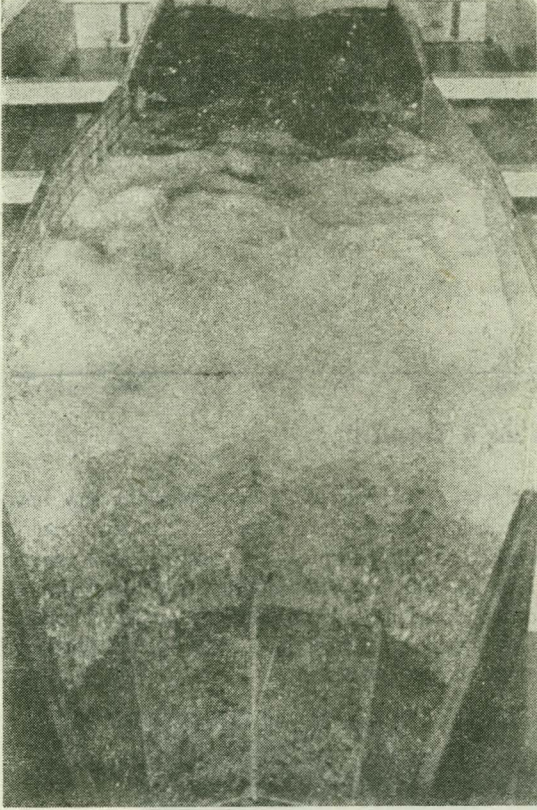


Foto 2 Konik vanadan çıkan su jetinin enerjisini kırmak amacıyla öngörülen yapının modeli.

durumu Foto : 3'de görülmektedir. Foto : 4'de ise konik vananın yine tabiatta, % 5 kapak açıklığında çalışması durumu görülmektedir.

3.2. Tünel İçinde Deşarj :

Kapalı sistemlerde, yüksek basınçlara dayanaklılıkları ve vibrasyonsuz çalışmaları nedeniyle tercih edilen konik vanalardan çıkan su jeti genellikle «hood» adı verilen çelik borular içine deşarj edilmektedir. Bu çelik boruların çap ve boylarının, vanalardan çıkan akımın geri dönserek boğulmasını önleyecek şekilde seçilmesi gerekir. Bugüne kadar yapılan çalışmaların ışığında, konik vanalardan çıkan akımın enerjisinin uygun bir biçimde kırılabilmesi için genel kriter olarak çelik boru (hood) çapının, konik vana çapına oranının 2.5 olmasının sağlanması öngörülmüştür.

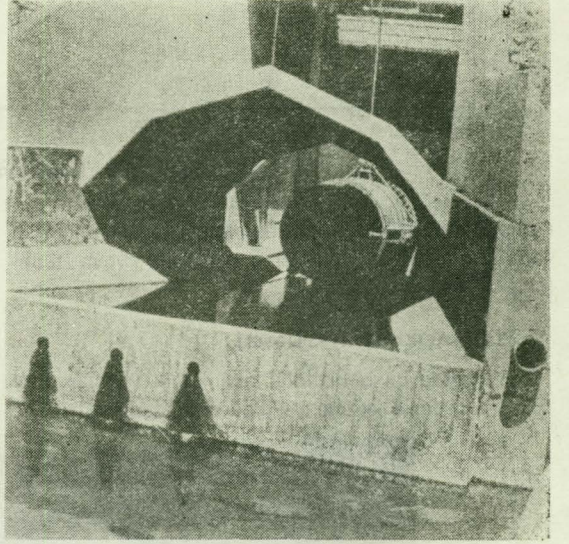


Foto 3 Konik vana ve enerji kırıcı yapının tabiattaki durumu.

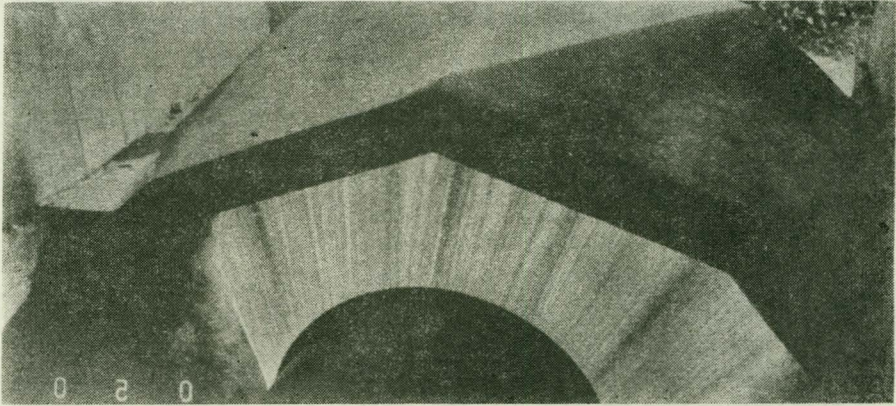


Foto 4 Konik vananın % 5 kapak açıklığında çalışması durumu.

(*) Bu model «Tennessee Valley Authority» Norris Hidrolik Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

4. MENZELET BARAJI TEHLİKE DİPSAVAĞI KONİK VANALARI İLE İLGİLİ MODEL ÇALIŞMALARI :

Ceyhan nehri üzerinde yapımı plânlanan Menzelet Barajı'na ait model deneyleri DSİ, Araştırma ve Geliştirme Dairesi, Hidrolik Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. [2] Şekil : 3'de projeleri görülen tehlike dipsavağı yapısının 1/25 ölçekli modeli üzerinde konik vanalara ait deşarj eğrileri, vanalardan çıkan su jetinin enerjisinin kırılması, havalandırma düzeninin etüdü, mansap tüneline su yüzü ve doluluk oranlarının incelenmesi ile ilgili deneyler yürütülmüştür. Şekilden de görüleceği üzere dipsavak, 10 m. çapındaki derivasyon tüneli içerisine 2 m. çaplı dipsavak tünellerinin, sürgülü servis kapaklarının ve konik kontrol vanalarının yerleştirilmesiyle oluşmuştur. Konik vanalardan çıkan su jetinin enerjisinin 4.60 m. çaplı çelik borular içerisinde kırılması plânlanmıştır. Bu durumda çelik boru (hood) çapının konik vana çapına oranı $\frac{4.60}{2.00} = 2.30 < 2.50$ olmaktadır. Ancak çelik boruların açıldığı D=10 m.lik tünelin çapı derivasyon fazı ile sınırlandığından daha büyük «hood» çapı seçilememiştir.

Bu koşullar altında konik vanaların çalışmaları gözlemlendiğinde, vanalardan çıkan su jetinin çelik boru (hood) ların kenarlarına çarparak geri döndüğü ve akımı boğduğu görülmüştür.

Bu kötü akım koşullarını düzeltmek için şu önlemler alınabilir.

a) D=4.60 m.'lik çelik boruların (hood) çapı genişletilebilir.

b) Konik vanaların tepe açısı küçültülerek, su jetinin çelik boru çeperlerine çarpma bölgesi ötelenebilir.

c) d=2.00 m. çapındaki konik vanaların çapı küçültülebilir.

Yukarıdaki üç alternatiften ilkinin, yani 4.60 m. lik çelik boruların çapının genişletilmesi işleminin, bu boruların açıldığı 10 m.'lik tünel çapının derivasyon fazıyla sınırlanmış olması nedeniyle uygulanamayacağı yukarıda belirtilmişti.

İkinci alternatif için tepe açısı 90° olan konik vanaların yerine, 80°, 75° ve 70° tepe açısına sahip konik vanalar kullanılarak deneyler yapılmıştır.

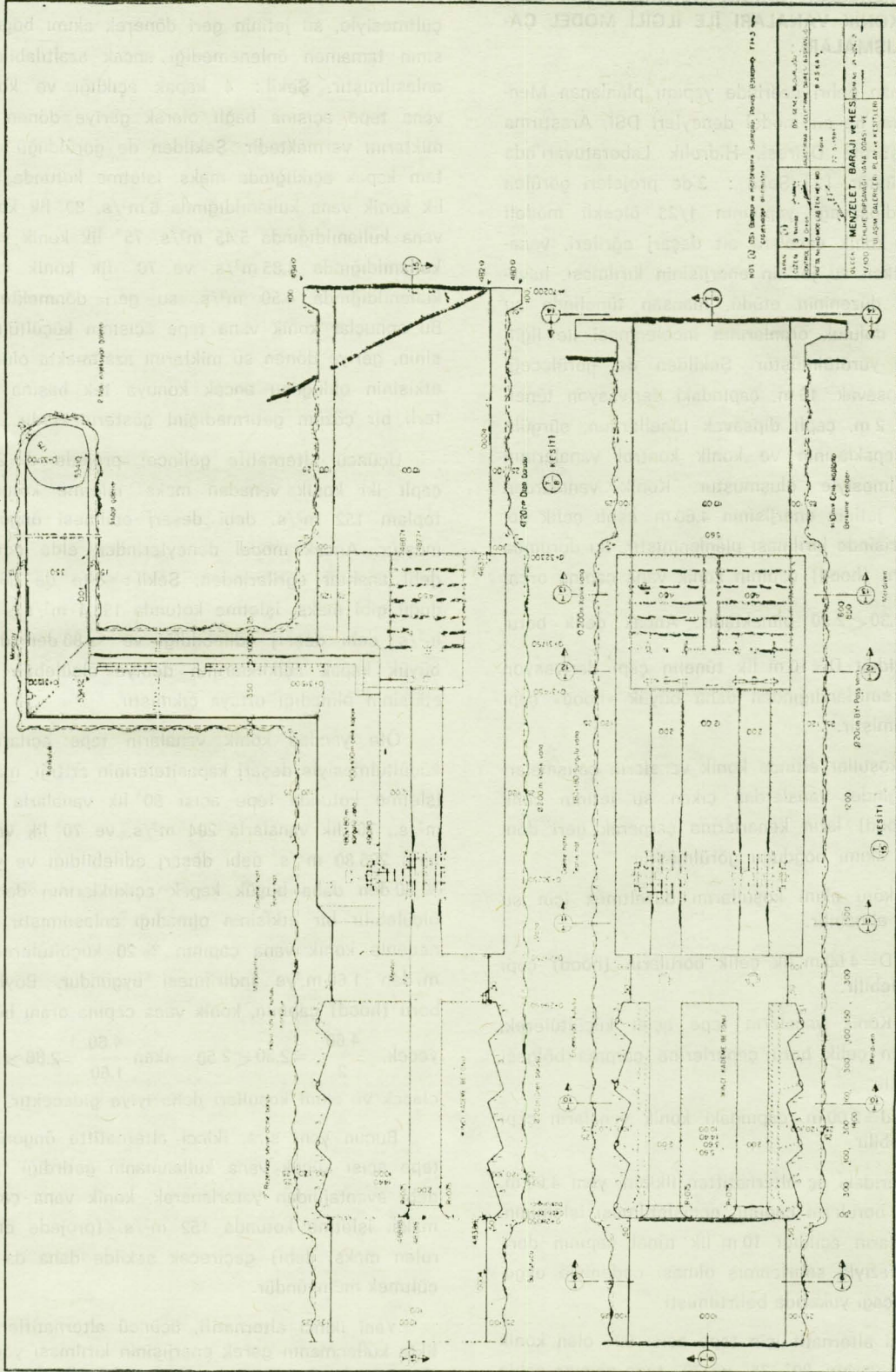
Bu deneylerden, konik vana tepe açısının küçültmesiyle, su jetinin geri dönerek akımı boğmasının tamamen önlenemediği ancak azaltılabildiği anlaşılmıştır. Şekil : 4 kapak açıklığı ve konik vana tepe açısına bağlı olarak geriye dönen su miktarını vermektedir Şekilden de görüldüğü gibi tam kapak açıklığında maks. işletme kotunda 90° lik konik vana kullanıldığında 6 m³/s, 80° lik konik vana kullanıldığında 5.45 m³/s, 75° lik konik vana kullanıldığında 4.85 m³/s. ve 70° lik konik vana kullanıldığında 4.50 m³/s. su geri dönmektedir. Bu sonuçlar konik vana tepe açısının küçültülmesinin, geriye dönen su miktarını azaltmakta olumlu etkisinin olduğunu ancak konuya tek başına yeterli bir çözüm getirmediğini göstermektedir.

Üçüncü alternatife gelince; projede d=2 m. çaplı iki konik vanadan maks. işletme kotunda toplam 152 m³/s. debi deşarj edilmesi öngörülmüştür. Ancak model deneylerinden elde edilen debi anahtar eğrilerinden, Şekil : 5'te de görüldüğü gibi maks. işletme kotunda 193.4 m³/s > 152 m³/s. debi deşarj edilebildiği ve % 80 den daha büyük kapak açıklıklarının debiye ölçülebilir bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır.

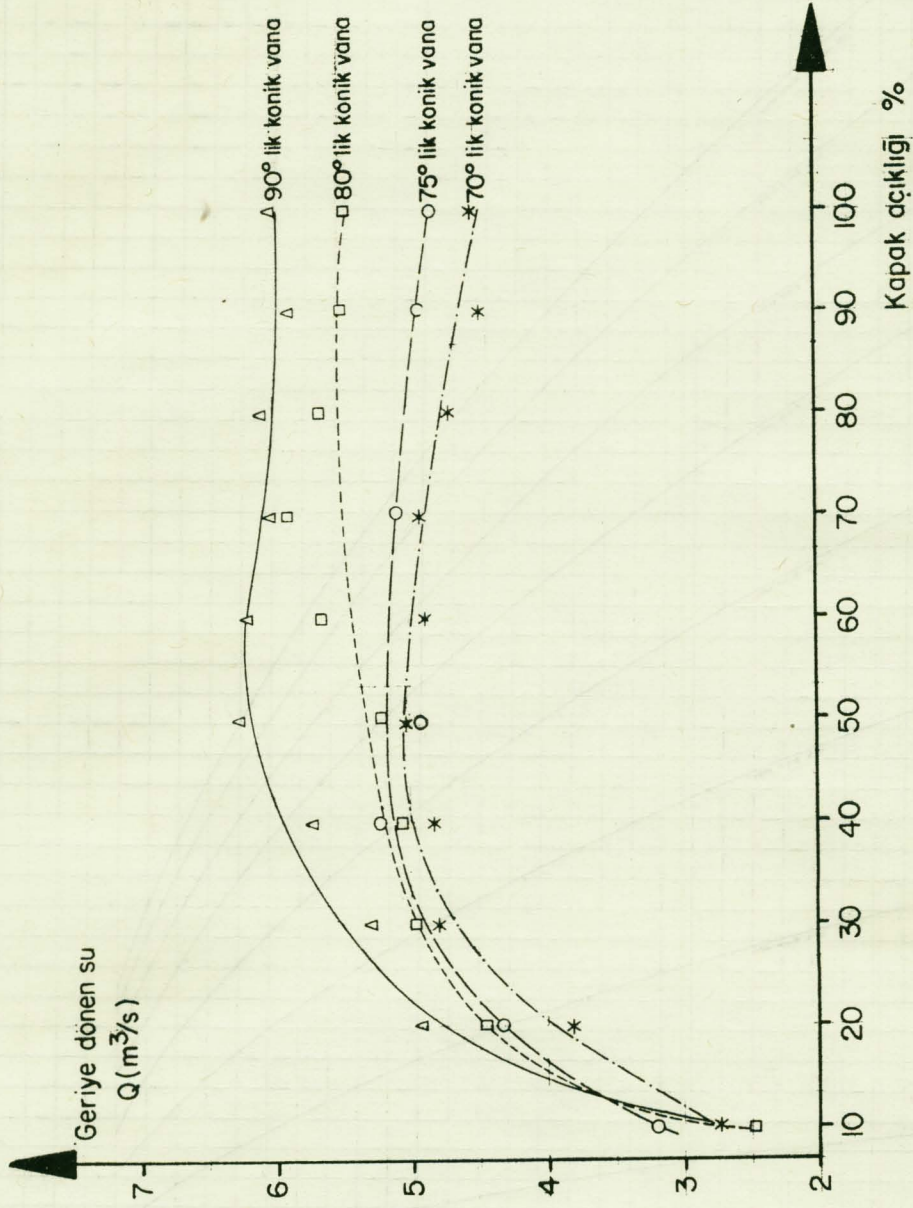
Öte yandan konik vanaların tepe açılarının küçültülmesiyle deşarj kapasitelerinin arttığı, maks. işletme kotunda tepe açısı 80° lik vanalarla 202 m³/s., 70° lik vanalarla 204 m³/s. ve 70° lik vanalarla 205.80 m³/s. debi deşarj edilebildiği ve yine % 80 den daha büyük kapak açıklıklarının debiye ölçülebilir bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle konik vana çapının % 20 küçültülerek 2 m. den 1.60 m.'ye indirilmesi uygundur. Böylece boru (hood) çapının, konik vana çapına oranı büyük olacak, $\frac{4.60}{2} = 2.30 < 2.50$ iken $\frac{4.60}{1.60} = 2.88 > 2.50$ olacaktır.

Bunun yanı sıra, ikinci alternatifte öngörülen tepe açısı küçük vana kullanmanın getirdiği fazla debi avantajından yararlanarak, konik vana çapını maks. işletme kotunda 152 m³/s. (projede öngörülen maks. debi) geçirecek şekilde daha da küçültmek mümkündür.

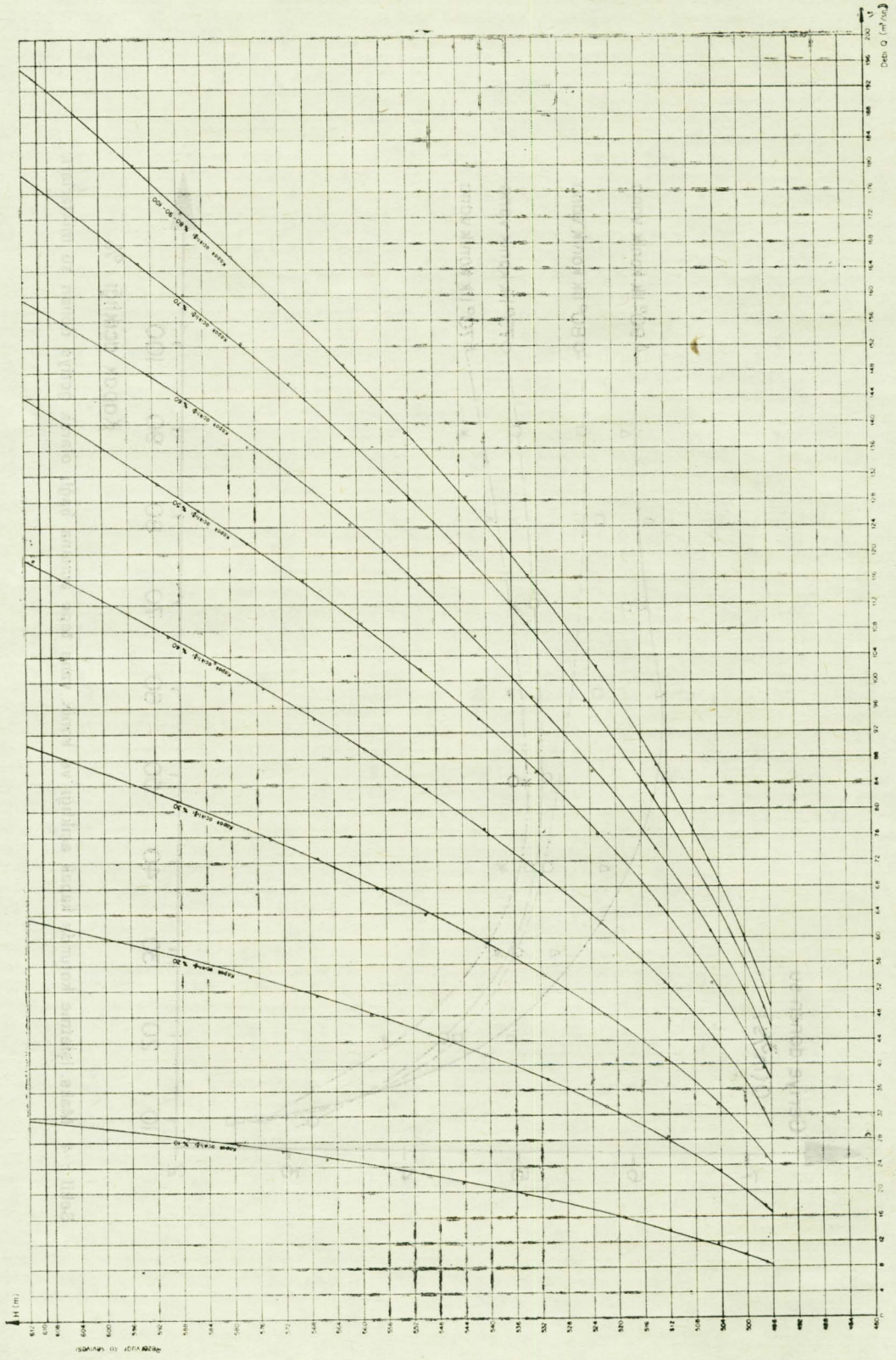
Yanî ikinci alternatifi, üçüncü alternatifle birlikte kullanmanın gerek enerjisinin kırılması yönünden gerekse sistemin optimum koşullarda çalışmasını sağlamak yönünden büyük yarar vardır.



Şekil : 3



Şekil : 4 Maks. işletme kotunda kapak açıklığı ve konik vana tepe açısına bağlı olarak geriye dönen su miktarları.



Şekil : 5 Howell - Bunger Vanalara ait debi anahtar eğrileri (Tepe açısı - 90°)

5. SONUÇ :

Konik vanalar, büyük deşarj kapasiteleri, işletme ve onarım kolaylıkları, çeşitli düşülerde vibrasyonsuz çalışabilmeleri gibi nedenlerle özellikle dipsavak yapılarında diğer vana tiplerine tercih edilirler.

Konik vanaların geçireceği debi 2.2 no.lu formül ile hesaplanır. Kesin projeler için formül 2.2'deki K değerlerinin, o konik vana çapı için model deneyleri ile saptanmış olması gerekir. Ancak, tam kapak açıklığı için K değeri, model çalışmaları ile daha büyük bulunsun bile 2.95'ten fazla alınamaz.

Konik vanalar, açık havaya veya tünel içine deşarj yapabilirler. Açık havaya deşarj durumunda arazi koşulları uygunsa hiç bir önlem alınmadan, değilse model çalışmalarıyla öngörülen bir enerji kırıcı yapı yardımıyla çalıştırılabilirler.

Tünel içerisine deşarj durumunda, konik vanalardan çıkan akımın enerjisi «hood» adı verilen çelik borular içinde kırılır. Enerjinin iyi kırılabilmesi için «hood» çapının konik vana çapına oranının 2.5 olması gerekir. Yapının özelliği nedeniyle bu sağlanamıyorsa, konik vana tepe açısının küçültülmesi yoluna gidilebilir. Böylece «hood» kenarlarına çarpan akımın geri dönerek akımı boğması kısmen önlendiği gibi vanaların deşarj kapasitesi artar ve vana çapının küçültülmesi olanağı doğar.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

[1] «Konik (Hcwell - Bonger) Vanalar» çeviri, Şakir Bekem, Barajlar ve H.E.S. Dairesi Bşk.

[2] «Menzelet Barajı Tehlike Dipsavağı Model Deneyleri Raporu» Mine Orhon, Ankara, 1981.

TÜRKİYE'DE BUZLA ÖRTÜLEN AKARSULARDA SEVİYE VE DEBİ ÖLÇÜMÜ

Yazan : İbrahim GÜRER (*)

Ö Z E T

Makalede Türkiye'nin kış mevsiminde buzla örtülen akarsularının bulunduğu bölgeler verilmekte, bu akarsularda debi ölçümü için kontrol kesiti seçimi, düşeyde hız ölçüm yaklaşımları, kullanılan muline tipleri üzerinde durulmaktadır. Ayrıca kış mevsiminde ortalama debi hesap yöntemleri, limnigraf ile seviye ölçümü, ve ölçümlerde gerekli hassasiyet belirtilmekte, göl ve rezervuarlarda buz rejimleri ve gerekli ölçümleri sunulmaktadır.

1. GİRİŞ :

Coğrafik konumu ve topoğrafik durumundan ötürü, Orta ve Doğu Anadolu'nun özellikle yüksek kesimlerdeki akarsularda, göl, ve rezervuarlarda kış mevsimi boyunca buz örtüsü oluşmaktadır (Şekil : 1). her kış mevsiminde buzla örtülen akarsular Doğu Anadolu'da Fırat nehrinin yukarı kısımlarıyla Erzincan, Erzurum, Kars ve Ağrı yörelerindeki akarsular olup Ocak, Şubat, Mart aylarında buzla kaplıdır. Yüksek kotlarda Aralık ortalarında buz oluşumuna pek sık rastlanır. Sadece şiddetli kış mevsimlerinde donan akarsular ise Orta Anadolu'daki akarsular ile Ilgaz dağları yöresinden ve Istranca dağlarından kaynaklanan akarsular olup çoğunlukla Ocak - Şubat periodunda donma oluşur. Buzlanma akarsuyun her iki kıyısından başlayarak ortaya doğru gelişmektedir. Sığ olan kısımlarda veya adacıkların çevresinde de buzlanma erken oluşmaktadır. Kıyı buzı veya cephesel buz oluşumu için akarsuyun kritik hızının 0.4-0.6 m/sn dolaylarında olması gerekmektedir [1]. Bu kritik hız üzerine çıktığında buzlanma oluşumu zorlaşmakta isede, bazen baraj şeklinde oluşan buz örtüsü suyun kabarmasına, kıyıları basarak yerel taşkınlara sebep olmaktadır.

Ulaşım yapılan nehirlerde, baraj ve benzeri depolama yatırımlarında buz oluşumundan dolayı meydana gelen ara depolamaların birçok kötü etkileri vardır. Bu yapıların projelendirilmesinde buzun oluşum ve erime süreçlerinin araştırılması ve tahmin yöntemlerinin geliştirilmesi için akarsulardaki buz rejimlerinin uzun süreli gözlemlerinin yapılması gereklidir.

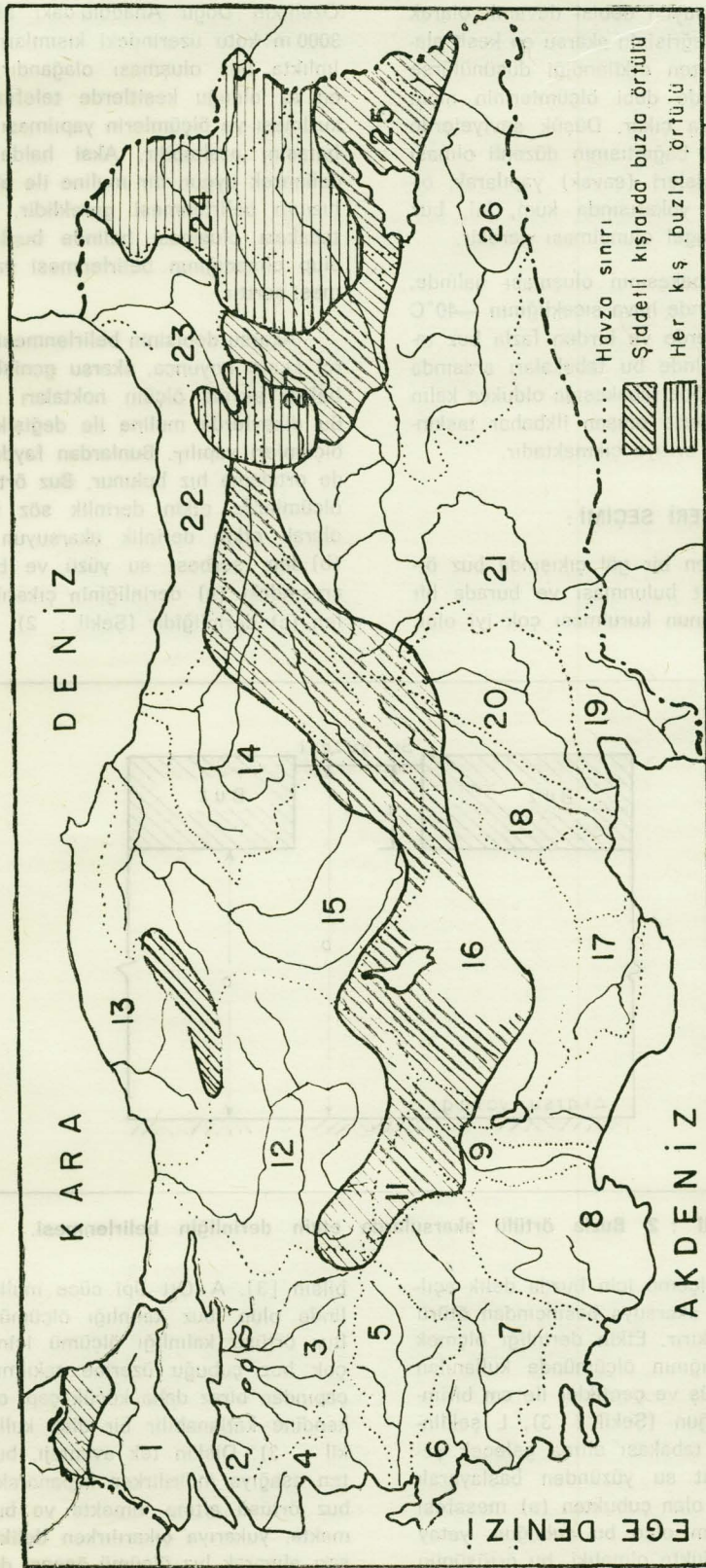
Buz koşullarının akarsularda akıma etkisi üç dönemde olabilmektedir; «Buz örtüsünün oluşum dönemi», «Buzla örtülü dönem» ve «Erime dönemi». Bu dönemlerde akarsulara ait hidrolik değişkenlerin ölçümü iklim ve çevre koşullarından ötürü zorlaşır.

Bu dönemlerde karşılaşılan problemler esas olarak üç ayrı grupta toplanabilir. Birinci grupta buz kalınlığının ölçümü, sulu buz miktarının belirlenmesi ve benzeri problemler söz konusu iken ikinci grupta akım ve akarsu seviye ölçümü sırasında kullanılan aletlerin ölçüm yanlışlıklarını en az düzeyde tutabilecek şekilde çalıştırılabilmesi ve personelin karşılaştığı zorluklar gelir. Üçüncü grup ise ölçüm sıklığı, veri analiz ve değerlendirmedeki yöntemler ve ölçüm teknikleriyle ilgili sorunlar gelmektedir. Bu sorunların çözümlerine sıra ile değinilmektedir.

2. TANIMLAR :

Bilindiği gibi, akım ölçümleri akarsuyun belirli bir kesitinden geçen toplam su miktarını ve bunun zaman içinde değişimini belirlemek için yapılır. Böylece yörenin bugünkü ve gelecekteki su potansiyeli belirlenir. Akım gözlem istasyonunun amacı akarsuyun belirli bir kesitinde su seviyesini (Su yüzü kotunun önceden belirlenmiş bir röpere göre metre olarak seviye farkı) debisini (belirli bir kesitten 1 saniyede geçen suyun m³ olarak miktarı) ölçmektir. Debi için önce «muline» ile kontrol kesitindeki hız bulunmalıdır. Eşel kullanarak sistematik gözlemler ile seviye kayıtları yapılır. Otomatik ve devamlı seviye kayıtlı edicilere de limnigraf denir. Debi ölçümleri, seviye ve debi arasındaki bağıntıyı bulmak için yapılır. Böylece anahtar eğrisi (Akarsuyun herhangi bir kesitindeki seviye ile debi arasındaki bağıntıyı veren

(*) Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü



Şekil : 1 Türkiye akarsu havzalarında meteorolojik koşullara göre her kış ve bazı kış mevsimlerinde buzlanma oluşan yöreler.

eğri) kullanılarak akarsuyun debisi devamlı olarak belirlenir (2). Anahtar eğrisinin akarsu en kesit alanı eğim ve pürüzlülüğünden etkilendiği düşünülürse buzla örtülü dönemlerde debi ölçümlerinin niçin daş zor olduğu ortaya çıkar. Düşük seviyelerde akarsuyun seviye-debi bağıntısının düzenli olması için yapay kontrol tesisleri (savak) yapılarak, ölçüm kesitinin hemen yukarısında kum, kil, buz ve diğer birikimlere engel olunulması gerekir.

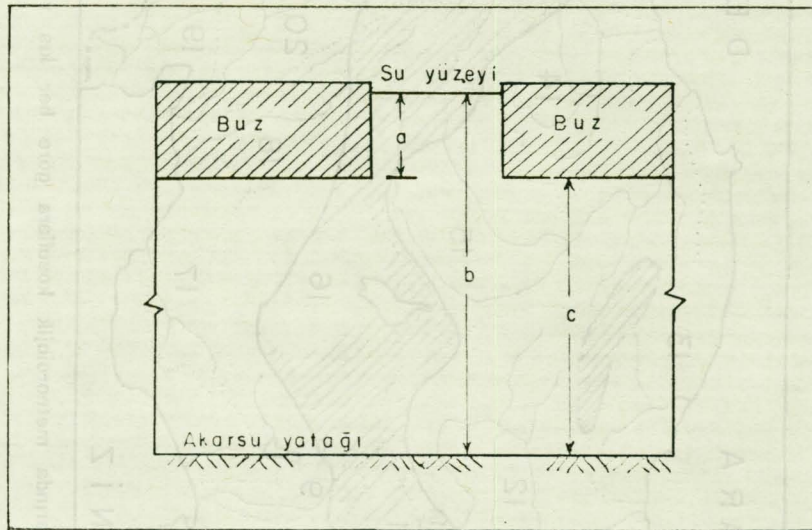
Çok kalın buz tabakasının oluşması halinde, örneğin Erzurum yöresinde hava sıcaklığının -40°C altında olduğu dönemlerde ve birden fazla buz tabakasının oluşması halinde bu tabakaları arasında ve altında oluşan sulu buz tabakası oldukça kalın olmakta ve ani erimelerle oluşan ilkbahar taşkınlarında büyük sorunlar ortaya çıkmaktadır.

3. HIZ ÖLÇÜM YERİ SEÇİMİ :

Genel olarak hemen bir göl çıkışında buz örtüsü olmayan bir kesit bulunması ve burada bir akım gözlem istasyonunun kurulması çok iyi olur.

Özellikle Doğu Anadolu'daki akarsu havzalarının 3000 m kotu üzerindeki kısımlarında bir metre kalınlıkta buz oluşması olağandır. Buz tabakasının en az olduğu kesitlerde teleferik kurarak buzun kırılması ve ölçümlerin yapılması debi ölçümlerinin hatasını azaltabilir. Aksi halde buz tabakasının delinerek uygun bir muline ile akarsuyun ortalama hızının belirlenmesi gereklidir. Birden fazla buz tabakası oluşması halinde bunlar arasında akım olup olmadığının belirlenmesi varsa hızının ölçülmesi şarttır.

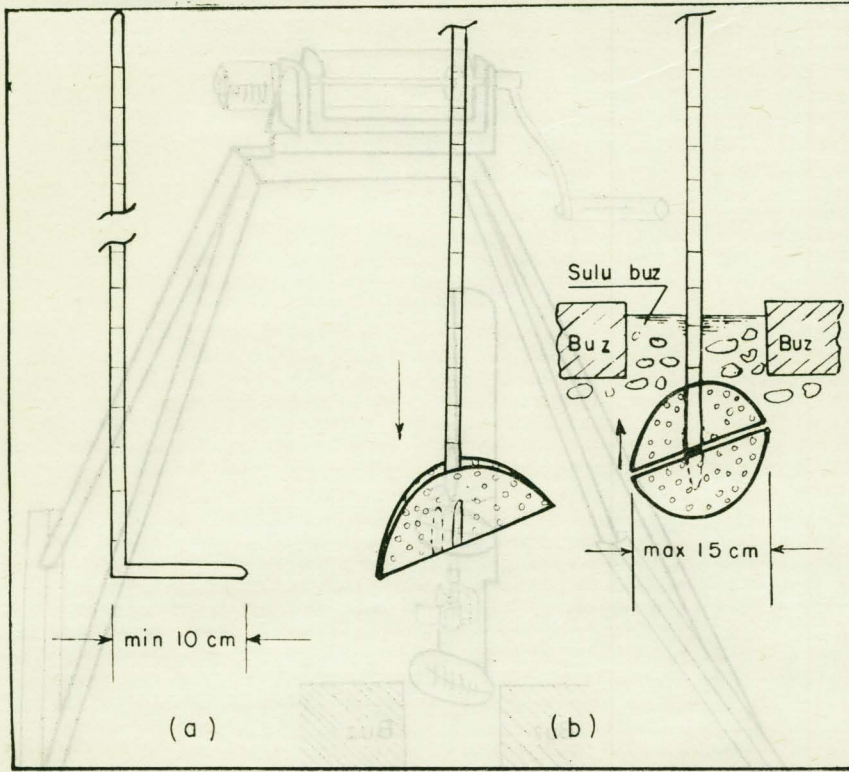
Akarsu debisinin belirlenmesi için seçilen kontrol kesiti boyunca, akarsu genişliğine bağlı olarak belirli sayıda ölçüm noktaları (dikeyler) seçilir. Bu dikeylerde muline ile değişik derinliklerde hız ölçümleri yapılır. Bunlardan faydalanılarak o dilimde ortalama hız bulunur. Buz örtüsünden ötürü bu ölçümlerde etkin derinlik söz konusudur. Tanım olarak etkin derinlik akarsuyun toplam derinliği (b) den, serbest su yüzü ve buz örtüsü tabanı arasındaki (a) derinliğinin çıkarılmasıyla elde edilen (c) derinliğidir (Şekil : 2).



Şekil : 2 Buzla örtülü akarsularda etkin derinliğin belirlenmesi.

Derinlik ve debi ölçümü için buzda delik açıldığında, buz örtüsünün akarsuya basıncından ötürü delikteki su yukarı fışkırır. Etkin derinliği ölçmek için buz örtüsü kalınlığının ölçümünde kullanılan ucu L şeklinde bükülmüş ve çentikler ile cm birimleri işaretlenmiş çubuğun (Şekil : 3), L şeklindeki ucun yatayı, buz tabakası altına gelecek şekilde daldırılır. Serbest su yüzünden başlayarak buzun altına geçirilmiş olan çubuktan (a) mesafesi okunur. Yaklaşık 120 cm olan bu çubuğun, yatay kolu en az 10 cm uzunlukta olmalı, bu örtüsünün pürüzlü olan alt yüzünden ortalama bir ölçü alın-

bilsin [3]. A-Ott tipi cüce muline sapları L şeklinde olup, buz kalınlığı ölçümünde kullanılabilir. Buz örtüsü kalınlığı ölçümü için Kanada'da daha çok buz çubuğu üzerine takılmış, açılan deliğin çapından biraz daha küçük çapı olan, delikli, kendi kendine katlanabilir bir disk kullanılmaktadır (Şekil : 3). Diskin tek avantajı, buzda açılan delikten aşağıya indirilirken kapanarak küçülüp kolayca buz örtüsü altına inmekte ve buz kalınlığı okunmakta, yukarıya çıkarılırken delikteki sulu buz dışarı alınarak hız ölçümü öncesi delik temizlenmektedir.



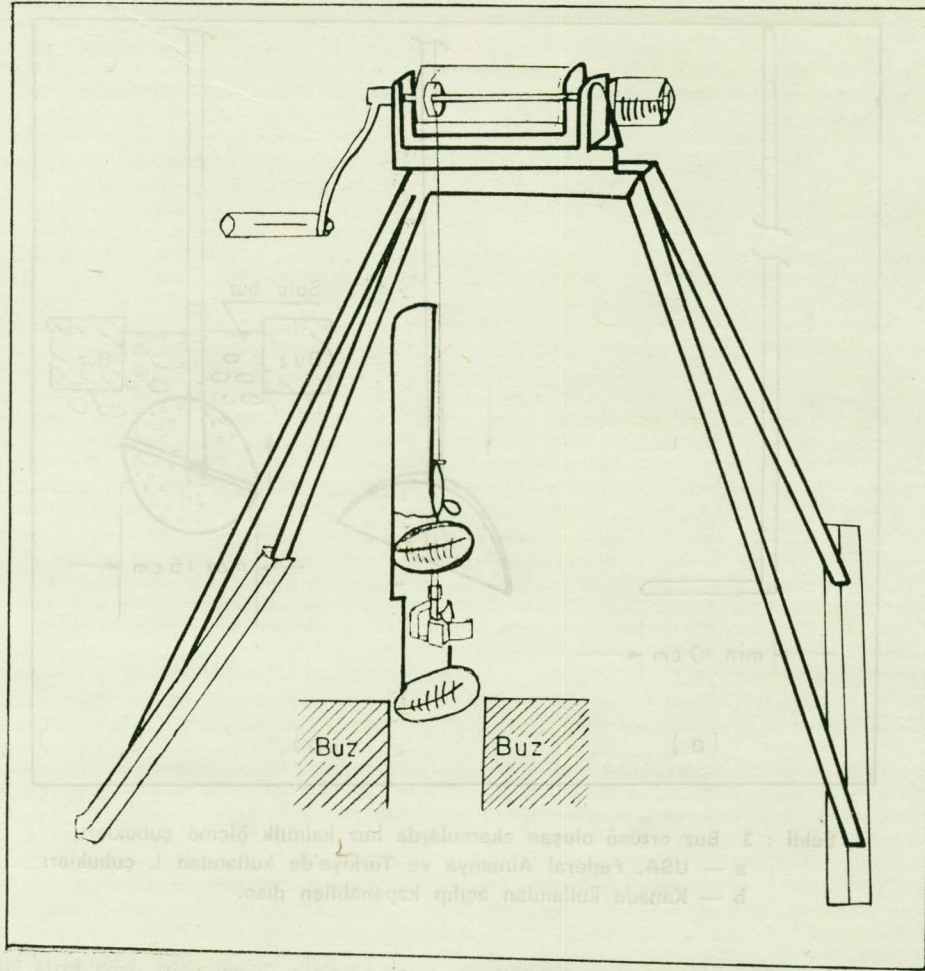
Şekil : 3 Buz örtüsü oluşan akarsularda buz kalınlık ölçme çubukları;
 a — USA, Federal Almanya ve Türkiye'de kullanılan L çubukları
 b — Kanada kullanılan açılıp kapanabilen disc.

Akarsuyun toplam derinliği ise buz çubuğu ile ölçülebildiği gibi makara ve ağırlık asma yöntemi ile de ölçülür. Buz örtüsü altındaki akarsuyun derinliği 3.0-3.5 m'den fazla olması halinde el askısı veya çıkırlıklı askıdan faydalanılır (Şekil : 4). Ağırlık, taşınabilir bir askı ile suya indirilir. Kullanılan ağırlığın buzda açılan deliğe uymasına dikkat edilmelidir. Çünkü klasik ağırlıkların boyları buzda açılan delikten büyüktür. Buz örtüsünün altında sulu buz bulunduğundan, serbest su yüzünden buz tabakası altına kadar olan (a) mesafesi ölçmek için muline de kullanılabilir. Çünkü muline delikten aşağıya indirildiğinde akarsuda döner, yavaşça yukarı çekildiğinde ise sulu buz içerisine girdiğinde dönmesi durur. Bu konumda serbest su yüzünden itibaren (a) derinliği belirlenmiş olur.

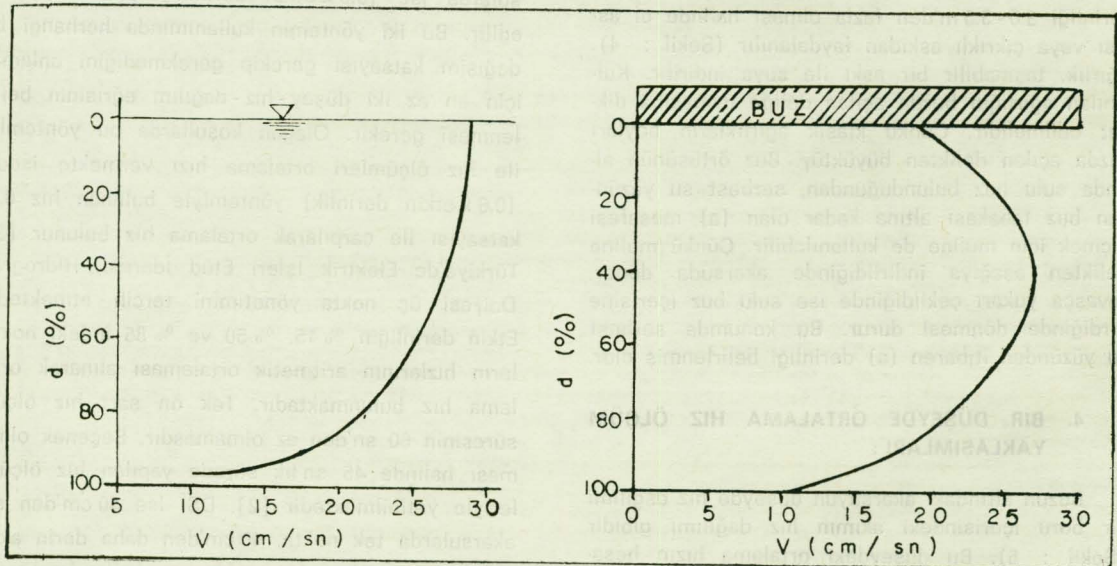
4. BİR DÜŞEYDE ORTALAMA HIZ ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI :

Buzun altındaki akarsuyun düşeyde hız dağılımı bir boru içerisindeki akımın hız dağılımı gibidir (Şekil : 5). Bu düşeydeki ortalama hızın hesabında akarsuyun ölçüm noktasındaki etkin derinliğine göre değişik yöntemler önerilmektedir. Eğer

etkin derinlik 75 cm veya daha fazla ise $(0.2 \times$ ve $0.8 \times$ etkin derinlik) yöntemi, 75 cm'den daha sığ sularda ise $(0.6 \times$ etkin derinlik) yöntemi tercih edilir. Bu iki yöntemin kullanımında herhangi bir değişim katsayısı gerekip gerekmediğini anlamak için en az iki düşey-hız-dağılım eğrisinin belirlenmesi gerekir. Olağan koşullarda bu yöntemler ile hız ölçümleri ortalama hızı vermekte isede, $(0.6 \times$ etkin derinlik) yöntemiyle bulunan hız 0.92 katsayısı ile çarpılarak ortalama hız bulunur [3]. Türkiye'de Elektrik İşleri Etüd İdaresi, Hidrografi Dairesi üç nokta yönetimini tercih etmektedir. Etkin derinliğin % 15, % 50 ve % 85 indiki noktaların hızlarının aritmetik ortalaması alınarak ortalama hız bulunmaktadır. Tek ön şart hız ölçüm süresinin 60 sn'den az olmamasıdır. Seçenek olmaması halinde 45 sn'lik sürede yapılan hız ölçümleriyle yetinilmektedir [2]. DSİ ise 40 cm'den sığ akarsularda tek nokta, 40 cm'den daha derin akarsularda ise iki nokta yaklaşımı kullanılmaktadır. Etkin derinliğin % 20, ve % 80'indeki hız ölçümleri



Şekil : 4 Buz örtüsü altında muline ile hız ölçümünde kullanılan çıkırık sistemi. Donmuş akarsuyun derinliğinin belirlenmesinde de kullanılabilir.



Şekil : 5 Serbest yüzeyli ve buz örtüsü altındaki akışlarda düşey hız değişimi (V - cm/sn olarak hız, d — su yüzeyinden başlayarak toplam derinliğin %'si olarak derinlik)

de kullanılarak ortalama hız bulunmaktadır. Suyun etkin derinliği ölçüldükten sonra mulinenin düşey konumlarının belirlemek için aşağıdaki formüller kullanılır :

$$\left. \begin{array}{l} (0.2 \times \text{etkin derinlik- konumu için } a+0.2 \text{ c} \\ (0.8 \times \text{etkin derinlik) konumu için } b-0.2 \text{ c} \\ (0.6 \times \text{etkin derinlik) konumu için } b-0.4 \text{ c} \end{array} \right\} \dots (1)$$

Dünya Meteoroloji Örgütü; WMO, sıg sular için (0.5 x etkin derinlik) veya (0.6 x etkin derinlik)'teki hız ölçümlerini yeterli görmekte ise de bu hızdan ortalama hıza geçerken bir düzeltme katsayısını kullanmasının gerekliliği üzerinde durmaktadır. Derin sularda ise iki nokta yöntemi için (0.2 ve 0.8 x etkin derinlik), üç nokta yöntemi için (0.15, 0.50 ve 0.85 x etkin derinlik) altı nokta yöntemi için ise (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 x etkin derinlik, buzaltı ve taban üstü) hızlarını ölçümünden sonra $V_{ort} = 0.1 (V_{ba} + 2V_{0.2} + 2V_{0.4} + 2V_{0.6} + 2V_{0.8} + V_{t\ddot{u}}) \dots (2)$ bağıntısının kullanılarak düşeydeki ortalama hızın hesabının yapılmasını önermektedir. Bu bağıntıda V_{ort} ; ortalama hız, V_{ba} buz altında ölçülen, $V_{t\ddot{u}}$ taban üstünde ölçülen hızları göstermektedir [4].

Buzda yapılan akım gözlemlerinin zorluğu göz-önünde bulundurularak, «Akarsuyun kontrol kesitinde klasik yöntem ile ölçülen debi ile aynı kesitte tek bir hız ölçümünden hesaplanan debi arasında bir bağıntı vardır» varsayımından hareketle Kanada'da akarsu hızının maximum olduğu dikeyde (0.2 x etkin derinlik) yöntemine göre tek bir hız ölçümü yapılarak,

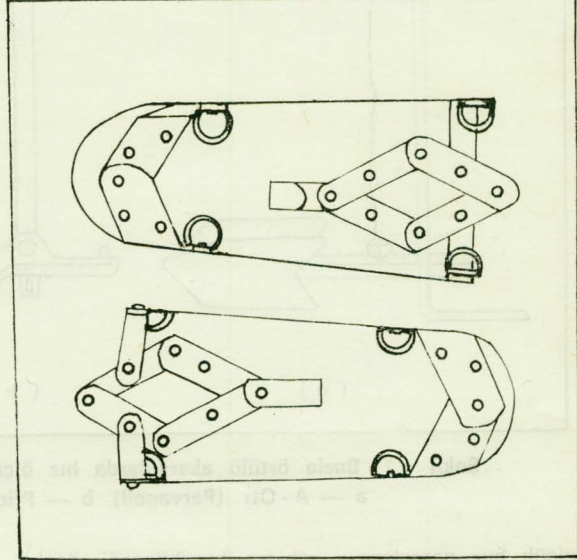
$$Q = A \cdot V_{max} \cdot 0.70 \dots (3)$$

bağıntısı kullanılarak, debi hesaplanabileceği önerilmektedir. Bu bağıntıda Q m³/sn olarak debi, V_{max} hızın maximum olduğu düşeyde 0.2 x etkin derinlikte ölçülen m/sn cinsinden hız, A ; m² olarak kontrol kesiti alanı, 0.70 ise deneyimlerle bulunmuş düzeltme katsayısıdır. Katsayı genelde sabit gibi görünüyorsa da değişik akarsularda değişiklik göstermektedir [5]. Birkaç yıl değişik tarihlerde yapılan klasik debi ölçümleri ile, debi ve (0.2 x etkin derinlik) teki hız arasındaki bağıntıdan bu katsayıyı belirlemek olanağı vardır. Araştırma düzeyinde olan bu yöntem yaklaşık ± 10 sapma ile debi hesaplayabilmektedir [5].

5. MULİNE İLE HIZ ÖLÇÜMÜ :

Buz örtüsü ile kaplı akarsularda muline ile hız ölçümü çok zor bir iş olmasına karşın, bütün kış süresindeki debi değerleri bir veya iki muline ölçümüne dayanır. Buz örtüsü kaplamadan ölçüm yapılacak kontrol kesiti seçilip, özellikleri belirlenmelidir.

Ölçümde buzun tehlikesi hiçbir zaman küçümsememeli, buz üzerinde yürürken özel koruyucu ayakkabı altlıkları kullanılmalı (Şekil : 6), ve buz



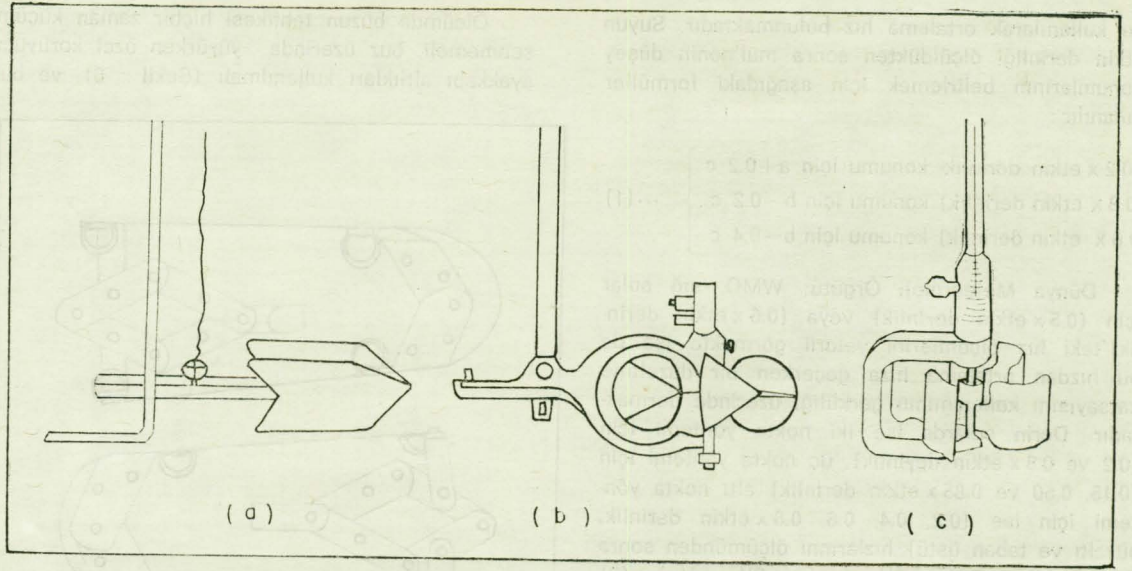
Şekil : 6 Akarsularda oluşan buz örtüsü üzerinde yürümek için kasık çizmesi ve postal'a takılan buz hediği.

küsküsü ile sık sık buzun dayanıklılığı kontrol edilmelidir. Mevsim sonlarına doğru, üstteki kalın kar örtüsü koruyucu bir tabaka oluşturup akarsuyun oldukça düzensiz buz örtüsüne sahip olmasına sebep olmaktadır 0°C üzerindeki akarsu buz örtüsünü altan eriterek zayıf kesimler oluşturmaktadır. Ayrıca akarsu üzerinde köprü şeklinde oluşan buz kalın olmasına karşın zayıf olup, kolaylıkla çökebilmektedir.

Kesit seçimi yapıldıktan sonra, kesit boyunca eşit aralarla üçer delik açılarak, buz örtüsü altında sulu buz olup olmadığı, akımın normal dağılım gösterip göstermediği kontrol edilir. Muline ölçümü için kesit boyunca açılan iki dikey arasından geçen akım toplam akımın % 10'unu aşmamak kaydı ile yeterli sayıda dikey için delik açılır.

5.1. Muline Tipleri :

Bugün, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından kışın akım ölçümlerinde A-Ott tipi cüce mulineler (Şekil : 7 a), ve Elektrik İşleri Etüd İdaresince klasik kepçeli kuyruksuz Price tipi mulineler kullanılmaktadır (Şekil : 7 b). Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilmiş olan dikey ekserli ve dört kanatlı küçük muline (Şekil : 7 c) buzla kaplı akarsularda ölçümü daha verimli bir şekilde yapar. Klasik kepçeli mulinelerin kepçeleri sulu buz ile dolup işleyemeyeceğini, bunun yerine



Şekil : 7 Buzla örtülü akarsularda hız ölçümünde kullanılan değişik muline tipleri?
a — A-Ott (Pervaneli) b — Price (Kepçeli) c — Kanatlı buz mulineleri.

küçük buz parçalarının rahatça kayabileceği, özel yapılmış düz kanatlı mulineler tercih edilmektedir. Çünkü kanatlı mulinelerin bağ kısımları, düşey buz çubuğuna takılıp, buzda açılan delikten kolaylıkla içeri girebilmekte ve buz örtüsü derinliğinin ölçülmesinde de kullanılabilir.

5.2. Muline Sapları :

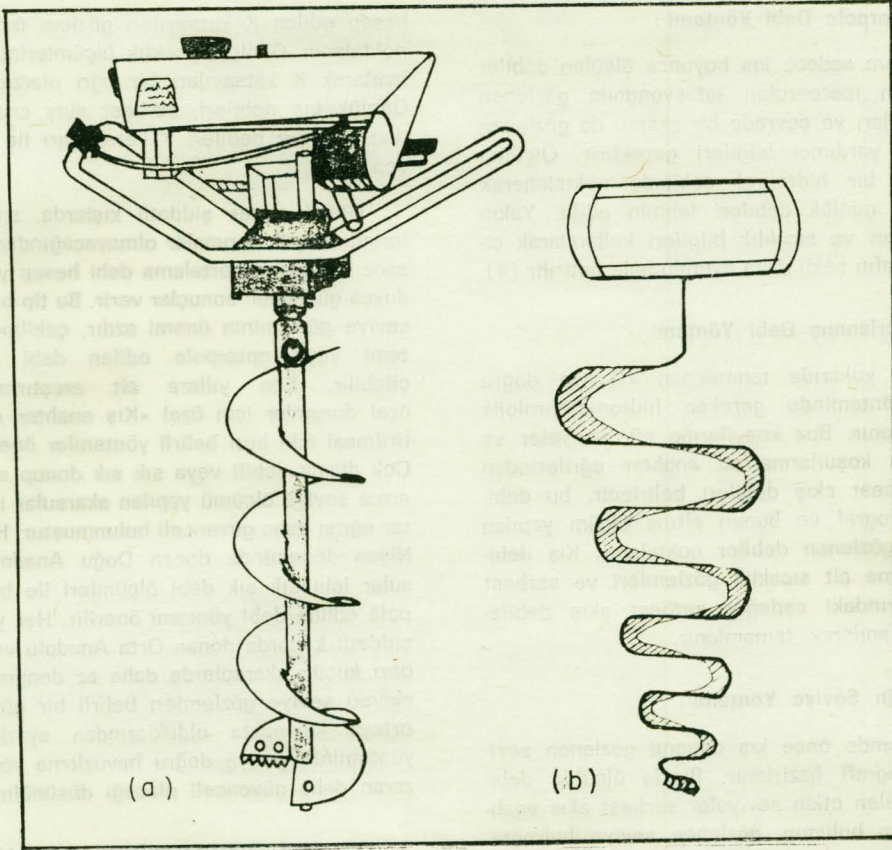
Buzlu satırlarda üstten ayarlı muline sapları yerine yuvarlak muline sapları kullanılabilir. Bunun avantajları eklenebilir olması ve kolayca özel torbasında taşınabilirliğidir. Yuvarlak muline sapları buz örtüsünün kalınlığına göre gerekli sayıda parça birbirine eklenerek yapılır. Gerekli parça sayısı akarsuyun maximum derinliğinden yaklaşık bir metre daha uzun olarak belirlenir. Sap ile muline arasında buzda ölçüm sırasında özel bir bağlantı yapılması gerekir.

5.3. Buzda Ölçüm Öncesi ve Ölçüm Sonrasında Dikkat Edilecek Hususlar :

Buzun delinmesi zaman alıcı ve yorucu bir iştir. Buz delici aletlerin geliştirilmesiyle zorlukların çoğunun üstesinden gelinmiş ve delik açma zamanı oldukça azalmıştır. Delik açmada 15 cm çapında buz burgu makinesi kullanılabilir (Şekil : 8 a). Yaklaşık 15 kg ağırlığında olan burgu makinesi uygun koşullarda dakikada 55-60 cm buz deler. Burgunun kullanımı zor olan hallerde «Buz küsküsü» kullanılır. Genellikle 125-150 cm. boyunda ve 5-6 kg. ağırlığında olan buz küsküleri ölçümden önce buz örtüsünün gözlemciyi taşıyıp taşıyamayacağını da belirler. Küskünün sert darbeleri ile delinmeyen

buzun alt yüzü ile akarsu arasında hava boşluğu yoktur ve buz üzerinde rahatça yürünebilir. Bazı yerlerde buz küsküsüne ilaveten ucu enlemesine keskinleştirilmiş «İsveç buz matkabı» kullanılır. Elle çevrilerek buzda 15-20 cm. çapında delik açılabilir (Şekil : 8 b). Klasik ölçümlerde delik çapı en az 152 mm olmalıdır. Bu çaptaki delikte askılı ağırlık olarak iki değişik tip kullanılmaktadır. Birinci tipte, mulinenin bir altında ve bir üstünde iki kurşun küre (Şekil : 4), veya ikinci tipte muline altına askı çubuğu üzerine konulan klasik kurşun ağırlık asılır [4]. Kanada'nın büyük nehirlerinde 20 cm çaplı delikler açılıp «Calgary» tipi 18 kg, ve «Winnipeg» tipi 8.2 kg. lık ağırlıklar askı olarak kullanılır. Her iki askı kullanılarak 2 m/sn hız altında oldukça güvenilir sonuçlar alınmıştır [5]. Türkiye'de kış mevsiminde donan akarsuların derinlikleri oldukça az olduğundan ağırlık kullanılmamaktadır.

Gözlem sırasında açılan delikteki su yukarı aşağı salınım yapar ve bu mulineyi etkiler. Bunu en aza indirmek için daha dikkatli davranmak ve ölçüm için salınımının en az olduğu anları beklemek ve mulineyi daha uzun bir süre kullanmak gerekir. Ayrıca bekleme sırasında ve bir delikten diğerine geçerken ıslak mulinenin donması engellenmelidir. Bazı durumlarda özel ısıtılmış kabinler veya ısıtılmış su tankı kullanılarak mulinenin donmaması temin edilir [3]. Buz örtüsü altında ölçülen hız mulinenin fabrikasyon limitlerinin altında ise, ölçüm için seçilen kesit değiştirilir, daha hızlı akan bir kesit kullanılır. Akarsuyun kısmen buzla kaplı olması halinde buz örtüsü olan kısmında yukarıda tanımlanan yöntem, buz olmayan kısmında normal akarsularda muline ile akım ölçüm yöntemi kullanılır.



Şekil : 8 Buzda ölçüm deliği açmak için kullanılan buz matkapları
a — Dizel motorlu matkap. b — İsveç tipi matkap.

6. DEBİ ÖLÇÜM SIKLIĞI :

Bir su yılı içerisinde debi ölçümlerinin ne zaman ve hangi sıklıkta yapılmasına etken faktörler anahtar eğrisinin dengeliliği ve mevsimlik akım karakteristiklerindeki değişimlerdir. Buz örtüsü oluşumu sırasında ve buzların çözülmesinde akımın

çok belirgin değişimlerini ortaya koymak için olanaklar elverdiğince fazla ölçüm yapılmalıdır. Kış ortasında ölçüm sıklığı hava şartlarına, ölçüm yerine gidebilme olanaklarına, akarsuyun büyüklüğüne kış akış karakteristiklerine ve amaçlanan ölçüm duyarlılığına bağlıdır. Çok soğuk iklim kuşaklarındaki akarsularda ölçüm çok sık donan ve çözülen akarsulara nazaran daha az sayıda gereklidir.

7. ORTALAMA DEBİ HESAP YÖNTEMLERİ :

Buz örtüsünden dolayı akarsulardaki kabarma serbest akış dönemine ait anahtar eğrilerinin doğrudan doğruya kullanımını engeller. Moline ölçümleri arasında kalan dönemlere ait günlük ortalama debinin hesaplanması için değişik yöntemler vardır. Bunlardan en uygun olanının seçimi akarsuyun büyüklüğüne ve yörenin iklimine bağlıdır. İki moline

ile hız ölçümü arasındaki dönemde buz örtüsünde ne gibi değişimler olduğu kesin olarak bilinmediğinden günlük debilerin oluşturduğu hidrografın yakın komşu istasyonların aynı dönem hidrografları ile uyum açısından karşılaştırılması yararlıdır [4].

7.1. Geriye Doğru Kabarma (Havuzlama) Yöntemi :

Bu yöntemde, buzda debi, debi ölçümü sırasında seviye, günlük ortalama seviye, ve buz örtüsüz döneme ait anahtar eğrisi gereklidir. Buzda debi ölçümü sırasında okunan seviye ile, ölçülen debiye anahtar eğrisinden karşıt gelen seviye arasındaki farka geriye doğru havuzlama (kabarma) etkisi denir. Bu kabarma miktarı ve günlük ortalama sıcaklık değerleri zamana karşı noktalanır ve kabarma değerleri eğrisi noktalanarak sıcaklık değerlerine uygun olarak tamamlanır. Günlük etkin seviyeler, kayıt edilen günlük limnigraf seviyelerinden kabarma grafiğinden elde edilen kabarma miktarları çıkarılarak bulunur. Bulunan bu seviyeler ile buz örtüsüz döneme ait anahtar eğrisi kullanılarak günlük debiler bulunur.

7.2. Enterpole Debi Yöntemi :

Bu yöntem sadece kış boyunca ölçülen debiler ile en yakın meteoroloji istasyonunda gözlenen hava sıcaklıkları ve çevrede bir akarsu da gözlenen debiler gibi yardımcı bilgileri gerektirir. Ölçülen kış debileri bir hidrograf şeklinde noktalanarak kış mevsimi günlük debileri tahmin edilir. Yakın akarsu debileri ve sıcaklık bilgileri kullanılarak çizilen hidrografın şekli daha uyumlu hale getirilir [4].

7.3. Ayarlanmış Debi Yöntemi :

Yöntem, yukarıda tanımlanan «Geriye doğru kabarma» yönteminde gereken hidrometeorolojik bilgilere dayanır. Buz koşullarına ait seviyeler ve serbest akış koşullarına ait anahtar eğrilerinden eşdeğer serbest akış debileri belirlenir, bu debilere ait hidrograf ve bunun altına ölçüm yapılan günlere ait gözlenen debiler noktalanır. Kış debileri, o döneme ait sıcaklık gözlemleri ve serbest akış koşullarındaki eşdeğer serbest akış debilerinden yararlanılarak tamamlanır.

7.4. Etkin Seviye Yöntemi :

Bu yöntemde önce kış dönemi gözlenen seviyelerin hidrografi hazırlanır. Buzda ölçülen debilere karşıt gelen etkin seviyeler serbest akış anahtar eğrisinden bulunup, gözlenen seviye hidrografının altına noktalanır ve birleştirilerek etkin seviye hidrografi elde edilir. Bu yapılırken gözlenen su seviyeleri ve sıcaklık gözlemlerinden yol gösterici olarak faydalanılır. Daha sonra etkin seviyeler ve serbest akış anahtar eğrisi kullanılarak günlük ortalama debiler tamamlanır.

7.5. Çekilme eğrisi yöntemi :

Akım gözlem istasyonunun geçmiş yıllara ait verilerinden serbest akış dönemine ve buzla örtülü dönemlere ait çekilme eğrilerinden yararlanılarak bir kış mevsiminin değişik devreleri için kullanılabilecek ortalama çekilme eğrilerine ait eğimler hesap edilir. Daha sonra yarı-logaritmik eşelli kağıda çekilme eğrileri ve söz konusu kış mevsimindeki ölçümler noktalanır. Çekilme eğrilerinden ve sıcaklık gözlemlerinden yararlanılarak debi hidrografi tamamlanır.

7.6. Düzeltme katsayı yöntemi :

Kış mevsimi içerisinde yapılan her bir debi ölçümü için, ölçümü yapılan debinin, bu debi ile aynı seviyeye sahip serbest akış debisine oranı olarak hesap edilen bir K katsayısı bulunur. K katsayısı genellikle 1.00 dan küçüktür. Kış debi ölçümlerine ait

hesap edilen K katsayıları gözlem tarihlerine göre noktalanır. Günlük sıcaklık ölçümlerinden de yararlanılarak K katsayıları bir eğri olarak tamamlanır. Günlük kış debileri, serbest akış anahtar eğrisinden eşdeğer debileri K katsayıları ile çarparak hesap edilir.

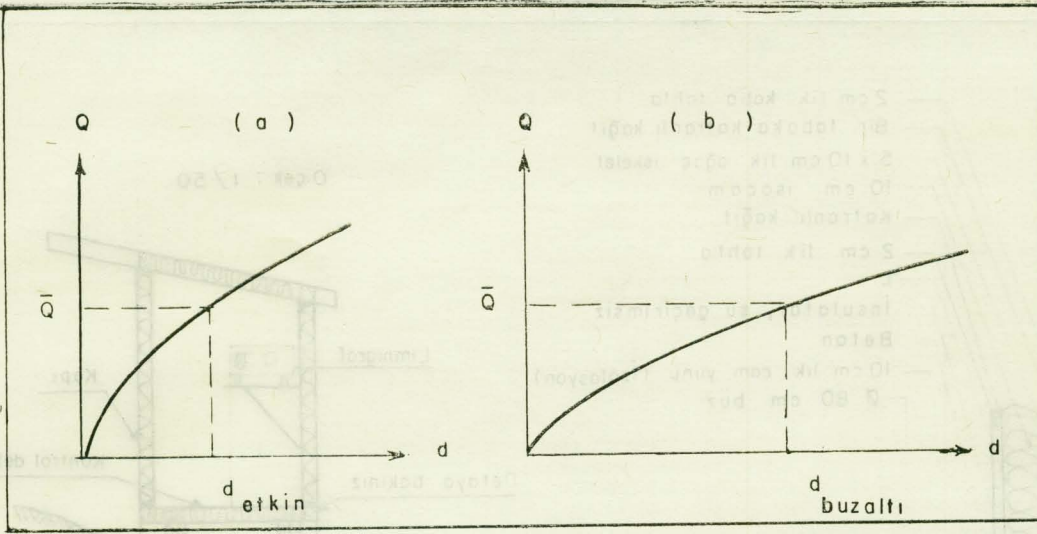
Genel olarak şiddetli kışlarda, sıcaklık değerlerinde büyük sapmalar olmayacağından yukarıda kısaca tanımlanan ortalama debi hesap yöntemleri oldukça güvenceli sonuçlar verir. Bu tip bir akarsu için seviye gözleminin önemi azdır, çekilme eğrisi yöntemi veya enterpole edilen debi yöntemi seçilebilir. Son yıllara ait araştırmalarda bazı özel durumlar için özel «Kış anahtar eğrisi» geliştirilmesi için bazı belirli yöntemler önerilmiştir [4]. Çok düşük debili veya sık sık donup açılan ve yalnızca seviye ölçümü yapılan akarsular için kış anahtar eğrisi daha güvenceli bulunmuştur. Her yıl Ocak - Nisan döneminde donan Doğu Anadolu'daki akarsular için sık sık debi ölçümleri ile birlikte enterpole edilen debi yöntemi önerilir. Her yıl donmayıp, şiddetli kışlarda donan Orta Anadolu ve Trakya'daki bazı küçük akarsularda daha az donma olduğu için akarsu seviye gözlemleri belirli bir güvence artımı ortaya koymakta olduklarından ayarlanmış akım yönteminin geriye doğru havuzlama yöntemi'ne nazaran daha güvenceli olacağı düşünülmektedir.

8. DEBİ ÖLÇÜMLERİNDE HASSASİYET :

Debi ölçümlerinin güvenilirliği, kullanılan malzemenin yapım hassasiyetine (Kalitesine), akarsuyun ölçüm sırasındaki akım koşullarına, derinliğe ve hız ölçümü yapılan kesitteki nokta sayısına bağlıdır. Olağan koşullarda kontrol kesiti boyunca 20-25 adet düşeyde derinlik ve en az iki noktada hız ölçümü yapılır. Bu çeşit ölçümlerde olası hata % 2-5 arasındadır.

Debi ölçümlerinin anahtar eğrisinden sapmalar göstermesinin sebeplerinden bir tanesi de akarsu yüzünde veya akarsu yatağında buz oluşmasıdır.

Akarsuda oluşan buzlanma, geriye doğru havuzlanmaya sebep olur. Serbest akış koşullarındaki anahtar eğrisinin buz koşulları için doğrudan doğruya kullanıma olanağı yoktur. Geri doğru havuzlanmanın etkisi de göz önünde bulundurularak ya sadece kış mevsimi için özel anahtar eğrisi kullanılması veya kışın akım ölçümü yapılırken ölçülen seviye ve debi kullanılarak ve serbest akış dönemi anahtar eğrisinden etkin seviye belirlenmelidir. Akarsuda etkin, seviye, kabarma, buz örtülü dönemde ölçülen debi, seviye arasındaki bağıntılar (Şekil : 9) da verilmiştir.



Şekil : 9 Bir akarsuyun (a) serbest akış ve (b) buzla örtülü dönemlerine ait anahtar eğrileri. Aynı Q debisine karşı serbest akış döneminde (c) etkin, buzla örtülü dönemde (d) buz seviyeleri arasındaki fark kabarma miktarıdır.

9. LİMNİGRAF İLE AKARSU SEVİYE GÖZLEMİ :

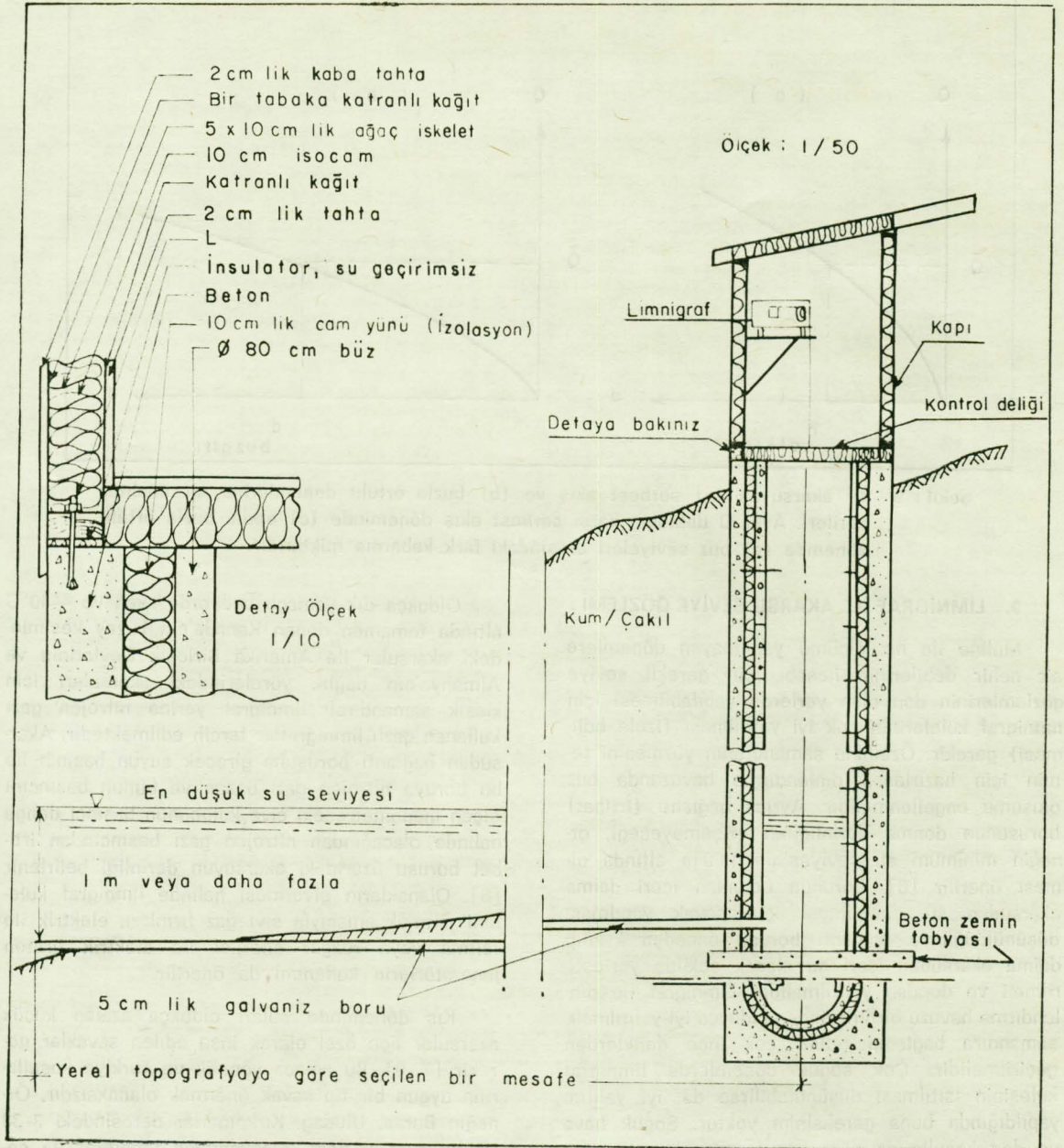
Muline ile hız ölçümü yapılmayan dönemlere ait nehir debilerinin hesabı için gerekli seviye gözlemlerinin don olan yerlerde yapılabilmesi için limnigraf kulelerinin çok iyi yalıtılması (izole edilmesi) gerekir. Özellikle şamandıranın yüzmesini temin için hazırlanan dinlendirme havuzunda buz oluşumu engellenmelidir. Ayrıca bağlantı (irtibat) borusunun donma derinliğinin erişemeyeceği, örneğin minimum su seviyesinin 1.00 m altında olması önerilir [6]. Borunun ucundan içeri daima akarsudan su girebilmesi için savak yapılması düşünüldüğünde bağlantı borusu önceden kazılıp daima akarsudan içeri su alacak şekilde yerleştirilmeli ve dondan yalıtılmalıdır. Limnigraf ile dinlendirme havuzu birbirlerinden oldukça iyi yalıtılmalı, şamandıra bağlama telleri çok ince deliklerden geçirilmelidir. Çok soğuk dönemlerde limnigraf kulesinin ısıtılması düşünülebilirse de, iyi yalıtım yapıldığında buna gereksinim yoktur. Soğuk hava ve don koşullarına göre hazırlanmış tipik bir limnigraf kulesi şematik olarak (Şekil : 10) da verilmiştir [6].

Finlandiya gibi 60° - 70° paraleller arasında ve çok kuvvetli kışı olan yörelerde limnigraf şamandıralarının kışın donma ısısı altında çalışmasına olanak sağlamak için, dinlendirme havuzuna basınç transferi yapmak için yaklaşık 1.0 m kalınlığında yağ doldurulur. Bağlantı borusunda yaklaşık 1.0 m lik bir plastik boru ilâve edilir. Böylece ısı iletim kapasitesi daha düşük olan plastik borunun, buz tabakası ve su arasında buzlanmanın en kritik olduğu yerde yüzmesi temin edilmekte ve sistem en şiddetli kışlarda dahi çalışabilmektedir [7].

Oldukça dik yamaçlı vadilerde akan ve -40°C altında tamamen donan Kanada'nın kuzey kesimindeki akarsular ile Amerika Birleşik Devletinin ve Almanya'nın dağlık yörelerindeki akarsuları için klasik şamandıralı limnigraf yerine nitrojen gazı kullanan gazlı limnigraf tercih edilmektedir. Akarsudan bağlantı borusuna girecek suyun basıncı ile bu boruya nitrojen gazı basan ve bunun basıncını ölçen manometredeki civa kolunun basıncı denge halinde olacağından nitrojen gazı basıncından irtibat borusu üzerindeki akarsuyun derinliği belirlenir [8]. Olanakların elvermesi halinde limnigraf kulesini ısıtmak amacıyla sıvı gaz fırınları, elektrik ile ısıtma veya rüzgâr enerjisi ile elektrik üreten jeneratörlerin kullanımı da önerilir.

Kış döneminde suları oldukça azalan küçük akarsular için özel olarak inşa edilen savaklar gerekir [7, 9]. Bu amaca yönelik ve Türkiye koşullarına uygun bir tip savak önermek olanaksızdır. Örneğin Bursa, Uludağ, Kırkpınarlar deresindeki 3-38 No.lu akım gözlem istasyonunun limnigraf ile seviye gözlemi yapılan kesitinde kurulan savak 1971 ve 1975 yıllarında değişikliklere uğramıştır. 1975 yılında yapılan değişiklik ile akışın donmadan ötürü kesilmesi ancak önlenebilmiştir. Bu deneyimlerde eşel - röper farkı 2.30 mm'den 2.20 mm'ye, eşel seviyesinde 4 cm'den 2 cm'ye indirilmiştir ve eşik ortasındaki 95 cm genişliğindeki geçit kapatılmıştır. Limnigraf kulesi Şekil : 10'da verilen esaslara göre izole edilmiştir. Halen 1675 m kotu üzerindeki akım gözlem istasyonu yıl boyu çalışmaktadır [10].

Savak altındaki dereciğin donmasından ötürü geriye doğru oluşan su kabarmasının seviye ölçümlerini etkilediği bilinmektedir. Kar yağışı başlama-



Şekil : 10 Kış koşullarında kullanılabilecek şekilde limnigraf ve dinlendirme havuzu soğuktan cam yünü ve katranlı kağıt ile yalıtılmış bir limnigraf kulesi (DSİ 3-38 No.lu Uludağ - Kırkpınarlar linigraf kulesinin yapımında denenmiştir).

dan önce ani donmalara karşı savakların korunmasında hemen hemen olanaksızdır. Savakların donmasını engellemek için çok iyi bir izolatör olan kar örtüsü gerekli olup, 0.1-0.2°C da akan dereciğin savağın donmasını engellediği gözlenmiştir [7]. Yeraltı suyu beslenmesinden ötürü kışın akarsuyun sıcaklığı genel olarak 0.5-1.0°C arasındadır. Savak üzerinde oluşan buz kırılıp debi ölçümü yapılmasından önce seviye değişimleri belli bir zaman aralığında dengeli hale dönüşebiliyorsa, savağın

donması tehlikeli sayılmaz. Ahşap savak kurulan küçük akarsularda akım gözlemi hatalarının en önemlisi savaktan sızma suretiyle oluşur. Bu sızmalar da ilkbahar taşkınları sırasında.

10. GÖL VE REZERVUARLARDA BUZ :

Akarsular üzerinde yüksek kotlarda kurulan rezervuarlarda ve tabii göllerde donma ve buz rejimi ile ilgili bilgilerin devamlı olarak toplan-

ması gerekir. İşletme çalışmalarında bu bilgilere daima gereksinim duyulmaktadır. Buz rejimi ile ilgili başlıca bilgiler şöyle sıralanabilir :

- a) Nehri, göl ve rezervuarlarda buzun oluşmağa başladığı hareketsiz hale geldiği, kırıldığı ve tamamen kaybolduğu tarifler,
- b) Buz örtüsünün kalınlığı, yoğunluğu ve karakterleri ile ilgili bilgiler,
- c) Buz tahribatı ile ilgili bilgiler,

Bu bilgilerden buz kalınlığı ölçümü kesin olarak yapılabilmesine karşın diğerleri niteliksel olarak belirlenebildiğinden ötürü deneyimli gözlemciler gereksinim vardır. Buz kalınlığı ölçümünde yersel sapmaların minimuma indirilmesi için 5x5 m² lik bir alan içinde en az üç noktada yapılması önerilmektedir [4]. Bu ölçümler sırasında kar derinliğinin ölçümünde faydalıdır. Büyük rezervuar ve göllerde gerektiğinde uçaklar ile havadan buz örtüsü dağılımı belirlenmektedir. Nehirlerde buz gözlemi, seviye ölçümlerine paralel olarak yapılması faydalıdır. Türkiye'de halen işletilmekte olan rezervuarlardan buz gözlemi yapılmamakta, Doğu Anadolu'da bazı nehir santrallerinde buz gözlemi yapılmaktadır.

Kullanılan deyimler :

Sulu buz	: Slush ice
Etkin	: Effective
Geriye doğru kabarma (havuzlama) yöntemi	: Back water Method
Ayarlanmış	: Adjusted
Çekilme eğrisi	: Recession Curve
Düzeltilme katsayısı	: Correction Factor

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Roen, S. 1975, «Changes in Ice Conditions in Regulated Norwegian Watercourses, Inadvertent Effects of Man on the Hydrological Circle». Nordic IHD Report No. 8, pp. 84-90 Oslo, Norway.
2. EİEİ. 1969, «Hidroloji Ders Notları» EİEİ, Ankara.
3. Buchanan, T. J., and Somers, W. P. 1973. «Discharge Measurements at Gaging stations» Techniques of Water Resources Investigations of the USGS. Chapter A 8 Book 3. Applications of Hydraulics, Washington, U.S.A.
4. W.M.O. 1974, «Guide to Hydrometeorological Practices» WMO - No. 164, III. Edition, Geneva, Switzerland.
5. Strilaeff, P. W., Wedel, J. W. 1970 «Measurement of Discharge Under Ice cover». Tech. Bull. 29. Inland Waters Branch, Dept. Of Energy, Mines and Resources. Ottawa, Canada.
6. Østrem, G. 1969, «Needs and Possibilities of Applied Snow Investigations in Turkey» Report from a Unesco Mission in Turkey.
7. Mustonen, S. 1965, «Maataloushallituksen Hydrologiset Tutkimukset Vuosina 1957...1964» English Summary : Hydrological Investigations by the Board of Agriculture during the years 1957...1964 Soil and Hyrotechnical Investigations, No : 11, Helsinki, Finland.
8. U.S.B.R. 1975, «Water Measurement Manual». U.S. Dept of Interior, Bureau of Reclamation. A Water Resources Technical Publication II. Edition. Denver, U.S.A.
9. Garstka, W.U., L. D., Goodell, B. C., and Bertle, F.A. 1958 «Factors Affecting Snowmelt and Streamflow» A Report on the 1946 - 1957 Cooperative Snow Investigations at Raser Experimental Forests, Fraser, Colorado. U.S. Dept. of Interior, Bureau of Reclamation. Denver, U.S.A.
10. DSİ. 1980, «Ağustos 1980, Bursa, Uludağ Kırkpınarlar No : 3 - 38 istasyonunda akım ölçümü ve Eylül 1980, Radioisotoplar ile kar ölçümü toplantısı» raporu. Daktilo, Ankara.

HİDROGRAFIK HARİTA YAPIMINDA «SABİT DOĞRULTU VE AÇI» YÖNTEMİ VE PRESİZYONU

Yazan : Emirhan ALGÜL (*)

1 — GENEL :

«Sabit Doğrultu ve Açı» yöntemi, göller ile denizlerin dar kıyı şeritlerinde yapılacak Hidrografik harita çalışmalarında uygulanabilecek klâsik bir yöntemdir.

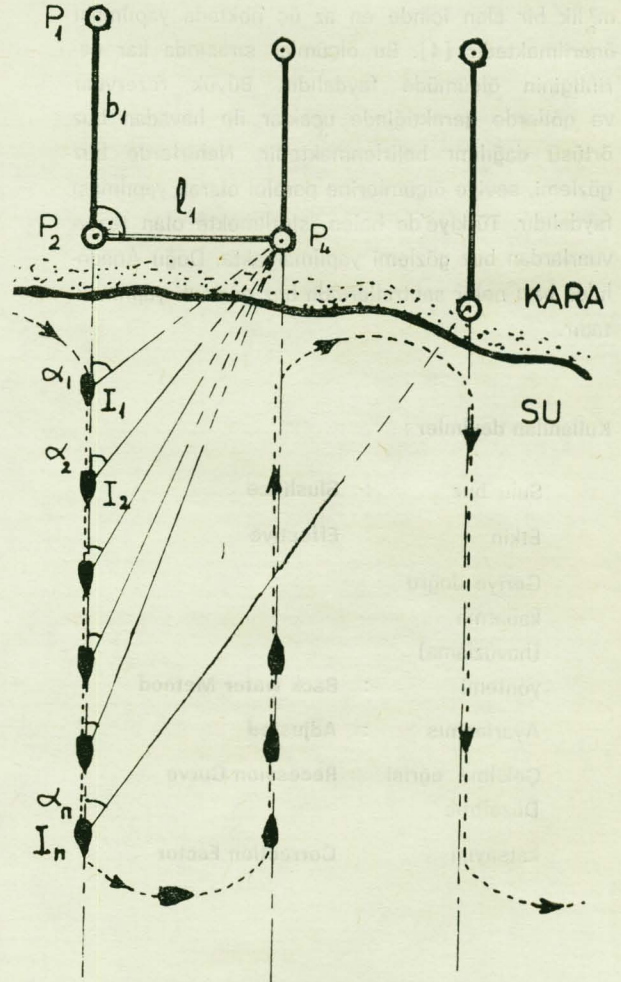
Bu yöntemde, sualtı zemininin topoğrafik durumunu belirleme ölçmeleri, karada tesis edilen Jeodezik noktaların su üzerindeki uzantılarında yapılır. Bu nedenle önce kıyının geometrik şekline ve yapılacak haritanın ölçeğine bağlı olarak karada bir ya da iki sıra poligon dizisi tesis edilir. Konumları genellikle jeodezik ölçme ve hesaplamalar ile belirlenen bu noktalara 2 ilâ 4 metre yüksekliğinde özel zeminüstü işaretleri dikilir.

2 — YÖNTEMİN UYGULANMASI :

Hidrografi taşıtının bir doğrultu üzerinde ilerlemesi, ya doğrultu belirleyici iki noktanın taşıttan gözlenmesi ile, yada karadaki bu noktaların birinden taşıta doğrultu verilmesi ile sağlanır. Doğrultu üzerinde ilerleyen taşıttan, belirli bir yöntemle derinlik ölçmeleri (iskandil) yapılır. İskandil noktalarının doğrultu üzerindeki konumunu belirlemek amacı ile, ya karadaki bir istasyon noktasından teodolitle, ya da hidrografi taşıtı üzerinden sekstant ile açı ölçülür.

Doğrultu belirlemenin ve açı ölçmesinin karadan yapılması durumunda hidrografi taşıtı ile karadaki postalar arasında işaretleşme, özellikle telsiz haberleşmesi zorunludur. Zira su üzerindeki çalışmalarda taşıt genellikle hareket durumunda olduğundan, derinlik ve açı ölçmelerinin aynı anda yapılması ve çok kısa sürede tamamlanması gerekmektedir.

Bir doğrultu üzerindeki ölçmelerin tamamlanmasından sonra, hidrografi taşıtı komşu doğrultuya sokularak ölçmelere benzer şekilde devam edilir. Şekil : 1'de su üzeri çalışma doğrultuları ve yöntemin uygulanışı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil : 1

(*) Dr. Müh. İ.T.Ü. Jeodezi Kürsüsü

3 — YÖNTEMİN PRESİZYONU :

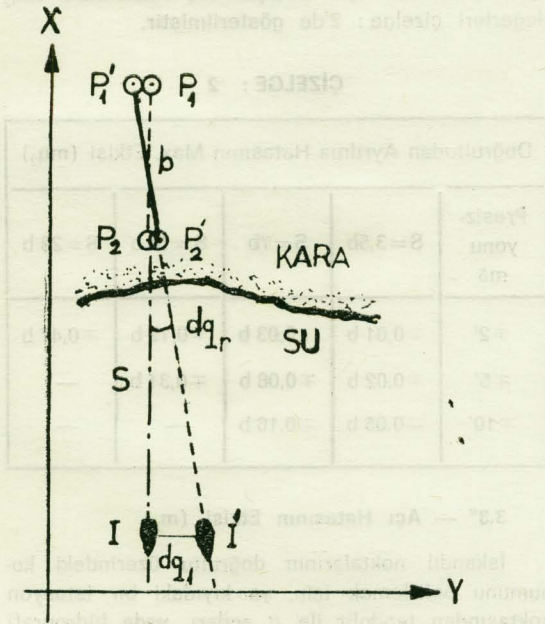
«Sabit doğrultu ve açı» yönteminde iskandil noktalarının konumunu etkileyen üç ana hata kaynağı sözkonusudur. Bunlar;

- 1°) Doğrultu belirleyen noktaların etkisi (m_{q1}),
 - 2°) Taşıtın doğrultudan ayrılma hatasının etkisi (m_{q2}),
 - 3°) Açı hatasının etkisi (m_{q3})'
- biçiminde adlandırılabilir.

Bu hata kaynaklarından ilk ikisi iskandil noktaları konumunda «Enine Hata», üçüncüsü ise «Boyuna Hata» oluştururlar. Bu hatalar birbirinden bağımsız olduklarından herbirinin ayrı ayrı incelenmesi ve hata yayılma kanununun uygulanması mümkündür.

3.1° — Doğrultu Belirleyen Noktaların Etkisi (m_{q1})

Sabit doğrultu belirleyen jeodezik noktaların koordinatları dx_1, dy_1 kadar hatalı ise, iskandil noktalarının konumunu etkileyen bir « d_{qr} Doğrultu Hatası» oluşur (Şekil : 2).



Şekil : 2

Doğrultu hatasının matematik bağıntısını elde etmek için, örneğin Şekil : 2'deki $P_1 P_2$ kenarının açıklık açısı bağıntısından tam diferansiyel alınır;

$$dt_{12} = \cos^2 t_{12} \left[\frac{dy_2}{X_2 - X_1} - \frac{dy_1}{X_2 - X_1} - \frac{(y_2 - y_1)}{(X_2 - X_1)^2} dx_2 + \frac{(y_2 - y_1)}{(X_2 - X_1)^2} dx_1 \right] \quad (1)$$

olur.

Bu bağıntıyı basitleştirmek için $P_1 P_2$ doğrultusu X eksenine paralel seçilirse;

$$y_2 = y_1, X_1 - X_2 = b, t_{12} = 0^\circ \text{ (veya } 180^\circ)$$

olacağından, doğrultu hatası ve bunun presizyonu için;

$$dt_{12} = dq_r = -\frac{1}{b} (dy_1 - dy_2) \quad (2)$$

ve

$$m^2 q_r = \frac{1}{b^2} (m^2 y_1 + m^2 y_2) \quad (3)$$

yazılabilir. Burada X eksen yönündeki koordinat hataları, iskandil noktalarında Enine Hata oluşturmadıklarından,

$$m y_2 = m p_2, m y_1 = m p_1, m p_2 \cong m p_1 \cong m p$$

alınabilir. Buna göre (3) bağıntısının yeni şekli;

$$m q_r = \mp \sqrt{2} \frac{m p}{b} \quad (4)$$

olur. dq_r doğrultu hatasının bir iskandil noktasının konumuna etkisi (dq_1);

$$dq_1 = S \cdot dq_r \quad (5)$$

dir. Hata yayılma kanununa göre bu etkinin presizyonu;

$$m q_1 = \mp S \cdot m q_r \quad (6)$$

veya

$$m q_1 = \mp \frac{S}{b} \sqrt{2} m p \quad (7)$$

olur.

SONUÇ :

1°) Bir doğrultu üzerindeki iskandil noktaları için karadaki «b» bazı ve poligon noktalarının m_p presizyon değerleri sabit olduğundan, (7) bağıntısından görüleceği gibi kıyıdan uzaklaşıldıkça, başka bir deyişle «S» değeri büyüdükçe iskandil noktalarının enine hataları büyüyeceğinden, konum presizyonları azalır.

2°) Doğrultu belirleyen noktaların konumları jeodezik ölçmelerle belirlendiğinden, m_p değeri, hata kaynakları yanında ihmal edilecek kadar küçük ve $\pm 0,05$ ilâ $\pm 0,2$ mm. lik çizim presizyonu içinde kaldığı varsayılır.

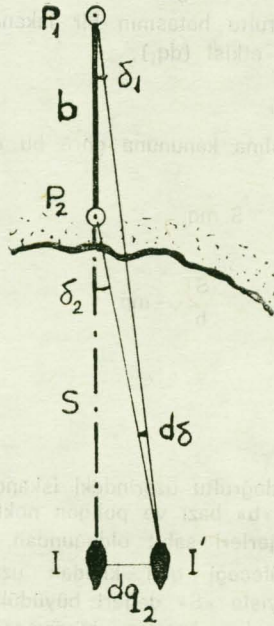
3°) Diğer hata kaynaklarının olmadığı, yada sıfır olduğu varsayılırsa, doğrultu hatasının iskandil noktaları konumunu $\pm 1-2$ mm. den (hidrografik konum presizyonu) fazla etkilememesi için, değişik m_p ve m_{q_1} değerleri için hesaplanmış maksimum doğrultu uzunlukları çizelge : 1 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 1

m_p (ölçekli)	Max. Doğrultu Uzunluğu ($S_{max.}$)	
	$m_{q_1} = \pm 1$ mm.	$m_{q_1} = \pm 2$ mm.
0,05 mm.	14.b	28.b
0,1 mm.	7.b	14.b
0,2 mm.	3,5.b	7.b

3.2° — Doğrultudan Ayrılma Hatasının Etkisi (m_{q_2})

Akıntı, rüzgâr, gözleme ve çakıştırma hataları nedeniyle hidrografi taşıtının tam doğrultu üzerinde ilerlemesi sağlanmadığından, iskandil noktalarının konumu gerçek doğrultudan dq_2 kadar yana (enine) kayıktır (Şekil : 3).



Şekil : 3

Şekil : 3'den $d\delta$ Doğrultudan Ayrılma hatasının matematik bağıntısı;

$$d\delta = \delta_2 - \delta_1 \quad (8)$$

$$\delta_2 = \frac{dq_2}{S}, \quad \delta_1 = \frac{dq_2}{S+b} \quad (9)$$

$$d\delta = dq_2 \left(\frac{1}{S} - \frac{1}{S+b} \right) \quad (10)$$

bulunur.

Doğrultudan ayrılma hatasının bir iskandil noktasının konumuna etkisi ve bunun karesel ortalama hatası;

$$dq_2 = \left(\frac{S}{b} \right) (S+b) \frac{d\delta}{\rho} \quad (11)$$

$$m\delta_2 = \pm \left(\frac{S}{b} \right) (S+b) \frac{m\delta}{\rho} \quad (12)$$

olur.

SONUÇ :

1°) Karada çıplak gözle doğrultuya girme presizyonu $m\delta = \pm 1' - 2'$ olmasına karşın, hidrografi taşıtının doğrultu üzerinde ilerleme presizyonu $m\delta = \pm 10' \pm 20'$ kabul edilir. Doğrultunun kıydan, teodolit ve telsizle verilmesi durumunda ve uygun çalışma koşullarında $m\delta = \pm 2' - 5'$ alınabilir.

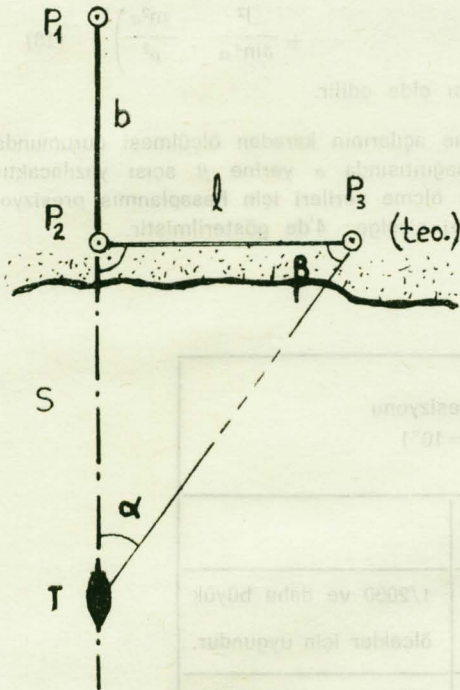
2°) Çizelge : 1'deki maksimum doğrultu uzunlukları da dikkate alınarak, değişik doğrultudan ayrılma hataları için hesaplanmış maksimum m_{q_2} değerleri çizelge : 2'de gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 2

Doğrultudan Ayrılma Hatasının Max. Etkisi (m_{q_2})				
Presiz-yonu $m\delta$	$S=3,5b$	$S=7b$	$S=14b$	$S=28b$
$\pm 2'$	$\pm 0,01 b$	$\pm 0,03 b$	$\pm 0,12 b$	$\pm 0,47 b$
$\pm 5'$	$\pm 0,02 b$	$\pm 0,08 b$	$\pm 0,31 b$	—
$\pm 10'$	$\pm 0,05 b$	$\pm 0,16 b$	—	—

3.3° — Açı Hatasının Etkisi (m_{α})

İskandil noktalarının doğrultu üzerindeki konumunu belirlemek için, ya kıyadaki bir istasyon noktasından teodolit ile β açıları, yada hidrografi taşıtı üzerinden sekstant ile α açıları ölçülür (Şekil : 4). Bunlara kestirme açıları da denir.



Şekil : 4

Bir iskandil noktasının doğrultu üzerindeki yeri «S» uzunluğu ile belirlenir ve bunun matematik bağıntısı, şekil : 4'den;

$$S = l \cotan \alpha \quad (13)$$

veya

$$S = l \tan \beta \quad (14)$$

dir. Burada l ve α (veya β) değerlerindeki hatalar, S uzunluğunda, dolayısıyla iskandil noktasının konumunda «Boyuna Hata dS=dL» oluştururlar. (13) bağıntısının tam diferansiyeli alınırsa, boyuna hata için;

$$dS = dl \cotan \alpha - \frac{l}{\sin^2 \alpha} d\alpha = dL \quad (15)$$

bağıntısı elde edilir. Ancak, «l» kenarı (bazı) jeodezik ölçmelerle belirlendiğinden «dl» kenar hatası, açı hatası ve S uzunluğu karşısında ihmal

edilebilir. Bu koşullarda ve hata yayılma kanununa göre Boyuna Hatanın karesel ortalama hatası (Açı Hatasının Etkisi);

$$m_L \cong \mp \frac{l}{\sin^2 \alpha} \cdot \frac{m_\alpha}{\rho} \quad (16)$$

veya β kestirme açısı ölçülmüş ise,

$$m_L \cong \mp \frac{l}{\cos^2 \beta} \cdot \frac{m_\beta}{\rho} \quad (17)$$

olur.

SONUÇ :

1°) (16) ve (17) bağıntılarından görüleceği gibi, bir iskandil noktasının doğrultu üzerindeki konumunun presizyonu; kestirme açılarının presizyonu ile, kestirme üçgeninin geometrik yapısına bağlıdır.

2°) Su üzeri çalışmalarında hidrografi taşıtı genellikle hareketli olduğundan, kestirme açıları kontrol ve tekrarlanma olanağı yoktur. Bu nedenle presizyonları düşüktür ve taşıtın hareket durumuna göre;

taşıt hareketsiz ise : $m_\alpha = \mp (1' - 2')$,

$m_\beta = \mp (0,1^\circ - 1^\circ)$

taşıt hareketli ise : $m_\alpha = \mp (10' - 20')$,

$m_\beta = \mp (1^\circ - 10^\circ)$

alınabilir.

3°) Kestirme üçgeninin eşkenar olması ideal konumdur ve sadece bir iskandil noktası için geçerlidir. Bunun dışında kestirme açıları daima ideal durumdan farklıdır. Açı hatasının iskandil noktası konumuna etkisi, hidrografik konum presizyonu değerinden (∓ 1 mm. ölçekli) küçük olması için, kestirme açılarının sınır değerleri hesaplanmış ve çizelge : 3'de gösterilmiştir.

3.4° — Toplam Konum Presizyonu (m_k)

Hata kaynaklarının ayrı ayrı incelenmesinden sonra, bir iskandil noktasının toplam konum pre-

ÇİZELGE : 3

	l = 10 mm (ölçekli)			l = 20 mm (ölçekli)		
m_α	$\mp 1'$	$\mp 10'$	$\mp 20'$	$\mp 1'$	$\mp 10'$	$\mp 20'$
$90^\circ > \alpha >$	3.8°	12°	17°	4.4°	14°	20°
m_β	$\mp 0.1^\circ$	$\mp 1^\circ$	$\mp 10^\circ$	$\mp 0.1^\circ$	$\mp 1^\circ$	$\mp 10^\circ$
$0^\circ < \beta <$	99°	97°	92°	99°	96°	89°

sizyonu (yöntemin presizyonu) için;

$$m_k^2 = m^2 q_1 + m^2 q_2 + m^2 L$$

bağıntısı yazılabilir. Buradaki terimlerin yerine (7), (12) ve (16) eşitlikleri yazılırsa;

$$m_k = \pm \left(\frac{2 S^2 m_p^2}{b^2} + \frac{S^2}{b^2} (S+b)^2 \frac{m^2 \delta}{\rho^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$+ \frac{l^2}{\delta \ln^4 \alpha} \cdot \frac{m^2 \alpha}{\rho^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

bağıntısı elde edilir.

Kestirme açılarının karadan ölçülmesi durumunda, (18) bağıntısında α yerine β açısı yazılacaktır. Değişik ölçme verileri için hesaplanmış presizyon değerleri çizelge : 4'de gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 4

İskandil Noktaları Konum Presizyonu $m_k = \pm \dots \dots \dots$ metre ($\alpha = 10^\circ$)					
$\frac{S}{b}$	$m \alpha$	$\pm 2'$	$\pm 5'$	$\pm 10'$	
	$m \Sigma$				
$\frac{S}{b} = 3.5$ $b = 50$ m	$\pm 2'$	0.78	1.17	2.04	1/2000 ve daha büyük ölçekler için uygundur.
	$\pm 5'$	1.31	1.58	2.30	
$\frac{S}{b} = 7$ $b = 50$ m	$\pm 2'$	1.95	2.14	2.71	1/2000 ve daha küçük ölçekler için uygundur.
	$\pm 5'$	4.21	4.29	4.61	

4 — SONUÇ :

«Sabit Doğrultu ve Açı» yöntemi, küçük göller ile kıyıya yakın alanlarda kolaylıkla uygulanabilir. Burada iskandil noktalarının konum presizyonu; b ve l bazlarının (şekil : 4) uzun seçilmesine, doğrultu gözlemesinin ve açı ölçmesinin presizyonuna bağlıdır.

Su ortamının özelliği ve taşıtın hareketi nedeniyle elde edilen presizyonlar, jeodezik presizyon değerlerine göre oldukça düşüktür. Taşıta karadan doğrultu verilmesi ve açı ölçmesinin karadaki istasyon noktasından ve teodolitle yapılması durumunda, iskandil noktalarının konum presizyonunun yükseltilebileceği aşîkârdır. Ancak bu du-

rumda taşıt ile karadaki istasyon noktaları arasında telsiz haberleşmesi zorunludur. Arazide doğrultu belirleyen çok sayıda jeodezik nokta (poligon) tesis edilmesi zorunluğu, ekonomik yönden bu yöntemin tek sakıncasıdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1 — M. G. ÖZGEN — E. ALGÜL : Mühendislik Ölçmeleri, I — Hidrografik Ölçmeler (İ.T.Ü)
- 2 — E. ALGÜL : Hidrografik Harita Yapımı, Yeni Gelişmeler ve Presizyonları (DSİ Adana)
- 3 — E. ALGÜL : Türkiye'de Hidrografik Göl Harita Çalışmaları, Analiz ve Öneriler (İ.T.Ü. İstanbul, 1978)

KARBONAT AKİFERİNDE SU VE MİNERALLER ARASINDAKİ KİMYASAL DENGİ

Yazarlar : William BACK
Rodney N. CHERRY
Bruce B. HANSHAW
Çeviren : Güner AĞACIK(*)

Ö Z E T

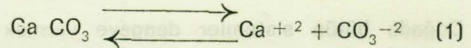
Orta Florida'da artezyen akiferinde yeraltısuyunun çeşitli karbonat mineralleri ile arasındaki kimyasal denge üzerinde çalışma yapılmıştır. Akifer başlıca üçüncü zamanına ait kireç taşından oluşmuştur. Dolomit ve Jips çok azdır. Kalsit, aragonit ve dolomitin iyon-aktivite çarpımının hesaplanmasında standard laboratuvar analizleri ve yerinde ölçülen pH, sıcaklık ve bikarbonat analizleri kullanılmıştır. Beslenme bölgesindeki su, kalsiyum bikarbonatlı sudur, çözünmüş maddeleri az, kalsit ve dolomit yönünden doygunluğun altındadır. 30-90 metre derindeki sular da doygunluğun altındadır. Bu su tablasının 30-90 metre aşağısında dolomit ve kireçtaşı çözeltilerinin olduğunu, mağara ve kanallar oluşturabileceğini gösterir.

Toplam çözünmüş maddeler akış yolunun uzunluğu ve akiferde durma süresi ile artar. Beslenme bölgesinden uzakta su kalsit ve dolomitte aşırı doygun dur. Saha çalışmalarının çoğunda aragonitle dengeye ulaşamadığı görülmüştür. Beslenme bölgesinden ilerledikçe dolomitte aşırı doygunluk, magnezi-kalsit çözeltilerinden suya magnezyum geçmesiyle olan artış nedeniyledir. Küçük beslenme bölgesinde radyokarbon yaşına göre yeraltı su hızları yaklaşık 8 metre/yıl dır. Mineral denge ve izotopik bileşimin birlikte incelenmesiyle hidrolojik sistemin çeşitli kısımlarındaki su hızının bulunabileceği jeolojik geçmiş anlaşılabilir.

Bu yazıda, mağara ve oyukların oluşumu ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Karbonat mineralleri silikat minerallerinden daha çok çözünür olduğundan kireçtaşı genellikle granit ve kumtaşı gibi bağlayıcı kayalardan daha geçirgendir. Geçirgenlik ve porozite dağılımının kontrolünü iyi anlamak için, karbonat minerallerinin çözünme ve çökmesinin kontrolünü açıklamak gerekir.

Bilindiği gibi karbonat minerallerinin çözünmesini pH, sıcaklık, çözeltildeki diğer iyonlar ve karbondioksit miktarı etkiler. Asıl problem bu faktörlerin birbirine olan karşılıklı ilişkilerinin doğal şartlarda nasıl değerlendirilmesi gerektiğidir. Probleme yaklaşmanın bir yolu, termodinamik kavramların yeraltısuyu şartlarına uygulanmasıdır. İncelenen karbonat akiferi kütlelerin etkisi kanunu için termodinamik bir model olarak alınabilir. Belli

bir minerale suyun dengede olup olmadığının belirlenmesi için, yalnız fiziko-kimya laboratuvarlarından alınan (K mineral denge sabiti) ni bilmemiz gerekir; Eşdeğerlik sabitini (iyon aktiflik çarpımı K iap) hesaplamak için gerekli diğer değişkenler suyun kimyasal analizinden bulunabilir. Örneğin, kalsit çözeltilinde;



ve kütlelerin etkisi kanununa göre,

$$K_{\text{kalsit}} = \frac{\alpha_{\text{Ca}^{+2}} \cdot \alpha_{\text{CO}_3^{-2}}}{\alpha_{\text{Ca CO}_3}} \quad (2)$$

denklemleri yazılabilir.

Burada aktiflik molal birimi olarak verilir; her iyonun molalitesi ile düzeltme faktörü (aktiflik katsayısı) çarpılarak bulunur. Aktiflik katsayısı γ , Debye — Hückel eşitliğinden bulunur.

(*) Kimya Y. Müh. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Bu makale NATL «SPELEOL. SOC. BULL» VOL. 28, No. 3, ten çevrilmiştir.

$$\text{Log } \gamma_i = \frac{-Az_i^2 \gamma^{1/2}}{T + Ba_i \gamma^{1/2}}$$

A ve B sıcaklığa bağlı sabitler, Z_i iyon yükü, a_i iyonun çözeltideki etkin çapı, ve T çözeltinin ioni-
nik kuvvetidir.

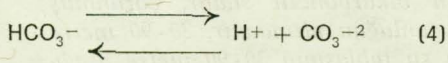
$$T = 1/2 \sum m_i z_i^2$$

m, her iyonun molalitesidir. Saf suyun veya katı fazın aktifliği 1 olduğundan,

$$K_{iap} = \frac{\alpha_{Ca^{+2}} \alpha_{CO_3^{-2}}}{\alpha_{Ca^{+2}} \alpha_{CO_3^{-2}}} \quad (3)$$

yazılabilir.

K_{iap} = iyon aktiflik çarpımı = çözünürlük çarpımıdır. 3 eşitliğindeki aktiflikler kimyasal analizden hesaplanabilir. Bununla birlikte çözeltide karbonattan daha çok bikarbonat vardır ve reaksiyon 4 denklemi gibidir.



Bu denklem için denge sabiti;

$$K_{\text{HCO}_3^-} = \frac{\alpha_{\text{H}^+} \cdot \alpha_{\text{CO}_3^{-2}}}{\alpha_{\text{HCO}_3^-}} \quad (5)$$

(3) ve (5) eşitliklerinden;

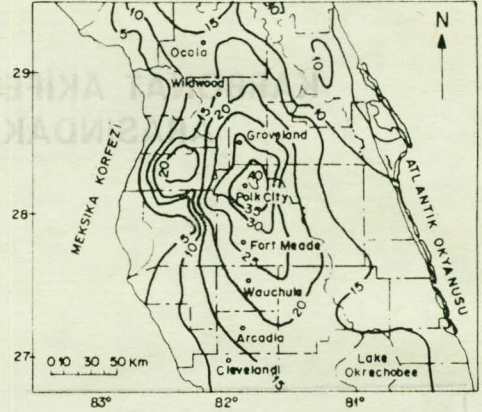
$$\text{CO}_3^{-2} = \frac{K_{\text{HCO}_3^-} \cdot \alpha_{\text{HCO}_3^-}}{\alpha_{\text{H}^+}} \quad (6)$$

yazılabilir.

$K_{\text{HCO}_3^-}$ verilen sıcaklıktaki termodinamik sabittir, bikarbonat aktifliği suyun kimyasal analizinden hesaplanır. Hidrojen iyonu aktifliği de pH dan bulunur. K_{iap} , K_{kalsit} denge sabiti ile karşılaştırıldığında, K_{iap} nin K_{kalsit} 'e oranı 1 re eşitse, (% 100) su kalsite göre doygundur; oran 1 den küçükse, (% 100 den küçük) doygun değildir; eğer oran 1 den büyükse, su aşırı doygundur. 3 eşitliğinden K_{iap} nin kalsit ve aragonit için aynı olduğu görülür.

Doğada bütün sistemler dengeye varmak istediklerinden, bir minerale göre doygun olmayan su, bu minerali çözecektir. Bununla birlikte, kinetik etkiler nedeniyle bir minerale göre aşırı doygun olan su için, bu minerali çökeltebilir denilemez.

Florida'da bir yeraltısuyu örnek alınarak, karbonat akiferinde hidrolojik sistem incelenmiştir. (Back 1963). Şekil 1 de yeraltısuyu akım modelinin piezometrik yükseklikle kontrolü gösterilmiştir. Su, piezometrik konturların daha az yüksek olduğu yerlere ve düşey olarak hareket eder. Bu



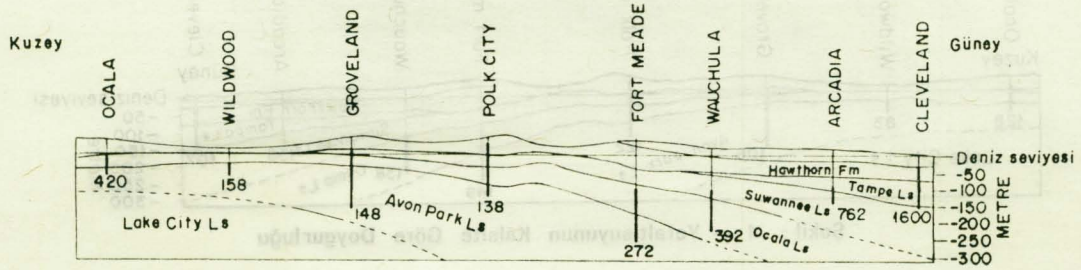
Şekil 1 — Numune Alma Noktalarını Gösteren Artezyen Akiferinin Piezometrik Haritası

bölgenin en yüksek kısımlarından beslenmesine karşın, Wildwoode ve Groveland arasında ve K-u zeye doğru olan bölgede daha büyük hacimde su ile beslenme olur. Numune alınan başlıca kuyuların derinlikleri 30 m—450 m arasında, kireç taşı ve diğer Eocene yaş formasyonları içindeki artezyen akiferleridir.

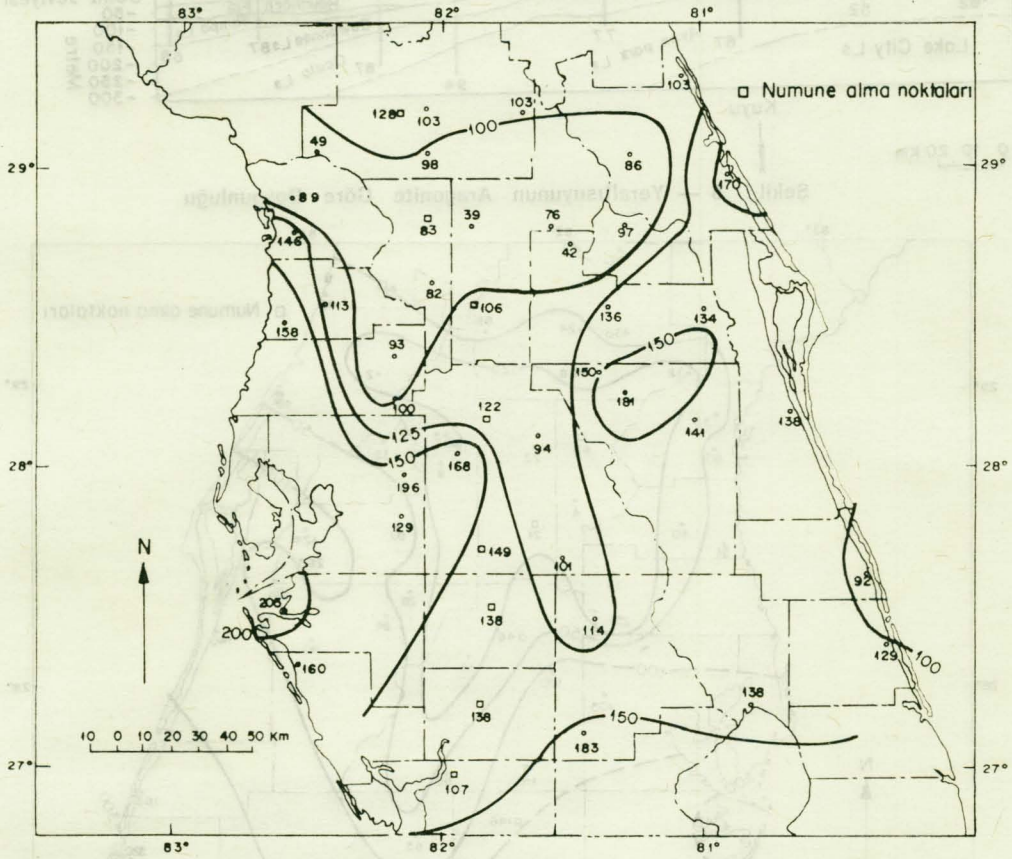
Suyun toplam çözünmüş madde miktarları Şekil 2 de verilmiştir. Bölgenin Kuzey ve Güneyinde toplam çözünmüş madde fazla ve Polk-City Wildwood arasında en azdır ve 200 mg/l dir. Polk City'nin güneyinde akiferdeki suyun toplam çözünmüş maddesi artış gösterir ve maksimum 1600 mg/l ye ulaşır. Beslenme olan bölgelerdeki toplam çözünmüş madde miktarı genellikle azdır.

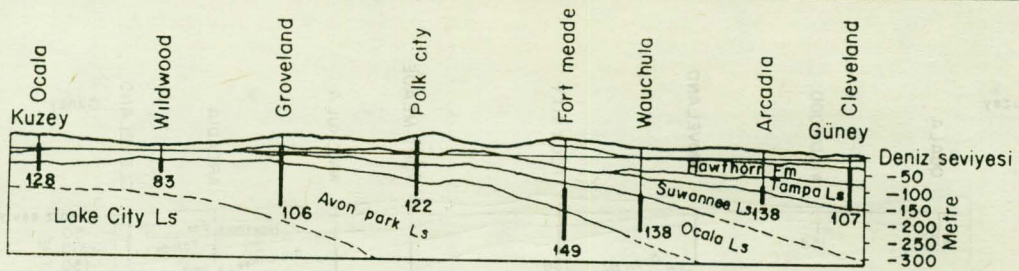
Çok beslenme olan bölgede su kalsite göre doygun değildir. (% 100 den küçük) (Şekil 3). % 125 lik sınır çizgi güneye doğru uzanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan saf kalsit denge sabiti ile akiferdeki kireçtaşı sabiti arasındaki farka göre, (Kalsitte Mg varsa, çözünürlüğü saf kalsite göre artar.) % 100-125 arası bölgede hesaplamalara göre aşırı doygun çıkan su, aynı zamanda dengeye yakın olabilir. Bu nedenle % 125 den daha aşağı olan bölgedeki su kalsite göre dengeye veya doygunluğun altındadır. Piezometrik yüksekliğin doğu, batı ve güneye doğru olan taraflarında su aşırı doygundur ve en yüksek değerler % 200 e ulaşır.

Şekil 4 de, kalsite göre doygunluğun dikey dağılımı gösterilmiştir. Başlıca beslenme bölgesinde 300 metre derinliklerde su doygun değildir. Bunun nedeni bu derinliklerde çözelti oluklarının (kanal) meydana gelebileceğidir. Profilin güneyine doğru, çok daha sığ derinliklerde su aşırı doygundur. Bu çözünmenin olduğu bölgelerin dağılımında yeraltısuyu akış modelinin başlıca etken olduğunu gösterir.



Şekil : 2 — Toplam Çözülmüş Madde (mg/l)

Şekil : 3 — $(K_{\text{kalsit}}/K_{\text{iap}}) \times 100$

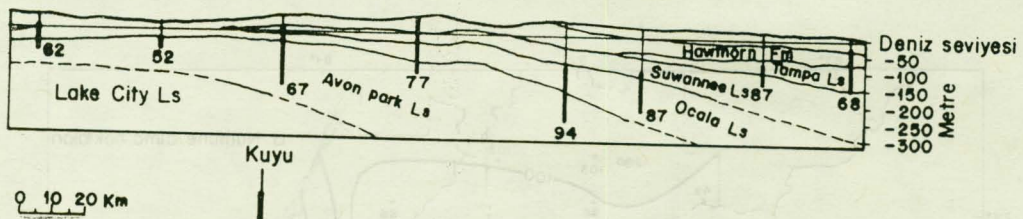


Şekil : 4 — Yeraltısuyunun Kalsite Göre Doygunluğu

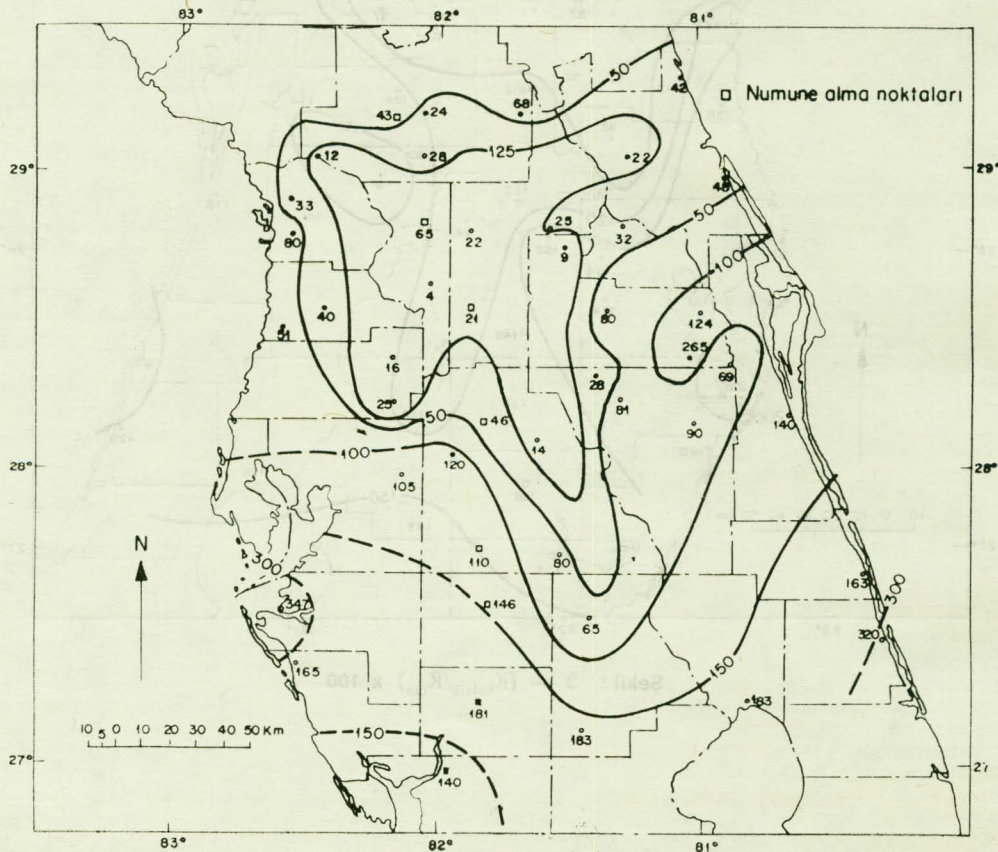
Beslenme bölgesinde kalsit gibi, aragonite göre de su, doymunluğun altındadır. Şekil 5 te enine kesit (profil) verilmiştir. Bununla birlikte aragonite göre su aşırı doymunlaşabilir. Bu enine kesitte kalsite göre yeraltı suyunun nasıl aşırı doymunlaşabileceği anlaşılabılır. Kinetik etkilere göre su kalsitle aşırı doymun hale gelebilinceye kadar, aragonite göre doymunluğa ulaşır. Bir kez denge-

ye geldiğinde, aragonit çökebilir ve sonra kalsite dönüşür. Deniz ve kapalı havzalarda aragonit, çözeltiden çöküp ayrılan fazdır. Belki yeraltısında da, kalsit yerine aragonit, karbonat eşitliğini kontrol edicidir.

Dolomite göre doygunluk altında olan bölge, kalsitin % 125 olarak sınırlandırılmış bölgesinden biraz daha geniştir. (Şekil 6). Bu çalışmada dolo-



Şekil : 5 — Yeraltısuyunun Aragonite Göre Doygunluğu



Şekil : 6 — $K_{dolo}/K_{iap} \times 100$

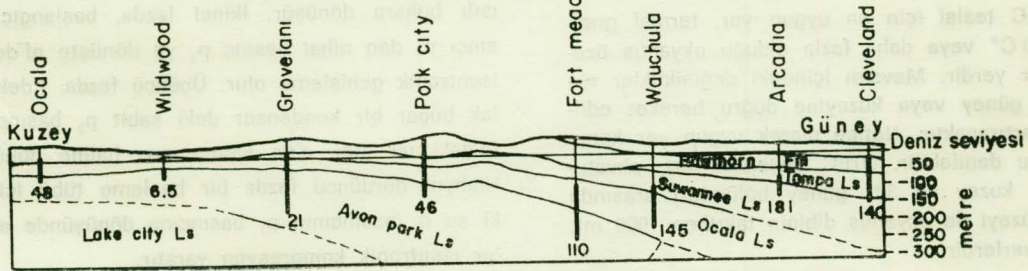
mitin denge sabiti 2×10^{-17} alınmıştır. Şekil 7 deki kesit dolomite göre dikey dağılım göstermektedir. Beslenme bölgesinde suda doygunluk % 10 — % 50 dir. Daha aşağı ilerledikçe, su aşırı doygunlaşmakta ve % 150 doygunluğa ulaşmaktadır.

Doygunluğun altında olan bölgede şekil 8 deki en kesitte gösterildiği gibi magnezyum kalsiyuma oranla daha azdır. Kalsiyum — magnezyum oranı beslenme bölgesinde ekivalent/1 olarak yaklaşık 12 dir ve güneye doğru azalarak 1 den biraz daha küçük değere düşer, bu da sudaki magnezyumun kalsiyum konsantrasyonuna göre 10 kat fazlaşması demektir. Magnezyumun başlıca kaynağı, dolomitten daha çok çözünür olan magnezyumlu kalsit olabilir.

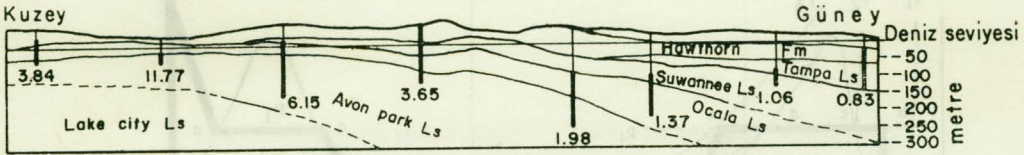
Bu çalışmanın bir kısmı, karbon 14 le olan çalışmadır. Radyokarbon atmosferin üst kısmında azotun kozmik radyasyonu ile meydana gelir. Yarı ömrü yaklaşık 5700 senedir. Bu karbon oksitlendiğinde, CO_2 meydana gelir ve bu da atmosferdeki diğer CO_2 ile karışır. Yeraltısuyu karbon 14'ü yağmur suyundan ve topraktaki karbonlu maddelerden alır. Su bir kez akifere girince, C^{14} ün yeraltısuyu rezervuarına girmesi zorlaşır. Yeraltısuyunun yaşının bulunmasında karşılaşılan problemlerden biri suda başlangıçta bulunan ve radyokarbon olmayan karbonun seyreltici etkisidir. 1964 de ya-

pılan bir çalışmada, kararlı (C^{13}) karbon izotopu kullanılarak C^{14} ün karbonat minerallerinin çözünmesiyle oluşan seyreltilme yanlışlığının düzeltilebileceğini göstermişlerdir. Şekil 9 daki en kesit, akiferdeki çeşitli yerlerin radyokarbon yaşını göstermektedir. Bu yaşlarda C^{14} ün kireçtaşının çözünmesiyle seyrelmeden gelen yanlışlık C^{13} tekniğine göre düzeltilmiştir. 145 km den fazla uzaklıkta (Polk City'da Cleveland'a kadar) yeraltısı hızı yılda 7.5 metre bulunmuştur. Akiferin çeşitli yerlerinde suyun yaşına göre, doğal çevredeki mineral reaksiyonlarının kinetiğini anlamak mümkündür. Akifer de suyun bekleme süresi bulunarak, akiferdeki çeşitli minerolojik fazlarla suyun kimyasal dengeye ne kadar sürede geleceği hakkında fikir edinilebilir. Akiferdeki suyun radyokarbon yaşı ve akiferdeki kimyasal denge arasındaki karşılıklı ilgi daha geniş incelenecek bir konudur.

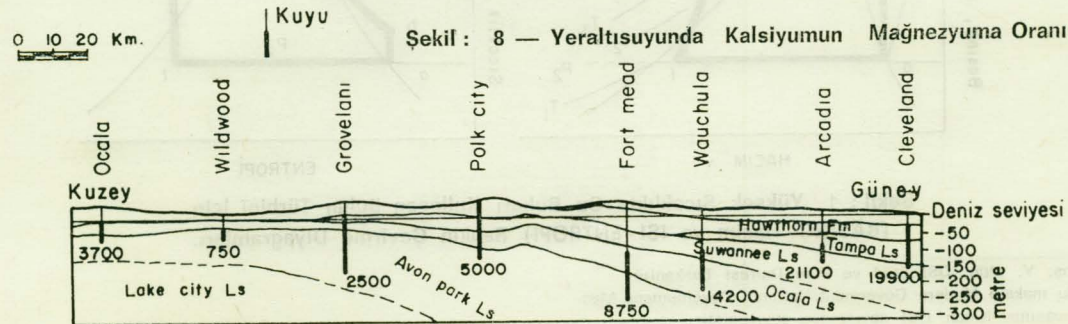
Bu çalışma sırasında birçok karışık sorularla karşılaşmış, bunların cevaplandırılması için akiferin minerolojisinin daha iyi bilinmesi gereği duyulmuştur. Bu konu başka bir çalışmada incelenecektir. Mineroloji bilinmeden bu çeşitli minerallerin dağılım modeli açıklanamaz. Bu yazıda, karbonat mineralinin çözünmesinin yalnız beslenme bölgesinde yüzeye yakın olmayıp, aynı zamanda yüzeyin altında derinde de olabileceği gösterilmeğe çalışılmıştır.



Şekil : 7 — Yeraltısuyunun Dolomite Göre Doğunluğu



Şekil : 8 — Yeraltısuyunda Kalsiyumun Magnezyuma Oranı



Şekil : 9

OTEC : DENİZDEN ENERJİ ÇEKMEK

Yazan : Richard R. ROGOSKI

Çeviren : Erdoğan TEKİN (*)

Okyanustan enerji üretme metodlarından hepsinin içinde «Okyanus Termal Enerji Çevrimi» (OTEC) en ümit verici olanı görünümündedir. OTEC; okyanusun derinliklerindeki soğuk su ile yüzeydeki ılık su arasındaki buharlaşmadan mekanik enerji üreterek bununla bir jeneratörü çalıştırırken (ΔT) termal gradiyeni kullanmaktadır. Bu çeşit enerji üretimi, sadece bir ülkenin petrol ve kömüre bağılılığı ile diğer fosil yakıt kaynaklarının azalmasını önlemekle kalmayacak, ayrıca enerji yönünden tamamiyle başka ülkelerin kaynaklarına bağlı olan ada ülkeleri için, ümit verici bir yöntem olacaktır.

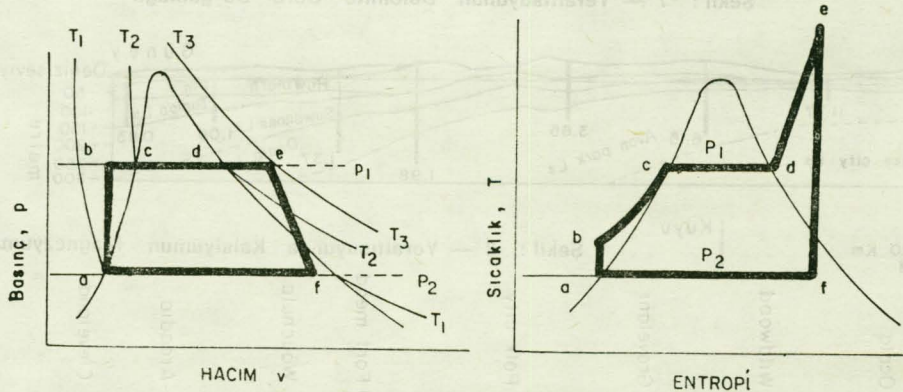
Bir OTEC tesisi, böyle bir ülke için enerji bağımsızlığından da öte bir mana taşır. Ülke; Okyanustan enerji çekmekle, kıyıları boyunca endüstrinin gelişmesini sağlamaktan başka, enerjinin bir kısmını liman tesislerinin enerji ihtiyacı için kullanır.

OTEC tesisi için en uygun yer, termal gradyanın 20°C veya daha fazla olduğu okyanus üzerinde bir yerdir. Mevsim içindeki değişiklikler ekvatorun güney veya kuzeyine doğru hareket edilmesini artıracaktır. Netice olarak uygun yer konusunda şu denilebilir. OTEC tesisinin yeri; ekvatorun 30° kuzey ve 30° güney bölümleri arasında ve su yüzeyi ile okyanus dibinin takriben 1000 mt. olduğu yerlerdir.

Enerji Üretim Metodu :

OTEC gerek teknolojisi, gerekse gelişmekte olan ülkeler için fizibil olması yönünden son zamanlarda çok araştırma konusu olmuştur. Bilhassa, enerji üretim metodları, tesisin soğuk su borularına ait malzemeler, ısı değiştiriciler ve tesisin rantabilitesi üzerinde yeni çalışmalar yapılmaktadır.

OTEC, çeşitli metodlarla geliştirilebilmektedir. Her metodun kendine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur ve hepsi yenilenmeye müsaittir. Bu metodları şöyle izah edebiliriz. İki metod, kapalı ve açık devre sistemleri - Rankin'in temel termodinamikteki çevrim prensibine dayanır. Bu çevrim, şekil 1 de görüldüğü gibi dört fazı kapsar. Birinci fazda bir kazandaki bcd e ısısının ilavesi ve sabit p_1 basıncı ile b'deki su, e'de süper ısı buhara dönüşür. İkinci fazda, başlangıç basıncı p_1 den nihai basınç p_2 ye dönüşte ef'de bir isentropik genişleme olur. Üçüncü fazda, f'deki ıslak buhar bir kondenser deki sabit p_2 basıncında fa'daki ısı itici, a'da satire sıvı haline dönüşür. Nihayet dördüncü fazda bir besleme tübü içindeki su p_2 basıncının p_1 basıncına dönüşünde ab'de bir isentropik kompresyon yaratır.



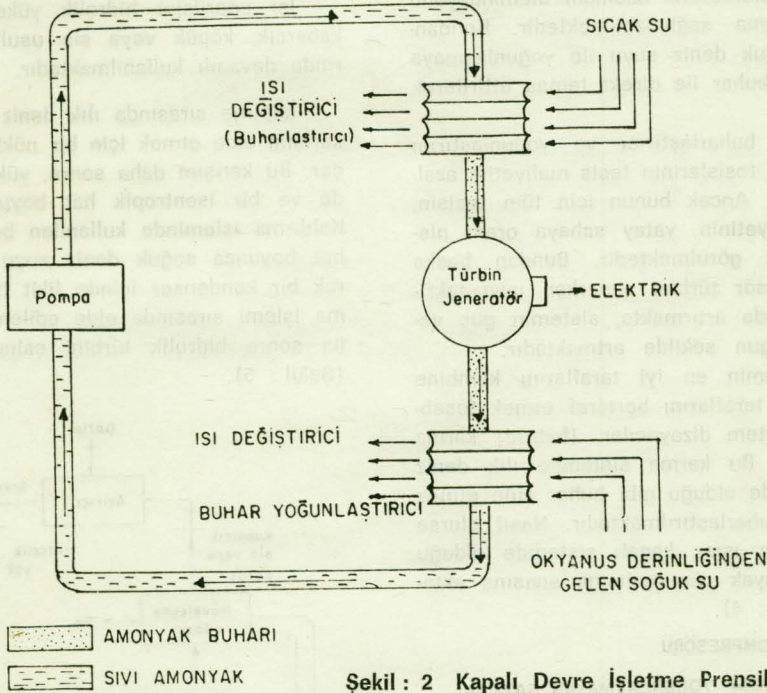
Şekil : 1 Yüksek Sıcaklıkta Su Buharı Kullanan Buhar Türbini için (BASINÇ - Hacim ve ISI - ENTROPİ) Rankin Çevirme Diyagramları.

(*) İnş. Y. Müh. DSİ Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı
Bu makale Modern Government/National Development Mecmuasının Nisan 1981 sayısından çevrilmiştir.

Rankin çevrimi hernekadar, rölatif olarak düşük termal randımanı haiz ise'de yüksek iş oranına maliktir ve bu sebepten OTEC güç ve enerji sistemleri için uygun olmaktadır.

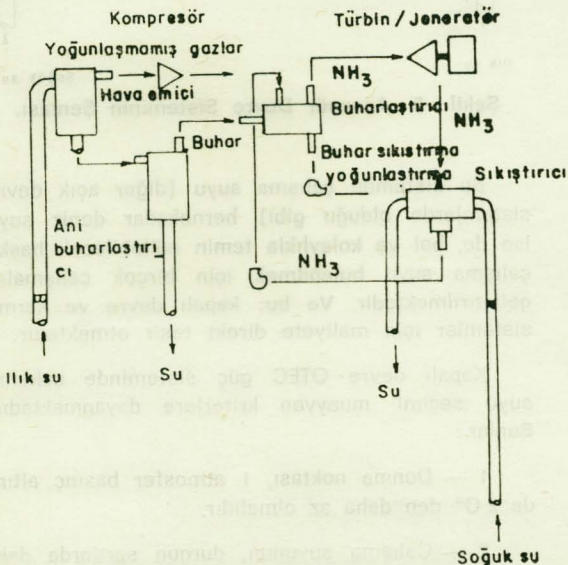
Kapalı devre sistemlerinde, okyanus yüzeyindeki ılık su OTEC tesisine alınır ve bir ısı değiştiriciye doğru pompalanır ki; ısı değiştirici mesela amonyak gibi bir mayii kaynatacak ısıyı verecektir. Meydana gelen buhar bir demisterden

geçirilir ve türbine gönderilir. Bu arada genleşen buhar, türbini çalıştırır. Dönen türbin jeneratörü çalıştırır ve elektrik üretilmiş olur. Türbin giriş çıkışı arasında basınç 30 kPa kadardır. Türbinden çıkan buhar başka bir ısı değiştiriciden geçirilir ve okyanus derinliklerinden çekilen soğuk su ile soğutulur. Bundan sonra çevrim içindeki çalışma sıvısı çevrimi tamamlamak için evaporatöre pompalanır. (Şekil : 2).



Şekil : 2 Kapalı Devre İşletme Prensibi.

Açık devre sistemde de çalışma suyu olarak devrede deniz suyu kullanılır. (Şekil : 3).



Şekil : 3 Açık Devre Sistem Şeması

İşletme esnasında ılık deniz suyu, içinde bulunan ve basıncı artırarak buharlaşmaya mani olan erimiş gazların yok edildiği hava yokediciden geçirilerek gazlar yok edilir. Su bundan sonra, basıncı ılık suyun buhar basıncından daha düşük seviyede olan bir buharlaştırıcıdan geçirilir. Böylece bu kısmi vakum içinde ani buharlaştırma işlemi ile düşük basınçlı buhar elde edilir. Bu buhar bir türbinden geçirilir ve ona bağlı olan jeneratör yardımı ile elektrik üretilmiş olur. Çıkan buharlarda çevresinde soğuk deniz suyu dolaştırılan bir kondansöre gelir ve sıvı haline dönüşür.

Açık sistemde; sıkıştırılmış likitin buharlaştırıcıya döndürülmesine ihtiyacı bulunmamakta fakat tuzu alınmış su olarak veya soğutma suyuna karıştırılmak suretiyle faydalanılabilmekte ve tekrar okyanusa bırakılmaktadır.

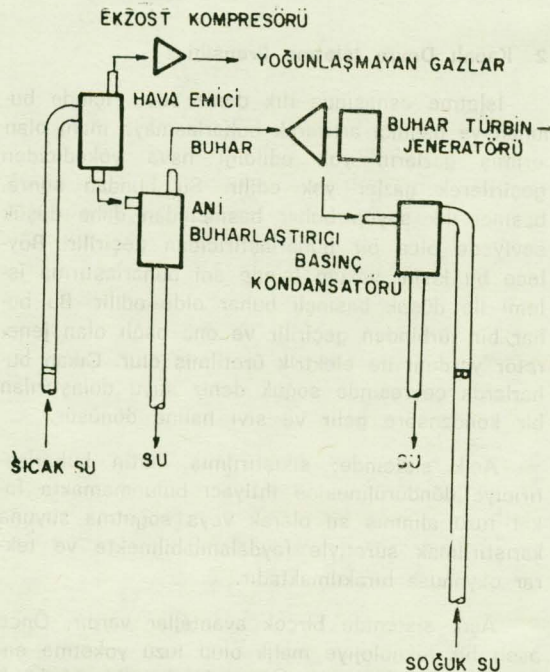
Açık sistemde birçok avantajlar vardır. Önce basit bir teknolojiye malik olup tuzu yoketme endüstrisince gayet iyi bilinmektedir. İkinci olarak büyük miktarda temiz su sağlanmasına neden olur. (Behar MW gros güc'e karşı günde 1500 m³ su).

Üçüncü avantajı, türbinde yüksek ΔT değerini haizdir. Nihayet, düşük nisbette soğuk ve ılık su akımına gerek duyar. Türbin hacmi; küçük modül kullanılabilirdiğinden ufak çapta olmakta, dolayısıyla güç limitli kalmakta ve fazla büyütülememektedir.

Açık sistem projesini geliştirmeye çalışanlar, buharlaştırıcı ve kondansörlere bir seri su jeti düşürerek bu sistemin verimini artırmak çabasındadırlar. Ilık deniz suyu jetler halinde aşağı doğru akıp kaynarken; hidrostatik basıncın eliminasyonu ile ani buharlaşma sağlanabilmektedir. Kondansasyon keza; soğuk deniz suyu ile yoğunlaşmaya yönelmekte olan buhar ile direkt temas ettirilerek sağlanmaktadır.

Düşey tipte buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı kullanılması OTEC tesislerinin tesis maliyetini azaltır görülmektedir. Ancak bunun için tüm tesisin, tekne kesiti maliyetinin, yatay sahaya oranı nisbetinde büyüdüğü görülmektedir. Bundan başka düşey tip kondansör türbini geçerken ısıyı takriben % 18 oranında artırmakta, sistemin güç veriminde buna uygun şekilde artmaktadır.

Her iki sistemin en iyi taraflarını kombine etmek ve enkötü taraflarını bertaraf etmek teşebbüsüne geçen sistem dizayncılar, (hybrid) karma sisteme ulaştılar. Bu karma sistemde ılık deniz suyu, açık sistemde olduğu gibi buhar elde etmek için ani olarak buharlaştırılmaktadır. Nasıl olursa olsun son buharın ısısı, kapalı sistemde olduğu gibi mesela amonyak olan çalışma sıvısına aktarılmaktadır. (Şekil : 4).



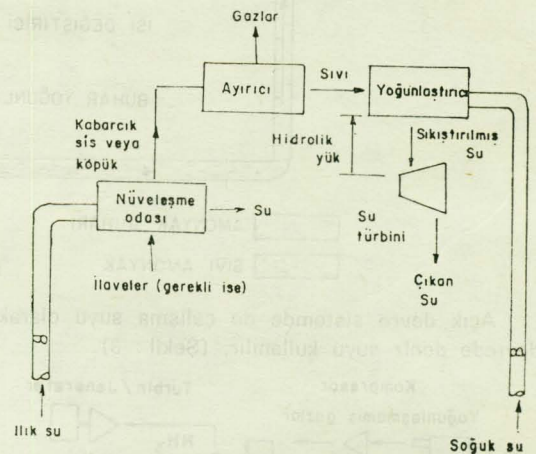
Şekil : 4 Kapalı Amonyak Devre Sistem ile Açık Devre Sistemden Oluşan Karma Devre Devre Sistemin Seması.

Asansör devre sistemi :

Açık devre sistemin bir diğer Varyasyonunda; güç üretimi için, düşük basınçlı buhar yerine bir hidrolik türbin kullanılmaktadır. Asansör devre sistemi dediğimiz bu sistemde, üretilen buhar, bir hidrolik türbini çalıştıracak mekanik bir güç sağlayacak, nakil suyunun potansiyel enerjisini artırmakta kullanılır.

Isı enerjisini hidrolik yüke döndürmek için; kabarcık, köpük veya sis usulü sistem dizaylarında devamlı kullanılmaktadır.

İşletme sırasında ılık deniz suyu, iki fazlı bir karışım elde etmek için bir nükleasyon adadan geçer. Bu karışım daha sonra, yükselen bir tüp içinde ve bir isentropik hat boyunca hareket eder. Kaldırma işleminde kullanılan buhar, bir isothermal hat boyunca soğuk deniz suyu ile yoğunlaştırılarak bir kondenser içinde likit haline gelir. Kaldırma işlemi sırasında elde edilen sudaki enerji daha sonra hidrolik türbini çalıştırmakta kullanılır. (Şekil : 5).



Şekil : 5 Asansör Devre Sisteminin Şeması.

Bu sistemde çalışma suyu (diğer açık devre sistemlerde olduğu gibi) hernekadar deniz suyu ise de, bol ve kolaylıkla temin edilebilecek başka çalışma suyu bulabilmek için birçok çalışmalar geliştirilmektedir. Ve bu; kapalı devre ve karma sistemler için maliyete direkt tesir etmektedir.

Kapalı devre OTEC güç sisteminde çalışma suyu seçimi, muayyen kriterlere dayanmaktadır. Bunlar :

- 1 — Donma noktası, 1 atmosfer basınç altında 2°C 'den daha az olmalıdır.

- 2 — Çalışma suyunun, durgun şartlarda dahi süper kritik bölgede olması için, kritik noktanın 66°C den büyük olması şarttır.

3 — Azetrop olanlar hariç, sadece tek bileşimli sıvılar tavsiye edilmektedir.

4 — Buharlaştırıcının doymuş basıncı, maliyeti artırmamak için 2 MPa'dan az olmalıdır.

Maliyet ve etkinlik göz önüne alınarak kullanılan sıvının; amonyak, metilamin, etilamin, metil format, metil klorid, metilen klorid veya azot dioksitten birini ihtiva etmesi gerekmektedir. Buharlaşma derecesinin uygun oluşu, likid olarak çok fazla hacim tutmaması, ve termal iletkenliğinin mükemmel olması nedenlerinden ve ayrıca en ucuz sıvı oluşundan dolayı amonyak en ideal kullanma sıvısıdır. Bundan başka amonyak, gelişmiş soğutma ve suna gübre endüstrilerinin teknik ve malzemelerini kullanarak kolayca elde kullanılabilen bir madde özelliğini de taşımaktadır.

Soğuk su boruları :

Bir OTEC tesisinin en önemli bölümlerinden biri, okyanusun derinliklerinden su yüzeyine soğuk su çeken, soğuk su borularıdır. (CWP). Yapılan çalışmalar, bu borular için en iyi malzeme ve en iyi projelendirmenin ne ve nasıl olacağı hususunda bir tesbit yapılmasını sağlamıştır. Bu kriterler aşağıdadır.

- düşük maliyetli malzemeler.
- basit montaj.
- az bakıma ihtiyaç gösterme.
- geminin tekne kısmına kolay bağlantı yapılabilmesi.
- kasırgalı denizlere dayanma kabiliyeti ve daha sakin şartlarda sessiz işletme durumu.
- 1000 m. den daha büyük derinliklerdeki basınçlara mukavemet edebilme.
- pasa karşı koyma ve biyolojik bozulma ve kirlenmeye karşı koyma özelliği.

Bu kriterlere dayandırılan muhtelif dizaynlar mevcut teknik know-how ve malzemeler de kullanılmak şartıyla gerçekleştirilmiş ve yapılan bu deney tesisleri kontrol edilmiştir. Kullanılan malzemeler; fiberglas, polietilen, sertleştirilmiş çelik ve elastomer ihtiva etmekte idi. Amerikan dolarına dayandırılan maliyet mukayesesi hesapları fiberglas'ın en ucuz malzeme olduğunu gösterdi. (Tablo : 1).

Tablo : 2 de fiberglas sandaviçi de dahil olmak üzere üç dizaynın temel özellikleri özetlenmektedir.

TABLO 1. ÜÇ CWP DİZAYNIN MALİYET MUKAYESESİ (US. dolarına göre)

SOĞUK SU BORUSU	İmal, mamulat inşaat	Açılma	Tekerrür etmeme	TOPLAM
FIBERGLAS	13.0	3.4	5.1	21.5
POLIETİLEN	49.6	4.4	10.7	64.7
ELASTOMER	18.1	2.3	10.5	30.9

TABLO 2. BAŞLICA CWP DİZAYNLARININ MUKAYESESİ

KAVRAM	Boru ağırlığı (10 ⁶ kg)	Fileksibil birleşim yeri sayısı	Açılma şekli	Program (aylar)	İktisap, kazanılan maliyet (10 ⁶ USA doları 1978)
SERTLEŞTİRİLMİŞ ÇELİK KABUK	6.5	5	DÜŞEY	31	61.9
FIBERGLAS Sandviç	3.8	1	YATAY	40	26.4
DİP BINDİRİLMİŞ SERTLEŞTİRİLMİŞ ÇELİK KABUK	7.3	6	DÜŞEY	37	74.1

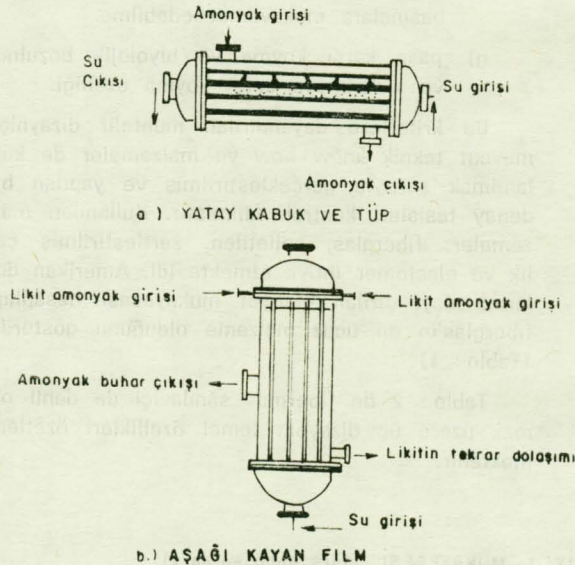
FRP kavramı, FRP'nin iç ve dış duvarları ile bu duvarların içindeki tarafsız yüzen köpük çekirdeğinde ihtiva etmektedir. (Sandviç) CWP'nin dış yüzü sudan daha yoğun olduğundan, suda net bir ağırlığa sahiptir ve düşey ile muayyen bir açı yapacak şekilde su içinde muhafaza edilir.

CWP tek bir birleşim yerini haiz olup buda platforma tek bir küresel mil yatağı ile bağlanmıştır. Bu yatak platforma monte edilmiş bir kri-

koya irtibatlandırılmış olup, bu kriko vasıtası ile yatak zaman zaman güverteye alınarak bakımı yapılır. Bu tip bir boru (Yani CWP) monte yerine hemen yakın olmak üzere kıyıda imal edilir. Sonra bir römorkörle çekilerek üst ucu suya daldırılıp denizsuyu doldurulur ve daha üst uçtan bu su bırakılır. Boruların denize bırakılma zamanları limitli olduğundan, FRP dizaynı tatbik edilerek maliyet ve risk en az seviyede tutulur.

Isı değiştiriciler :

Klasik ısı ve güç sistemleri için ısı değiştiricileri, ısı geçiş katsayısı (U)'nun 1700 ile 2300 W/m² K değeri arasında işletme yapabilirler. OTEC tesisleri bu (U) değerlerinin en az iki katına ihtiyaç gösterir. Bu şekilde ısı değiştiricileri üzerinde yapılan çalışmalar, alüminyum ve titanyum metalleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Titanyum; zamanımızda herne kadar pahalı bir madde ise de, uzun ömürlü olması, amonyak ve denizsuyu ile



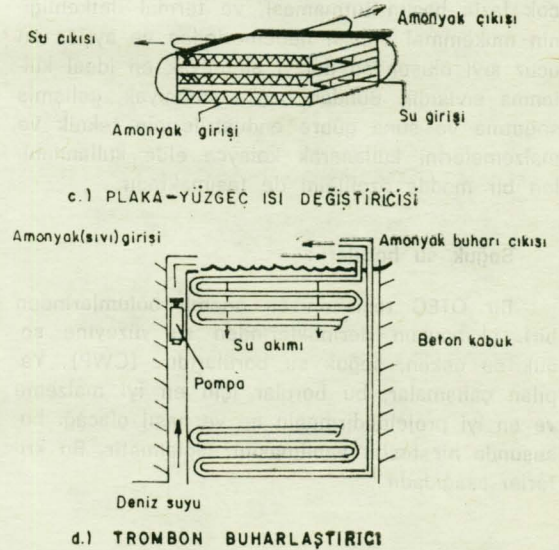
Şekil : 6 Kaçuk ve Tüp Plaka Isı Değiştirici Dizaynları (a, b, c, d)

Sistem maliyetleri :

Isı değiştiriciler tek başlarına bir OTEC sisteminin en büyük maliyetini haiz unsurlarıdır. (Tüm maliyetin % 50 sinden fazlası). Tesisin bollarının ve sair bölümlerinin toplam maliyeti büyük ölçüde tesis dizaynının tipine bağlıdır. Bu gün OTEC enerji tesisleri için, altı adet temel yapısal dizayn kavramı vardır. Bunlar; demirleme, platform, gerilme ayağı, halatlı kule, binmiş kılıf (geçme kılıf), sıyrılmalıdır.

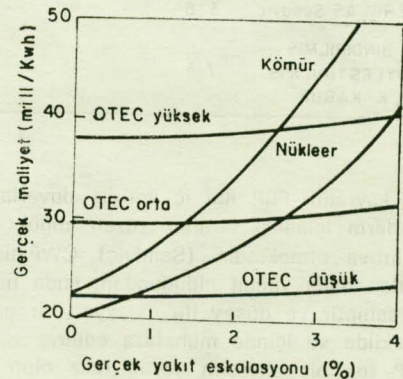
Kıyıda net 33.8 MW lık bir kapasiteyi haiz demirlemiş tesis; 1980 B. Amerika fiyatlarına göre inşaat ve tesisin yerine gidip yayılma yapması dahil toplam 165 milyon US. dolara malolmuştur. Eğer buna % 10 bilinmeyen, % 10 kâr ilâve edilirse neticede böyle bir tesis 200 milyon US dolarına yaptırılabilir. (1 Kilowattı 5900 US dolarına tesis edilebiliyor.) Modüller üzerindeki devamlı ilgi ve ehemmiyet inşaat fiyatlarının düşürülmesine yardımcı olacaktır.

uyum sağlaması ile en az mühendislik riskini haiz bir madde özelliğini kazanmıştır. Bunlara ilaveten, su altı organizmalarına karşı zehirsiz olması, denizsuyu akımlarına karşı uygun olması ve ağır biyolojik kirlenme ve pislenmelerden korunabilmesi özellikleride bulunmaktadır. Halen üzerinde düşünmeye değer sekiz dizayndan Şekil 6 daki kabuk ve tüp ile plaka tipleri; kapalı ile karma devre sistemler için en uygun ve maliyeti en az olanlardır.

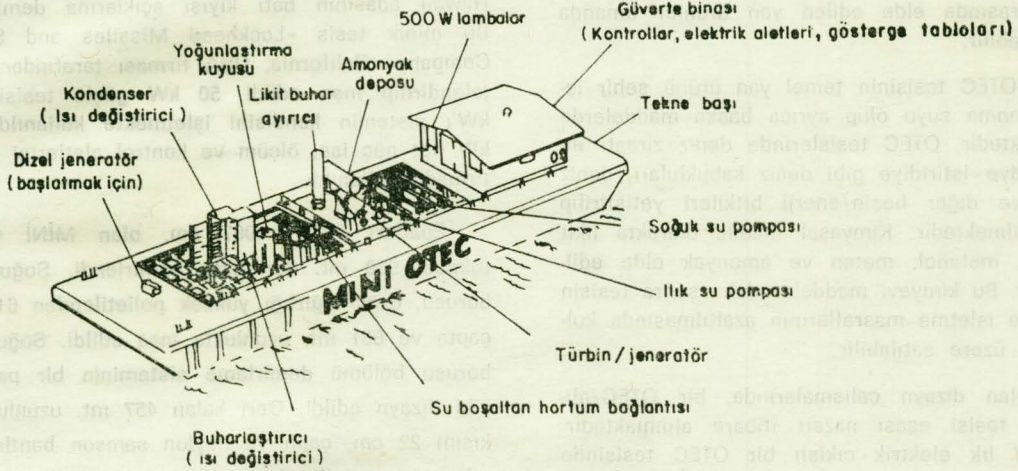


TROMBON BUHARLAŞTIRICI

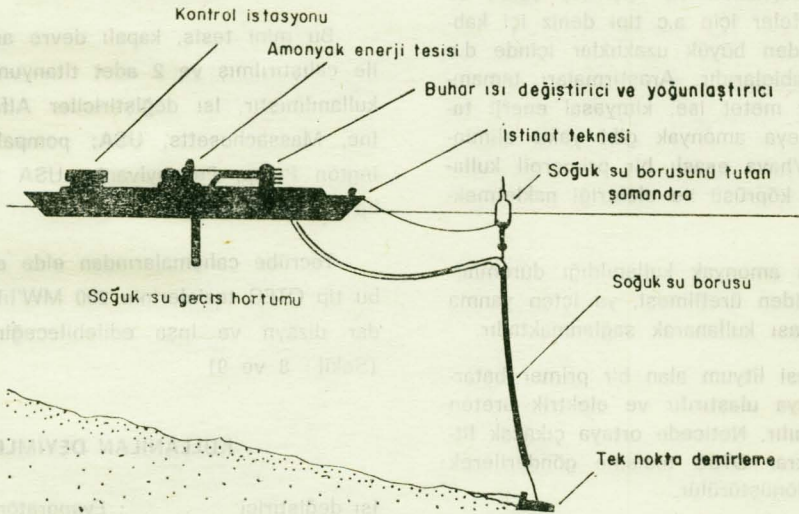
OTEC tesislerinden elde edilecek elektrik enerjisinin 2000 yıllarına doğru; Kömürden ve nükleer yoldan elde edilen elektrik enerjileri ile rahatça yarışacağı tahmin edilmektedir. Bu kaba bir tahmin olmakla beraber, fosil menşeli kaynakların git-tikçe pahalalanacağı ve diğer tabii kaynakların tü-kenme yolunda olduğu gözönüne alınırsa oldukça doğru bir tahmin olmaktadır. (Şekil : 7).



Şekil : 7 Enerji Maliyeti - Yakıt Eskalasyonu Eğrisi.



Şekil : 8



Şekil : 9

İşletme masraflarını minimumda muhafaza eden diğer elektrik üretim metodları, ödünç veremir kiralama anlaşması esasına dayanan bir şirket ortaklığı durumu içermektedir. OTEC tesisi ise iki fonksiyonlu bir tesis olup elektrik istihsal işletmesi sırasında elde edilen yan ürünler limanda pazarlanabilir.

Bir OTEC tesisinin temel yan ürünü şehir içi me-kullanma suyu olup ayrıca başka maddelerde üretilmektedir. OTEC tesislerinde deniz ziraatı ile ilgili midye-istiridiye gibi deniz kabukluları, deniz algleri ve diğer besin/enerji bitkileri yetiştirilip toplanabilmektedir. Kimyasal madde olarak likit hidrojen, metanol, metan ve amonyak elde edilmektedir. Bu kimyevi maddeler daha sonra tesisin inşaat ve işletme masraflarının azaltılmasında kullanılmak üzere satılabilir.

Yapılan dizayn çalışmalarında, bir OTEC/aliminyum tesisi esaslı nazarı itibare alınmaktadır. 100 MW lık elektrik çıkışlı bir OTEC tesisinde yılda 70.000 metrik-ton aliminyum elde edebilecek enerji temin edilebilecektir. Böyle bir tesis için drene edilmiş «katot hol» hücresi ve aliminyum klorid redaksiyon yöntemleri, çok uygun ve maliyeti düşük özellikte bulunmuştur.

Elektriğin nakli :

Bu gün için bir OTEC tesisinden kıyıya elektrik naklinin en ekonomik ve alışılmış şekli, 30 km. den az mesafeler için a.c tipi deniz içi kablo ve 30 km. den büyük uzaklıklar içinde d.c tipi deniz altı kablolarıdır. Araştırmaları tamamlanmakta olan bir metod ise, kimyasal enerji taşıyıcı; hidrojen veya amonyak gibi yakıt aliminyum/hava; lityum/hava esaslı bir primerpil kullanarak bir elektrik köprüsü ile elektriği nakletmektedir.

Hidrojen veya amonyak kullanıldığı durumlarda, elektriğin yeniden üretilmesi, ya içten yanma veya bir yakıt adası kullanarak sağlanmaktadır.

Esas malzemesi lityum alan bir primer batarya ile lityum kıyıya ulaştırılır ve elektrik üreten bataryalarda kullanılır. Neticede ortaya çıkacak lityum-hidroksit tekrar OTEC tesisine gönderilerek yeniden lityuma dönüştürülür.

OTEC için; dizayn, yerleştirme, mühendislik ve fizibilite konuları üzerinde araştırmalar ilerlemektedir. Araştırmacılar ayrıca deniz içi çevre tesislerini gözlemekte ve tetkik etmektedirler. Nihayet OTEC, gelişmekte olan memleketler için olduğu kadar tüm dünya için de, Okyanus enerji kaynaklarının en çok yaşayabilecek olanlarından biri olarak mütalaa edilmektedir.

MİNİ OTEC

3 Ağustos 1979 tarihinde dünyanın ilk OTEC enerji tesisi işletmeye geçti. MİNİ OTEC adı verilen bu tesis Amerika Birleşik Devletlerinde, Hawaii adasının batı kıyısı açıklarına demirledi. Bu minik tesis «Lockheed Missiles and Space Company» California, USA firması tarafından projelendirilip inşa edildi. 50 kW güçlü tesisin 40 kW'ı sistemin kendisini işletmekte kullanıldı. 10 kW net güç ise, ölçüm ve kontrol aletlerini çalıştırmada kullanıldı.

Ebatları 3658 × 1067 cm. olan MİNİ OTEC teknesi 939 mt. derinlikte demirledi. Soğuk su borusu, özgül ağırlığı yüksek polietilenden 61 cm. çapta ve 661 mt. uzunlukta inşa edildi. Soğuk su borusu bölümü demirleme sisteminin bir parçası gibi dizayn edildi. Geri kalan 457 mt. uzunluktaki kısım 22 cm. çaplı ve naylon samson bantlı olarak uçta çıpa ile deniz dibine raptedildi.

Soğuk su girişi, deniz yüzünden aşağı doğru 610 ve 671 mt. derinlikler arasından alınmış ve 6°C ısısı olan bu su yukarı gönderilmiştir. Deniz yüzeyinde su sıcaklığı, gerekli T yi yaratacak şekilde 24 ve 26°C arasındadır. Gerek soğuk su, gerekse ılık su sistemleri, dakikada 10-12 m³ su pompalayacak kapasiteyi haizdir.

Bu mini tesis, kapalı devre amonyak sistemi ile çalıştırılmış ve 2 adet titanyum ısı değiştirici kullanılmıştır. Isı değiştiriciler Alfa-Laval Termal Inc, Massachusetts, USA; pompalar ise, Worthington Pump, Pennsylvania, USA tarafından yapılip monte edilmiştir.

Tecrübe çalışmalarından elde edilen neticeler, bu tip OTEC tesislerinin 200 MW'lık büyüklüğe kadar dizayn ve inşa edilebileceğini göstermiştir. (Şekil : 8 ve 9).

KULLANILAN DEYİMLER

Isı değiştirici	: Evaporatör kondenser
Buharlaştırıcı	: Evaporatör, kondenser
Hava yok edici	: Deaerator
Tuzu yok etme	: Desalination
Sıkıştırma	: Kondansasyon
Asansör devre sistemi	: Lift-cycle system.