HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

HİDROJEOLOJİ

10.Hafta

Yeraltısuyu akım modellemesi

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin hidrojeolojide kullanımı

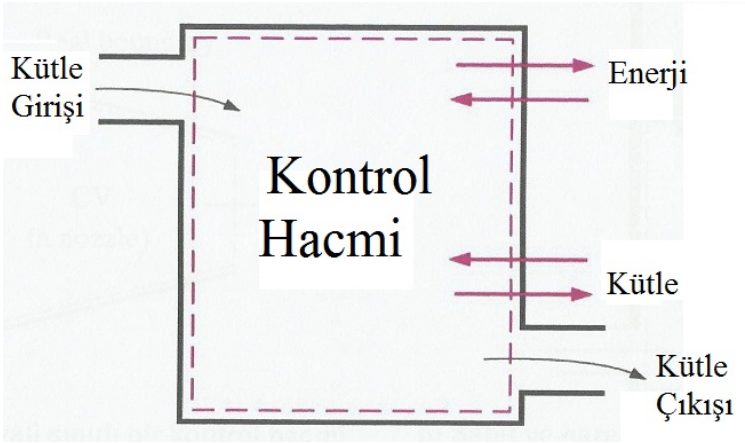
Yeraltısuyu kirliliği

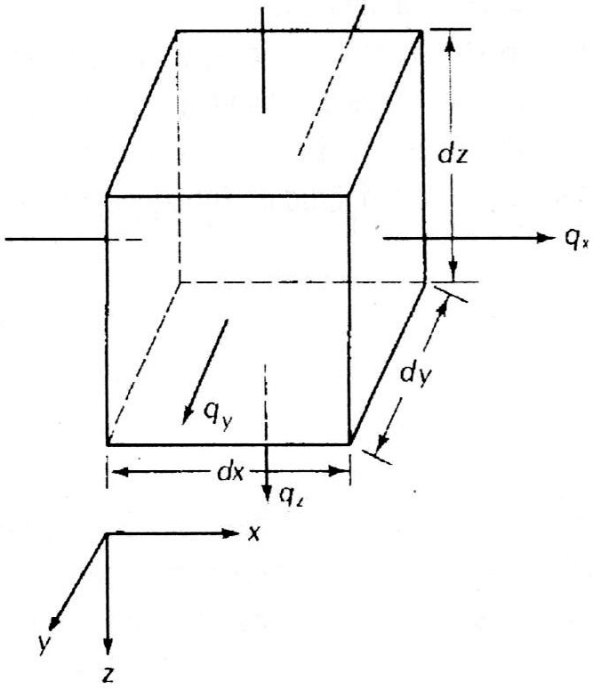
İzotopların hidrojeolojide kullanımı

Prof.Dr.N.Nur ÖZYURT

nozyurt@hacettepe.edu.tr

Yeraltısuyu Akım Denklemi





Kütlenin korunumu

Enerjinin korunumu

Basınçlı Akifer YAS Akım Denklemi

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial z^2}=\frac{S}{T}\frac{\partial h}{\partial t}$$

h: hidrolik yük
S: depolama katsayısı
T: iletimlilik
t: zaman

Serbest Akifer YAS Akım Denklemi

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}=\frac{S_y}{Kb}\frac{\partial h}{\partial t}$$

Sy: özgül depolama
K: hidrolik iletkenelik katsayısı
b: akifer kalınlığı (S.Akiferde değişken doygun kalınlık)
t: zaman

YAS Akım Denkleminin Çözümü

Analitik Çözüm; homojen ve izotrop akiferlerde sınır koşulları analitik olarak ifade edilip çözülebilir.

Sayısal (Nümerik) Çözüm; karmaşık akifer yapıları ve değişken sınır koşullarında bilgisayar yazılımları ile nümerik çözümler kullanılır.

Model Nedir?

Fiziksel Model, bir sistemin ölçekli olarak küçültülmüş kopyasıdır.

Sayısal Model, bir sistemin sayısal kavramlar ile sayısal olarak tanımlanmasıdır. Sistemin tanımlanması, farklı bileşenlerin sistem üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve ileriye dönük tahmin yapılması için kullanılırlar.

Kavramsal Model, bir sistemin daha iyi anlaşılabilmesi için tasarlanan genelleştirilmiş şeklidir.

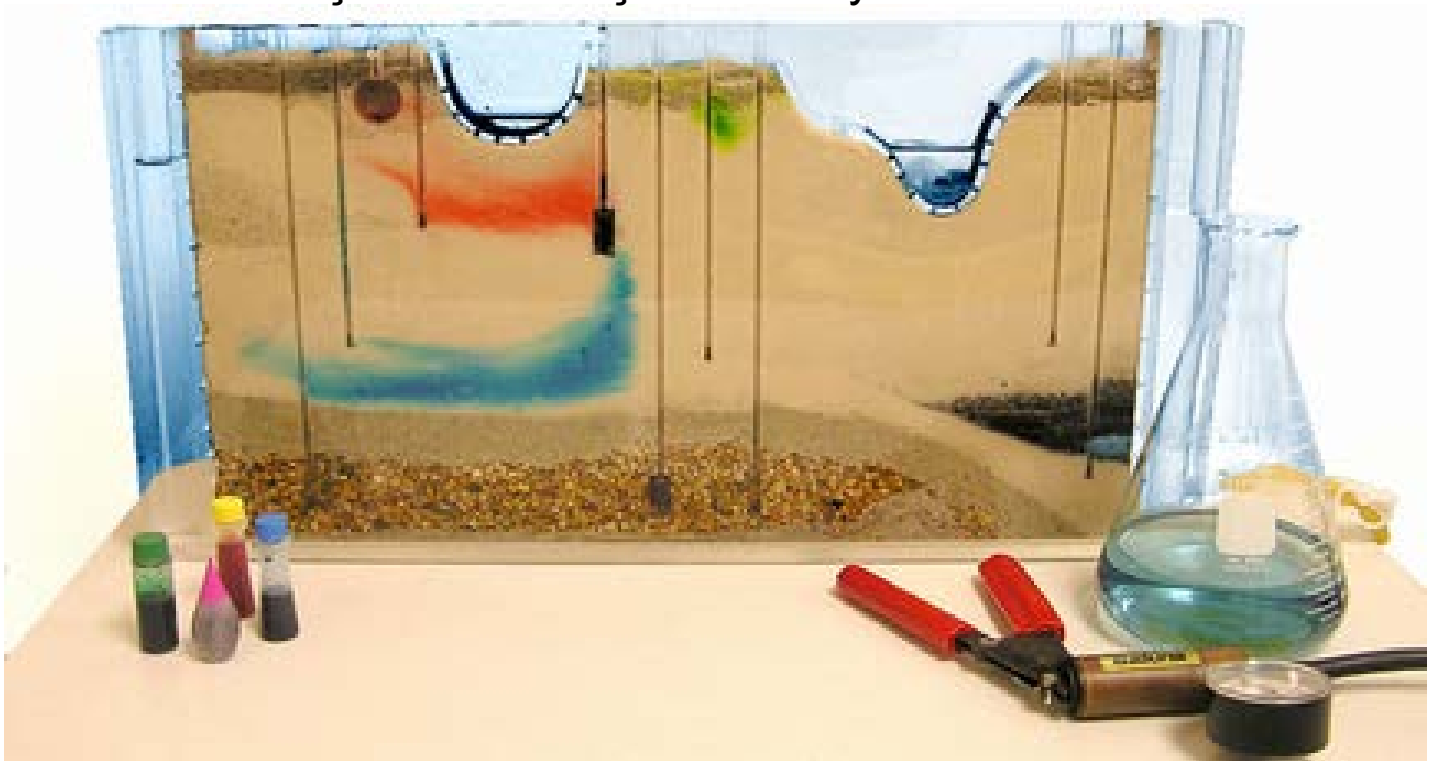
Fiziksel YAS Akım Modeli



Laboratuvar ortamında akiferin küçültülmüş bir tür maketinin yapılması ile fiziksel akım modelleri oluşturulur.
Oluşturulması zahmetli lan modeller ile üretilabilen bilgiler sınırlıdır. Günümüzde sayısal modeller ve sayısal 3 boyutlu akifer haritalaması giderek yaygınlaşmaktadır.
Ancak fiziksel modeller eğitim aracı olarak oldukça etkindir.

Fiziksel YAS Akım Modeli

Özellikle akiferler için tehdit oluşturan kirletici taşınımının benzeştirilmesi açısında oldukça etkili bir yöntemdir.



Aşağıdaki bağlantıdaki videoyu izleyiniz. Videoyu izlerken İngilizce altyazı yada Türkçe çeviri seçeneklerini kullanabilirsiniz. Video içeriğinden yapılacak sınavlarda sorumlu olduğunuz hatırlatmak isteriz.

https://www.youtube.com/watch?v=nOe9cGo15_U

Sayısal YAS Akım Modeli

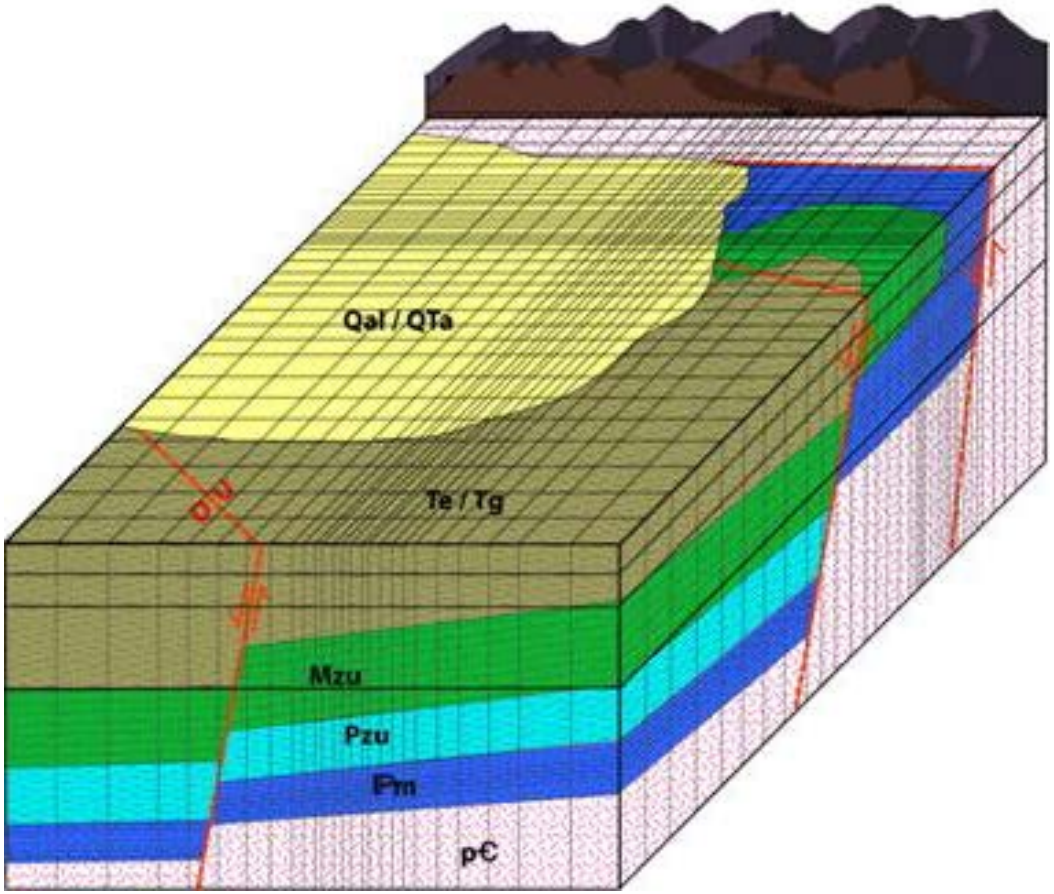
Yeraltısuyu akım modellemesi için 3 boyutlu hidrojeolojik sistem küçük parçalara ayrılır.

Oluşturulan her bir model hücresi için YAS akım denkleminin gerektirdiği tüm bilgiler tanımlanır.

Model hücreleri akışa izin veren, akış gerçekleşen yada sabit yüklü hücre olarak tanımlanır.

Model çalıştırıldığında tanımlanan koşullar için başlangıç yük dağılımından itibaren sonuç yük dağılımı model tarafından oluşturulur.

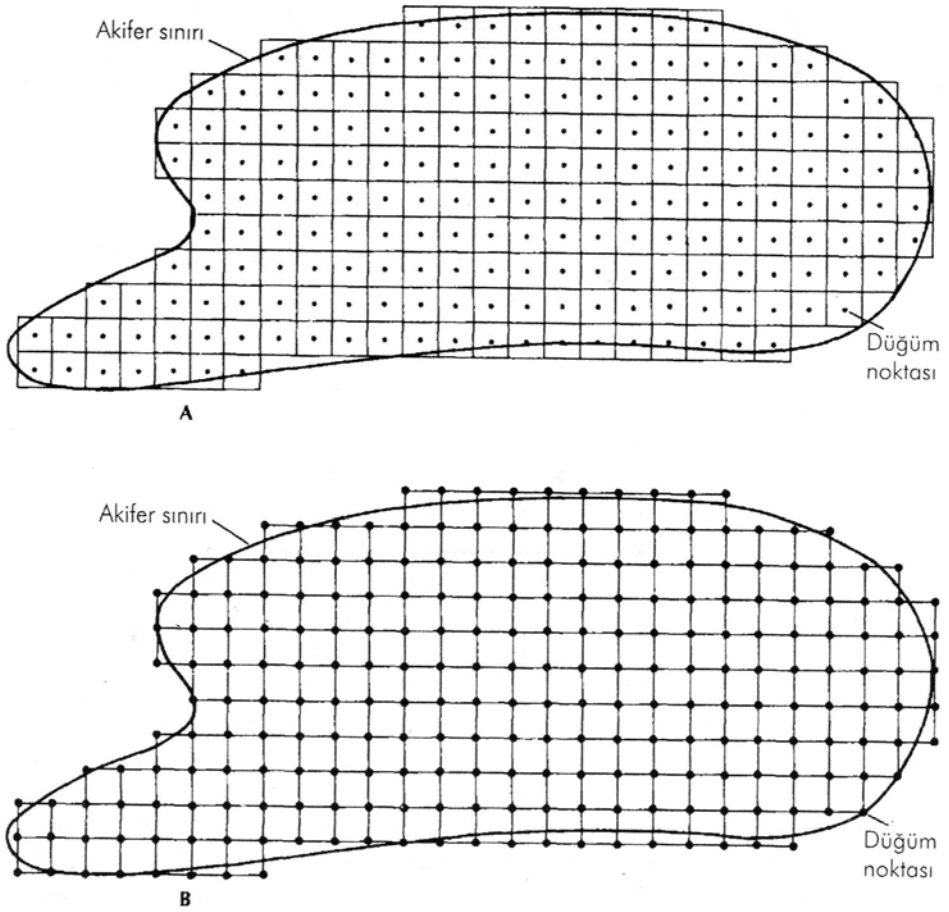
Sayısal YAS akım modellemesi ile YAS ile ilgili işletme planlarının, YAS sistemini etkileyecek projelerinin (maden, baraj vb), iklim değişimi, YAS kullanımındaki değişikliklerin yeraltısuyu sisteminde yaratacağı olumlu/olumsuz etkilerin ilgili projeler gerçekleştirilmeden önce simüle edilmesi mümkün olmaktadır.



Sayısal YAS Akım Modeli

YAS akım modelleri akım denkleminin çözümü için farklı sayısal çözüm yöntemlerini kullanmaktadır.

Dünyada yaygın olarak kullanılan YAS akım model yazılımlarının öndegelenleri MODFLOW ve FEFLOW'dur.



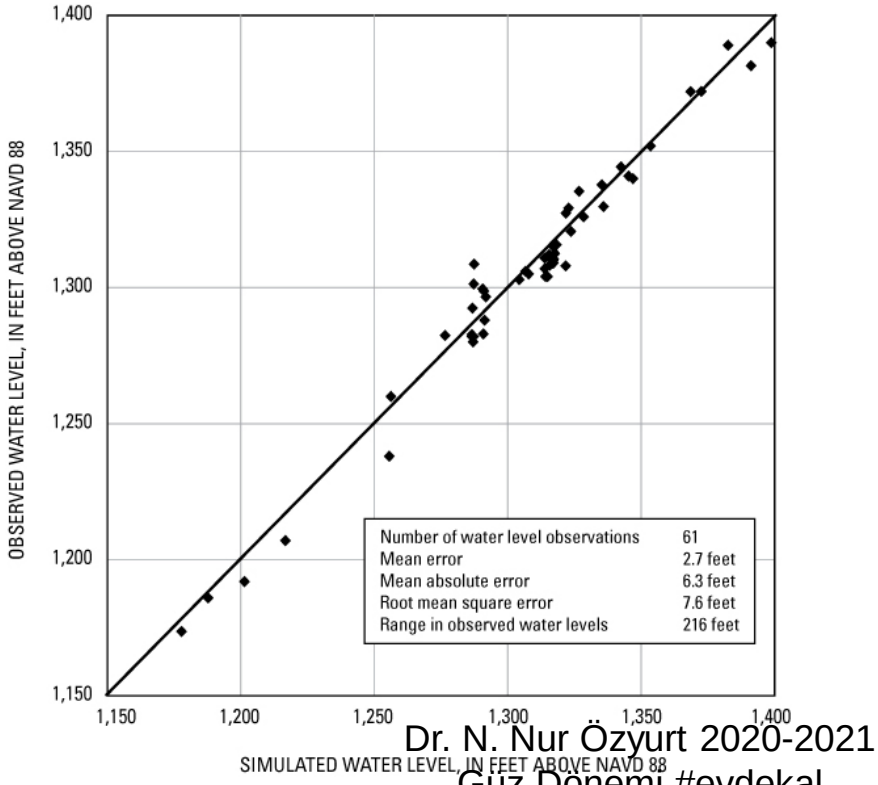
Şekil 13.1 Bir akiferi kapsayan sonlu farklar noktalar ağı. A. Blok merkezli sonlu farklar noktalar ağı. B. Köşe merkezli sonlu farklar noktalar ağı.

Model Verileri

- Tüm akifer ve geçirimsiz birimlerim alansal yayılımları, kalınlıkları
- Yüzey su kütleleri ve akarsuların alansal olarak konumları
- Akiferlerin iletimlilik ve depolama katsayıları
- Geçirimsiz birimlerin iletimlilikleri
- Akifer ile yüzey su kütleleri arasındaki hidrolik bağlantılar
- Akiferlere ait hidrolik yük dağılımları
- Akiferlerin doğal ve beslenim ve boşalım bölgeleri
- Beslenimi oluşturan yağış verisi ve alansal dağılımı
- Buharlaşma kayıpları
- Üretim kuyularının konumları ve çekim miktarları

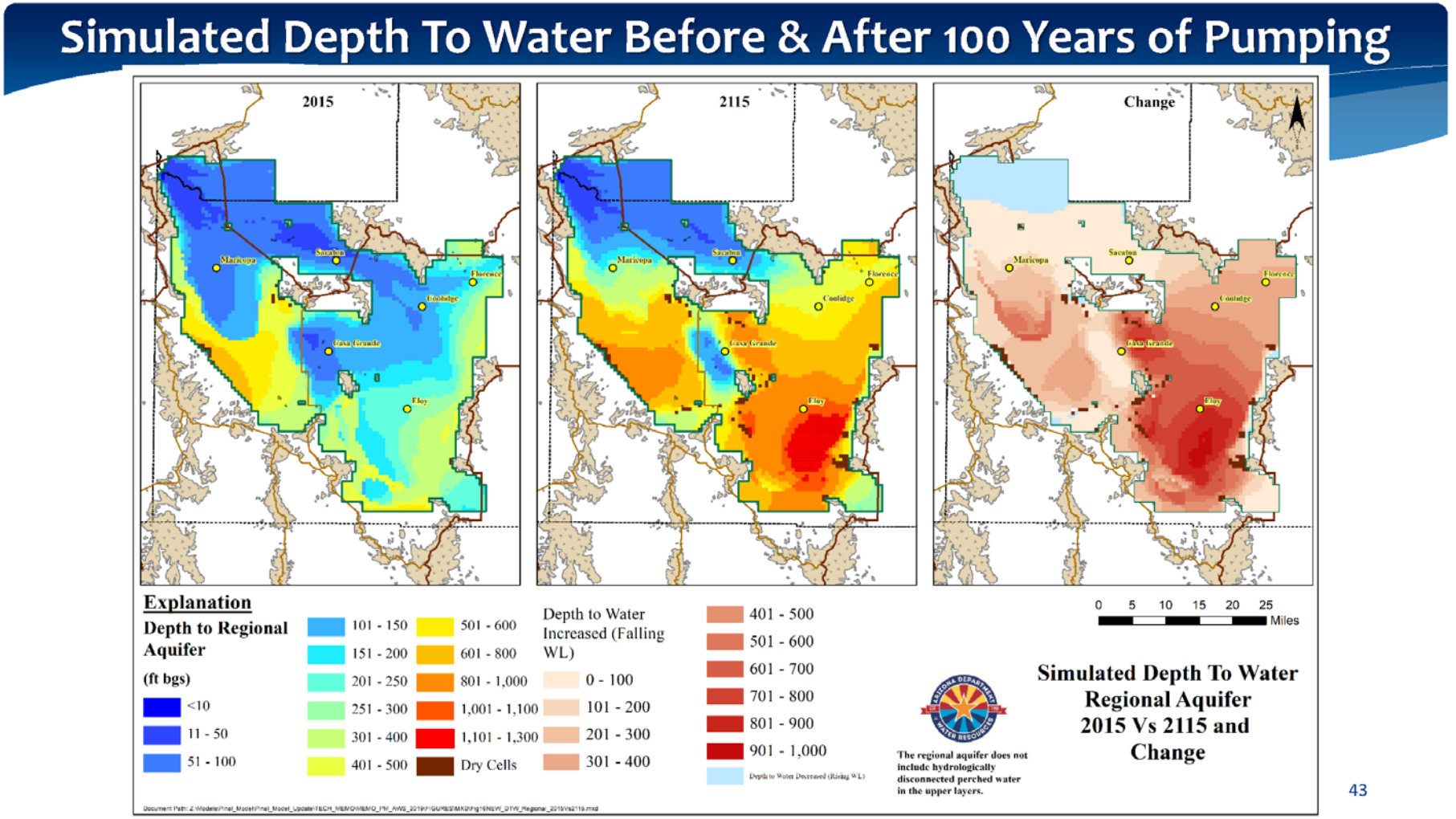
Modelleme Aşamaları

- Eldeki tüm veriler ile modelin oluşturulması
- Oluşturulan modelin kalibrasyonu (ayarlanması)
- Modelin doğrulanması (verifikasyon)



Modelleme Örnek

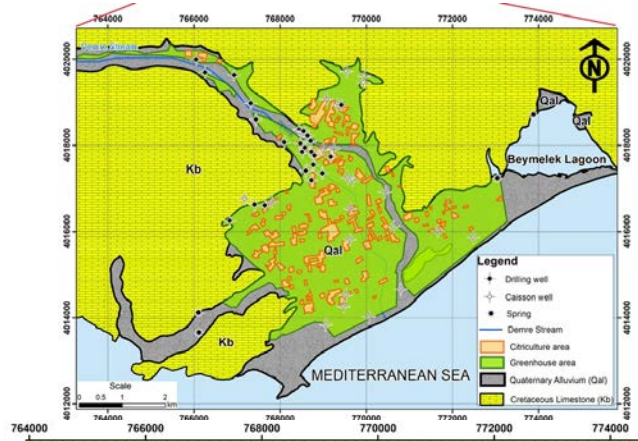
ABD'de Arizona Eyaletinde 10000 km2 lik alana yayılan Pina Akiferi için yeraltısuyu kaynağının yönetimi için yapılmış bir çalışmadan alınan bilgiler sunulmuştur. Akiferde uzun yıllar (100 yıl) sürecek yeraltısuyu pompajı sonucundaki yük dağılımının belirlenmesi.

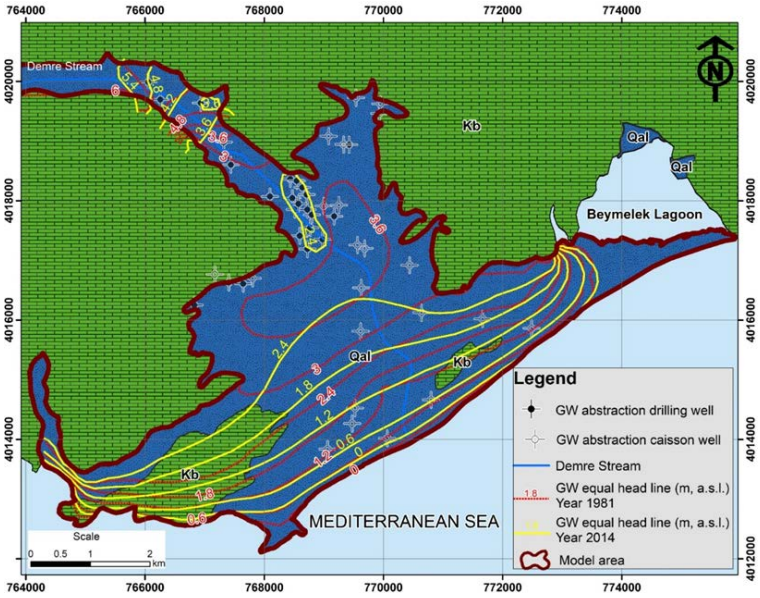


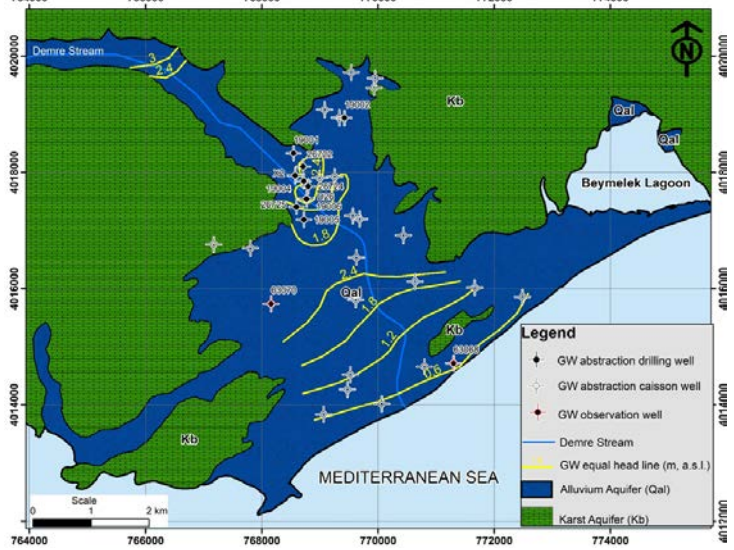
https://new.azwater.gov/news/articles/2019-07-11-0

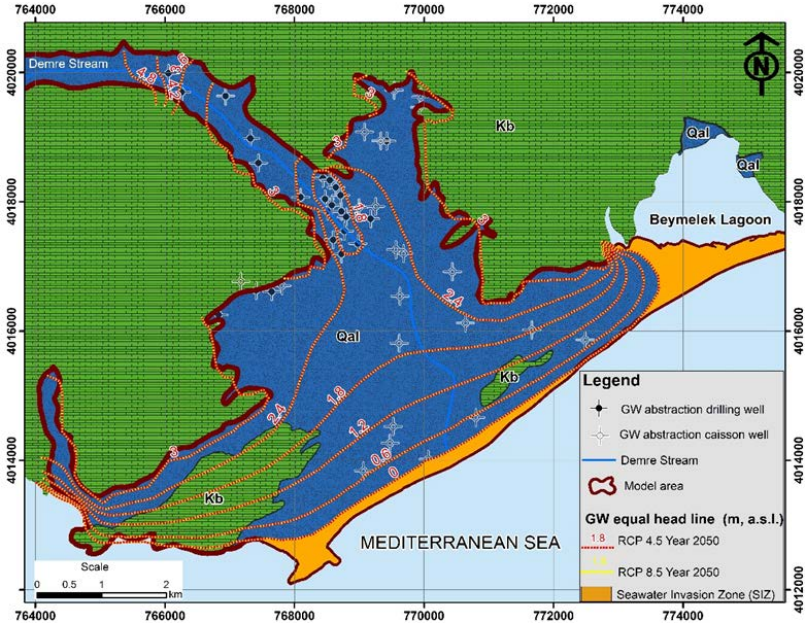
Modelleme Örnek

Demre Kıyı akiferinde YAS yük dağılımının iklim değişimi ve su ihtiyacına bağlı olası değişiminin belirlenmesi.





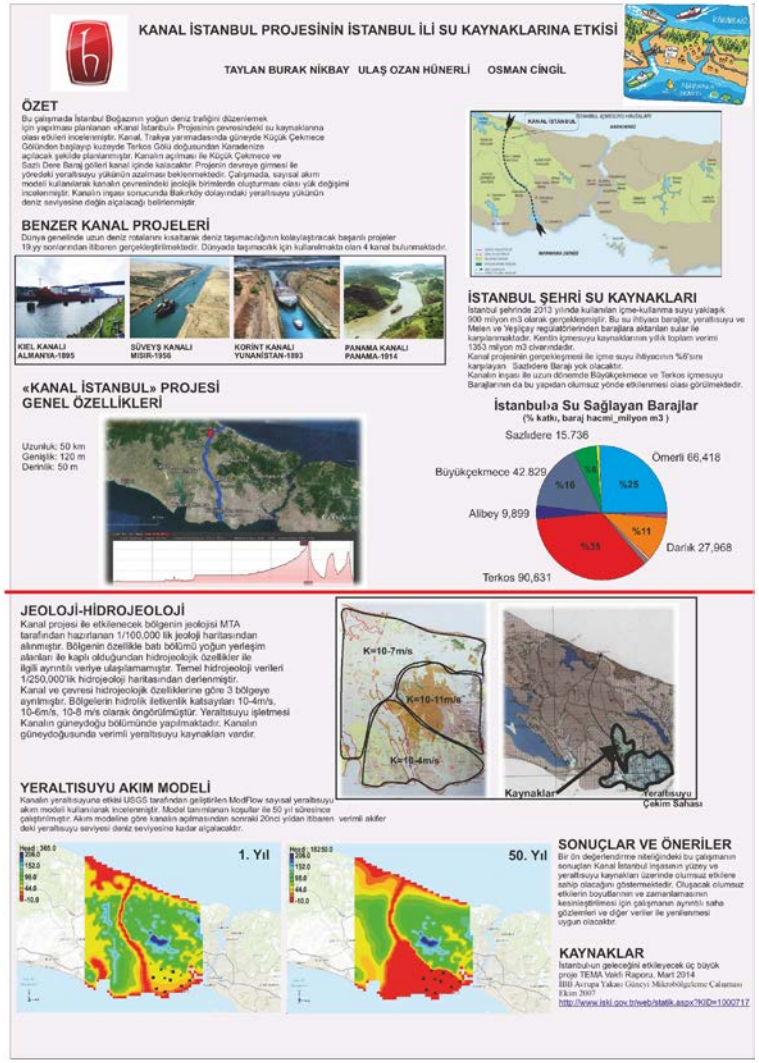




Avcı P., 2015, Investigation of The Sustainable Groundwater Use in The Demre Coastal Aquifer (Antalya, Turkey) Based on Numerical Flow Modeling, Hacettepe University Graduate School of Science and Engineering, Ph.D. Thesis, 202 p

Modelleme Örnek

Yapımı planlanan Kanal İstanbul projesinin YAS kaynaklarına olası etkilerinin belirlenmesi için yapılmış YAS akım modeli. Çalışmada literatür verileri kullanılmıştır. Kesin sonuçlara için güncel verilerin kullanılması gerekir. Eğitim amaçlı bir çalışmadır.



Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021
Güz Dönemi #evdekal

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

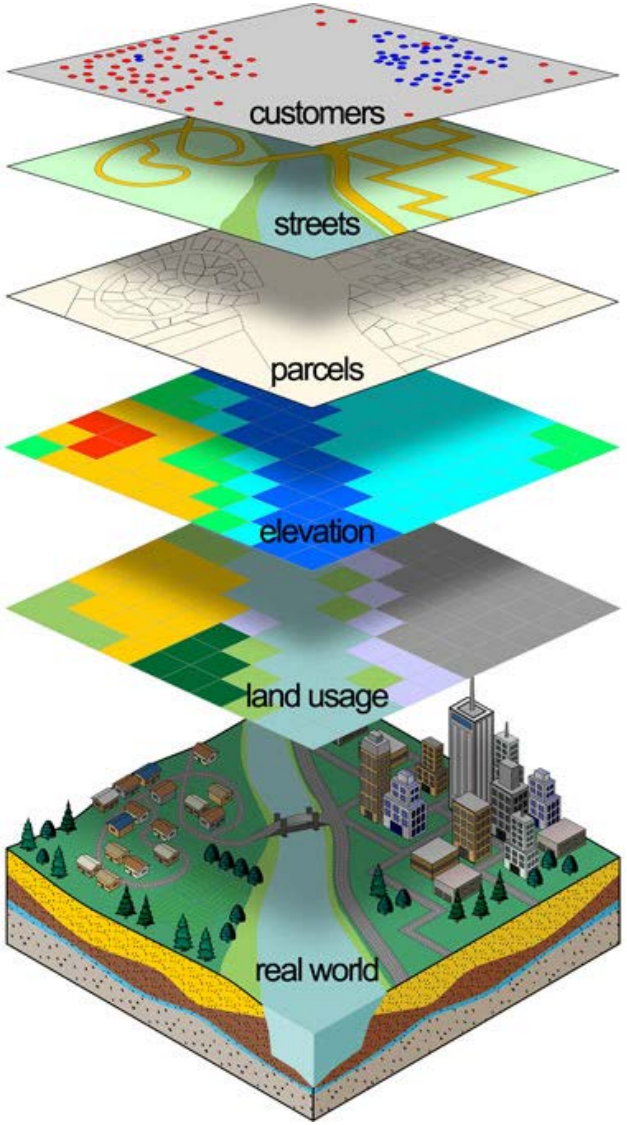
CBS mekânsal verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren bir bilgi sistemidir.

Koordinatlı olarak tanımlanabilen verilerin tümü CBS platformlarına eklenebilir.

CBS sistemindeki veriler kullanılarak sorgulamalar, hesaplamalar hatta ileri dönük projeksiyonlar yapılabilir.

Yerbilimleri uygulamaların tamamından kullanılabilecek bir sayısal veri deposudur. Mesleğinde donanımlı CBS kullanıcıları için günümüzde fırsatlar oldukça çoktur.

Aşağıdaki linkten ücretsiz CBS yazılımı indirebilir ve CBS uygulamalrıı hakkında bilgi edinebilirsiniz.
https://qgis.org/tr/site/forusers/download.html



CBS platformunda hidrojeolojik veriler

CBS platformundaki temel alansal elementler noktalar, çizgiler ve polygonlardır.

Hidrojeolojik harita bileşeni	CBS elementi	CBS veri türü
Akifer ve geçirimsiz jeolojik birimlerim alansal yayılımları	polygon	
Jeolojik birimlerin kalınlıkları	noktasal	Enterpolasyon ile alansal raster veriye dönüştürülür
Yüzey su kütleleri	polygon	
Akarsular	çizgi	vektör
Akiferlerin gözeneklilik, iletimlilik ve depolama katsayıları	noktasal	Enterpolasyon ile alansal raster veriye dönüştürülür
Akiferlere ait hidrolik yük dağılımları	noktasal	Enterpolasyon ile alansal raster veriye dönüştürülür
Yağış ve buharlaşma gözlemleri	noktasal	Enterpolasyon ile alansal raster veriye dönüştürülür
Üretim kuyularının konumları ve çekim miktarları	noktasal	

CBS platformundaki bu veriler ile hesaplama ve sorgulamalar yapılabilir ve veriler yeraltısuyu akım modeli aktarılabilir.

YAS Kirliliği

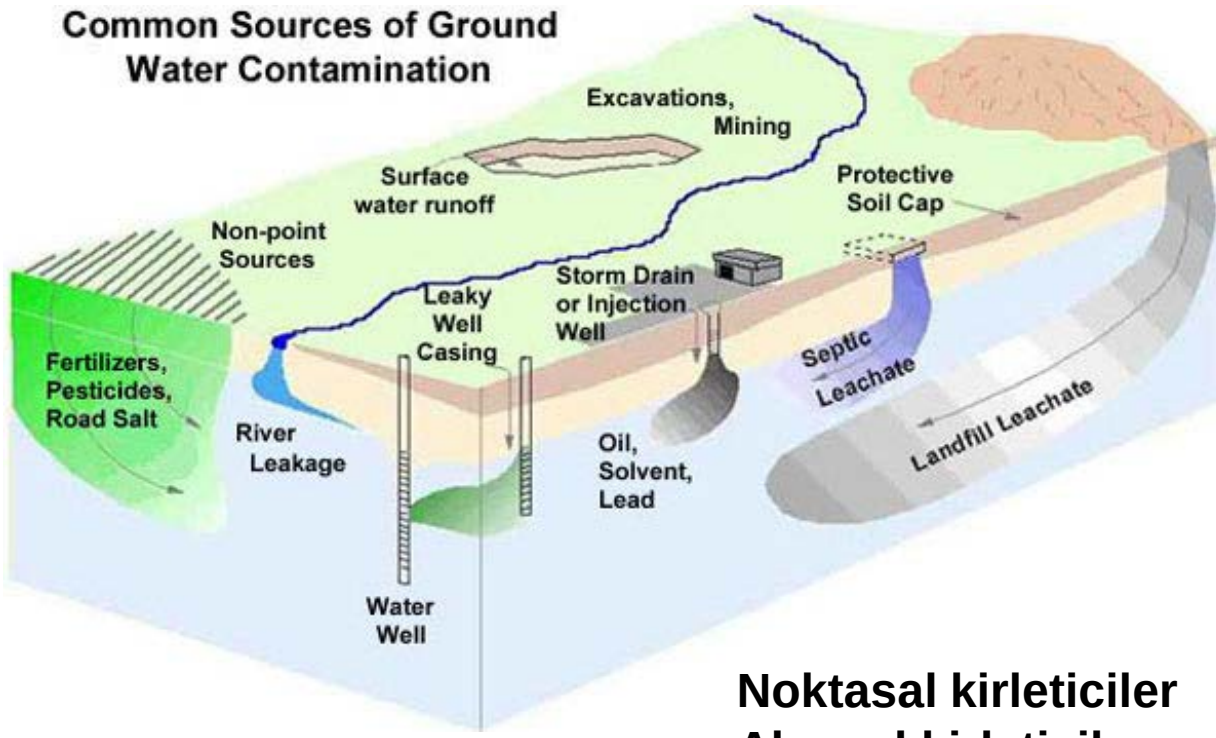
Yeraltısuyu kirliliği, suyun kalitesinin antropojenik yada doğal nedenler ile bozulması durumudur.
Suda kalite göstergesi özelliklerin bozulması/beklenen değerlerin üstüne çıkması durumunda yeraltısuyu kirlenmiş olarak kabul edilir.

Antropojenik kökenli kirlilik kaynakları

- Tarımda kullanılan kimyasal ilaç ve gübreler
- Atık depolama alanları
- Foseptik
- Yeraltı iletim boruları ve depolarından sızıntı
- Buzlanmayı önlemek için depolanan tuz
- Enjeksiyon kuyuları
- Kuyu teçhizinden sızıntı
- Madencilik faaliyetleri
- Kazalar nedeni ile oluşan kontrolsüz deşajlar

Doğal kirlilik nedenleri

- Tuzlu-su girişimi
- Yeraltısuyu dolaşımı sürecinde gerçekleşen çözünme



Noktasal kirleticiler
Alansal kirleticiler

Suyun kirlenmiş olduğuna nasıl karar verilir?

Her ülkenin bu konuda kendi tanımladığı limit değerlere dayalı mevzuatı bulunmaktadır.

Ülkemizde bu limit değerler **SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ**, 31.12.2004 Resmî Gazete Sayısı: 25687 ile tanımlanmıştır.

Yönetmelik ile I., II., III. ve IV. su kalite sınıfları belirlenmiştir.

Yönetmelik aynı zamanda farklı faaliyetlerden (sanayi kuruluşları, maden vb) alıcı ortamlara yapılacak deşaj suyu kalitesini de tanımlamaktadır.

Su kalitesinin korunması için sürekli gözlem yapılması gereklidir.

(https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5)

TABLO 1: KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ

	SU KALİTE SINIFLARI			
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O_2/L)[a]	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%)[a]	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl^-/L)	25	200	400[b]	> 400
6) Sülfat iyonu (mg $SO_4^{=}$/L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH_4^+-N/L)	0.2[c]	1[c]	2[c]	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO_2^--N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO_3^--N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na^+/L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri[d]				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr^{+6}/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F^-/L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl_2/L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg $S^{=}$/L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000[e]	1000[e]	1000[e]	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (Bq/L)				
Alfa-aktivitesi	0,5	5	5	> 5
beta-aktivitesi	1	10	10	> 10
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

İzotop Çalışmaları

İzotop: Atom numarası aynı, kütle numarası farklı olan atomlara izotop denir.

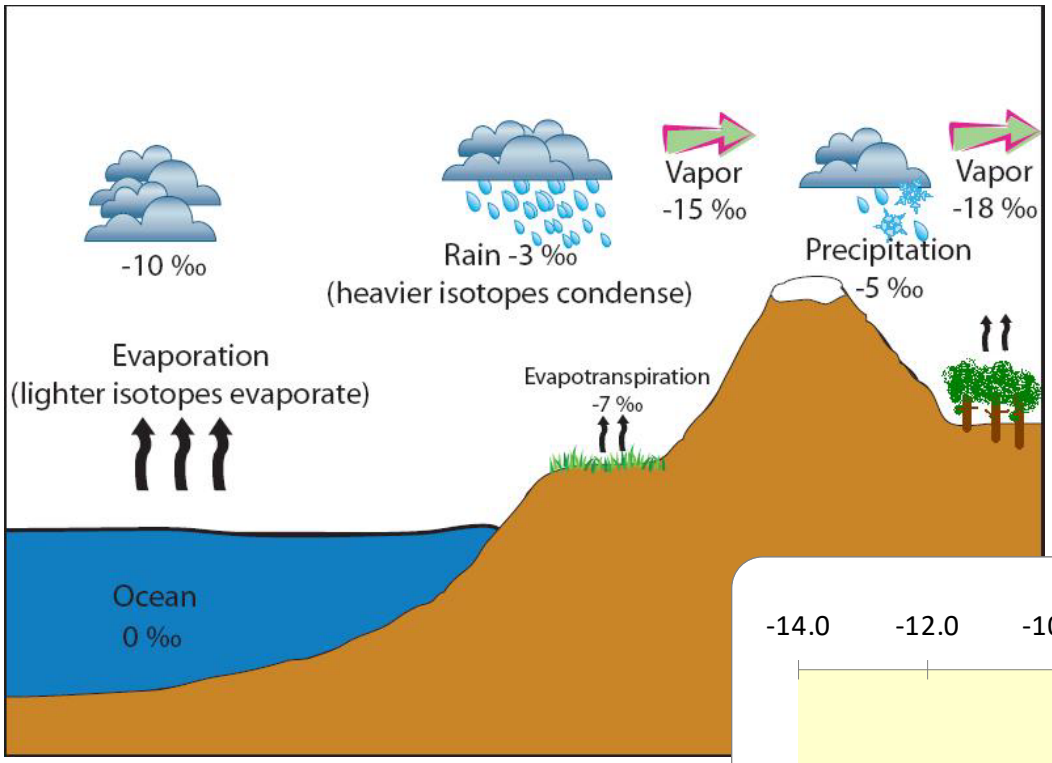
Diğer bir deyişle proton sayıları aynı (p.s= A.N), nötron sayısı (K.N= p.s + n.s) farklı atomlara izotop denir.

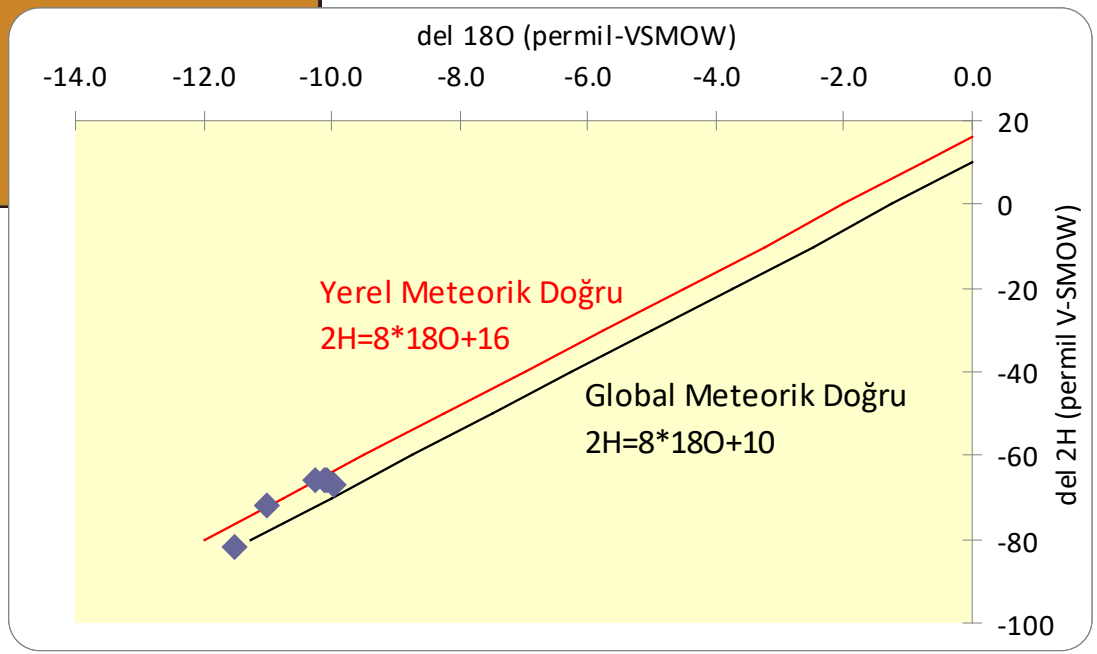
Duraylı İzotoplar (Oksijen-18 (18O)- Döteryum (DH))

Radyoaktif İzotoplar (Trityum (3H), Karbon-14 (14C))

İzotop çalışmaları modern hidrojeoloji araştırmalarının başlıca araçlarından biridir.

18O-DH ile Beslenim Bölgesi Belirlenir



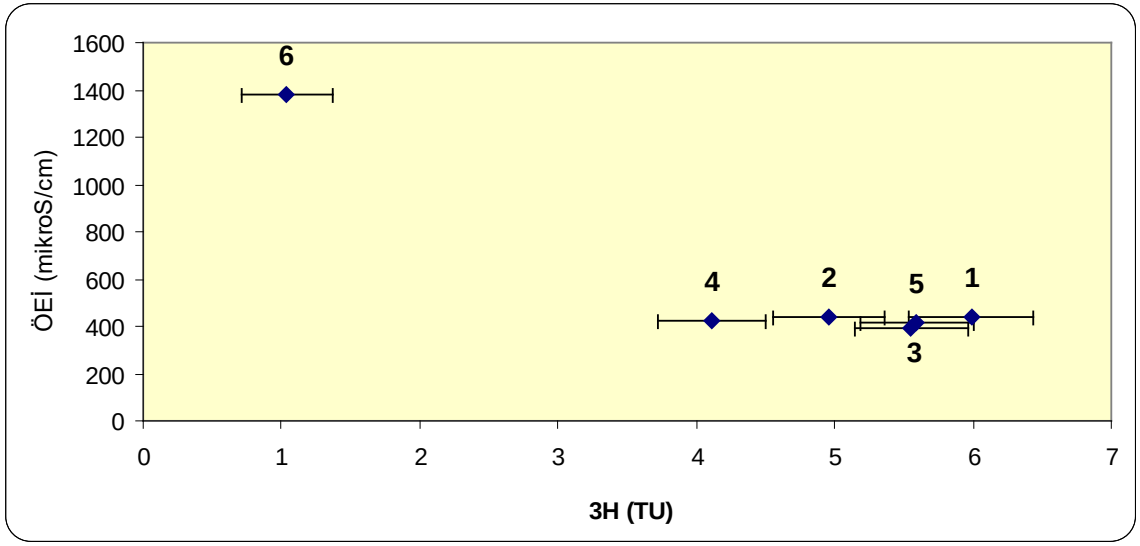


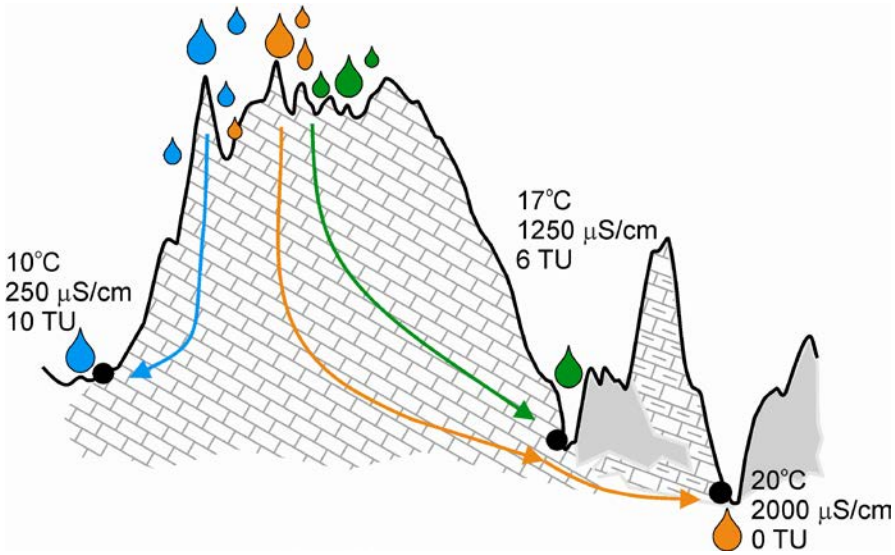
Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021
Güz Dönemi #evdekal

Trityum-YAS Geçiş Süresi

Trityum izotopunun yarı ömrü yaklaşık 12 yıldır.

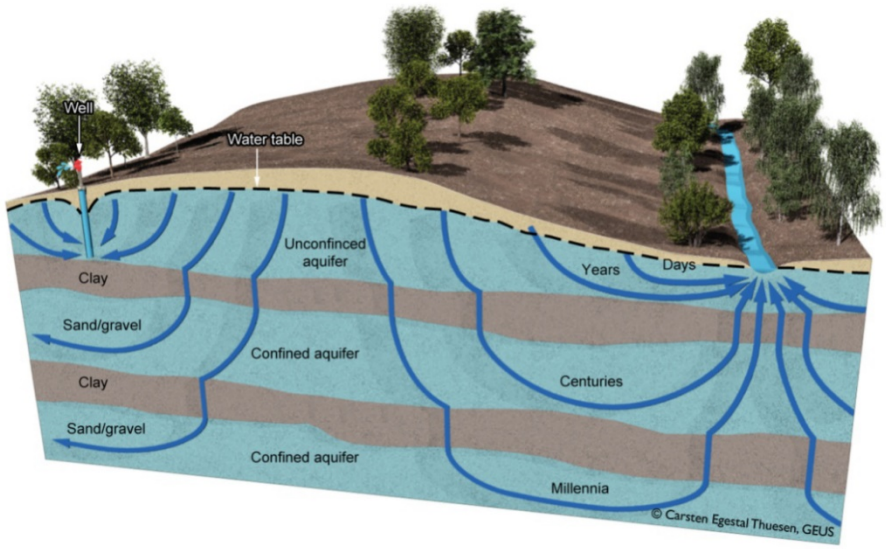
Radyoaktif izotoplar kullanılarak suyun beslenim ve boşalım arasında yeraltısuyu dolaşımında geçirdiği süre belirlenir.

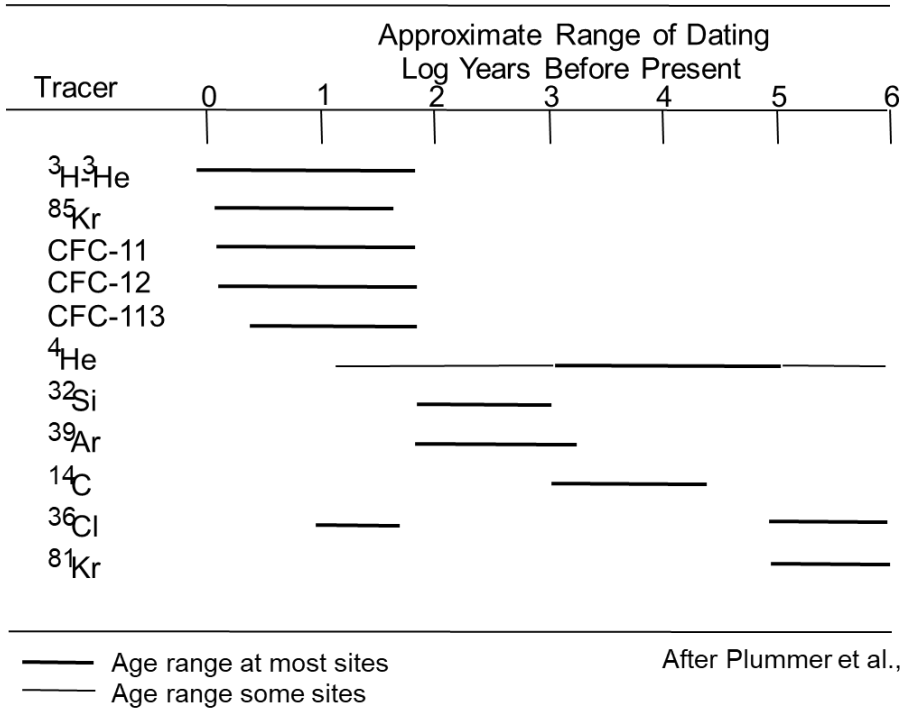




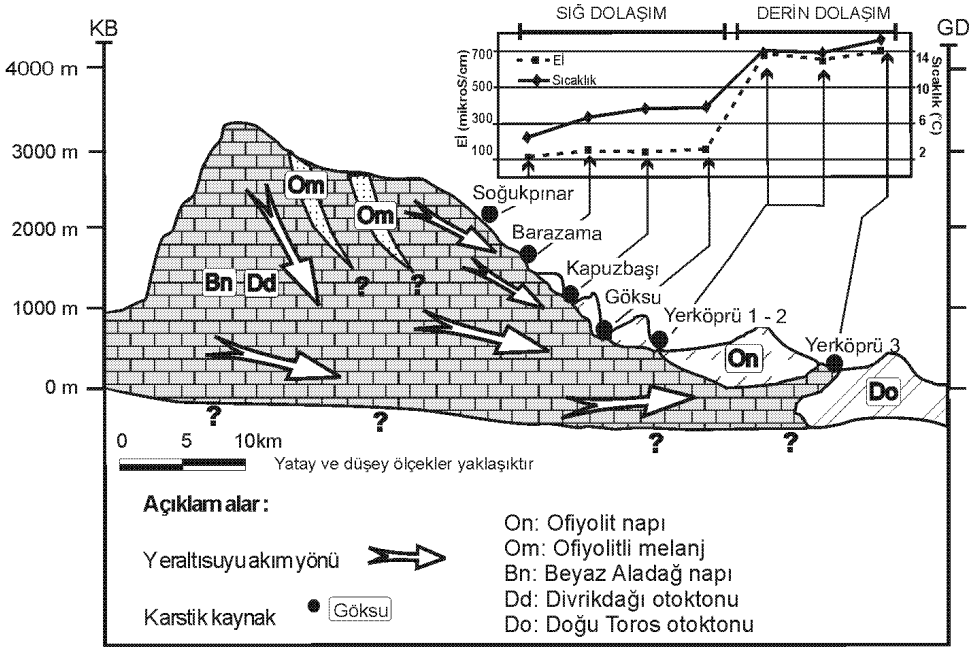
Soru: Beslenim döneminde yağışın 3H içeriği 22 TU ve kaynaktan alınan örneğin 3H içeriği 5.5 TU ise yeraltısuyunun akiferde kalış süresi ne kadardır? (3H için yarılanması süresini 12 olarak kabul ediniz.)
Cevap: 24 yıl

YAS Geçiş Süresi





Aladağ Karstik Akifer sisteminin farklı kaynaklarca boşaltılan rezervuar bölümleri için hidrolik değerlerin tahmini



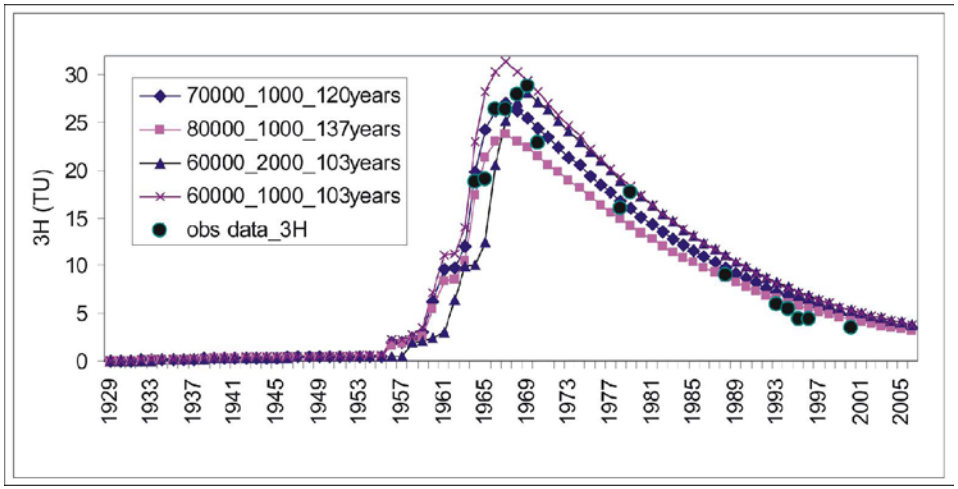
	3H ile belirlenen ortalama geçiş süresi (yıl)	Beslenim Sıcaklığı (°C)	Beslenim Yükseltisi (m)
Kapuzbaşı	19.66	3.88	1882
Göksu	19.66	3.77	1893
Yerköprü-1	20.04	4.34	1832
Yerköprü-2	20.04	4.93	1768
Yerköprü-3	19.66	4.04	1865

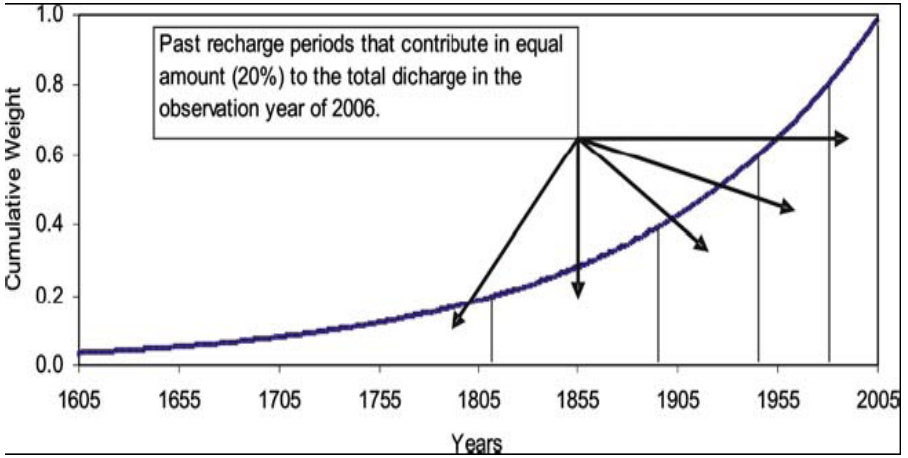
	Beslenim alanına uzaklık	Yeraltısuyu akım hızı	Kaynak boşalım kotu	Hidrolik Eğim	Hidrolik İletkenlik
	km	m/gün	m		m/gün
Yerköprü-3	40	5.57	450	0.016	343.03
Göksu	20	2.79	650	0.023	123.87
Kapuzbaşı	15	2.09	750	0.023	89.59
Yerköprü-1/2	25	3.42	800	0.012	284.82

Özyurt, 2005

Ozyurt NN (2005) Investigation of the residence time distribution in the Aladag (Kayseri-Adana, Turkey) karstic aquifer. PhD Thesis, Hacettepe University, Ankara [in Turkish]

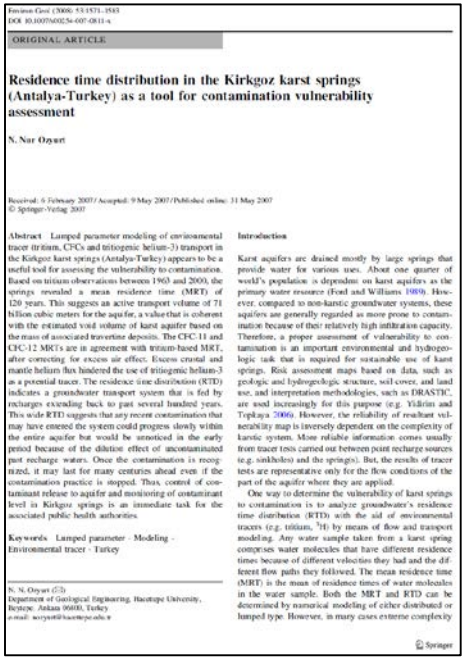
Antalya Kırkgöz Kaynaklarında Çevresel İzleyiciler ile Tümsel Model Uygulaması





Yaklaşık 100 yıl gibi uzun geçiş süresine sahip akiferin güncel kirletici girişinden kısa sürede etkinlemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Ancak akifere ulaşacak kirleticinin etkisi kaynakda uzun yıllar boyunca gözlenmeye devam edecektir.



ORIGINAL ARTICLE

Residence time distribution in the Kirkgoz karst springs (Antalya-Turkey) as a tool for contamination vulnerability assessment

N. Nur Ozyurt

Abstract Lumped parameter modeling of environmental tracer (tritium, CFCs and tritiogenic helium-3) transport in the Kirkgoz karst springs (Antalya-Turkey) appears to be a useful tool for assessing the vulnerability to contamination. Based on tritium observations between 1963 and 2000, the springs revealed a mean residence time (MRT) of 120 years. This suggests an active transport volume of 71 billion cubic meters for the aquifer, a value that is coherent with the estimated void volume of karst aquifer based on the mass of associated travertine deposits. The CFC-11 and CFC-12 MRTs are in agreement with tritium-based MRT, after correcting for excess air effect. Excess crustal and mantle helium flux hindered the use of tritiogenic helium-3 as a potential tracer. The residence time distribution (RTD) indicates a groundwater transport system that is fed by recharges extending back to past several hundred years. This wide RTD suggests that any recent contamination that may have entered the system could progress slowly within the entire aquifer but would be unnoticed in the early period because of the dilution effect of uncontaminated past recharge waters. Once the contamination is recognized, it may last for many centuries ahead even if the contamination practice is stopped. Thus, control of contaminant release to aquifer and monitoring of contaminant level in Kirkgoz springs is an immediate task for the associated public health authorities.

Keywords Lumped parameter · Modeling · Environmental tracer · Turkey

Introduction

Karst aquifers are drained mostly by large springs that provide water for various uses. About one quarter of world's population is dependent on karst aquifers as the primary water resource (Ford and Williams 1989). However, compared to non-karstic groundwater systems, these aquifers are generally regarded as more prone to contamination because of their relatively high infiltration capacity. Therefore, a proper assessment of vulnerability to contamination is an important environmental and hydrogeologic task that is required for sustainable use of karst springs. Risk assessment maps based on data, such as geologic and hydrogeologic structure, soil cover, and land use, and interpretation methodologies, such as DRASTIC, are used increasingly for this purpose (e.g. Yildirin and Topkaya 2006). However, the reliability of resultant vulnerability map is inversely dependent on the complexity of karstic system. More reliable information comes usually from tracer tests carried out between point recharge sources (e.g. sinkholes) and the spring(s). But, the results of tracer tests are representative only for the flow conditions of the part of the aquifer where they are applied.

One way to determine the vulnerability of karst springs to contamination is to analyze groundwater's residence time distribution (RTD) with the aid of environmental tracers (e.g. tritium, ^{3}H) by means of flow and transport modeling. Any water sample taken from a karst spring comprises water molecules that have different residence times because of different velocities they had and the different flow paths they followed. The mean residence time (MRT) is the mean of residence times of water molecules in the water sample. Both the MRT and RTD can be determined by numerical modeling of either distributed or lumped type. However, in many cases extreme complexity

Özyurt, 2008

Konya Kapalı Havzasında Yeraltısuyu Karbon-14 Yaşlandırması



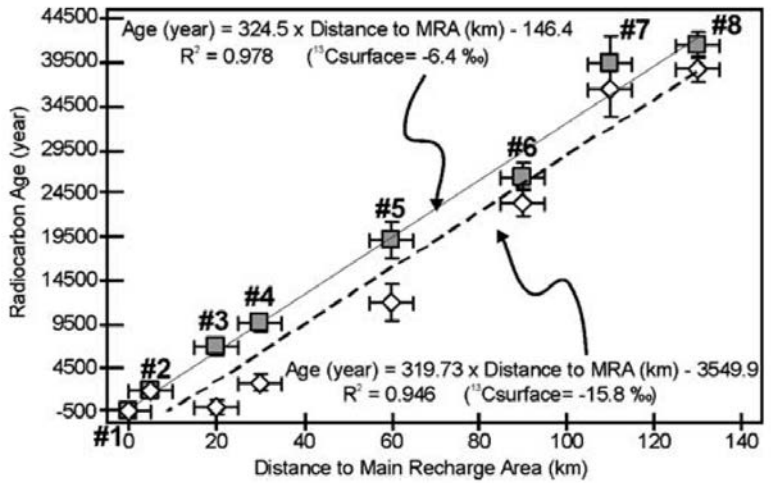


Fig. 7 Variation of radiocarbon ages along the regional flow path



Radiocarbon age distribution of groundwater in the Konya Closed Basin, central Anatolia, Turkey

C. Serdar Bayari · N. Nur Ozyurt · Susan Kilani

Abstract Annual abstraction of $2.6 \times 10^9 m^3$ of groundwater in the $53,600 km^2$ Konya Closed Basin of central Turkey has caused a head decline of 1 m/year over the last few decades. Therefore, understanding the hydrogeology of this large endorheic basin, in a semi-arid climate, is important to sustainable resource management. For this purpose, the groundwater's radiocarbon age distribution has been investigated along a 150-km transect parallel to regional flow. Results show that the groundwater ranges in age from Recent at the main recharge area of the Taurus Mountains in the south, to about 40,000 years around the terminal Salt Lake located in the north. In this predominantly confined flow system, radiocarbon ages increase linearly by distance from the main recharge area and are in agreement with the hydraulic ages. The mean velocity of regional groundwater flow (3 m/year) is determined by the rate of regional groundwater discharge into the Salt Lake. Calcite dissolution, dedolomitization and geogenic carbon dioxide influx appear to be the dominant geochemical processes that determine the carbon isotope composition along the regional flow path. The groundwater's oxygen-18 content indicates more humid and cooler paleorecharge. A maximum drop of 5°C is inferred for the past recharge temperature.

Keywords Konya Closed Basin · Radiocarbon · Salt lake · Groundwater age · Turkey

Introduction

Understanding the hydrogeology of large endorheic basins in semi-arid areas is important to sustainable resource management particularly if most of the existing reserves are comprised of palaeowaters. One way to gather information on such aquifers is the analysis of groundwater's age distribution and its palaeoclimate signal along the regional flow path. When combined with the available hydrogeologic information, age and palaeoclimate data provide an invaluable insight into the entire flow domain.

The Konya Closed Basin (KCB), located in central Anatolia (Turkey), is one of the major endorheic basins in the world and includes the southern Konya and northern Salt Lake (Tuz Gola in Turkish) subbasins (Fig. 1). The $53,600 km^2$ basin is a semi-arid land where groundwater is the only dependable water resource. However, extensive use of groundwater for irrigation since the late 1960s has resulted in a severe head decline rate of about 1 m/year in the KCB. This process has already caused drying up of numerous lakes, wetlands, and springs, many of which used to be critical stopover and nesting sites for bird species migrating between Africa and Europe. The terminal Salt Lake has also reduced considerably in size during the last few decades. Apart from these environmental concerns (e.g., Bayari et al. 2005), if the present water use practice continues, it is obvious that the entire basin will end up being a largely unproductive piece of land because of the elevated cost of deeper groundwater abstraction. In addition, the deeper groundwater is expected to have a higher salinity because of its greater residence time. Furthermore, decreasing head in the fresh water aquifer may also ease upward migration of deep-saline groundwater through the aquitard that separates the

Received: 25 January 2008 / Accepted: 31 August 2008
Published online: 15 October 2008

© Springer-Verlag 2008

C. S. Bayari (✉)
International Research and Application Center For Karst Water Resources, Hacettepe University, Ankara, 06800, Turkey
e-mail: serbari@hacettepe.edu.tr
Tel.: +90-312-2977740

N. N. Ozyurt
Department of Geological Engineering, Hydrogeological Eng. Section, Hacettepe University, Ankara, 06800, Turkey

N. Ozyurt
e-mail: nozyurt@hacettepe.edu.tr

S. Kilani
Environmental Isotope Laboratory, Water Authority of Jordan, Ministry of Water and Irrigation, Amman, 11183, Jordan

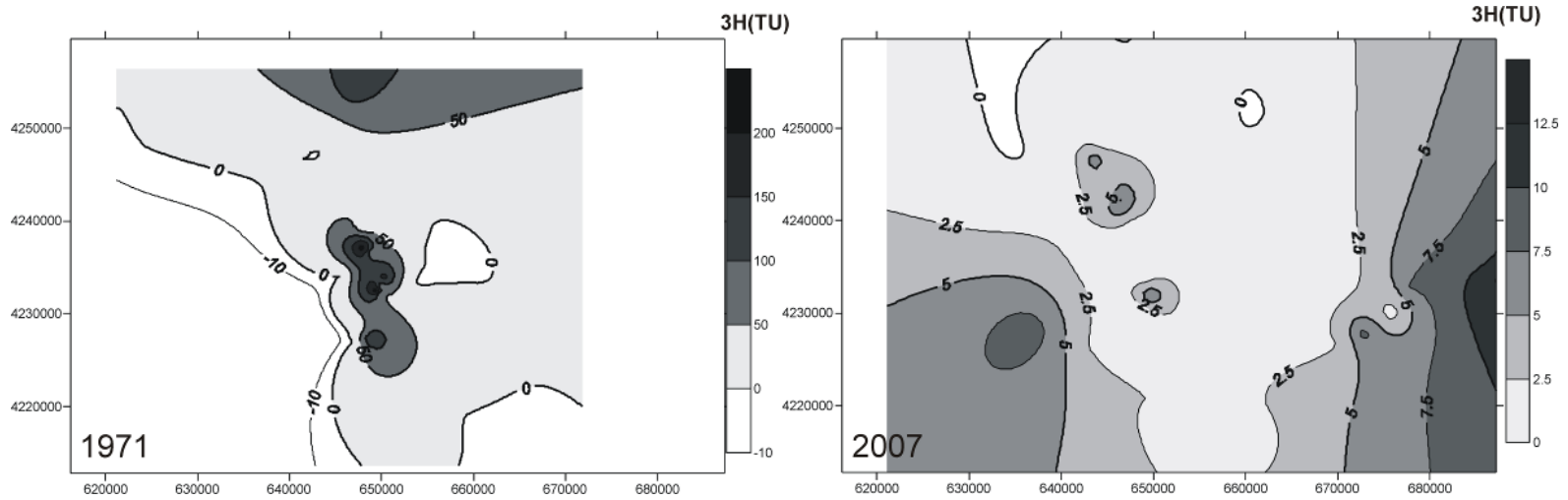
S. Kilani
e-mail: arslab@go.com.jo

Hydrogeology Journal (2009) 17: 347–365
DOI 10.1007/s10040-008-0358-2

Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021
Güz Dönemi #evdekal

Bayarı, Özyurt, Kilani 2008

Niğde Misli Ovasında yoğun yeraltısuyu çekiminin yeraltısuyu izleyici derişi üzerindeki etkisi



1971 yılında yoğun yeraltısuyu çekimi öncesi en yüksek 3H 250 TU.

2007 yılında ölçülen en yüksek 3H 10 TU.

Yeraltısuyu 3H içeriğindeki bu azalma atmosferik 3H bolluğuna paraleldir.

Ancak havza genelinde uzun geçiş süresini gösteren 0 TU bölgelerin zaman içinde yer değiştirmesi yeraltısuyu çekiminin etkisini göstermektedir.

Özbilge, 2008

Pandemi koşulları nedeni ile uzaktan gerçekleştirdiğimiz 2020-2021 Güz Dönemi ders içeriğini bu video/sunum ile sonlandırıyoruz.

Ders kapsamında meslek hayatınızda karşılaşabileceğiniz hidrojeolojinin temel konularını yoğun bir içerik ile kısa süre içinde sizlere aktarmaya çalıştık.

Ders kapsamında içerikleri anlatımlı videolardan izlediniz, kısa sınav ve ödevler ile uygulama yaptınız. Uygulamaları yaparken belki biraz yoruldunuz ama aynı zamanda kendi bilgilerinizi sınadınız.

Dönemin geri kalanında eksiklerinizi gidermeniz için bizler sizlere yardımcı olmaya devam edeceğiz.

Hep birlikte uyum sağlayarak yürütmeye çalıştığımız uzaktan eğitiminin sizler için verimli geçmiş olduğunu umuyor ve sağlıklı günler diliyoruz.

Dr. N. Nur ÖZYURT Dr. Pınar AVCI