

3-TIBBİ JEOLJİ VE SAĞLIĞIN YÖNETİMİ

3-MEDICAL GEOLOGY AND THE MANAGEMENT OF HEALTH

Ali Yılmaz, yilmazali06@gmail.com

ÖZ

Tıbbi jeoloji, çok disiplinli yeni bir ilgi alanı olup, çeşitli ortamlarda yaşayan insanlarda, hayvanlarda ve bitkilerde meydana gelen sağlık sorunları ile doğal jeolojik ortam arasındaki ilişkileri irdelemektedir.

Tıbbi jeolojinin temel ilkeleri, iz elementlerin işlevi ile doz-tepki etkileri üzerinde yoğunlaşır. Bu etkilerin çoğu, kirliliğe neden olan insan faaliyetlerinden bağımsız olarak ortaya çıkmaktadır. İz elementlerin ana kaynağı, kaya birimleri ya da topraktır. İz elementlerin canlıların bünyesine girmesi, çeşitli yollarla olmaktadır. Sonuç olarak, yerel jeolojiye ve gelişen jeolojik süreçlere bağlı olarak iz element derişimleri insan bünyesinde ve çevrede değişebilir. Bu değişim, çevre ve insan sağlığını belirgin bir şekilde etkilemektedir.

Günümüzde, hastalıkların oluşumunda, coğrafik farklılıklara ilişkin bazı örnekler; yerel jeolojik faktörlerden kaynaklanmaktadır. Jeolojik faktörlere bağlı hastalıklara ilişkin tespitler ise, Dünya’da ve Türkiye’de giderek artmaktadır. Örneğin, yapay gübrelerin tarımdaki uygulamaları doğal jeolojik ortamı değiştirmekte, gıda ve suyun bir yerden başka bir yere taşınması jeolojik faktörlerin izlenmesine elvermemektedir. Bunlar ve sonuç olarak biyojeokimyasal döngülerin diğer değişimleri çevre sağlığını ve çeşitli hastalıkları etkileyen temel jeolojik faktörleri maskelemekte ve bu da tıbbi jeolojinin çalışmalarını güçleştirmektedir. Ancak jeoloji, çevre ve hastalıkların türü arasında iyi bir ilişki kurulursa, çevre sağlığının daha iyi bir şekilde yönetilmesi mümkündür. Çevre sağlığının koşulları sağlanmadan, insan sağlığını güvence altına alma olanağı yoktur.

Anahtar kelimeler: Tıbbi jeoloji, iz elementler, doz-tepki etkileri, coğrafik dağılım

ABSTRACT

Medical geology is a multi-disciplinary new study and investigates the relationships between the natural geological environment and the health of human or occurrence of diseases in the people, animals and plants living in the various environments. Basic principles of medical geology concentrate on the function of trace elements and doseresponse effects. Many of these effects are independent of human activities causing pollution. The main source of the trace elements is the rocks or soils. There are various pathways through which the trace elements enter the living creatures. As a result, on the basis of local geology and geological processes, trace element concentrations may be modified in the human body and environment. This modification has some clear effects on the health of environment and human as well.

In present, there are some examples of geographic variations in disease occurrence that may arise from local geological factors. Data related to the diseases depending on geological factors are increasing from day to day in Turkey and in the world. However, agricultural practices, including applications of synthetic fertilizers modify natural geological environment. Transportation of foodstuffs and water from one place to the other place makes it difficult to follow geological factors. These and as a result, other modifications of biogeochemical cycles mask the the basic geological factors influencing environmental health and different deseases, making the medical geological task more difficult. However, whether a good relationship is established between geology, environment and the type of diseases, it is possible to manage the environmental health. It is not possible to secure human health without providing the conditions of environmental health.

Key words: Medical geology, trace elements, dose-response effects, geographic distribution

GENEL BİLGİLER

Tıbbi jeoloji, doğal jeolojik ortam ile bu ortamda yaşayan insanların, hayvanların ve bitkilerin sağlık sorunları arasındaki ilişkileri ve bu ilişkilerin coğrafik dağılımını irdeleyen çok disiplinli bir ilgi alanıdır.

Tıbbi jeolojinin temel ilkeleri, iz elementlerin işlevi ile doz-tepki etkileri üzerinde yoğunlaşır. Söz konusu etkilerin çoğu, kirliliğe neden olan insan faaliyetlerinden bağımsız olarak ortaya çıkmaktadır. İz elementlerin ana kaynağı, kayalar ya da toprakta bulunan minerallerdir. İz elementlerin canlıların bünyesine girmesi, çeşitli yollarla olmaktadır. Sonuç olarak, yerel jeolojiye ve gelişen jeolojik süreçlere bağlı olarak iz element derişimleri insan bünyesinde ve çevrede değişebilir. Bu değişim, çevre ve insan sağlığını belirgin bir şekilde etkilemektedir. Günümüzde, hastalıkların oluşumunda, coğrafik farklılıklara dayalı bazı örnekler; yerel jeolojik ortamın özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Jeolojik faktörlere bağlı hastalıklara ilişkin bulgular da, Dünya’da ve Türkiye’de giderek artmaktadır.

Bazı minerallerin ve elementlerin yeryüzündeki dağılımı ve bunların insan sağlığı ile ilişkileri binlerce yıldan beri insanların ilgisini çekmektedir. Ancak çevre, sağlık ve kimi hastalıklar arasındaki ilişkilerin sistemli bir şekilde incelenmesinin tarihi yenidir. Bu alanda yapılan çalışmalar 1970’li yılların başında yoğunlaşmıştır (Shacklette ve diğerleri, 1970; Webb, 1971; Sauer ve Brand, 1971; Anderson, 1971; Cannon ve Hopps, 1970, 1971). Daha sonraki yıllarda çevre, jeoloji ve sağlık arasındaki çalışmalar da boy vermeye başlamıştır. 1990’lı yıllarda artık Tıbbi Jeoloji’nin Çevre Jeolojisi’nin ders kitaplarında da yer aldığı görülmektedir (Montgomery, 1995).

Konu gerçekten yeni olduğunda, tanıtım önemlidir. Her gün, yeni ilgi alanları ve bu alanların kavşağında yeni araştırma konuları boy vermektedir. Bu doğrultuda Tıbbi Jeoloji de gerçek yerini alacaktır. Ayrıca, 2003 yılında Sağlık Bakanlığı bünyesinde etkinliklerini sürdüren Ulusal Kanser Danışma Kurulu’na bağlı Tıbbi Jeoloji Alt Kurulu’nun kurulması önemli bir gelişmedir. Tıbbi Jeoloji, jeoloji mühendislerinin yanı sıra hekimlerin, veterinerlerin, biyologların ve konuyla ilgili diğer bilim adamlarının ilgi göstermeleriyle ve ortak çalışmalarıyla zenginleşecektir. Sunulan çalışma, ağırlıklı olarak Montgomery’nin (1995) eserinden esinlenerek derlenmiştir.

TIBBİ JEOLJİNİN TEMEL İLKELERİ

Tıbbi jeolojinin temel ilkeleri, iz elementlerin işlevi, yayılımı ve canlılar üzerindeki etkilerinin yanı sıra iz elementlerin doz-tepki etkileri üzerinde yoğunlaşır. Dolayısıyla, iz elementler ile bu elementlerin doz-tepki eğrilerinin irdelenmesinde yarar görülmektedir.

İz elementler

Yerkabuğunun büyük bir bölümü, birkaç majör elementten oluşmaktadır. Bu elementler, insan bünyesinin % 99’unu oluşturmakta ve başlıca oksijen, karbon, hidrojen, azot, kalsiyum ve fosfordan oluşur (Çizelge 1). Gerçekte, insan bünyesinin % 60’ı sudur. Diğer elementler ise kayalarda olduğu gibi, insanda da çok az oranda bulunmakta ve **iz elementler** olarak tanımlanırlar.

İz elementler, 10 ile 100 ppm ya da daha düşük derişimlerde bulunurlar. Ancak, bunların yaşam ve sağlık açısından önemleri büyüktür. Dolayısıyla Tıbbi Jeoloji, doğada ve insanın bünyesinde iz elementlerin varlığı ya da yokluğunun etkilerini incelemeyi temel ilke edinmektedir.

Tıbbi jeoloji’nin gelişmesi bazı nedenlerden dolayı geç olmuştur. Çünkü öncelikle iz elementlerin ölçümü için oldukça duyarlı aletlerin gelişmesi gerekliydi. Ayrıca iz elementlerin her birinin insanda ve diğer organizmalardaki derişimlerinin ve bu derişimlerin de etkilerinin tanımlanması zorunluydu. Her bilgi, kendinden sonraki bilgiye bir temel oluşturur. Örneğin çiftçiler, önce azot, fosfor ve potasyumun bitkilerin büyümesinde gereksinin duyulan temel gıdalar olduğunu öğrendikten sonra, borun şeker pancarının gelişmesinde gereksinim duyulan bir iz element olduğunu kavramıştır. Demirin insan diyetindeki önemi 17.yy’dan beri bilinmektedir. Ancak Çizelge 2’de sunulan bazı iz elementlerin tanımlanması ve işlevleri son yirmi yıl içinde anlaşılmıştır (Parr, 1983).

Çizelge 1. *İnsanın bünyesini oluşturan başlıca elementler ve bunların insanın ağırlığı açısından yüzdeleri* (Parr, 1983). *Kükürt, potasyum, sodyum ve klor gibi diğer elementler insanın ağırlığının % 0.9'unu oluşturur.*

Element	İnsan ağırlığı açısından %
Oksijen	61
Karbon	23
Hidrojen	10
Azot	2.6
Kalsiyum	1.4
Fosfor	1.1
Toplam	99.1

Çizelge 2. *İnsanın bünyesinde yer alan bazı temel iz elementler* (Parr, 1983). **İşaretili olanlar, hayvanlarda yapılan testlerin sonuçlarına dayalıdır.*

Element	Ortalama derişim (ppm)	Tanımlandığı yıl	İşlevi	İnsanda eksikliği halinde oluşan bazı etkiler
Demir	60	17. yy	Oksijenin taşınması	Kansızlık
İyot	0.2	1850	Tiroit bileşeni	Guatr
Bakır	1	1928	Bazı enzimlerde demirle birleşir	Kansızlık, kemik değişimi olası yüksek kolesterol
Mangan	0.2	1931	Metabolizma ile ilişkili	Bilinmiyor
Çinko	33	1934	Metabolizma ile ilişkili	Depresyon, yavaş iyileşme
Kobalt	0.02	1935	B ₁₂ vitamininde	B ₁₂ 'nin eksikliğinde görülür
Molibden	0.1	1953	Bazı enzimlerde	Bilinmiyor
Selenyum		1957	Enzimlerde ağır metalle etkileşir	Kalp hastalığı
Krom	0.03	1959	İnsulin içerir	İnsulin direnci, düşük glikoz tahammülü
Kalay	0.2	1970	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Vanadyum		1971	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Flor	37	1971	Kemik ve diş gelişiminde etkili	Diş çürümesi ve kemikleşme sorunları
Silisyum	260	1972	Dokularda kireçlenme	Bilinmiyor
Nikel	0.1	1976	Demir absorpsiyonu ile etkileşir	Bilinmiyor
Arsenik	18	1977	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Kadmiyum	0.7	1977	Bilinmiyor	Bilinmiyor

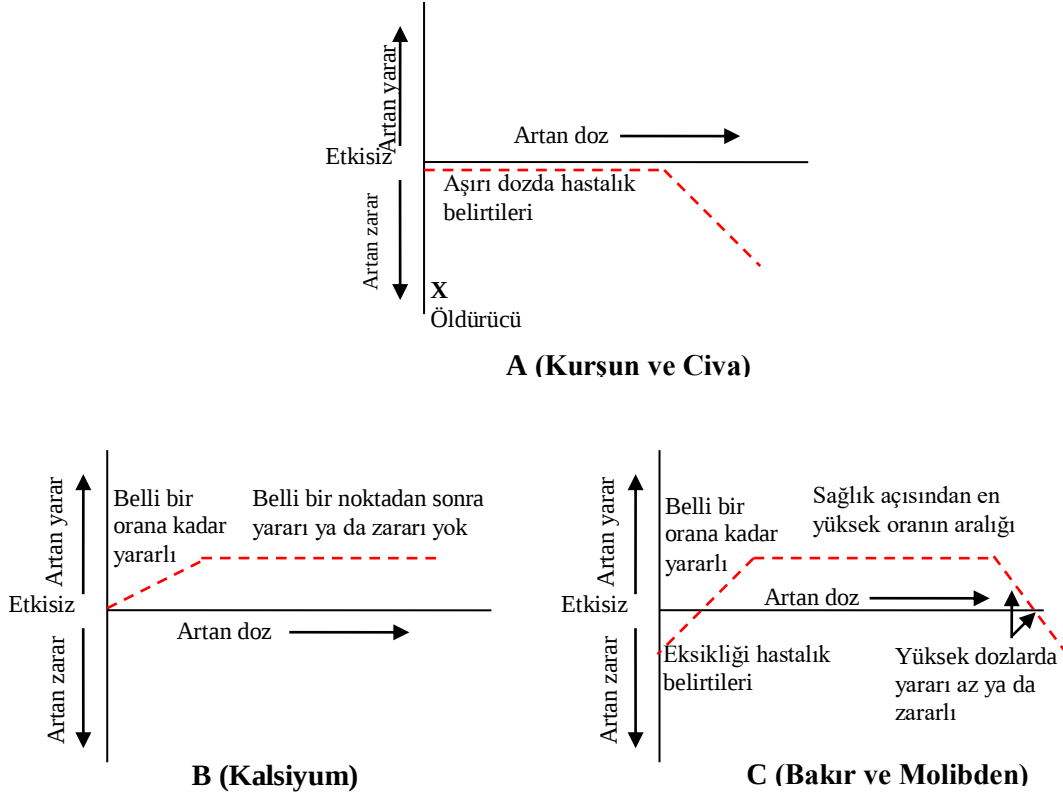
İz elementlerin çok sayıda olması ve farklı organizmalardaki değişik etkileri, bunların işlevlerinin tanımlanmasını da güçleştirmektedir. Diğer bir sorun da aynı elementin farklı derişimlerde çok farklı etkiler göstermesidir. Bu, çoğu ilaçların kullanımında ortaya çıkan bir olgudur. Örneğin, yöksük otunda bulunan dijitalin ilacı düşük derişimlerde kalıp hastalıklarının iyileşmesinde olumlu sonuçlar vermektedir. Ancak, yüksek dozda insulinin alınmasının öldürücü etkiler yarattığı da bilinmektedir. Dolayısıyla bir salataya oldukça bol oranda yöksük otunun doğranması tavsiye edilmez.

Doz-tepki eğrileri

16. yy' da yaşamış olan ve çağdaş tıbbın kurucusu sayılanlardan biri sayılan **Paracelsus**'un *'Her şey zehirdir. Zehirle ilacı ayıran dozudur.'* sözü toksikolojinin temeli olan doz-tepki ilişkisine dikkat çekmektedir.

İz elementlerin olumlu ya da olumsuz etkileri, iz elementlerin dozunun bir işlevi olarak, **doz-tepki eğrileri** çerçevesinde tanımlanabilir. Bu eğrilere ilişkin birkaç örnek Şekil 1 A, B ve C' de

görülmektedir. Şekil 1A' da sunulan örnek, düşük derişimlerde yararlı ya da zararlı etkileri görülmeyen, ancak yüksek derişimlerde ve yüksek dozda iken öldürücü olan bir elementi temsil etmektedir. Kurşun ve cıva bu tür iz elementlere örnek olarak verilebilir. Şekil 1B'de sunulan örnek, eksikliğinden kaçınılması gereken, belli bir doza kadar yararı artan, ancak yüksek düzeylerde tüketilmesinin belli bir yararı ya da zararı olmayan bir elementi temsil etmektedir.



Şekil 1. Bazı elementlerin olası doz-tepki eğrileri. A, gereksinimi bilinmeyen ancak yüksek derişimlerde zehirli. B, belli bir orana kadar yararlı, yüksek dozlarda ise etkisi bilinmiyor. C, düşük dozda gerekli, yüksek dozda ise zehirlidir (Montgomery, 1995).

Örneğin kalsiyum da buna örnek verilebilir. Kalsiyum, kemiklerin ve dişlerin gelişiminde gerekli olan, ancak fazla alınmasında yararı olmayan bir elementtir. Şekil 1C'de sunulan örnek ise Çizelge 2'de sunulan temel iz elementler arasında en yaygın olan, az miktarda alınması sağlık açısından gerekli olan, ancak fazla dozda alınması zehirli ve öldürücü olan bir elementtir. Şekil 2'de sunulan bakır ve molibden doz-tepki eğrileri buna örnek verilebilir (Montgomery, 1995).

Çizelge 3. *Bazı kayatürlerinin bileşiminde görülen farklılıklar* (Brownlow, 1979; Englewood ve Krauskopf, 1979; Mason ve Moore, 1982). * Veriler majör elementlere ve az oranda bulunan bazı elementlere ilişkindir.

Kaya türlerinin bileşiminde görülen farklılıklar					
Element	Ortalama bileşim				
	Granit	Bazalt	Kumtaşı	Şeyl	Kireçtaşı
Silisyum %	32.3	24.0	36.5	27.1	2.4
Alüminyum %	7.7	8.8	3.0	9.7	0.5
Demir %	2.7	8.6	1.0	4.7	0.4
Magnezyum %	0.6	4.5	0.7	1.5	4.8
Kalsiyum %	1.6	6.7	3.9	2.2	30.0
Sodyum %	2.8	1.9	0.3	1.0	0.04
Potasyum %	3.3	0.8	1.1	2.7	0.3
Titanyum (ppm)	2.300	9.000	4.600	1.500	400
Fosfor (ppm)	700	1.400	750	170	400
Mangan	600	2.000	850	10-100	1.100
Krom	25	200	100	35	11
Bakır	20	100	50	1-10	4
Kurşun	20	8	20	7	9
Nikel	8	160	80	2	20
Kobalt	5	45	20	0.3	0.1

Otobur hayvanlar da bitkilerden beslendiği için, bitkilerde bulunan iz elementleri de kendi bünyelerine aktarırlar. Ortaya çıkan bu beslenme zinciri, et obur hayvanlara ve nihayet insana kadar uzanır. İçilen su, kayalardan ya da topraklardan süzülen iz elementleri içermekte ve dolayısıyla suyun bileşimi değişmektedir. Solunan hava da, volkanik süreçler yada insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan bazı iz elementleri içermektedir.

Jeolojik süreçlere ek olarak, diyet seçenekleri ve yapay kirlenme gibi **kültürel faktörler** de elementlerin insanın bünyesine geçmesini ve yoğunlaşmasını etkilemektedir. Buna ilişkin geçmişe ait ya da günümüzde pek çok örnek verilebilir. Örneğin, Eski Roma aristokratlarının kurşun içeren kozmetikler ve kurşunlu borulardan geçen suları kullandıkları bilinmektedir. Dolayısıyla Roma İmparatorluğu'nun çöküşünde yaygın kurşun zehirlenmesinin kısmen de olsa bir payı olduğu ileri sürülmektedir (Montgomery, 1995).

Son yüzyıllarda, jeolojinin insan sağlığıyla ilişkisi olduğuna dair yaklaşım, coğrafik karşılaştırmalardan ortaya çıkmıştır. Her coğrafik bölgenin kendine özgü bir kayatürü vardır. Örneğin, Kentucky ve İrlanda'da kireçtaşları oldukça yaygındır. Kemikleri güçlendiren kalsiyumun bu topraklarda yetişen çimenlere, suya ve ardından çimenlerle beslenen atlara geçtiği kabul edilmektedir. Dolayısıyla güçlü ve ünlü atların bu bölgede yetişmesinin bir rastlantı olmadığı ileri sürülmektedir.

Öte yandan bazı hastalıkların, sadece bazı coğrafik bölgelerle sınırlı olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla kayaların ya da toprağın bileşimleri ile bazı hastalıkların coğrafik dağılımları arasındaki ilişkilerin irdelenmesi zorunlu görülmektedir. Bu çerçevede bazı iz elementlerin öncelikle sağlıkla olan bağları ortaya konulmalıdır. Aşağıda önemli bazı elementlerle ilgili bilgiler sunulmuştur:

İyot (I)

İyot, tiroit bezinin iyi çalışması için gereklidir. İyot eksikliği, tiroidin büyümesine ve guatr olarak bilinen bir hastalığa yol açar. Son yüzyıla kadar, sadece guatrın özellikle ABD'nin kuzey yarısında ve **guatr kuşağı** olarak tanımlanan bir alanda yaygın olduğu bilinmekteydi. Daha sonra yapılan analizler, bu bölgedeki kayaların ve toprağın iyot açısından fakirliğini ve dolayısıyla yöredeki ekinlerde ve hatta diğer hayvanlarda da iyot yetersizliğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, hazırlanan diyetlere iyot eklendiğinde guatr hastalığının da giderek azaldığı anlaşılmıştır.

Öte yandan, gereksinim belirlendikten sonra, iyodu diyetle eklemek zor değildir. Tuzlu su balıkları, iyodun çözünmüş olarak bulunduğu tuzlu okyanuslarda yaşamaları dolayısıyla doğal olarak iyot açısından zengin bir yapıdadırlar. Ayrıca yaklaşık 50 yıldan beri, sodyum klorüre az oranda sodyum iyodür yada potasyum iyodürü katarak iyotça zengin bir sofraya tuzunu üretme alışkanlığı vardır. İyotça zengin tuzun kullanımı, diğer özel diyet önlemlerini almadan guatrın iyileşmesini sağlamaktadır.

Toprağın yada kayaların bileşimi ile guatr arasındaki bölgesel coğrafik (yani kaya türlerinin jeolojik yayılımı) bağ, halkın yerel gıdalarla beslendiği dönemde oldukça açıktı. Günümüzde ise gıda sektörünün gelişmesi ve insanların gereksinim duyduğunda uzak bölgelerden de çeşitli gıdaları pazarlayabilmeleri nedeniyle, toprak kimyası ile sağlık arasındaki ilişkiyi izlemek bir hayli güç olmaktadır.

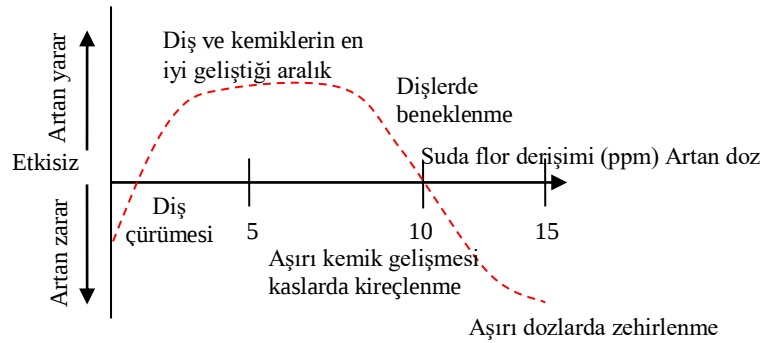
İnsanın günlük iyot gereksiniminin yaklaşık 100-150 µg olduğu kabul edilmektedir. Bu dozun fazlasının da Şekil 1C'de görüldüğü gibi metabolizmanın işleyişi açısından bazı sorunlar yaratacağı bilinmektedir.

Flor (F)

Toprak kimyası gibi su kimyası da sağlığı etkileyebilir. Suyun içinde çözünmüş olarak bulunan flor ile sağlık arasındaki olumlu bir ilişki de florun diş çürümeleri üzerindeki etkisi dolayısıyla belirlenmiştir. Dişler, kalsiyum fosfat minerali apatitten oluşmaktadır. Biraz florun apatit kristallerine eklenmesi, apatitin çürümelere karşı daha dayanıklı bir yapıya kavuşmasını sağlamaktadır. Bu olgu da, diş çürümelerinin dolayısıyla flor eksikliğinin yaygın olduğu bazı bölgelerin belirlenmesi ile anlaşılmıştır.

Flor, yerkabuğunda yaklaşık birkaç yüz ppm derişime sahip bir oranda bulunmaktadır. Florun doğal sulardaki derişimi ise çok daha düşük olup, birkaç ppm dolayındadır. Böyle olmakla beraber, flor diş çürümesi istatistiklerinde belirgin farklı bir yapı göstermektedir. 1.5 ppm düzeyindeki flor derişimine sahip içme sularını kullanan insanların diş çürümesinde belirgin bir azalma görülmektedir. Bu da tüketilen bir litre suda 1.5 mg florun varlığına karşılık gelmektedir. Zaten insanın günlük flor gereksinimi de 0.3-5 mg arasında değişmektedir. Flor, yaşlanma ile birlikte görülen kemik kaybı gibi olguların azalmasını da denetlemektedir.

Flor çeşitli bileşiklerle beraber bulunur. Doğal suların yüksek oranda flor içerdiği yerlerde, flor normal dozun birkaç katı oranında tüketildiği durumlar da vardır. Yani aşırı dozda florun kullanıldığı durumlarda dişler koyu renkli benekli bir yapı kazanırlar. Bu yapı, bir görünümünden ibaret olup, aslında dişlerin yapısında bir zayıflama meydana gelmez. Ancak çok aşırı düzeyde florun alınması, aşırı kemik oluşumuna bu da kaslarda kireçlenmeye yol açar. Florun doz-tepki eğrisi Şekil 6'de görülmektedir. Türkiye'de genç volkanik kayaların yaygın olduğu yerlerde florun yüksek derişimlere ulaştığı, bunun da diş, iskelet ve **endemik florozis** denilen hastalıklara yol açtığı bilinmektedir (Oruç, 2003).



Şekil 6. Florun genelleştirilmiş doz-tepki eğrisi (Montgomery, 1995).

Doğal flor derişimlerinin düşük olduğu yerlerde, dişlerin çürümesini önlemek için halkın kullandığı sulara flor da katılmaktadır. Ayrıca florun oldukça yüksek dozlarda olması, insanlar için zehirli etki yaratabilir. Florun yararlı ve zararlı dozları arasındaki farkın büyük olması da kaygı vericidir. Florlama ile suda sağlanan olağan derişim, 1 ppm (litrede 1 mg) dolayındadır. Flor öldürücü dozu 4 g (4000 mg) kadardır. Florlanmış içme suyu ile böyle bir derişime ulaşmak için, bir kişinin günde 4000 L (1000 galon) su içmesi gerekir. Buna göre, flor diğer ağır metaller gibi insanın bünyesinde öldürücü bir derişime ulaşması mümkün değildir. Hatta kemik sertleşmesine (bone sclerosis) yol açan günlük 20 mg flor derişimi için, en azından belli bir sürede her gün 20 L (5 galon) suyun tüketilmesi bile zordur.

Çinko (Zn)

Çinko, 1930'lu yıllardan beri kritik bir iz element besini olarak bilinen ağır metallerden biridir. Çinko eksikliği cücelik, cilt hastalıkları, tat alma duyusunda azalma, yaraların iyileşmesinin gecikmesi gibi sorunlara yol açmaktadır. En uygun çinko tüketimi günde 5-40 mg aralığındadır. Günde 150 mg'ın üzerinde çinko tüketimi kansızlığa, 6000 mg'dan daha fazla bir dozun alınması ise ölüme yol açar. Dolayısıyla çinko fazlalığı da tehlikeli olup, kalp-damar hastalıklarına yol açmaktadır.

Çinko, yer kabuğunda ortalama 70 ppm dolayında bir derişime sahiptir. Ancak, kaya türleri çinko içeriği açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Genellikle, kalsiyum karbonatça zengin ve çinko içeriği düşük olan kumtaşlarında yetişen bitkiler çinko açısından fakirdir. Yani bölgesel çinko yetersizliği ile yerel jeoloji arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Ancak, gıda sektöründe bölgeler arası ticaret sonucu gıdaların yer değiştirerek hizmete sunulması bu ilişkinin ortaya konulmasını güçleştirmektedir.

Selenyum (Se)

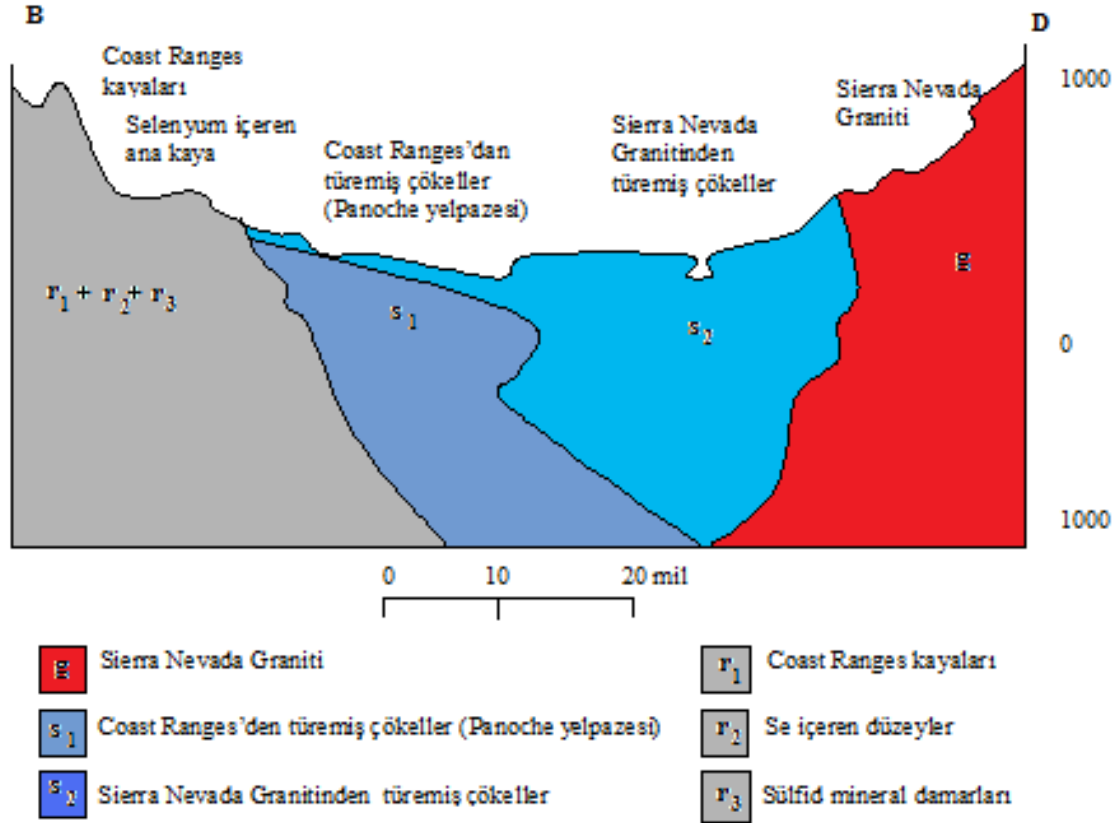
Selenyumun oldukça nadir bulunan bir metal olması dolayısıyla daha çok eksikliğinin etkileri irdelenmiştir. Toprakta ve kayalarda ortalama selenyum derişimi milyonda bir ile on arasında değişir. İnsanın günlük gereksinimi ise 0.006-0.2 mg arasındadır. Selenyum eksikliği çoğu bitkilerde ve hayvanlarda çeşitli anormalliklere yol açmaktadır. İnsan üzerindeki etkileri ise selenyumca fakir toprakların bulunduğu Çin'in Keşan bölgesinde irdelenmiştir. Diğer taraftan selenyumun günde 5 mg'dan daha fazla alınması durumunda selenyum zehirlenmesi olmaktadır. Bu da insanda kanser, tırnak ve saçların bozulması (malformation), sinirlilik gibi rahatsızlıklara yol açmaktadır.

Her bitkinin selenyumu bünyesine alması ve biriktirmesi farklıdır. Örneğin, ABD'nin batısında **locoweed** olarak bilinen bir tür zehirli bitki türü (*Astragalus*) selenyumu daha çok bünyesinde biriktirebilmektedir. Kabak, hardal ve soğan da selenyumu bünyelerine kolaylıkla almaktadır. Genellikle çözünmüş selenyumun yüksek düzeyde olduğu yerlerde yetişen bitkilerin çoğu selenyumu bünyesine almaktadır. Böyle yerlerde yetişen evcil hayvanların büyük bir bölümü hastalanmaktadır. Bu gibi durumlarda hükümetlerin müdahale etmesi ve beliren sorunları gözeterek bir tarım politikası izlemesi gerekmektedir.

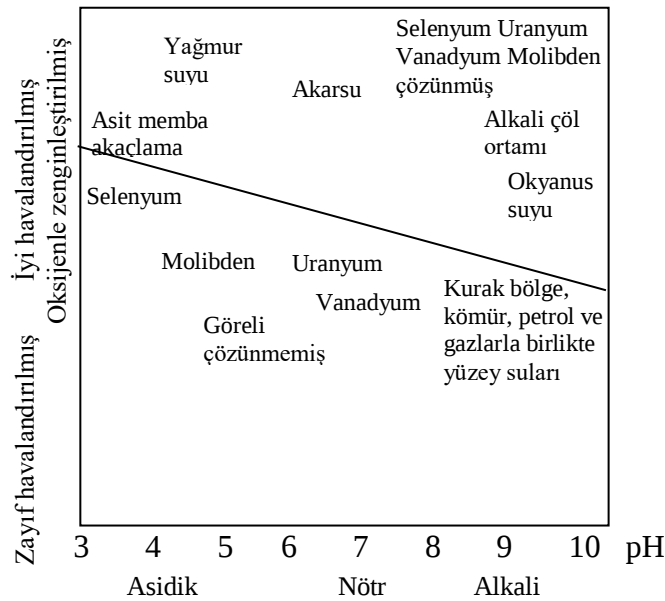
Selenyum, Hawaii'de olduğu gibi volkanik kayalarda yada bu kayalardan türemiş toprakların yanı sıra kükürtçe zengin bazı şeylerde daha çok bulunur. Ayrıca, selenyum topraktan kolaylıkla süzölmektedir. Böyle durumlarda, sular kirlenerek bu sulardan beslenen hayvanlar hastalanmaktadır.

ABD'nin San Joaquin Valley-Kesterson bölgesindeki şeylerden türeyen toprakların (Şekil 7) doğal olarak selenyum açısından zengin olduğu, ancak kuru iklimin hüküm sürdüğü bu bölgede selenyumun görece olarak çözünmeden kaldığı belirlenmiştir (Şekil 8). Ancak daha sonra sel ve taşkınlarla çeşitli gölcüklerin oluşmasından sonra, selenyum çözünerek yöredeki yaşamı olumsuz yönde etkilemiştir. Selenyum da diğer ağır metaller gibi, besin zinciri yoluyla tüm yaşamı etkilemektedir (USGS, 1985; Feder, 1985).

Örneğin, Kesterson'un sularında selenyum derişimi arttıktan sonra kuşlarda da selenyum zehirlenmesi gözlenmiştir. Bilindiği gibi besin zinciri, gölcüklerdeki alglerden böceklerle, balıklara ve kuşlara doğru bir yol izler.



Şekil 7. San Joaquin Valley'in yalınlaştırılmış enine kesiti. Selenyum'ca (Se) zengin çökeller ve toprak(s_1), Coast Ranges çökellerinden türemiştir (USGS, 1985).



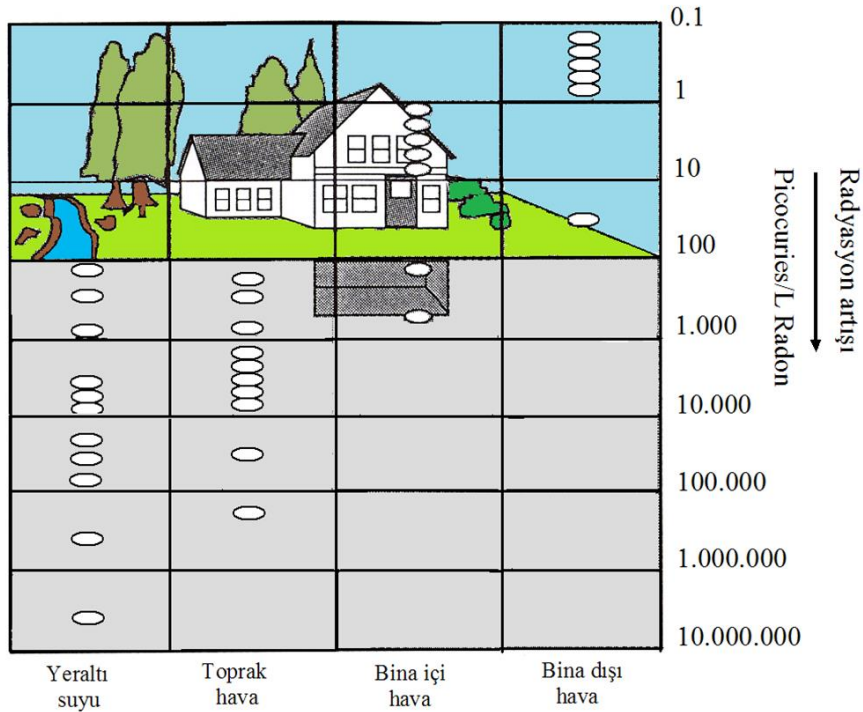
Şekil 8. pH ve ortamda oksijenin varlığına bağlı olarak selenyumla birlikte uranyum, molibden ve vanadyum gibi elementlerin çözünürlüğü. Bu elementler, kurak bölgelerde normal olarak kuru alkali topraklarda suda oldukça kolay çözünürler (Feder, 1985).

Radon (Ra)

Bina içi bir kirletici olan radon, kayalardaki uranyumla birlikte bölgesel jeolojinin denetiminde bir yayılım sunar. Yüksek uranyum içeriğine sahip kayalar başlıca granitler, silisçe zengin volkanik kayalar, fosfatça zengin çökel kayalar, kükürtçe zengin şeyler ve bazı metamorfik kayalar olup, bunlar radon yönüyle de zengin bir içeriğe sahiptirler.

Radyoaktif gereçler, küri (curies) birimiyle tanımlanırlar. Bir küri, saf bir gram radyumun yarattığı etkinliktir. Bu birim, radyumu keşfeden Marie Curie'nin adına izafeten tanımlanmıştır. Bir küri, saniyede 37 milyar bölünmeye karşılık gelir. Bu da çok yüksek bir radyasyon düzeyidir. Çevredeki radyasyon düzeyleri pikoküri ile ölçülür. 1 pikoküri, kürinin milyarda birini temsil etmektedir. Bu da saniyede 0.037 bölünmeye yada saatte 133 radyoaktif bölünmeye karşılık gelir. Şekil, 9'da çeşitli ortamlarda radon etkinliği tanımlanmıştır.

Radonun kanserojen etkileri, uranyum madenlerinin bulunduğu yüksek radyasyona sahip yerlerdeki insanlarda tanımlanmıştır. Yüksek radyasyona sahip jeolojik ortamlarda ya da radyasyon derişimi yüksek yapılarda yaşayan insanların daha yüksek bir risk altında oldukları yadsınamaz.



Şekil 9. Çeşitli ortamlarda radon dolayısıyla meydana gelen radyoaktivite düzeyleri. Radyoaktivitenin 10'un katlarıyla arttığına ve dolayısıyla evlerdeki radyasyonun dışarıdaki radyasyona göre 100'lerce kat yüksek olabileceğine dikkat edelim (Montgomery, 1995).

Bölgesel karşılaştırmaların yapılmadığı durumlar da vardır. Kimi kayalarda, toprakta ve nihayet Evlerde radon gazı düzeylerine ilişkin veriler yaklaşık olarak bilinmektedir. Fakat bu mekânlarda şimdiye değin akciğer kanserinin oluşumunda radon gazının belirleyici olup olmadığı ortaya koyulamamıştır. Çünkü sigaranın içilmesi gibi akciğer kanserini tetikleyen alışkanlıklar, mekânların konumundan ileri gelen faktörleri maskeleymektedir.

Döteryum (D₂O)

Ya da ağır su (D₂O), nükleer reaktörlerde kullanılan hidrojen yerine, ağır hidrojen (**döteryum**) izotopuna sahip yoğunluğu yüksek sudur.

Döteryum, insanlarda, hayvanlarda ve bitkilerde hücrenin normal büyümesi için gereklidir. Doğal içme sularının döteryum konsantrasyonu coğrafi farklılıklara göre bölgeden bölgeye değişmekte, bu da vücut sıvılarındaki döteryum konsantrasyonunu etkilemektedir. Döteryum konsantrasyonundaki hafif bir artış büyümeyi uyarmakta, döteryum konsantrasyonundaki azalma ise hücre çoğalmasını engellemekte, programlanmış hücre ölümünü uyarmaktadır (Yarat, 2016).

ÇEVRE SAĞLIĞI

Uzun zamandan beri, çevre koşullarının insanın beden ve ruh sağlığı üzerinde olumlu yada olumsuz etkiler yaptığı bilinmektedir. Çevre, canlıların yaşamını sürdürdüğü fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal koşulların denetimi altındadır. Hava, su ve toprak kirliliği, çevreyi olumsuz yönde etkileyen koşulları yaratır. İnsanın ve diğer canlıların (yani flora ve faunanın) sağlığını bir bütün olarak irdeleyen çalışmalar "**Çevre sağlığı**" olarak tanımlanır. Çevre Sağlığı ile ilgili altyapı oluşturulmadan, hekimliğin bir dalı olan "Halk Sağlığı"nın koşulları sağlanamaz.

Çevre sağlığı, çevreyi ve insanı birlikte koruyucu uygulamalar olup bu uygulamalardan bazıları aşağıda sunulmuştur (Güler ve Çobanoğlu, 1999):

1. Hastalıklara yol açan kimyasalları denetim altına almak ve radyasyon gibi etmenleri en alt düzeye indirmek,
2. Tehlikeli ve evsel atıkların uzaklaştırılması ve bu atıkların çevre üzerinde yaratabileceği kirlilikleri denetlemek,
3. Hastalıkların çevrede yayılmasını önlemek üzere, hastalık taşıyıcı haşerelerle ve bulaşıcı hastalıklarla çevrenin bütünselliği içinde mücadele etmek,
4. Sağlıklı bir çevrenin oluşması, düzenli beslenme ve çeşitli kimyasalların canlılar üzerindeki doz-tepki ilişkileri konularında çalışmalar yapmak gerekir.

TARTIŞMALI BAZI İLİŞKİLER

Özel kimyasal maddelerin eksikliği yada hastalık belirtileri tanımlanabildiğinden jeokimya ile hastalıklar arasındaki ilişkiler daha iyi ve güvenilir verilere dayalı çabalar olacaktır. Bu çerçevede aşağıda sunulan bazı konuların tartışılmasında yarar görülmektedir.

Radyoaktivite ve sigara

Sigaranın içilmesiyle birlikte akciğer kanserinde bir artış olmuştur. Son zamanlarda jeolojik kökene ilişkin bazı unsurların da sorumluluğu tartışılmaktadır. Örneğin fosfatlı gübreler ve bu gübrelerin uranyum ve fosfat içerikleri nedeniyle toprağın bileşimi değişmektedir. Uranyumun bir ayrışma ürünü de radon gazıdır. Dolayısıyla topraktaki radon gazının çıkışıyla birlikte, toprağın üzerinde yetişen tütün bitkisinin yaprakları tarafından adsorbe edildiği ve böylece radon ayrışırken kurşun ve bismut izotoplarını da içeren katı radyoaktif ürünlere dönüştüğü ileri sürülmektedir. Radyoaktif partiküller de sigaranın içilmesi sırasında ciğerlere yerleşmekte ve ciğerlerdeki partiküllerin radyasyonu kansere yol açmaktadır. Ancak bu konudaki varsayımların daha ciddi bir şekilde gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Kalp hastalıklarındaki bölgesel farklılıklar

Bazı belirtilerin ortaya çıkmasında coğrafik verilere ilişkin bazı örnekler bilinmektedir. Ne var ki kalp hastalıkları ile jeolojik değişkenler arasında tanımlanmış ilişkiler henüz tartışmaya açıktır. Örneğin, içme sularının sertliği, bölgesel jeoloji tarafından denetlenmektedir. ABD'nin orta kesiminde kireçtaşının yeraltı suları için akifer konumunda olduğu yerlerde içme suları sert olup bu bölgelerde yaşayan insanlarda koroner kalp hastalıklarından ileri gelen ölümler genel olarak düşüktür. ABD'nin Atlantik

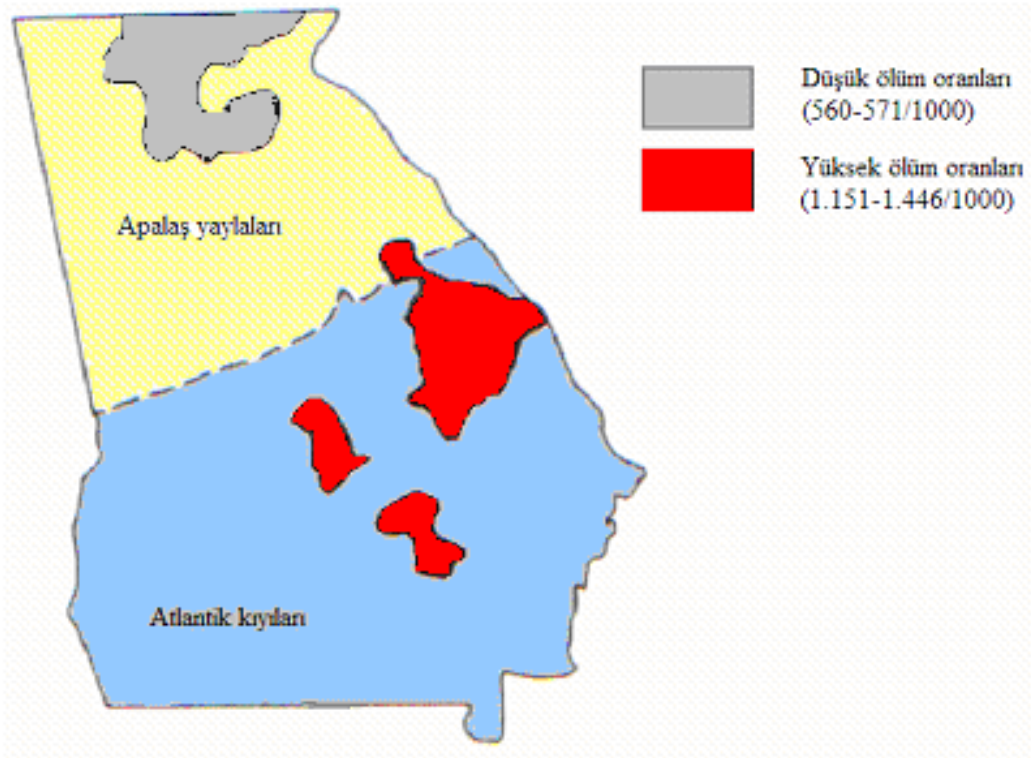
kıyıları boyunca ise sular daha yumuşak olup, bu bölgelerde kalp hastalığından ileri gelen ölümler görece olarak yüksektir. Bu gibi veriler, kaçınılmaz olarak kalp hastalıkları ile bölgesel jeoloji arasında bir bağ olabileceğini düşündürmektedir.

Şimdiye kadar, sert sulara kalp hastalığına karşı koruyan yararlı bir nesnenin varlığına ilişkin somut veriler sunulmuş değildir. Ancak yumuşak suların genel olarak sert sulara oranla asidik olduğu, asidik suların ise metalik su borularını kolayca etkileyebileceği ve sonuç olarak metalik borulardan geçen sulara metal derişiminin yüksek olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan sert suların olduğu yerlerde, insanlar bu suyu yumuşatarak kullanmaktadır. Yumuşatma işlemi sırasında suya tuz eklenmekte ve tuzda yer alan sodyumun kalp-damar sistemine girerek sistemi çökerttiği ileri sürülmektedir.

Ancak, yumuşak suların olduğu yerlerde, suyun sertliğini arttırma yönünde bir gereksinim duyulmamaktadır. Böyle olunca, su kimyası ile kalp hastalığı arasında bir bağ kurulabileceği düşünülmektedir. Ancak, Atlantik kıyıları boyunca oturan insanların sanayi açısından gelişmiş ve yoğun ilişkilerin yarattığı gerilimli bir ortamda yaşamaları dolayısıyla daha çok kalp hastalıklarından etkilenebileceği de öngörülebilir. Başka ülkelerde de benzeri sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak su kimyası ile jeolojik değişkenler ve sağlık arasındaki ilişkilerin titizlikle izlenmesi gerektiği söylenebilir.

ABD'nin Georgia eyaletinde kalp-damar hastalıkları

Tartışmalı bir coğrafik yapı da ABD'nin Georgia eyaletinde ortaya konulmuştur (Shacklett ve diğerleri, 1970). Burada ortam ile ilişkisi kalp-damar hastalıklarından ileri gelen ölüm oranları arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. (Şekil 10). Georgia'nın kuzeyinde Apalaş yaylalarında kalp-damar hastalıklarından ileri gelen ölümler az, güneyinde özellikle Atlantik kıyıları boyunca, bu tür ölümler oldukça yüksek düzeydedir.



Şekil 10. Georgia eyaletinde kalp-damar hastalıkları nedeniyle gerçekleşen ölüm oranlarının nedenleri yeterince kanıtlanamayan yerel jeolojiyle ilişkilendirilmektedir (Shacklett ve diğerleri, 1970).

Topraklar, bitkiler, ağaçlar ve gıda ürünleri 30 farklı element içeriği yönüyle analiz edilmiş ve bu analizlerin bölgeler arası karşılaştırılması yapılmıştır. Genellikle, kıyı ovaları boyunca topraklar günlenmeye açık olup, çeşitli mineraller daha yaygın bir biçimde toprağa s z lmektedir. Yüksek alanlarda yer alan topraklar ise alüminyum, baryum, kalsiyum, krom, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, niobiyum, fosfor, titanyum, vanadyum yönüyle zengin, zirkonyum yönüyle biraz fakirdir.

Krom, bakır, manganez ve vanadyum gibi bazı elementlerin kalp-damar sistemi üzerinde olumlu etkileri olduğuna inanılmaktadır. Buna göre, toprak kimyası ile toprak üzerinde yetişen sebze ve meyvelerin kimyası arasındaki ilişkilerin yanı sıra su kaynaklarının sistemli ve istatistiksel bir şekilde irdelenmesi son derece önemli sonuçlar sağlayacaktır. Böylece, yerel jeoloji ile kalp-damar hastalıkları arasındaki ilişkilere yönelik güvenilir bulgular sağlanabilir.

Diğer ilgi çekici olgular

Belirgin coğrafik farklılıklar sunan çeşitli hastalıklarla jeolojik ortamın ba ı kurulmalıdır. İran'da, geniz (boğaz) kanserinin oluşum oranı ile toprak türlerinin dağılımı arasında oldukça çarpıcı bölgesel bir ilişki g r lmektedir ( ekil 11). Ancak, toprak kimyasının kanser olgusu üzerindeki etkisi yeterince anla ılamamı tır. Başka yerlerde, gut hastalığı gibi kanser türleriyle jeokimyasal faktörler araştırılmıştır. Örneğin, ABD'nin Wales bölgesindeki mide kanseri olguları, bu bölgedeki topraklarda organik gereçlerin miktarlarıyla kar ıla tırılmı tır. Ancak, organik maddelerin, potansiyel olarak zehirli metalleri bünyesine alma eğiliminin sonucu mu, yoksa başka faktörlerin mi mide kanseri üzerinde etkili olduğu henüz bilinmemektedir (Kmet ve Mahboui, 1972).

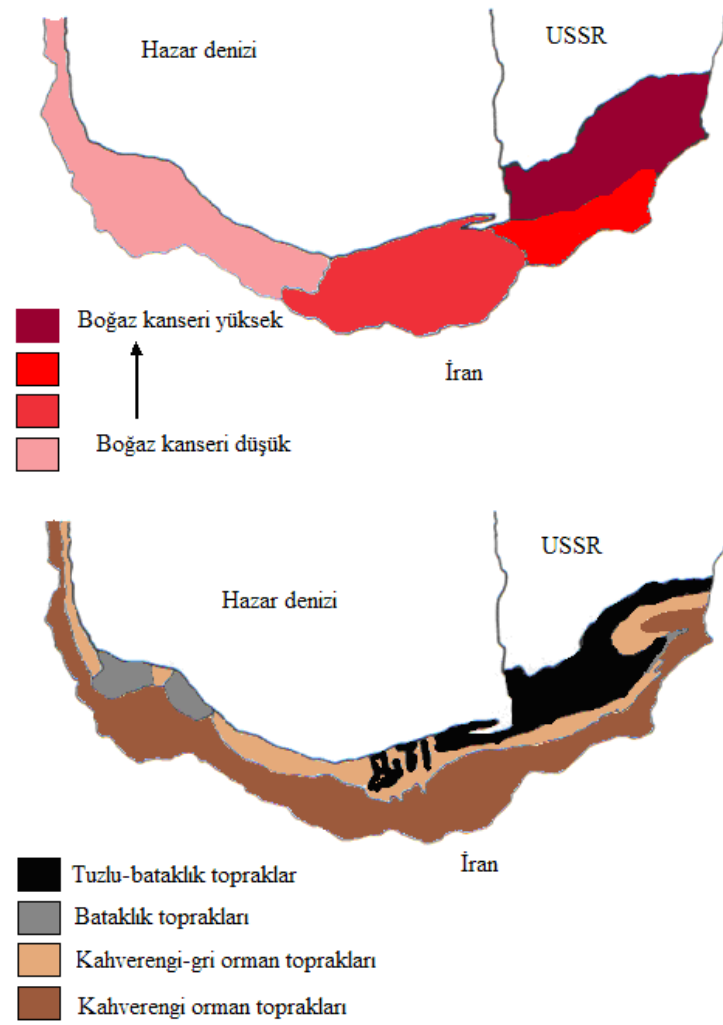
Az çok belirli bazı jeokimyasal kar ıla tırmalar da vardır. Son yıllarda, Avrupa'da kalp hastalıklarındaki ölüm oranı ile yöredeki kaya birimlerinin ya ının kar ıla tırılmasına yönelik bir çalışma da yapılmıştır. Ancak aynı yaşta çeşitli kaya türleri olabileceği gibi, aynı kaya türü de farklı ya larda olabilir. Dolayısıyla, jeolojik birimlerle ölüm oranları arasında böyle bir çerçevede ba  kurmak birçok değişkeni içermesi nedeniyle bir hayli güçtür. Açıkçası, kayanın ya ı ile kayanın üzerinde yaşayan varlıkların sağlığı arasında bir ilişkinin kurulabilmesi kolay değildir. Dolayısıyla kimyasal faktörlerle mek nsal kar ıla tırmaların g zlenebildi i yerlerde, jeolojik ya  ile ilgili bir ilişkinin kurulması ya da çürütülmesi oldukça güçtür.

TIBB  JEOLoj N N SORUNLARI

Tıbbi jeoloji çatısı altında, yerel jeoloji ile ortaya çıkan hastalıkların nedenleri, etkileri ve bu kar ıla tırmaların bir rastlantıya karşılık gelip gelmediği ayrıntılı bir biçimde incelenmelidir. Yıllar evvel, bir tütün  irketi, reklam kampanyası sırasında, çoğu insanların yatakta öldüğünü ileri sürmüştür. Ancak, yatağa girmenin tehlikeli olduğunu iddia etmek de mümkün müdür? Öte yandan ak saçlı dinleyicilerin klasik müziği, rock müziğine göre daha çok dinlediklerini gözeterek, klasik müziğin saçların ak olmasına neden olduğunu ileri sürmenin bilimsel bir değeri yoktur. Bu şekilde neden ile sonuç arasında ilişkiler kurulamaz. Benzer şekilde yerel jeoloji ile hastalıklar arasındaki ilişkiler irdelenirken oldukça titizlik gösterilmelidir.

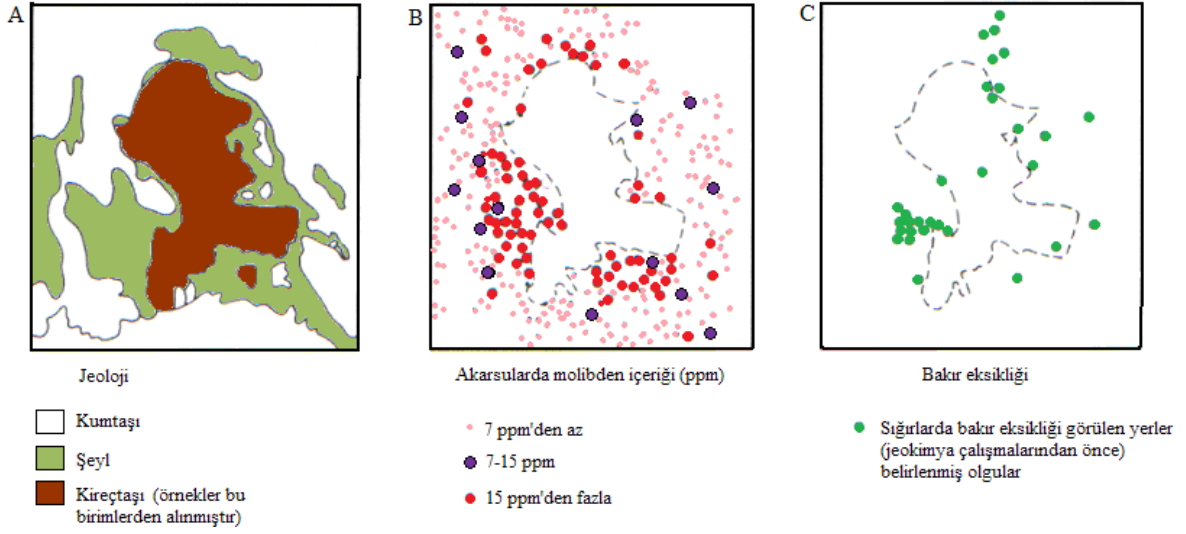
 z elementlerin etkileşimleri

Yukarıda da belirtildiği gibi doğal jeolojik sistemlerin gerçek neden ve sonuç ilişkilerini tanımlamak gerçekten zordur. Çünkü pek çok mineralojik ve jeokimyasal parametreler bu sistemleri farklı biçimlerde etkilemektedir. Belli bir elementin etkisi, diğer elementlerin varlığı ve etkileşimleri nedeniyle maskelenebilir. Bir  rnek  ekil 12'da sunulmuştur (Webb, 1971).



Şekil 11. İran'ın Hazar Denizi kıyıları boyunca yer alan toprak türleri ile geniz kanseri olguları arasındaki ilişki (Kmet ve Mahboui, 1972).

İngiltere'nin orta kesimlerinde barınmakta olan sığırlarda bakır eksikliği ile yerel jeoloji karşılaştırıldığında, bu olgunun şeyllerden oluşan bölgelerde yada şeyl biriminin yakın dolaylarında yaygın olduğu anlaşılmıştır. Fakat şeyller ve bunlardan türeyen toprak bakır yönüyle fakir değildir. Bu kayaların akarsular boyunca alınıp incelenen örneklerle göre molibden açısından zengin olduğu, bunun da sorunun kaynağı olduğu ileri sürülmektedir. Belirgin olarak, molibdenin hayvanlar tarafından fazla alınması, hayvan diyetlerindeki bakır gereksinimini arttırmaktadır. Molibden zengin akarsuları az kullanan hayvanların kanında bakır düzeyleri görece olarak düşük olsa bile bakır eksikliği olguları meydana gelmemelidir.



Şekil 12. İngiltere'nin orta kesiminde sığırlardaki bakır eksikliği ile (yerel jeoloji tarafından denetlenen) akarsuların molibden içeriği arasındaki bağı gösteren iz elementlerin etkileşimi. A, İngiltere'nin orta kesiminin jeolojisi. B, Akarsular boyunca izlenen molibden içeriği. C, Jeokimyasal çalışmalardan önce İngiltere'nin orta kesiminde sığırlarda görülen bakır eksikliği olgusu (Webb, 1971).

Diğer bilinen ya da kuşku duyulan pek çok etkileşimler vardır. Gübrenin içeriği dolayısıyla yüksek oranda fosfor içeren topraklarda yetişen bitkilerde çinko eksikliği oluşmaktadır. Bitkiler tarafından yüksek oranda çinkonun alınması ise bitkilerin absorpsiyon yoluyla kadmiyum içeriğini yükseltebilir. Böylece, kadmiyum yönüyle zengin topraklara çinkonun katılması, gıda ürünlerinde yüksek kadmiyum derişiminin denetiminde yararlı olabilir. Kükürt ise selenyumla birlikte bitkilerin bünyesine girme konusunda bir yarış içindedir. Fakat deneysel çalışmalar bu olguyu tam olarak doğrulamıyor. Kükürt içeren gübrelerin düşük selenyumlu topraklara katılması bitkilerdeki selenyum düzeylerini düşürmektedir. Ancak, selenyumca zengin topraklarda gelişen bitkilerde selenyum düzeylerinin yükselmesini önlemek için kükürdün eklenmesi bir çare değildir.

Hayvanlarda magnezyum, potasyum ve kalsiyum içeren metabolik süreçlerin birbirleriyle ilişkili olduğu ve bu ilişkinin insanlar için de geçerli olduğu bilinmektedir. Buna göre, bir elementin eksikliği diğer elementlerin dengesini bozabilir. Bakır, demirin metabolizmasında belirleyicidir. Molibden de demir metabolizmasını etkileyebilir. Lifli bitkiler insanın sindirim sisteminde çinkonun absorpsiyonunu önleyebilir. Bitkilerde fosfor çinkonun alınmasını sınırlayabilir ve bu da bitkilerde çinko eksikliğine ve besin zinciri yoluyla diğer hayvanlarda ve insanda çinko yetersizliğine yol açabilir. Sonunda, fosforun gübrenin ana bileşen olması nedeniyle önemli sağlık sorunları ortaya çıkabilir. Çinko ve kadmiyum, bitkilerin yanı sıra insan bünyesinde de yarışmaktadır. Buradan yola çıkarak, çinkonun çok tüketilmesinin kadmiyuma karşı koruyucu bir işlev gördüğü öngörülebilir. Selenyum, civanın zararlı etkilerine karşı koruyucu bir işlev görmektedir. Ancak selenyumun da zehirli olduğu gözetilerek denetimli olarak tüketilmesi tercih edilmelidir. Sonuç olarak, yerinde kullanıldığında hayat kurtarıcı olan ilaçların, yanlış besinlerle alındığında, olası olumsuz etkileşimler nedeniyle, insanı ölüme kadar götürebileceği de unutulmamalıdır.

Bilinen ve tartışılmakta olan etkileşimlerle ilgili bilgiler giderek artmaktadır. Elementler arasında yarışa dayalı bazı etkileşimleri, elementlerin periyodik çizelgesine (Çizelge, 4'e) bakarak tahmin edilebilir.

Çizelge, 4. Elementlerin yalınlaştırılmış periyodik çizelgesi. Atom numarası uranyumdan (92) büyük olan elementler doğal olarak oluşmamaktadır.

Ia																	0						
1 H																	2 He						
IIa																	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa		
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	57-71 alta bkz.	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra	89-103 alta bkz.																					
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu						
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lw						

Örneğin, VIa sütununda yer alan kükürt (S) ile selenyum (Se); IIIb sütununda yer alan çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd), IIa sütununda yer alan kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg)'nin her biri kendi sütunu özelinde benzer elektronik yapılarla olmaları dolayısıyla benzer özellikler sunmaktadırlar.

Bakır (Cu) ve molibden (Mo) gibi daha az benzer olan elementler arasındaki etkileşimlerin, daha karmaşık kimyasal ve biyokimyasal ilişkileri nedeniyle tanımlanmaları ya da anlaşılması bir hayli güçtür. Birkaç özel element içeren bazı ilaçların yüksek dozda alınmasına, doktorların uyarıda bulunması bir rastlantı değildir. Potansiyel zehirli etkilere sahip bazı elementler tüketilirken bunların diğer elementlerin dengesini değiştirmesiyle önemli sağlık sorunlarına yol açması mümkündür.

İnsan faaliyetlerinin etkileri

İnsan faaliyetleri, iz elementlerin derişimlerini ve bu derişimlerden ileri gelen olguların değişmesine yol açmaktadır. Kurşun, çinko, bakır, kadmiyum, arsenik, uranyum ve diğer metaller dolayısıyla meydana gelen toprak kirliliği, maden işletmeleri ya da cevher zenginleştirme tesislerinin yakın dolayında yaygındır. Oluşan kirlilik, su kaynaklarıyla birlikte, tesislerin dolayında yer alan bitkilerin sağlığını etkiler. Yoğun trafiğin olduğu yollara yakın bitkilerde vasıtaların eksozlarından çıkan gazlar nedeniyle yüksek kurşun içerikleri görölmektedir. Kurşunlu yakıtların yasaklandığı yerlerde yakıtlardaki kurşunun yerini manganez almış ve dolayısıyla bitkilerde manganez zehirlenmesi

başlamıştır. Yüksek manganez içeriklerinin insanlarda sinirlilik ve beyin hasarlarına yol açabileceği öne sürülmektedir.

Doğal ve yapay gübrelerin kullanılması ve sulama ile ilgili diğer tarımsal uygulamalar, hidrolojik döngü yoluyla elementlerin doğadaki dağılımını değiştirmektedir. Bu uygulamalar sonucu, ortama yabancı yeni iz elementler de jeokimyasal döngülere girerek, toprağın bileşimini dolayısıyla toprağın bileşiminden etkilenen diğer canlıların sağlığını etkiler. Sonuç olarak doğal döngülerin işleyişi, sağlığı ve hastalıkları etkileyen temel jeolojik faktörleri maskelerken tıbbi jeolojik çalışmaları yapanların işlerini de güçleştirmektedir.

Yeni bir çevre tanımı

Bugün çevresel etmenlerin hastalıklarla ilişkilerini inceleyen bir grup bilim insanı, kronik hastalıkların gerçek anlamda anlaşılabilmesi için, tüm genetik bilgiyi inceleyen "**genom**" yaklaşımı gibi, maruz kalınan tüm çevresel etmenleri bir bütün olarak ele alan bir "**ekspozom**" yaklaşımının benimsenmesi yönünde görüş birliği içindedir.

Ekspozom yaklaşımının öncülerinden Stephen M. Rappaport ve Martyn T. Smith çevresel etkilerin daha bütünleşik olarak değerlendirilebilmesi için, toksik etkilerin vücuttaki önemli molekülleri, hücreleri ve fizyolojik süreçleri etkileyen kimyasallar yoluyla oluştuğunun fark edilmesi gerektiğini ileri sürmektedir. Bu bağlamda çevreyi vücudun iç kimyasal ortamı; çevresel etkileri de bu iç ortamda bulunan biyolojik olarak etkin kimyasalların miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Dolayısıyla çevresel etkiler vücuda çevreden, örneğin havadan, sudan ve besinlerden giren kimyasallarla kısıtlanmayıp iltihaplar, oksidatif stres (reaktif oksijen türlerinin dengesiz olarak artması), lipid peroksidasyonu (yağların yakıldığı ve serbest radikallerin oluştuğu kimyasal süreç), enfeksiyonlar, bağırsak florasının (mikroorganizmalar) etkinlikleri gibi birtakım doğal süreçler sonucu oluşan kimyasallar da çevresel etkilere dâhil ediliyor. Bu iç kimyasal çevre, iç ve dış kaynaklardaki birtakım değişimler, yaşlanma, enfeksiyonlar, yaşam tarzı, stres, psikolojik etmenler ve önceden var olan hastalıklar gibi sebeplerle yaşam boyu sürekli bir dalgalanma göstermektedir.

SONUÇLAR

Yeryuvarı milyarlarca yıllık bir zaman aralığında evrim geçirerek günümüzdeki görünümüne kavuşmuştur. Doğadaki değişim, bundan sonra da devam edecektir. Bileşim yönüyle yeryuvarı, yerin bitki örtüsü, hayvanlar ve sonunda insan arasında bazı temel benzerliklerin olması ve gelişen doğal döngülerle birbirlerini etkilemeleri bütünsel bir gelişmenin sonucudur.

Çevrenin jeokimyası ve jeolojide sunulan birçok örnekler, bitkilerin, hayvanların ve insanın sağlığı ile bu varlıkların üzerinde yaşadığı yer arasındaki ilişkiyi belgelemektedir. Bu ilişki, insanın sonradan neden olduğu kirliliğin dışında ve insan faaliyetlerinden bağımsız olarak kurulabilmektedir. Bazı örnekler ise, başlangıçta coğrafik farklılıkların bir yansıması olarak yorumlanmıştır. Öte yandan insan faaliyetlerinin bazıları da doğal jeolojik ve biyolojik faktörleri maskeleyerek iz elementlerin yayılımını ve bunların birbirleriyle etkileşimlerini irdelemeyi güçleştirmektedir. Dolayısıyla, yeni çevre tanımı doğrultusunda, çevre ve sağlık ilişkilerine dair gelişmeleri titizlikle izlenmelidir.

Ülkemizde, örneğin Ezine (Çanakkale) Geyikli/ Hantepe sahilindeki doğal radyasyon, Emet (Kütahya) dolayında suların arsenik içeriği, İsparta'da ve Doğu Anadolu'da Tendürek dağı dolayında florun neden olduğu diş hastalıkları, Orta Anadolu'da iyot eksikliği nedeniyle ortaya çıkan tiroit bezi hastalıkları ve asbestin neden olduğu kanserler tıbbi jeolojik risklerin yaygın olduğunu göstermektedir.

Yukarıda sunulan temel bilgiler gözetildiğinde Tıbbi Jeoloji'nin ancak oldukça çok sayıda çok-disiplinli bir anlayışla gelişebileceği sonucuna varılmaktadır. Bunun için yapılması gereken çalışmalardan bazıları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1. Tıbbi Jeoloji'ye temel olabilecek, kayatürü ve kayatürünün iz element içeriklerini içeren 'Tıbbi Jeoloji Risk Haritaları'nın hazırlanması ve bu haritalar ışığında bölgesel hastalıkların

gözden geçirilmesi ve bu konudaki yasal çerçevenin gözden geçirilerek yeniden düzenlenmesi,

2. Bileşim ve iz element içerikleri yönüyle kayatürü, toprak, bitki örtüsü, hayvanlar ve insanlar arasında kurulan ilişkilerin daha çok sayıda veriyle desteklenmesi,
3. Temel jeolojik döngüyle bu döngünün denetiminde gelişen diğer doğal döngülerin işleyişleri sırasında oluşan besin zincirinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi,
4. İz elementlerin her biri özelinde varılan sonuçların güncelleştirilmesi ve etkileri tartışmalı olan verilerin yeniden irdelenmesi,
5. İz element etkileşimlerinin tıbbi özelliklerinin daha iyi anlaşılması, jeolojik faktörlerden ileri gelen çoğu hastalıkların da tedavi edilmesini kolaylaştıracaktır. Günümüzde jeolojik faktörlerden ileri gelen, ancak nedenleri tartışmalı olan bazı hastalıkların Tıbbi Jeoloji çatısı altında önlenmesi mümkündür.

Tıbbi jeoloji çalışmaları ülkemizde özenle yürütülmektedir. 03-04 Kasım 2017 tarihinde yapılan Çevre Jeolojisi Çalıştayında Tıbbi jeoloji konusu ayrıntılı olarak ele alınmıştır (Yılmaz 2017). Çalıştayda, Tıbbi Jeoloji çalışmalarının hızlandırılması için aşağıdaki önerilerin öncelikle ele alınması hususunda görüş birliğine varılmıştır (Baba ve diğerleri, 2017):

1. En kısa süre içinde Tıbbi Jeoloji konusunda Türkçe bir kitabın yazılması, tıpçılar için jeoloji bilgisini, jeoloji mühendisleri için ise tıp bilgisini içeren iki adet kitapçığın hazırlanmasına, Tıbbi Jeoloji ile ilgili çalışmaların paylaşılması amacıyla oluşturulan web sitesinin geliştirilmesi ve bu konuda sorumlu atanmasına,
2. JMO Tıbbi Jeoloji Çalışma Grubu'na 3 adet Meslek Hastalıkları, Medikal Onkoloji ve Halk Sağlığı dallarında uzman tıp doktoru ve 1 adet Nükleer Fizik uzmanının dâhil edilmesine ve bundan sonra yapılacak faaliyetlerin tartışma ve planlanmasının toplantı programlarının, oluşturulan bu yaklaşık 30 kişilik Danışma Kurulu aracılığı ile yapılmasına,
3. Tıp fakültelerine Tıbbi Jeoloji Kürsüsü kurulması konusunda adımlar atılmasına,
4. JMO'nun EPA gibi bir sorumlulukla çalışıp Tıbbi Jeoloji ağı oluşturmaya,
5. Tıbbi Jeolojinin geliştirilmesi hususunda TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Türk TORAKS Derneği, TÜSAD ve ilgili diğer sivil toplum örgütlerinin ortak çalışmalar yürütmesi konusunda çalışmaların yürütülmesine,
6. Tıbbi Jeoloji ve İş Sağlığı arasındaki ilişkiyi vurgulayacak şekilde İş Yeri Hekimliği eğitimine "Tıbbi Jeolojinin" de eklenmesi konusunda girişimlerde bulunulmasına,
7. Dünya'da ve ülkemizde insan ölümlerinin 1. sıradaki nedeninin gerekli iyileştirme ve düzenlemeler yapılmadan kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği olduğu, Ülkemizde de düşük kaliteli linyitlerin kullanıldığı gerçeğinden hareketle, hava kirliliğini azaltma-önleme hususunda ülkemizde yapılan enerji tercihlerinin gözden geçirilmesinin gerekli olduğuna,
8. Sağlık Bakanlığı, MTA ve TAEK gibi kamu kurumları ile ortak çalışmalar yürütülerek ve de daha önce yapılan çalışmalar konusunda arşiv taraması yapılarak, jeolojik unsurlara bağlı olarak gelişen sağlık sorunlarının olabileceği alanlara ilişkin detaylı jeokimyasal ve hidrojeokimyasal haritaların yapılmasına,
9. Bakanlık ve yerel yönetimlerde kentlerin tematik tıbbi jeoloji haritalarının yapılmasının önemi konusunda farkındalık yaratacak girişimlerde bulunulmasına,
10. Ülkemizde gündemde olan (kentsel dönüşüm ve asbest sorunu, radon ve etkisi, yeraltı suyu kaynaklarında ağır metal vb. gibi) konulara öncelik verilerek, pilot bölgelerden projeler oluşturulup Avrupa Birliği ve TÜBİTAK gibi fonlardan kaynaklara başvurulmasına,
11. Sonuç Bildirgesi'nin ilgili tüm kurumlara gönderilmesine ve kurumsal mevzuatlarda yer alması için çalışmalar yapılmasına karar verilmiştir.

Tıbbi Jeoloji çok disiplinli bir anlayışla giderek yepyeni bir ilgi alanı olarak gelişmektedir. Jeolojik ortam ve bu ortamın ürünü toprak, toprak üzerinde yeşeren ekosistem, ekosistemin nimetlerinden beslenen varlıklar sürekli etkileşim halindedir. Çok disiplinli bir anlayış ile yapılan çalışmalar ışığında jeolojik ortam ile çevre sağlığı arasındaki ilişkiler daha görünür hale gelmektedir. ***Ancak jeoloji, çevre ve hastalıkların türü arasında iyi bir ilişki kurulursa, çevre sağlığının daha iyi bir şekilde yönetilmesi mümkündür. Üstelik çevre sağlığının koşulları sağlanmadan, insan ve toplum sağlığını korumanın gücü açıkça görülmektedir.***

Örneğin iz elementler, jeolojik ortamın ürünüdürler. Bunların diğer varlıklar tarafından az miktarda alınması kimi zaman sağlık açısından gerekli, ancak fazla dozda alınması zehirli ve öldürücüdür. Aynı şekilde birçok iz elementlerle çeşitli hastalıklar arasındaki ilişkiler Tıbbi Jeoloji çatısı altında irdelenmektedir.

Toplum sağlığı planlamasında çok önemli olan Jeolojik ortamın temel unsurları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yılmaz, 2017):

- 1- Kayatürü ve toprakların mineralojisi ve jeokimyası
- 2- Su havzalarının hidrojeokimyası
- 3- Maden sahaları (taş ocakları, metalik maden yatakları, kömür yatakları gibi)
- 4- Doğal radyoaktivite düzeyi
- 5- Granitik ve volkanik kayatürleri başta olmak üzere tüm kayaların alterasyon zonları
- 6- Jeolojik ortamın sağlık uyaranları /iyicil etkileri

Yerleşim alanlarının yukarıda sıralanan jeolojik unsurlarıyla ilgili tematik haritalar, arazi kullanım planlamasında sahip olunması gereken en temel Tıbbi Jeolojik verileri içermektedir.

Örneğin, belirgin coğrafik farklılıklar sunan bazı hastalıklarla jeolojik ortamın bağı kurulabilir. İran'da, geniz (boğaz) kanserinin oluşum oranı ile toprak türlerinin dağılımı arasında oldukça çarpıcı bölgesel bir ilişkiler tanımlanmıştır (Yılmaz, 2017).

KAYNAKLAR

- Anderson, B.A., 1971. Calcium-carbonate hardness of public water supplies in the conterminous, In Environmental geochemistry in health and disease, edited by H.L. Cannon and H.C. Hopps, USA, 151-53.
- Baba, A., Metintaş, M., Örgün, Y., Toksoy, F. K. ve Alan, R., 2017. Çevre jeolojisi ve halk sağlığı: Tıbbi jeoloji'nin koruyucu halk sağlığındaki yeri, önemi ve yaşanmakta olan sorunlar. 1. Çevre Jeolojisi Çalıştay Sonuç Raporu (Ed. Ali Yılmaz). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No:133, Ankara, s. 151-175.
- Botkin, D.B. ve Keller, A.E., 1995. Environmental Science: Earth As a Living Planet (Chapter 14 Environmental Health and Toxicology), John Willey and Sons Inc, New York, USA, 627 s.
- Brownlow, A. 1979, Geochemistry, Prentice-Hall, Inc. USA.
- Cannon, H.L. ve Hopps, H.C., 1970. Geochemical environment in relation to health and disease, Geological Society of America Special Paper, 140.
- Cannon, H.L. ve Hopps, H.C., 1971. Environmental geochemistry in health and disease, Geological Society of America Memoir, 123.
- Englewood, C. NJ. ve Krauskopf, K. B., 1979, Introduction to Geochemistry, McGraw- Hill, Inc. New York, USA.
- Feder, G.L., 1985. Environmental influence of selenium in waters of the western United States, US Geological Survey Annual Report, 5-8.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1999, Çevre Sağlığı Boyutlarıyla Habitat II ve Kent Çevresi: Sağlık Bakanlığı, Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi No:42, Ankara, 97s.
- Kmet, J. ve Mahboui, E., 1972, Esophageal Cancer in the Caspian Littoral of İran, Science, vol. 175, s.846-853.
- İleri, S., 1978. Zeolitler: Türkiye Jeoloji Kurumu, Yeryuvarı ve İnsan, 3/1, Ankara, 40-44.

- Mason, B. ve Moore, C. B., 1982, Principles of Geochemistry, John Willey and Sons, New York, USA.
- Mavi Gezegen, 2002. Jeoloji, Çevre ve Sağlık, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, sayı 6., Ankara.
- Montgomery, C.W., 1995. Environmental Geology, Medical Geology, Chapter 20, Printed in USA by Wm C. Brown Communications, Inc. USA, 496s.
- Oruç, N., 2003. Problems of high fluoride waters in Turkey (Hydrogeology and Health Aspects) on Overview, the short course on Medical Geology, Health and Environment, Canberra, Australia..
- Parr, R., 1983. Trace elements in human milk. International Atomic Energy Agency Bulletin, 25(2), 7-15.
- Pier, S.M., ve Bang, K.M., 1980. The role of heavy metals in human health, Chapter 11, in Environment and health, edited by N.M. Trieff, Ann Arbor, Mich., Ann Arbor Science Publishers, 366-409.
- Sauer, H.I., ve Brand, F.R., 1971. Geographic patterns in the risk of dying. In Environmental geochemistry in health and disease, edited by H.L. Cannon and H.C. Hopps, Geological Society of America Memoir 123, 131-50.
- Selinus, O., Alloway, B.J., Centeno; J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P., 2005, Essentials of medical geology: Impacts of the natural environment on public health. Amsterdam, Boston: Elsevier Academic Press. ISBN: 0126363412. 812s.
- Shacklette, H.I., Sauer, H.I. ve Miesch, A.T., 1970. Geochemical environments and cardiovascular mortality rates in Georgia, US Geological Survey Professional Paper, 547C.
- Şaylı, B.S., 2000. İnsan sağlığı ve bor mineralleri, AÜ Tıp Fakültesi, Eti Holding Araştırma Projesi, Ankara.
- USGS, 1985, Annual Report, U. S. Geological Survey, USA.
- Webb, J.S., 1971. Regional geochemical reconnaissance in medical geography, In Environmental geochemistry in health and disease, edited by H.L. Cannon and H.C. Hopps, Geological Society of America Memoir, 123, 31-42.
- Yarat, A., 2016. Sağlınız açısından içme sularında döteryum. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı 11-15 Nisan/April 2016 69th Geological Congress of Turkey, Ankara.
- Yılmaz, A., 2008, Çevre Jeolojisi: Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları no. 107, Sivas, 379s.
- Yılmaz, A., 2009, Çevre Jeotekniği: Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları no. 116, Sivas, 276s.
- Yılmaz, A., 2017. 1. Çevre Jeolojisi Çalıştay Sonuç Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No:133, Ankara, 218s.