

Çizgisel Mühendislik Yapılarında, Yerbilimlerinin önemi: Pozantı Otoyolu *Significance of Geology in Linear Engineering Structure Projects: Pozantı Motorway*

Levent AKDUMAN*, İlyas YILMAZIM²

¹MFA Doğu Akdeniz Böl Müd Vaw YYÜ, Muk ve Mim. Fak, 0532 3966269, 0312 4786416.

OZ

Jeolojik, çalışmalar yol gibi çizgisel mühendislik yapısı projelerinde ilk aşamayı ve temeli oluşturur. Burada sunulan, örnekte de olduğu gibi, iyi Türkiye otoyol projelerinde de bu çalışmalarda yalnızca şekilcilik anlayışı egemendir. Oysa bu tür büyük ölçekli yapıların yer seçiminde bu seçimde yerbilimleri ilk aşamayı oluşturur, içerisinde ve/veya üzerindeki, ortamın tanımı, yapının konumlandırılması ve bileşenlerinin seçimi, projenin, güvenilirliği için "olmazsa olmaz" anlamındadır.

Yerbilimleri çalışmaları, öncelikle; Jeolojik,, hidrojeolojik, mühendislik jeolojisi, ve jeoteknik modellerin hazırlanmasını içerir. Her aşamanın, güvenilirliği bir önceki aşamanın doğruluğuna bağlıdır. Sonraki aşamalardan, da geri - beslenme yaparak güvenilirliğini daha da arttırır..

ABSTRACT

Geology forms an essential basis and the first stage in linear engineering structure projects such as highway. As the case presented herein,, geology takes place to complete formality in Turkish motorway projects. However, in such large engineering structure projects route selection, and geology in this selection come first Identification of the medium, in and/or on which the motorway is located has vital importance to orient the alignment and to define the components of the motorway.

Geological model studies cover essentially of geology,, hydrogeology, engineering geology and geotechnics., Reliability of each model-depends, that of the former. Each phase-feeds back to increase the confidence level of former models.

GİRİŞ

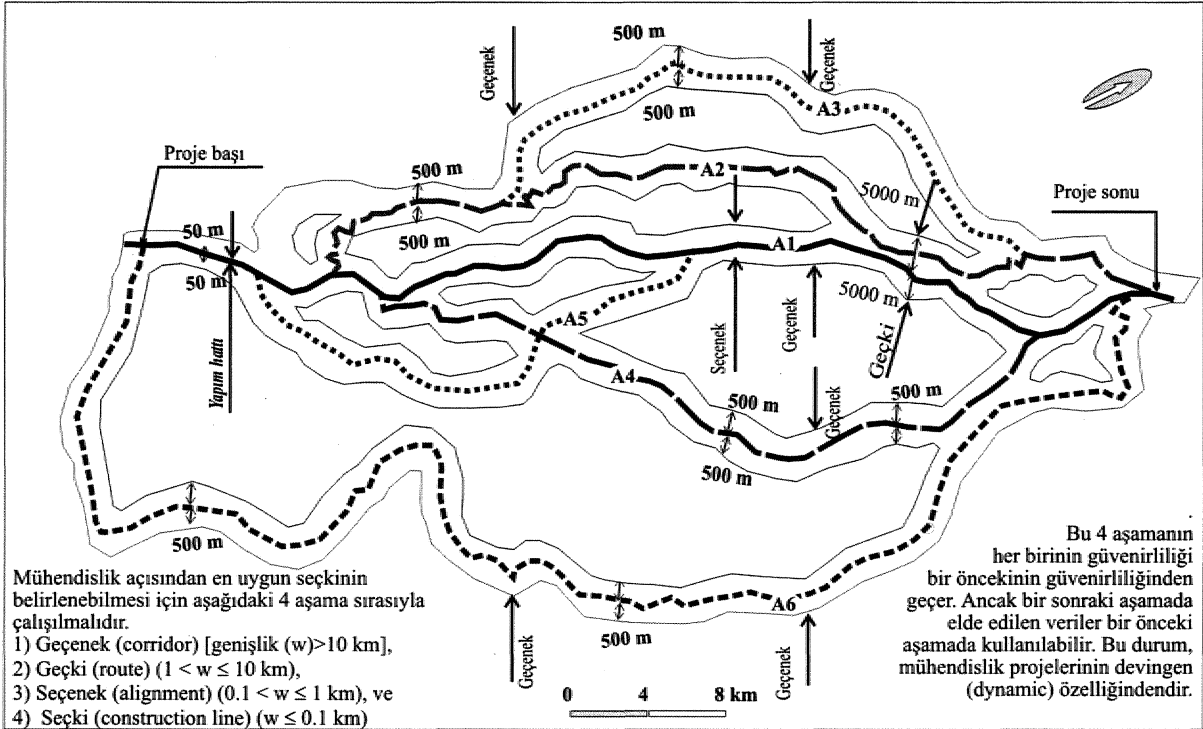
Yol ve benzeri çizgisel mühendislik yapı projelerinin yerinin ve bileşenlerinin seçiminde (a) Maliyet, (b) Emniyet,, (c) Zaman (yapım süresi ve faydalı ömrü) ve son fakat en önemli (d) Estetik - çevredir. Kısaca MEZE olarak gösterilen bu ölçütler projenin her aşamasında meslekler arası bir eşgü-

dümle değerlendirmeye sokulmalıdır (Yılmaz ve dig., 1999).

Şekil 1'de de vurgulandığı gibi bu aşamalar sırasıyla (1) geçenek (corridor), (2) geçki (route), (3) seçenek (alignment) ve (4) seçkidir (construction line). Her aşama bir sonraki aşamaya temel olurken bir önceki aşamayı geri besleyerek güvenilirliğini arttı-

nr (Yılmaz ve Yılmaz, 1997). Türkiye otoyollarının hiçbirisinde bu aşamalara ve bu aşamalarda "olmazsa olmaz" olan MEZE ölçütüne yer verilmemiştir (Yılmaz, 1990; 1992; 1995; Yılmaz ve diğ., 2001), Anka-

ra - Pozantı otoyolunun son kesimi olan Pozantı otoyolu örnek olarak burada verilmiştir (Şekil 2). Diğer otoyollarda da duranı farklı değildir (Yılmaz, 2004; Leventeli ve diğ., 1997; 2001).



Şekil 1. Çizgisel mühendislik projelerinde seçki (yapım hattı) belirleme aşamaları.

Fig.1. Construction line selection phases in linear engineering project

ileriki bölümlerde, bu örnek üzerinden yerbilimleri açısından yapılması gerekenlere değinilecektir. Ankara — İstanbul otoyolu, konu içerisinde ileri sürülenlerin daha iyi kavranabilmesi için tipik bir örnek olarak Şekil 3'te sunulmuştan Önerilen İpekyolu geçicisine karşın yapımına başlanan bu otoyol aşağıda kısaca değinilen özellikleri içermektedir (Yılmaz ve diğ., 2001).

1. 80 km daha uzundur.

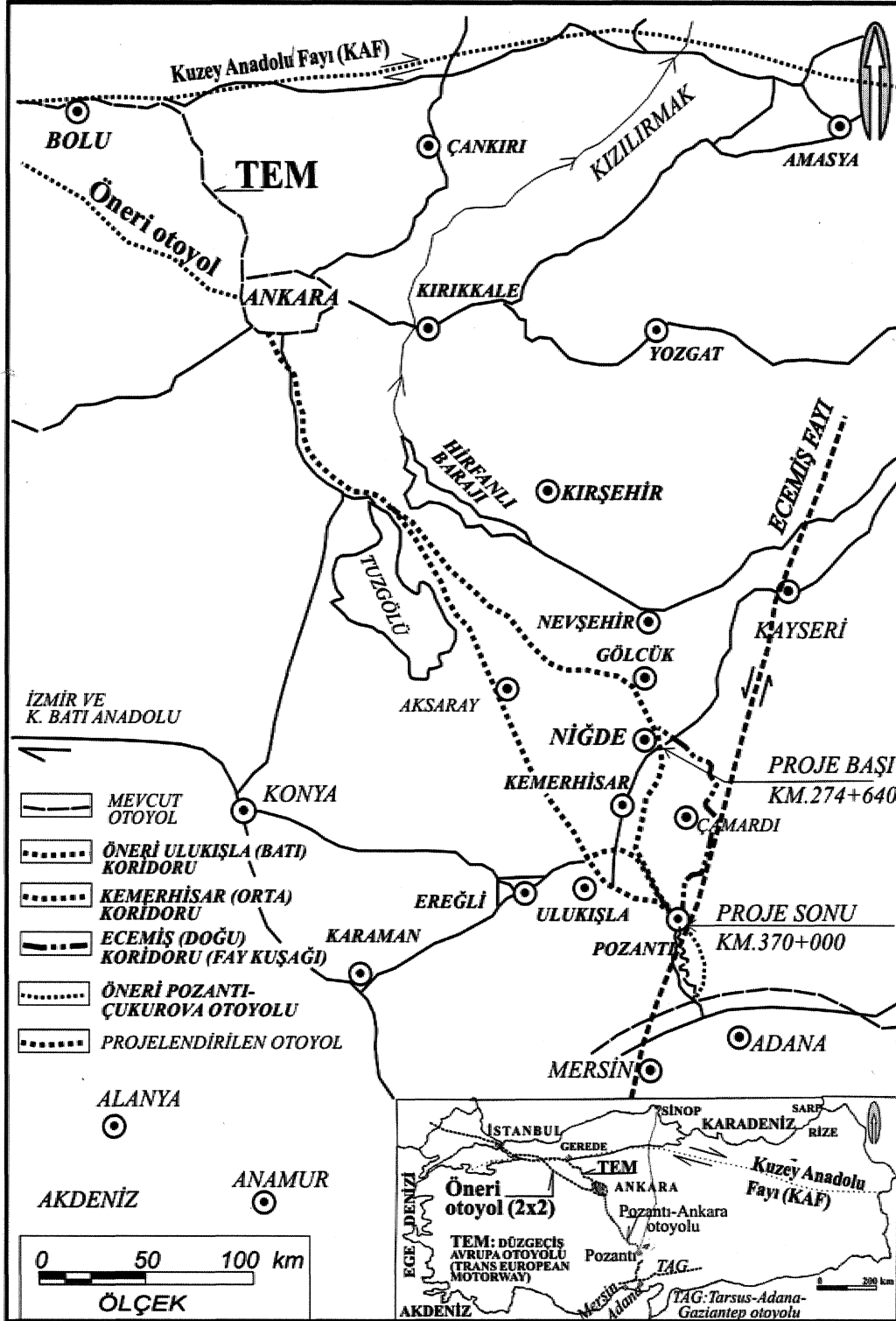
2, 4 içmesuyu barajının üzerinden geçirilerek kanser yapan olefin - parafin türevi kimyasalları içme suyuna bırakmaktadır.

3. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde 250 km. gitmektedir,

4. Ulusal servet değeri 222 milyar dolar olan ve KAF 'in 12 milyon sene de oluşturduğu alttan ısıtılmalı doğal sera olan birinci sınıf tarım ovalarının ortasından geçmektedir.

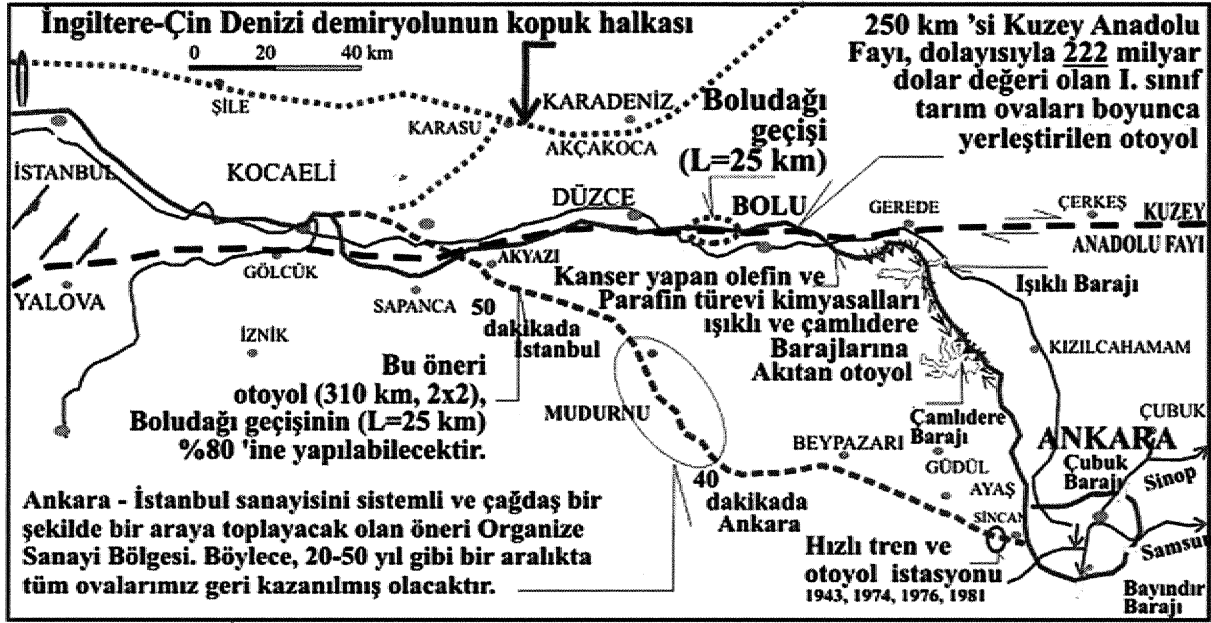
5. Fabrikalan ve yerleşimleri ovaya çekerek 30 yılda bir toplu ölümlere (yapay afetlere) yol açacaktır.

6., İşletmesi ulusal servet açısından .%200 daha pahalıdır,



Şekil 2. Çukurova - Ankara otoyolunun Pozanti'dan itibaren Toros dağı geçişi.

Fig.2. The Tauride Mountain crossing of the Çukurova - Ankara motorway



Şekil 3. Deprem ovaları ortasından ve içme suyu barajları üzerinden geçirilen otoyol.

Fig.3. Motorway, located through the earthquake plains and domestic supply dams.

YOL HATTININ SEÇİMİ

Yukarıda da değinildiği gibi, yapım hattının ve yol bileşenlerinin seçimi 4 temel aşamadan geçer. Her aşamada meslekler arası eşgüdümü gerektirir (Akduman, 2003). Ancak ortak ölçütler MEZE "dir (Maliyet,, Emniyet, Zaman ve Estetik - çevre). Yerbilimleri açısından değerlendirmeler özellikle Su, Süreksizlik ve Kil (SSK) üçlüsü üzerinden yapılır (Leventeli, 2002; Yılmaz ve Çongar, 1994; Yılmaz ve diğ., 1997b).

Geçenek (corridor)

Bu aşama geçki (route) belirleme aşamasıdır. Verilen iki nokta arasında uzunluğun enaz yarısı genişliğinde bir alanda yapılan çalışmaları içerir. Başka bir anlatımla A - B noktaları arasındaki doğrusal uzunluk 100 km ise, 50 km genişliğinde bir alanda yaklaşık 10 :km genişliğinde geçeneklerin belirlenmesine çalışılır. Bölgesel jeoloji çalışmasını gerektirir. 1/25000 ve daha küçük

ölçekli (örneğin 1/100000) haritalar üzerinde teknik gezi bulguları gösterilir. Hava fotoğrafları ve önceki çalışmalardan da yararlanır. Bu çalışmaların en. son aşamasında 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde öncelikle (1) etkin ve edilgen kayma sahalarının sınırları çizilir ve (2) ana süreksizlik, sistemleri Yılmaz ve diğ. (1999)'da verilen adlandırmaya göre sınıflandırılır (Yılmaz ve diğ., 2003). Belirlenen ana fay kuşaklarının dike yakın geçilmesine özen gösterilir (Akduman ve diğ., 2001b).

Geçki (route)

Geçenek aşamasında MEZE açısından daha seçilir bulunan geçki. içerisinde olası yol seçeneklerinin (alignment alternatives) belirlenmesi aşamasıdır. Genişliği 1 - 10 km. arasında değişir, Olası 'hatların 5 km sağ ve solu, haritalanır. Renkli hava fotoğraflarının yanısıra 1/25000 ve özellikle hassas geçişlerde daha büyük (örneğin,

1/10000) ölçekli haritalar kullanılır. Saha jeolojisi çalışmaları bu haritalar üzerine işlenir., SSK üçlünün dağılımı ve bu üçlüye ait belirgin özellikler haritalanır. Kayma sahaları, ana süreksizlikle - su konumları "eğim açısı/eğim yönü" olarak ilgili haritalarda gösterilir. Bu özellikleri modelleyen tip kesitler hazırlanır. Jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri niteliksel olarak verilir, Bu bağlamda Akduman (2003) 'te sunulan- Çizelgelerde verilen değerlendirmelerden yararlanılabilir. Aydınlatılması gereken ve "seçeneklerin değerlendirilmesinde katkı koyabilecek noktalarda jeofizik, araştırma çukura ve/veya sondaj çalışmalarına yer verilebilir. Bu aşamanın sonunda belirlenecek seçeneklerin (alignments) fay kuşaklarını dike yakın geçişi sağlanır (Akduman ve diğ., 2001b).

Seçenek (alignment)

Geçki aşamasında daha uygun bulunan seçenek içerisinde yapım hattının belirlenmesi aşamasıdır, Bu aşamanın çalışmaları; 1/5000 ve daha büyük (örneğin, 1/2000) ölçekli harita ve kesitler üzerinde yapılır, ön proje aşaması olarak da adlandırılabilir. Daha önceki aşamalarda gerçekleştirilen jeoloji, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi modellerine göre belirlenen noktalarda jeofizik, araştırma çukuru,, sondaj ve/veya yerinde deneyler ön araştırma programı olarak hazırlanır ve uygulanır. Bu program kesinlikle devingen olup, bir önceki noktada elde edilen verilere göre yeniden biçimlendirilebilir (Yılmaz ve diğ., 1997a). Bu çalışmalar genellikle yolun 500 m sağ ve solu içerisinde gerçekleştirilir., Araştırma sonuçlarına göre en uygun yapım hattı (construction line) belirlenir. Fay kuşakları-

nın etkinlik dereceleri belirlenir., Bu kuşakların dike yakın geçilmesi sağlanır. Ayrıca yol hattının kesinlikle tünel ve/veya köprüyü gerektirmeyecek şekilde konumlandırılmasına özen gösterilir.

Yapım Hattı (construction line)

Bu çalışma son aşama olup» yol bileşenlerinin belirlenmesi, boyutlandırılması ve kesin proje jeoteknik tasarımı içerir, Daha önceki aşamalarda fay kuşaklarının dike yakın geçilmesi sağlanmıştı. Bu aşamada da bu kuşakları hemzemin veya çok. yüzeysel yarma ve düşük yükseklikte ($H < 4m$) dolgularla geçilmesi sağlanacaktır. Köprü ve tünele kesinlikle yer verilmeyecektir. Köprüler yerini dolguya, tüneller ise yarmaya, bırakmalıdır. Bu temel ilkenin tersinin uygulandığına (dolguların köprüye, yarmaların ise tünele dönüştürüldüğüne) tipik örneklerden birisi Boludağı geçiştir (Yılmaz, 2004). Her köprü ayağında ve tünelin değişim sunan her kısmında sürekli örnekleme yöntemiyle sondajlı çalışmalar tamamlanır. Benzer şekilde sanat yapıları,, dolgu ve yarma sahalarında da jeoteknik araştırma programları uygulanır. Elde edilen saha ve laboratuvar verilerine dayalı olarak jeoteknik deşirtirgelerin (parameters) 3 boyutta (x - y - z) dağılımı harita ve kesitlerle modellenir. Bu modeller temel alınarak. Bowles (1996), Craig (1997), Hunt (1986) ile Tomlinson ve Boorman (1995)'de verilen ilke ve yaklaşımlar kullanılarak jeoteknik tasarımlar gerçekleştirilir. Kaya zeminlerde yarmalarda kinematik inceleme zorunludur (Yılmaz ve diğ., 1992; 1994),, Dolgularda ise $\sigma^* = c + \sigma_n \tan \phi$ denkliğini temel alan sayısal inceleme yapılarak duraylılık çalışmaları gerçekleştirilir.

POZANTI OTOYOLU

Ankara-Pozantı otoyolunun, son kesimidir (bkz Şekil 2). önceki bölümde sunulan aşamalar gözardı edilerek, otoyol Ecemiş fay kuşağının 45 km orta kesimine yerleştirilmiştir (bkz Şekil 2). Bu kuşak içerisinde gelişmiş büyük ölçekli ($V > 10^7 \text{ m}^3$) kaymaların içerisinde / üzerinden geçilmektedir (bkz Şekil 2). Oysa Yılmaz (1988), Yılmaz ve diğ. (1999; 2003) ile Yılmaz ve diğ. (1994) tarafından kurgulanıp geliştirilen eşyükselti yöntemiyle bu kaymalar 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde boyutlandırılabilir. Bunun için sahaya gitmeye de gerek yoktur. Bu anlamda Leventeli (2002) ve Akduman (2003) doktora tez çalışmalarında elde edilen, bulgular

karar vericilere çeşitli şekillerde sunulmuştur. Yaklaşık 5 yıl gibi uzun bir uğraştan sonra bu hattın ~ 30 km batıya kaydırılması başarılmıştır (Akduman ve diğ., 2001a; 1998, Leventeli ve diğ., 1998). Önerilen geçki mevcut devlet yolu boyunca ilerlemektedir. Ancak, Kırkgeçit vadisinde yapım çalışması başlatılmıştır (bkz Şekil 2). MEZE ölçütleri gözönünde tutularak bir değerlendirme yapıldığında Ulukışla seçeneği sadece maliyet açısından Kemerhisar seçeneğinden %200 ve Ecemiş seçeneğinden %2000 daha üstün, özellikler içermektedir, Kırkgeçit ve benzeri yüzey şekli, jeolojik ve jeoteknik özellikleri içeren geçişlerde seldâğnaklık yöntemi Çizgi! Me sunulan kazanından sağlayabilmektedir (Akduman ve diğ., 1998; 2001 a-c).

Çizgi! 1. Geleneksel ve seldâğnaklık yapım sistemlerinin karşılaştırılması,..

Table 1. Comparison of the *convensional* and *artificial dyke construction* method

Otoyol yapım seçenekleri	KIRKGEÇİT VADİSİNDEKİ OTOYOLUN ANA BİLEŞENLERİ					
	Köprü		Tünel		Sanat yapıları (altgeçit vb.)	Toprak işleri (yarma, dolgu vb.)
	Adet	Uzunluk, km	Adet	Uzunluk, km	Sayı	Hacim, m ³
Geleneksel yapım sistemleri	5	2.2	5	2.5	20	3.2X10 ⁶
Seldâğnaklık sistemi	1	0.4	0	0	8	4.2X10 ⁶
Otoyol yapım seçenekleri	Birim Maliyet		Emniyet	Zamanlama	Estetik - Çevre	
Geleneksel yapım sistemleri	Yapım maliyeti 15x10 ⁶		Kaya düşmeleri vb	t _{yapım} > 2 yıl t _{kullanım ömrü} < 25 yıl	-	
	İşletme maliyeti > 1					
Seldâğnaklık sistemi	Yapım maliyeti 4.5x10 ⁶		Güvenlidir	t _{yapım} < 2 yıl t _{kullanım ömrü} > 25 yıl	Tarım alanı, yeşil alanlar ve temiz yeraltısuyu olanağı sağlar.	
	İşletme maliyeti < 1					

TARTIŞMA. VE ÖNERİLER

Yol ve benzeri çizgisel mühendislik yapılarının yerinin ve bileşenlerinin seçiminde yerbilimleri çalışmaları temel verileri sağlamaktadır. Bu çalışmaların belkemiğini oluşturan jeoloji, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi ve jeoteknik modelleri sırasıyla üretilir ve her aşamanın bulguları diğer aşamaların güvenliliğinin artırılmasında kullanılır, IVtode! çalışmaları içerisinde su - süreksizlik - kil (SSK.) üçlüsünün dağılımı ve özellikleri harita, kesit ve şekillerle boyutlandırılmalıdır.

İki nokta arasında en kısa,, yüksek geometrik standartlı, düşük maliyetli ve çevre dostu, projenin ortaya çıkarılması için aşağıda sunulan 4 aşama kaçınılmazdır. Bunlar; geçenek,, geçki, seçenek ve seçki aşamalarıdır. Her aşamada çalışma alanı daraltılarak ayrıntılı model çalışmasına doğru geçiş yapılır. Konu içerisinde de vurgulandığı gibi yapılan çalışma sonuçları maliyet, emniyet, zaman ve estetik — çevre ölçütleri açısından karşılaştırılmalıdır., Bu temel yaklaşım, ve ilkelere uyulmadığında öngörülen maliyetler %1000 Men daha fazla .artmaktadır.

Değinilen Belgeler

Akduman, L., 2003. Otoyol bileşenlerinin seçiminde seldafıklık sisteminin, önemi: Pozantı - E5 Ereğli kavşağı otoyolu., Doktora tezi ÇÜ- FBE, 145', Adana.,

Akduman, L., Yilmazer, L, and Leventeli, Y,,, 1998. A wide enough construction platform and new aquifer created by artificial dykes in a barren and highly dissected valley. Proceedings of the International Symposium on Geology and

Environment. Organized by Chamber of geological Engineers "of Turkey on the occasion of anniversary of the 50th . Geological Congress of Turkey,, pp. 137-142.

Akduman L,,, Yilmazer, L, Leventeli Y,,, & Ö.,Yilmazer, 2001a. Cost comparison of two extreme engineering approaches in a motorway project: Taurid Mountain crossing of Çukurova Motorway. Proceedings of the Fourth International Turkish Geology Symposium., September 24-28 '01 Adana/Tukey, p. 143.,

Akduman L., Yilmazer, i, Yilmazer, Ö., & Leventeli Y., 2001b, Basic criteria to assess pipeline alignment alternatives: BTC (Bakü-Tbilisi-Ceyhan) pipeline. Proceedings of the Fourth International Turkish Geology Symposium, September 24-28 '01 Adana/Turkey,p. 136.

Akduman,, L., Yilmazer, t., Yilmazer., Ö., Leventeli,, Y., Şimşek,V., & Ertunç A., 2001c. Artificial dike method to create a construction platform and a new aquifer. The 4th International Symposium on Eastern Mediterranean Region. Geology, May 21 -25 '01, Isparta/Turkey, p. 67.

Bowles J.E., 1996. Foundation analysis and design. Fifth, edition., The McGraw-Hill Co., 1175 p.

Craig, R.F., 1997. Soil mechanics. Sixth edition., E and FN SPON, Chapman and Hall, London, 485 p.

Hunt, R.E., 1986. Geotechnical engineering analysis and foundation,, McGraw-Hill Company 729 p.

Leventeli,, Y., 2002,, Mühendislik. Projelerinde Jeoloji ve Jeotekniğin Önemi: Ecemiş Fay Kuşağı,, Adana - Niğde. Doktora, tezi, ÇÜ. FBE,, 145, Adana.

- Leventeli, Y. Akduman, L. ve Yilmazer, L., 1997. Aladağların eteklerindeki karstik seviyeleri iizerleyen killi birimlerde gelişen kaymalar. 50*nci Türkiye Jeoloji Kurultayı - 1997 Etkinlikleri: Yeraltısulan Sempozyumu Kitabı,
- Leventeli, Y., Yilmazer, I., and .Akduman, L., 1998. Recognition of distinct morphologies and its significance on site selection, study. Proceedings of the International Symposium on Geology and Environment., Organized, by Chamber of geological Engineers of Turkey on the occasion of anniversary oft he 50th Geological. Congress of Turkey, pp. 167-173.
- Leventeli, Y., Yilmazer, t., Yilmazer, O., .Akduman, L., Şimşek,V., & Ertunç A., 2001. Motorway and dam projects within a fertile valley created by a. fault, The 4th International Symposium on Eastern Mediterranean Region Geology, May 2 1 - 25 '01, Isparta/Turkey, p. 71.
- Tomlinson, M.J. and Boorman, R., 1995. Foundation design, and construction. Sixth edition,, Addison Wesley Longman. Ltd., 536 p.
- Yilmazer, I., 1988. Geotechnical evaluation of Ankara - Gerede and. Ankara, peripheral motorway. (Unpublish report). Archives of the Motorway Division of KGM, Ankara.
- Yilmazer, I., 1990... Güzergah seçimi ve bu seçimde jeolojinin önemi. Jeoloji Mühendisliği, 36, 37-45.
- Yilmazer, L., 1992., Türkiye Otoyol Projesinde jeoloji mühendisliğinin yeri ve diğer mesleklerle olan ilişkisi. Jeoloji Mühendisliği, 40, 46-49.
- Yilmazer, t., 1995. Significance of discontinuity survey in. motorway alignment selection. Engineering Geology, 40, pp. 41-48,
- Yilmazer, t., 2004. Ulaşım soranlarına kalıcı, çözüm., Kaynak Yayınlan., 88 sayfa, Ankara.
- Yilmazer, L, Ertunç, A.. ve Kaya, Ş., 1992. Yarma yamaç tasarımı ve kinematik inceleme. 3. Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 21.-23 Mayıs 1992, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi ve Çukurova Univ. Mflh.-Mim. Fak., Adana. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni,, 14,, 42-60.,
- Yilmazer, L, Kale, S., and Doyuran, V., 1994. Significantly large and typical landslides. Proceedings of the 7th congress of 'the International Association of Engineering Geology Organizing Committee, 1377-1382, 5-9 September 1994, Lisbon-Portugal,
- Yilmazer, İ, and Çongar, B., 1994., Significance of discontinuity survey and. physiographical study in engineering works., Proceedings of the 7th congress of the International Association of Engineering Geology Organizing Committee, 1105-1111, 5-9 September 1994, Lisbon-Portugal,
- Yilmazer, L, Selçuk, Ş., and Turner, H., 1994. Cut slope recommendation. Proceedings of the 7th congress of the International Association of Engineering Geology Organizing Committee, 3909-3919, 5-9 September 1994, Lisbon-Portugal.
- Yilmazer, İ., Leventeli, Y., ve Akduman, L., 1997a., Otoyol geçkisi belirlenirken. Müh. Jeol. Türk Milli Komitesi Bülteni, 21, 67-71.

- Yilmazer, I.** and **Yilmazer, O.**, 1997. Interrelation between **hydrogeological** and geological models: case studies., Proceedings of the **International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries**, organized by Near East. University» Nicosia, North Cyprus, November 17-21, pp. 613-621.,
- Yilmazer, L**, **Yilmazer, O.**, and **Doğan, U-**, 1997b... Significance of water-discontinuity-clay (**WDC**). Proceedings of the **International Symposium on Engineering Geology and the Environment**, sponsored by International Assoc. of Engineering **Geology**, Athens-Greece., June 23-27 '97, pp. 457-462,
- Yilmazer, L, Yilmazer, Ö., **Özkök, D.**, ve **Gökçekuş, H.**, 1999. **Jeoteknik** tasarıma Giriş, **Yilmazer Eğitim ve Mühendislik Ltd.**, 210 sayfa.
- Yilmazer, I., Yilmazer, ö., Bulut, C, ve Karaman, S., **2001**. Ankara - İstanbul arası ulaşım sorunları ve çözüm önerileri (Transportation problems and solutions between Ankara and **istanbul**). **Türkiye III Enerji Sempozyumu** Kitabı, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 5-7 Aralık '01, s, 119-127.,
- Yilmazer, L**, **Yilmazer, Ö.**, and **Saraç, C**, 2003... Case history of controlling a major landslide at **Karandu**, Turkey. **Engineering Geology** 70,47-53,

Beşparmak Dağları (KITÇC) Karst Akiferlerinin Hidrojeolojisi

Hydrogeology of The Beşparmak (Pentadactiios) Mountains (Trnc) Karstic Aquifers

Barbaros ERDURAN, Osman GÖKMENOĞLU, Erkan KESKİN

MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi, Ankara

ÖZ

Beşparmak Dağları Kıbrıs adasının kuzey kesiminde yer alır Ye denize paralel olarak 160 km uzunluğunda 10 km genişliğinde bir şerit halinde uzanır. Bu çalışmada Beşparmak dağlarının yüksek kesimlerinde bulunan. **Mesozoyik** yaşlı karbonat, **kayaçların karstlaşma durumu**, içerdiği **potansiyel** su miktarı ve hidrodinamik yapısı birlikte araştırılmıştır.

İnceleme alanında karstlaşmaya uygun birimleri Mesozoyik yaşlı karbonat, kayaçları **dolomit**, dolomitik kireçtaşı ve rekristalize **kireçtaştır**. **Karbonat** kayaçların yüzey alanı 84 km² dir., Karst akiferlerinin tanımlanması amacıyla su noktalarında kimyasal ve izotop analizi için su örnekleri toplanmış kuyularda su seviyesi, değişimi gözlemleri yapılmış ve araştırma **kuyuları** açılmıştır,

Yapılan **jeoloji**, hidrojeoloji!, sondaj ve jeofizik çalışmaları sonucunda **Beşparmak Dağları** karst akiferlerinin birbirinden **bağımsız** karstik sistemlerden oluştuğu ve **bu**ların toplam dinamik yer **altı** suyu rezervinin **9x10⁶** m³/yıl dolayında olabileceği saptanmıştır.

Anahtar Sözcük: Yer altı suyu potansiyeli Beşparmak Dağları, Karst

ABSTRACT

The Beşparmak Mountains are located on the Northern part of North Cyprus and lay parallel to the sea, 160 km. in length 10 km in width. Karstification, potential constituent and the hydro-dynamic structure of the Mesozoic aged carbonate rocks, located at high altitudes of the Beşparmak Mountains have been investigated in this study. The Mesozoic aged carbonate rock; dolomite, dolomite limestone and reerystallized limestone are the units suitable for karstification in the exploration area. Surface area of the carbonate rocks is 84 hn²., Chemical and isotopic samples have been collected, groundwater fluctuations have been observed and investigation wells have been opened for the definition of the karst aquifers., As the result of the geological hydrogeological, drilling and geophysical investigations it was found that the Beşparmak Mountains Karst Aquifers mas formed of independent karstic systems and a total dynamic groundwater potential of approximately 9 x 10 m /year for these systems has been determined,

*_

GİRİŞ

Karstik akiferlerin - doğal suların etkisiyle eriyebilen karbonatlı kayalar (kireçtaşı ve dolomitler) ve siflatlı kayalar (anhidrit ve jipsler) — akifer olma özellikleri (depolama, iletme, verme) diğer ortam akiferlerinden farklı özellikler göstermektedir. Ortamın heterojen ve anizotrop karakter göstermesi, bu ortamda oluşan çatlak ve erime boşluklarının boyutları, bulunuş, sıralanış ve diğer özellikleri dolayısıyla, yeraltı suyu akım tipinin farklılıklarına neden olmaktadır. Beşparmak dağlarının yüksek kesimlerini oluşturan Mesozoyik yaşlı karbonat kayalarının hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

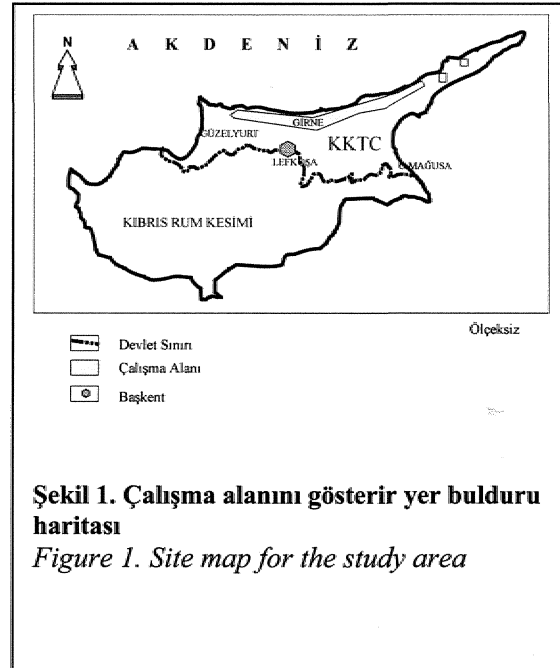
Amaç ve Kapsam

Beşparmak dağlarının yaklaşık 84 km² ilk bölümünü oluşturan Mesozoyik yaşlı karbonat kayalarının;

- Yaydım ve geometrisinin,
- Bünyesinde depolanabilecek suyun hareket biçimi ile yer ve zaman içerisindeki değişiminin,
- Yatay ve düşey yönde ilişkili formasyonlarla arasındaki yeraltı suyu durumunun,
- Karst yapı ve şekillerinin boyutları ile bunların akiferi ne şekilde etkilediğinin,
- Yağışlar ve yüzey suları ile karstik akifere giren akiferde depolanan, akiferden boşalan su miktarlarının belirlenerek karst akiferindeki potansiyel su miktarının saptanması, dolayısıyla HİDRODİNAMİK YAPF'nın ortaya konulması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır,

İncelenle Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı, Kuzey Kıbrıs- Türk Cumhuriyeti sınırları içerisinde yer alan Beşparmak dağları ve yakın dolayını kapsar. Adanın kuzey kesiminde, denize paralel olarak yaklaşık 160 km uzunluğunda 10 km genişliğinde bir şerit halinde uzanan Beşparmak dağları oldukça sarp topografyasıyla çalışmaların güçlükle yürütülmesine neden olmuştur. Çalışmalar Mesozoyik karbonat kayaların oldukça iyi yüzeylendiği, batıda Karşıyaka - Kozan hattından,, doğuda Yedikonuk bölgesine kadar kalan alan içerisinde ağırlıklı olarak yürütülmüştür. Bilindiği üzere bu bölge eski araştırmacılar tarafından da üç alt bölgeye ayrılmaktadır,



Batı Blok Karşıyaka - Kozan hattından Girne boğazına kadar olan bölge, Orta Blok Gime boğazından Alevkaya'ya kadar olan bölge, Doğu Blok ise Tirmen Gedüğinden Alevkaya'ya kadar olan bölgedir, inceleme

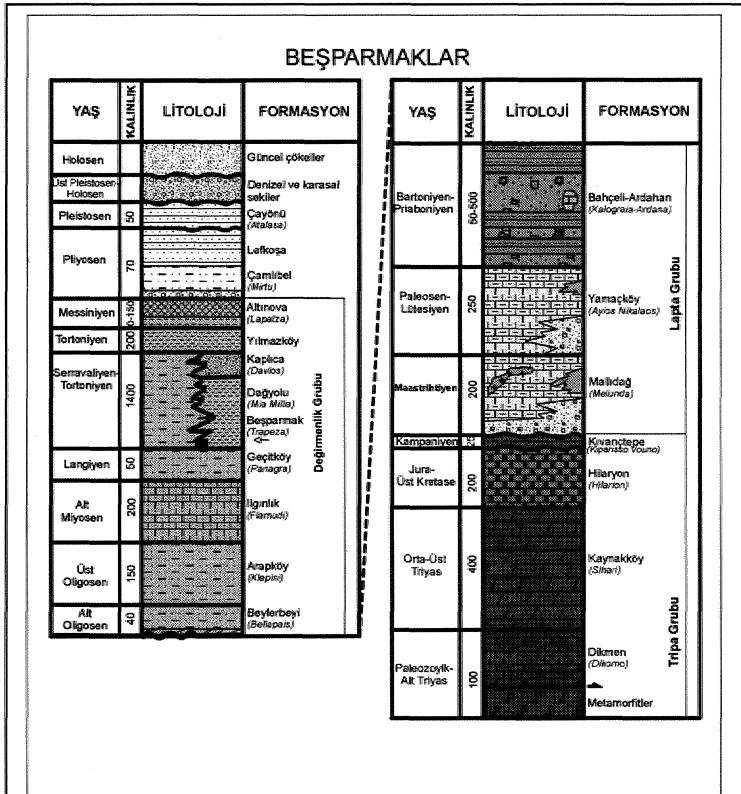
alanında bulunan önemli yükseltiler; batıdan doğuya doğru-Kıvanç Tepe (941 m% Selvili Tepe (1023 m) (KKTC'nin en yüksek noktasıdır), Komando Tepe (935 m), Bufavento Tepe (955 m), Yayla Tepe (927 m), Sinan Tepe (724 m) Kantara Kalesi Tepe (631 m)*dir, Beşparmak dağlarında doğu-batı yönünde bulunan bu yükseltiler aynı zamanda ana su bölflm çizgisini oluşturur ve topografik olarak bölgeyi iki hidrolojik zona ayırır,

Akdeniz iklim tipinin hüküm sürdüğü inceleme alanında kışlar¹ ılık ve yağışlı, yazlar ise sıcak, ve kurak geçer. Kuzey sahil ve Beşparmaklarda bulunan 15 adet Meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama yağış

400 mm dolayındadır. Ortalama sıcaklık ise 18.6°C değeri ile (KKTC geneli) oldukça yüksektir. Beşparmak Dağlarında çam ormanları ile çalılıklar hakim bitki örtüsü konumundadır.

JEOLOJİ

Beşparmak, dağlan bölgesi üç ana kaya grubundan oluşur. Bunlar; Paleozoyik-Üst Kretase yaşlı Tripa grubu, Maastrichtiyen-Geç Eosen yaşlı Lapta Grubu. Alt Oligosen-Messiniyen yaşlı Değirmenlik grubudur. Pliyo-kuvaterner istif ise bu çalışma kapsamı dışında yer almaktadır. Gerek önceki çalışmalar gerekse MTA çalışmalarından elde edilen verilerle bu birimler aşağıda sırayla incelenecektir. Beşparmak dağlarına ilişkin genelleştirilmiş dikme kesit Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Beşparmak Dağlarına İlişkin Stratigrafik Kesit
Figure 2. Stratigraphy section of the Beşparmak Mountains

Tripa Grube

Tripa grubuna ait birimlerin yaşı olası Paleozoyik'ten Üst Kretase'ye kadar¹ uzanır. Grubun en yaşlıları olan yeşil şist derecesinde metamorfizmaya uğramış metamorfiter kuvarsit, metaçört, metaşist, kloritşist, fillit, metatff ve metabazitlerden oluşur.

Diğer birimlerle tektonik dokanaklıdır. Bunun üzerinde yer alan Dikmen (Dikomo) formasyonu altta dolomitik ve biyoklastik çamurtaşı,, ortada laminalı kireçtaşı ve şeyller üstte ise şeker dokulu dolomitlerden oluşur. Dikmen Formasyonu ile faylı (takanaklara sahip olan

Kaynakköy (Sihari) formasyonu dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ve kristalen dolomitlerden oluşur. Kaynakköy formasyonunu, uyumlu olarak tizerleyen Hilajyon (Hilarion) formasyonu çoğunlukla hreşleşmiş rekristalize kireçtaşı ve dolomitler ile mermerlerden oluşmaktadır. Hilaryon formasyonunun alt kesiminden Jura yaşı alınmıştır (Baroz 1979). Tripa grubu sedimanter istifinin kalınlığı yaklaşık 750 m kadardır.

Lapta Grubu

Tripa grubunu uyumsuz olarak üzerleyen Lapta (Lapithos) grubu Maastrichtiyen - Geç Eosen zaman aralığında çökelmiştir. En altta oligomikritik kireçtaşı breşleriyle başlayarak bazalt, dolerit, ve trakit lavı ara düzeyli pelajik kireçtaşlarına geçen ve en tistte ince kalsitürbidit ara katmanları içeren pelajik karbonatlardan oluşan Mallıdağ (Melunda) formasyonu yer alır. Lapta grubu karbonat istifinin kalınlığı en çok 700 m dolayındadır. Lapta grubunun son üyesi Öрта-Üst Eosen yaşlı Bahçeli-Ardahan (Kalograia-Ardana) formasyonudur (Robertson ve Woodcock, 1986).

• Değirmenlik Grubu

Değirmenlik (Kitrea) grubu istifi Beşparmak Dağları'nın büyük bölümünde Lapta grubu kayalarını uyumsuz olarak üzerler. Kötü katmanlanmalı ve tane destekli konglomeralar Beylerbeyi (Bellapais) formasyonu grubun en alt düzeyini oluşturur. Değirmenlik grubu, bir bölümü bölgesel olarak sınırlanan ve uyumlu dokanak ilişkileri gösteren çok sayıda formasyona ayrılmıştır (Baroz, 1979),, Değirmenlik grubunun maksimum kalınlığı, .kuzey kesiminde. 1000 m,

güney kesiminde de 2200 m olarak verilmektedir (Baroz, 1979, Robertson ve Woodcock 1986). Bu istif, doğu kesimdeki Geçitkale dolaylarındaki bir derin, sondajda 2200 metrelik bir tektonik kalınlık gösterir.

Pliyo-Kuvaterner İstif

Sığ denizel ve karasal çökel karakterli Pliyosen-Kuvaterner istifinde değişik, araştırmacıların farklı düzey ve yanal ilişkilere sahip gördükleri çok sayıda formasyon ayrılmıştır., Pleistosen, istifi kuzeybatıda ve kuzeydoğuda 20 m kalınlıktaki sığ deniz ve kumul ortamı .kökenli kalkarenitlerden (Atalasa formasyonu) oluşur. Kuzeydoğuda Beşparmakların hemen güneyinde yine yelpaze deltası konglomeraları kalkarenitlerle yanal geçişlidir. Beşparmak dağlarının çevresinde. Geç Kuvaterner yaşlı karasal ve denizel kökenli altı seviye saptanmıştır (Ducloz 1968, Dreghorn 1978, Baroz 1979).

Tektonik Çatı. ve Paleocoğrafik

Evrime

Geç Triyas'ta başlayan riftleşme ile Afrika'dan ayrılan Anadolu Mikrokitası ile Afrika arasında açılmaya başlayan okyanusun kabuğuna ait kayalar bugün Trodos dağlarında yüzlek verir. Ökyanuslaşma olasılıkla Kretase boyunca gerçekleşmiştir., Geç Kretase'de (Santoniyen?) Kuzey yönünde başlayan dalmanın ardından, Kampaniyen de Beşparmak dağlarının bugünkü güney sınırında, olasılıkla Troodos mikro levhasının saat yönünün tersine 90°'lik rotasyonu sonucunda aktif bir sağ yanal doğrultu atımlı fay zonu oluşmuştur. Bu fay boyunca olan hareket,, Erken Tersiyer'den itibaren de

Mesozoyik yaşlı platform karbonatlarının makaslanarak tektonik breşleşmesine, derinde metamorfik kayalann oluşumuna ve bunların yukarı doğru düşeye yakın eğimli fay zonlan boyunca dilimlenerek çıkarılmasına neden olmuştur. Mamonia kompleksi içinde yer alan benzer Mr fay zonu da rotasyona uğrayan Trodos mikrolevhasının güney^ sınınnı meydana getirir. Rotasyon sırasında kuzeydeki Mesozoyik pasif kenarı okyanus kabuğu üzerine itilmiştir (Robertson ve Woodcock, 1986).

Toros kuşağındaki çarpışmalar, geç Eosen'den (Bartoniye) itibaren Beşparmak dağlarının K-G doğmltusunda sıkışmasına neden olmuştur.. Bunun sonucunda güneye itilmeler ve belki de yerel metamorfizma gerçekleşmiştir. Bu dönemin istifleri, burada filiş, ofiyolit parçaları da içeren olistostrom ve yelpaze deltası çökelleridir, Trodos ofiyoliti'nin kuzey kenarında ise pelajik çökelim, sihmfiştür. Afrika ve Avrasya'nın sûre giden yakınlaşmasını Kıbrıs adasının güneyindeki dalma karşılamış ve Beşparmaklar bölgesi Oligosen ve Miyosen sırasında bir yay önu havza konumunda kalmıştır. Bölge hızla çökmüş ve kuzeydoğuda, Adana-Kahramanmaraş-Hatay arasında yer alan dev bir denizaltı yelpazesi, kompleksin güneybatı parçasını oluşturarak kalın bir filiş istifi ile örtülmüştür. Ancak Trodos'un kuzey .kenan bu alanın giderek yükselmesi ile sığ bir platforma dönüşmüştür. Tektonik hareketler ve dolgulanmayla başlayıp Messiniyen'de iklimsel nedenlerle izole su alanlarının oluşumuna neden olacak boyut-

lara varan sığlaşma sonucunda Trodos çevresi ve Beşparmaklar güneyinde evaporitler çökelmiştir.

K-G oblik sıkışmanın Miyosen sonunda etkinleşmesiyle Beşparmaklar güneyinde büyük ölçek bindirmeler ile kıvrımlar ve kuzeyinde de ters itkillemeler meydana gelmiş,, ancak Trodos'un, kuzey kesimi yalnızca çökmeye başlamıştır. Pliyosen- Pleistosen çökeli mi bu tektonizmaya belirlenen havzalarda, güneyde daha kalın olmak üzere gerçekleşmiştir.

Hızlı ve aralıklı yükselim Kuvaterner boyunca sürmüş ve çok sayıda denizel ve karasal sekinin meydana gelmesine neden olmuştur.

HİDROLOJİ

' Akarsular

İnceleme alanında **sürekli** akıma sahip' akarsu bulunmamaktadır. Bunun ana nedeni, bölgenin, **hüküm** süren, 'kurak iklim **koşulları** nedeniyle oldukça az yağış almasıdır. Buna bağlı olarak, sürekli akım oluşturabilecek durumdaki kaynakların, büyük bir çoğunluğu **kurumuştur**. Beşparmak, dağlarının, kuzey ve güney **yamaçlarının** yüksek eğime sahip olması nedeniyle yüzeysel akış ani olarak gerçekleşmektedir.

Kaynaklar

Beşparmgk Dağlarının en önemli kaynaklan Değirmenlik, ve Laptadır. Değirmenlik kaynağı 155 l/s, Lapta kaynağı 56.9 l/s dolayında bir debiye sahipken (1930-1954 yılı ölçümleri), bugün her iki kaynaktaki kurumuş durumdadır. Alsancak kaynağının

debisi de oldukça düşmüştür (0.8 l/s, Temmuz, 1998 ölçümü), Beşparmak dağlarında güncel karst kaynaklarının görüldüğü en iyi yer Boğaz ile Karşıyaka-Kozan hattı arasında kalan alandır., Kozan alt ve Kozan üst kaynağı, İlgaz, kaynağı, Karşıyaka Pigadulla ve Cileyez kaynakları bunların en önemlileridir. Bununla birlikte debileri 0.1-0.5 l/s arasında değişen çok sayıda mevsimsel kaynak arazi çalışmaları sırasında gözlenmiştir. Bu kaynaklarla ilgili ölçümler KKTC SİD tarafından periyodik olarak gerçekleştirilmektedir. Kaynaklanıl toplam verimi yaklaşık $0.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ ıdır. Kaynakların çoğunluğu faylı dokanak kaynağıdır.,

Kuyular

Beşparmak dağlarının, kuzey ve güney yamaçlarında açılmış çok sayıda kuyu bulunmaktadır. Bunlar yerleşim yerlerinin büyük bir bölümünün içme ve kullanma suyu gereksinimini karşılamaktadır.

Çalışmalar kapsamında Beşparmak dağlarında karst akiferini tanımlamaya yönelik olarak topografik, jeolojik ve hidrojeolojik koşullar dikkate alınarak toplam 5711,8 m derinliğinde 22 adet araştırma kuyusu açılmıştır. Bu araştırma kuyuları ile akifer seviyeleri, akiferin litolojik özellikleri, akiferin altında ve üstünde yer alan litolojik birimler, tektonik hatların hidrojeolojik özellikleri gibi önemli bilgiler elde edilmiştir. Açılan kuyular daha sonra yapılacak olan gözlem ve test çalışmaları için uygun çapta kapalı ve filtreli borularla teçhiz edilmiştir.,

Karst Yeraltı. Su Seviyesindeki Değişimler

Yeraltı su seviyesindeki değişimler doğal olarak meteorolojik, hidrolojik ve jeolojik faktörlerin etkisi ile olur. Bunların en önemlisi bilindiği üzere yağıştır. Öte yandan yeraltı suyu seviye' değişimine - özellikle su seviyesinin sürekli, düşmesine- etki eden yapay faktörlerin başında pompaj (su çekimi) gelmektedir. İnceleme alanında bulunan kuyuların bir kısmında periyodik seviye ölçümleri gerçekleştirilmiş,, bunlardan yıllık yeraltı su seviye değişimleri hesaplanmıştır, Kuyuların yoğun olarak bulunduğu ve aşırı pompajın yapıldığı Değirmenlik bölgesinde 1996 yılı ile 1998 yılı seviye ölçümlerine bakıldığında ortalama yılda 2 m lik bir seviye düşmesi gözlenecektir., Benzer şekilde aynı olay diğer bölgelerde (Çatalköy, Dikmen, Tirmen, Lapta) gerçekleşmektedir. Yedikonuk, Tathısu, Kantara dolayında karst akiferinin beslenme alanının fazla olmamasına da bağlı olarak- dolayısıyla karst akiferinio. negatif sınır koşulu oluşturacak litolojik birimlerle çevrili olması nedeniyle - su seviyelerinde ani düşümler gerçekleşmiştir.

Yağış

Sistemin ana girdisi ve yeraltı suyunun esas kaynağı olan yağış, inceleme alanını karakterize eden 15 adet YGÎ da ölçülmüştür. Bu 15 adet YGÎ'deki değerler kullanılarak yapılan hesaplamalarda yıllık ortalama yağışın (1996 Haziran-1998 Haziran) 400 mm dolayında olduğu görülmektedir. (Çizelge 1)

Çizelge 1. KKTC yağışların uzun. yıllara göre ortalaması (KKTC Aylık Meteoroloji Bülteni)

Table 1.. Average precipitation of TRNC for long term annual per ion (TRNC Meteorological Bulletin)

	AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
YAĞIŞ (mm)	103.6	38.7	47.3	19.3	14.7	3	0.1	0.6	5.8	31.4	44.5	100.3

Su Bilançosu Hesaplamaları

İnceleme alanına giren çıkan ve depolanan su miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan arazi ve büro çalışmalarından elde edilen verilere dayanılarak su bilançosu hesaplamaları yapılmıştır.

Bu hesaplamalarda maddenin korunumu ve süreklilik yasalarına dayanan temel ilişkiler kullanılmıştır. Bütçe hesaplamalarında hidrolojik sisteme giren (alansal ortalama yıllık yağış) bileşenlerinin, sistemden çıkan (buharlaşma ve akım) bileşenlere dönüştürülmesi üzerinde durulmuştur.

İnceleme alanında potansiyel, olarak bünyesinde su bulundurabilecek formasyonlar; Beşparmak dağlarının 'yüksek kesimlerinde yer alan Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı,, dolomit, dolomitik breş litolojisiyle kışmaya uygun birimlerdir. Bununla birlikte topografyanın yüksek eğimli olması pratik olarak, yüzeysel, akıstan süzülme azaltmaktadır. Bunun yanında karstlaşma sonucu oluşan kapalı havzalardan beslenme daha etkin olmaktadır.

Bilanço hesaplamalarında Karşıyaka-Kozan hattından-tümen gediğine kadar olan alan ile Tinnen Gediğinden Yedikonuk böl-

gesine kadar olan alan kayıp yüzdesi, hidrojeolojik birimler, bitki örtüsü ve karst topografyası dikkate alınarak incelenmiştir.

Sistemin temel girdilerinden biri olan alansal yıllık ortalama yağış 400 mm dolayındadır. Yağış ve sıcaklığın fonksiyonu olarak Turg yöntemiyle hesaplanan gerçek buharlaşma değeri 393 mm'dir.

Beşparmak Dağlarının kuzey ve güney yamaçlarından çıkan kaynakların maksimum dinamik rezervinin 8.6×10^6 m³/yd, minimum dinamik rezervinin 3.8×10^6 m³/yıl olduğu bilinmektedir (DSİ, 1977). Dolayısıyla arazi parametreleri göz önüne alınarak yapılan bilanço hesaplamalarında Beşparmaklarda yıllık beslenimin 9×10^6 m³/yıl olduğu sonucu dinamik rezerv hesapları ile de doğrulanmaktadır. Bununla birlikte, statik rezerv için söz konusu olan su miktarının hesaplanmasında yeraltı geometrisinin çok iyi bilinmesi gerektiği düşünülmesiyle bu hesaplamalardan uzak durulmuştur. Aynı zamanda su seviyelerinin yıldan yıla düşmesi, beslenmeden daha fazla su çekimi yapılması, dolayısıyla statik rezervin azaldığı gözlemlerini doğrulamaktadır.

KARST HİDROJEOLOJİSİ

Hidrojeoloji Birimleri

İnceleme alanında bulunan birimler su taşıma özelliklerine göre geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere 3 ana grup altında incelenmiştir.

Geçirimsiz Birimler

İnceleme alanının kuzey ve güney yamacı boyunca uzanan flišoid karakterdeki kumtaşı,

kiltaşı, siltaşı, marn özelliği gösteren Alt-Oligosen-Messiniyen zaman ağırlığında çökelmiş litolojik birimler geçirimsizdir., Aynı şekilde Alt Triyas-Paleozoyik yaşlı metamorfikler de geçirimsiz özelliktedir.

Geçirimli Birimler

İnceleme alanında geçirimli özellikte 3 (üç) birim bulunmaktadır. Bunlar;

- Orta-Üst Triyas yaşlı Kaynakköy Formasyonu

- Jura-Üst Kretase yaşlı Hilaryon Formasyonu

- Paleozoyik-Alt . Triyas yaşlı Dikmen Formasyonu

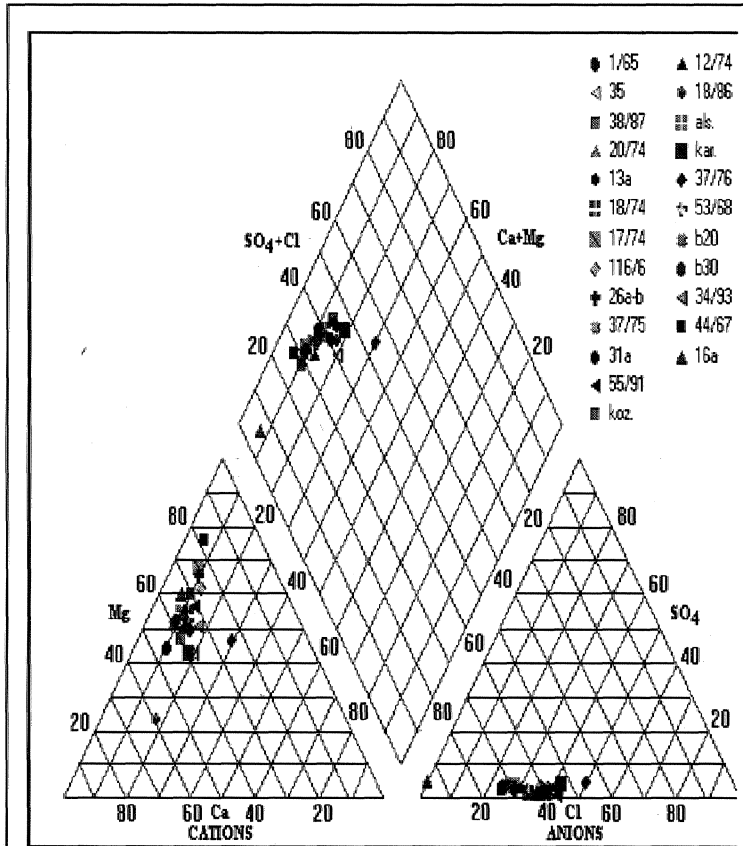
Yukarıda bahsedilen her üç birim de karstlaşmaya uygun birimlerdir. Kayaçların karşılaşmasına neden olan ana faktörlerin başında tektonizma ve litolojik yapı gelmektedir. Bu birimlerde görülen karstik yapılar genellikle fay ve kırıkların keşistikleri ve litolojinin değiştiği noktalarda gelişmiştir.

Yarı Geçirimi Birimler

İnceleme alanının büyük bir bölümünde geçirimli birimlerle kontak oluşturması ve tektonik hatalarla hidrojeolojik olarak ilişki içerisinde bulunması nedeniyle Kampaniyen -Bartoniyen zaman, ağırlığında çökelen Lapta grubu kayaları yarı geçirimli birimler olarak değerlendirilmiştir..,

S11 Kimyası Çalışmaları

inceleme ' alanında karstik akiferlerin hidrojeokimyasal karakterlerinin incelenmesi amacıyla-



Şekil 3.: Beşparmak Dağları Karst Akiferinden Alınan Su Örneklerine Ait Piper Diyagramı

Figure 3.: Piper Diagram of the Beşparmak Mountain Karstic Aquifer

la su noktalarının tümünde yerinde ölçüm yapılmış, analiz için örnekler alınmış, suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

Suların pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (T), çözülmüş oksijen (DO) gibi özellikleri genelde yerinde ölçülmüştür. İnceleme alanında 34 lokasyonda su örneği alınmıştır. Alman örnekler üzerinde yapılan majör İyon (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , $HCCV$, CO_3^{--} , Cl^- , SO_4^{--}) analizleri KKTC Devlet laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanılarak Mdrojeo-Mmyasal ortam konusunda değerlendirmelere gidilmiştir. Bu amaçla üçgen (piper) diyagramlardan yararlanılmıştır, Şekil 3'de suların majör iyon

içerikleri kullanılarak oluşturulan üçgen diyagramlar görülmektedir. Anyonlar' için hazırlanan (CO_3^- , $HC(V)$, SCV ve CO diyagramlarında suların $BCCV+CO_3$ anyonlarının, kationları için hazırlanan diyagramlarda ise Ca^{++} , Mg^{++} kationlarının hakim olduğu sular sınıfında oldukları görülmektedir.

Karst Yeraltısuyu İzlemeleri

inceleme alanında bulunan suların kökenleri ve birbirleri ile olan ilişkilerinin ortaya konmasında yararlı yöntemlerden bir diğeri ise izleme teknikleridir. Yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokhnyasal çalışmalardan elde edilen sonuçlar yardımıyla hidrojeolojik ilişkiler' ortaya konmuştur. Bu ilişkiler çevresel izotop analizleri ile somutlaştırılmıştır.

Çizelge 2: Beşparmak Dağları 1998 Yılı Su Analiz Sonuçları

Table 2.: Chemical analysis results of the yera 1998, Beşparmak Mountains

Tarih	Kuyu No	Kondaktivite	PH	Cl	SO4	HC03	Na	K	Ca	Mg	K.Bakiye	Tuzluluk	Karb. Sert	Kalıcı Sert	Sert.bütünü
MAYIS 1998	MTA-2	630	7.1	1.30	0.88	4.68	1.91	0.05	2.80	2.10	500	76	235	10	245
	MTA-1	650	7.5	1.80	0.24	4.64	1.65	0.05	2.60	2.38	480	105	230	15	245
	Değirmenlik	590	7.4	1.50	0.58	4.60	1.74	0.04	1.76	3.14	480	88	230	15	245
	Güngör	590	7.1	1.80	0.27	4.08	1.52	0.05	2.36	2.22	440	105	205	25	230
	Ciklos	610	7.4	1.40	0.20	4.84	1.30	0.04	2.32	2.78	470	82	240	10	250
	Göçeri	370	7.7	0.90	0.63	2.60	0.96	0.04	1.44	1.69	290	53	130	25	155
	18/74	620	7.4	1.80	0.09	4.36	1.35	0.04	2.44	2.42	440	105	220	25	245
	MTA-3	760	7.6	1.80	0.23	6.20	1.26	0.05	0.84	6.08	570	105	310	35	345
	17/74	800	7.0	1.70	0.48	6.64	1.22	0.05	3.48	4.07	640	99	330	45	375
	50/61	600	7.3	1.30	0.94	4.72	1.83	0.04	3.08	2.01	510	76	235	20	255
	40/71	560	7.2	1.20	0.01	4.48	0.96	0.04	2.80	1.89	420	70	225	10	235
	B 30	570	7.5	1.30	0.45	4.60	1.17	0.04	2.68	2.46	460	76	230	25	255
	18/b	660	7.4	1.90	1.13	4.08	1.52	0.05	2.28	3.26	490	111	205	70	275
	EB/10	570	7.6	1.40	0.23	4.68	1.17	0.04	2.20	2.90	450	82	235	20	255

Çevresel İzotop Analizleri

Hidrodinamik yapının aydınlatılması amacıyla inceleme alanında yer alan 15 adet su noktasından izotop örneği alınmıştır. Yağışlı ve kurak dönemde alınan su örnek-

lerinde Trityum. (T), Oksijen-18 ve Döteryum. analizleri yapılmıştır. Analizler DSİ'nin Ankara Esenboğa'da bulunan izotop laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasından alınan su örneklerindeki izotop değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3: İnceleme alanındaki suların izotop değerleri

Table 3: Isotope analysis results on the investigation area.

LOKASYON ADI	$\delta^{18}D$ (‰)		δD (‰)		T (T:U)	
	Ekim 96	Nisan 97	Ekim 96	Nisan 97	Ekim 96	Nisan 97
Kantara Kuyusu(34/93)	-6.81	-7.51	-30.70	-36.84	3.50±0.85	6.2±0.9
Esentepe 16 A	-7.32	-7.99	-39.30	-44.99	2.50±0.8	3.6±0.8
Dikmen 38/87	-3.89	-7.09	-69.24	-31.40	7.3±0.9	8.7±0.9
Tatlısu 116/65	-6.96		-38.35		0.0±0.8	
Çatalköy 13/30	-7.48		-36.22		1.8±0.8	
Karşıyaka 35	-7.98	-7.11	-50.83	-35.87	4.1±0.75	4.6±0.9
Karşıyaka Pınar	+1.92	-7.01	-17.22	-41.15	6.6±0.9	9.1±0.9
Alsancak Pınar	-6.87	-6.92	-41.27	-55.06	6.0±0.9	10.4±0.95
Beşparmak 20/74	-7.02	-6.89	-39.13	-35.92	1.0±0.8	0.0±0.8
Kozan Alt Pınar	-6.42	-6.96	-39.43	-51.7	4.3±0.9	4.55±0.9
Göçeri 55/91	-7.01	-7.07	-44.89	-22.77	9.55±0.9	4.8±0.9
Bozdağ 1/65	-7.38	-7.18	-43.36	-35.6	4±0.85	3.15±0.8
Tirmen 17/74	-7.04	-6.77	-35.39	-48.33	0.0±0.8	1.6±0.8
Ciklos 12/74	-1.15		-10.02		2.0±0.8	
Değirmenlik 18/74	-3.82		-20.06		3.30±0.8	
Güngör 13a	-6.97		-40.71		4.75±0.85	
Alevkaya Met. İst.		-6.97		-40.75		8.3±0.9
Değirmenlik 37/75		-1.02		-6.52		2.7±0.8

Duraylı İzotoplardan, Döteryum ve Oksijen-18'den suların olası beslenme yüksekliklerinin saptanmasında, Trityumdan ise bağıl yaş ve geçiş sürelerinin belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır. Yağışlardan alınan su örneklerinde duraylı izotoplardan Oksijen-18 ve Döteryum. içerikleri arasında dünya yağışlarını temsil eden ilişkinin $SD=8x 5^{18}O+10$ olduğu, bilinmektedir (Yurtsever, 1978), Yağışlardaki ağır izotop miktarı (S D, $8^{18}O$) deniz yüzeyinden yükseldikçe azalır. Deniz suyunun Oksijen-18 ve

döteryum bileşimleri genellikle paralel, olarak değişir. Tatlı sular ağır izotop yönünden deniz suyundan daha küçük değerlere sahiptir. Tatlı sulardaki izotop bileşimi coğrafik enlem. ve yüksekliğin artması ile azalır. Doğal sularda kararlı izotop kompozisyonu $\delta-D$ ‰ ordinat ve $o^{18}O$ ‰ apsis olarak alındığında, beslenme alanına düşen yağışlardan alınan numuneler ile boşalım alanındaki kuyu, ve kaynak gibi su noktalarından alınan numunelere ait kararlı izotop değerleri çizilen grafikte aynı doğru üzerinde bulunur

Çizelge 4: İzotop Örneği Alınan Noktalarda Elektriksel İletkenlik ve sıcaklık okumaları

Table 4: Electrical Conductivity and temperature readings of the water sample locations

Lokasyon No	Yükseklik (m)	EKİM-KASIM 1996		MART-NİSAN 1997	
		EC (μS/cm)	T (°C)	EC (μS/cm)	T (°C)
1/65	435	577	21.7	574	21.3
12/74	350	558	21.6	560	20.3
38/87	360	417	23	421	20
20	331	506	20.2	518	18.4
20/74	310	517	20.3	519	19.7
18/74	315	545	21.9	547	20.4
13a	367	545	23.9	557	21.6
116/65	246	951	21.7	-	18.6
17/74	465	731	19.8	-	-
55/91	390	352	21.4	352	23
Kozan Kayn.	300	680	21.8	670	18
Karşıyaka Kayn.	150	509	20.4	514	19.6
35	310	518	20.4	517	19.8
Alsancak Kayn.	200	509	18.8	530	18.8
34/93	510	706	22.3	-	13.8
16a	450	731	19.8	769	11.7
37/75	330	534	19.7	534	30.6

Genellikle bir bölgedeki yağışlara ait izotop değerleri ile yeraltı suyuna ait izotop değerleri, eğer suların kökeni aynı ise aynı doğru üzerinde ve yeraltı sularına ait değerler aynı Mime içinde toplanır.

Çevresel izotoplardan yararlanılarak suların orijinlerinin araştırılması konusunda kesin bir sonuca varmak,, ancak birbiri ile ilişkisi aranan iki suyun izofopik kompozisyonlarının farklı oluşması ile mümkündür. Eğer iki suyun kararlı izotop içerikleri aynı ise bu iki suyun aynı orijinli sular olduğunu söylemek mümkün olmakla beraber arala-

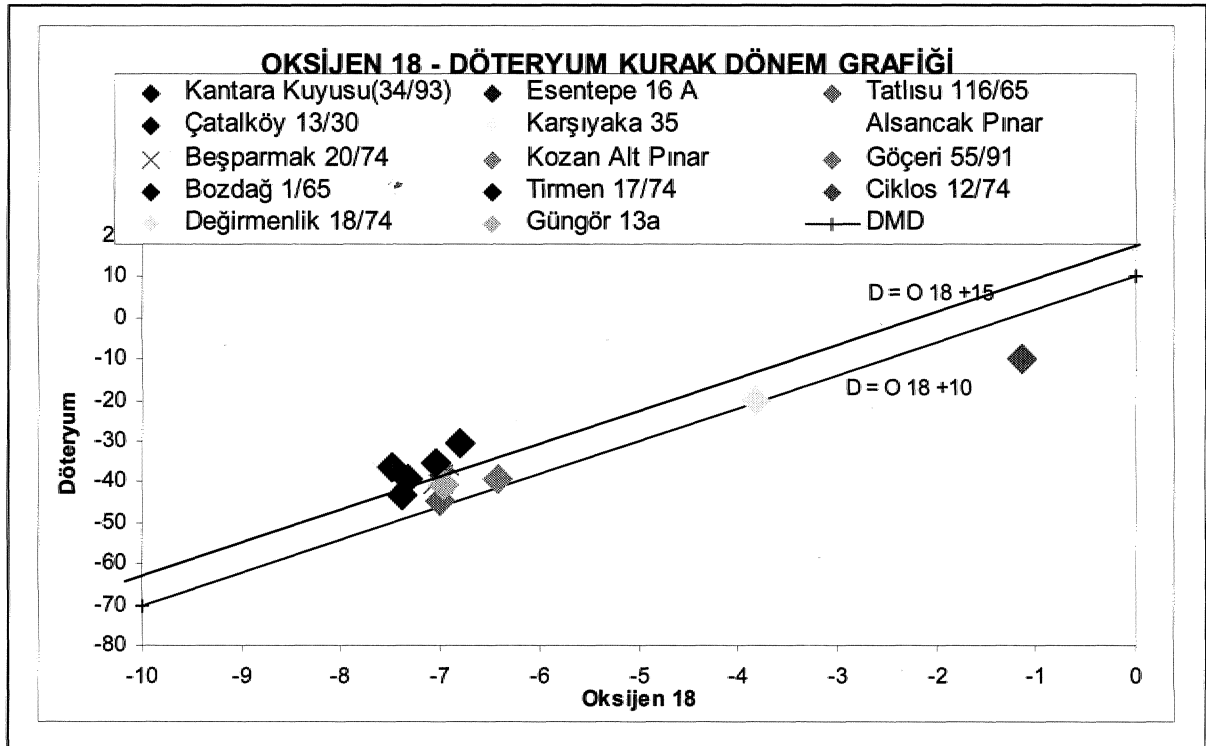
rındaki ilişkiyi belirlemek zordur. Bu nedenle numunelerin bütün izotop değerlerinin ve kimyasal analiz sonuçlarının bir arada değerlendirilmesi çözüme daha iyi yaklaşım getirir.

Duraylı izotop içeriklerinin bağıl konumlan kurak dönem için $S D = 8^{18}O + 15$ doğrusu üzerine düştüklerini göstermektedir (Şekil 4). Yağışlı dönem bağıl konumları ise $8 D = 8^{18}O + 22$ doğrusu ile uyum göstermektedir (Şekil 5).

Duraylı izotop ve sıcaklık okumaları göstermiştir ki yeraltı suları benzer kökenlidir. Her ne kadar bunlar termal su değildir ve Derin dolaşımdan

gelen meteorik sular olarak çıkış noktalarına oldukça yavaş ulaşmaktadır. Bu olay kireçtaşı akiferlerinin büyük bir rezervuara sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 6'da Döteryum-Trityum ilişkisi görülmektedir,, örneklerdeki dötetyumun her değeri için düşük trityum, değeri olan. lokasyonlar derin dolaşıma giren sulardır. Alevkaya meteoroloji istasyonlarından alınan yağış örneğindeki Trityum değeri göz önüne alındığında, inceleme alanında bulunan, suların çoğunluğunun bu trityum değerinden oldukça düşük, olduğu görülür.



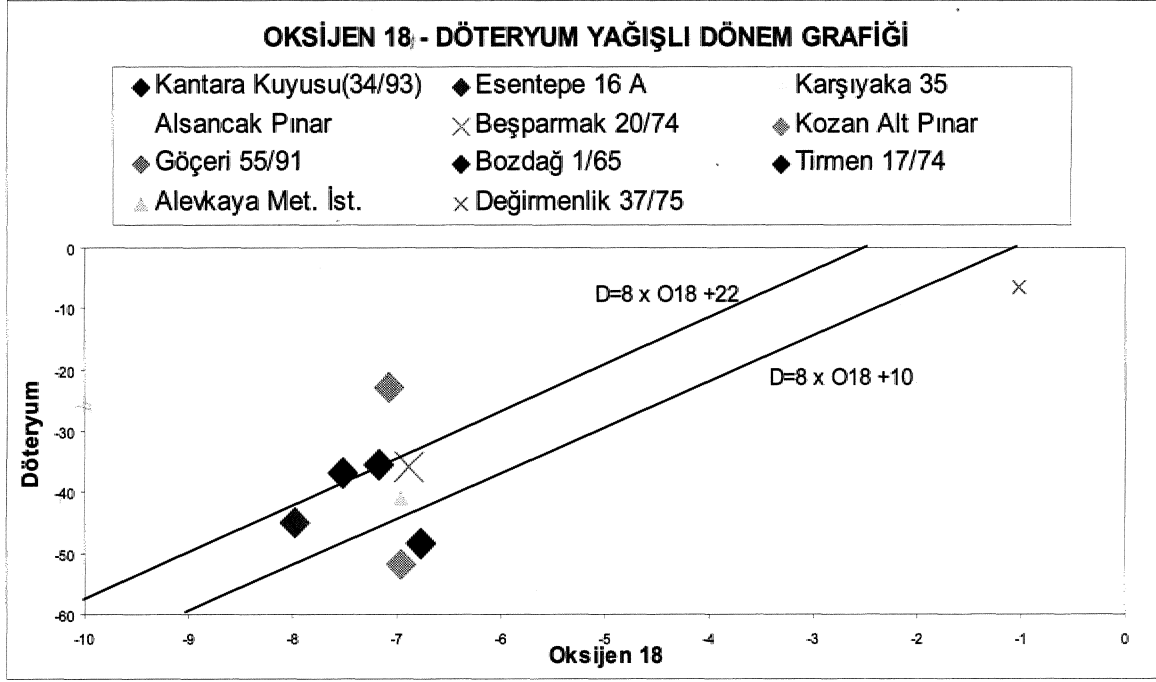
Şekil 4. : Kurak dönem Oksijen-18 Döteryum grafiği

Figure 4: Dry Season Oxygen-18 - Deuterium Graph.

Yeraltı suyu Dolaşımı ve Karstlaşma

İnceleme alanında yapılan arazi gözlemlerinde yeraltı suyu dolaşım tipinin yerel dolaşım akiferlerinde gözlenen yerel dolaşıma (conduit 'type) karşılık geldiği saptanmıştır. Alsancak kaynağı karst sistemi, Kozan kaynakları karst sistemi, Değirmenlik Bölgesi, Çatalköy bölgesi, Tirmen Bölgesi çalışma sahasında yerel dolaşım tipi örneği için en iyi alanlardır. Bunun yanı sıra litolojinin dikey olarak geçirildi ve geçirimsiz katmanların aşılmasından oluşması, yerel asılı su tablalarının görülmesine neden olmaktadır. İnceleme alanında yapılan çok sayıda su amaçlı sondaj kuyularında bu durum gözlenmiştir.

Çalışma alanında karşılaşmaya ilişkin gözlemler arazide yapılan sondajlı çalışmalarla gerçekleştirilmiştir. Yüzeyde ve sondajlı çalışmalarla yapılan gözlemler sonucu karbonatlı kayaların bol kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Çatlakların birkaç mm dolayında kırıkların 1.5-2 cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Bununla beraber arazide yer yer kireçtaşları üzerinde görülen karst şekilleri (Uvala, dolin, polye, karst kaynağı) kanal akımının, (conduit flow) bir göstergesidir. Karstlaşma genellikle zayıf zonlar boyunca, faildi litolojilerin, dokanaklarında ve fay zonlarında, aynı litolojideki kırık çatlak ve tabaka düzlemleri arasında gelişen karstlaşmadan daha ileri derecelerde gözlenmiştir.

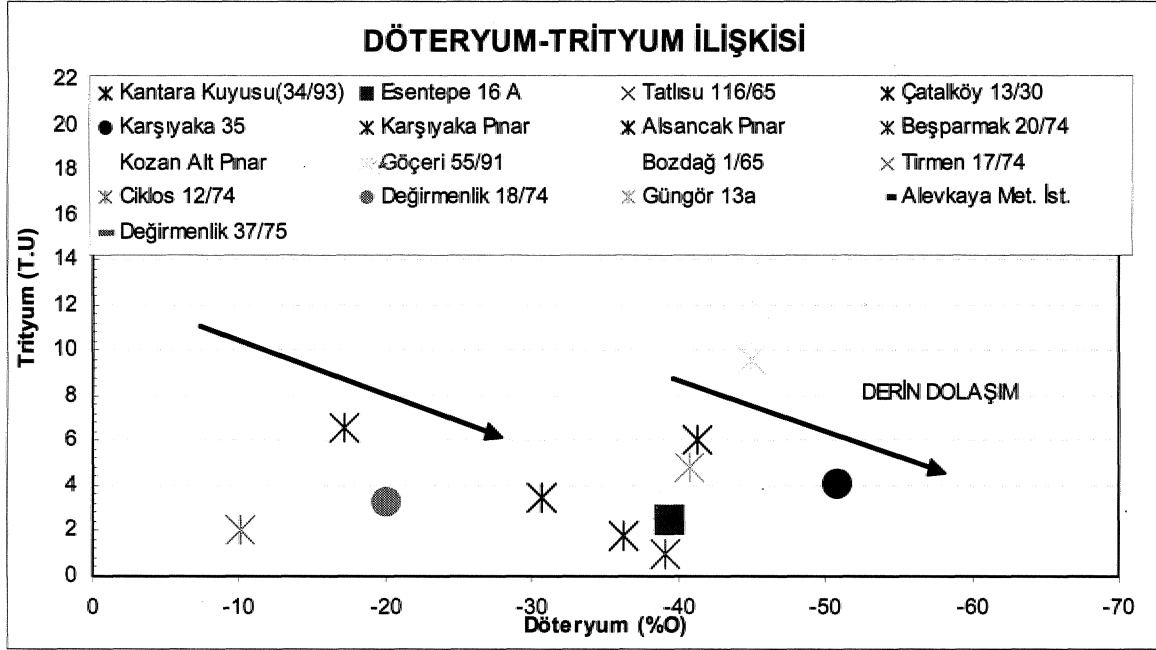


Şekil S. : Yağışlı dönem. Oksijen-18 Döteryum grafiği

Figure 5: Wet season Oxygene 18 - Deuterium Graph

Beşparmak dağlarında karsüaşabilen birimlerde karstlaşma Miyosen sonunda hızlı kıta yfkselimine bağlı olarak gelişmeye başlamış olmalıdır. Orta Triyas - Jura yaşlı Sihari formasyonu, Jura - Alt Kretase yaşlı Hilaryon formasyonu bölgenin karstik özelliklerine sahip birimlerdir. İnceleme alanını batıdan doğuya doğru, kat eden bu formasyonlarda karşılaşmaya en uygun olanı Hilaryon kireçtaşıdır, Sihari formasyonu da ise karstlaşma daha az görülmektedir.

Miyosen sonu - Pliyosen başında başlayıp günümüze kadar devam eden, yarı kurak iklim koşullarındaki bir karstlaşmadan söz edilebileceğimiz inceleme alanında karst yüzey şekilleri Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarında gelişmiştir. Karst yüzeyini oluşturan morfolojik şekiller genelde kareler, aktif ve fosil kaynaklar, kura vadiler, mağaralar, travertenler ve kaybolan 'yüzey drenajı' şekilleridir.



Şekil 6 : Beşpınar Dağları Karst Akiferinden alınan su örneklerinde Döteryum-Trityum İlişkisi
Figure 6: Deuterium-Trithium graph of the Beşpınar Mountains Karst Aquifer water samples.

Pratik olarak Lapta tebeşirlerinde karşılaşma gözlenmemektedir., Kireçtaşları ve dolomitlerle kaplı arazilerin kimyasal bozulmasına en iyi örnek Batıda Şehit Kıvanç Tepesi ve St. Hilaryon arasında kalan alan ile doğuda Yayla tepe ile Tirmen gediği arasında kalan alandır.. Hilaryon kireçtaşlarından gelişen karsta ait en iyi örneklerin görüldüğü, bölge; Yanıkkonvoy mevki, Hilaryon kalesi atış alanı, Kilise ardı ve Meydanlık düzü alanlarıdır.

Bunlardan, en önemlileri; Yanıkkonvoy bölgesinde gelişen 1.7 km uzunluğunda 0.4 km, genişliğinde ortalama 500 m yükseltide oluşmuş karstik çöküntü alanıdır. Hilaryon kalesinin 100 m doğusunda bir 50X100 m. boyutlarında bulunan karstik. erime ve çökme yapısı inceleme alanında gözlenen en iyi karst yapı şekillerinden biridir.

Dolomitik kireçtaşı, dolomit ve breşik dolomitik kireçtaşlarından oluşan Sihari formasyonu, erime için sınırlayıcı bir faktör olan dolomiti bünyesinde bulundurması nedeniyle Hilaryon kireçtaşlarına göre daha az karşılaşmış durumdadır. Sihari formasyonunda güncel karsta ait örneklerin en iyi görüldüğü, yer ise Kozan, köyü kaynaklarıdır.

SONUÇLAR

- Çalışma alanında özellikle Beşpınar dağlarının yüksek kesimlerinde Paleozoyik alt Triyas'tan Oligo-Miyosen'e kadar değişen yaşlarda litolojik birimler mevcuttur., Bunlardan Alt Triyas-Paleozoyik yaşlı metamorfikler ile Alt Oligosen-Mjessiniyen zaman, aralığında çökelmiş birimler geçirimsiz., Orta-Üst Triyas yaşlı Kaynakköy formasyonu ile

Jura-Üst Kretase yaşlı Hilaryon formasyonu ile Paleozoyik alt Triyafa yaşlı Dikmen formasyonu geçirimi!, Kampaniyen-Bortaniyen zaman aralığında çökelmiş Lapta grubu kayaları yan geçirindi birimler olarak değerlendirilmiştir.

- Hilaryon. Kireçtaşları ile Kaynakköy formasyonu, bölgenin karşılaşmaya uygun birimleridir. Hilaryon kireçtaşları litolojik özelliğinden dolayı Sihari formasyonuna göre* daha iyi karşılaşmış durumdadır. Karslaşma süreçleri göz önüne alındığında orta derecede karstlaşmadan bahsedilebilir. Çalışma alanında bulunan kaynakların büyük çoğunluğu, karst akiferinden aşırı çekim, nedeniyle bugün kurumuş durumdadır. Bu kaynakların çıkış mekanizması bölgenin geçirmiş olduğu şiddetli tektonik hareketler nedeniyle faylı dokanak kaynağı özelliği göstermektedir. Karslaşmayı sağlayan ve bölgesel yeraltı suyu dolaşımını denetleyen faktörlerin başında bu tektonik hareketler gelmektedir.
- Beşparmak Dağları karst akiferinin, yıllık ortalama beslenimi $9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yü}$ olarak bulunmuştur. Bu değer daha önceki dinamik rezerv hesapları ile de doğrulanmaktadır.
- İnceleme alanında 22 adet araştırma sondajı açılmıştır. Bunlardan toplam 185 l/s dolayında su elde edilmiştir.
- Beşparmak Dağları karst akiferinde periyodik olarak hidrojeokimyasal çalışmalar yapılmış, yapılan analizler sonucu suların ağırlıklı olarak Ca-Mg ve HCO₃ iyonu içerikli oldukları saptanmıştır.
- Beşparmak dağları karst akiferi, kaynak kotları ve kuyulardaki su seviyeleri karşılaştırıldığında, faylar ve diğer tektonik özelliklerle birbirinden bağımsız birçok alt akiferden oluştuğu saptanmıştır

Değerlendirilen Belgeler

- Baroz, F., 1979 ,Etude Geologie Dans Le Pentadaktilos Et La Mesoaria, 365 p, Ph.d. Thesis Universty of Nancy.
- Dixey, F., 1972, "The Geology and Hydrogeology of the Kyrenia Range, Cyprus, Ministry of Overseas Development, London.
- Dreghorn, W., 1978, Landforms in the Gime Range, Northern Cyprus, MTA Enstitüsü Yayınları, No: 172, 220 s., Ankara.
- Ducloz, C., 1968,, Les Formations Quaternaires De La Region De Kiepini Et Leur Place Dans Cronoloquie Du Quaternaire Méditerranéen, Archs ScL, Genova
- DSI, 1977, Kıbrıs Beşparmak Dağlarının Fotojeoloji Raporu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Mbrius, L., Kreysing, A., 1963-1964, Hydrogeological Investigations and Groundwater Development, in the Kyrenia Range of Cyprus.
- Robertson, A., Woodcock, N.J.H.L, 1986, The Role Of The Kyrenia Range Lineament, Cyprus, In The Geological Evolution of The Eastern Mediterranean. Area, PhiloTrans. R. Soc. London.
- Stavrinou, Y. H.I, 1963, Groundwater resources of the karstic regions of Cyprus, B. Sc., London.
- UNDP, 1970, Survey of Groundwater Mineral Resources Cyprus, United Nations Development Programme, Genova

Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye

Water Resources Management and Turkey

B.Teoman MERİÇ

*Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM),
06532 Beytepe, ANKARA*

ÖZ

Su kaynakları, üzerindeki talebin giderek artışının yanında zaman, ve konuma göre bu kaynağın arzu edilen miktar ve kalitede bulunmaması, mevcut su kaynaklarının ekonomik, çevresel, ve sosyal faydalar içinde en verimli şekilde kullanımını yani yönetimini gerekli kılmaktadır. Ancak, su kaynakları yönetim, çalışmalarının başarısı hidrolojik sistemi etkileyen süreçler¹ arasındaki ilişkilerin doğru ve bir bütün olarak ortaya konmasına bağlıdır. Bu aşamada sistemin doğal sınırlar ile kısıtlanarak havza ölçeğinde tanımlanması ve bu ölçekte kullanılabilir verim, değerinin, belirlenmesi daha sağlıklı ve etkin bir su kaynak yönetimine olanak sağlamaktadır. Havza için kullanılabilir yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesi için ise klasik emniyetli verim, yaklaşımı, yerine sürdürülebilirlik yaklaşımı ile aktif su kullanımı sonunda hidrolojik sistemde istenmeyen etkiler yaratmadan, uzun dönemlerdeki gereksinimleri karşılayabilecek, bir- dinamik potansiyel değerlendirilmelidir. Su kaynakları, yönetiminin son sürecinde, sürdürülebilir verimin, havza, içinde maksimum, kazancın sağlanacağı ve kullanım önceliklerinin göz önüne alındığı bir tahsisat politikası ile paylaşılması gereklidir. Ancak bu şekilde her havza için etkin ve verimli bir özgün yönetim gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada ayrıca ülkemizdeki, su kaynakları yönetim, çalışmaları, idari, yasal koşullar ve havza bazında su kaynakları yönetimi için öneriler genel olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su kaynakları, yönetim, havza, sürdürülebilirlik, Türkiye

ABSTRACT

The ever increasing demand for water resources and its temporal and spatial unavailability in terms of required quantity and quality necessitate its efficient use or management to provide economic, environmental and social benefits. However, the success of water resources management is achieved only by accurately determining the whole relationships among processes effecting the hydrologic system. In this stage, the definition of the system- as a basin within its natural boundaries and determination of its available yield will enable a rational and effective water resources management. The so called classical safe-yield approach should not be used to determine the available groundwater potential. Instead, the sustainability approach, which meets the long-term water demands without creating

undesirable effects on the system at the end of active water usage period, must be used,. In the last stage of the water resources management, the sustainable yield should be shared among various users with a water allocation policy by considering the use priorities to provide maximum- benefits for the basin. The effective and efficient water resources management for a basin is only realized by this water allocation policy. This study also presents the water resources management studies in Turkey, the administrative and legal conditions and the general recommendations for a basin-wide water resources management

Key Words: Water resources, management, basin, sustainability, Turkey

GİRİŞ

Son yıllardaki hızlı nüfus artışına paralel olarak artan su talebine karşı uygun kaynak mevcudiyetinin azlığı ve gün geçtikçe gelişen sanayi ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak aşırı kullanım ve çeşitli kirlilik parametreleri nedeniyle ortaya çıkan sorunlar, su kaynakları yönetiminin önemini bir kat daha arttırmıştır. Fakat su kaynakları yönetimi sadece sorunlu olan bölgelerde kullanılması gereken bir yöntem olarak düşünülmemeli; temel hedef, mevcut potansiyelinin arttırmayacağı ve insan ve doğal hayatın devamı için alternatif olmayan su kaynağını en iyi şekilde korunarak, kaynak potansiyeli tehlikeye atılmadan etkin kullanımının sağlanması olmalıdır.

Su kaynaklarının doğa içinde konum ve zamana bağımlı olarak miktar ve nitelik olarak kısıtlı yapıda olmasının yanında,, bu kaynağın hayat standardını ve ekonomik yapıyı direk etkileyen çok değerli bir girdi olarak görülmesi, kaynak kullanımına yönelik talebi devamlı arttırmaktadır. Bu talep, hayatın devamı ve hayat standardının yük-

seltilmesi için zorunlu bir girdi olarak görülen bu kaynağın değerinin, gün geçtikçe fosil yakıtların önüne geçmesine neden olmaktadır. Tarih içinde de en ilkel kabilelerden be yana çok değerli kabul edilen bu kaynağın kullanılması toplumlar arasında anlaşmazlıklara hatta savaflara yol açmış, yeterli su kaynağını sağlayamayan çoğu uygarlık ya daha uygun yerlere göç etmiş ya da uygarlığı yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Günümüzde teknoloji-ne kadar ilerlemiş olsa da su kaynakları konusundaki anlaşmazlıklar gerek toplum gerekse ülkeler arasında çözümü karmaşık problemler olarak uluslararası politikalarda dahi önemli rol oynamaktadır.

Bu kapsamda su kaynakları yönetim çalışmalarını, günümüzdeki gereksinimlerin karşılanması hedefi yanında kaynak için de en uygun kullanım türlerinin konum ve miktarının belirlenmesinde de yol gösterici olmalıdır. Verimlilik sadece su kaynakları açısından değil, kaynakla ilişkili tarımsal faaliyet, toplumsal durum, enerji maliyetleri gibi parametreleri de göz önünde tutarak,

bölgenin ekonomik gelişiminde aktif rol oynamalıdır. Aynı zamanda su kaynaklarındaki sürdürülebilir etkin bir yönetim, yaşamını bu kaynak ile paralel yürüten ekosistem içindeki diğer sistemlerin de devamlılığını, tehlikeye atmadan sürdürebilmesini sağlayacak ve doğal dengenin zarar görmesini büyük ölçüde engelleyecektir.,

Su Kaynakları Yönetimi

Su kaynakları yönetimi,, doğal çevrim içerisinde suyun insanlar tarafından gerek nicelik gerekse nitelik olarak en. verimli şekilde ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar içinde sistematik olarak kullanımı anlamına gelmektedir,. Bu yönetim, suyun çok. amaçlı kullanımının yanı sıra sürekli olmasını da sağlamalıdır.

Nüfus» tarım ve sanayi faaliyetlerinin sürekli artışı, her dönemde geçmiş dönemlerden daha fazla su kullanılması gerekliliğini doğurmakta ve su kaynakları yönetiminin devamlı olması koşulunu gerektirmektedir. Bu aşamada yönetimin, günümüzde olduğu kadar gelecekteki olası sürdürülebilir potansiyeli ve uzun dönemler içindeki kullanım miktarlarını da göz önüne alarak değerlendirilmede bulunması gerekmektedir. Ancak bu şekilde hidrolojik sistemin dengesi uzun dönemler içinde korunabilecek ve kaynak üzerinde istenmeyen etkiler yaratılmadan veya en düşük seviyede tutularak su gereksinimlerini karşılanabilecektir., Bu kapsamda su kaynakları yönetimi için hidrolojik sistemin sınırlarının belirlenmesi, sistemin sürdürülebilirliği kapsamında havza veriminin değerlendirilmesi, kullanım önceliğine

göre su kaynaklarının gerek günümüzde gerekse gelecekteki paylaşımı ve kullanım haklarının belirlenmesi aşamalarını içermektedir. Her ne kadar su kaynakları ile ilgili sorunlar geniş ölçeklerde ele alınsada bir hidrolojik sistemin doğru ve ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ancak sistemin doğal sınırları olan havza ölçeğinde gerçekleştirilebilir.

Su kaynakları yönetiminde havza ölçeği

Havza, 'hidrolojik sistemi kontrol eden doğal sınırlarla çevrili bir alandır. Su kaynakları sisteminin havza ölçeğinde tanımlanması, sistemin doğal sınırları ile kısıtlanması, dolayısıyla bir bütün olarak ele alınmasına olanak sağlayarak, hidrolojik sistemi etkileyen, süreçler arasındaki ilişkilerin doğru olarak ortaya konmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede sistem daha kolay anlaşılabilir ve sistemin, değişik, etkilere karşı vereceği tepkiler de en uygun şekilde analiz edilebilmektedir.

Havza ölçeğinden daha küçük ölçeklerde ele alınan, gerek yönetim gerekse işletim çalışmalarının başarısı sistemin tümünü karakterize etmediği için sınırlı seviyede kalmaktadır. Ayrıca hidrolojik sistem içinde tüm süreçlerin birbiriyle etkileşim içinde olan dinamik bir yapıda olması, havza ölçeğinden küçük ölçeklerde gerçekleştirilen çalışmaların sürdürülebilir özelliğini çok büyük ölçüde kısıtlamaktadır. Havza ölçeğinde su kaynaklarında gerek miktar gerekse nitelik olarak, meydana gelen değişikliklerin gözlenmesi, herhangi bir olumsuz durumda ge-

rekli önlemlerin alınması açısından da büyük avantajlar sağlayacaktır. Havzanın bir bölümü için soran yaratmayan bir problemin diğer bölümü için zam«, içinde büyük soranlar yaratacağı düşünölmeli (taşkın, kirlenici deşarjı vb.), kaynağın korunması için sistemin bir bütün halinde incelenmesi sağlanmalıdır.

Mevcudiyeti havza, su kaynakları ile paralel olan birçok canlı için de havza bir ekolojik sınır özelliğı göstermektedir. Bu kapsamda havza sınırlarında geliştirilen bir su kaynak yönetimi, doğal olarak, birçok doğal kaynak ve canlı ilişkilerinin de bütün olarak inceleneneğı bir yapıyı ortaya koymaktadır.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2000/60/EC sayılı "Su Direktifi" incelendiğinde de genel yapının havza bazında bir idari düzenlemeyi desteklediğı görölmektedir. Konsey tüm üye devletlerin kendi ulusal sınırları dahilinde yüzeysel havzalarını belirleyerek bu bölgeler dahilinde direktif kurallarını uygulayacak yetkili makamın ve idari düzenlemelerin belirlenmesi, havzanın özelliklerinin, çevresel etkilerinin, su kullanımının analizlerini gerçekleştirilmesi ayrıca her havza için bir yönetim planının hazırlanmasını önermektedir,

İdari sınırlar dahilinde bir yönetim geliştirilmesi yaklaşımı, hidrolojik sistemin parça parça yönetilerek sistem davranışlarının ve ilişkilerinin tam olarak ortaya koyamayacağı gerekçesiyle genel olarak kabul edilmemektedir. Bu sebeple idari sınırlar' dahilinde karar verme yetkisine sahip kuruluşlar kendi bölgelerinde su kaynaklarının en

uygun işletimini sağlamak amacıyla kendi alanlarına özgü yönetim/işletim planları belirlemek yerine,, ait oldukları havza bazındaki uygulamalara dahil olarak daha sağlıklı ve etkin bir su kaynak yönetimi oluşturmaktadır.

Su kaynakları yönetiminde **sürdürülebilirlik**

Genel tanımı ile sürdürülebilirlik kavramı ekosistem kapsamında tüm elemanların (su kaynakları, bitki örtüsü, hayvanlar vb.) bağlı buldukları ortamlarda sistemin işleyişinde istenmeyen değişiklikler yaratılmadan, en iyi koşullarda gelecek nesillere devredilmesi prensibini içermektedir. Tüm dünyada yaygın olarak kullanımı, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun "Ortak Geleceğimiz; (Our Common Future)"⁵, WCED (1987) yayını ile tanımlanması ile başlayan sürdürülebilir kalkınma kavramı; bugünün gereksinimlerini gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını elinden almadan karşılamak olarak belirtilmiştir.

Kavram olarak çok ideal bir yaklaşım olan sürdürülebilirlik aslında yönetim kavramı ile paralel hareket etmektedir. Fakat sürdürülebilirlik kavramının çok sıkı bir şekilde uygulanması mevcut kaynakların kullanımında önemli kısıtlamalar doğurmaktadır. Gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılayacak olanakların sağlanması, bugünün gereksinimlerinin karşılanmasında önemli soranlar Yaratabilmektedir. Doğal sistem üzerinde hiçbir etki yaratılmadan gelecek nesillere bir miras olarak bırakılması, arzu

edilen bir yönetim olsa da günümüz koşullarındaki **yoğun** etkiler ve insanoğlunun her geçen gün artan gereksinimleri karşısında, doğal sistemlerin etkin yönetimine rağmen sistem içinde bazı değişiklikler¹ olması kaçınılmazdır. Bu süreçte önemli olan doğal sistemin kendini yenilemesi için gerekli fırsatların verilebileceği bir yönetim politikasının belirlenmesidir.

Bu kapsamda su kaynakları yönetim çalışmalarında temel amaç, kaynak üzerinde kalıcı **zararlar oluşturmadan**, hidrolojik sistemin işleyişini değiştirmeyecek ama günümüzün ve geleceğin gereksinimlerini de gözetilecek bir sürdürülebilir potansiyelin belirlenmesi olmalıdır. Belirlenen sürdürülebilir potansiyel, yasal çerçeveler doğrultusunda su hakları gözetilerek ve sosyal ve ekonomik koşullar altında kullanım önceliği **ve türüne göre en uygun tahsisata da sahip** olmalıdır. Bu kapsamda yönetimin sürdürülebilir olmasının yanında diğer önemli bir faktör de etkin olması yani en uygun **kullanımın** gerçekleştirilmesidir (Meriç, 2003).

Sürdürülebilir potansiyel olarak tanımlanan kavramın su kaynakları sistem bileşenleri açısından anlamı, sisteme beslenme **ile** giren su **ile** işletilen miktar arasında bir denge **kurulması** prensibine dayanır. Bu kapsamda sürdürülebilir potansiyel, sisteme giren ve çıkan **su** bileşenlerinin uzun dönemlerde ilişkileri analiz edilerek, hidrolojik rejimde istenmeyen etkiler yaratmadan ve çevresel gereksinimleri de karşılayabilecek bir potansiyel olarak tanımlanabilir. Bir havzada, kullanılabilir yeraltı suyu potansi-

yelinin ifadesinde emniyetli verim,, havza verimi, **sürdürülebilir** verim gibi değişik kavramlar kullanılmaktadır, Bu kavramlar genellikle havza yeraltı suyu **rezervuanda** bir değişiklik yaratmadan her **yıl** beslenme **ile** yenilenen **su** miktarının kullanılabilir kısmını ifade etmektedir, Bu bakış açısı **ile rezervuarda bir** değişiklik olmayacağı için sürdürülebilirlik ilkesine uygun görünen bu terimlerin belirlenmesi ise çok farklı şekillerde **gerçekleşmektedir**. Ancak Bredehoeft (1997), **Sophocleous** (1997) ve (2000) yaptıkları çalışmalarda da **ayrıntılı** açıkladıkları gibi **çoğunlukla klasik emniyetli** verim, hesaplamalarının sürdürülebilir özellik taşımadığını belirtmişlerdir.

Klasik emniyetli verim yaklaşımı uzun yıllar ortalama beslenme miktarının %70-80'i olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte beslenmenin yıldan **yıla** değişiminin göz önüne alınmadığı, özellikle uzun yıllar ortalamaların içinde genellikle havza **su kullanımının** çok **az** olduğu **ve/veya** hiç olmadığı işletme öncesi dönem **ortalamlarından** elde edilen beslenme değerlerinin esas alındığı **düşünülürse** bu yaklaşımda rezervuarda değişiklik olmaması mümkün değildir. Sistemin temel girdisi yağış ile başlayan, ve boşalım **ile** sonuçlanan Kim süreçler bu işletme öncesi dönemlerdeki genel yaklaşımlar **ile tanımlanmakta** ve genel bir ifade ile ortalama beslenme olarak değerlendirilen emniyetli verim değeri tespit edilmektedir. Ancak özellikle su kullanımının çok az olduğu **ve/veya** hiç olmadığı işletme öncesi, sistemin dengede olduğu uzun dönemlerin

esas alındığı bir ortalama beslenme değerinin emniyetli potansiyel olarak kabul edilmesi sistem içinde istenmeyen etkiler yaratabilmektedir. İşletme döneminden önceki doğal koşullar altındaki uzun yıllar içindeki yağışlı dönemlerde sisteme giren yüksek değerdeki beslenme miktarı ile aynı periyottaki kurak dönemlerde meydana gelen daha az beslenme miktarının, incelenen dönem içinde genel olarak birbirini dengelediği düşünülebilir. Ancak bu durumda sistem içindeki işletme dönemlerinde çekim ile meydana gelen boşalım, sistemin dengesini bozmaktadır, işletme miktarı bu koşulda beslenme miktarındaki bir artış, depolamadaki değişim veya doğal boşalımdaki bir azalma ile karşılanabilmektedir. Bu durum hidrolojik sistem içinde yeni bir dinamik yapı oluşmasına yol açmaktadır. Bu durumdaki işletme bölgesine doğru gerçekleşen yeni beslenme, uzun dönem yağış değerlerinin ortalaması ile belirlenen beslenme değeriyle aynı olmamaktadır. Yeraltısuyu geliştirme işlemleri, sonucu doğal sistemin dengesinde yeni bir dinamik yapı meydana gelmekte ve sistem içindeki beslenme uzun yıllar yağış ortalaması değerinden bağımsız bir durum almaktadır. Söz konusu, beslenme değerinin yeraltısuyu gelişiminde kullanılması hidrolojik sistem içerisinde aşırı seviye düşümleri,, doğal boşalımların azalması ve/veya kuruması gibi istenmeyen çok önemli etkiler yaratabildiği gibi mevcut, su potansiyelinin hatalı kullanımına ve alan için elde edilecek verimliliğin azalmasına da yol açmaktadır. Bu verimlilik sadece su kullanımı açısından değil havza içindeki su

kaynakları ile ilgili tüm süreçleri ve genel olarak bölge ekonomisi ve sosyal durumunun bugünü ve geleceğini doğrudan, etkilemektedir.

Bu nedenle, havza için kabul edilecek sürdürülebilir verim, değeri, temel olarak uzun yıllar yağış ortalamaları ile belirlenen bir beslenme değeri yerine yeraltısuyu beslenmesinde meydana gelen konumsal ve zamansal değişimleri ve planlanan talepleri göz önüne alarak belirlenmelidir. Bu değer yeraltısuyu geliştirme işlemleri ile hidrolojik sisteme zarar vermeyen veya çok zorunlu durumlarda sisteme vereceği zararı kısıtlayan bir miktar' olarak belirlenmesi zorunludur. Genel bir ifade ile sürdürülebilir potansiyel ortalama beslenme değerinden önemli ölçüde küçük bir değer ile ifade edilmelidir.

Bu kaynakları kullanım önceliği ve tahsisatı

Su kaynağının kullanımında genel olarak tüm ülkelerin kabul ettiği öncelik, hayatın sürdürülebilmesi için gerekli olan temel gereksinimlerinin karşılanması prensibidir. Bu miktar karşılandıktan sonra mevcut su kaynağı diğer gereksinimlere göre en uygun şekilde paylaştırılır. Bu prensip çerçevesinde çoğu ülkenin su yasasında bulunan ve ülkemizde de Devlet Planlama Teşkilatının 2001 yılında Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı kapsamında hazırladığı "Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi özel ihtisas Komisyonu Raporu (DPT, 2001)" de belirtildiği gibi mevcut potansiyelin paylaşılmasında kullanım önceliği şu şekilde sıralanmıştır:

- 1) İçme ve kullanma ihtiyacı
- 2) Hayvanlar- ve doğal hayatın, devamı için gerekli su ihtiyacı.
- 3) Tarımsal sulama suyu ihtiyacı
- 4) Enerji, ve sanayi suyu ihtiyacı
- 5) Ticaret, turizm, balıkçılık vb. su ihtiyacı

Su kaynakları yönetim çalışmalarının başarısını kontrol eden temel süreçlerden biri, sürdürülebilir potansiyelin gerek mühendislik gerekse sosyal ve ekonomik yönlerden en uygun şekilde dağıtımının sağlanmasıdır. Bu dağıtım açıklanan kullanım önceliklerini göz önüne alınarak gerçekleşse de su kaynakları yönetiminde önemli olan bölge için en uygun ve etkin dağıtımın gerçekleştirilebilmesidir. Bu kapsamda su kaynak tahsisatının sadece hidrolik yapı ile değerlendirilmemesi, havza sınırları dahilinde tüm kaynakların en verimli kullanımını sağlayacak çok yönlü bir yönetimin parçası olması gerekmektedir, Her havzanın gerek hidrolojik yapısının gerekse ekonomik ve sosyal durumunun birbirinden, çok farklı olacağı düşünüldüğünde su kaynaklarının tahsisatı da bu koşullara uygun olarak farklı özellikler içerecektir.

Genelde su kaynakları tahsisatı, su hakkını düzenleyen yasalarla düzenlenmiştir., Su yasalarında genel olarak kabul edilen görüş suyun ticari bir ürün olmadığı, tarihsel bir miras olduğu düşünülerek kamu yararına kullanılması prensibine dayanmaktadır. Ülkemiz içinde tüm su kaynakları, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Su kay-

naklarının araştırılması, kullanılması, korunması ve tescilli amaçlı bir çok yasa, tüzük ve yönetmelik bulunmaktadır,. Yeraltısulan ile ilgili işlemler 16.12.1960 tarihinde kabul edilen 167 sayılı "Yeraltısuları Hakkında Kanun" ve 167 sayılı kanunun tatbikatı ve aynı kanunun. 20,.. maddesi gereğince hazırlanan 8 Ağustos 1961 tarihli 10875 sayılı 'Resmi Gazete'de yayınlanan "Yeraltısulan Tüzüğü"nde yer almaktadır. Ayrıca yeraltı ve yerüstü, sularının potansiyelinin her türlü kullanım amacıyla korunmasında su kirliliğinin kontrol esaslarının belirlenmesi için gerekli olan hukuki ve teknik esasları ortaya koyan 9 Ağustos 1983 tarihli ve 287.2 sayılı Çevre Kanununa ek. ve düzeltmede bulunan 4 Eylül 1988 tarihli, ve 1991.9 sayılı Resmi Gazete Me yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" 10 Haziran 1926 tarihli. 927 sayılı "Sıcak ve Soğuk. Maden Sularının istismarı ile Kaplıcalar Tesisatı Hakkında Kanun" ve 24 Temmuz 2001 tarihli 24472 sayılı Kaplıcalar Yönetmeliği ülkemizde su kaynakları kullanımı ve kalitesi ile ilgili temel yasalar olarak belirlenmiştir.

Bu yasalar kapsamında su kaynağının kullanımını faydalı kullanım olarak tanımlamıştır.. 167 sayılı yeraltısulan kanununa göre faydalı kullanım; "Yeraltısuyunun içmede, temizlikte, belediye hizmetlerinde,, hayvan sulamada, zirai sulamada, maden ve sanayide, sportif vs.*4esislerde kullanılması*" olarak nitelendirilmiştir. Bu kullanımın miktarı olan faydalı ihtiyaç ise; "Yeraltısuyunu kullanacak kimsenin faydalı kullanışları için muhtaç olduğu su miktarı" olarak tanımlanmıştır. Faydalı ihtiyaç miktarı, tahsis edi-

lecek maksada göre ilgili bakanlıkların fikirleri alınmak suretiyle Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, tamundan tayin ve tespit edilir.

Her ne kadar 167 nolu "Yeraltısulan Hakkında Kanun" gereği tüm yetki Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü üzerinde gözükse de bu yasadan sonra, çok çeşitli devlet kurumlarının (Köy Hizmetleri, İller Bankası, Çevre Bakanlığı vb.) teşkilat ve vazifeleri hakkındaki kanunlarında kısmen bu yetkiye ortak olduğu görülmektedir. Bu durum su kaynakları yönetimindeki bir eşgüdüm sorunu yaratmaktadır. Her teşkilatın diğer teşkilatlardan bağımsız kendi başına su kaynakları ile ilgili çalışmalar sürdürmesi ve kararlar alması bütünlük bir yönetimin merkezi bir kontrolde yapılmasına olanak tanımamakta ve bütünlük bir havza yönetimi gerçekleşmemektedir. Bu kapsamda yönetim çalışmalarının daha verimli kılınabilmesi için su kaynakları ile ilgili araştırma, planlama,, projelendirme ve uygulama süreçlerinde merkezi bir yetkiye ve eşgüdüme ihtiyaç vardır.

Türkiyede Su Kaynakları Yönetimi

Su kaynakları ile ilgili araştırmaların geniş ölçekte belirleyebilmek için Türkiye, drenaj alanları itibarıyla 26 havzaya ayrılmaktadır ve DSİ merkez ve taşra •teşkilatları tarafından 1969 yılı sonuna kadar Türkiye'de takriben 342 ovanın tamamında ön inceleme aşamasında hidrojeolojik etüdüleri tamamlanmış ve yeraltısuyu potansiyeli açısından olumlu görülen 198 ovanın tamamında detaylı hidrojeolojik çalışmalar ger-

çekleştirilmiştir ve günümüzde de taleplere bağlı olarak her yıl münferit hidrojeolojik etüdler gerçekleştirilmektedir., (DSİ, 1999). Fakat yapılan çalışmaların çoğu genel değerlendirmeler kapsamında kalmakta günümüz koşulları ve gelecek için ayrıntılı yönetim/işletim planları yapılmamakta; su kaynakları potansiyeli açısından çoğu bölge genel araştırma bilgileri, ile değerlendirilmektedir. Bu da çok değerli olan su kaynağı kullanımını üzerinde gerek yerel gerekse ülke bazında büyük belirsizlikler yaratmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi ancak hidrojeolojik sistemin, ve davranışlarının zaman, ve konuma göre ayrıntılı belirlenmesi, havza bazında tüm doğal kaynakların ilişkileri ile ortaya konacağı bütünlük yönetim çalışmaları ile gerçekleşebilir, Bu kapsamda heterojen yapının ve değişimlerin, doğru olarak ortaya konması için mevcut sistemde eksik olan bir veri tabanı, çalışmasının çok kısa zamanda gerçekleştirilerek; su kaynakları ile ilgili tüm süreçlerin analiz edilebileceği bir bilgi sistemi içinde yer alması uzun vadeli, yönetim çalışmalarının başarısı için gereklidir. Ayrıca mevcut durumda bütünlük bir su kaynak yönetimini desteklemeyen gerek yasal, gerekse idari yapı sorunlarının en kısa sürede ortaya konarak çözülmesi gerekmektedir.

Ülkemizde su kaynakları yönetimi ile ilgili geliştirilmiş ve havza bazında yönetimin. ve bu yönetim için önerilen idari yapının en ciddi şekilde ele alındığı çalışma Burak vd. (1997) tarafından hazırlanan "Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi" isimli 30 maddelik bir eylem planıdır. Bu-

rak vd. (1997) çalışmalarında Türkiye için su kaynakları yönetiminin, suyun hem ekosistemin parçası bir doğal kaynak hem de kalite ve miktarına bağlı olarak kullanım amacı değişebilen bir madde olarak kabul edilmesi temel yaklaşımı üzerine kurmuşlardır. Ayrıca bu özelliği ile su kaynaklarını hem ekolojik, dengenin korunması hem de su gereksinimlerin karşılanabilmesine yönelik olfak üzere korunması gerektiğini ve suyu kullananın bedelini ödemesi stratejisine dayanan "Entegre Su Kaynakları Yönetimi"ni önermişlerdir. Genel yapısı ile plan şu aşamaları içermektedir:

-öncelikle su yönetimi için ülkemiz mevcut idari yapısının, sürdürülebilir bir kalkınma modelinin uygulanması için tam anlamıyla uygun olmadığı ve bu yapının yeniden şekillendirilmesi bu amaçla, mevcut birikimi değerlendiren fakat mevcut kurum, ve kuruluşların (DSİ, İller Bankası, Köy Hizmetleri,, EİEİ, Orman Bakanlığı,,Tanım Bakanlığı) yeniden organize edilmesi gerekliliği;

-Mevcut hidrolojik havzaların belirlenerek her havza için. temel görevi ilgili kuruluşların uygulamaları arasında koordinasyon sağlamak ve havza bazında mevcut veri tabanını kullanarak suyun rasyonel dağıtımını yapmak olan bir havza yönetim biriminin oluşturulması;

-Oluşturulacak bu havza yönetim birimlerinde halen su kaynakları yönetiminde fonksiyonu olan ve doğal kaynakların yönetimini üstlenen kurum, ve kuruluş temsilcilerinin görev yapması, ve havzalar bazında merkeze bağlı teşkilatlar ile örgütlenmeleri;

-Oluşturulan havza yönetim birimlerinin havzadaki su kullanıcıları ile birlikte su kaynaklarının planlanmasına yönelik çalışmalar yaparak., taslak havza yönetim planları hazırlaması;

-Taslak planlan takiben havza yönetim birimlerinin planlama ve işletme modelleri geliştirmesi;

- Havza yönetim ve ulusal su planları hazırlamak ve bu planların kalkınma planları ile uyumunu gözetmek, havzaların yönetim planları arasındaki uyumu sağlamak ve planlama sürecinde havza yönetim birimleri ile DPT arasındaki koordinasyon için ilgili kuruluşların merkez teşkilatının temsilcileri ile birlikte Çevre Bakanlığı ve DPT temsilcilerinin, görev yapacağı. "Ulusal Koordinasyon Birimi"nin kurulması;

-Projelerin, görevli kamu kuruluşlarının merkez ve taşra teşkilatı tarafından uygulanması;

-Havza yönetimi kapsamında mevcut devam eden yatırımların, onaylanan yeni projelerin havza yönetim birimleri tarafından denetlenmesi.

Ayrıca Burak vd. (1997) tüm bu yönetimin gerçekleştirilmesi, için su kaynak yönetimi ve gelişimi ile ilgili yasal düzenlemelerin acilen yapılması, gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Düzenlenecek yasalarda suyun, kullanımı-ile ilgili devlet kontrolü derecesi, sorumluluklar ve koordinasyon mekanizmasının çok ayrıntılı düzenlenmesi ve kullanan öder, kirleten öder, suyu koruyan desteklenir prensiplerinin bulunması gerekliliğini vurgulamışlardır.

"Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı" doğrultusunda hazırlanan "Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi özel İhtisas Komisyon Raporu (DPT, 2001)^M isimli çalışmada Türkiye'nin mevcut su ve toprak kaynaklarının durumu ve bugüne kadar izlenen politikalar açıklanmış, yapılması planlanan yasal ve kurumsal düzenlemeler, öngörülen yatırımlar ve su ve toprak kaynakları üzerindeki sorular ve önleyici çalışmalar raporlanmıştır. Bu çalışmada su kaynaklarının bütüncül yönetimi ve geliştirilmesini,, sulakalan ekosistemlerinin işlev ve değerinin korunmasını ilke edinen ulusal sürdürülebilir su politikası oluşturulması genel olarak amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşılması için mevcut su kaynakları idari sisteminde DSİ kuruluş ve vazifeleri ile su kullanıcı birlikleri kanununda yasal düzenlemeler yapılması gerekliliği ve su kanununda devletin su yetkisinin açıkça belirtilmesi, su kullanım önceliklerinin, su kullanım bedellerinin belirlenmesi ve kirleten öder ilkesinin mevcut olması gerekliliğini öngörmüşlerdir.

Ülkemizde havza bazında su kaynakları yönetimine yönelik yapılan uygulama çalışmalarına Hallaji ve Yazıcıgil (1996), Meriç (2003) ve Şakıyan ve Yazıcıgil. (2004) örnekleri sayılabilir. Hallaji ve Yazıcıgil (1996) çalışmalarında deniz suyu girişi problemi yaşayan Hatay-Ezrin kıyı akifer sisteminin en uygun işletiminin sağlanması için yedi adet yeraltısu yönetim modeli geliştirerek, alan için uygun pompalama politikaları belirlemiştir, Meriç (2003) çalışmasında Akarçay Havzası yeraltısu kaynakları potansiyelinin günümüzdeki ve gelecek-

teki ihtiyaçlar doğrultusunda sürdürülebilir kullanımı ve bu potansiyelden maksimum faydayı sağlayacak şekilde tahsisatı için bir su kaynakları yönetimi geliştirmiş ve bu yönetimi Coğrafi. Bilgi. Sistemi (CBS) tabanlı bir karar destek sistemi ile desteklemiştir. Şakıyan ve Yazıcıgil (2004), Küçük Menderes Havzası akiferinin yeraltısu potansiyelini belirleme ve yeraltısu yönetim planı geliştirmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Söz konusu çalışmada Küçük Menderes akifer sisteminin emniyetli verim ve optimum işletim limitlerini ortaya koymak üzere alternatif yeraltısu yönetim senaryolarının sistem, üzerindeki etkileri ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir.

Sonuçlar ve Tartışmalar

Havza bazında gerçekleştirilen su kaynakları yönetim çalışmalarında kullanılabilir verim değeri hesaplamalarının hidrolojik sistemin dinamik yapısını göz önünde bulundurması ve sistemde istenmeyen etkiler yaratılmadan emniyetli işletilmesi,, kaynağın sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Bu kapsamda klasik emniyetli verim hesaplamaları yerine hidrolojik sistem bileşenlerini zaman ve konumun, bir fonksiyonu olarak, değerlendiren ve su kaynağının miktar kadar kalite açısından da korunmasını sağlayan sürdürülebilir verim değeri belirlenmelidir. Söz konusu sürdürülebilir verim değerinin belirlenmesi işlemleri sırasında çeşitli matematiksel modelleme uygulamaları, ayrıntılı istatistik! çalışmalar gibi nümerik değerlendirmeler, etkin bir araç olarak hidrolojik sistemin davranışlarını ortaya koyması açısından kullanılmalıdır. Sürdürü-

lebilir verim, değerinin belirlenmesinde göz ardı edilmeyecek önemli bir hususta çevresel gereksinimlerin her koşulda göz önüne alınması gereklidir. Kullanılabilir verim değeri belirlenirken su kaynak sisteminden maksimum kazancın sağlanması amacının yanında ekosistem içindeki diğer sistemlerin işleyişinde değişimlere neden olunmamasına dikkat edilmelidir,

Havza su kaynakları yönetimi için ülkemizde idari yapıda bir düzenleme gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu konuda ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalarda üzerinde özellikle durulan düzenleme şu şekilde önerilmektedir: Havza içinde su kaynakları yönetimi yetkisi, havza içinde bu kaynaklar ile ilgili görev yapan kurum, kuruluşların yanında bölge idari yapısında görev alan karar vericiler ve su kullanıcılarının katılımı ile oluşturulacak bir "Havza Yönetim Komisyonu"na verilmelidir. Havza yönetim komisyonunun mevcut sistemde yasal olarak su yönetimi hakkına sahip olan ve kuvvetli idari ve teknik kadroya sahip merkez ve taşra teşkilatları ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü başkanlığı ve eşgüdümü ile oluşturulması en uygundur. Havza yönetim komisyonu tarafından oluşturulacak "Havza Yönetim-İşletim Modelleri" kapsamındaki çalışmalar tüm havza yönetimlerinin kontrolünden sorumlu "Merkez Birimi"nde karara bağlanarak, havza içinde uygulamaya geçilecek ve ilgili kurumu ve kuruluşlar da (DSİ, Köy Hizmetleri, Tarım Bakanlığı, İller Bankası, Çevre Bakanlığı, İl Özel İdare, Belediye vb..) kendi yetki sınırları dahilinde havza yönetim planı doğrultusunda çalışmaları

larını sürdürmelidir. Genel anlamda su kaynakları yönetimi ile ilgili görev yapan sektörler ve kurumlar arasında çok iyi bir koordinasyon sağlanmalı,, su kaynakları yönetimi ile ilgili tüm konular bir eşgüdüm altına toplanmalıdır. Su kaynakları sistemi için bu eşgüdümün havza bazında gerçekleştirilmesi, sisteminin doğal sınırları dahilinde bir bütün olarak ele alınması için gerekli ön koşuldur.

Ülkemizin mevcut su kaynakları hukuki yapısı da havza bazındaki uygulamayı destekleyecek düzeyde değildir. Bu amaçla ülkemiz için gerek su yasaları gerekse su kaynakları ile ilgilenen kurum, kuruluşların vazifelerini gösteren yasalarda bir revizyona ihtiyaç bulunmaktadır. Bu sebeple su kaynaklarından yönetimi konusunda gerek karar verme gerekse araştırma amaçlı görevler üstlenen kamu kuruluşları, yerel yönetimler ve üniversitelerin bir araya gelerek havza yönetim/işletim çalışmalarını bir standart dahilinde düzenlemeleri gerekmektedir. Öncelikle su kaynakları için gerek miktar gerekse nitelik gözlemleri için bir standart oluşturulmalı, eldeki tüm bilgiler bir havza veri sisteminde depolanmalıdır. Bu kaynağın işletilmesi ve korunması amacıyla çeşitli tarihlerde çıkarılmış Kanun, Kanun Hükmünde Kararname, Tüzük ve Yönetmeliklerin yanı sıra günümüzde çalışmalarına devam, edilen 4^{v r a} P^a Birliği uyum yasaları çerçevesinde yürütülen düzenlemeler tek bir çerçevede birleştirilerek bir "Su Kanunu" çıkarılmalıdır.

Mevcut su yasasında bulunmayan, ama su kaynağının verimli olarak kullanılması

için gerekli bir koşul da suyu kullanan bedelini öder politikasının su yasası içerisinde yerini alması gerekliliğidir. Genel, görüş olarak bir kamu malı olarak görülen su kaynakları ekonomik bir değer olarak değerlendirilmelidir. Mevcut sistem içinde su kullanımında bir fiyat uygulaması bulunmamakta ve bu kaynağın ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından karşılanan kuruluş maliyetleri uzun dönemler içinde bile geri dönmekte, mevcut borçlar da belirli dönemlerde silinmekte veya faizsiz olarak hiçbir değeri olmayacak şekilde geri ödenmektedir. Fakat su kaynakları üzerine yapılan yatırımların kendi kendini karşılaması zorunludur. Bu amaçla su bedelleri, ayrıntılı olarak belirlenecek ve kullananın suyun bedeli zamanında ödenmesini sağlayacak, bir sistem devreye sokulmalıdır.

Su kaynaklarının, kullanımı havza içindeki diğer kaynak grupları içinde çok önemli bir parametredir. Havza kaynaklarının en verimli kullanımı tüm havza kaynakların birlikte doğru olarak kullanılmasını da zorunlu kılmaktadır. Verimlilik ve sürdürülebilirlik için sadece su kaynağının, sistem içindeki yeri değil, su-toprak-bitki üçgeni içindeki tüm ilişkilerin bütün olarak incelenmesi gereklidir. Bu amaçla su kaynakları konusunda gerek yasal düzenlemeler gerekse havza bazındaki, planlar toprak ve tarım politikaları ile birlikte değerlendirilmelidir.

Değerlendirilen Belgeler

Bredhoeft, J., 1997, Safe yield and water budget myth, *Groundwater*, 35(6), 929 p.

Burak, S., Duranyıldız, L., Yetiş, Ü. 1997, Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynakları Yönetimi. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 116 s.

DPT, 2001, Su havzaları kullanımı ve yönetimi özel ihtisas komisyonu raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT 2555, ÖİK 571, Ankara,, 198 s.

DSİ, 1999, Etüt ve Değerlendirme Şube Müdürlüğü Yeraltısu Araştırma Faaliyetleri. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısu Daire Başkanlığı, Ankara, 36 s.

Hallaji, K., Yazıcıgil, H., 1996, Optimal management of a coastal aquifer in Southern Turkey. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Volume 12.2, Issue 4, 233-244 p.

Sophocleous, M., 1997, Managing water resources system: Why "safe yield is not suitable". *Groundwater*, 35(4), 561 p.

Sophocleous, M., 2000, From safe yield to sustainable development of water resources-The Kansas experience, *Journal of Hydrology*, 235, 27-43 p.

Şakıyan, J., Yazıcıgil, H., 2004, Sustainable development and management of an aquifer system in Western Turkey., *Hydrogeology Journal*, 12(1), 66-80 p.

Meriç, B.T., 2003, Akarçay (Afyon) Havzası su kaynakları yönetim modeli Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Beytepe, Ankara, 127 s (yayımlanmamış).

WCED, 1987, Our Common Future, World Commission on Environmental and Development (Brundland Commission) Oxford Univ. Press., N:4.