

ÇEVRE ve KANSER

Doç.Dr.Pırl Önen

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Çeşitli kanserlerin çevreye bağlı olarak oluşum oranı günümüzde %80-90 dır. Sağlık açısından çevre toprak, su ve havayı içeren fiziksel çevre, biyolojik çevre ve sosyal çevre olarak tanımlanabilir ve hepsi birbiriyle etkileşim halinde olup genlerin yapısını da etkiler (Aksoy, 2002). Jeolojik kaynaklar biyolojik sisteme major, minor ve iz elementlerini sağlarlar. Topraklardaki elementler ise çok çeşitli jeolojik olaylardan etkilenirler. Çevresel şartlara bağlı olarak elementlerin bazıları bitkiler tarafından alınır ve bu şekilde bitkilerden hayvanlara ve insanlara taşınmış olurlar.

Jeokimyasal veriler ekonomik ve çevresel kararlarla (mineral araştırma, çıkarma ve işleme; üretici endüstrisi; tarım ve ormancılık; atık depolama; toprakların kullanımının planlanması gibi konular) doğrudan ilişkilidir. Çevresel jeolojinin tüm yönleriyle incelenmesinde yeryüzündeki kimyasal elementlerin miktarındaki bölgesel değişiklikleri gösteren veri tabanının rolü çok önemlidir. Dünyanın bir bölgesindeki bir veri başka bir bölgedeki sorunu çözmede çok önemli olabilir.

Jeokimyasal Çevre

İnsan ve hayvan sağlığı ile çevredeki kimyasal maddelerin dağılımı arasındaki ilişki ilk defa Webb (1964) tarafından ortaya konulmuş ve gittikçe artan oranda araştırma konusu olmuştur. Son yıllarda endüstrileşmiş ülkelerde ilgi, potansiyel tehlikeli elementlerin (As, Cd, Hg, Pb, ve organik bileşenler DDT, PCB gibi, ve dioksinler gibi) antropojenik birikimi üzerine odaklanmıştır. Bu kimyasallardan bazıları kanserojen, nörotoksin ya da irritandır; diğer bazıları da sakat doğumlara yada kısırılığa neden olabilir (WHO, 1988). Aynı zamanda evcil hayvanlarda iz element (I, Cu, Co, Se, Zn) azlığı ile oluşan sorunlar bilinmektedir. Antropojenik kaynakların doğal kaynaklardan ayırt edilebilmesinde medikal jeoloji çalışmaları büyük önem taşır. UK, Kanada, İskandinav ülkeleri ve daha başka gelişmiş ülkelerdeki bölgesel jeokimya verileri, insanların aktiviteleriyle oluşan kirliliğe ek olarak,

geniş alanlarda ve yüksek değerlerde doğal olarak oluşan radyoaktif elementler ve ağır elementlerin varlığını da ortaya çıkarmıştır. Aynı zamanda geniş toprak ve otlak alanlarda gerekli iz elementlerinin, bulunması gerekenin çok altındaki değerlerde olduğunu göstermiştir (Plant ve diğ., 1996).

Bazı gelişmiş ülkelerdeki iyi hazırlanmış epidemiyolojik bulgular, çevresel jeokimya ile gıda ve hastalıklar arasında bağlantıyı gösterir. Ekinlerdeki iz element çeşitliliği bunların yetiştiği toprağın kimyasını yansıtır, fakat gelişmiş ülkelerde insanlar üzerindeki etkileri, yiyeceklerin çok değişik kaynaklardan sağlanıyor olmasından dolayı maskelenir. Buna zıt olarak, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle tarıma bağlı yaşantıların olduğu yerlerde, çoğu gıda yerel kaynaklardan elde edilir ve problemler (arazilerin yanlış kullanılması, kirlilik, kentleşmenin artışı gibi nedenlerle) özellikle yoğundur. Böyle yerlerde, iz element azlığı veya toksikliği insan ve hayvan sağlığı için gelişmiş ülkelerde olduğundan daha kritik olabilir. Bu durumda, çevresel jeoloji ile sağlık arasındaki ilişki konusundaki çalışmalar gelişmiş olanlardan çok gelişmekte olan ülkeler için çok daha acil önem taşır (Plant ve diğ., 1996).

İnsan vücuduna elementlerin geçiş yolları, zararlı olanlarla birlikte ihtiyaç duyulan tüm elementler ve bileşikler için tükettiğimiz gıdalardan, içeceklerden ve soluduğumuz havadan gelir. Deri yoluyla alınmaları ise daha az önem taşır. Havanın, gıdanın ve suyun kompozisyonu jeolojik ortamla ilişkiden doğrudan etkilenir. Bununla birlikte, hava, su ve toprak antropojenik aktivitelerle kimyasal olarak sürekli değişikliğe uğrar. Oksijene ek olarak, soluduğumuz hava, sağlık için çok zararlı maddeleri de içerebilir. Genellikle fizyolojik role sahip olup sağlık için gerekli olan elementler şunlardır (Jr. Combs, 2005):

- 1) Kemik ve membran yapısı: Ca, P, Mg, F;
- 2) Su ve elektrolit dengesi: Na, K, Cl;
- 3) Metabolik kataliz: Zn, Cu, Se, Mg, Mo;
- 4) Oksijen taşınması (binding): Fe; ve
- 5) Hormon etkileri: I, Cr.

Kimyasal Elementler

Jeokimya, sadece toprak, su ve tozlardaki elementlerin toplam miktarlarını değil, aynı zamanda bunların organizma bünyesine alınabilme potansiyeli olan (bioavailability) bioavailibil olup olmamalarının da çalışılmasını sağlar, ve sağlık açısından önemli olan elementlerin tanımlanması, haritalanması ve izlenmesi için bu bilgiyi kullanır. Kimyasal elementlerin toplam konsantrasyonlarını gösteren jeokimyasal haritaların, hastalıklar ve iz element seviyeleri arasındaki

ilişkiyi göstermesi açısından büyük bir değeri vardır (Thorton & Plant, 1980; Plant & Stevenson, 1985; Plant & Thorton, 1986; Appleton, 1992; Plant ve diğ., 1996). Bununla birlikte, bioavailibil olan her bir elementin miktarı onların toplam miktarlarından çok daha önemlidir. Örneğin, yeryüzündeki en yaygın metallere biri olan Al, hem inert hem de bioavailibil olarak bulunur, ve potansiyel toksisitesi kimyasal formuna yada spesiasyonuna (speciation) bağlıdır. Al özellikle düşük ya da yüksek pH şartlarında veya organik karbon ve silikatlarla beraber kolloidlerle birlikte olduğunda bioavailibilitesi ve bundan dolayı da toksisitesi sınırlanır (Plant ve diğ., 2003). As ve Sb nin toksisitesi de bu elementlerin kimyasal formuna bağlıdır. M^{-3} gaz durumunda en toksikken, $M^{+3} > M^{+5} > methyl$ As/Sb sırasında toksisite azalır.

Jeokimyasal verilerle, sağlık ilişkisi açısından kimyasal spesiasyonun önemi ilk defa tarım alanındaki araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Underwood, 1979; Lander, 1986). Kimyasal elementlerin spesiasyonu, element dağılımını, hareketliliğini ve toksisitesini etkiler. İz element spesiasyonu ve hareketliliği üzerindeki kontrol mekanizmaları, hidrojen iyon aktivitesi (pH), yükseltgenme indirgenme potansiyeli (Eh), sıcaklık, katıların yüzey özellikleri, potansiyel ligandlar, ana katyonların ve anyonların spesiasyonu, çözülmüş ve/veya organik materyal tanelerinin varlığı ya da yokluğu ve biyolojik aktivitedir. Hareketliliği ve çözünürlüğü doğrudan kontrol eden etkenler ise Eh ve pH dir. Yüksek pH şartları altında, anyonlar ve oksianyonlar (Te, Se, Mo, U, As, P, B gibi elementlerin) çok hareketliken çoğu katyonlar (Cu, Pb, Hg, Cd gibi elementlerin) daha az hareketlidir; düşük pH te ise tersi doğrudur (Plant ve diğ., 1996). Spesiasyon hem doğal çevrede hem de gastro-intestinal yolda, iz ve potansiyel tehlikeli elementlerin emiliminde çok etkilidir (WHO, 1984; 1994). Spesiasyon çalışmaları özellikle, toprak verimliliğinin düştüğü, ormanların yok edildiği veya kentleşme, endüstriyel aktivite, madencilik neden olduğu kirlenmenin görüldüğü gibi yerlerde çok önemlidir. Bu çeşit jeokimyasal çalışmalar söz konusu bölgelerin iyileştirme stratejilerini optimize etmede ve işletme konusundaki deneyimleri geliştirmede kullanılabilir. Değişik çevrelerdeki spesiasyonu kontrol eden etkenlere ait bilgi, özellikle jeokimyasal verilerin bulunduğu ve ekinler için iz element desteğine ihtiyaç duyulan yerlerde rehber olarak kullanılabilir. İdeal olarak, çevresel jeokimyasal araştırmalar, özellikle çok yoğun kimyasal bozulmaya uğrayan tropikal alanlarda, kimyasal spesiasyona dayanmalıdır.

Sağlık için gerekli elementler ve tehlikeli kimyasallar

Aşağıda verilen üç grup kimyasal sağlığı tehdit edici niteliktedir:

1) İnorganik kirleticiler: Ozon; karbon, nitrojen ve sülfür oksitler; ağır metaller (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn); diğer metaller ve inorganik kirleticiler (Al, Be, F); radyonuklitler; mineral lifleri ve taneleri (asbest, silika minerali, kömür tozları gibi) kirleticilerdir (Alloway & Ayres, 1997).

Elementler: Hayvan sağlığında gerekli olan elementler Fe, Mn, Ni, Cu, V, Zn, Co, ve Cr, Mo, Sn, Se, I olduğu kadar K, Na, Ca, P, Cl, S, ve N dir. Boronun hayvanlar için gerekli olduğu henüz gösterilmemiştir; oysaki boron gelişmiş bitkiler için gereklidir. Bunun tersi olarak, potansiyel tehlikeli elementler (Ag, As, Be, Cd, Hg, Pb, V ve bunların bazılarının bozunma ürünleri, ve muhtemelen REE lerden Ce ve Gd) küçük oranda bile olsa zararlı fizyolojik etkilere sahiptirler. Al ise hayvanlar ve bitkiler için zararlıdır ve insanlarda da bazı nörolojik hastalıklara neden olduğu bilinir. Bütün iz elementler eğer yeterli miktarlarda ve yüksek seviyelerde ve yeteri kadar uzun sürelerde alınır ya da solunursa toksiktir. Azlık ve toksik seviyeleri/konsantrasyon aralıkları (birkaç $\mu\text{g g}^{-1}$ seviyelerinde) dar olan F, Mo, Se ise bunlara örnektir.

Radyonuklitler: Radyoaktif maddeler, doğal olarak veya bilinçli yada kazara insanların aktivitesi sonucu nükleer reaksiyonla oluşurlar. Doğal olarak oluşan radyonuklitler ^{40}K , $^{235,238}\text{U}$, ve ^{232}Th , ve bunların bozunma ürünleridir. İnsanların neden olduğu tehlikeli olabilecek radyonuklitler ise ^{137}Cs , ^{95}Zr , ve ^{131}I dir (Plant ve diğ., 2003).

Mineral lifleri ve partikülleri: Çevreye, sabit kimyasal kompozisyona sahip kristalen inorganik bileşikler, taneler ya da lifler halinde girer. Pek çok durumda, bunlar lif ya da tane halinde kalırlar ve potansiyel tehlikeli etkilerini bu formlar içinde ortaya çıkarırlar. Bunlar genellikle mineral çeşidine ve çevreye bağlı olarak değişik derecelerde kimyasal bozulmaya uğrarlar. Örneğin, kuvars taneleri bozunmaya karşı çok dayanıklıdır, fakat kalsit taneleri hızla nemli ve asidik ortamlarda çözülecektir. Metalik cevher mineralleri gibi diğer bazı mineraller de kirleticiler arasındadır, ve bunların asıl etkileri metal iyonlarının suda veya topraktaki bozulması sırasında açığa çıkmasından kaynaklanır (Alloway & Ayres, 1997).

Asbest lifleri genellikle binaların, boruların ve depolama tanklarının termal izolasyonunda, ateşe karşı yalıtımda, ve yapı malzemelerinin güçlendirilmesinde kullanılır. Mineral lifleri ve tanelerinden kaynaklanan sağlık tehlikeleri biyokimyasal toksik reaksiyon sonucu değil, fakat minerallerin büyüklüğü, şekli, ve yüzey özellikleriyle ilişkili olarak, irritasyonel etkileri sonucu olur. Bu durum vücut dokularında, özellikle akciğerde iltihaba neden olur ve skar dokusu veya kanser oluşmasını sağlar. Asbestin neden olduğu akciğer kanseri riski sigara kullanımıyla ciddi olarak artarken, larinks, pankreas, özefagus, kolon ve böbrek

kanserleri gelişir (Thompson & Mason, 2003). Havada bulunan ayrılmış kuru liflerin solunması ise büyük bir tehlikedir. Lifler birbirine bağlıyken daha az tehlikeli olurlar çünkü etrafta serbest çok az lif olacaktır. Diğer yandan, yıpranmış termal izolasyon malzemeleri, ve fabrikada birikmiş, veya yıpranmış asbest veya diğer mineral lifi bulunduran malzemeler çok büyük tehlike oluştururlar (Alloway & Ayres, 1997).

Silika minerali tanelerinin kaynağı özellikle taş ocakları, kayaç kırma bölgeleri ve seramiklerdir. İnce taneli kuvars ve silikanin diğer formları akciğerlerde birikir, ve silikosise neden olur. Kompleks bir organik polymer olan kömürün içeriğinin ise %12 den azı inorganiktir. Kömür tozu uzun süreli solunduğunda, özellikle kömür madencileri arasında, akciğerde fibrosis gelişir ve çok ciddi bir solunum zorluğu ortaya çıkar.

Kanser oluşumunda lif uzunluğu ve çapının çok büyük bir etkisi vardır (Jaenicke, 1982; WHO, 1986). Mesotelyomaya neden olan asbest liflerinin ve doğal olmayan liflerin uzunluğunun yaklaşık 8-10µm den daha uzun, çaplarının ise 0.25µm den daha küçük (veya 1.5µm) olduğu ileri sürülür (Stanton ve diğ., 1981; Timbrell, 1984; Pott ve diğ., 1997; Miller ve diğ., 1999). Klinik araştırmalar sonucunda da mezotelyoma oluşumu için lif çapının yaklaşık 0.5µm veya daha az olduğu gösterilmiştir (Timbrell, 1983).

2) Organik kirleticiler: Duman; metan ve kaynakları kömür ve petrol olan diğer hidrokarbonlar; organik eriticiler (solvent); organohalitler, pestisitler, PCB ler ve dioksinler; doğal, organofosfor ve karbonat pestisitler; kokular gibi kirleticilerdir (Alloway & Ayres, 1997). Karbon bazlı sentetik organik kimyasalların pekçoğu dünyada yaygın olarak kimya endüstrisinde üretilir. Bu kimyasalların %75 i hakkında çok az bilgi vardır. Bunlara ek olarak, yan ürün olarak oluşan diğer kimyasalların da çevre üzerinde etkisi olabilir. Organik materyallerden dirençli olan, büyük uzaklıklar boyunca taşınabilenlere ve özellikle gıda zincirinde biyoakumule olabilenlere çok dikkat edilmelidir (Plant ve diğ., 2003).

3) İç mekan (indoor) kirliliği: Buhar halindeki organik bileşenler; ozon; nitrojen oksit; karbonmonoksit; diğer gaz halindeki oksitler; sigara dumanı; asbest lifleri; kurşun; radon gibi kirleticilerdir (Alloway & Ayres, 1997).

Jeokimyasal Çevre ve Kanser

WHO' nun verilerine göre, çevresel kirleticiler insanlardaki kanserlerin %70 inden fazlasına neden olmaktadır. Doğrudan ve kesin olarak kurulan bağlantı akciğer kanseridir, ve genellikle kirlenmiş bölgelerde yaşayanlar arasında görülür. Aynı zamanda havadaki benzo(a)pyrene konsantrasyonundaki değişiklik her zaman akciğer

kanseri mortalitesini etkiler. Kanserojenlerin bir listesi IARC da yayınlanmıştır ve 783 maddeyi içerir. Az sayıda metal yada metalloid IARC/WHO tarafından insanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (örneğin, krom(v), As ve inorganik bileşenleri, nikel ve bileşenleri, kadmiyum ve bileşenleri, berilyum ve bileşenleri) (Komatina, 2004). Diğer yandan, çok sayıda metal hayvanlarda kanserojendir.

P.Pott tarafından, 1775 te, bir baca temizleyicisindeki skrotum tümörünün açıklaması profesyonel kanserojenin ilk gözlemi sayılabilir. İskoç madencilerdeki kanser A.Scott tarafından açıklanırken, mesane kanseri 1895 yılında Almanya’da kimya endüstrisinde çalışanlar arasında rapor edilmiştir (Komatina, 2004). Kanser hakkındaki epidemiyolojik düşünme şeklinin başlangıcı R. Stern’in çalışmasıyla, 1842 de Verona’da kanserden ölüm oranlarının istatistiksel verilerini bir araya getirmesiyle olmuştur. Kanserın coğrafi dağılımı 19.yy’ın ikinci yarısında gittikçe artan bir ilgi görmüş, 1915 te Hoffman kitabında dünya genelinde kanserin coğrafik patolojisi ve kanserden ölüm oranlarını yazmıştır. Son yarım yüzyılda, pek çok ülkede hastalıklarının ve ölümlerin kayıtlarının tutulması çok daha geniş bir yaklaşımla, lokal yada bölgesel olarak hastalıkların dağılımını anlamaya olanak sağlamıştır.

Günümüzde araştırmalar şu hipoteze dayanır: çevre, tersi ispat edilmediği takdirde kanser oluşmasında etkili olabilir. Bu ise jeokimyanın hastalıkların etiolojisinde ne derece önemli bir rolü olduğunu gösterir (Dissanayake & Changrajith, 1999). Buna iyi bir örnek gelişmekte olan ülkelerde içme sularının azotlu maddelerce kirlenmesidir (insan, hayvan atığı, nitrojen içeren gübreler gibi). Böyle yerlerde çok fazla nitrat bulunmasıyla mide ve özefagus kanseri ile methemoglobinemi oluşur.

Son çalışmalar kardiovasküler hastalıklardan sonra kanserin, endüstriyel açıdan gelişmiş pek çok ülkede en büyük öldürücü olduğunu, ve genellikle çevresel nedenlerden kaynaklandığını göstermiştir. Yarıyından fazlası gelişmiş ülkelerde olmak üzere yaklaşık 5 milyon insan dünyada malign tümörden dolayı ölmektedir (Komatina, 2004). Malign tümör oluşmasına yol açabilen pek çok etken arasında (kimyasallar, radyoaktivite, ve toprak, hava, su ve gıdalardaki diğer kirleticiler gibi), diyet ve sigara kullanımı sırasıyla %35 ve %30 oranlarında kanserin sorumlularıdır.

Elementlerin neden olduğu hastalıklara örnekler;

Arsenik bronz çağından bu yana boya maddesi olarak kullanılmıştır ve toksisitesinin bilinmesi de çok eskidir. Özellikle Batı Bengal ve Bangladeş’te deri lezyonlarından ve kanserlerden milyonlarca insanın etkilenmesi, yüksek oranda arsenik içeren kuyu sularını içmelerinden kaynaklanmıştır. Potasyum arsenit içeren Fowler’s solüsyonu yaygın

olarak hastalara salık verilmiş, ancak 18.yy sonlarında Fowler's solüsyonunun önce periferal nörite sonra bunu izleyen deri lezyonlarına ve kansere yol açtığı anlaşılmıştır (Davies ve diğ., 2005). Anawar ve arkadaşları araştırmalarında (2002), Bangladeş'te görülen çeşitli deri lezyonları, bacaklarda kangren, deri, akciğer, mesane, karaciğer ve böbrek kanserlerinin içme sularındaki 0.20mg/l in üstündeki yüksek arsenik miktarıyla ilişkili olduğunu göstermişlerdir.

Gastro intestinal kanserlerle ilgili ilk çalışmalardan birinde, kuzey Montgomeryshire, Wales'de (Millar, 1961) siyah seyillerin uranyumca zengin olması nedeniyle hastalığın çevresel radyoaktivite ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ancak bu hipotezi destekleyecek doğrudan bir kanıt yoktur ve çalışma istatistiksel olarak şüpheli kalmıştır. 1960 da Tamar Valley, batı İngiltere'de, kanserden ölümler bazı köylerde yadırganacak kadar az bazılarında ise çok fazla olmuştur (Davis, 1971), ve bu durumun değişik su kaynakları kullanımdan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bu çalışmada yine istatistiksel olarak şüpheli olsa da kanserle çevre bağlantısını düşündürmesi açısından önemlidir.

Onkoloji içinde gittikçe büyüyen bir alan olan "chemoprevention" konusundaki çalışmalar da son yıllarda hızla artmaktadır. Bunlara örnek olarak, insanlardaki kanseri selenyumla önlemek amacıyla bir çalışma, Qidong'da Shanghai'nin kuzeyinde, çok sayıda karaciğer kanserinin olduğu bölgede yapılmıştır (Lindh, 2005). Kentsel alanda, 20.847 oturana 15ppm selenyum, sodium selenit olarak sofraya tuzuna eklenmiş, ve bu kişiler bu şekilde her gün yaklaşık 30 dan 50 mikrograma kadar selenyumu 8 yıl boyunca almışlardır. Bu deney karaciğer kanserinde düşüşle sonuçlanmıştır.

Volkanik kül, eriyoniti de içeren lifsi zeolit bulundurabilir. Böyle asbest mineralleri endemik plevral hastalık ve yüksek oranda mezotelyoma oluşumlarıyla bağlantılıdır (Rohl ve diğ., 1982). Yüksek seviyede radona maruz kalışla ve gittikçe artan akciğer kanseri riski ile ilgili kanıtlarsa artmaktadır. US EPA, içme suyundaki radonun yaklaşık yıl başına 168 kanser ölümüne neden olduğunu tahmin eder ki sudan açığa çıkan radonun neden olduğu kanser %89 dur ve %11 i radon bulunduran suyu içmekten dolayı mide kanseridir. Genelde musluk suyundan açığa çıkan ve solunan radon, içme suyuyla alınandan daha çok risk içerir (NRPB, 2000).

İçme suyu, kaynaklarına bağlı olarak, bölgeden bölgeye değişen çok farklı konsantrasyonlarda flor içerir. Jeotermal kaynaklardan olduğu gibi kayaların ayrışmasından kaynaklanan yüksek flor konsantrasyonuna çoğunlukla, yeraltı sularında rastlanır. Dünyada çeşitli ülkelerde (Arjantin, Kuzey Çin, Hindistan, Meksika, Batı ABD, Sri Lanka ve Afrika'daki pek çok ülke) böyle yüksek florlu yeraltı sularının olduğu yerler vardır. İçme suyundaki flora uzun süre maruz kalmalar, yaklaşık

1.5 mgL-1 den daha fazlasında dental fluorosisle ; 4 mgL-1 in üstünde skeletal fluorosis; ve 10mgL-1 in üstünde ise fluorosisle sonuçlanır. Diğer yüksek flor almaya bağlı sağlık problemleri sakat doğumlar (Hamilton, 1992) ve daha az kesinlikle de (Marshall, 1990) kanser olarak tanımlanmıştır.

Birçok çalışma, kanser dahil çeşitli hastalıkların su sertliği ile de ilişkili olduğunu göstermiştir. Kanserle su sertliği arasındaki bağlantı Finlandiya ve Tayvan'da rapor edilmiş, Kuzey Finlandiya'da yaşa bağlı değişik kanserlerin yer altı suyunun jeokimyasal kompozisyonu ile ilişkili (suyun sertliği, demir, nitrat, uranyum miktarlarını gösteren jeokimyasal haritaların ve hastalıkların bölgesel dağılımını gösteren haritaların karşılaştırılmasıyla) olduğu ortaya çıkarılmıştır (Piispanen, 1991).

Minerallerin neden olduğu hastalıklara örnekler

1968 ve 1976 yılları arasında 177 malign akciğer kanseri ve 44 plevral tümörlü hasta Diyarbakır Göğüs Hastalıkları hastanesine başvurmuştur. Tümörlerin coğrafik dağılımı, çevresel asbeste maruz kalmayla ilgili bir etiyojijiyi göstermiştir. Çermik köyü çevresinde asbest kaynağı olarak, tremolit asbest içeren çok sayıda mostra vardır, ve bunlar yerel halk tarafından evlerini badanalama amacıyla kullanılır (Yazıcıoğlu ve diğ., 1980). Badana, lifsi tremolit ve lifsi olmayan minerallerden talk, antigorit, lizardit ve kloriti içerir. Araştırmacılar bu bölgede gelişen hastalıkları (pulmoner fibrosis ve akciğerdeki malign tümörleri) tremolit asbeste bağlamışlardır.

Göğüs hastalıklarından asbestle gelişen hastalıklar, mezotelyoma dahil, Çaparkayı köyünde de rapor edilmiştir (Barış ve diğ., 1988a,b). Bu köy yakınında herhangi bir asbest madeni olmamasına rağmen köylülerin kullandığı badana çok ince lifli ve tremolitçe çok zengindir. Barış'a göre köydeki yüksek orandaki mezotelyoma ve bazı plevral ve parenkimal anomaliler tremolit liflerine maruz kalma sonucu gelişmiştir. Ölümcül bir kanser olan mezotelyoma, önceki çalışmalarda asbest solunmasıyla ilgili çok ciddi bir sinyal olarak kabul edilmiştir (Wagner ve diğ., 1971; Wagner & Pooley, 1986).

1970'lerin ilk zamanlarında, İç Anadolu'da da pek çok köyde, önceleri verem olarak tanımlanan hastalıkların daha sonra malign plevral mezotelyoma olduğu anlaşılmıştır (Barış et al., 1978; Artvinli & Barış, 1979; Barış ve diğ., 1979; Barış, 1991). Bunları izleyen 1970-1974 yıllarında, 24 yeni mezotelyoma vakası Karain köyünde (nüfusu 575 olduğu dönemde) görülmüştür. Mortalite oranı %42.9 dir ve mezotelyoma için çok olağan dışıdır. O zamana kadar en yüksek mezotelyoma mortalitesi ABD de asbest işçileri arasında %9.75 dir. Bu yılları izleyen 3 yıl içinde 1974-1977, Karain'de 18 ek mezotelyoma

görülmüştür. Barış'a göre bu köydeki 175 ölümden 62 si mezotelyomadandır. Barış ve arkadaşları daha sonra çalışmalarını bölgedeki diğer köylere genişletmişlerdir (Tuzluk, Karlık, Karahıdır, Sarıhıdır). 17 yıl içinde ve toplam 5000 kişilik nüfusta hepsi birlikte 94 mezotelyoma bulunmuştur. Bu hastalık için yaş aralığı 27 den 71 e kadardır. Belirtilerin ortaya çıkması ile ölüm arası zaman sadece 1.5 yıldan 2 yıla kadardır. Bölgede, jeolojik olarak genç volkanik kül depositleri (tüfler) vardır. Bu kayalar elle kolaylıkla işlenir, ve köylerde yaşayan halk evlerini ve diğer yapıları bu jeolojik oluşumlar içine yapmış, yada bu kayaları keserek yapı taşı olarak ve badana olarak kullanmışlardır. Bu bölgedeki jeolojik araştırma, tüflerin önceleri volkanik cam, feldispar ve diğer silika minerallerini içerdiği, sonradan yerel olarak yeraltı suyunun etkisiyle bozdukları ve alkali göller içinde, montmorillonit ve zeolit minerallerine dönüştüğünü göstermiştir. Zeolit mineralleri klinoptilolit, sabazit ve eriyonittir. Eriyonit morfolojik olarak ince taneli iğnemsidir ve bu liflerin aynısı mezotelyomalı hastalardan alınan akciğer dokularında da görülmüştür (Pooley, 1979; Sebastien ve diğ., 1981).

Yukarıda verilen örneklerden ayrı olarak, Türkiye'de asbest solunmasına bağlı gelişen hastalıkların en sık görüldüğü diğer yerler (Barış, 2002), Eskişehir'in Mihallıçık ilçe ve köyleri; Konya Ereğlisi'nin Halkapınar ve Ayrancı köyleri; Çankırı'nın Ilgaz ve Şabanözü köyleri; Yozgat'ın Sorgun ilçesi ve köyleri; Sivas'ın Yıldızeli ve Şarkışla köyleri; Diyarbakır'ın batısında Ergani ve köyleri; Elazığ'ın Maden ve Palu ilçe ve köyleri; Malatya, Adıyaman ve Urfa'nın Siverek ilçesidir. Malign mesotelyoma asbest ve eriyonit mineralleriyle ilişkili olarak Türkiye'de çok ciddi bir problemdir, ve genetik-epidemiolojik araştırmalar genetik yatkınlığın da mezotelyoma gelişiminde önemli bir rol alabileceğini gösterir (The Asbest Legacy, 2001; Emri ve diğ., 2002; Emri ve Demir, 2004).

Asbest mineralleriyle ilgili diğer bir örnek kuzeybatı *Yunanistan*'dan verilebilir. 1940'dan önce bölge sakinlerinin evlerini tremolit asbest içeren badana ile boyamaları ile ilişkili, "Metsova lung" olarak tanımlanan bilateral pleural plaklar, kalınlaşmalar, sınırlı akciğer fonksiyonları ve mesotelyomayı içeren altı vaka rapor edilmiştir (Constantopoulos ve diğ., 1987).

Sonuçlar

Günümüzdeki nüfus artışı ve ekonomik gelişmeler, toprakların yanlış kullanımı, kentleşme, kirliliğin olumsuz etkileriyle birlikte çevre koşulları gittikçe artan bir kaygıya yol açmaktadır. Çevresel problemler içinde kirlilik, insan sağlığı ve refahı ve global ekosistemdeki denge için en

önemli tehdidi oluşturur. Kanser oluşumu sıklığı ile çevresel şartlar arasındaki ilişkiye verilebilecek doğrudan ve dolaylı pek çok örnek vardır. Değişik kanserlerin bölgesel dağılımını ve kimyasal elementlerin konsantrasyonlarını gösteren jeokimyasal haritalar çok büyük bir değer taşır. Hastalık oluşumu ile ilgili, coğrafi ve jeolojik şartların çalışılması onko-coğrafi araştırmalarda yaygın olarak kullanılır. Bununla birlikte günümüzdeki en önemli bilmece olan kanseri çözebilmek için, multi-disipliner çalışmaya, hastalığa yol açan doğal (jeolojik) ve antropojenik etkenleri çok daha iyi anlamaya gerek vardır. Bu konularda ilerleme ancak medikal-jeolojik (jeokimyasal; eko-jeolojik) araştırmalarla sağlanabilir.

Kaynaklar:

1. Aksoy, M., 2002. Beslenme, çevre ve kanser etkileşimine genel bir bakış. Beslenme, Çevre ve Kanser Sempozyumu, 31Mart-3 Nisan, Ankara, Bildiri kitabı, 24-25.
2. Alloway, B.J. & Ayres, D.C., 1997. Chemical principles of environmental pollution. Blackie Academic & Professional, London, 395s.
3. Anawar., H.M., Akai, J., Mostofa, K.M.G., Safiullah, S. & Tareq, S.M., 2002. Arsenic poisoning in groundwater health risk and geochemical sources in Bangladesh. Environ. International, 27, 597-604.
4. Appleton, J.D., 1992. Review of the use of regional geochemical maps for identifying areas where mineral deficiencies or excesses may affect cattle productivity in tropical countries. British Geological Survey Technical Report WC/92/24.
5. Artvinli, M. & Barış, Y.I., 1979. Malignant mesotheliomas in a small village in the Anatolian region of Turkey: an epidemiologic study. J. Natl. Cancer Inst., 63, 17-22.
6. Barış, Y.I., Şahin, A.A., Özesmi, M., Kerse, I., Özen, E., Kolacan, Altınörs, M. & Göktepeli, A., 1978. An outbreak of pleural mesothelioma and chronic fibrosing pleurisy in the village of Karain/Ürgüp in Anatolia. Thorax, 33, 181.
7. Barış, Y.I., Artvinli, M. & Şahin, A.A., 1979. Environmental mesothelioma in Turkey. Ann. New York Acad. Sci., 330, 423-432.
8. Barış, Y.I., Artvinli, M., Şahin, A.A., Bilir, N., Kalyoncu, F. & Sebastien, P., 1988a. Non-occupational asbestos related chest diseases in a small Anatolian village. Brit. J. Indus. Med., 45, 841-842.
9. Barış, Y.I., Bilir, N., Artvinli, M., Şahin, A.A., Kalyoncu, F. & Sebastien, P., 1988b. An epidemiological study in an Anatolian village environmentally exposed to tremolite asbestos. Brit. J. Indus. Med., 45, 838-840
10. Barış, Y.I., 1991. Fibrous zeolite (erionite) related diseases in Turkey. Amer. J. Indus. Med., 19, 373-378.
11. Barış, Y.I., 2002. Türkiye’de asbest ve fibroz zeolit (eriyonit) ile ilgili akciğer hastalıkları. Beslenme, Çevre ve Kanser Sempozyumu, 31Mart-3 Nisan, Ankara, Bildiri kitabı, 23-24.
12. Constantopoulos, S.H., Langer, A.M., Saratzis, N. & Nolan, R.P., 1987. Regional findings in Metsova lung. The Lancet ii, 452-453.
13. Davies, B.E., 1971. Trace element content of soils affected by base metal mining in the west of England, Oikos, 22, 366-372.
14. Davies, B.E., Bowman, C., Davies, T.C. & Selinus, O., 2005. Medical geology: perspectives and prospects. In: “Essentials of Medical Geology: Impacts of the

- Natural Environment on Public Health”, O. Selinus, B. Alloway, J.A. Centeno, R.B. Finkelman, R. Fuge, U. Lindh & P. Smedley (Eds.), Elsevier, London, Paris, 1-14.
15. Dissanayake, C.B. & Changrajith, R., 1999. Medical geochemistry of tropical environments. *Earth Science Reviews*, 47, Elsevier, 219-258.
 16. Emri, S., Demir, A., Doğan, M., Akay, H., Bozkurt, B., Carbone, M. & Barış, I., 2002. Lung diseases due to environmental exposures to erionite and asbestos in Turkey. *Toxicology Letters*, 127, 251-257.
 17. Emri, S. & Demir, A.U., 2004. Malignant pleural mesothelioma in Turkey, 2000-2002. *Lung Cancer*, 45S, S17-S20.
 18. Jaenicke, R., 1982. In: “Chemistry of the Unpolluted Troposphere”, W. Georgii & W. Jaeschke (Eds.), NATO Reidal, London, 341-374.
 19. Jr. Combs, G.F., 2005. Geological impacts on nutrition. In: “Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health”, O. Selinus, B. Alloway, J.A. Centeno, R.B. Finkelman, R. Fuge, U. Lindh & P. Smedley (Eds.), Elsevier, London, Paris, 161-177.
 20. Hamilton, M., 1992. Water fluoridation: A risk assessment perspective. *J. Environ. Health*, 54(6), 27-32.
 21. Komatina, M.M., 2004. Medical geology: Effects of geological environments on human health. Serbian Geological Society, Belgrad, Paris, Oxford, 488s.
 22. Lander, L., 1986. Speciation of metals in water, sediment and soil systems. In: “Proceedings of an International Workshop”, Oct. 15-16, Sunne, Springer, Lecture Notes in Earth Sciences, 11, 185.
 23. Lindh, U., 2005. Biological functions of the elements. In: “Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health”, O. Selinus, B. Alloway, J.A. Centeno, R.B. Finkelman, R. Fuge, U. Lindh & P. Smedley (Eds.), Elsevier, London, Paris, 115-160.
 24. Marshall, E., 1990. The fluorite debate: On more time. *Science*, 247, 276-277.
 25. Millar, I.B., 1961. Gastrointestinal cancer and geochemistry in north Montgomeryshire, *Br. J. Cancer*, 15(2), 176-199.
 26. Miller, B.G., Jones, A.D., Searl, A., Buchanan, D., Cullen, R.T., Soutar, C.A., Davis, J.M.g. & Donaldson, K., 1999. Influence of characteristics of inhaled fibres on development of tumours in the rat lung. *Ann. Occup. Hyg.*, 43/3, 167-179.
 27. NRPB, 2000. Health risks from radon. National Radiological board, UK.
 28. Piispanen, R., 1991. Correlation of cancer incidence with groundwater geochemistry in northern Finland. *Environ. Geochem. Health*, 13, 66-69.
 29. Plant, J.A. & Stevenson, A.G., 1985. Regional geochemistry and its role in epidemiological studies. In: “Trace element metabolism in man and animals”, C.F. Mills, I. Bremner & J.K. Chesters (Eds.), Rowett Research Institute, Aberdeen, 900-906.
 30. Plant, J.A. & Thornton, I., 1986. Geochemistry and health in the United Kingdom. In: “Proceedings of the first International Symposium on Geochemistry and Health”, I. Thornton (Ed), Science Reviews, Norhwood, 5-15.
 31. Plant, J.A., Baldock, J.W. & Smith, B., 1996. The role of geochemistry in environmental and epidemiological studies developing countries: a review. In: “Environmental Geochemistry and Health”, J.D. Appleton, R. Fuge & G.J.H. McCall (Eds.), Geological Society, London, 7-22.
 32. Plant, J.A., Smith, D., Smith, B. & Reeder, S., 2003. Environmental geochemistry on a global scale. In: “Geology and Health: closing a gap”, H.C.W. Skinner & A.R. Berger (Eds.), Oxford University Press, Oxford, 129-134.
 33. Pooley, F.D., 1979. Evaluation of fibers samples taken from the vicinity of two villages in Turkey. In: “Dusts and Disease”, R. Lemen, & J. Dement (Eds.), Pathotox, Park Forest South, Illinois, 41-44.

34. Pott, F., Huth, F. & Friedrichs, K.H., 1997. Results of animal carcinogenesis studies after application of fibrous glass and their implications regarding human exposure. *Occupational Exposure to Fibrous Glass*, 183-191.
35. Rohl, A.M., Langer, A.M., Moncure, G., et al., 1982. Endemic pleural disease associated with exposure to mixed fibrous dust in Turkey. *Science*, 216, 518-520.
36. Sebastien, P., Gaudichet, A., Bignon, J. & Baris, Y.I., 1981. Zeolite bodies in human lungs from Turkey. *J. Lab. Investing.*, 44, 420-425.
37. Stanton, M.F., Layard, M., Tegeris, A., Miller, E., May, M., Morgan, E. & Smith, A., 1981. Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous materials. *J. National Cancer Inst.*, 67, 965-975.
38. *The Asbest Legacy*, 2001. The source book on asbestos diseases. G.A. Peters, & B.J. Peters (Eds.), 23, s.164.
39. Thompson, S.K. & Mason, E., 2003. Asbestos related malignancy: mesothelioma. *Feature, Chemical health & Safety*, 4-6.
40. Thornton, I. & Plant, J.A., 1980. Regional geochemical mapping and health in the United Kingdom. *Journal of Geological Society, London*, 137, 575-586.
41. Timbrell, V., 1983. Fibres and carcinogenesis. *J. Occup. Health Soc. Australia*, 3, 3-12.
42. Timbrell, V., 1984. Pulmonary deposition and retention of south African amphibole fibres: identification of asbestos related measure of fibre concentration. In: "VIth International Pneumoconiosis Conference, 20-23 September 1983", 2, 998-1008.
43. Underwood, E.J., 1979. Trace elements and health: an overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B 288, 5-14.
44. Wagner, J.C., Gilson, J.C., Berry, G. Timbrell, V., 1971. Epidemiology of asbestos cancer. *Brit. Med. Bull.* 27, 71-76.
45. Wagner, J.C. & Pooley, F.D., 1986. Mineral fibres and mesothelioma. *Thorax*, 41, 161-166.
46. Webb, J.S., 1964. Geochemistry and life. *New Scientist*, 23, 504-507.
47. WHO, 1984. Guidelines for drinking water quality: 2, health Criteria and Other Supporting Information, WHO, Geneva.
48. WHO, 1986. Asbestos and other mineral fibres. *Environmental Health Criteria*, 53, World Health Organisation, Geneva.
49. WHO, 1988. Urbanization and its implications for child health: Potential for action, WHO, Geneva.
50. WHO, 1994. WHO Report series. *Environmental Health Criteria*, WHO, Geneva.
51. Yazıcıoğlu, S., İlcayto, R., Balcı, K., Saylı, B.S. & Yorulmaz, B., 1980. Pleural mesotheliomas and bronchial cancers caused by tremolite dust. *Thorax*, 35, 564-569.