

arazi kullanım planlaması ve tıbbi jeoloji

Toplum sağlığını koruma alanındaki multi-disipliner çalışmalar, başta kanser vakaları olmak üzere, hastalıkların değişik formlarına neden olan jeolojik faktörler üzerine yoğunlaşarak, hastalıkların gelişimini zaman ve mekân içinde değerlendirmeye başlamışlardır. Bu yaklaşım ve çabalar yıllar içinde yavaş, ancak kararlı gelişmesini sürdürmüş ve “esas bileşenleri elementler, mineraller, kayalar, toprak ve su olan jeolojik ortam ile çevre sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen disiplinler arası bir bilim dalı olarak” tanımlanan Tıbbi Jeoloji (Medical Geology) bilim dalının doğmasıyla sonuçlanmıştır.

1- Giriş

Günümüzde jeoloji literatüründe muazzam bilgi ve gözlem birikmiştir. İnsan ile dış ortam faktörleri arasındaki karmaşık etkileşim ile uğraşan tıbbi ekolojinin gelişmesi, uygulamalı tıp bilimlerinin jeoloji literatüründe biriken muazzam bilgi ve gözlemden daha fazla yararlanması gereğini ortaya koymuştur. Bu gereklilik, özellikle son yüz yıllık dönemde başta mineraloji ve jeokimya olmak üzere jeolojinin farklı disiplinlerindeki çalışmalarla elde edilen sonuçlarla tartışmasız bir şekilde ortaya konmuştur. Dünya üzerinde yaşam ve yaşamsal faaliyetler jeolojik ortamın bir parçasında sürdürüldüğüne göre, jeolojik faktörlerin genelde yaşam, özelde ise insan sağlığı üzerinde belirleyici olduğu kesindir. Toplum sağlığını koruma alanındaki multi-disipliner çalışmalar, başta kanser vakaları olmak üzere, hastalıkların değişik formlarına neden olan jeolojik faktörler üzerine yoğunlaşarak, hastalıkların gelişimini zaman ve mekân içinde değerlendirmeye başlamışlardır. Bu yaklaşım ve çabalar yıllar içinde yavaş, ancak kararlı gelişmesini sürdürmüş ve “esas bileşenleri elementler, mineraller, kayalar, toprak ve su olan jeolojik ortam ile çevre sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen disiplinler arası bir bilim dalı

olarak” tanımlanan Tıbbi Jeoloji (Medical Geology) bilim dalının doğmasıyla sonuçlanmıştır. Tıbbi jeolojinin görevlerinden biri, jeolojik faktörlerin, canlı organizmalar ile doğal ortamın oluşturduğu ekosistem içindeki rolünü tanımlamak, bazı hastalıkların taşıyıcı faktörlerini ayırt etmek ve incelenen jeolojik ortamı insan sağlığı üzerindeki olumsuz ya da olumlu etki düzeyine göre zonlara ayırmaktır.

Arazi kullanım planlaması her ülke için geleceğe dönük hedeflere ulaşılmasında büyük önem taşıyan bir çalışmadır ve çok güvenilir düzeyde yürütülmelidir. Arazi kullanımının planlamasına dönük en önemli unsur, bu planların sürdürülebilir kalkınma anlayışı ile genel kabul görmüş ekolojik ilkelere dayanması ve standart planlama, düzenleme ve arazinin korunmasına yönelik kurallara uyulmasıdır. Özellikle, daha önceleri sadece doğal kaynakların akılcı kullanım amacıyla korunmalarına dönük olarak yapılan planlamalar yerine günümüzde, bu planlarda insan sağlığının korunması ve toplumun yaşam ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi sorunu ön plandadır. Böylece, tıbbi jeoloji açısından uzmanların çözmesi gereken sorunlar ve bu sorunların önemleri artar. Planlama bürolarının ihtiyaçları açısından tıbbijeolojik araştırmalar, ilgili

sahanın jeolojik yapısı, işin kendine özgü nitelikleri, çalışılan olayın boyutları ve planlama aşaması gibi faktörlere dayandırılır.

Bu yazıda arazi kullanım planlamalarında tıbbi jeolojik verilerin önemi tartışılacak, jeomedikal riskler ve jeomedikal risk taşıyan alanlar hakkında bilgi verilerek bu ve benzeri alanların jeokimyasal olarak belirlenip tıbbi jeolojik açıdan değerlendirilmesinin kentleşme ve Jeoçeşitliliğin korunması için alınabilecek tedbirler ve koruyucu hekimlikteki önemi üzerinde durulacaktır. Bu yazı esasen Miomir M. Komatine tarafından yazılan "Medical Geology Effects of Geological Environments on Human Health" (Komatina, 2004) başlıklı kitabın JMO tarafından Türkçeye çevrilen "Tıbbi Jeoloji Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri" adlı kitaplardan faydalanılarak hazırlanmış (JMO, 2011) ve yararlanılan kaynaklar başlığı altında verilen diğer yayınlardan örnek ve sonuçlar geliştirilmiştir.

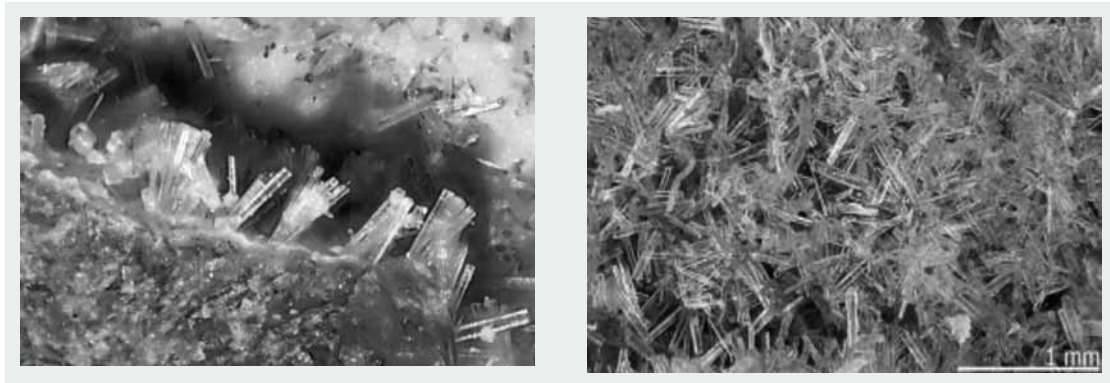
2. Arazi Kullanım planlamalarında Tıbbi Jeolojik Verilerin Önemi

20. yüzyılın son çeyreğine kadar yapılan arazi kullanım planlamalarında jeolojik ortam yeterince dikkate alınmamıştır. 1960'lı yıllardan itibaren yapılan çalışmalarda ise ilgili arazilerin özellikle mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınmış, mineral hammadde potansiyelleri (metalik, metali olmayan ve enerji hammadde kaynakları) ve hidrojeolojik, pedolojik, sismolojik ve özellikle Tıbbi Jeolojik (Jeomedikal) faktörler gözardı edilmiştir. Bu durum, bir yandan genelde jeolojik zenginliğin sürdürülebilir rasyonel kullanımlarını engellerken, diğer yandan aşağıda bazı örnekleri verilen jeomedikal faktörlerin gözden kaçırılması toplum sağlığının doğru bir biçimde örgütlenmesini güçleştirmektedir. Örneğin; ülkemizin pek çok ilçe ve

köyünde toprakta bulunan lifsi yapıdaki Eriyonit ve Asbest minerallerine bağlı gelişen mezotelyoma ve pnömokonyoz vakkası saptanmıştır (Barış, 1994, 2002, 2003 ve 2005) ve bu köylerde yaşam kalitesi düşmüştür.

Nevşehir ili Ürgüp ilçesine bağlı çok sayıda köyün yerleşim alanındaki toprak ve kayalarda bulunan lifsi yapıdaki Eriyonit mineralinin solunum yoluyla vücuda alınması nedeniyle yerel halkın sağlığı tehdit altındadır ve çok sayıda insan Eriyonite bağlı mezotelyomadan ölmüştür. Eriyonit mineraline ait iki görüntü Şekil 1'de verilmiştir. Bu tip sorunlar genelde kırsal bölge halkında tespit edilmektedir. Köyler ve/veya kasabalar bu minerali içeren kayalar üzerinde kuruludur, yöre halkının geçimini sağladığı tarlaları, bağbahçeleri, otlakları bu kayalardan oluşmuş topraklar üzerindedir, köylüler bu kaya ve topraklardan süzülen suları içmektedirler. Dolayısıyla yöre halkı adeta dört bir yandan bu jeolojik risk faktörüyle çevrelenmiştir. Bu nedenle Ürgüp ilçesinin Karain ve Sarıhıdır köylerinde bu sorun yaşanıyor olmasına rağmen, soruna kesin çözüm bulunamıyor. Zira köylerin taşınması sorunu çözümüyor, köylüler geçimin sağladıkları tarlalarını terketmiyor/edemiyor. Tarımsal faaliyetler sırasında da köylüler bu minerali içeren tozlara maruz kalıyorlar ve kısır döngü sürüp gidiyor.

Eriyonit, zeolit grubu minerallerdendir ve alkali volkanik kayalar içinde hidrotermal evrenin düşük sıcaklık koşullarında oluşur. Ülkemizde başta batı ve orta Anadolu olmak üzere pek çok yerde yaygın olarak bulunan bu kayaların hem eriyonit minerali açısından hemde toksik iz elementler açısından ulusal çapta mineralojik ve jeokimyasal olarak incelenmesi, sonuçların tıbbi jeolojik açıdan değerlendirilmesi ve haritalanması gerekir.



Şekil 1. Eriyonit mineraline ait mikroskop görüntüleri

Ülkemizin batıdan doğuya kuzeyden güneye geniş alanları peridotitik masiflerle kaplıdır. Aynı zamanda ülkemizin krom yataklarının da bulunduğu bu alanlarda serpantinleşmeye bağlı olarak asbest grubu mineraller de oluşmuştur. Olivin ve amfibol grubu minerallerden kimyasal alterasyon sonucu oluşan asbest grubu minerallerden özellikle amfibol asbestlerin mezotelyoma hastalığına neden olduğunu belirtmek gerekir. Lifsi yapıdaki kristalleriyle karakterize olan asbest mineraline ait iki görüntü Şekil 2' de verilmiştir. Eriyonit iğneciklerine benzer şekilde solunum yoluyla vücuda giren asbest iğnecikleri de akciğer zarı ve dokusu başta olmak üzere yumuşak dokulara saplanarak dokuyu zedeleyip selim ve /veya habis yaralar oluşmasına neden olmaktadır.

Eskişehir, Muğla, Yozgat, Sivas, Diyarbakır, Elazığ, Malatya, Adıyaman, Urfa, Denizli, Burdur, Kütahya, Afyon ve Hatay illerine bağlı pek çok köyde, çok sayıda insanda asbeste bağlı hastalık tespit edilmiştir. Dolayısıyla ülkemizde peridotitlerle kaplı bölgeler jeomedikal açıdan risk bölgeleridir ve ulusal çapta mineralojik ve jeokimyasal çapta taranmalı ve sonuçlar multi disiplinler bir çalışma kapsamında tıbbi jeolojik açıdan mutlaka değerlendirilmelidir.

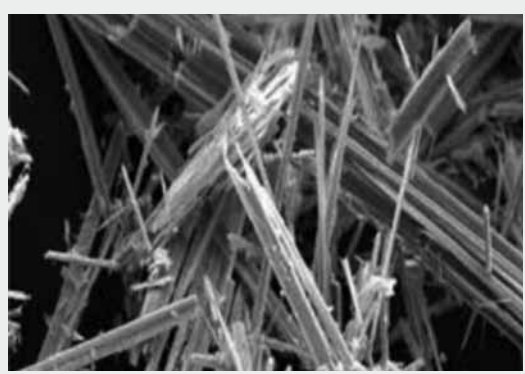


önemli miktarda kömür rezervi yerleşim alanları altında bulunmaktadır. Bu koşullarda kömürlerin bulunması ve çıkarılması daha güç olacak ve kentleşmeye bağlı olarak bu jeolojik zenginlikten yeterince yararlanılamayacaktır. Benzer sorun ve sıkıntılar İstanbul'un Asya ve Avrupa yakasındaki taş ocakları içinde geçerlidir. Günümüzde yerleşim alanları içinde kalan ocaklar bir yanda üretim aşamasından kaynaklanan başta toz ve gürültü olmak üzere ciddi çevre ve sağlık sorunlarına neden olurken, diğer yandan da önemli miktarda rezerv yerleşim alanları altında, kullanım dışı kalmıştır. Bu nedenlerle, jeolojik potansiyelin yönetimi ve korunması ile ilgili arazi kullanım ihtiyaçları için bazı modern jeolojik temellerin kurulmasının önemi büyüktür.

Jeolojik ortamın arazi kullanım planlaması açısından sınıflandırılmasında iki temel yaklaşım vardır:

- 1- Tehlikelerin belirlenmesi
- 2- Kaynakların belirlenmesi.

Tehlikeler her zaman dikkate alınmalıdır. Buna karşılık, insanın kaynaklara daha özenle yaklaşması, doğal süreçleri anlaması ve bu süreçlerle sınırlanan yaşam koşullarını kaynaklara uydurmak için çaba har-



Şekil 2. Asbeste ait iki görüntü, sağdaki fotoğraf elektron mikroskop görüntüsüdür

Jeolojik zenginlik ile arazi kullanımı arasındaki bir diğer önemli çatışma, yeraltı suyu kaynakları, ekilebilir topraklar, mineral hammadde yatakları ve benzeri kaynakların bulunduğu alanlarda büyük yerleşimlerin, kentlerin ya da ana trafik arterlerinin inşası sırasında yaşanmaktadır. Kentsel gelişim ve jeolojik zenginlik arasındaki bu çatışmaya en güzel örnek, ülkemizde Zonguldak ilinde yaşanmaktadır. Taşkömürü yatakları üzerinde kurulmuş olan şehirde, kömür üretimi nedeniyle kentte sık sık çökmeler oluşmakta; buna bağlı can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Öte yandan

caması gerekir. Jeolojik ortamın karakteristikleri ile ilgili bilgi ve bunların doğru tanımlanması, üretilecek alansal ve kalkınma amaçlı planların kalitesi açısından vazgeçilmez önkoşullardır.

Arazi kullanım planlamasına yönelik multi-tematik haritaların ilk temeli 1961 yılında eski Çekoslovakya'da oluşturulmuş, ardından Avrupa ve ABD'de yaygınlaşmıştır. ABD ve Kanada'da, arazi planlamasının gerekleri açısından jeolojik sorunlar için jeolojik ortam haritası terimi kullanılmaktadır. Ancak bu terim farklı eyaletlerde doğal koşullara, nüfus yoğunluğuna ve

kalkınma planlarına bağlı olarak farklı anlamlarda kullanılabilmektedir. Örneğin, ABD'nin batı kesimlerinde sismisite ve arazi stabilitesi en önemli konu iken, diğer bölgelerinde madencilik sonrası toprağın ıslahı ya da yeraltı suyu kirliliği daha çok önem taşımakta, kıyı alanlarında ise deniz suyu girişimi ön plana çıkmaktadır. Büyük Britanya'da ilk jeolojik ortam haritası 1980'li yılların başında İskoçya'da bir bölge için oluşturulmuştur. Arazi kullanım planlaması yapılırken çevre korunması sürecindeki jeolojik sorunlar her ülkede aynı düzeyde ele alınmaz. McCall ve Marker (1989)'a göre, harita altlıklarının içerikleri çoğu kez aşağıdaki gibi ifade edilir:

1. Jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, jeokimyasal, jeofiziksel ve diğer haritaları içeren jeolojik ortam haritaları (jeobilimsel haritalar) dizisi; bazen amaca yönelik genel yorum ve gerekli jeoloji dışı temeller eklenir;
2. Jeolojik zenginlik kaynaklarını gösteren potansiyel haritaları;
3. Yüzeyle ve derindeki mineral hammaddeleri uygun boyut ve ayrıntı düzeyinde gösteren jeolojik rezerv haritaları;
4. Toprak kullanım olasılıklarını gösteren pedolojik potansiyel haritaları;
5. Toprak kullanım olasılıklarını ya da işleyen süreçler potansiyelini yansıtan pedolojik potansiyel haritaları;
6. Özgün sorunlara ilişkin tematik haritalar;
7. Ele alınan konuya ilişkin arazi verilerini ve diğer verileri içeren dokümantasyon haritaları;
8. Toprak kullanımındaki sınırlamaları gösteren sınırlılık haritaları;
9. İnceleme alanındaki farklı tehlike türleri ve düzeylerini gösteren tehlike haritaları ve
10. Belli tehlike türünün etki olasılığını ve boyutunu yansıtan risk haritaları.

Görüldüğü gibi günümüz dünyasının en önemli doğal kaynaklarından biri olan yeraltı suyunun dağılımını ve kimyasal içeriğini göstermesi açısından önem taşıyan *hidrojeokimyasal* haritalardan, *Radyoaktivite ve radyasyon haritalarından*, ve yine sağlık hizmetleri açısından çok önem taşıyan *tıbbi jeolojik* haritalardan söz edilmemektedir.

Doğal ortamın arazi kullanımı açısından en verimli şekilde değerlendirilmesi için, planlamacının araziye oluşturan tüm unsurları ve yanısıra araziye biçimlendiren tüm doğal süreçleri dikkate alması gerekir. Yine, plancının, arazinin hangi koşulda bir kaynak, hangi koşulda bir tehlike olarak değerlendirilmesi gerektiğini bilmesi de zorunludur. Ancak, günümüzde çoğu büyük yerleşim birimi zaten jeolojik tehlike bölgelerinde kurulu olduğundan, bu koşullarda bilimsel gözlem ve araştırmalarla ortaya konmuş yasa ve yöntemlerin zorunlu olarak uygulanması gerekir. Örneğin, Kaliforniya'da (ABD) çoğu konut, hastane ve okul doğrudan aktif faylar üzerinde inşa edilmiştir. Bu durum büyük tehlike yarattığı için, yerel otoriteler, eyaletteki jeolojik tehlike bölgeleri konusunda bir yasa çıkarmış ve kent faaliyetlerinin yönetilmesi sürecinde bu yasalara tavizsiz uyularak olası tehlikeler çözülmüştür (Howard ve Remson, 1978).

ABD' de olduğu gibi tektonik açıdan hareketli kuşaklarda yer alan araziler söz konusu olduğunda, jeoloji ve tıbbi jeoloji konularında yapılacak çok iş olduğu görülür. Bu bölgelerdeki sorunların çözümünde jeoloji ve Tıbbi Jeoloji, arazi kullanım planlamasına ve tarımsal arazilerle yerleşim alanlarının erozyon, toprak kayması, kaya düşmesi, çökme, çatlama gibi etkilerden korunmasına, su temini planlamalarının yapılmasına ve jeolojik mirasın korunmasına, deprem ve volkanik faaliyetlerin olduğu alanlarda insan yaşamının korunmasına, sağlıkla ilgili rekreasyon alanlarının ve tesislerinin korunmasına, yüksek radyasyon riski içeren bölgelerdeki nüfusun korunmasına ve jeokimyasal anomalilerin (kayaçlarda, toprakta, suda ve dolaylı olarak besinlerde bazı gerekli makro- ve mikro (iz)-elementlerin az ya da çok bulunması) söz konusu olduğu alanlarda toplum sağlığı planlamalarının oluşturulmasına katkıda bulunur. Toplum sağlığı planlamasında çok önemli olan Jeolojik ortamın sözü edilen bazı unsurları aşağıda genel hatlarıyla tanıtılmıştır.

1. Toplum için yüksek kalitede içme suyu temini ve yeraltı suyu kaynaklarının korunması konuları çeşitli sağlık boyutları da içerir. Su kaynakları çevresinde koruma alanları oluşturulması ve koruma tedbirlerinin uygulanması planlamacıların en önemli sorumlulukları arasındadır. Benzer bir durum pedolojik açıdan önem taşıyan ve özellikle erozyon, kimyasal kirlenme, makro ve mikro-elementlerin aşırı tüketilmesi, tuzlanma ve verim kaybı gibi antropojenik faaliyetler sonucu gelişen tehlikelere açık olan toprak örtüsünün korunması sürecinde de geçerlidir.

2. İnsan ve hayvan sağlığıyla ilgili planlamada, jeokimyasal ve mineralojik anomalilerin farkedilmesine dönük çabaların bugüne kadar olduğundan çok daha ileri düzeyde olması gerekir. Bilindiği gibi biyojeokimyasal kaynaklı çok sayıdaki hastalık etkeni, evcil hayvanlar ve bitki kültürleri için de zararlıdır. Benzer bir durum, yeni yerleşim yerleri belirlenirken yüksek radyasyon riski içeren bölgelerin ya da radon varlığı riski yüksek alanların bilinmesi açısından da önemlidir. Her iki durumda da, en uygun planın hazırlanması sürecinde önkoşul, ayrıntılı bir jeokimyasal ve radyoekojeolojik etüdün yapılmasıdır.
3. Bir alanın geliştirilmesi ve doğal kaynaklarının kullanımının planlanması sürecinde, çevrenin sadece olumsuz özellikleri dikkate alınmakla kalmayıp, "sağlık uyarıları" da değerlendirilmeli ve buna bağlı olarak dinlenme ve tedavi amaçlı bölgeler tercihi de yapılmalıdır.
4. Volkanik faaliyet alanlarındaki arazi planlamaları kendine özgü bir yaklaşım biçimi gerektirmekte ve bu yaklaşım volkanik bölgenin jeolojik (volkanolojik) özelliklerinin dikkate alınmasına dayanmaktadır. Bu nedenle, sözkonusu bölgeler özel alanlar olarak sınıflanmakta ve rekreasyon ya da doğal görünüm değeri taşıyan ulusal parklar olarak koruma altına alınmaktadır; Örneğin ülkemizde Kapadokya bölgesinde olduğu gibi.

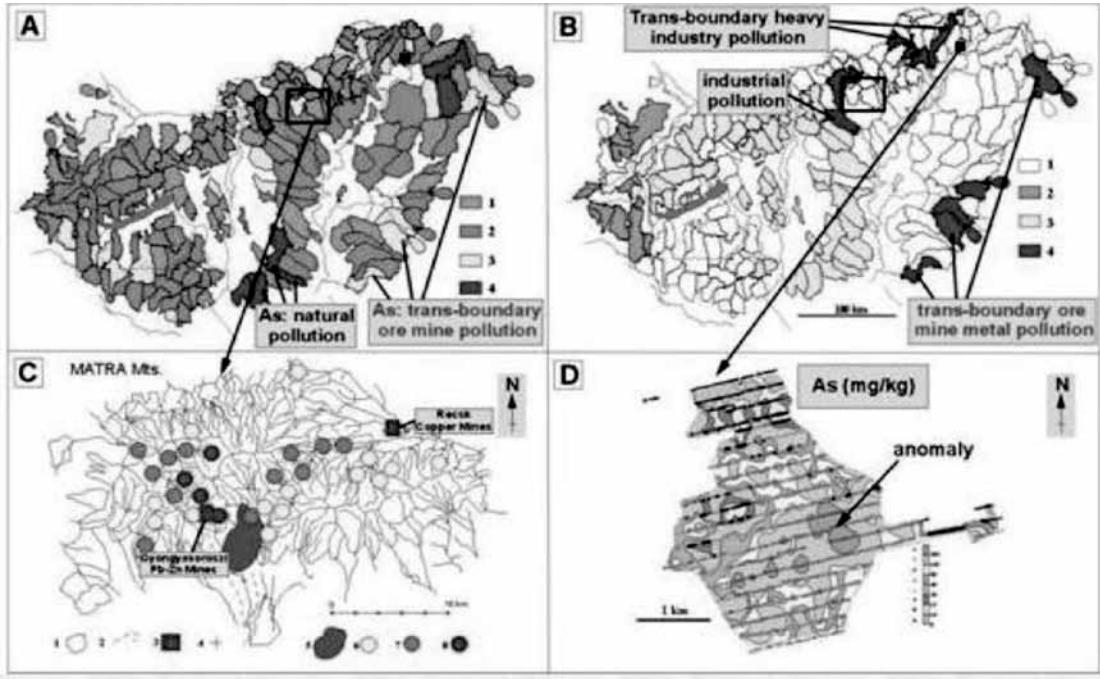
2.1- Kentleşme, Jeomedikal Riskler ve Ortamın Tıbbi Jeolojik Değerlendirilmesi

Doğadaki en etkin süreçlerden birisi, kayaçlardan çevreye ağır metallerin salınmasıdır. Küresel ölçekte ağır tıbbi sonuçlara yol açtığından, yerleşim alanlarının jeokimyasal açıdan tıbbi-jeolojik değerlendirmelere altlık oluşturacak düzeyde araştırılması, jeomedikal risklerin öngörülebilmesi için gereklidir. Çünkü kayaçlarda, toprakta ve suda, bitki-hayvan-insan besin zincirinin temel unsurları olan makro ve mikro-elementlerin içeriğinin artması ya da azalması, sağlık açısından risk oluşturur. Dolayısıyla, sağlıklı bir toplum oluşturma mücadelesinde, önleyici-koruyucu faaliyet yürütmek amaçlanıyorsa, jeolojik ortamın içerdiği elementler konusunda bilgi sahibi olmak zorunludur. Bu tip çalışmalar aynı zamanda, yaşam açısından elverişsiz alanların tanımlanmasını ve bu

alanların iyileştirilmesini, diğer bir deyişle ekolojik açıdan uygun ortamlara dönüştürülmesini de kapsar.

Bu tip çalışmaların başarıya ulaşması ancak, kaynak, bilgi ve iletişim sağlanırsa, jeolojik faktörler açısından özellikli alanların çerçevesi çizilirse, bazı elementleri yüksek düzeyde içeren alanlar ayrılırsa ve jeolojik faktörlerin tıbbi bulgularla yakın ilintisini yakalamak için disiplinler-arası araştırma yürütülürse olanaklıdır. Bu amaçla öncelikle güvenilir bir jeolojik temel oluşturulmalıdır. Bu, önemli tüm jeolojik faktörlerin, fayların, arazinin jeomorfolojik özelliklerinin, kayaçların mineralojik bileşiminin, kayaçların, toprağın ve yeraltı suyunun jeokimyasal özelliklerinin, toprak karakteristiklerinin, arazinin hidrojeolojik koşullarının, düşük mineralli su, mineralli su ve termal su kaynakları varlığının ve suyun kalitesinin, maden yataklarının (enerji hammaddeleri dahil) varlığı ve karakteristiklerinin, litosferin doğal radyoaktivitesinin, radon varlığı ve risklerinin ve diğer unsurların belirlenmesi anlamına gelir. Elde edilen bu bilgiler temelinde ortam karakteristiklerinin insan üzerindeki etkisi açısından en güvenilir bütünlüklü değerlendirme ölçütü olan ortamın tıbbi-jeolojik değerlendirme haritası oluşturulabilir. Özellikle de bölgenin tıbbi jeolojik açıdan zonlara ayrılması, diğer bir deyişle, örneğin, sahanın makro- ve mikro-elementlerin dağılımı, toksik mikro-element anomali haritaları ve radyoaktivite seviyelerini gösteren haritaların hazırlanması, jeolojik faktörlerin insan sağlığı üzerindeki etkisinin düzeyini, olası hastalıkların kaynağını ve dağılımını göstermesi açısından çok yararlı olur.

Kayaçlarda, suda ve toprakta makro- ve mikro-element içeriği ve dağılımı için jeokimyasal haritalar da aynı yöntemle hazırlanabilir ve insan sağlığı için farklı risk düzeyi zonları ayırtılabilir. İlgili çeken bazı elementler, örneğin arsenik, flor, selenyum, kurşun, civa ya da iyot için alansal dağılım haritaları da oluşturulabilir. Tüm bu haritalar, hedef sahanın değerlendirilmesi açısından önem taşır. Jeomedikal yöntemlerle, sadece potansiyel risk kaynağı olan jeolojik formasyonlar değil, yanısıra özellikle riskli alanlar (maden yatakları, maden ocakları, maden yataklarının dağılım halkaları) da ayırdedilebilir, güvenli alanlar belirlenebilir, riskli alanlarda yaşamının sonuçları araştırılabilir ve bu tür kirlenmeden kaynaklanan riskleri azaltmak için önlemler önerilebilir. Maceristan Jeoloji Enstitüsü tarafından hazırlanan jeokimya atlasından örnekler Şekil 3' de verilmiştir.



Şekil 3. Macaristan'ın Jeokimya atlasından örnekler: A. Bölgesel araştırma: akarsu sedimanlarında As içeriği. B. PCA temelinde akarsu sedimanlarında eleman birlikleri: 1: birlik yok; 2: Co, Cr, Ni; 3: Ca, Mg, Sr, (ve SO₄); 4: Ag, As, Au, Cu, Pb ve Zn. C. Matra Mts'deki mineralizasyonlarda Pb, Zn, As, Cu and Cd temelinde akarsu sedimanlarının birleştirilmiş anomali haritaları: 1: direnaj havzaları; 2: detaylı olarak araştırılmış lokasyonlar; 3: terkedilmiş maden yatakları; 4: Asztagko Tepesi; 5: düşük sıcaklıklı mineralizasyon zonu; 6: zayıf olası; 7: olası; 8: cevherleşme ile kanıtlanmış veya güçlü olası. D. Mineralizasyonlarda yüksek çözünürlüklü yüzey jeokimyası. Korom Tepesinde doğal As anomali (Geological Institute of Hungary).

Jeokimyanın 1960'lı yıllarda hızla gelişmesi kayaçlar, toprak ve sudaki iz ya da mikro- elementlerin etiyolojik önemini net olarak ortaya koymuştur. İlerleyen yıllarda mikro elementlerin, tüm organizmalarda sayısız çoklukta ve değişik fonksiyonlar üzerinde etki yaptığı ve azlıkları ya da çokluklarının hastalıklara yol açtığı pek çok ülkeden sayısız örnekle ortaya konmuştur. Bu durum, jeokimyasal açıdan riskli ya da sağlık açısından elverişli alanların tanımlanmasını önemini ve ortamı iyileştirme önlemlerini belirlemenin yolunu açmıştır. İnsan sağlığı üzerinde toprağın ve suyun jeokimyasal özelliklerinin etkilerine dair bazı örnekler aşağıda verilmiştir. **Jeomedikal Risk Taşıyan Bölgelerde Yaşayan Canlılardaki Negatif Anomalilere Dair Çarpıcı Örnekler** Komatin (2004)'den özetlenerek aşağıda verilmiştir.

1- Tundra toprakları üzerinde yetişen bitkiler **kalsiyum, sodyum, magnezyum ve fosfor** gibi elementleri düşük miktarlarda içerir. Bu topraklar

üzerinde yetişen likenler, ilgili elementler açısından fakirdir. Kış aylarında likenlerle beslenen geyikler ciddi şekilde "mineral kıtlığı" problemi ile karşılaşır. Bundan dolayı da baharın yaklaşması ile geyikler anormal şekilde kuş yumurtası ve civciv yemektir. Bu şekilde azda olsa mineral yetersizliklerini karşılar. Bazı hayvanların kemik, kuş pisliği, deniz algleri ve balıkları yemesi ve hatta deniz suyunu içmesi bu yüzden şaşırtıcı değildir.

2- Eski Sovyetler Birliği'nin Avrupa bölümünde ve batı Sırbistan'daki çok yaygın orman kuşaklarındaki asidik bataklık toprakları %98 kuvars mineralinden oluşur. Bu topraklar **Ca, Mg, Co, Ni vb. mobil mineral bileşikleri bakımından fakirdir** ve bu nedenle bitki yaşamı için uygun değildir; sadece birkaç çeşit bitki (likenler, çam, süpürgeotu ve yabanmersini) bu ortama adapte olmuştur. Hayvanlar ise kemik bileşimlerine katılan kalsiyum elementinin yokluğundan çok şiddetli

etkilenmişlerdir; çelimsizdirler ve büyük kısmı raşitizm hastalığından zarar görmüştür. Bu bölgedeki çiftlik hayvanlarının çoğunluğunu etkileyen bu durumun nedeni uzunca bir süre anlaşılammış; çeşitli tedavilerden sonuç alınamamıştır. En sonunda, esrarengiz hastalığa hayvan yemlerinin düşük kobalt içeriğinin neden olduğu bulunmuştur. Kobalt, hayvanların hayati ihtiyacı olan B12 vitamininin bileşimine girdiğinden, hayvanların özellikle ihtiyaç duyduğu bir elementtir; kobalt yetersizliği organizmada bu vitaminin emilimini azaltır ve evcil hayvanlarının hastalanmasına neden olur. Kobalt tuzunun çok küçük miktarda yiyeceğe katılması veya özel kobalt gübrelerinin kullanılması hastalığını tamamen elimine eder ve büyük ve küçükbaş hayvanların üretkenliğini artırır.

- 3- E. W. Price'in 1988'de tanımlandığı podokoniosis (veya fil hastalığı) Etiyopya, Kenya, Tanzanya, Ruanda, Burundi, Kamerun ve Cape Verde adalarında tanımlanmıştır. Bu hastalığın, **kırmızı kil** açısından **zengin** toprakların bulunduğu bütün alanlarda oluştuğu belirtilmiştir. Hastaların lenf yumrularının analizleri Al, Si ve Ti içeren mikro partiküllerin varlığını göstermiştir. Patolojik etkenin volkanik kayalardan (bazaltlar) kaynaklanan bir mineral olduğu, muhtemelen amfibol mineralerinden Akermanitten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Harvey vd., 1996).
- 4- **Kil minerali** içeren kayalardan oluşan tropikal zonlarda, alüminyum elementinin insan ve hayvan sağlığı üzerindeki etkileri, özellikle Alzheimer hastalığı ile ilişkisi, birçok araştırmaya konu olmuştur (S. Epstein, 1988; Martyn vd., 1989; Harrington vd., 1994). Ülkemizde de Bakar vd (2010) tarafından Biga yarımadasında yapılan çalışmalarda killi formasyonlardan gelen yeraltı sularındaki alüminyumun insan sağlığına etkisi araştırılmış ve yöre halkındaki unutkanlık ile alüminyum arasında bağlantı olduğu ortaya konmuştur.
- 5- Yüksek bakır içerikli minerallerce zengin kayaların bozunması sonucunda oluşan toprak, bitkiler dünyası için zehirlidir. Evcil hayvanlardaki akut anemiye, bazı bölgelerde otlardaki **kobalt eksikliğinin**, diğer bazı bölgelerde ise **bakır noksanlığı**

ğının neden olduğu belirlenmiştir. Hayvanlarda Sr elementine bağlı raşitizm ve Mo açısından zengin topraklarda yetişen bitkilerle beslenen büyükbaş hayvanlarda kronik molibdenosisten (molibden zehirlenmesi) söz edilir. Hayvanlardaki endemik körlüğe, eski SSCB'nin bazı bölgelerinde kurak steplerdeki **aşırı Ni** içerikli toprakların neden olduğu ortaya konmuştur.

- 6- Ermenistan'ın **Mg açısından zengin** siyah topraklarında ve Mısır'ın kumlu topraklarında mide kanseri vakalarının ve buna bağlı ölüm oranının düşük olduğu kaydedilmiştir. Japon yazarlar ise bu hastalığa bağlı ölüm oranı artışını, yüksek yeraltı suyu seviyesi ile karakteristik çamurlu ve turba açısından zengin bataklık topraklarına ve ayrılmış volkanik kayalardan türemiş alüvyal gereçten oluşan toprağa bağlamışlardır.
- 7- İnsanlarda **selenyum eksikliği** sorunu, 1979 yılında Keshan hastalığı (endemik kardiyomyopati) konusunda yayımlanan bir makalenin ardından dikkati çekmiştir (Şekil 4). Keshan hastalığının, Çin topraklarında, kuzeydoğudan güneybatı sınırına değin çok geniş bir kuşak boyunca geliştiği saptanmıştır. Yapılan jeokimyasal çalışmalar bu kuşaktaki kayalarda, toprakta ve yeraltı suyunda selenyum içeriğinin düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçtan sonra, başta çocuklara olmak üzere halka günlük besinleri ile birlikte selenyum verilmesi, bu hastalığın ortaya çıkışını önemli ölçüde geriletmiştir. Epidemiyolojik araştırmalar, besinler yoluyla selenyum alınmasının kalın ve ince bağırsak kanserleri, göğüs kanseri, özofagus kanseri ve akciğer kanseri arasında belirgin negatif etkinin varlığını göstermiştir (Schrauzer ve diğ., 1977). Selenyum eksikliği büyükbaş hayvanlarda, koyunlarda, keçilerde, atlarda, domuzlarda ve kümes hayvanlarında, beyaz kas hastalığı ya da beslenmeye bağlı kas distrofisi olarak adlandırılan hastalığa yol açar. Bu hastalık iskelet kaslarının zayıflığı, miyokardial zayıflık ya da her ikisinin birlikte görülmesi biçiminde ortaya çıkar. Alınan besinlerdeki **selenyum fazlalığı** (selenosis) ise, toksik etki yaratır. Zehirlenen hayvanlar, kör olur, salya salgılar, kısmi felç geçirir, dişlerini sıkar, solunum güçlüğü çeker ve ölürler.



Şekil 4. Selenyum eksikliğine bağlı gelişmiş keshan hastası

8- Başta **bakır, iyot, kobalt, bor, magnezyum ve molibden** olmak üzere, topraktaki belirli iz elementlerin içeriğinin gastrit kanserin oluşumuna

den ölümler yüksek düzeydedir. Ancak, kardiyovasküler hastalık vakaları sıklığı ile **suyun sertliği** arasındaki ilişki tam olarak aydınlatılmamıştır (Bernardi ve diğ., 1995).

11- Özellikle volkanik bölgelerde ve fosforlu çökellerce zengin bölgelerde yeraltı sularında flor içeriği çok yüksektir. Bu suları içen insan ve hayvanlarda **flor fazlalığı**, endemik diş ve iskelet florosisi hastalığına neden olur (Şekil 5). Çin'de, Hindistan'da, Sirilanka'da, Kuzey ve Güney Amerika'da, Meksika'da, Sri Lanka'da, Vietnam'da insanların ve hayvanların ağır biçimde hastalandığı, doğal endemik florosis zonları tanımlanmıştır. Ülkemiz'de Ağrı, Isparta, Eskişehir, Uşak ve Urfa illerinde diş ve iskelet florosisi vakaları tespit edilmiştir (Oruç, 2008). İçme sularının flor eksikliğinin dişlerin gelişiminde predispozisyon yarattığı eski çağlardan beri bilinir.



Şekil 5. Diş ve İskelet filorosisi

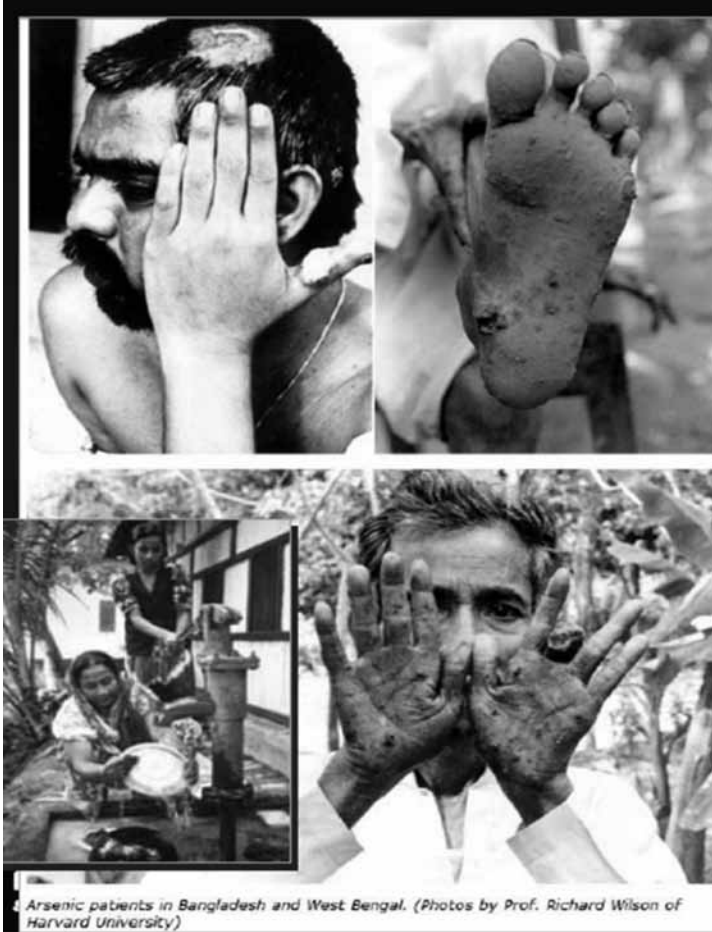
sebeplere olacağı belirtilmiştir (Tromp, 1955; Armstrong'1962).

9- Toprak, içme suyu ve besinlerdeki **iyot yetersizliği**, tropikal ve yarı-tropikal bölge sakinlerinde yaygın olarak gözlenen guatr hastalığının ana sebebidir. Batı Afrika'nın Bauta-Djalon platosunda yaşayanların %70 inde topraktaki iyot ve kalsiyum eksikliğinin sonucu olarak yaygın şekilde endemik guatr ve diş çürükleri tanımlanmıştır.

10- İçme suyunun kalsiyum ve magnezyum içeriğinin düşük olduğu bölgelerde miyokard enfarktüsün-

12- Yerkabuğunda düşük miktarlarda ancak yaygın olarak bulunan **arsenik**, kurşun elementinin ardından evcil hayvanlar ve insanlar için en büyük toksik risk faktörüdür. Başta Hindistan, Bangladeş, Pakistan olmak üzere Tayvan, Çin, Şili, Arjantin, Meksika ve dünyanın değişik bölgelerinde daha pek çok ülkede milyonlarca insan, içme suyu yoluyla vücuda alınan kronik arsenik zehirlenmesi nedeniyle iştah kaybı, mide-bağırsak hastalıkları ve kilo kaybı, yanı sıra böbrek, sinirler, hematoloji, kardiyovasküler ve solunumla ilgili sorunlardan muzdariptir. Ayrıca keratince zengin

dokuların bulunduğu saç, tırnak ve deriye yerleşen +3 değerlikli arsenik pigmentasyon, keratöz, hiperkeratöz ve cilt kanserine neden olmaktadır. Bangladeş ve batı Bengal'de içme suyundaki yüksek As' den ileri gelen kretozis hastalığına yakalanmış hastalara ait görüntüler Şekil 6'de verilmiştir.



Şekil 6. İçme sularındaki arsenik fazlalığına bağlı gelişen kretozis (arsenosis) vakaları

13-Başta kömür olmak üzere **fosil yakıtların** çevre ve sağlık açısından tehlikeli çok sayıda iz element içerdiği (PECH; Swaine ve Goodarzi, 1995) ve bu yakıtların yanması neticesinde ortaya çıkan Sb, As, F, Be, Cd, Cr, Co, Pb, Hg, Mn, Ni, Se ve U'un solunum yolları ve akciğer kanserleri, florosis, arsenosis gibi çok ciddi pek çok hastalığa yol açtığına tipik örnekleri dünyanın en büyük kömür üreticisi ve tüketicisi olan Çin'de ortaya konmuştur (Belkin ve diğ., 1999; Dai ve diğ., 2006, 2012; Finkelman, 1995, 2004; Finkelman

ve diğ., 2002; Tia ve diğ., 2008). Ayrıca, kömür ve kömürlü seviyelerden yıkanarak yeraltı sularına karışan organik bileşiklerin de çok ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bunun en tipik örneği, nedeni bugün bile kesin olarak bilinmeyen Sırbistan, Makedonya, Sırp Cumhuriyeti, Hırvatistan, Bulgaristan ve Romanya'da endemik odak varlığı tanımlanmış olan Balkan Endemik Nefropatisi adı verilen hastalıktır (Radovanovic, 1985).

14- **Mineral ve Mineral Tozlarına Bağlı Hastalıklar:**

Tarımsal faaliyetler, taş, maden ve kömür ocaklarında üretim faaliyetleri, tekstil atölyelerinde kumaş ağartma işlemleri, çeşitli hafriyat ve kazıl çalışmalar gibi antropojenik faaliyetler (Şekil 7) ya da kayaçların fiziksel olarak parçalanıp-ufalanması veya volkanik patlamalar gibi doğal olaylarla serbestleşen mineral ve/veya mineral tozlarına uzun süre maruz kalmanın çeşitli sağlık sorunlarına yol açtığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalar özellikle amfibol, asbest, tremolit, vollastonit, **zeolit**, **eriyonit** ve diğer lifsi kristal yapıya sahip mineraller ve tozlarının, kötü huylu akciğer tümörü ve yine akciğer fibrosisi oluşumunda etkili olduğu ortaya koymuştur. Bu konuyla ilgili olarak özellikle zeolit grubu minerallerden Eriyonit ve amfibol grubu Asbest minerallerinin neden olduğu **pnömokonyoz ve mezotelyoma** vakaları en bilinen örneklerdir.

Genelde solunmayla vücuda giren eriyonit ve asbest iğnecikleri akciğer zarı başta olmak üzere yumuşak dokulara saplanarak selim veya habis yaralara neden olmaktadır. Benzer şekilde Kristobalit, Tridimit ve Kuvars gibi **silis minerallerinin** tozlarının solunmayla vücuda alınıp, akciğerlere ulaşmasıyla, akciğer dokusunda pnömokonyoz türü bir hastalık olan ve tedavisi olmayan **Silikozis** meydana gelir. Silikozis kronik seyri olan bir hastalıktır ancak günümüzde kot ağartma atölyeleri gibi toz konsantrasyonunun

yoğun olduğu ortamlarda hızlı seyir eden akut silikosis vakaları da gelişebilir. Bir diğer yaygın toz hastalığı da **kömür tozalarının** uzun süre solunmasıyla meydana gelen bir pnömokonyoz türü olan **Antrakozis**dir. Hastalık kömür madenlerinde uzun süre çalışan işçilerde görülür.

Belirtilen bu hastalıklar ne yazık ki ülkemizde de tanımlanmış ve çok sayıda insan bu hastalıklardan ölmüştür. Bölüm 2’de Eriyonit ve Asbest’e bağlı gelişen hastalıkların ülkemizde tanımlandığı yerler belirtilmiştir. Taş ocakları, inşaat kazıları, maden ocaklarında meydana çıkan tozlanmanın yanı sıra ülkemizde tekstil sanayinin gelişmesine paralel olarak çeşitli kot taşlama atölyelerinde kullanılan silis tozlarına bağlı Silikozis vakalarına ve kömür madenlerinde çalışan madencilerde Antrakozis vakalarına sıklıkla rastlanmaktadır.

fatlı kayalar ve U-Th içeren diğer birimlerle kaplı alanlar ve bu alanlardaki kum ve topraklardır. U ve Th’ un bozunum ürünü radon gazının (^{222}Rn) solunması sonrasında, bozunma ürünlerinin bronşlarda ve akciğerlerde biriktiği, radyasyon yoluyla çevre dokuyu etkilediği ve akciğer kanseri riski oluşturduğu bilinir. Bu tehlikeli gazın yoğunlaşma düzeyi kayaların litolojik bileşimi, uranyum içeren formasyonların varlığı ve kırık ve çatlakların konumu gibi yerel jeolojik koşullara ileri düzeyde bağlı olduğundan, Radon yoğunlaşmalarının alan dağılımını tanımlamak için bu birimleri içeren bölgelerin sistemli ve çok ayrıntılı etüdü zorunludur. Şekil 8’de Ezine ilçesinde (Canakkale) yapılan dış ortam gama doz ölçümlerinde granitik kayalarla, volkanik kayalar ve bu kayalardan kaynaklanmış plaj kumlarında doz değerlerinin ultrabazik ve



Şekil 7. Bir maden ocağında üretim sırasında meydana çıkan toz

15-Radyoaktivite: Jeomedikal risk taşıyan bir diğer alan radyoaktif iz elementler olan Uranyum ve Toryum açısından zengin granitik kayalar, fos-

metamorfik kayalar ve kalkerlerle kapılı alanlara göre çok yüksek olduğu ortaya konmuştur (Örgün ve diğ., 2007a, 2007b, 2008).

yasal içeriğinde değişmeler, toprak sıcaklığında değişiklikler gözlenmesi gibi. Koruyucu tedbirler arasında ise, lav akıntılarının bombalanması ya da bariyerler ya da hendekler kazılarak lav akıntılarının yönünün değiştirilmesi sayılabilir).

- Tehlikeli atık depolama ve imha tedbirleri (Tuz diyapirleri, evaporitik formasyonlar, konverjan levha sınırları, killi kayalar, granitik kayalar gibi jeolojik yapıların kullanılabilme olanaklarının araştırılması gibi)

2.4. Kent Yaşamında Koruyucu Hekimliğin Önemi ve Tıbbi Jeoloji

Herhangi bir ülke sınırları içinde farklı bölgelerdeki sağlık koşulları, çok sayıda doğal faktöre ve kentleşme düzeyi ve ulaşım ağı gibi sosyoekonomik faktörlere bağlı olarak çok heterojen olabilir. Tıbbi jeolojinin, hastalıkların jeolojik ön-konşullarını ortaya koyması, doğal karakteristikler, süreçleri ve olguları aydınlatılması konularındaki katkısı nedeniyle koruyucu hekimlik konusu başta olmak üzere sağlık hizmetlerinin örgütlenmesindeki rolü gittikçe artmaktadır.

Koruyucu tıp ve sağlık hizmetleri konusundaki bir dizi pratik soruna çözüm bulmak için, oldukça kapsamlı jeolojik (jeokimyasal, mineralojik), tıbbi, biyolojik ve diğer etütler yapılmalıdır. Örneğin; jeokimyasal çalışmalar, hastalık taşıyıcılarının açıklanması için temel verilerin toplanmasında, koruyucu önlemlerin geliştirilmesinde, kaya-toprak-su sisteminde bazı elementlerin eksikliği ya da fazlalığının yol açtığı biyojeokimyasal endemileri ortadan kaldırılması için en uygun tedavi yöntemlerinin belirlenmesinde çok önemlidir. Sağlık ile ilgili sorunların çözümünde temel rol tıp bilimlerinin olsa da, yukarıdaki belirtilen bulgu ve verilerden dolayı ilgili sahalarda jeokimyasal etüdü de büyük önem taşır. Örneğin, insan yaşamına en uygun jeokimyasal rejim, insan vücudu için gerekli iz elementlerden biri olan seleniyumu en uygun düzeyde içeren toprak-kayaç-su sisteminin bulunduğu bölge anlamına gelir. Jeomedikal risk taşıyan bölgelerde yaşayan canlılardaki negatif anomalilere dair çarpıcı örnekler başlığı altında verilen Çin örneğinde olduğu gibi, temel jeokimyasal araştırmalarla selenyum ve benzer elementlerin kayalarda, toprakta, suda ve gıdadaki dağılımı ulusal ölçekteki çalışmalarla ortaya çıkartılıp; element içeriklerinin eksik veya fazla olmasına göre sağlık politikası geliştirilerek sorun giderilmeye çalışılır. Finlandiya ve Yeni Zelanda'da ulusal çapta uyguladıkları programla, selenyum eksikliğini, selenyumlu gübreler ve diğer yöntemlerle çözebilmişlerdir. Bu şekilde elde edilen jeokimyasal ve tıbbi

jeolojik verilerin kullanılması kanserin, kardiyovasküler hastalıkların ve çeşitli cilt hastalıklarının önlenmesinde önemli rol oynar. Yanı sıra ağır metal kirlenmesine bağlı olarak gelişen toksik etkilerin giderilmesine yardımcı olur. Benzer bir durum, besin ve sudaki iyot, flor ve diğer element eksikliklerinin giderilmesi için de geçerlidir. Yine, flor, iyot, bor, arsenik ve demir ya da mangan fazlalığı sorunu da uygun uzaklaştırma teknolojilerinin uygulanması ile çözülebilmektedir.

Dünya genelinde, çok yüksek ya da yüksek doğal radyoaktif element içeriği ile karakteristik radyoaktif alanların (radyoekojeolojik) belirlenmesi, radyasyon epidemiyolojisi ve radyasyon-sağlığı açılarından büyük önem taşır. Uranyum ve toryum elementleri bazında yapılacak sistematik jeokimyasal araştırmalar ve dış ortam gamadoz ölçümleriyle elde edilecek verilerle hazırlanacak uranyum-toryum dağılım haritaları ve radon riskinin derlendiği haritalarla, belli alanlarda yaşayan insan topluluğunun karşı karşıya kaldığı radyasyon riskini saptamak olanaklı olabilir (Şekil 9). Kuşkusuz, toprak ve suyun ve dolaylı olarak besinlerin radyonüklidlerle kirlenmesinde nükleer santraller kazalarından ya da nükleer denemelerden, kısmen de uranyum ve toryum madenlerinden ve apatit ve fosfatlı kayalardan üretilen fosforlu gübrelerin kullanımın da etkili olduğu unutulmamalıdır.



Şekil 9. ABD radon haritası

Günümüzde insan gün boyunca zamanının % 80'inden fazlasını ev, işyeri, okul, hastane vb. gibi kapalı alanlarda geçirir. Kapalı alanlarda alerjik alveolit, nemli havaya bağlı soğuk algınlığı, astım, burun ve göz ile ilgili alerjik hastalıklar ve cilt sorunları gibi bu tip ortamlara özgü gelişen hastalıkların yanı sıra çeşitli bakteriyel ve viral hastalıklar ve hafif kronik zehirlenmeler

ortaya çıkmaktadır. Bunlara ek olarak, inşaat malzemelerindeki asbest ve özellikle kapalı alanlarda sıklıkla raslanan radon (^{222}Rn) gazının olası olumsuz etkileri de kanserojen mekanizmaları tetiklemektedir (Çetin ve diğ.,2012). Yukarıda belirtilen hastalıklara ek olarak, tıpta hastalık olarak tanımlanmasa da “özgün olmayan kişisel sıkıntılar” olarak ifade edilebilecek bazı rahatsızlıklar da dikkat çekicidir. Bu tip tehlikesiz sıkıntılar yaşayan bir grup üzerinde 1983 yılından beri yapılan çalışmalar sonucunda, bunların *hasta bina sendromu* olarak adlandırılan bir rahatsızlık taşıdıkları belirlenmiştir. Hasta bina sendromunun en yaygın semptomları başağrısı, tıkalı burun, boğaz ağrısı, gözlerde kaşıntı ya da sulanma, uyuşukluk, boyun ağrısı, kuru gözler ve kuru cilt olarak sıralanmıştır.

Kamatina (2004), kişilerin hasta bina sendromu semptomlarını göstermelerine neden olan faktörleri jeolojik, biyolojik, kimyasal ve fiziksel olarak dört gruba ayırmıştır. Bunlar arasında *jeolojik faktörler* aşağıda genel olarak açıklanmıştır. Buna göre, binanın temelindeki kayaçların ve toprağın jeolojik bileşimi ve özellikleri; kayaların tektonik örselenmişliği ve özellikle fayların varlığı; zeminde yeraltı suyunun varlığı ve toprakta ve kullanılan malzemede nemin bulunması; ve son olarak kayaçların, toprağın ve özellikle iç mekânlarda kullanılan yapı malzemelerinin radyoaktifliği ilgi çeken noktalarıdır.

İnsanlar, hayatın bir parçası olarak günlük yaşamda radyasyona maruz kalmaktadırlar. Bunun yaklaşık %85'i doğal kaynaklardan (taş, toprak, su ve kozmik ışınlardan) %15'i yapay kaynaklardan (tıbbi uygulamalar, radyoaktif serpintiler, nükleer santraller vb) gelmektedir. Doğal kaynaklardan gelen radyasyon içinde de radon gazı (^{222}Rn), % 49,5 gibi önemli bir orana ulaşır. Amerika Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) çeşitli sağlık merkezleri ile işbirliği içinde yürüttüğü epidemiyoloji çalışmalarına göre, akciğer kanserinin nedenleri arasında ikinci sırayı radon gazının (ilk sırada sigara gelir) aldığı ve buna bağlı olarak yüksek radon yoğunlaşması içeren bir evde yaşayan bir sigara kullanıcısının çok yüksek risk altında olduğu vurgulanmaktadır. Yoğun tekrarlanan depremler sırasında yeraltı suyundaki radon gazı içeriğinin önemli oranda arttığı saptandığından, sismik açıdan aktif alanlarda radon riski çok daha yüksek olabilmektedir. Zemin katlardaki radonun ana kaynağı jeolojik ortamdan kaynaklanan gazdır (yaklaşık % 60); buna karşılık yapıların üst katlarında ise yapı malzemeleri en önemli unsurdur (yaklaşık % 50).

SONUÇ

Jeokimya, hastalık taşıyıcılarının açıklanması için temel verilerin toplanmasında, koruyucu önlemlerin geliştirilmesinde, kaya-toprak-su sisteminde bazı elementlerin eksikliği ya da fazlalığının yol açtığı biyojeokimyasal endemileri ortadan kaldırılması için en uygun tedavi yöntemlerinin belirlenmesinde ve yanısıra **gıda ürünlerinde ve suda insan vücuduna en uygun kimyasal element bileşiminin oluşturulmasında önemli katkılar sağlar**. Elbette, bu tür sorunların çözümünde temel rol tıp bilimlerinin olsa da, ilgili sahaların jeokimyasal ve mineralojik etüdünde büyük önem taşımaktadır.

Tıbbi jeolojik araştırma yöntemlerinin doğru seçilmesi ve haritaların başarılı kullanımıyla, çevre açısından tehlike oluşturan ve toplum sağlığını tehdit eden tıbbi sorunların önemli bir bölümünü yönetmek, sağlıklı ortamlarda yerleşim alanları inşaa etmek mümkün olabilir.

Jeolojik faktörlerden yola çıkarak yukarıda belirtilen sağlık sorunlarına yerbilimleri ve jeomedikal araştırma sonuçları yoluyla katkı yapılabilir. Bu yolla, binaların uygun zeminlerde ve biyolojik açıdan kaliteli (“sağlıklı”) malzeme kullanılarak inşa edilmesini ve kötü malzemelerden kaçınılmasını sağlamak olasıdır. Bu da bizlere jeolojik- tıbbi jeolojik verilerin, günümüzde yaşamının büyük bölümünü kapalı alanlarda geçiren insanın yaşamasını ve çalışmasını sağlayan sağlıklı koşulların temini için vazgeçilmez önemde olduğunu bir kez daha gösterebilir.

Ülkemizde hem üniversitelerde hem de MTA, DSİ, TKİ gibi kurumlarda son derece kıymetli yapısal-tektonik-jeolojik, sedimantolojik, mineralojik, jeokimyasal, hidrojeolojik ve Jeoloji Mühendisliğinin diğer konularında veri üretilmiş, değişik ölçeklerde genel jeolojik, hidrojeolojik, metalojenik ve sismik haritaları hazırlanmıştır. Ancak hali hazırda ülkemizin hiçbir jeolojik bölgesine ait jeokimya haritası dolayısıyla da tıbbi jeolojik haritası yoktur. Oysa yukarıda da belirtildiği gibi ülkemizde geniş alanlar lifsi minerallere evsahipliği yapan ultrabazik ve volkanik kayaçlarla kaplıdır. Aynı şekilde ülkemizin hemen her yerinde U ve Th açısından zengin olabilen, dolayısıyla radyoaktivite seviyeleri de yüksek olabilen granitik ve volkanik kayaçlarla kaplıdır. Volkanik ve granitik kayaçlarla kaplı alanlar aynı zamanda fayların da eşlik ettiği yoğun altere ortamlardır ki bu tip ortamlar ana ve iz elementlerin daha kolay mobil olup serbestleşebildikleri ortamlardır. Ülkemiz zengin linyit rezervlerine sahiptir

ve bunların çoğu yüksel oranda As, U, Ni, V, Cd gibi toksik iz element içeren düşük kaliteli kömürlerdir. Yine ülkemizin pek çok yerinde Cr, Fe, Al, Mn, Pb, Zn, Cu, Au-Ag madenciliği yapılmakta; batı Anadolu'da dünyanın en zengin bor rezervleri işletilmektedir.

Tüm bu ve benzer konularda veri bankası oluşturabilmek için, daha fazla zaman kaybetmeden Amerika, Avrupa ülkeleri, Çin, ya da Japonya'da olduğu gibi ulusal ölçekte mevcut verilerden de yararlanılarak koordineli bir şekilde jeokimyasal ve mineralojik araştırmaları başlatmalıyız. Elde edilen verilerden mutlaka değişik ölçeklerde çevre jeokimyası ve tıbbi jeolojik haritalar üretilerek ülkemizin "Jeomedikal Risk Taşıyan Bölgelerini" belirlemeliyiz.

Ülkemizin, riskleri önceden görüp koruyucu sağlık hizmetlerini örgütleyebilmesi, sağlıklı kentleşme ve doğal kaynaklarımızdan maksimum oranda faydalanabilmesi bu çalışmalarla daha kolay ve ekonomik olacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Armstrong R. M., 1962. Cancer and soil, review and counsel. "Profess. Geographers 14, 7-13.
- Barış, Y. İ. 1994, Bu doktoru rehlin alalım: Anadolu'da bir kanser araştırması, 110s. Kent Matbaası, Ankara
- Barış, Y.İ., 2002. **Türkiye'de asbest ve** fibroz zeolit (eriyonit) ile ilgili akciğer hastalıkları. Beslenme, Çevre ve Kanser Sempozyumu, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, s.22-23
- Barış, Y.İ., 2003."Anne Bana Kerpetenimi Getir" anadolu'nun bitmeyen akciğer ve karın zarı kanseri, 224s, Bilimsel Tıp yayınevi, Ankara
- Barış, Y.İ., 2005. **Türkiye'de asbest ve** eriyonit sorunu ve insan sağlığına etkileri. 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu, Ankara, Bildiriler Kitabı, s.53-64.
- Bakar, C., **Öz**, H. I., Karaman, I., Baba, A., **Şengülalp**, F., 2010. Effect of High Aluminum Concentration in Water Resources on Human Health, Case Study: Biga Peninsula, Northwest Part of Turkey Arch Environ Contam Toxicol (2010) 58:935–944 DOI 10.1007/s00244-009-9435-3
- Belkin, H.E., Finkelman, R.B., Zheng, B.S., 1999. Human health effects of domestic combustion of coal: a causal factor for arsenic poisoning

and fluorosis in rural China. EOS. Transactions of the American Geophysical Union 80 (17), 377–378.

- Çetin, E.**, Altınsoy, N., Örgün, Y., 2012.. Natural Radioactivity Levels of Granites Used in Turkey» Radiation Protection Dosimetry. RPD-11-0396.R1
- Bernardi D. et al., 1995. Sudden cardiac death rate in area characterized by high incidence of coronary artery disease and low hardness of drinking water. Anilogu 46, 145-149.
- Dai, S., Zeng, R., Sun, Y., 2006. Enrichment of arsenic, antimony, mercury, and thallium in a Late Permian anthracite from Xingren, Guizhou, Southwest China. International Journal of Coal Geology 66, 217–226.
- Dai, S; Ren, D., Chen-Lin Chou,C-L., Finkelman, R.B., Seredin,V.V. Yiping Zhou, Y., 2012. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: A review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization; International Journal of Coal Geology 94, 3–21.
- Epstein S. G., 1988. Alluminium intake and its effects. In: Thornton I (Ed.), Geochemistry and Health. Science Reviews, 189-201.
- Finkelman, R.B., 1995. Modes of occurrence of environmentally sensitive trace elements of coal. In: Swaine, D.J., Goodarzi, F. (Eds.), Environmental aspects of trace elements of coal. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 24–50.
- Finkelman, R.B., 2004. Potential health impacts of burning coal beds and waste banks. Int. J. Coal Geol 59 (1–2), 19–24.
- Finkelman, R.B., Orem, W., Castranova, V., Tatu, C.A., Belkin, H.E., Zheng, B., Lerch, H.E., Maharaj, S.V., Bates, A.L., 2002. Health impacts of coal and coal use: possible solutions. International Journal of Coal Geology 50, 425–443.
- Harrington C. R., et al., 1994. Alzheimer's disease-like changes in tau protein processing: association with aluminium accumulation in brains of renal dialysis patients. Lancet 343, 993-997.
- Harvey R., et al., 1996. A review of the geochemical factors linked to podoconiosis. In: Appleton

- J. D., Fuge R., Mc Call G. J. H. (Eds.), Environmental Geochemistry and Health, Geological Society Special Publication, UK, N° 113, 255-260.
- Howard A. D., Remson I., 1978. Geology in environmental planning. McGraw-Hill Book Company, New York, 583 p.
- JMO, 2011. Tıbbi Jeoloji, Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No:2, (M.M. Komatina tarafından yazılan Medical Geology Effects of Geological Environments on Human Health " adlı kitabın Türkçe çevirisi), 1. Baskıyı hazırlayanlar: Yüksel Örgün, Dursun Bayrak, 498s..
- Komatine, M. M., 2004. "Medical Geology Effects of Geological Environments on Human Health, Development in Earth and Environment Sciences 2, Elsevier, 488s.
- Martyn C. N. et al., 1989. Geographical relation between Alzheimer's disease and Al in drinking water. Lancet I, 59-62.
- Mc Call J., Marker B., 1989. Earth Science Mapping. Graham & Trotman, London- Dordrecht-Boston.
- Oruç, N. 2008. Occurrence and problems of high fluoride waters in Turkey: an overview. Earth and Environmental Science. 30(4):315-323
- Örgün, Y.**, Altınsoy, N., Şahin, S.Y., Güngör, Y., Gültekin, A.H., G. Karahan, Karacık, Z., 2007a. Natural and anthropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (**Çanakkale**), **Western Anatolia**, Turkey. Applied radiation Isotope, Vol. 65, pp. 739-747.
- Örgün, Y.**, Şahin, S.Y., Gültekin, A.H., Güngör, Y., Altınsoy, **Çelebi**, N., Karacık, Z., Göker, F.A. 2007b. Geyikli güneyindeki (Ezine-Çanakkale) magmatik kaya akiferlerinden sağlanan içme ve kullanma sularının Hidrojeokimyasal karakteristikleri, radyoaktivite seviyeleri ve bunların sağlık üzerine etkileri. TÜBİTAK-CAYDBA Raporu Nr:104Y031
- Y., Altınsoy, N., Şahin, S.Y., Ataksor, B., N. Çelebi, N., 2008. A Study Of Indoor Radon Levels In Rural Dwellings Of Ezine (**Çanakkale**, Turkey) Using Solid-State Nuclear Track Detectors, Radiat Prot Dosimetry 2008, 131: 379 -384; doi:10.1093/rpd/ncn190
- PECH (Panel on the trace element geochemistry of coal resource development related to health), 1980. Trace-element geochemistry of coal resource development related to environmental quality and health. National Academy Press, Washington, DC, pp. 1-8.
- Price E. W., 1988. Non-filarial elephantiasis-confirmed as a geochemical disease and renamed podocniosis. Ethiopian Medical Journal 26, 15-153.
- Radovanovic Z., 1985. Epidemiologija endemske nefropatije. (III simpozijum o endemskoj nefropatiji). SANU, knj. XXIII. Odelj. medicinskih nauka, knj. 3, Beograd, 3-27.
- Swaine, D.J., Goodarzi, F. (Eds.), 1995. Environmental aspect of trace elements in coal. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 312 pp.
- Tian, L., Dai, S., Wang, J., Huang, Y., Ho, S.C., Zhou, Y., Lucas, D., Koshland, C.P., 2008. Nanoquartz in Late Permian C1 coal and the high incidence of female lung cancer in the Pearl River Origin area: a retrospective cohort study. BMC Public Health 8, 398.
- Tromp S. W., 1955: Possible effects of geophysical and geochemical factors on development and geographic distribution of cancer. Schweiz. Z. allg. Path., 18, 929 p.
- Fotoğrafların alındığı internet sitelerinin adresi
<http://minerals.usgs.gov/news/newsletter/v1n1/A3.html>
http://minerals.usgs.gov/projects/surveys_and_analysis/
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292701000518>
<http://www.mafi.hu/en/node/2563>
<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1241872/EXCLUSIVE-Inside-Chinas-secret-toxic-unobtainium-mine.html>
<http://www.fluorosis&hl=tr&prmd=imvnsb&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=UWRhUP6KAtCK4gSL0oHgBA&sqi=2&ved=0C DUQsAQ&biw=1280&bih=554>
http://www.arsenicosis&spell=1&bav=on.2.or_r_gc.r_pw.r_qf.&fp=11bb9eb1a9d7a958&biw=1280&bih=554