

Tehlikeli Atıklarla İlgili Yer Seçimi ve Değerlendirme

Ali YILMAZ
Cumhuriyet Üniversitesi Öğretim Üyesi



GENEL BİLGİLER

Bu bölüm, tehlikeli atıkların uzaklaştırılmasına ilişkin yer seçiminde ve tehlikeli atıklarla ilgili seçilmiş yerlerin değerlendirilmesinde önemli rol oynayan başlıca faktörleri içermektedir. Jeolojik, hidrojeolojik, ve jeoteknik faktörler, kayaların fiziksel özelliklerinin yanı sıra, stratigrafik ve yapısal özellikleri ile geçirgenlik, dayanımlılık, kullanılabilirlik gibi mühendislik özelliklerini içerirler. Herhangi bir kullanım için uygun olan yerlerin seçiminde bu faktörleri değerlendirmek

önemlidir. Bu çerçevede, tehlikeli atık yönetiminde kullanılan jeofizik yöntemler ve yer seçimine ilişkin jeolojik modellemeyi içeren başlıca jeolojik ilkeler irdelenecektir. Yer seçiminde yüzeyden sağlanan jeolojik bilginin derinliği, jeofizik çalışmalarla ve sondajlarla geliştirilebilir.

JEOLJİK MODEL VE ÖĞELERİ

Jeoteknik çalışmalar arasında sıkça söylenen bir söz vardır: *Her yer seçimi kendine özgüdür ve birbirine benzer iki yer yoktur.* Dolayısıyla yer



seçimi süreçlerinde izlenmesi gereken tek bir yöntem de yoktur. Çünkü doğada izlenen jeolojik birimlerin özellikleri değişkendir. Bir jeolojik model oluşturulurken öncelikle o bölgeye ilişkin çalışmalar derlenir. Derlenen bu çalışmalar gözden geçirildikten sonra, gerekirse yeni saha çalışmaları ya da laboratuvar testleri yapılabilir.

Jeolojik modellemede öngörülen yerin jeolojik özellikleri üç boyutlu bir tasarım içinde ortaya konulur. Bu da son derece ayrıntılı jeolojik bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Matematiksel modellemelerin tersine, jeolojik modeller jeolojik süreçlerin sıkça değişimi nedeniyle kısmen sayısaldir. Bu durum birimlerin kendi içinde de tekdüze olmayışından kaynaklanmaktadır. Bazı sınırlamalara karşın, jeolojik modelleme gereklidir. Jeolojik modelleme gerek yer seçiminde gerek daha sonraki çalışmalarda gerekli olan bilgileri içermesi nedeniyle yararlıdır. Bir jeolojik model, projenin doğasına ve yerel jeolojiye dayalı olarak hazırlanmalıdır. Bunun için projenin doğası ve yerel jeolojinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Projenin doğası: Yer araştırması proje özelinde tasarlanmalıdır. Belirlenen bir yerin kendine özgü yasal ve teknik sınırlamaları ve buna göre uygunluk halleri olabilir. Ancak, bu uygunluk

başka bir proje ya da yer için yeterli olmayabilir. Dolayısıyla, modelleme çalışmaları ve yer araştırmaları yapılırken, projeye özgü temel özelliklerin gözetilmesi için özel çaba harcanmalıdır. Yani, projenin türü ve doğası yer seçiminde son derece belirleyici bir husustur.

Yerel jeoloji: Bir mühendislik yapısına ilişkin jeolojik modelin geliştirilmesinde bölgesel jeoloji yeterli bilgi sağlamayabilir. Böyle bir durumda yerel jeoloji ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir. Yerel jeoloji en azından aşağıdaki unsurları içermelidir:

Yüzeyde ve yeraltında izlenen jeolojik birimler, özellikle genç çökeller (toprak türleri) ve kayatürleri (bunların çökeltme ortamları ve yaşı), stratigrafik ve tektonik yapılar belirlenmelidir.

Yerel ve bölgesel ölçekte yerin günümüze yakın jeolojik tarihi, özellikle Kuvaterner döneminde (son 2 milyon yılda) etkin olan jeomorfolojik yer şekilleri ve meydana gelen çökeller ya da diğer oluşuklar özenle incelenmelidir. Son dönemlerde meydana gelmiş gömülü vadiler, ana kayalarda açılmış kanallar, iklim koşullarının jeolojik birimlerin üzerindeki etkileri (günlenme ve erozyon) ve günümüzdeki yapılar (karstik yapıları) ayrıntılı incelenmelidir. Bu da aynı zamanda yerel



genç tektonik dönemin ayrıntılı bir biçimde incelenmesini gerektirmektedir.

Yer seçiminin yapıldığı yerlerde ya da yakın dolayındaki kıyılarda oluşan erozyon, volkanik faaliyetler, çökmeler, depremler, diri faylar, taşkınlar ve heyelanlar gibi tehlikeli süreçler irdelenmelidir. Bu tehlikelerin tümü her yerde gelişmeyebilir. Ancak, öngörülen sahada etkili olan süreçler özellikle irdelenmelidir. Örneğin, ABD'nin doğusunda daha çok taşkınlar, heyelanlar, kasırgalar meydana gelirken, batısında ise depremler, diri faylar ve volkanik faaliyetler egemendir. Yani yere özgü doğal yer süreçlerini içeren risk haritaları yapılmalıdır.

Öngörülen projeden ileri gelen potansiyel etkiler ve bölgenin diğer fiziksel çevre koşulları gözetilmelidir. Bu özellikler, daha çok çevresel etki değerlendirme raporlarının hazırlanmasına katkıda bulunur. Büyük projelerin hazırlanmasında, bu özelliklerin tanımlanmasına gereksinim duyulmaktadır.

YER SEÇİMİ SÜREÇLERİ

Yer seçimi, önerilen projeye ilişkin fiziksel çevrenin her açıdan değerlendirilmesini içermektedir. Böyle bir değerlendirme son derece önemlidir. Çünkü her yerin kendine özgü jeolojisi

ve çevresel özellikleri vardır. Bu özellikler herhangi bir proje için önemli olabilir. Örneğin bir deponi alanının yer seçiminde kayaların geçirgenliği önemli olabilir. Kil ya da şeyl gibi kayaların geçirgenliği bir deponi alanının tabanı için uygun olabilir. Ancak, aynı kil ya da şeyller evlerin fosseptik çukurlarının tabanını döşemede uygun bir nitelikte olmayabilir. Böyle bir durumda, toprak ya da kumtaşı gibi geçirgenliği iyi olan kayalar tercih edilebilir.

Aşağıda yer seçiminde gözetilen temel jeolojik ilkeler ve yaklaşımlar sunulmuştur. Sunulan bilgiler, yer seçimi süreçlerinde geçerli olan ilkelerdir. Buna göre, bir projenin doğasına bağlı olarak bazı ek faktörler de değerlendirilebilir. Örneğin, tehlikeli atık tesislerinin yer seçiminde gerekli jeolojik ve mühendislik faktörlerine ek olarak yasal çerçeve de gözetilmelidir.

Genel çalışmalar: Genel çalışmalar belli bir düzen içinde olmalıdır. Öncelikle iki aşamada yapılır. Bunlar, büro çalışması ve veri toplama ile saha çalışmalarıdır.

Büro çalışması ve veri toplama: Büro çalışması yer seçimi sürecinin ilk önemli aşamasıdır. Konuyla ilgili raporlar ve yayınlardan birçok değerli bilgiler sağlanabilir. Çalışmanın bu



evresinde önce, belirlenmiş tüm verilerin toplanmış ve titizlikle analiz edilmiş olması gerekir. Söz konusu veriler, jeolojik raporlar ve haritalarda, topoğrafik haritalarda, hava fotoğraflarında, toprakla ilgili raporlarda iklim verileri raporlarında, mühendislik raporlarında ve su temini ile ilgili raporlardan sağlanabilir. Verilerin türü ve kaynakları tartışılmalıdır. Bu aşamada yer seçimi ile ilgili herhangi bir arazi çalışması yapılmamaktadır. En azından yer seçimine ilişkin bir kaç seçenek üretilmelidir. Bu evrenin tamamlanmasından sonra uygun olan yerler olumlu ve olumsuz yönleriyle karşılaştırmalı olarak tüm yönleriyle değerlendirilmelidir. Bu aşamanın doğru değerlendirilmesi ekonomik açıdan da önemli yararlar sağlar. Böylece, sahadaki çalışmalar minimum düzeye indirilebilir.

Saha araştırmaları: Yer seçiminde bu aşamanın amacı yere özgü yapıları incelemek, en az maliyet ile en çok bilgiyi sağlamaktır. Yeterli bilgi toplamak için her zaman yeterli bir bütçe oluşturulamayabilir. Bu konularda yapılan çalışmaların bütçeleri sınırlıdır. Dolayısıyla saha çalışmalarını ilgili olarak yapılan çalışmalar oldukça dikkatli ve planlı bir şekilde yürütülmelidir. Kuşkusuz uzmanların deneyimi bu tür çalışmalarda önemli bir rol oynar.

Saha çalışmaları sırasında alternatif tüm yerlerle ilgili bilgilerin toplanması gerekir. Bunun nedeni daha sonra yer seçimi ile ilgili bir yanlışlığa düşmemek içindir. Bazı durumlarda fiziksel özellikleri uygun olsa bile seçilen yer yasal düzenlemedeki bazı güçlüklerden dolayı devre dışı kalabilir. Örneğin, arkeolojik önemi olan yerler gözetilir. Daha sonraki saha çalışmalarında mümkün olduğunca karar verilen sahanın değiştirilmeyecek düzeyde dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Saha araştırmaları sırasındaki amaçlardan biri de yere özgü potansiyel sorunları tanımlamaktır. Böylece projenin daha sonraki gelişme evreleri sırasında bu sorunlar da gözetilerek kolaylıkla karar verilebilir.

Saha çalışmaları sırasında toprak, kaya ve su örnekleri hem yüzeydeki kayalardan hem de yeraltını temsil edebilecek yerlerden alınması gerekir. Yeraltından örnek almamızda gerekli olan her türlü ekipman kullanılmalıdır. Örneklerin numaralandırılması ve bu örnekler gerek sahada gerekse laboratuvarında değerlendirilirken karıştırılmamalıdır. Jeoteknik çalışmalar sırasında alınan toprak örnekleri ve jeokimyasal analizler





için alınan su örnekleri özellikle taşıma sırasında korunmalı ve herhangi bir değişime uğramamaları için özen gösterilmelidir.

Amaç ve çerçevenin tanımlanması: Tüm jeolojik araştırmalarda çalışmanın amacı ve çerçevesi özenle seçilmiş tümcelerle tanımlanmalıdır. Bu işlem, uzmanlar sahaya gitmeden evvel yapılmalıdır. Ne var ki bu basit adım çoğu kez gözatılmaz ve önemli verilerin kaybı ya da kimi verilerin gereğinden fazla ayrıntılı sunulması kaçınılmaz olur. En iyi yöntem çalışmanın amacını ve çerçevesini yazılı hale getirmek ve ona göre de araştırma planını yapmaktır. Böyle bir yaklaşım gerekli olan tüm verilerin toplanmasına katkıda bulunur. Aşağıda örnek bir araştırmanın amaç ve çerçevesini tanımlamanın ne kadar önemli olduğu ortaya konulmaktadır.

Örnek: Terk edilmiş bir atık deponi alanında, granitik kayalar alüvyal gereçlerden oluşan ince bir örtünün altında yer almaktadır. İyi bir akifer olmasa da granit gibi kristalin kayaların yerel gereksinimleri karşılayacak kadar yeraltı sularını içerdiği bilinmektedir. Burada amaç, *tehlikeli atıklardan sızan kirlenmiş suyun akıntı yönünü belirlemektir. Bunun için de tehlikeli kimyasalların çevredeki derişimlerini, yayılımını*

ve doğasını eksiksiz bir şekilde ortaya koymak gereklidir. Amaç ve çerçevenin de buna göre ortaya konulması lazımdır.

Araştırmaya granitik kayalardaki yeraltı sularının akış yönünü değerlendirerek başlanır. Bunun için yeraltındaki durumu belirlemek üzere sondajlar yapılır. Sondajlarla elde edilen veriler incelenerek gerekli bilgiler derlenir. Amaç ve çerçevenin tanımlanmasında araştırma ekibi ilgili tüm verileri olabildiğince en düşük maliyetle ortaya koymaya çalışır.

Granitik kayalar gözeneklilik ve geçirimsizlik gibi bir yapıya sahip olmadığından çalışma daha çok kayadaki akıntı güzergahı boyunca eklemeler ve kırıklar üzerinde yoğunlaştırılır. Granit gibi kayaların eklem ve kırıkları üç ya da dört set oluşturacak şekilde meydana geldiği bilinmektedir.

Ayrıca dolgu niteliğindeki gereçlerin yapısı kayalardaki kirlenmiş suların hareketinde ve deviniminde önemli olmaktadır. Bu basit yaklaşımlardan hareket ederek bir veri abacı oluşturulabilir. Bunun da kırıklar boyunca gerekli tüm verileri içermesi beklenir. Önemli olan bilgilerin kaçırılmaması gerekir.





Projenin planlanması: Yer seçimi karmaşık ve pahalı bir süreçtir. Dolayısıyla iyi bir plan yapmak ve izlenen süreçleri tüm yönleriyle incelemek esastır. Böyle bir planda tüm jeolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik özelliklerin yanı sıra diğer çevresel koşulların da göz önünde bulundurulması zorunludur. Aynı zamanda sağlık ve güvenlikle ilgili yasal çerçeve ve ekonomik konuları da kapsar. Bu çalışmaların bütünselliği için birçok uzmanın ortak katkısına gereksinim vardır.

TEHLİKELİ ATIKLARI UZAKLAŞTIRMA TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ

Genel konular: Tehlikeli atıklarla ilgili bir tesisin yer seçimi bir hayli karmaşık bir iştir. Bunun nedenleri aşağıda sunulmuştur:

Merkezi ve yerel tüm düzeylerde katı kuralların varlığı,

Jeoloji mühendisi, inşaat mühendisi, kimya mühendisi, jeofizik mühendisi, çevre mühendisleri, tıpçılar ve diğerleri gibi çeşitli uzmanlar arasında koordinasyon içeren süreçlerin çok disiplinli doğası. Bu uzmanların farklı bilgi altyapısına sahip olmaları yapılan işin sağlıklı tartışılmasını gerektirir.

Tehlikeli atıkların ya da bu atıklarla ilgili yerler kendine özgü özel doğaları her seçeneğin ayrıntılı bir şekilde araştırılmasını gerektirir.

Tehlikeli atık yerleri ile ilgili araştırmalar, bir ölçüde baraj yeri araştırmalarına benzer. Çünkü bunların her ikisi başından sonuna kadar tüm evrelerde son derece büyük bir dikkat gerektirir. Ayrıca çoğu mühendislik yapılarının 30 ya da 100 yıl gibi bir sürede kullanılacağı ön görülmelidir. Fakat deponi alanlarının çevreyi yüzlerce yıl etkileyebileceği gözlemlenmelidir. Dolayısıyla deponi alanları özelinde, aşağıdaki konular değerlendirilmelidir:

Deponi alanının yerleşim birimine uzaklığı

Tesisin büyüklüğü

Deponi alanı olarak seçilen yerin genişliği

Yakın yerlerdeki birimlerinin dağılımı

Yasal açıdan uygunluk

Yerin zonlara ayrılması

Bu konular, genellikle tesisin sorumlusu ile birlikte değerlendirilir. Çünkü bu konuların değerlendirilmesi teknik ekibin görevi değildir. Bu konuların bilinmesi, daha sonra potansiyel sorunlarla karşılaşmamamızı sağlar.

Tasarım çalışmaları: ABD'de bir çevre kuruluşu

olan EPA, tehlikeli atık uzaklaştırma tesislerinin yeri ile ilgili bir yönetmelik hazırlamıştır. Gerekli ayrıntılar bu yönetmelikte yer almaktadır. Buna göre aşağıda tanımlanan konulara özen gösterilmelidir:

Yer: Tehlikeli atık tesisleri diri fayların olduğu yerlerden en az 61 m (200 ft) uzakta olmalıdır. Diri faylar, Holosen'de yani son 10000 yıl içerisinde devinmiş yapılarıdır.

Deponi yerleri genellikle 100 yılda bir olan taşkınların sınırları dışında planlanmaktadır. Böylece atıklar, herhangi bir şekilde taşkınlardan etkilenmeyecek ya da taşkınların olumsuz çevre etkilerinden zarar görmeyecek biçimde güvence altına alınmalıdır. Ayrıca tehlikeli atıkların maden ocaklarına ya da tuz mağaralarına atılmaması gerekmektedir.

Yeraltı suyunu koruma ölçütleri: Deponi alanı ve yakın dolayına yeraltı suyunun kalitesini denetlemek üzere gözlem kuyuları açılmalıdır. Bu kuyuların, tesisin hem alt tarafında hem de üst tarafında yerleştirilmiş olması gerekir. Akiferin üst kesimindeki yeraltı suyunun akışı tesisin yetkilileri tarafından yıllık olarak ölçülmelidir. Çizelge 1'de sunulan sınırlar aşıldığında yeraltı suyunun kirlendiği düşünülür. Eğer yeraltı suyunu etkileyen tehlikeli atık bileşimlerinde önemli bir artış olursa yeni gözlemlere gereksinim olacaktır. Yani tüm gözlem kuyularında, tüm atık bileşenleri gözetilerek ölçümler yapılmalıdır. Genel olarak su kalitesi denetimi yönetmeliklerinde, bileşenlerin en yüksek değerleri ile bunların analiz yöntemlerine ilişkin bilgiler sunulmaktadır.

Çizelge 1. Yeraltı suyu kalite ölçütleri (CFR, 1990'dan uyarlanmıştır.)

Bileşenler	En Yüksek Sınır (mg/L)
Arsenik	0.05
Baryum	1.0
Kadmiyum	0.01
Krom	0.05
Kurşun	0.05
Civa	0.002
Selenyum	0.01
Gümüş	0.05
Endrin	0.0002
Lindane	0.004
Methoxychlor	0.1
Toxaphane	0.005
2,4-D	0.1
2,4,5-TP-Silvex	0.01





Diğer tasarım gereksinimleri:

-Güvenli bir deponi alanı aşağıda sunulan tasarımla ilgili gereksinimleri karşılamalıdır:

-Güvenli bir deponi alanına iki ya da daha çok sayıda örtüler serilmelidir. En altta yer alan örtü en azından 91 cm kalınlıkta olmalı ve böyle bir yerdeki geçirimsizlik ise en azından $\geq 1 \times 10^{-7}$ cm/s olmalıdır.

-Sızıntı toplama sisteminin geçirimsizliği en azından $\geq 1 \times 10^{-2}$ cm/s olmalıdır.

-Örtünün sızıntıdan etkilenen derinliği en azından 0.3 m olmalıdır.

-En üstteki örtünün geçirgenliği altta yer alan örtünün geçirgenliğine eşit ya da ondan daha az bir geçirgenliğe sahip olmalıdır.

-Tesis, 25 yılda bir oluşan en yüksek düzeydeki yağıştan etkilenmeyecek bir düzeyde olmalıdır.

-En azından 25 yılda bir meydana gelen taşkınlardan etkilenmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Yani bu taşkınların deponi alanına ulaşmaması gerekir.

-Yamaç duyarlılığına ya da çeşitli kırıklara yol açan ileri düzeyde oturmalara karşı önlemler alınmalıdır.

-Katı atık ile ilgili düzenlemeler konuyla ilgili uzmanların görüşleri alınarak yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Benson, R.C., ve La Fountain, L., 1984. Evaluation of subsidence or collapse potential due to subsurface cavities, in B.F. Beck, ed., Proceedings of the First Multidisciplinary Conference on Sinkholes, Rotterdam/Boston, A. Balkema, Publishers, Orlando, Florida, s.201-215.

Benson, R.C., ve Yuhr, L.M., 1993. Application of Surface Geophysics to Site Characterization (Short Course Notes), Tapma, FL: Ohio Environmental Education Enterprises, 715s.

Benson, R.C., Turner, M., Turner, P., ve Vogelsan, W., 1988. In-situ time-series measurements for long-term ground-water monitoring, in A.G. Collins, and A.I. Johnson, eds., Ground Water Contamination: Field Methods, American Society for Testing and Materials, ASTM STP-963, Philadelphia, s.58-72.

CFR, 1990, Code of Federal Regulations No-40, Appendix IX: Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, Part 264, s.302-308.

Colten, C.C., 1991. The Illinois Sanborn Geographic Information System, Proceedings, 34th Annual Meeting, Association of Engineering Geologists, Chicago, s.287-295.

Fenner, T.J., ve Vendi, M.A., 1992. Ground penetrating radar for hazardous waste site investigations, University of Edinburgh, Proceedings: Polluted and Marginal Lands Conference, UK, s.107-114.

Gretsky, P., Barbour, R. ve Asimenios, G.S., 1990. Geophysics, pit surveys reduce uncertainty: Pollution Engineering, vol. 22, s.102-108.

Hasan, S.E., 1994. Use of soil survey reports in geotechnical projects: Bulletin of the Association of Engineering Geologists, vol. 32, no.2, s.367-376.

Hasan, S.E., 1996. Geology and Hazardous Waste Management, Chapter II, Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, Printed in the United States of America (USA), New Jersey, 387s.

Hasan, S.E., Moberly, R.L. ve Caoile, J.A., 1988. Geology of Greater Kansas City, Missouri and Kansas, United States of America: Bulletin of the Association of Engineering Geologists, vol.25, no.3, s.322-323.

Hatheway, A.W., 1992. Perspectives Number 13, Don't Forget the Sanborn Maps, carefully and artfully-compiled historic plat maps of America's cities, 1867-1992: AEG News, v. 35, no. 4, s.25-27.

Lyon, J.G., 1982. Use of aerial photography and remote sensing in the management of hazardous wastes, in T.L. Sweeney, H.G. Bhatt, R.M. Sykes, and O.J. Sproul, eds., Hazardous Waste Management for the 80s: Ann Arbor, MI, Ann Arbor Science, s.163-171.

Moylan, J.E., 1991. Site characterization data needs for effective RD and RA: Proceedings, Conference on Design and Construction Issues at Hazardous Waste Sites, TX: US EPA Report No. EPA/540/8-91/012, Dallas, s.1103-1109.

Simms, J.J., 1975. A study of the bedrock valleys of the Kansas and Missouri Rivers in the vicinity of Kansas City: Unpublished M.S. thesis: Department of Geology, University of Kansas, Lawrence, Kansas, 78s.

US Environmental Protection Agency, 1987. Second Record of Decision: CCC Superfund site; Washington, D.C., 88s.

US Environmental Protection Agency, 1991. Land disposal restrictions, summary of requirements; Report No. OSWER 9934.0-1A, Plus appendices, 26s.

