

JEOLOJİ VE SAĞLIK

Eşref ATABEY

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Bilimsel Teknik Kurul üyesi, Ankara
Sağlık Bakanlığı Ulusal Kanser Danışma Kurulu, Mezotelyoma Kurulu ve Tıbbi Jeoloji Kurulu üyesi

esrefatabey@yahoo.com

Alper SAKİTAŞ

MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara
sakitas@mta.gov.tr

GİRİŞ

Sağlık için üzerinde yaşadığımız toprak, içtiğimiz su ve soluduğumuz hava önemlidir. Yerkabuğundaki bir çok faktör yaşamımızı etkilemektedir. İçmesuyunda radon, yeraltısuyunda arsenik, flüorit, altın madenciliğinde civa kirliliği, kıyı kirliliği, soluduğumuz hava, şehir jeokimyası, mezar kaygıları, eş organik bileşikler, ağır metaller, jeofasi ve uranyum kirlenmesi etkili olmaktadır. Bu gibi konular Tıbbi Jeoloji kategorisine girmektedir.

Tıbbi Jeoloji; insan, hayvan ve bitki sağlığı üzerine ortam jeolojisini etkilerinin incelenmesidir. Jeoloji Mühendislerini, hekimleri, veterinerleri, ziraatçıları, biyologları ilgilendirir.

Jeoloji ve Yaşam (Allan ROGERS, FGS MP)

Ben bir Jeoloji Mühendisiyim, aynı zamanda bir parlamenter, baba ve büyükbabayım. Başkaları ile birlikte geleceğimiz üzerine endişe duyuyor ve sonraki nesiller için daha yaşanacak bir dünya bırakmayı istiyorum. Bu nedenle tüm dünya ülkelerinde çalışarak, onların ekonomilerini, çevrelerini ve yaşayan şehirlilerin yaşam kalitelerinin artmasına yardımcı olan BGS bilim adamlarının çalışmalarına tanıklık etmek bir zevktir. Ayaklarımız altındaki yeryüzü, evlerimizde, işimizde ve eğlencede günlük yaşamlarımız için vazgeçilmezdir. İçtiğimiz suyu ve yediğimiz besinleri sağlar.

İngiltere Jeoloji Araştırma Kurumu (BGS), 780 personele sahiptir. Yıllık 42 milyon poundluk bütçesinin % 50'si hükümetin bilim fonundan NERC yoluyla, kalanı da uygulamalı yerbilimsel çözümlerin satılması veya lisansı yoluyla gelmektedir. BGS'nin görevlerinden birisi, insanların sağlığını doğrudan veya besin zinciri yoluyla etkileyen doğal veya insan-yapımı herhangi bir kirlenme olduğunda bunu anlamaktır. Tehlikeli veya potansiyel olarak tehlikeli durumlarla uğraşmak, bilimi anlamak açısından önemlidir. Yaşadığımız gezegenin durumunu bilmeliyiz ki yarınki değişiklikleri düzenleyebilelim.

Projeler

Jonathan Swift "Kendini insanlığa layık görmeden önce, yalnızca birinin yetiştiği bir noktada yetiştirmek için iki mısır koçanı veya iki çim yaprağı yetiştiren bir kişi, ülkesine tüm siyasetçilerin yaptığından daha gerekli bir hizmet yapar" demiştir. Bir siyasetçi olarak kendimi onunla aynı doğruda anlaşıp hissetmekteyim.

Birçok ülkede ekinler topraktan gübreler ile alındığından daha fazla besleyici çıkarır. BGS, Sahra-altı Afrika' da yerel fosfat çökeltilerinin miktarını, niteliğini ve yerini belirlemiştir.

ve Zambiya'da çiftçilere daha ucuz ve kolay bir şekilde erişebilen zirai kireç yapma yollarını kurmaktadır.

Kirlenmiş Toprak

Torunlarımızın oynamasına izin vermediğim yerler vardır. Bu tür yerlerin geçmişi ve mirası tümüyle anlaşılmalı ve kaydı tutulmalıdır. Hiçbir ticari firma bunu yapmamaktadır. Oysa BGS, hem İngiltere'de, hem de Tayland, Meksika ve Ürdün gibi sanayileşen ülkelerde 'teknik işbirliği projeleri' adı altında bunu gerçekleştirmektedir.

50 milyon çocuk iyot yetersizliğinden dolayı beyin özürdür. Milyonlarca Bangladeşlinin yaşamı arsenikle karışmış suya bağımlıdır. BGS bilim adamları bu sıkıntıları dindirmek için çözümler bulmaktadır.

Yarım milyon Tanzanyalının yaşamı altın madenciliğine dayanmaktadır, ama çıkarım yöntemleri ilkel ve cıva zehirlenmesi riskiyle karşı karşıyadır. Seryum elementinin uzun zamandır çocuklarda ölümcül bir kalp riskine neden olduğundan kuşkulanılmaktadır. BGS, Uganda ve Hindistan'da nedenleri bulabilmek için jeolojik koşulları karşılaştırmaktadır.

Yeraltında metan ölüme ve yıkıma neden olur; radon akciğer kanserine neden olur. BGS, planlamacıları ve inşaatçıların felaketten kaçınmaları amacıyla haritalar yapmakta ve bilgi arşivlemektedir.

Bilim adamlarının görevi, çözümler geliştirmek, analiz etmek ve önermektir. Sonrası politikacıların yükümlüğüdür.

Yararlı bir örnek, bir BGS araştırmasından gelen beklenmedik bir bulgudur. Lancashire kırsalında akaçlanmış bir kısım çiftlik arazisinde yüksek düzeylerde ağır metal kirliliğine rastlanmıştır. BGS araştırması, özellikle kömür külü ve dökümhane artığı gibi sanayi ve şehir atıklarının önceden bataklık olan bu arazide dolgu malzemesi olarak kullanıldığını göstermektedir. Bu uygulama belgelenmemiş ve bölgesel jeokimya araştırması olmaksızın saptanamamıştır.

Su

İnsanlar temiz su eksikliğinden ölmektedir. Kirlenen su hastalıklar yaymaktadır. Dünya nüfusunun üçte biri suyun getirdiği hastalıklardan acı çekmektedir. Nitratların, zararlı öldürücülerin ve diğer zirai kimyasal maddeler yeraltısu kalitesini etkilemektedir. BGS, karmaşıklıkları çözüme kavuşturmak amacıyla matematiksel modeller ile birlikte arazi ve laboratuvar çalışmalarını kullanmaktadır. Buradaki denge çok önemlidir.

Denizin sahille buluştuğu yer, benzersiz bir şehir ve ticaret gelişim ortamıdır. Harika ekosistem altüst olduğunda buradaki turizm, balıkçılık, sanayi ve rekreasyon olanaklarının tümü riske girmektedir. Bu bölgedeki ana nehirlerden gelen sedimanlar sıklıkla kirlilikten etkilenen deniz sedimanlarıyla karışık zirai ve sanayi atıklarıyla kirlenmektedir. BGS, kıyı kirliliğini gözlem programı olan Kara - Okyanus Kirliliği Çalışmasını (LOCS) kurmuş ve Meksika'da bir deniz suyu girişimi olayının araştırılmasına dahil olmuştur.

Hava

İklim değişimi ve hava kalitesi kritik konulardır.

Kara maden gazı (blackdamp) veya 'stit', maden ocaklarında ortaya çıkan karbon dioksit ve azotun lmcl bir karışımıdır. Őimdiye kadar bir ölüm vakasına rastlanmışken, planlamacılar ve kent gelişimcileri bu gazı dikkate almadıkları takdirde, bu sayı artabilir.

Zehirli hava, Londra'dan Norfolk'a giden trafik karmaşası içinde izlenebilmektedir. BGS, Kuzey Denizi'nin altındaki kayaçlarda İngiltere'nin sanayi kaynaklarından gelen karbon dioksitin depolanmasının mümkün olup olmadığını araştırmaktadır. Maliyet yüksek olsa bile bilimin gerektirdiği budur. Bu projenin ilerleyip ilerleyemeyeceği kararı bilim adamlarının değil, siyasetçilerin elindedir. Bu bize bir kısır döngüyü, gerçekliğin dengesine dönüşü getirir.

Yürütülen üstteki proje örneklerine soyut gözle bakılamaz - karanın, havanın ve suyun etkileşmesi ve bir diğeriyle üst üste gelmesi ve yaşamın diğer yönleriyle, özellikle kaynakların ve siyasetin sorunları zmek için olup olmadığıyla ilişkilidir. Bilim adamlarının görevi, çözümler geliştirmek, analiz etmek ve önermektir. Sonrası politikacıların ykmlgndedir.

Tıbbi Jeoloji (Fiona FORDYCE, Edinburgh)

Sağlığa jeolojik ortamın etkisi

Tıbbi jeoloji; insan, hayvan ve bitki sağlığı üzerine ortam jeolojisinin etkilerinin araştırılmasıdır ve JEOLojİ MÜHENDİSLERİNİ, hekimleri, veterinerleri, ziraatileri, biyologları kapsamaktadır. Bu konu alanının artan önemine bağlı olarak, Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği (IUGS) Ortak Jeolojik evre Programı geçenlerde farklı disiplinler arasındaki işbirliğini geliştirmek için Tıbbi Jeoloji alışma Grubu'nu başlatmıştır. İşve Jeoloji Araştırma Kurumu'ndan Dr. Olle Selinus'un önderlik ettiği grup, Tıbbi Jeoloji zerine tanıtıcı bir kitap da çıkaracaktır. Bu girişimle bağlantılı olarak, yeni Uluslararası Jeolojik Deneştirme Programı (IGCP) Tıbbi Jeoloji Projesi (proje numarası 454) değişik ülkelerden bilim adamlarına meslektaşlarıyla birlikte çalışarak jeolojik ortam ve sağlığın gerçek sorunlarının tanınması ve ele alınması fırsatını sağlamaktadır.

Geçen 30 yılda bu alanda BGS'nin önde gelen deneyiminin ışığında BGS'den beş bilim adamı alışma Grubunda hizmet vermektedir. BGS'nin önde gelen bilim adamı Profesör Jane Plant, 2000 yılında İşve'te toplanan Grubun ikinci toplantısında göğüs ve prostat kanseri, epidemiyoloji ve evre üzerine kısa bir konferans vermiştir.

Jeoloji fiziksel anlamda bitki, hayvan ve insan sağlığını etkileyebilmektedir. rnekleri yanardağlar, depremler, sübsidans, su azlığı veya çokluğu ile ilişkili sorunlar ve risklerdir. Belki de daha azı ortamda kendiliğinden bulunan maddelerin etkileridir. Örneğin, yüksek dozlarda arsenik ve cıva gibi elementler zehirli olduğu halde, kalsiyum gibi elementler diş ve kemiklerin sağlığı için gereklidir. Bu maddeler gezegen üzerinde eşit olarak dağılmamakta ve sıklıkla farklı kayaç tipleri ve jeolojik etmenler bitki-hayvan-insan besin zincirinin temelini oluşturan toprak ve sulardaki gerekli besleyicilerin ve zehirli elementlerin kimyasal bileşimini belirlemektedir. Benzer Şekilde, çevredeki zararlı insan-yapımı maddelerin hareketliliği genelde jeolojik etmenlerle denetlenmektedir.

BGS; İngiltere Uluslararası Gelişim Dairesi (DFID), Dünya Bankası, Birleşmiş Milletler evre Programı (UNEP) ve Avrupa Birliği'nin sponsor olduğu projeler yoluyla su kalitesi, jeokimya ve sağlıkla ilişkili birçok konuya el atmaktadır. Şimdiki araştırmalar Bangladeş'te kanser ve yüksek düzeyde arsenikli yeraltısuyu arasındaki ilişkilerini, Afrika ve Asya'da altın madenciliğiyle ilişkili cıva ve arsenik kirlenmesini, Afrika'da kalp hastalığı ve seryumu, Afrika, Asya ve Orta Avrupa'da yüksek düzeyde flüoritli yer altı sularının neden olduğu diş ve iskelet bozulmalarını, Ürdün'de yüksek düzeyde uranyumlu yeraltısuyunu, Çin'de yetersiz

miktarda selenyumun neden olduğu kalp rahatsızlığını ve Sri Lanka ve Çin'de iyot eksikliğinden kaynaklanan guatrı içermektedir.

Konuşmasında Profesör Plant, kısmen Global Jeokimya Anahatları üzerine IUGS / Uluslararası Kozmokimya ve Jeokimya Birliği Projesinin hitap ettiği bir konu olan çevredeki doğal ve insan-yapımı maddelerin dağılımı ve hareketliliği üzerine daha fazla bilgiye gereksinim duyulduğuna işaret etmiştir. BGS ve ABD Jeoloji Araştırma Kurumu (USGS)'nin önderlik ettiği bu proje küresel ölçekte potansiyel olarak zararlı ve gerekli maddeler üzerine standart bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır.

Yer bilimciler etkili çözümler geliştirmek için holistik ve çokdisiplinli bir yaklaşım gerektiren tıbbi jeoloji konularının anlaşılmasında önemli bir role sahiptir. Bu alandaki yeni uluslar arası girişimler dünya çapında farklı disiplinlerdeki bilim adamlarına mükemmel bir şablon sunmaktadır.

İçme Suyunda Radon (David TALBOT, Keyworth)

Musluktaki Tehlike

BGS doğal radyoaktiflik araştırması üzerine uzun yıllara dayanan deneyimi ile hem İngiltere'de, hem de Ürdün ve Kıbrıs gibi denizaşırı ülkelerde olmak üzere içme suyundaki radon üzerine birçok çalışmayı üstlenmiştir. Bu alandaki en güncel BGS çalışması, Çevre, Nakliyat ve Bölgeler Dairesi (DETR)'nin Batı Devon'da özel su kaynaklarındaki doğal radyoaktiflik üzerine yaptığı araştırma projesidir. Bu proje sonunda yeraltısuyundan gelen bazı su kaynaklarında yüksek düzeylerde radona rastlanmıştır.

Bu çalışmanın bulguları, <http://www.environment.detr.gov.uk> DETR web sitesinden elde edilebilen "Devon'daki Özel Su Kaynaklarındaki Doğal Radyoaktiflik" başlıklı, DETR/RAS/00.010 numaralı bir araştırma raporunda yayınlanmıştır.

Örneklenen su kaynaklarının yaklaşık %9'unun doğada radyoaktif bir gaz olarak çökelen radonun, özel kaynaklar için litre başına 1000 becquerel'lik Avrupa Birliği Komisyon Tavsiyesi limit değerini aşan düzeylerde olduğu bulunmuştur.

İçme suyu yoluyla radona maruz kalınması iki şekilde olmaktadır; ilki, açığa çıkan radonun havayla vücuda alınması (sıklıkla bir zamanlar kaplıcalarda olan) şeklinde dir. Evlerde içme suyunda radonla karşılaşılması, banyo veya duş sırasında çok yüksek düzeylerde olduğunda içe çekilme olmasına karşın, temelde solunma yoluyla alınır. Vücuda alınan radonun davranışı tam olarak bilinmemesine karşın, geçerli düşünce alınan radonun büyük kısmının, alfa parçacığı yayınımlı yoluyla çürüdüğu ve vücut dokuları arasında radyoaktif dölleri (polonyum, kurşun ve bizmut izotoplarını) depolayarak dolaşım sistemine girdiği şeklinde dir.

(Örneklenen su kaynaklarının yaklaşık %9'unun doğada radyoaktif bir gaz olarak çökelen radonun, özel kaynaklar için litre başına 1000 becquerel'lik Avrupa Birliği Komisyon Tavsiyesi limit değerini aşan düzeylerde olduğu bulunmuştur.)

Radona maruz kalınmasının ilk zararlı sağlık etkileri, radonun ve ilişkili çürüme ürünlerinin (alfa parçacıklarını açığa çıkaran çabuk şekilde radyoaktif bozunmaya uğrayan) ortaya çıkardığı alfa parçacıklarına bağlı olan hücre tahribidir. Olası etkiler radona maruz kalınma düzeyine bağlıdır. Yüksek düzeylerde radona maruz kalınması ve içe alınması ile dölün büyük ölçüde artan bir akciğer kanseri riskine neden olduğu düşünölmektedir. Radonun solunmasından kaynaklanan risklerin, radyoaktifliğe maruz kalınmasıyla ilişkili çeşitli kanserler gelişimi olasılığında çok küçük bir artışı içerdii düşünölmektedir. Bu risk solunmayla içe alınan riskten daha az bilinmesine karşın, çok daha düşük olduğu düşünölmektedir. Radonun sağlık etkileri üzerine daha fazla bilgi Ulusal Radyolojik Koruma Masası web sitesinden elde edilebilir: <http://www.nrp.org.uk>

Radon düzeylerinin yalnızca içme suyunun özel su kaynaklarından (kaynaklar, kuyular, yatay açıklıklar ve özel sondajlar) geldiği yerlerdeki nitelikleri artmasına karşın, içme suyunda radon vakasının Batı Devon'la sınırlanması mümkün değildir. Yeraltısuyu kaynaklarından gelse bile, ana su kaynaklarının iyileştirme süreçlerindeki kayıplara bağlı olarak yüksek düzeyde radon taşınması mümkün değildir. Doğal kaynaklardan toplanan önceki verilerin, sorunun ev içindeki radonun da bir sorun olduğu alanlarla sınırlı olduğunu göstermesine karşın, şu anda Batı Devon dışındaki alanlarda içme suyunda yüksek düzeylerde radon potansiyelinin yayılımı belirsizdir.

BGS, birçok örgüt adına içme suyunun radyoaktifliği üzerine daha ileri aşamadaki analizleri de üstlenmiştir. Aynı zamanda diğer radon ve doğal radyoaktivite araştırmalarından da sorumludur.

Yeraltı Suyundaki Arsenik (Pauline SMEDLEY, Wallingford)

Gizli tehdit

Yeraltısuyu dünyanın birçok yerinde iyi kalitede içme suyunun ana kaynağını oluşturur. Yeraltısuyunun geçtiği kayalar ve topraklar birçok istenmeyen kirleticinin uzaklaştırılmasında doğal bir süzgeç rolü oynamakta ve su arıtımında çok yararlıdır. Gerçekten, son birkaç on yılda içme suyu amaçlı yeraltısuyunun geliştirilmesi, gelişmiş ülkelerde suyla gelen ciddi ishal vakalarının azalmasına katkısı olmuş ve sonuçta halk sağlığını iyileştirmede çok yararlı bir araçtır. Bununla birlikte, bu yararlarına karşın, yeraltısuyu kalitesi her zaman kayalar ve topraklardan gelen iz elementlerin doğada bulunmasına yol açabilen akiferlerdeki jeokimyasal tepkimeler yüzünden garanti edilemez. Bu iz elementler yeterince yüksek miktarlarda olduğunda zehirleyici (toksik) olabilir. Yeraltısularındaki en ciddi doğal kirleticilerden birisi arseniktir.

İç kanserleri içeren birkaç bozukluk kronik arsenik solunması ile ilişkilendirilir.

Arsenik zehirli ve kanser yapıcıdır. Uzun süreyle yüksek derişimlerde arsenikli içme suyu kullanımı birçok sağlık sorununa yol açabilir. Bunların en olağan görülenleri ise pigmentasyon değişimlerini, keratozu ve deri kanserini içeren, ama birçok iç kanseri de içeren cilt rahatsızlıkları kronik arsenik alınmasıyla ilintilidir. Birçok ülke, ulusal standart olarak 1993 öncesindeki litre başına 50 mikrogramı kullanmaya devam etmesine karşın, Dünya Sağlık Örgütü'nün (1993) içme suyundaki geçici arsenik değeri litre başına 10 mikrogramdır. Çoğu yeraltısuyu bu değerlerin altında derişimlere sahip olmasına karşın, birçok akifer kabul edilemeyecek yüksek arsenik derişimleri içermektedir. Uç durumlarda ise litre başına miligram cinsinden derişimlere rastlanabilir.

Arsenikçe zengin yeraltısuları genelde dört tip jeolojik ortamda bulunur:

- Sülfür minerallerinin bozunmasının özellikle madencilikle arttığı maden alanlarındaki sülfürce zengin mineral kuşakları,
- Jeotermal alanlar,
- Genç akiferlerden (birkaç bin yıllık) gelen anaerobik yeraltısuları,
- Başlıca kurak ve yarı kurak bölgelerde olmak üzere genç akiferlerden yüksek pH'lı aerobik yeraltısuları,

Mineral ve jeotermal alanlardaki arsenik sorunları dünyanın birçok kısmında olmaktadır. Bu oluşumlar su kaynaklarında yüksek derişimlerde arsenik ve diğer iz elementleri içerse bile kirliliğin yayılımı kirlilik bölgesiyle sınırlı olma eğilimindedir.

Potansiyel olarak daha fazla yayılma ana akiferlerdeki arsenik oluşumlarıdır. Belgelemiş olaylar Arjantin, Şili, Meksika, Hindistan (Batı Bengal), Bangladeş, kuzey Çin, Tayvan, Vietnam, Macaristan ve batı ABD'deki akiferleri kapsamaktadır. BGS, büyük ölçüde DFID desteğiyle hem sülfür maden alanlarında, hem de ana akiferlerdeki arsenik kirlenmesi sorunlarını araştırmaktadır. Madencilikle ilgili kirlenme projeleri Gana, Tayland, Brezilya ve Arjantin'de yürütülmektedir. Ana akifer çalışmaları ise dünyada en kötü etkilenen akiferlerin bir kısmında yürütülmektedir: Arjantin, kuzey Çin (İç Moğolistan) ve Bangladeş.

En kötü yeraltısuyu kirliliği durumu, Batı Bengal (Hindistan) ve Bangladeş'ten bilinmektedir. Yaptığımız hesaplamalardan yalnızca Bangladeş'te 35 milyon kişi, ulusal standart olan litre başına 50 mikrogramdan daha yüksek düzeyde arsenikli yeraltısuyu içmektedir. Ayrıca, 57 milyon kişi de litre başına 10 mikrogramdan yüksek arsenikli su içmektedir. Arsenikle ilişkili birçok cilt rahatsızlığına sahip hasta belirlenmiştir. Etkilenen yeraltıları Bengal delta bölgesinin genç alüvyon ve delta kökenli akiferlerinde açılan sığ kuyulardan (150 metreden daha az derinlikte) gelmektedir. 150 metreden daha derin olan daha yaşlı formasyonlardaki sığ kuyular ve yeraltıları birçok durumda WHO'nun sınır değerinden daha düşük arsenik derişimi içermektedir. En kötü kirlilik, ülkenin güney ve güneybatısında bulunur. Bununla birlikte, Bangladeş'in etkilenen akiferlerinde bile arsenik derişimlerinin dağılımı çok değişkendir. Bu bir kuyudaki derişimlerin tahminini güçleştirmekte ve her bir kuyuda arsenik için ayrı deneme yapılmasını gerektirir.

Sosyo-ekonomik etmenlerle birlikte, Bangladeş'teki yer altı sularının geniş ölçekli kirlenmesi, durumu düzeltme işini güçleştirmektedir. Dünya Bankası'nın koordine ettiği acil program şu an yürürlüktedir. Uzun-dönemli çözümler sığ kuyu sularının ve derin yeraltılarının geliştirilmesini, erişilebilir yüzey sularının iyileştirilmesini, yağmur suyunun biriktirilmesini veya arsenikle kirlenen yeraltılarının iyileştirilmesini içermektedir. Bu seçeneklerden birkaçı bölgesel olarak uygulanmakta, ama risk altındaki tüm topluluklarda yeterli önlemler alınmazsa sorun aynen devam eder. Açık olan bir gerçek Bengal Havzası'nın tamamına uygulanacak basit tek bir çözümün olmamasıdır.

Orta Avrupa'da Flüorit Ve Flüoroz (Fiona FORDYCE ve Bryony HOPE, Edinburgh)

Çok iyi bir madde?

Flüorit, yeryüzünde en bol bulunan doğal maddelerden biridir ve gezegenimizi oluşturan kayaların, toprakların, suların ve havanın bir bileşenidir. Doğal olarak bulunan birkaç başka element gibi, flüoritler insan vücuduna soluduğumuz hava ve diyetlerimizdeki yemek ve su yoluyla girebilir.

1950'lerde ABD ve Avrupa'da yürütülen çalışmalar, gelişkin diş sağlığı ve flüoritli diş macunu ve flüoritli içme suyunun yerel topluluklara sunulması arasında bir bağlantı olduğunu göstermiştir. Bilim adamları flüoritin insan sağlığına gerekli olduğuna hala emin olamazken, dişleri iyileştirme mekanizmalarının iki katına çıktığı düşünülmektedir. İlk olarak dişler kalsiyum minerali olan hidroksilapatitten oluşmuştur; ergenlik öncesi dönemde (12 yaşına kadar çocuklarda diş gelişimi sırasında) flüorit hidroksilapatitten daha kuvvetli olan flüorapatit oluşturarak mineral örgüsüne girebilir. İkinci olarak, flüorit ağızdaki asit etkisinin azalmasına yardımcı olarak anti-bakteriyel bir etken olarak davranır.

Düşük flüorit alımlarından gelen olası yararlarına zıt olarak, büyük ölçüde çok fazla flüoritle ilişkili sağlık sorunları (flüoroz olarak bilinen) bildirilmiştir. Flüorit, özellikle kalsiyum arayan bir elementtir ve insan vücudundaki kemik ve dişlerin kireçli yapısına girebilmektedir.

Dişteki flüoroz, mine oluşturan hücrelerin düzensiz kireçlenmesi bozukluğudur. Flüorlanmış mine boşlukludur, sıklıkla boyanmakta ve kahverengi çukurlar içermektedir. Daha şiddetli şekilde flüorlanmış mine gevrektiler ve aşınma ve çürümeye eğilimlidir.

Yalnızca Hindistan'da 25 milyon insanın flüorozdan acı çektiği tahmin edilmektedir.

İskelette endemik flüoroz, ya suyla ya da nadiren endemik alanlardaki besinler veya havadan büyük miktarlarda flüorit alınmasının neden olduğu kronik metabolik bir kemik ve eklem hastalığıdır. İnsan vücudundaki kemikler yaşam süresince sürekli olarak emilir ve yeniden doldurulur. Flüorit, eklemlerin hareketsizliğine yol açan kemik dokusunun yapışması ve emilmesini değiştirebilen biriktirici bir zehirdir. İskeletteki flüoroz yaygın olarak uzun yıllar maruz kalmayı izleyen daha yaşlı insanları etkilemesine karşın, hastalığın ileri şekilleri endemik alanlardaki çocuklarda da görülür.

Ortamdaki flüorit derişimleri çok değişkendir ve sıklıkla belli kayaç türleriyle, minerallerle veya suyla denetlenmektedir. Örneğin endemik diş ve iskelet flüorozu, volkanik kayaç türleri ve termal sularla ilişkili Doğu Afrika Rift Vadisinde bildirilmiştir. Hindistan ve Sri Lanka'da flüoroz bazik yeraltı suları ile ve Çin'de sorunlar belirli tipte kömürlerle ilişkilidir. Yalnızca Hindistan'da 25 milyon insanın flüorozdan acı çektiği tahmin edilmektedir. Flüorozun her bir formu için etkili araziler yok iken, flüorit alınması denetlendiği takdirde hastalıklar önlenmektedir. Yerbilimciler risk altındaki alanlarda sorunların belirlenmesi ve düzeltilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Flüoritin insan vücuduna girdiği önemli yollardan biri içme suyu yoluyla ve elementin potansiyel olarak zararlı etkilerine yanıt niteliğindedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyunda litre başına 1.5 miligram olarak sınır değerini belirlemiştir. Genelde yeraltı suları, yüzey su kaynaklarından daha fazla flüoritli mineraller ile temas ettiğinden daha çok flüorit içmektedir.

Orta Avrupa'da litre başına 1.5 miligramlık sınır değerini aşan yeraltı suları yaygındır ve sudaki yüksek flüoritle ilişkili sağlık etkileri bildirilmiştir. BGS şimdilerde yeraltı suyundaki flüorit derişimlerinin azaltılması yoluyla su kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan Avrupa Birliği Inco-Copernicus Programı Projesi'ne (IC15-CT98-0139) dahildir. Proje; Hollanda, Moldova, Ukrayna, Macaristan ve Slovakya'dan ortaklar içermektedir.

Moldova'nın kırsal alanlarında, su kaynaklarının yalnızca dörtte biri litre başına 25 miligramlık derişimlere erişebilen flüorit için kalite standardını karşılamaktadır. Moldova'da projedeki tıp uzmanlarının yürüttüğü ilk araştırmalar, yüksek flüoritli alanlardaki nüfusun % 70 kadarının dişteki flüoroz ve iskelet anormalliklerinden rahatsızlık duyduğunu göstermektedir. Ukrayna'da yeraltı sularındaki yüksek flüorit derişimleri, flüorit ve fosfat madenciliğiyle ilişkilidir. Litre başına 20 miligram kadar çıkan düzeyde flüorit içeren su, flüoroz vakasına yol açan bazı alanlarda içme amaçlı kullanılmaktadır. Macaristan ve Slovakya'da ise sorunlar daha az yaygındır ve temelde temelde sanayi kirliliğiyle ilişkili olmasına karşın, litre başına 2 miligramdan fazla flüorit içeren sular bildirilmiştir.

Projenin birinci amacı, su iyileştirmesini ve zeolitler gibi bölgesel olarak uygun jeolojik malzemelere dayanan flüorit uzaklaştırma teknolojilerini geliştirmektir. Değişik malzemelerin laboratuvar denemeleri devam etmekte ve aynı ölçekte Moldova'nın yüksek flüoritli alanlarında deneme için arazi modelleri uygulanmaktadır.

Projenin ikinci amacı bilgisayar tabanlı Coğrafik Bilişim Sistemi (GIS) yönetim aracını geliştirmektir. Bu yüksek flüoritli suların ve flüorozun bir sorun olduğu alanların bilinmesine ve amaçlanan su iyileştirme teknolojisine yardımcı olacaktır.

Coğrafik Bilişim Sistemleri son yıllarda çok yararlı araçlarla donanmıştır ve normalde dijital olarak birleştirilen ve sorgulanan farklı birkaç harita tabakası olarak gösterilmektedir. Proje GIS'inin geliştirilmesi; su kalitesi parametreleri, ana su temini kaynakları, flüoritin sanayi kaynakları, flüoroz yaygınlığı ve nüfus merkezleri gibi Orta Avrupa projesi ortaklarının topladığı verilere dayanmaktadır. Bu etmenlerin her biri GIS'te bir tabaka oluşturacak ve yüksek flüoritli sular ve flüoroz riski üzerindeki etkisi ve olası önemine göre

gruplandırılacaktır. Tabakalar daha sonra yüksek flüoritli suların ve flüorozun olası bir sorun olduğu yerlerde su iyileştirmesi için hedef alanları gösteren tüm risk değerlendirme haritaları ortaya çıkarmak için birleştirilecektir.

Yer bilimciler, tıp uzmanları ve teknologların birlikte çalışması flüoritle ilişkili sağlık sorunlarının belirlenmesi, yönetimi ve iyileştirilmesine yardım edebilir.

**İçme suyundaki flüorit derişimleri ve olası sağlık etkileri
(İçme Suyu Kalitesi Sınırları. 1996. WHO, Cenevre)**

Flüorit derişimleri (mg/Lt)	Olası sağlık etkileri
< 0.5	Dişte boşluklar olur
0.5 < – < 1.5	Zararlı sağlık etkileri yok, boşluklar azalır.
>1.5	Dişlerin beneklenmesi ve diş flüorozu olur.
>3	Yüksek derişimlerde iskelet flüorozuyla ilişki

Ticari Altın Madenciliğinden Kaynaklanan Cıva Kirliliği (Don APPLETON, Keyworth)

İnsan sağlığına bir tehlike?

Cıva, en belirgin olanı merkezi sinir sisteminin bozulması şeklinde fizyolojik ve nörolojik süreçler üzerinde zararlı etkileri olan güçlü bir zehirdir. Karada ve sudaki cıva kirlenmesi ile ilişkili beşeri ve ekotoksikolojik tehlikeler, balıklardaki metil civaya maruz kalınmasından ortaya çıkan Japonya'daki Minamata zehirlenme olayını izleyen 1950'li yıllardan bu yana bilinmektedir. Önceleri birçok cıva kirlenmesi, sanayileşmiş bölgelerdeki hidrokarbon tutuşmasından ve imalat süreçlerinden kaynaklanmasına karşın, şu anda küçük ölçekli altın üreticileri birleştirme amaçlı kullanımın bir sonucu olarak çevreye önemli miktarda cıva bırakmaktadır. Birleştirme süreci iyileştirilen bir ton altın başına yaklaşık iki ton cıva kullanılmasını gerektirmektedir. Küçük ölçekli altın üreticileri her yıl binlerce ton altın ürettiklerinden dolayı, cıva bırakılmasıyla olan çevre kirliliği birçok ülkede ana endişe kaynağıdır. Filipinler'deki Mindanao adasında ticari madencilerin 1983'te birkaç alüviyal ve yatak altın oluşuklarını keşfetmesi, denetlenemeyen bir dizi altına hücum hareketine ve en önemlisi Diwalwal olan birkaç madencilik topluluğunun gelişimine yol açmıştır. Bugün yaklaşık 40.000 yerleşimciye kadar düşmesine karşın, Diwalwal topluluğu 1980'lerin ortasında 100.000'in üzerinde bir sayıya ulaşarak tavan yapmıştır. 1980ler sırasında madencilik etkinliğinin büyük kısmı, top ve çubuk değirmenlerde cıva ile altın cevherinin birleştirilmesini içermekteydi ve her yıl yaklaşık 50 ton civanın bölgesel nehir sistemine boşaltıldığı tahmin edilmekteydi. Şimdilerde altının büyük kısmı siyanürle çıkarıldığı halde, altın cevherinin dörtte birine kadar işletmek için cıva ile birleştirme hala kullanılmaktadır.

Mindanao'da resmi olmayan altın madenciliği sektöründe uygun teknolojinin ve doğru sağlık ve güvenlik işlemlerinin olmaması, civanın kirlettiği nehir sularıyla sulanan pirinç tarlalarının yanında, nehir sistemlerinin cıva ile kirlenmesine ve şiddetli çevresel bozulmalara neden olmuştur. Yöre insanlarında açıklanamayan cilt hastalığı ve önemli miktarda öküzün ölümüyle birlikte 1980'lerden 1990'lara kadar pirinç rekoltesinde %50 lik düşme, Diwalwal madencilik merkezindeki cıva ve siyanür kirliliğine bağlanmıştır.

Birleşmiş Milletler Sanayi Geliştirme Örgütü (UNIDO), bu konulara yönelmeye ve Filipinler'deki küçük ölçekli madencilik merkezlerinden gelen cıva yayılımını azaltmaya çalışmaktadır. 1999'da bu programın bir parçası olarak, Diwalwal akış altındaki Naboc nehir sisteminin cıva ve ilişkili kimyasal kirlenmesinin yayılımını ve sonuçlarını belirlemek için farklı disiplinlerden bir ekip görevlendirildi. Ekip, bölgeden bilim adamları ve topluluk işçileriyle birlikte çalışan BGS'den bir çevre jeokimyası uzmanı, NERC'den bir ekotoksikolog ve Münih'te Forensic Tıp Enstitüsü'nden tıbbi toksikologlar içermekteydi.

Filipinler Madencilik ve Yerbilimleri Bürosu ile işbirliği içinde BGS'nin yürüttüğü evre gözlemleri, Naboc nehrinin suda yüksek düzeylerde çözünmüş civanın varlığını göstermiştir. Çözeltideki civa, içme suyu ve kabuklu hayvanların tktildiği sular için tavsiye edilen azami derişimlerden 40 – 3000 kat daha yüksektir. Aynı zamanda suda asıltı halinde olan ve nehir dibinde depolanan sedimanlarda şu anda su yaşamına zararlı olduğu kabul edilen düzeyden 10 – 150 kat daha yüksektir. Bölge işçileri ve aileleri tüm içme sularını civa ile kirlenmiş görünmeyen kuyulardan sağladığı halde, bazı insanlar Naboc nehrinden civa ile kirlenmiş balık ve midyeleri yemekte ve bu sağlık açısından bir riskle karşılaşmaktadır. Nehirdeki znmş civa miktarındaki belirgin geçici değişimler, altın işletme tesislerinden nehre boşaltılan civa ile kirlenen mineral işleme atıklarının miktarındaki değişimlere (soldaki grafik) yansımaktadır. Bu, geçici kirlilik vakaları saptandığında madencilik etkinlikleriyle kirlenen nehirlerdeki su kalitesinin sürekli veya sık şekilde gözlemenin önemini göstermektedir.

Araştırma aynı zamanda geçen on yılı aşkın süredir pirinç sulama amaçlı olarak kullanılan Naboc nehrinden gelen siltli, civa ile kirlenmiş sularla sulanan pirinç tarlalarının ciddi olarak kirlendiğini göstermiştir. Sulama suyunun çoklu akışı sediman kilosu başına 90 miligrama kadar çıkan civa içeren silt depoladığını ve bu yılda iki kez toprak profiline geçmektedir. Pirinç tarlalarından alınan toprak örneklerindeki civa, kilo başına 24 mg ortalamaya ve 96 mg azami değere ulaşır. Filipinler'de zirai topraklardaki civa için hiçbir sınır değeri olmadığı halde, bu örneklerin çoğunda İngiltere'de zirai topraklarda azami kabul edilebilir civa derişimi (kilo başına 1 mg) açıkça aşılmaktadır. Kirlenmemiş topraklar için beklenen aralık içindeki çok daha düşük civa derişimleri (kilo başına 0.3 mg. Civadan daha az) zerinde mısırın yetiştirildiği sulanmayan toprakları gösterir.

NERC'den ekotoksikolog olan Dr. Jason Weeks'in çalışmaları, az miktarda civanın bölgedeki 600 işçi ve ailesinin tükettiği pirinç tanesi içine girdiğini göstermiştir. Suyla dolu toprak profilinin oksijenden yoksun tabakalarında civa sülfürün oluşumuyla birlikte, topraktaki ikincil demir hidroksitlere ve organik maddelere civanın adsorpsiyonu, görece pirinç bitkilerine ulaşamayan civayı verir görünmektedir. Çiftçiler ve aileleri doğal toprak süreçleri kirlenmiş topraklardan gelen sağlık riskini azaltan pirincin, civanın adsorpsiyonunu engeller göründüğünden şanslıdır. Bu civa ile kirlenen pirinç tarlalarından pirinç yiyen insanların kanlarında, idrarlarında ve saındaki civa derişimlerinin altın madenciliğinden etkilenmeyen 'denetimli' bir alanda yaşayan insanlardan daha büyük olmadığı gerçeğiyle doğrulanmıştır. şüphesiz civanın ana sağlık tehlikesi Diwalwal madencilik yerleşiminde insanların altın birleştirmesi için kullanılan civaya doğrudan maruz kalınmasıdır. Toksikolojik alışmalar, sa ve kanlarındaki civa düzeylerinin bir endişe nedeni olduğunu göstermektedir.

Kıyı Kirliliği (John REES ve Neil BREWARD, Keyworth)

Yakınlıkta bir ağır metal araştırması

Gelişmekte olan birçok ülkede hızlı kentleşme ve artan sanayi sıkı bir şekilde artan evre kirliliğiyle bağlantılıdır. İyileştirilmemiş sanayi ve evsel atıklar su yollarına, nehirlere ve nihayetinde denize girmektedir.

Birçok haliç ve yakınıkyı ortamında kirleticilerin besin zincirine girdiği ve doğrudan insan sağlığını etkilediğinin kanıtları vardır.

Bu tür sorunların farkında olan BGS, Uluslararası Gelişim Dairesi fonundan kıyı kirletici gözlem programı olan Kara – Okyanus Kirliliği Çalışmasını (LOCS) kurmuştur. Amaçları, şehirlerin kıyı kenarları boyunca kirleticilerin kaynakları, taşınma yolları ve sınırları üzerine verilerin toplanması ve entegre kıyı bölgesi yönetiminin bir bileşeni olarak kirletici akışı gözleme gereksiniminin arttırılmasıdır. Çalışılan bölgelerin sosyal ve ekonomik gereksinimlerini karşılayan güç, ama düşük ücretli gözlem yöntemlerinin geliştirilmesine özel önem verilmektedir.

Çalışmanın bir parçası olan Brezilya Sepetiba Koyunun sistematik jeokimyasal ve hidrokimyasal gözlemi Fluminense Federal Üniversitesi ve Rio de Janeiro Eyalet Kirlilik Kontrolü Örgütü ile bağlantılı yürütülmektedir. Asılı parçacıklara adsorbe olan ve deniz tabanı çökellerinde bulunan çökelmiş ağır metaller Sepetiba Koyundaki ana nokta kaynaklar ve açık okyanus arasındaki 43 alanda örneklendi. 29 alanda 1 metre uzunluğa kadar çıkan karotlar alınırken, diğer alanlardaki sedimanlar Van Veen grab kullanılarak örneklendi. Her alanda su sıcaklığı, tuzluluğu, pH ve koliform bakterilerin derişimlerinin ölçümü iki metre derinlikte (veya daha sığda ise orta su derinliğinde) yapılmıştır. Önemli alanlarda deniz tabanı çökellerindeki alkan derişimlerini belirlemek için örnekler alınmıştır.

İnceleme çoğu ağır metalin doğada bulunduğu sediman derişimlerine göre kara kökenli antropojenik akışının düşük olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, çinko örneğinde uluslararası bilinen sediman eşik değerlerini aşan % 400'den daha büyük ortalamalı antropojenik kaynaklı yüklenmeye rastlanmıştır. Çökellerdeki çinkodan hareketle, koy boyunca deniz tabanı çökellerindeki kirleticilerin miktarı hesaplanmıştır. Birçok kirletici koya giren ana kolların ağzındaki delta sistemlerinde veya akıntı aşağılarında depolanmaktadır. Kirletici depolanma hızları etkin delta gelişim alanlarında en büyük değerdedir. Geçen 30 yılı aşkın sürede koya giren birçok kirleticinin deniz tabanı çökellerinde birikmesi olasıdır; çok azı Atlas Okyanusu'na erişmiş olacaktır. Bunlar balıkçılık ve serpme gibi insan etkinlikleriyle yeniden hareketlendiğinden bu bir endişe kaynağıdır. Suyla taşınan birçok kirleticinin derişiminin gözlem zamanındaki serpme etkinlikleriyle denetlendiği görünmektedir. Serpmelerin atıldığı koyun daha derin kısımlarında derişimler artmakta iken, yüksek olmasının beklendiği (kirlenen deniz tabanı çökellerinin asıltısı yoluyla) sığ su alanlarında görece düşüktür.

Görece düşük zehirleyiciliğe (toksikliğe) sahip olduğu halde, yüksek düzeylerde olduğunda balık stoklarını etkileyebilen sudaki mikrobiyolojik üretkenliği bastırabilmektedir. Aynı zamanda, çoğu kirletici karşılıklı sinerjik bir etkiye sahiptir ve yüksek düzeylerde çinko, kritik düzeylerde olmasalar bile bakır ve kurşun gibi diğer metallerin zehirleyiciliğini arttırmaktadır. Azalan mikrobiyolojik etkinlik lağım ve diğer organik atıklardaki patojenlere insanlardaki sağlık sorunları olasılığını arttıran biçimde daha uzun süreler dayanmalarına ve besin zincirinde birikmelerine izin vermektedir.

Veriler, sağlık risklerini en aza indirmek amacıyla hem körfeze giren kirleticilerin gelişini, hem de körfezde insan etkinlikleri yoluyla kirleticilerin hareketini sınırlayan gereken dikkat gösterilmelidir.

Soluduğum Hava (Simon CHENERY, Neil FORTEY, Vicky HARDS ve Emily HODGKINSON, Keyworth)

Sağlığımızı ve iyi oluşumuzu etkileyen üç ana ortam ögesi üzerinde yaşadığımız toprak, içtiğimiz su ve soluduğumuz havadır. BGS öteden beri kara araştırması ve yıllardır da

su kalitesi araştırmasının içinde yer aldığı halde, son zamanlarda başta toprak kullanımı ile atmosferik ortamın etkileşimi olmak üzere hava kalitesi konularında yer almıştır.

Okulda hepimiz havanın azot, oksijen ve karbon dioksit gibi bir yığın gazdan oluştuğunu öğreniyoruz. 1970'lerde hava kirliliği ve asit yağmuru konularındaki endişe, dikkatleri sülfür dioksit ve azot oksitlere yöneltmiştir. Geçen on yılda haberler, metan ve kloroflüorokarbonlar gibi küresel ısınmada rol oynayan tali gazlarla ilgili bilgilerle dolmuştur. Bununla birlikte, hava aynı zamanda ya karadan doğal olarak gelen ya da insan etkinliklerinden gelen çok sayıda mikroskobik katı parçacığı da içerir. Havada kömürün yanmasından ileri gelen parçacık miktarı geçmişte olduğundan daha az olsa bile, araçların sayısındaki artış, yeni sanayilerin ortaya çıkması ve şehirlereki eski sanayi alanlarının yeniden kullanılması yeni sorunlar ve mücadelelerle birlikte havayla taşınan yeni kirletici kaynaklarını da getirmektedir.

Yeni çevrebilim programının bir parçası olarak BGS, Şehir Ortamında Element ve Parçacık Taşınma Yollarını Gözetleme adı altında bir projeye önyak olmuştur. Bu bizim araştırmacı yeteneklerimizi geliştirecek ve yaşam çevremiz olan jeosferin başta çoğumuzun yaşadığı şehir - sanayi ortamı olmak üzere atmosferik ve sulu ortamlarla nasıl etkileştiğini anlamayı geliştirecektir.

Şehir ortamında özellikle solunabilir PM10 kısmı (10 mikron çapından daha az parçacıklar) olmak üzere sanayi ve araç-eksozundan kaynaklanan gaz parçacıklarını gözlemlene iyi kurulmuştur. Bununla birlikte, nokta kaynaklardan bölgesel ortama kirleticilerin taşınmasında tüm ölçeklerdeki (milimetreden mikron altına) parçacıkların rolü havadaki, sudaki ve yeniden asıtlı yolları düşünüldüğünde önemli olabilir. Bu tür malzemelerin bir zamanlar yerleştiği ve şehir toprakları ve yüzeylerinde birleşmesi süreci henüz iyi anlaşılammıştır. Özellikle de zamanla parçacıkların kimyasal ve fiziksel değişimleri, taşıdıkları kirleticilerin hareketliliğini, elverişliliğini ve zehirleyiciliğini değiştirebilmektedir.

Swansea Şehir ve Kontluk Konseyi ile birlikte BGS, Swansea ve çevredeki kırsal alan boyunca bir dizi depolanma ölçüm aracı yerleştirmiştir. Bu cihazlar hem yağmur suyunu, hem de düşen veya yıkanan parçacıkları toplamaktadır. Laboratuvarında parçacıklar süzgeçten geçirilerek sudan ayrılmaktadır. Yağmur suyunda çökelen elementler veya sülfür izotopları daha sonradan deniz suyu püskürtme gibi doğal kaynaklardan veya sanayi veya araç trafiği gibi antropojenik kaynaklardan etkisine bakmak amacıyla kullanılır. Parçacık olması durumunda yalnız kimyalarını değil, taramalı elektron mikroskobu gibi aletler kullanarak mineralojilerini ve fiziki şekillerini de inceleyeceğiz. Bu teknikleri birleştirme yoluyla bu zahmetli parçacıkları doğal ve antropojenik kaynaklı olarak ayırmak için güçlü araçlar geliştirmekteyiz.

BGS bu projede süregelen ilgisi ve desteği dolayısıyla Swansea Şehir ve Kontluk Konseyi'ne teşekkür etmektedir.

Temiz Hava Solumak? (Brian YOUNG ve David LAWRENCE, Edinburgh)

Çoğu kömür ve kömürlü kayaç, az miktarda başka gazlarla birlikte önemli miktarda metan içerir. Madencilik sırasında açığa çıkarak madencilerce 'grizu' olarak bilinen metanın varlığı, kömür madencisinin yüzleşmek zorunda kaldığı en büyük güvenlik tehlikelerinden biri olmuştur. Ölümcül patlamaların yol açtığı uzun bir geçmiş, özellikle 1812'de Tyneside'de

Felling Colliery'deki ciddi patlamadan sonra 19. yy'ın başlarında Sir Humphry Davy'nin pratik bir güvenlik lambası geliştirmesine yol açmıştır.

Çalışan ve terkedilen kömür madenlerinde genellikle görece düşük miktarlarda olmak üzere yerel olarak asitli su ile piritin tepkimesiyle oluşan hidrojen sülfür (H₂S) ve yer altı yangın ve patlamalarında tamamlanmamış yanmayla ortaya çıkabilen karbon monoksidi (CO) de içeren başka gazlar da bulunur. Her iki gaz da çok zehirlidir. Eski işletmelerde düşük miktarda radon da bulunabilir. Madencilik sona erdikten sonra da kömürlü kayaçlardan metan açığa çıkmaya devam eder.

Belirli koşullarda yerel olarak jeolojik açıdan uygun olduğu yerlerde yüzeye çıkabildiği halde bu gazlar terkedilmiş işletmelerde yeraltında kapalı kalmaktadır. Yaygın olarak tutuşmanın eşlik ettiği metanın yüzey çıkışları birçok kömür alanında çok iyi bilinmektedir.

Bununla birlikte kuzeydoğu İngiltere'de madenciler tarafından 'stit' olarak tanınan kara kömür gazının (blackdamp) eski işletmelerde geniş hacimlerde bulunması endişe kaynağıdır. Bu oksijenin tümünün veya büyük kısmının uzaklaştırıldığı ve temelde azot ve karbon dioksitin bir karışımıdır. Kara kömür gazı renksiz, kokusuz ve tatsızdır ve normalde havadan daha ağırdır. İyi havalandırılmamış işletmelerde kömürün, kerestenin, işlenmiş demirin ve pirit gibi minerallerin yükseltgenmesiyle oluşur ve özellikle eski sütunlu ve bölmeli işletmelerde birikme eğilimindedir.

Belli koşullar altında kara kömür gazı yüzeye çıkabilir. İyi havalandırma koşullarında zararsız biçimde atmosfere seyreltilme yoluyla yayılır. Bununla birlikte havalandırmanın bir şekilde sınırlandığı yerlerde kara kömür gazının yüzey birikimleri tehlikeli derişimlere erişebilir. Havadan ağır olduğundan mahzenlerde ve çukurlarda birikebilir ve binalara temeller, boru hatları veya bazı durumlarda doğrudan yüzey boyunca girmektedir.

Kara kömür gazının yüzey yayılımları başta Northumberland Kömür Alanı olmak üzere diğer kömür alanlarında da bilinmektedir. 1995'te Widdrington, Northumberland'da bir adam ve köpeği atölyede 'stit'den boğularak ölmüştür. Aynı olayda ailenin diğer üyeleri gazın etkisinde kalmalarına rağmen başarıyla hayata döndürülmüştür. 1998'de Barnsley'de yakınındaki terkedilmiş kömür işletmelerindeki kara kömür gazı ile dolmuş bir çukurda ölmüştür. Potansiyel olarak tehlikeli sayısız birçok kara kömür gazı yayılım olayı belgelenmiş ve birkaç insanı ciddi biçimde etkilenmesine karşın, şans eseri başka ölüm vakası kaydedilmemiştir.

Bölgedeki yöre konseyinin tüm ev sahiplerine 'stit' belirtilerini nasıl tanıyacaklarını ve acil servislere bildirmek için 24 saat açık acil telefon hattı sağladığını duyurması, Northumberland sakinleri arasında bu tür bir endişeden dolayıdır. Oksijen gözlem ekipmanı risk altında olduğu düşünülen evlere yerleştirilmiş ve özel olarak toplanan konsey komitesi düzenli olarak vakaları gözlemek ve 'stit' yayılımları için iyileştirme önlemlerini düşünmek amacıyla toplanmaktadır.

İyileştirme önlemleri gaz derişimleri içerdiği bilinen eski işletmelere veya alanları havalandırmak için sondaj kuyuları açmayı içerir. Günümüzde normal uygulama madenin terkedilmesi sırasında maden shaftlarına ve yatay açıklıklara baca yerleştirmek suretiyle gazların güvenle havalandırılması ve atmosfere saçılmasına izin vermektir. Northumberland'daki birkaç planlama yetkilisi planlama uygulamalarını belirlerken maden gazlarından kaynaklanan riskleri göze almak ve yeni binalarda gaz geçirmeyen zarlar gibi uygun koruyuculara gereksinim duymaktadır.

Bununla birlikte, kara kömür gazı yayılımlarının tek tek yerleşim alanlarına etkileri üzerine yeterli bilgi yoktur ve vakalar her biri ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Açıkça kara kömür gazından en çok risk altında bulunması olası bu alanların belirlenmesine yönelik bir kamuoyu baskısı ve ekonomik gereksinim vardır.

Çoğu maden gazıyla olduğu gibi, en sık kara kömür gazının yüzey yayılımlarının da düşük atmosferik basınç dönemlerinde olduğu ve bu yüzden de kış aylarında en yaygın olma eğiliminde olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte bu gazın yüzey yayılımlarını harekete geçiren mekanizmalar ve yüzeye çıkış yolları karmaşıktır ve hem doğal, hem de insan etkisiyle olmak üzere bir yığın koşul çeşitliliğine bağlıdır. Kara kömür gazının terkedilmiş, havalandırılmamış işletmelerde olduğu ve biriktiği bilinmektedir. Bu tür çok sayıda planlı işletme olduğu halde, hiçbir planı bulunmayan Northumberland gibi kömür alanlarında uzun süre önce terkedilmiş işletmelerin olduğu yaygın alanlar vardır. Birçok Kömür Yatakları kumtaşında olduğu gibi gözenekli kayaç kütleleri etkili gaz hazneleri olarak işlev görmektedir. Şaftlar ve yatay tüneller gibi eski maden işletmeleri yüzeye gaz çıkışına açık yollar olmasına karşın, göç yolları uzakta olabilir ve basitçe bu tür açıklıklarla sınırlı olmamaktadır. Madencilik etkisiyle olan kayaçlardaki küçük çatlakların (fisürler) yanı sıra, faylar ve çatlaklarla birlikte kumtaşı kütlelerinin tümü gazın orijinal kaynağından uzak mesafelerdeki yayılımlar ve gaz için çok etkin kanallar sağlamaktadır. Çamurtaşları gibi geçirimsiz kayaçlar gaz göçüne engel olan veya sınırlayan etkili bariyerler oluşturur. Benzer şekilde til veya çamurcu kili gibi yüzeysel depolanmalar çukur veya temellerin kazılması bu tıkaçları bozduğu halde, yüzeye gaz kaçışını önlemek için etkili tıkaç görevi görmektedir. Yeraltısuyunun göçü ve özellikle bir zamanlar pompajın bittiği terkedilmiş işletmelerdeki yüksek maden suyu düzeyleri gazların hareketini denetleyen önemli etmenlerdir ve gazı yüzeye hareketlendirebilir. Kazılar veya açık madencilik sırasında taşkına uğrayan işletmelerin akaçlanması gaz göçüne uygun yeni yollar açmaktadır.

Hem 'katı', hem de 'hareketli' jeoloji için jeolojik dizilimin, yapının, hidrojeolojinin ve jeoteknik karakteristiklerin anlaşılması, yüzey gaz yayılımlarına duyarlı alanları belirlemede gereklidir.

BGS günümüzde sürekli revizyon programı yoluyla İngiltere'nin kömür alanlarının çok ayrıntılı ve sürekli gelişen jeolojik fotoğrafına sahiptir ve tek olarak maden gazı sorunlarını araştırmaya yönelmiştir. BGS Şehirsel Yerbilimleri Programının parçası olarak bu bilgi Northumberland'daki gaz yayılımlarına en duyarlı alanları belirleyecek bir prototip bilgisayar sistemi geliştirmekle yükümlüdür. Bu, çevresel ve kamu sağlığı planlamasında çok kıymetli bir araç işlevi görecektir ve çoğu riskli alanların güvenli uzun dönemli iyileştirilmesine kaynakların en etkin biçimde yönlenmesini sağlayacaktır.

Ana Hatlarıyla Şehir Jeokimyası (Alex FERGUSON, Keyworth)

Bir kaynak olarak toprağın önemi her zaman bilinmez. Bununla birlikte son zamanlarda Avrupa Çevre Ajansı gibi örgütler artan biçimde bu sonlu kaynağın kırılganlığının farkındadır. Dünyanın sanayileşmiş alanlarında, özellikle İngiltere gibi yoğun nüfuslu ülkelerde toprağın kirlenmesi başta şehir alanlarında olmak üzere toprağın gelişimini sınırlamaktadır.

Toprağın kirlenmesi hem bitki, hem de hayvan sağlığı için çeşitli riskleri de beraberinde getirir. Potansiyel olarak insan ve hayvan sağlığı hem doğrudan toprakla temasla, hem de kirlenmiş topraklarda yetişen besin bitkilerinin tüketilmesi yoluyla risk altındadır. Bakır, kurşun ve çinko gibi ağır metaller sanayileşmiş alanlardaki toprakta bulunan ana kirletici gruplarından biridir. Bunlar boya ve plastik gibi diğer malzemelerin bileşenleri olmalarının yanında, örneğin metal ürünlerin imalinde ve metal kaplama sanayisi olmak üzere geniş bir sanayi aralığında kullanılmaktadır. Bu kullanım çeşitliliği, çevre boyunca yaygın dağılımına neden olmuştur.

Kirletilmiş toprakla ilgili İngiltere'de yasal düzenlemedeki son değişiklikler, yerel makamlar üzerinde kirlenmiş alanın boyutları üzerine değerlendirme sorumluluğunu

getirmiştir. Bu değerlendirmeyi yürütme araçlarından birisi de ana hatlarıyla şehir jeokimyası verilerinin kullanımınıdır. BGS, Ortamın Anahatlarıyla Jeokimyasal Araştırması programında hem bölgesel, hem de şehrsel jeokimya verilerini toplamaktadır. Bu veriler toprak kirliliğinin yayılımını değerlendirmede değişik rolleri yerine getirir.

İz elementlerin derişimleri farklı kayaç türlerinde büyük ölçüde değişiklik gösterir. Ana hatlarıyla jeokimya verileri, sanayileşmiş ve şehir alanlarındaki düzeyleri kıyaslamayı sağlayan doğal derişimlerinin belirlenmesini sağlar. BGS, Stoke-on-Trent, Swansea, Cardiff, Nottingham ve Sheffield'ı içeren yirmiyi aşkın şehir merkezinde km² başına dört toprak örneği olarak ana hatlarıyla jeokimyasal verileri toplamaktadır.

Şehir jeokimyası verileri toprak kirliliğinin önemini belirlemek için iki amaçla kullanılmaktadır. Şehir ana hatları, bölgesel verilerle alınandan daha özgül ve detaylı bilgiler sağlar. Ek olarak, bu tipte veriler özellikle zeminle ilişkili olanlar olmak üzere geniş kirlenme alanlarını belirlemek için kullanılabilir. Birçok sanayi bölgesinde kömür artığı, pasa veya fırın atığı gibi katı atıklar geniş alanları düzlemek veya kurmak amacıyla kullanılmıştır. Sistematik jeokimyasal örnekleme sonuçları, bu anormal derişimlere ışık tutmak amacıyla bu yolla sunulabilir. Swansea'nın yüzey topraklarındaki orantılı çinko simge grafiği (üstte sağda) yüksek düzeyde bu elementle kaplı geniş alanlar olarak şehrin tersaneler alanını göstermektedir.

Çinko fitotoksik bir elementtir, bu bitkilere zararlı olabildiği ve gelişmelerini önlediği anlamına gelir. Birçok şehir alanında sebzeler özel ve tahsisli bahçelerde yetiştirilir. Bazı hallerde bu bahçeler çinko gibi ağır metallerce yüksek derişimli alanlarda bulunmaktadır. Yeni bahçe alanları için uygun alanları belirlerken ana hatlarıyla jeokimyasal verilerin kullanımını özel önemdedir.

Elementlerin sadece bitkilere zararlı olduğu düşünülmemelidir. Yüksek derişimlerde tüketildiklerinde bazı ağır metaller insan ve hayvanlar için zehirlidir. Bununla birlikte yüksek dozda alındığında birçok ağır metal zarara yol açabildiği halde, bir kısmı düşük derişimlerde insan sağlığı için gereklidir. Bu elementlerin doğası insan veya hayvan vücuduna alınması için doğal mekanizmalar olduğu anlamına gelir. Çoğu durumda bu bitkiler yoluyla olur, bitki metali içine almakta ve daha sonra insan veya hayvan bitkileri tüketme yoluyla alır. Bu mekanizmanın varlığı, metaller yüksek düzeylerde olduğunda insan ve hayvanlarca aşırı dozda alınabildiği anlamına gelir.

Bazı hallerde bir diğer endişe kaynağı da bilerek toprak tüketimi olan jeofaji uygulamasına bağlıdır (sayfa 24 ve 25'e bakınız). İngiltere'de bu alışkanlık birçok çocuğun çocukluklarının kısa bir döneminde uyguladığı bir alışkanlıktır. Bununla birlikte toprak, özellikle tırnak yeme yoluyla el-ağız temasını içeren belli alışkanlıklarla küçük miktarlarda tüketilmektedir. Otçul hayvanlar da toprağa bağlı ekili bitkilerin tüketimi yoluyla toprağı bünyelerine alır. Bu koşullar topraktaki elementlerin insan ve hayvanların sağlığını etkileyecek daha doğrudan bir yol bulmalarını sağlar.

Toprakta ağır metallerin bulunması insanların hazmı için bir diğer potansiyel yolu da getirmektedir. Belli şartlar altında metaller yeraltısuyu rezervlerine çözülebilir şekilde taşınabilir. Birçok yerde yeraltısuyu önemli bir içme suyu kaynağıdır. Yeraltısuyunun kirlenmesi bunları tüketen insanlar için potansiyel sağlık risklerine yol açabilir. Gelişmiş dünyada daha sık bir endişe kaynağı bu kirlenmenin su iyileştirme çalışmalarına ek talepler getirecek olmasıdır.

Ağır metallerin bitki, hayvan ve insanların sağlığını etkileme yolları, topraktaki ağır metal davranışı incelemesini önemli bir bilimsel araştırma dalı haline getirmiştir. Üstlenen birçok çalışma toprak profili ve organizmalar yoluyla metallerin hareketliliğini düşündürmektedir. Bitki, hayvan ve insanlar tarafından metallerin alınması ve bu alınmanın olası etkileri olan biyoerişilebilirlik çalışması geniş kapsamlıdır. Yeraltı jeolojisi, yeraltısuyu derinliği, nüfus yoğunluğu ve diğer birçok veri takımı gibi diğer verilerle birlikte, ana

hatlarıyla jeokimya verileri bu çalışmalarını amaçlayan yararlı bir araç sağlar. Ağır metallerin element derişimleri, ileriki çalışmalara bir temel oluşturan toprak pH'nın (asitlik) ve organik içeriği hesapları gibi diğer önemli veriler bağlamında kullanılmaktadır. Bu verilerin erişilebilirliği en uygun alanların belirlenmesini sağlamakta ve araştırmacılara özel gereksinimlerini karşılayacak alanlarda çalışmaya yöneltmektedir.

Mezar Kaygıları (Julian TRINCK ve Ben KLINCK, Keyworth)

İngiltere'de birçok mezarlık giderek dolmakta ve her geçen yıl 160.000 olarak tahmin edilen ölüyü yerleştirmek için ek alana gereksinim duyulmaktadır. Komşu kuyularda yeraltı suyunun mikrobiyal kirliliğinin tarihsel kayıtları olmasına karşın, yeraltısuyunun mezarlar üzerine olan etkisi çok az araştırılmış bir konudur. Ayrıca 1998'de Çevre Ajansı'nın desteğinde yürütülen bir çalışmada BGS, mezarlıkların etkisi bir yana mikroplu tanklar, iyileştirme tesisleri ve lağım sulama projeleri gibi ana kaynaklar için bile yeraltısuyundaki mikrobiyolojik kirlenme bilgisinin azlığına dikkat çekmiştir.

Çevre Ajansı ile işbirliği içindeki BGS ve Robens Enstitüsü'ndeki (Surrey Üniversitesi) araştırmacılar güncel gömme uygulamalarının yeraltısuyuna etkisini değerlendirmek ve yeni mezarlıkların kurulması için gerekli bilgilerin elde edilmesini sağlamak amacıyla Batı Midlands'deki bir mezarlığı araştırmaktadır.

Mezarlık, İngiltere'de ikinci en önemli içme suyu akiferi olan Bromsgrove Kumtaşı Formasyonu üzerindeki ince buzul tili alanındadır. Mezarlar kumtaşı-til arayüzeyi olan 2 metre derinliğe kadar kazılmaktadır. Yeraltısuyu düzeyleri genelde yüzeyin 5 metre altındadır ve alan araştırması, kumtaşının hidrolik iletkenliğini ölçmek ve analiz için yeraltısuyu örnekleri sağlamak amacıyla on sondaj kuyusu açılmasını içermiştir. Üstteki çökeltilerin doygun düşey iletkenliği birçok sızma testiyle belirlenmiştir. Yeraltısuyunun majör, minör ve iz element bileşimi analiz edilmiş ve içerdiği organik bileşikler belirmek için GC-MS teknikleri kullanılmıştır.

Sonuçlar yeraltısuyunun mezarlıktan aşağı olan hidrolik gradyanının çürüyen vücuttan açığa çıkan bileşiklerle uyumlu şekilde bir miktar yüksek klorür ve sülfat derişimlerine sahip olduğunu göstermektedir. Mikrobiyolojik testler suyun Dünya Sağlık Örgütü'nün 'aşırı kirlenmiş' sınıfına kattığı ölçüde derişimlerde ısıya hoşgörülü koliformları ve dışkıdan gelen streptokokları içerdiğini göstermektedir. Isıya hoşgörülü koliformların dışkıdan gelen streptokoklara oranı bir insan kaynağını işaret etmekte ve ek olarak yeraltısuyunun insan derisinde ve mukoza zarlarında bulunan çok nadir bir yeraltısuyu kirlenici olan *Staphylococcus aureus* içerdiğini göstermektedir. Bu bakteri hastane kaynaklı hastalıklardan sorumludur. Bağırsakta bulunan ve ortamda duraylı olan roto- ve enterovirüslere rastlanmamıştır.

Şu anda çürüyen cesetlerin yeraltısuyuna erişebildiği kanıtlanmıştır. Mezarların altında doygun olmayan kuşak boyunca bakteri hareketi modellenmesi, 3 metre kalınlıktaki doygun olmayan kuşağı kestiklerini ve beş yıl içinde yeraltısuyuna girdiğini öngörmektedir. Bununla birlikte bu zaman süresi bu bakterilerin yaşam beklentilerinin çoğunda iyidir. Hidrolik test sonuçlarına dayarak çıkarılan sonuç, yeraltısuyu akışının çatlaklar boyunca su tablasına hızlı geçişine izin vermesidir. Bundan sonraki çalışma, zamana bağlı mikrobiyolojik popülasyon değişimlerini tahmin etmek ve çeşitli jeolojik ortamlar boyunca bakterilerin taşınma yollarını ve yaşam mücadelelerini kavramaktır.

Eşorganik Bileşikler (Geoff WILLIAMS ve Ian HARRISON, Keyworth)

İnsan yapımı organik bileşiklerin çevreye bırakılması ekosistemlere ve insan sağlığına potansiyel bir tehdittir. Zirai mücadele ilaçları son derece zehirli olmasına ve yeraltısuyunda uzun dönemdeki durumunun anlaşılması gerekmektedir, ekili ürünleri arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Düşük miktarlarda zararlılarla mücadele ilaçları birçok ülkede yeraltısuyunda yaygındır, oysa Avrupa Komisyonu içme sularında sınır değerini çok düşük bir değer olan litre başına 0.1 mikrogram olarak tavsiye etmiştir.

Geçmişte zirai kimyasal maddeler hedef organizma üzerine büyük etkileri olan görece basit moleküller idi, hücre düzeyinde biyokimyasal süreçlerin daha açık anlaşılmasıyla birlikte şimdilerde kimyacılar özel metabolik adımları tıkamak için biyolojik olarak öldürücü (biyosit) molekülleri tasarlamaktadır. Birçoğu eşorganik yani 'sol-elli' ve 'sağ-elli' görüntü şekilleri olarak bulunan pirethrin gibi doğal biyolojik öldürücülerin değişik formlarıdır. Bununla birlikte, genellikle yalnızca bir form (enantiyomer) biyolojik olarak etkindir. Sonuç olarak başarılı metabolik tıkama etkenleri olan yeni biyolojik moleküllerin birçoğu da eşorganiktir.

Eşorganik bileşikler fiziksel ve kimyasal olarak eşit, ama biyolojik sistemlerde farklı davranış gösterir. Thalidomid iyi bilinen bir eşorganik bileşiktir; bir formu anti-emetik (kusmayı önleyen) nitelikte iken, diğer formu fetüsün gelişiminde ciddi bozukluklara yol açan tarzda (şimdilerde kanser tedavisinde yararlı olduğu kanıtlandığı halde) teratojendir (ucube yaratan).

Bizim merakımız ise Lincolnshire Kireçtaşı akiferinde bir dolguya 40 ton olduğu tahmin edilen zararlı öldürücü tankının boşaltılmasından kaynaklanan yaygın yeraltısuyu kirliliğine neden olan eşorganik zararlı öldürücü mekopropdur. 2.5 kilometre uzaktaki kamuya açık olan bir su kuyusunda litre başına 8 mikrogram mekoprop bulunmaktadır ve iyileştirilmek zorundadır. Depolandığında, mekoprop eşit miktarda (R) rektus – sağ elli ve (S) sinister- sol elli enantiyomer içermektedir. Önceki çalışmalar enantiyomerlerin yalnızca havadar koşullarda farklı hızlarda derecelendiğini göstermiştir, bu yüzden dolgudan uzaklaştıkça oranlarındaki değişim akiferde mekopropun doğal 'yıkama'sıyla (veya doğal yayılma) ilişkili biyolojik değişimleri gösterir.

Ölçümler, boşaltma on yıl önce durduğu halde hiçbir derecelenmenin olmadığını akla getirerek enantiyomer oranının koşulların sülfat indirgeyici olduğu dolguda değişmediğini göstermektedir. Bununla birlikte mekoprop, dolgudan biyolojik olarak derecelenebilen bileşikler boyunca hareket ettikçe, derecelenme olmaksızın havasız koşullarda (R) mekopropun (S) mekopropa terslenmesi oluyor görünmektedir. Bu, daha derecelenebilir organik bileşenleri metabolizmaya uğratan bakterilerin açığa çıkardığı enzimlerle başlamaktadır. Akış yönünün daha doğusunda, Lincolnshire Kireçtaşı'ndaki su doğal olarak havasız ve sülfat indirgeyicidir, bu yüzden mekopropun derecelenmesi durur ve enantiyomer oranı sabit kalır (tabloya bakınız).

Bu hesaplama mikrop topluluklarının ve terslenmeden sorumlu enzimlerin varlığından kaynaklanan, terslenme ve derecelenmenin olduğu koşullar altındaki mikrokozmları (minik evrenler) içeren laboratuvar çalışmasıyla onaylanmıştır.

İlk sonuçlar enantiyomer oranlarının yeraltısuyundaki jeokimyasal koşullarla ilişkili olan mekoprop derecelenmesi / terslenmesine ışık tuttuğunu göstermektedir. Çevresel öneme sahip başka birçok eşorganik bileşik vardır ve bu çalışmadan elde edilen bilgi onların kaderlerini değerlendirmede yardımcı olmaktadır.

Bölge	Organik içerik	Redox durumu	EF	Çıkarılan süreçler
Dolguya bitişik	Yüksek	Sülfat indirgeyici /metanojenik	EF = 0.5	Derecelenme veya terslenme yok
Dolgu içi	Orta	Demir ve nitrat indirgeyici	EF < 0.5	(R) mekoproptan (S) mekopropa terslenme
Serbest akifer	Temel	Havadar	EF > 0.5 eğilimi	(S) mekoprop daha hızlı derecelenir
Basınçlı akifer	Temel	Sülfat indirgeyici	EF sabit	Derecelenme veya terslenme yok

Ağır Metaller (Neil FORTEY, Jonathan PEARCE, Antoni MILODOWSKI ve Rona MCGILL, Keyworth)

Mikroskop altındaki kirleticiler

Geçmiş sanayi süreçlerinin kalıntıları olan kurşun, kadmiyum ve diğer zehirli ağır metaller şehirlerimizde özellikle yerleşime veya ıslah amaçlı kullanılan topraklara yakın alanlarda tehlike yaratmaktadır. Bu metaller su kaynaklarına geçebilir veya doğrudan toprağın hazmı veya soluması yoluyla alınabilir, bu yüzden toplam derişimlerinin yanı sıra buldukları yolla ortaya çıkardığı tehlikeyle ilişkilidir. Bu tehlikeyi

hesaplamanın bir yolu da daha keskin çözücülerle örneğin çözülmesini ve herbir adımda ortaya çıkan metal miktarlarının ölçülmesini kapsamaktadır. Bu, mesela ne kadarının yeraltısuyuna sızdığını veya metalce zenginleşen parçacıkların akciğer ve bağırsaklarımızda nasıl tepkimeye girdiğini gösterebilir. Aynı zamanda metallerin minerallerde nasıl tutunduğunu da gösterebilir, her adımda farklı mineraller çökeleceğinden doğal ve insan-yapımı maddelerin de bulunabildiğini düşündüren birçok varsayım içerir. Bu süreçlerin daha iyi anlaşılması amacıyla topraklarda ve kirlenmiş kanal çamurunda bulunan ağır metallerce zenginleşen parçacıkları incelemek için mineralojik teknikler kullanılmaktadır.

“Şehir Alanlarındaki Kahverengi Topraklarda Kurşun Oluşumu ve İyileştirilmesi” adlı NERC Acil Projesi sırasında Wolverhampton ve Nottingham’daki kirlenmiş alanlardan alınan topraklarda kurşunca zenginleşmiş parçacıkların morfolojisini ve bileşimini belirlemek için taramalı elektron mikroskopuyla incelenmiştir. Mikroskopla bakıldığında gerçekte birkaçı kurşunca zenginleşmiş, birçok yoğun toprak parçacığıyla karşılaşmıştır. Geri-saçılımlı elektron görüntüleri ve otomatik görüntü analizi ile konumları belirlenen en yoğun parçacıklar daha sonra X-ışını spektrometresiyle analiz edilmiştir. Bu diğer yoğun parçacıklar örneğin baryum sülfat yaygın olmasına rağmen, çoğunun kurşunca zengin olduğunu onaylamaktadır.

Bileşimleri ve morfolojik özellikleri parçacıkların kökenlerine ilişkin – metalik cüruf, boya, metalik kurşun, kurşun sülfür vb. gibi sınıflandırabilir şekilde – bilgi vermektedir. Bu yolla, topraktaki kurşunca zengin parçacıkların kökenlerini ve kesin sayısı belirlenebilir. Bunun ötesinde, parçacık boyu yaklaşım bize başka araçları kullanarak bileşimlerinin daha tanıtıcı etmenlerini belirlemeye izin vermektedir. Özellikle, tek tek taneler lazer kullanılarak buharlaştırılabilen ve buhar, kütle spektrometresi ile analiz edilerek kurşun izotopu oranları belirlenir. Buradaki sonuçlar, tanelerin olasılıkla Avustralya’dan gelen görece radyojenik olmayan kurşun karışımlarını ve İngiliz Adaları’ndaki cevher alanlarından gelen daha radyojenik kurşun içerdiğini göstermektedir.

Bu yoğun parçacıkları toprak sularında çöktürmek güç görünmesine karşın, sıklıkla daha ‘hareketli’ formlar geliştiren tepkimelerin kanıtlarını sunarlar. Kurşunun solunmayla alınan PM10 parçacıklarını da içeren (10 mikrondan daha az çaplı parçacıklar) daha hafif ve çok ince-taneli fraksiyonlara nasıl bağlandığını daha ayrıntılı çalışmaya gereksinim duymaktayız. Ayrıca bu teknikler bakır ve çinko gibi görece bol ağır metallere uygulanabildiği halde, toprak parçacıklarında kadmiyum gibi iz metallerin incelenmesi, lazer ablasyonu ile ultra-trace analizi gibi farklı teknikler gerektirmektedir.

Bir başka uygulama ise metalce kirlenmiş kanal çamurundaki örselenmemiş yapıları ve mikroorganizmaları gözlemek için taramalı elektron mikroskopu kullanılmasıdır. Nottingham Üniversitesi’nden Dr. David Large’ın önderlik ettiği bir çalışmada West Midlands’ın sanayi alanından ve Leicestershire kırsalındaki kanallardan durağan çamur örneklenmiştir. Sanayiden alınan örnekler geçmiş sanayi ve kanalizasyonlardan gelen yüksek düzeyde fosfor ve ağır metal derişimleri içermekteydi. Üniversitedeki analizler metallerin çıkarıldığı yerden olan uzaklığını gösterirken, davranışının daha iyi anlaşılması için mineralojisinin bilinmesi gerekmekteydi. Örnekler sıvı nitrojenle içlerindeki suyun, mineral tanelerinin ve mikroorganizmaların gömüldüğü bir buz camı haline gelene kadar soğutuldu. Killer ve diğer mineraller, çamurda oluşan kalsit, demirli fosfat viviyanit, demir, bakır ve çinkoca zengin sülfürler gibi diğer minerallerle birlikte kolaylıkla gözlenmiştir. Bakteriler çamuru bağlayan ince biyofilm ağları boyunca gözlenmiştir. Bu tür çok sayıda film bakterilerin depoladığı sülfürle kaplanır. Viviyanit varlığı, üstündeki kanal suyuna çıkmasını sınırlayan ve zehirli alg patlamaları gibi aşırı biyolojik etkinlik riskini azaltarak fosfatın sedimanlara bağlandığını gösterir. Çamurun daha az fosfatlı olduğu kırsal alanda zaman zaman karşılaşılan demir sülfür parçacıklarının çarpıcı framboid kümeleriyle birlikte demir sülfür yaygındır. Biyofilm filamanları dıştaki yüzeylere bağlı şekilde ve framboidlerin boşluk alanlarında gözlenmiştir.

Bu örnekler ortam mineralojisinin artan rolünü göstermektedir. Güncel çalışmamız Güney Galler’deki sanayi alanlarının ıslahından gelen toz ve parçacıklarla ilgilidir (sayfa 15’teki makaleye bakınız) ve diğer potansiyel uygulamalar düşünülmektedir. Görüşlerinizi ve katkılarınızı bekliyoruz.

Jeofaji (Barry SMITH, Keyworth)

Diyetteki toprağın sağlığa zararları

Dünya ölçeğinde çocuklar ve gençler topraktaki kimyasal elementlere ya kazayla, ya da toprağın veya topraktan gelen tozların sindirimi ile maruz kalabilir. Avrupa ve Kuzey Amerika’da bu tür maruz kalınma muhtemelen el-ağız teması sırasında kazayla sindirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, birçok eski ve kırsal dernekte ve hayvanların büyük bir kısmında maruz kalınma başlıca toprağın solunması veya toprak

kaynaklı ‘tıbbi’ reçeteler (sıklıkla göçmen toplulukları ile ilgili) yoluyla olur. Bu tür bir davranış ya tıbbi olarak pika (alışılmadık nesnelere yeme, *Pica pica*, saksagan ile kıyaslayınız) ya da daha özgün biçimde jeofaji olarak bilinmektedir. 16.yüzyıldan bu yana yaygın olarak bildirilen diğer pika formları; kömür, kor, alçı, gübre, kül, kar ve buz yemeyi (pagofaji) içermektedir.

Modern toplumalarda rastlanmamakla birlikte, jeofaji geleneksel toplumlar arasında yaygındır ve zehirlenme ve kıtlığı da içeren tüm sağlık sorunlarına bir tedavi olarak Aristoteles zamanından bu yana bilinmektedir. Toprak bir macun şeklinde yerden alınıp yenmektedir, ama birçok durumda termitarya gibi özel kaynaklardan ya da geleneksel ot-toprak karışımlarından gelen kültürel bir tercih söz konusudur. Bu hazırlıklar çocuklar tarafından ve gebelik sırasında ‘özel bir tedavi’ olarak alınabilir. Toprağın kendisinin hazırlığın etkin bir parçası mı, yoksa basitçe bir bağlayıcı mı olduğu tartışma konusudur. Hayvanlar arasındaki jeofaji durumunda bu tür seçilen topraklar, bu tür durumlarda hayvanların yalnızca çözülebilen tuzları değil, görece çözülemeyen killeri ve ilişkili minerallerini de tüketmesine karşın, sıklıkla ‘yalak’ olarak adlandırılmaktadır. Bu bağlamda BGS’nin Uluslararası Gelişim Dairesi (DFID) ve Uganda ile İngiltere’deki iş ortaklarının üstlendikleri çalışmalar birçok iz besinin biyoerişilebilirliğinin bu tür seçilen topraklarda ve şifalı otlarda daha yaygın, daha az ‘çekici’ topraklardan daha yüksek olduğunu göstermesi bakımından ilginçtir.

Jeofaji çoğu hayvan ve bitki beslenme uzmanı tarafından iki şekilde düşünülmektedir:

- Bölgesel ortamda bilinen çeşitli diyet bileşenlerinin zehirleyiciliğini düşürmek için özel olarak killerin ve toprak minerallerinin sindirilmesi şeklinde bilinen öğrenilmiş karşılık (örneğin, tropikal yağmur ormanlarında birçok bitki ve meyvenin keskinliğini düşürmek için toksinler geliştirmiştir).
- Lifçe zengin, ama magnezyum, demir ve çinko bakımından (analık, çocukluk ve ergenlik dönemleri sırasında gerekli besleyiciler) yetersiz olan zayıf bir diyetten kaynaklanan beslenme yetersizliklerine karşılık; bu tür diyetler, özellikle diyetin tatlı patates ve kasava gibi nişastalı lifçe zengin besinlerle donandığı tropik ülkelerde yaygındır.

Tarihsel bakış açısından jeofaji yaygın biçimde çeşitli zihin bozuklukları ve hoş olmayan tedavilerin uygulandığı acılarla ilişkilidir. Bugün bile diyetteki zehirlere veya strese bilinçaltı bir karşılık olarak jeofaji kuramı, aşırı sıklıkla oyalayıcı arzular olarak geliştiği bildirilen alışlagelen toprak yemeye karşı dengelenmek zorundadır. Bu güçlü isteklerin sıklıkla yağmurdan sonra olduğu bildirilmektedir. Örneğin çalışmalarımız sırasında gördüğümüz bir kadın “ Biraz toprak tadana kadar ne uyuyabilir, ne de iştah duyabilirsiniz” demiştir. Bir başkası özellikle yağmurdan sonra toprak tüketme ivediliğini “Nereye gidersem gideyim, ister mutfığa, ister tuvalette, isterse dışarıda toprak hoş kokuyor” şeklinde ifade etmiştir. Kenya’da jeofaji ile yenilen toprağın miktarının tipik olarak günde 20 gram olduğu bildirilmektedir. Bu, el-ağız teması yoluyla dikkatsiz sindirimin bir sonucu olarak alınan miktarın (örneğin günde 50 miligram) yaklaşık 400 katından fazladır. Bu tür büyük miktarlarda toprak yemek gerekli iz besleyicilere maruz kalmayı arttırırken, aynı zamanda belirgin biçimde özellikle mineral çıkarımıyla veya kirletilmiş şehir ortamlarıyla ilişkili alanlarda olmak üzere biyolojik patojenlere ve potansiyel olarak zehirli iz elementlere maruz kalınmasını arttırır.

Jeofaji, Orta Afrika’daki gorillerden Güney Amerika’daki macaw papağanlarına kadar değişen çeşitlilikteki hayvanlar arasında yaygındır. Hayvan jeofajisinin, tropikal yağmur örtüleri arasında beslenmeye başlamadan önce nehir kenarlarındaki kilde oynaşan macaw papağan sürüsünün günlük gösterisinden daha açık bir gösterimi olamaz. Benzer biçimde, toprakların dikkatsizce sindirilmesi, İngiltere ve Avrupa’da kirletilmiş toprak alanlarıyla ilişkili zehirlere maruz kalınmasını arttırır. Maruz kalınma senaryolarının analizi, gençlerin en az miktarda toprağı doğrudan sindirmesinin bile tüm diğer kaynaklardan gelen bir kirleticiye toplam maruz kalınmanın %50’sinden daha çok olabildiğini göstermektedir. Bu topraklardaki

kirleticilerin besinlere ve içme-suyu kaynaklarına kıyasla çok daha yüksek derişimlerde olması yüzündendir. Daha az dikkati çeken diğeri ise dikkatsiz sindirim şeklinde bulunmaktadır. Örneğın kurutulmuş toprak sıklıkla Afrika'da kültür fasulyelerini ve yerbıstıklarını çürümeden koruyan bir kurutucu işlevi görürken, Avrupa'da da 20. Yüzyılın başlarında toprak ve killeri, un ve tereyağı yerine kullanılmaktaydı. Eski Mısırlılar'ın genelde dışlarının ekmekte yüksek düzeyde rüzgarla gelen kum bulunması yüzünden aşındığı düşünölmüştür.

BGS, kirletici kaynaklar ölçüsünde (örneğin maden atıkları, mineral ve sanayi alanları gibi) İngiltere topraklarındaki arsenik ve kurşun gibi potansiyel olarak zehirleyici iz elementlerin biyoerişilebilirliğini araştırmak için gereken çalışmayı üstlenmiştir. Bu projelerin amaçları jeofajiyile ilgili tehlikelerin ve yararların anlaşılmasını arttırmak ve alan-özel risk değerlendirmesi sırasında kesinlikle göz önüne alınan özel kirletici kaynağın biyoerişilebilirliğini sağlamaktır. İkincisi ise büyük ölçüde kirlenmiş alanlar için belirgin biçimde iyileştirme gereksinimlerini azaltmadığı halde, kirlenmiş toprağın iyileştirilmesine daha tutarlı bir yaklaşıma yol açan dağılımlı kirlilik ve kirlilik bölgesinin çevresiyle ilişkili az miktarda kirlenmiş toprakların iyileştirilmesi gereksinimini azaltması olasıdır.

Yer Kurtlarını Kullanarak Kirlilik Haritalama (Julia WEST ve Pat COOMBS, Keyworth)

Tayland'da arsenik kirlenmesi

Ortamdaki arseniğe maruz kalmak, deri bozuklukları ve iç kanserleri içeren yaygın kronik etkilerle birlikte insan sağlığı için ciddi sonuçlar doğurur. BGS, birçok ülke ve çevrede ortamdaki arseniğe maruz kalmayı, sonucunda taşıdığı sağlık risklerini ve olası jeokimyasal çözümleri incelemek için Uluslararası Gelişim Dairesi (DFID) adına bir proje üstlenmiştir.

Kirlenmiş bir alanın çevre gözleminin parçası olarak kirlilik kaynağının varlığını ve yayılımını hızlı bir şekilde tanımlayabilmek ve yerel fauna üzerindeki toksikolojik etkilerini değerlendirebilmek önemlidir. Arsenik derişimlerinin biyolojik işaretleyicisi olarak yer kurdu vücut boşluğu sıvısını kullanan bir arazi tekniğı daha önce BGS tarafından madencilikle kirlenmiş Tayland Ron Phibun Eyaleti Nakhon Si Thammarat Yöresi'nde kullanılmıştır.

Bir başka NERC Araştırma Merkezi olan Karasal Ekoloji Enstitüsü'nün geliştirdiğı yöntem sıvı içindeki hücrelerin nötr kırmızıyı biriktirme ve alıkoyma yeteneğine dayanmaktadır. Bu, iyonik olmayan yayılımla hücre zarlarına işleyen ve hücre içinde lizozom olarak adlanan yapılarda tutulan zayıf bir katyon boyasıdır. Yalnızca sağlıklı hücrelerdeki lizozomlar hücrenin mikroskop altında renksiz görünmesine neden olarak boyayı içine alarak tutar. Lizozom zarları özellikle kirleticilere duyarlıdır. Sağlıksız hücrelerdeki boya, hücreyi pembeye döndüren lizozomlardan hücre içine çıkar. Sonuçta lizozomlar omurgasızın ve ortamının yararlı bir göstergesidir. Ek olarak, kirleticilere maruz kalmanın etkileri kendini hayvanda göstermeden önce hücrelerde görülür. Yöntem çok az ekipman gerektirir: boya, hipodermik şırıngalar (vücut boşluk sıvısını çıkarmak için), kronometre, diğeri bazı tepkimeye girenler, mikroskop ve tabii ki yeni örneklenmiş canlı kurtlar.

Ron Phibun'daki çalışma, yer kurtlarının arsenik kirliliğinin göstergeleri olarak etkili olduğunu göstermiştir. Topraklardaki arsenik derişimleri ile kurtlar üzerindeki etkileri arasında iyi bir bağlantı (hücrealtı düzeyinde) vardır. Sonuçta kurtlar kirliliğı haritalamak amacıyla kullanılabilir. Test, uygun etki alınabildiğinde ekosistemler üzerindeki arseniğın ve diğeri zehirleyici metallerin zehirli etkilerini göstermek açısından yararlıdır. Hem suda yaşayan, hem de karada yaşayan omurgasızlar biyolojik işaretleyici olarak kullanılabilir.

Gelişen ülkelerde nötr kırmızısının tutulma zamanının ölçülmesi de basit, düşük maliyetli ve çok kullanışlıdır.

Mayak Projesi (Richard SHAW ve Paul HOOKER, Keyworth)

Rusya’da radyoaktif kirlenme

BGS, AEA Teknoloji’den bir ekip ve birçok Rus örgütünden ortaklarla birlikte geçenlerde Avrupa Komisyonu’nun (EC) fonuyla desteklenen Çelyabinsk-65 (Mayak)’deki yeniden işleme süreçlerinden kaynaklanan radyoaktif atıkların dökülmesi ve durum değerlendirmesi üzerine olan bir projeyi tamamlamıştır. Avrupa Komisyonu’nun bu çalışma üzerine raporu yayınlanacaktır.

Mayak faaliyetleri, Güney Urallar’ın doğu kenarında terkedilmiş Ozyorsk kenti çevresinde yer almaktadır. İlk Rus plütonyum üretim alanıydı ve sonradan şu anda faaliyette olan büyük harcamalarla nükleer bir yakıt işleme tesisi kurulmuştur. Buradaki ana sorunlar alanda ortaya çıkan radyoaktif atıkların güvenilir yönetimi ve sonuçtaki dökülmesidir.

Projenin temel amaçları:

- Alanda bulunan ve beklenen gelecekteki atık fazlası etkinliklerini ve miktarlarını değerlendirmek
- Birçok uygun dökülme stratejileri önermek
- Uluslararası uyulan standartlara göre güvenilir sığ ve derin atık dökülmesine uygun bölgesel alanı belirlemek

Arazinin büyük kısmı Silüriyen – Devoniyen metavolkanik kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalar, en üstteki 100 metrede veya üstünde daha geçirimli bir kuşağa yol açacak şekilde bazı alanlarda derin aşınmıştır. Mermerleri de içeren metasedimanter kayalar arazinin doğusunda bulunmaktadır.

Metavolkanik kayalar içinde camsılaşmış yüksek düzeyde atığın derin sondajlarla dökülmesi, hiçbir alan niteliği çalışması bunu onaylamamasına karşın, Rusya ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’nın (IAEA) güvenlik sınır değerlerini karşılayan bir seçenektir. Orta (ILW) ve düşük düzeyli atıklar (LLW) için olan ve gelecekteki sığ dökülme tesislerinin kirlenmeyi arttırmak için gereken mühendislik setleri olması olasıdır.

Avrupa Komisyonu, ayrıca Mayak’ı yeryüzünde en çok radyoaktif kirlenmeye uğramış bölgelerden biri haline getiren kazayla ve işlemeyle ilintili dökülmelerden kaynaklanan özgül radyoaktif kirliliği tahmin etmek amaçlı projelere fonla destek vermiştir. 1949 ve 1951 sonu arasında plütonyum üretiminden kaynaklanan tüm sıvı atıklar alana bitişik olan Techa nehrine boşaltılmıştır. Bu, Kara Denizi’ne olan tüm yol boyunca saptanabilen büyük radyonüklit kirliliğine yol açmıştır. Metlino’yu da içeren birçok köy nehirden uzağa alınmıştır. Bununla birlikte, nehri kullanan veya nehirden balıkları yiyen bazı yöre halklarının aldıkları dozlar çok yüksekti. Akış yönünde radyonüklit hareketini denetlemek amacıyla doğal buharlaşmayla dengelenen (özellikle mermerler boyunca haznelere kanallara bir miktar boşalım olduğu halde) tüm yüzey akışını içerecek yeterli kapasitede birçok büyük hazne yaratacak şekilde bir dizi baraj inşa edildi. Ayırıcı iki kanal, en düşük kotlu barajın altındaki Techa nehrine boşalacak temiz akaçlamayı kesmektedir.

Techa nehri sorununu daha da karmaşık hale getiren 1957’de yüksek düzeyli bir sıvı tankının patlaması ve 1967’de Karaçi Gölünün tümüyle kurumaması şeklinde tesiste iki kazanın olmasıdır. Göl son zamanlara değin orta düzeyli sıvı atıkların dökülmesi için kullanılan bir iç akaçlama havzasıdır. 1967’de egemen rüzgarın getirdiği radyoaktif tozların suda asılı halde bulunması ve dağılması, alanın kuzeydoğusundaki geniş bir alanda büyük miktarda radyoaktifliğin yayılmasına yol açmıştır. Bu iki kazanın yayılım şekilleri benzerdir ve tesis ve

hazneler yakınındaki en kirli alanlarla birlikte aynı yüzeyi (onlarca km genişlikte ve 1000 km uzunluktan fazla) üzerlemektedir.

Tesis alanının tümünü, hazneleri ve kazalardan dolayı olan kirlenmeden en kötü etkilenen alanların çoğunu içeren 200 km² üzerinde bir alan temelde gözlem amaçlı olarak sınırlı girişe izin verilen bir denetim zonu haline gelmiştir. Denetim kuşağının dışındaki daha kirlenmiş alanlar tekrar kullanılabilmesi için derin sürülmeyi (1 metre derinlikte) içeren birçok yöntemle iyileştirilir. Denetimli kuşak çitle çevrilmemiştir, ama polis vardır ve halkın girişine izin verilmediği halde, kuşak içinde yerel nüfusun bazı kesimlerinin maruz kalmasını arttıracak tarzda avlanma ile şifalı ot ve mantar toplanmaktadır.

Mayak'ta ILW/LLW dökülmesi için benimsenen kesin çözüm, yeniden işleme süreçlerinden gelen atıkları yerleştirmeyi değil, hazne yataklarında biriken sedimanların ve olasılıkla iki kazadan kaynaklanan kirlenmiş toprakların uygun yalıtımını da içermektedir.

Tükenen Uranyum (Barry SMITH, Keyworth)

Tehlikeleri ve yararları

Bir araştırma örgütü mineral kaynakların tanınmasında sorumlu olduğu kadar, İngiltere Jeoloji Araştırma Kurumu (BGS) da uranyum ve uranyum minerallerinin doğada bulunuşu ve dağılımı çalışmasında yer almaktadır. 20.yy'ın başlarında araştırma uranyumun temelde cam ve seramik imalatında bir boya maddesi olarak kullanılmasına odaklanmışken, son 60 yılda ilgi bir nükleer enerji kaynağı olarak kullanımına yönelmiştir. Uranyum kaynaklarına yönelik gereksinim ve nükleer yakıt çevrimiyle bağlantılı atıklardaki varlığı, BGS'yi bu ağır elementin çevresel davranışını araştırmak için hem düzenleyici, hem de nükleer güç sanayilerinde birçok bilimsel çalışmayı üstlenmesiyle sonuçlanmıştır. Bu çalışmaların ve çevre ile sağlık alanında üstlendiğimiz çalışmalardaki deneyimimizin bir sonucu olarak BGS, Dünya Sağlık Örgütü ve Kraliyet Cemiyeti tarafından tükenen uranyumla ilişkili tehlikeler üzerine iki ayrı çalışma yapmakla görevlendirildi.

Doğal olarak bulunan uranyum gerçekte Yeryüzünde ve yüzeye yakın ortamlardaki bütün kayaçlar, zeminler ve sulara bulunur. Başlıca U-238, U-235 ve U-234 olarak birkaç izotop içermektedir. Nükleer yakıt olarak kullanılması için, bu türde bir uranyum, nükleer bir zincirleme tepkimeyle yükseltmek ve korunmak için U-235'ce zenginleştirilir. Zenginleştirme süreci sırasında, istenmeyen uranyum izotopları (238 U), 235 U'ca tükenen bir uranyum formu şeklinde tali bir ürün olarak ortaya çıkarak uzaklaştırılır. Tükenen uranyum tipik olarak % 0.2 235 U'dan az iken, doğada bulunan uranyum tipik olarak % 0.7 235 U'dur. Daha radyoaktif olan 235 U'nun büyük bir oranda uzaklaştırılması, tükenen uranyumun bariz şekilde ya zeminden uzaklaştırılan uranyum cevherinden, ya da kimyasal olarak arıtılmış doğal uranyumdan daha az radyoaktif olması anlamına gelir (en azından iki etmeden birisi olarak). Tükenen uranyumun kimyasal ve biyolojik davranışı da doğal uranyumla benzerdir, bu yüzden doğal uranyum üzerine olan çalışmalar bizi tükenen uranyum üzerine de bilgilendirir.

Tali ürün olarak tükenen uranyum çok miktarda açığa çıkmakta ve bu malzemenin yararlı uç ürünlerini bulmak amacıyla arayan nükleer yakıt sanayisince depolanmaktadır. Başlangıçta tükenen uranyumun, plütonyum gibi başka bölünebilir elementleri ortaya çıkarmak için hızlı besleyici reaktörlerde kullanılabildiği düşünülmüştü. Bunlar sonradan doğal uranyum cevheri potansiyeli az olduğundan nükleer gücün devam eden üretimi için stokları artırmakta kullanılabildi. Bu tür süreçlerin başarıyla gösterilmesine karşın, nükleer enerjinin beklenen yararı olmamıştı, ve aynı zamanda daha büyük uranyum cevheri rezervlerine ulaşılmıştı. Bu yüzden nükleer sanayi tarafından tükenen uranyumun kullanımı,

yakıt tanklarında yüksek yoğunluğu ve görece düşük radyoaktifliğinden yararlanan bir koruyucu madde olarak, radyoaktif kaynaklar için gemi konteynerlerinde ve nükleer tıpta kullanılan teçhizatla kolimatör kullanımıyla sınırlıdır. Başka yerlerde ise tükenen uranyum, havacılıkta karşıt ağırlık olarak ve savaş sırasında hem saldırı, hem de savunma amaçlı kullanılmaktadır.

Az miktarda titanla alaşıma girdiğinde, tükenen uranyum çok etkili zırhın içine işleyen savaş başlıkları ve koruyucu zırh ortaya çıkarır. Bu tür malzemeler 1970'lerden bu yana geliştirildiği halde, savaş koşullarında bildirilen ilk temel kullanımları, Körfez Savaşı ve daha sonra da Balkan ihtilaflarında olmuştur. Şu anda ondan çok ülkenin tükenen uranyum silah sistemlerine sahip olduğuna inanılmaktadır. İmalat süreçlerinde ve savaş sırasında, iş gücüne ve askeri personele olan tehlikeler, etkili denetimlerle en aza indirilmektedir. Bununla birlikte, askeri ihtilaf veya deneme amaçlı kullanıldığında, tükenen uranyum çevreye ve insan sağlığına artan bir potansiyel riskle sonuçlanan ölçüde çok geniş ölçüde yayılmış olabilir.

Birçok ağır metal gibi uranyumun zehirleyiciliği de geniş ölçüde incelenmiştir. Bununla birlikte kadmiyum gibi metallerden farklı olarak uranyuma maruz kalınması kalıcı radyoaktifliğin varlığına bağlı olarak sağlık etkileriyle sonuçlanır. Her iki durumda herhangi bir risk tanımlanmadan önce maruz kalınma bir alıcıda (örneğin yeraltısuyu, insan, ekosistem) bulunmalıdır. Bundan dolayı tükenen uranyuma maruz kalınmanın bulunduğu senaryoları ve görece önemlerini düşünmek önemlidir.

Askeri ihtilaflar sırasında en olası maruz kalma yolları, gerçekte roket atışının vurduğu yerin hemen yakınında bulunanlardır. Bu tür insanlar açıkça silahın veya herhangi bir yangın veya patlamanın neden olduğu yakın risklerle de yüzyüzedir. Bu tür uç durumlardan ayrı olarak açığa çıkması tükenen uranyum silahlarıyla saldırılan alanlarda ve araçların bakımı ve görevlendirilmesiyle ilişkili kurtarma işçileri ve arazi personelini ve savaş bölgesine giren yerel halkı içermesi de olasıdır. Tüm bu durumlarda ana potansiyel maruz kalma yolları, roketlerin çarpmasıyla ortaya çıkan uranyumca zengin tozların solunması veya sindirilmesi ile olur. Daha uzun bir zaman ölçeğinde (örneğin onlarca – binlerce yıllık) roketlerin parçalarından veya tozlarından gelen uranyum bölgesel olarak çevreye yayılmakta ve sonuçta besin maddelerini ve içme sularını kirletmektedir. Bu türde bir kirliliğin büyüklüğü genellikle askeri hareketin şiddetine ve çarpan malzemenin sertliğine ve çarpma enerjisinin bir işlevi olan bir roketten açığa çıkan toz miktarıdır.

İnsan sağlığı üzerinde tükenen uranyumun etkilerini anlamak amacıyla, hayvanlarda doğal uranyum kullanılarak yapılan deney sonuçlarını değerlendirmek suretiyle çok daha güvenilirlik ortaya konulmak zorundadır. Bu, kronik insan maruz kalınmalarının epidemiyolojik incelemeleriyle ilişkili çok sayıda potansiyel şaşırtıcı etmen ve düşük istatistik güçle ilgilidir. Benzer olarak, ağır maruz kalma çalışmaları uzun dönemli etkileri yansıtamaz. En dikkate değer olanı böbrek işlevi üzerine olan olumsuz etkisidir. Bu çoğu ağır metal için olağandır ve tek değildir veya özellikle uranyumda artmamaktadır, gerçekte böbrekte bu tür durumlarda örneğin civadan daha az zehirleyicidir. Başka etkilere de dikkat edilmektedir, ama ya böbrekte incelendiğinden daha az incelenmiş ya da yalnızca gerçekçi olmayacak kadar yüksek olduğunda dikkat edilmiştir. Tükenen uranyum durumunda bu tür çalışmalar parçaların vücut dokularında tutulduğu hayvanlar ve insanlar üzerinde yürütülmektedir. İlginç olanı da bu tür deneylerde genelde böbrek işlevini tahrip gözlenmemiştir. Buna rağmen, hem WHO hem de Amerikan Zehirli Maddeler ve Hastalık Sicil (ATSDR) Ajansı günde alınan uranyum miktarına çok kısıtlayıcı sınırlar koymuştur.

Radyoaktif bir malzemenin biyolojik etkileri radyasyonun yayılımına, şiddetine ve çeşitli vücut dokuları arasındaki konumuna bağlıdır. İncelemeler açıkça tükenen uranyum durumunda belirgin radyolojik dozlara maruz kalma yolunun akciğere çözünemeyen uranyum parçacıklarının solunması yoluyla olduğunu göstermiştir. Bu yüzden belki de deneysel kanıtların vücut sıvılarında görece çözülebilen roket vuruşlarından gelen parçacık boyutunda

malzemeyi göstermesi tesadüfidir. Uranyumun kimyasal zehirleyiciliğine dayanan sınırlarla tutarlı maruz kalma düzeylerinde radyolojik ürünlerin etkisinin görece az olduğu tahmin edilmektedir.

Her durumda tükenen uranyuma maruz kalındığında, vücutta yalnızca küçük oranda tutulan uranyumla (başlıca kemikte olmak üzere) uranyumun vücuttan atılması görece hızlı olduğundan az yapılabilir. EDTA gibi kompleks yapan etkenlerle vücuttan çıkarılmaya çalışılmış, ama görece başarısız olmuş ve uranyumun kendisinin vereceği etkiden daha zararlı etkileri olduğunu göstermiştir.

Bugünlerde hem çevresel, hem de sağlıkla ilgili geniş ölçekte çalışmalar UNEP'ten ekiplerle Balkanlar'da üstlenmiştir; siyasi durum yüzünden Irak'ta çok az çalışma üstlenilmiştir. Süregelen çalışmaları ABD ve İngiltere'deki tükenen uranyum mühimmatlarını kullanarak ve deneyerek karşılaştığı riskleri araştırmak için askerler üstlenmiştir. Şimdiki ve gelecekteki çalışmaların idrar analizi; potansiyel olarak maruz kalan savaşanlar ve yerel halkların daha kapsamlı epidemiyolojik sağlık taramaları ve bölgesel besin, ev tozları ve içme suyu kaynaklarını gözlemek yoluyla tükenen uranyum için yerel nüfusun ve savaşanların korunmasını içereceği olasıdır.

Referanslar / ek okumalar:

WHO, 2001 Depleted Uranium Sources, Exposures and Health Effects, WHO/SDE/PHE/01.1, Geneva, Switzerland. PDF formatında: http://www.who.int/environmental_information/radiation/depleted_uranium.htm den indirilebilir.

UNEP, 2001 Depleted Uranium in Kosovo-Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP. PDF formatında: <http://balkans.unep.ch/du/reports/report.html> den indirilebilir.

RS, 2001 The health hazards of depleted uranium munitions Part 1, The Royal Society, Policy Document, 6/01: Bu belgenin özeti: <http://www.royalsoc.ac.uk> de bulunabilir.

EARTHWISE Sayı 17 sayfa 4-9 çeviri ve derlemedir.