

Uranyumlu mermiler ve etkileri?

İngiltere'nin Ukrayna'ya, Mart 2023'de Uranyumlu Mermiler vereceğini açıklaması üzerine, Putin'in de aynı mermilerle Ukrayna tanklarını vuracağını bildirmesi, i AB'de güncel konu oldu /1,2/. Uranyumlu mermiler ileride Ukrayna'da kullanılırsa, Uranyum'un çevredeki insanlara kimyasal zehirliliği (özellikle böbreklerde), radyasyondan daha çok. Uranyumlu mermilerin kullanıldığı 1991, 2001 ve 2003 yıllarındaki Kuveyt, Irak ve Kosovo savaşları deneyimlerden alınan derslere göre, bu mermilerin Ukrayna'da kullanılmasının Ukrayna askerlerine ve halkına da zararları olabileceği düşünülmelidir. Özgül kütlesi kurşundan % 70 daha fazla olan ve 1 litrelik plastik su şişesine toz halinde doldurulduğunda 19 kg'lık bir bavul ağırlığındaki bu mermilerde kullanılan, çift katlı tankları dahi delebilen bu 'Seyrelmiş Uranyum'lu Mermiler'in özellikleri ve etkileri nelerdir? bu yazımızın konusu!

Yüksel Atakan, Dr. Radyasyon Fizikçisi, Almanyada, ybatakan4@gmail.com

Seyrelmiş Uranyumlu Mermiler Nasıl Ortaya Çıktı?

Nükleer santraller ve atom bombaları için gerekli olan 'U 235 ile zenginleştirilmiş uranyum', doğal uranyumdan elde edilirken, arta kalan büyük miktardaki uranyumda yoğun miktarda U 238 ve çok az miktarda da U 235 bulunuyor. U 235 miktarı doğal uranyumunkinden çok daha az olması nedeniyle 'Seyrelmiş Uranyum' (DU)¹ denilen bu artakalan madde önceleri pek bir işe yaramıyordu.

	U 238	U 235	U 234
Doğal Uranyum	% 99,28	% 0,72	% 0,0054
Seyrelmiş Uranyum (DU)	% 99,8	% 0,2	% ≈ 0 %
Zenginleştirilmiş Uranyum	% 97	% 3	

Çizelge 1: Doğal, seyrelmiş ve zenginleştirilmiş uranyumdaki izotoplar ve oranları

Çizelge 1'den görüldüğü gibi hemen hemen saf U 238 'den oluşan, çok büyük miktardaki seyrelmiş uranyumun epey bir yatırım ve giderle güvenli olarak depolanması gerekiyordu. 1 ton zenginleştirilmiş uranyum elde edilirken, 7 ton kadar Seyrelmiş Uranyum arta kalıyor. Uranyumun yoğunluğunun büyük olması ve ince toz tanecikleri halindeki çabucak yanıcılığı nedenleriyle, Seyrelmiş Uranyumun mermilerin içine yerleştirilerek kalın zırhlı düşman tanklarına karşı etkin olarak kullanılması ve böylelikle dağ gibi biriken atık seyrelmiş uranyuma da bir kullanım alanı bulunmuş oldu. Dünyada 1999'da seyrelmiş uranyum'un toplam miktarı 1,2 Milyon ton idi. Bu miktar, 100.000 adet, 12 tonluk kamyon dolusuna eşdeğer. Bu çözüm, hem nükleer yakıt üretim endüstrisi ve hem de silah endüstrisi için çok elverişli oldu. Seyrelmiş Uranyumun hiç değilse bir bölümü çok ucuz fiyatlarla ve hatta ücretsiz silah endüstrisine aktarılınca nükleer endüstrinin güvenli depolama giderlerine de gerek kalmıyordu. Mermilerde kullanılan uranyum, ya bu şekilde ortaya çıkan seyrelmiş uranyumdu ya da nükleer yakıtların reaktörlerde kullanımından sonra içindeki U 235 izotopu 'özel arıtım tesislerinde' % 0,2 'e indirilerek seyreltilmiş 'kirli uranyum'du. Kirliliği ise reaktörlerde yan madde olarak oluşan Plutonyum izotoplarından kaynaklanıyordu. Mermilerde bu cins 'kirli uranyum'un da kullanıldığı, atılan mermilerin içinde, doğal uranyumda bulunmayan U 236 izotopunun ölçümlerle ortaya çıkarılmasıyla oldu. Mermilerin çarptığı hedeflerde ve çevresinde bu nedenle U 236 ve plutonyum izotoplarının bulunma olasılığı da vardı. Uranyumlu mermiler çeşitli büyüklükte yapılmakta, 25 mm ve 30 mm çaplı olanları genellikle uçaklardan yerdeki hedeflere, 105 mm ve 120 mm çaplı olan büyükleri ise tanklardan ateşlenmekte (Şekillere bakınız).

¹ Seyrelmiş Uranyum (DU): İngilizcedeki DU : Depleted Uranyum : Doğal uranyumda U235 oranı % 0,7 kadar olup U235'i bu oranın altına inmiş uranyuma seyrelmiş uranyum deniyor (Seyrelmiş uranyumda U 235 genellikle % 0,2'den de az).

Mermilerin, düşman tanklarına giriciliğini arttırmak için Seyrelmiş Uranyuma % 0,75 oranında Titan maddesi katılıyor ve alaşım ayrıca sertleştiriliyor (Uranyum metali aslında yumuşak bir metal). Mermilerin içindeki uranyumun patlayıcı bir özelliği yok. Uranyumlu mermilerin yıkıcı, yakıcı gücü, sadece hareket ya da kinetik enerjisinden kaynaklanıyor. Bir cismin kinetik enerjisi, kütlesi ve hızı arttıkça büyüdüğünden, belirli çaplı bir silahtan atılan daha büyük kütleli bir merminin vurucu gücünün ya da etkinliğinin artacağı açık. 30 mm'lik ve 275 gramlık bir uranyum mermisi, saate 3600 km'lik bir hızla fırlatıldığında bunun, saate 72 km hızla giden 700 kg'lık bir otomobilin hareket enerjisi dolayında eşdeğer bir enerjisi oluyor ama mermi bu yüksek eşdeğer enerjiyi sadece 1 cm² 'lik bir alana çarparak aktarırken, katmerli zırhları sorunsuz delip geçiyor. Uranyumlu mermilerin askeri yönden bir üstünlüğü de çarptığı yerde ucunun daha da sivrilip giriciliğinin artması. Halbuki diğer cins mermiler hedefe çarptığında mantar şeklini aldıklarından bunların giriciliği ve dolayısıyla etkinliği fazla olmuyor. Mermi hedefe çarptığında, aşırı hareket enerjisi (kinetik enerjisi) büyük oranda ısı enerjisine dönüşüyor, uranyumlu mermi yüksek sıcaklıkta erirken oluşan uranyum buharındaki tanecikler çabucak yanıcı olduğundan tankta yangın çıkıyor, tankın cephane ve yakıtı tutuşup tank sonunda işe yaramaz duruma geliyor.



Şekil 1: Uranyumlu mermilerin çeşitli tipleri ve Uranyumlu merminin uçuş sırasında yan parçalarından ayrılarak ok gibi hedefe yönelmesi

GAU-8, PGU-14/B Tipindeki Uranyum Mermisinin sonundaki ateşleyici bölümüyle birlikte toplam uzunluğu 29 cm ve toplam kütlesi 690 gram. Uranyum çekirdeği merminin ön bölümünde 14,5 cm uzunluğunda olup 270 gram. Merminin hızı saniyede 1 km kadar (saate 3640 km).

Uranyumlu mermiler daha önce nerelerde kullanıldı?

2001 yılı başlarında, eski Yugoslavya'da savaşa katılan askerlerde kan kanseri hastalıklarının başgösterdiği haberleri gelmeye başladı. Bunun tartışılan nedeni ise Amerikan tanklarında kullanılan Uranyum çekirdekli mermilerdi. 1991 ve 2003 yıllarında Kuveyt ve Irak'taki Körfez Savaşları sonrasında da aynı konu gündeme geldi.

İlk kez 1991 deki Kuveyt ve Irak'taki 'Çöl Fırtınası' savaşında kullanılan uranyumlu mermilerde toplam 330 ton kadar uranyum bulunmaktaydı. Bu savaşta, 30 mm'lik GAU-8 silahlarıyla atılan 784.000 merminin büyük bölümü amerikan A-10 savaş uçaklarından ateşlendi ki bu toplam 230 ton uranyum demektir.



Şekil 2: Amerikan A-10 Savaş Uçağı

Bir Uranyum mermisinin kesiti

Mermilerin atıldığı bölgenin, Irak'ın güney doğusundaki Kuveyt-Suudi Arabistan sınırı boyunca olduğu sanılıyor. 2003 Körfez Savaşlarında da bu cins mermilerden İngilizler ve Amerikalılar kullandılar. Kosovo savaşlarında uranyumlu mermilerden 31.000 adet kadar kullanılarak 10 ton kadar uranyum harcandı. Bosna / Herzegovina'da 1994/1995 de bunlardan 10.800 adet kullanıldı ki bu 3,3 ton uranyum demektir. 1999'daki Kosova Savaşında da uranyumlu mermiler kullanıldı.

Ayrıca, düşmanın uranyumsuz ve hatta uranyumlu mermilerini etkisiz bırakmak amacıyla, zırhları seyrelmiş uranyumdan olan tanklar da yapıldı. 1991 deki 'Çöl Fırtınası' savaşında Amerikalıların kullandığı 2054 tankın yaklaşık üçtebiri (654 adedi) uranyum zırhlı tanklardı. 'Sandeviç' denilen tank zırhı, iki çelik kılıf arasına 'seyreltilmiş uranyumun' konulmasından oluşuyordu. Amerikalılar 2003 Körfez Savaşında bu cins seyreltilmiş uranyum zırhlı 'M1 Abrams' Tanklarını kullandılar.

Uranyumun Kimyasal zehirliliği

Bir maddenin kimyasal zehirliliği denince, o maddenin kimyasal özellikleri nedeniyle sağlığı bozucu etkisi anlaşılıyor. Uranyum da kurşun, civa ve plutonyum gibi ağırımatal olduğundan bunlar ve bileşikleri son derece zehirli olup vücuda normalin üstündeki miktarlarda girdiklerinde özellikle böbrek ve karaciğerde bir süre kalıp hasara neden olabiliyorlar. Almanyadaki radyasyon yönetmeliği, uranyumoksitlerin vücuda alınmasında günlük sınır değerleri, solunum yoluyla 2,5 mg ve besinler yoluyla 150 mg olarak belirliyor. Dünya Sağlık Kurumu (WHO) besinler yoluyla vücuda alınabilecek uranyum miktarı için her kilogram vücut ağırlığı başına günde 0,6 mg üst sınır değerini öneriyor ki bu 70 kg ağırlığındaki ortalama bir kişi için 40 mg kadar oluyor.

Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler, Uranyumun, besinler, su ve hava yoluyla vücuda büyük miktarlarda alınması sonucu böbrek, karaciğer ve sinirlerde ve hatta kalıtım yoluyla sonraki kuşaklarda hasar ortaya çıkarabileceğini gösteriyor. Kandolaşımı bozukluğu, sürekli yorgunluk ve uykusuzluk da vücuda alınan uranyuma bağlanabiliyor. Diğer yandan Benzol ve platin gibi bir dizi maddenin kankanseri yaptığı bilinmekte. Platin, uranyum gibi bir ağırımatal. Dolayısıyla, askerlerdeki kankanserleri incelenirken, kimyasal zehirlilik de gözönüne alınmak durumunda.

Uranyumun Radyolojik Zehirliliği

Bir maddenin radyolojik zehirliliği denince, o maddenin radyoaktivite özellikleri nedeniyle sağlığı bozucu etkisi anlaşılıyor. Radyoaktif maddelerin saldırdığı radyasyonlar, hücrelerdeki atom ve moleküllerden elektronlar sökerek iyonlar oluşturmakta ve bu nedenle bu yüksek enerjili radyasyonlara iyonlayıcı ışınlar denmekte. Bunlar, hücrelerdeki suyu H ve OH bileşenleri şeklindeki radikallere ayırarak, hücrelerde değişimlere neden olmaktadır. Vücudun soğurduğu radyasyon enerjisi çoğaldıkça, vücutta daha çok hasar görülebiliyor ya da hasar olasılığı artıyor. Uranyumun radyolojik zehirliliği, düşük özgül aktivitesi nedeniyle, kimyasal zehirliliğinin yanında az. Buna karşılık Plutonyumun radyolojik zehirliliği çok yüksek özgül aktivitesi nedeniyle çok önemli, kimyasal zehirliliği ise az.

Neredeyse saf U 238'den oluşan Seyrelmiş Uranyum vücuda girdiğinde bunun radyolojik zehirliliği yanında kimyasal zehirliliği de gözönüne alınmak durumunda.

Uranyum ve plutonyumun saldırdığı alfa ışınlarının vücutta oluşturabileceği radyolojik zehirliliği için, ışınlamanın vücut dışından mı yoksa vücut içinden mi olduğu önemli.

Uranyumun Fiziksel ve Biyolojik Yarılanma Süreleri

U 238'in fiziksel yarılanma süresi ya da belirli bir miktarının radyoaktif bozunum (parçalanma) sonucu yarıya inmesi için geçen süre 4,5 milyar yıl kadar büyük olmasına karşın, vücuda alınan miktarın yarısının vücuttan normal yollarla atılmasına kadar geçen süre olan 'Biyolojik Yarılanma Süresi' çok daha az. Biyolojik yarılanma süresi, radyoaktif maddenin hangi yolla (solunum, sindirim) vücuda girdiği, hangi kimyasal yapıda (çözünür, çözünmez) olduğu ve ilgili organda ne süre kaldığı durumlarına göre değişik değerlerde olabiliyor ve bu, Uranyum için birkaç günden birkaç yıla kadar değişim göstermekte. Uranyumlu mermilerin bazılarında çözünemez parçacıklar halinde saçılma durumu söz konusu olduğunda, bugibi parçacıklar vücuda girerlerse belirli organlarda yerleşip uzun süre vücudu alfalarla ışınlayabiliyorlar.

İzotop / Element	Yarılanma süreleri (Yıl)	Özgül Aktiviteleri (Bq/g)
Uranyum 238	4.468.000.000	12.450
Uranyum 235	703.800.000	80.040
Uranyum 234	245.000	230.410.000
Doğal Uranyum		25.380
Seyrelmiş Uranyum (DU) U 234: % 0 ise		12.580 (Doğal Uranyum'un yarısı kadar)
Plutonyum 239	24.110	2.307.900.000
Toryum 232	14.050.000.000.	4.060

Çizelge 2: Seyrelmiş Uranyumlu Mermilerle ilgili önemli izotopların özellikleri

Uranyum Vücuda Nasıl Giriyor ve Etkileri?

Yukarıda belirtildiği gibi mermi hedefe çarptıktan sonra oluşan uranyum buharı (uranyum oksitler halinde) çevreye yayılıyor, tankta çıkan yangın dumanı ve hava akımlarıyla uzaklara taşınıyor. Amerikada yapılan deneyler etkin rüzgar yönünde uranyumlu parçacıkların 40 km'den daha uzaklara kadar taşınabildiğini göstermiş. Bunların en etkin olduğu bölge ise tankın içi, tankın yüzeyleri ve 50 metrelik çevre. Bu yakın çevrede uranyum tozuyla bulaşmış toprak da oradakileri dıştan etkileyebildiği gibi, buralarda dolaşanların ayakları ve araba tekerlekleriyle de uranyumlu toz parçacıkları daha uzaklara taşınabiliyor. Toprağın 12 cm kalınlığındaki yüzeyinin uranyumlu tozlarla bulaştığı belirlenmiş. Amerikan ordusunda yapılan denemeler, Abrams tankından ateşlenen 120 mm çaplı tek bir merminin 900 ile 3400 gram arasında uranyumoksitli toz oluşturduğunu ve toz taneciklerinin kabaca yarısının vücuttan atılmayan türde olduklarını saptamış (çapları 5 mikrondan çok, 1 mikron: 1 metrenin milyonda biri). İnce kum taneciklerinin yüzde biri kadar büyüklükte olan uranyumlu toz parçacıkları, tank yakınındaki askerlerin havayı solumaları yoluyla ya da yaralanma yerlerinden doğrudan vücuda giriyorlar. Yanma sıcaklığına bağlı olarak bu parçacıklar vücut sıvısında çözünerek zehirli olabildikleri gibi çözünmeden de seramik tanecikleri şeklinde vücutta kalabiliyorlar ve yıllarca vücutta içten etkiliyorlar. Bunlar çoğunlukla akciğerlerde, kemiklerde, böbreklerde ve karaciğerde kalmakta. Uranyumun radyoaktivitesinden çok, kimyasal zehirliliği, vücuda etkili oluyor, çünkü radyoaktivitesi çok zayıf. Birçok kimyasal maddede olduğu gibi, bir maddenin vücut için tehlikeli olması, vücuda alınan miktarına bağlı. Doğal uranyumun böbreklerde hasara yol açtığı ise daha önceden beri biliniyor.

Genellikle tehlike altında olanlar, bu cins mermilerin çarptığı tanklarda olanlar, bunların çarptığı dost ya da düşman tankalarına yaklaşanlar. Yanan tanklardan iç bölgelere doğru taşınan uranyum parçacıkları oralardaki insanları da etkiliyor. Golf Bölgesinde ve Kosova Çevresindeki toprak ve sularda bulunan kullanılmış mermiler, bunların parçaları halen kimyasal ve radyoaktivite etkisini göstermekte, bunlarla ilgili olarak Birleşmiş Milletler bilimsel araştırma grubu yıllarca süren ayrıntılı araştırmalar yaptı.²

Plutonyum

Mermilerde seyrelmiş uranyumun yanı sıra, daha önce reaktörlerde kullanılmış (yanmış) nükleer yakıt maddelerinden kazanılmış uranyumun ('kirli uranyum'un) da kullanılmış olabileceği, Birleşmiş Milletler ilgili Kurulunun raporuna göre 2001 yılından beri bilinmekte. Eğer böyleyse, mermilerde az miktarda da olsa Plutonyum 239 da var demektir. Nitekim mermilerde yapılan ölçümlerle bu kanıtlandı da. Daha çok nükleer reaktörlerde ortaya çıkan Pu 239 transuran grubunda olup, özellikle 5 MeV'luk enerjide alfa ışınları salmakta (Yarılanma süresi 24.110 yıl).

Solunumla vücuda giren Plutonyum, akciğerlerde, kemik ve karaciğerde birikmekte. Miğde ve barsaklarda tutunması akciğerlerden 10.000 kat daha az olduğundan, buralarda çok daha az etkin doz oluşmakta (Kalanı dışarı atıldığından).

Diğer yandan 1960'lı yıllarda yapılan atombombası denemeleri nedeniyle 6.000 ile 8.000 kg Pu 239 yeryüzüne yayıldı. Bunun sonucu olarak, toprağın 20 cm'lik üst tabakasında ortalama olarak her metrekarede 40 Bq'lık bir Pu 239 aktivitesi bulunmakta.

Seyreltilmiş Uranyumun Sivil Alanda Kullanım Yerleri

Diğer yandan Seyrelmiş Uranyum sivil alanda, deniz yarı motorlarının dip bölümülerine denge sağlayan ağırlık ('safra') olarak, Boeing 747 gibi büyük uçaklarda dümen kapaklarını dengeleyen karşıağırlık olarak kullanılıyor. Ayrıca gama ışınlarını, kurşundan daha iyi zırlaması nedeniyle, nükleer santrallarda kullanılmış nükleer yakıt elemanlarının içine konduğu varillerde de zırh kılıfı olarak kullanılmakta.

Toz dumana karışmış seyrelmiş uranyumun solunum yoluyla vücuda girmesi (UNEP 2000/ 2003):

Merminin çarptığı yerdeki 1000 m²'lik bir alandaki her mg tozda 6 µg seyrelmiş uranyum olabileceği kestiriliyor. Havadaki toz yoğunluğuna bağlı olarak bu 0,3 µg/ m³ (normal havada) ve 30

² Birleşmiş Milletlerin 2003'de yayımlanan 303 sayfalık raporuna bakılması : www.unep.org

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (çok tozlu havada) arasında değişiyor. Sürekli solunduğunda bu, yılda 0,3 ile 30 mSv arasında bir radyasyon dozu oluşturuyor.

Diğer yandan Kuveyt’de 1993 yazında yapılan ölçümlerde, Körfez Savaşından 2 yıl sonra bile havada seyrelmiş uranyumun çok az da olsa bulunduğunu göstermiş ($0,34 \text{ ng}/\text{m}^3$: Metreküpde Milyarda 0,34 gram). Bunun insan vücudunda solunumla oluşturabileceği doz ise yılda 0,3 μSv .

Seyrelmiş uranyumlu sebzelerin yenilmesi (UNEP 2000/ 2003):

Merminin çapmasının ardından geçen ilk haftada yapraklı sebzelerin yenilmesi sonucu birkaç yüz miligram seyrelmiş uranyumun vücuda alınabileceği varsayılıyor. Kimyasal zehirlilik riski kesin olan bu miktarın oluşturacağı radyasyon dozu 0,1 mSv kadar.

Seyrelmiş uranyumlu yeraltısuyunun içilmesi (UNEP 2000/ 2003):

Merminin çarptığı yer yakınlarındaki yeraltısuyunda litrede 1 mg’a varan seyrelmiş uranyum olabileceği kestiriliyor. Bu derişimde su içildiğinde bunun kimyasal zehirliliği de var. Böyle bir su yıl boyunca içildiğinde vücutta oluşabilecek radyasyon dozu ise 1 mSv kadar.

Mermilerin Etkileriyle ilgili Tıpta Araştırmalar ve Kanseri Riski?

Tıpta önemli deneyimler, savaşlarda bu cins mermilerin çarptığı tanklarda bulunan ve kurtulan kişilerle hasar gören tanklarda çalışanların vücutlarının tıbbi kontrollerinden sağlanmakta. Arkadaşlarının mermilerinin yanlışlıkla tanklarına ateşlenip çarpmasıyla ilk Körfez Savaşında ağır yaralan 33 asker 1993 den beri ABD’de tıbbi gözetim altında. Bu askerlerin yarısının vücutlarında bu cins mermilerin parçaları bulunuyor ve idrarlarındaki uranyum miktarı normalin üstünde. Bunlar çeşitli testlerle denenmekte ve vücutlarındaki mermi parçalarının zamanla ne gibi bir etki göstereceği araştırılmakta. Vücutlarında mermi parçaları bulunmayanların ise idrarlarındaki uranyum miktarı normalin üstünde değil. 33 kişinin tümünün böbrekleri normal çalışmakta ve bunların 1991 ile 1997 yılları arasında doğan çocuklarında, doğumda herhangi bir hasar görülüyor. Kan kanserinin radyasyonun etkisiyle ortaya çıkması, ışınlanmadan sonraki 5-7 yıl arasında en çok görülebiliyor ki bu, Balkan Savaşı tarihiyle, daha sonra kan kanseri olaylarının ortaya çıkma tarihi arasındaki süreyle kabaca çakıştığından, bir ilişki olabileceği düşünülüyor. Ancak, Uranyum Madenlerinde çalışan işçilerde, çok yüksek radon gazından kaynaklanan doz oluşmuş olmasına ve akciğer kanseri riskinin epey artmış olmasına karşılık, kan kanseri hastalıklarının pek artmamış olması, böyle bir ilişkiyi desteklemiyor.

Diğer yandan doğadaki radon’un saldırdığı alfa ışınları nedeniyle, herbirimizin **akciğerleri yılda 10 mSv’e varabilen** bir doz almaktadır ki bu da **‘Tüm Vücut Etkin Dozu’ olarak 1,2 mSv’e eşdeğer**.

Endüstri ülkelerinde, yaşları 20 ile 40 arasında olan her 100.000 kişide, ortalama olarak **yılda 8 – 11 kan kanseri** hastalığı görülmektedir. 3 yıllık Balkan Savaşına 100.000 askerin katıldığı gözönüne alındığında, bu sürede, başka hiçbir etkene bağlı olmaksızın 30 kadar askerin normal olarak kan kanserine yakalanabileceği beklenir ki bu da balkan savaşı sonrası ileri sürülen kankanseri savlarının, kullanılan uranyumlu mermilere bağlanmasının tutarlı bir dayanağı olmadığını gösteriyor. Balkan savaşlarına katılmış askerlerde başgösterdiği ve uranyumlu mermilerin etkilerine bağlandığı ileri sürülen kankanseri hastalıklarının radyolojik yönden incelenerek kanser riskinin hesaplanması ve bu bağlantının sınanması gerekmektedir. Kanser riski hesabıyla ilgili olarak elde daha iyi bir model bulunmadığından W.Jacobi’nin (GSF-Münih) 1995/1997 yıllarında yapmış olduğu ve Wismut Uranyum Madeninde çalışan işçilerin kansere yakalanma riski modeline başvurmak gerekiyor. Bu model doğadaki uranyum için geçerli olduğundan ve doğal uranyumun da özgül radyoaktivitesi, seyrelmiş uranyumunkinden % 50 kadar fazla olduğundan bu modelle elde edilen sonuçlar seyrelmiş uranyum için olduğundan yüksek çıkıyor (Doğal uranyumda U 235 çok daha fazla). Ayrıca bu model, uranyumun radyoaktif bozunumundan ortaya çıkan dizideki izotopların birbirleriyle radyoaktif denge halinde olduğunu öngörmekte ki bu seyrelmiş uranyum için geçerli değil. Bu nedenlerle bu modelle hesaplanan kanser riski değerlerinin abartılı olacağı açık. Savaşta sağ kalan örneğin 25 yaşındaki bir asker için, merminin çarpmasının hemen ardından oradaki uranyumlu havayı soluması ve bunu aynı askerin aralarla 10 kez yaşadığı en kötü varsayım olarak düşünülmüş. Aslında bu varsayım, böyle bir olayı yaşayan bir askerin ardarda görevlendirilmiyeceği için, pek gerçekçi değil. Buna rağmen bu kötümser varsayıma göre yapılan model hesabı, askerin kan kanserine yakalanmasının uranyumlu havadan ileri gelme riskinin % 1,7 olduğunu göstermiş. Bunun anlamı ise aynı durumu aynı koşullarda yaşayan askerlerden 58’inde kankanseri ortaya çıkarsa bunlardan sadece birindeki kankanserine seyrelmiş uranyumlu havanın neden olduğu söylenebilir ($100/1,7=58$). Asker, kemik kanserine yakalanmış ise bunun seyrelmiş uranyuma bağlanma olasılığı (riski) bu modele göre % 6,9. Diğer yandan yapılan ayrıntılı doz hesapları, kankanserine yakalanma riskinin doğal uranyumun radyoaktif bölünme ürünlerinden kaynaklandığını gösteriyor. Bu cins radyoaktif bölünme ürünleri ise seyrelmiş uranyumda pek bulunmuyor (Seyrelmiş Uranyumda U 235 çok daha az, U 234 neredeyse yok gibi, radyoaktif bozunma ürünleri ise radyoaktif dengede değil, Çizelge 1’e ve yukardaki ilgili Bölüme bkz).

Çizelge 2’de doğal ve seyrelmiş uranyumun 1 gramının solunumla vücuda alınması sonucu bu modelle hesaplanan yaşamboyu riskleri (yüzde olarak) karşılaştırılmakta ve çeşitli organların yaşam boyu riskine olan katkıları gösterilmekte.

Çizelge 2: Doğal ve seyrelmiş uranyumun 1 gram'ının solunumla vücuda alınması sonucu yapılan risk hesapları sonuçları

	Solunumla vücuda giren	
	1 gram Doğal Uranyum (Bölünme ürünleriyle birlikte)	1 gram Seyrelmiş Uranyum U (U 235 miktarı % 0,2)
Solunumla oluşan Etkin Doz *	700 mSv	120
Yaşamboyu Riski	% 3,5 (1:29)	% 0,6 (1:167)
Yukardaki Etkin Doza katkılar:		
Akciğerler	% 88	%99,7
Kemik yüzeyi	% 6,2	% 0,057
Kırmızı Kemikliği	% 3,4	% 0,072
Karaciğer	% 1,0	% 0,038
Kalıtım Organları	% 0,96	% 0,037

* ICRP 72'de verilen Solunum Dozları Genel Halk için

Sonuçlar

Yukardaki açıklama ve yaklaşımlardan görüldüğü gibi Seyrelmiş Uranyumlu Mermilerin ve Tankların Çevre ve İnsana Etkileri çok yönlü incelenmekte ve tartışılmakta. Tartışılması, mermilerin çarpma sonucu, orada bulunan askerlerin ne kadar süre ve hangi derişimde seyrelmiş uranyumlu havayı soluduklarıyla ilgili elde tutarlı veri bulunmaması sonucu, yapılan hesaplama ve kestirimlerin bir dizi varsayım ve modellere dayanılarak yapılmasından kaynaklanmakta.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)⁶ çerçevesinde yapılan bilimsel araştırmalardan bugüne kadar alınan sonuçlar, Bosna'da çevrenin ve halkın doğrudan bir tehlike içinde olmadığını gösteriyor. Ancak gerek Bosna ve gerekse Irak için Seyrelmiş Uranyumun savaş sırasında çevreye, havaya ne ölçüde yayıldığıyla ilgili ayrıntılı veri ve bilgiler yok. Yanan tanklardan yükselen seyrelmiş uranyumlu havanın 40 km kadar uzaklara yayıldığı bulguları gözönüne alınarak, buralardaki korunmasız olarak uzun süre kalmış olanların (bahçelerde oynayan çocuklar gibi) vücutlarında radyoaktif maddelerin birikip, oldukça yüksek dozlar oluşturabileceği de gözardı edilmiyor.

UNEP çevrede kalmış olan uranyum mermi ve artıklarının toplatılmasını önermekte. Mermilerin çarptığı yerler çevresi dışındaki canlılar için ise herhangi bir tehlike bulunmuyor. Bunun nedeni uranyumun, 'toprak-bitki-hayvan- insan' biyolojik çevriminde kötü aktarılması.

Diğer yandan, uranyumlu mermilerin, askerlerin sağlığını etkileme olasılığının çok az olabileceği sonucuna rağmen hiç olmayacağı da, savaş sırasında ölçüm değerleri bulunamayacağından, bilimsel olarak kanıtlanamıyor.

Plutonyumun mermilerde bulunup bulunmadığına ve miktarına göre, plutonyumun sağlığa etkisi ve tehlikesi, uranyumunkinden çok daha olası. Plutonyumun uranyum gibi kimyasal zehirliliği de var, ancak radyasyon etkisi iyice büyük ve uranyumunkinden katkat daha çok. Eski Yugoslavyada kullanılmış uranyumlu mermilerden ve uranyumlu tank zırhlarından alınan örneklerin laboratuvar ölçümleri ise plutonyumun katkısının çok düşük olduğunu gösteriyor.

Uluslararası halk direncinin, uranyumlu mermilerin ilerde kullanılmasını önleyeceği ise iyice şüpheli. Çünkü gerek uranyumlu mermiler ve gerekse uranyum zırhlı tanklar, daha önce kullanılan ve içinde uranyum olmayanlara karşı, savaşta büyük üstünlük göstermekte. Örneğin Körfez Savaşında Irak Ordusunun T-72 tanklarını Amerika'lılar uranyumlu mermilerle 3 km uzaklıktan vurup delmelerine ve büyük hasar oluşturmalarına rağmen, Irak'lılar, amerikalıların 'sande viç kılıflı tanklarını' alışılmış mermilerle 400 m'den vurup etkili olamadılar.

Diğer yandan gerek nükleer santraller, gerekse nükleer yakıtla çalışan denizaltılar ve atom bombası yapımı nedeniyle doğal uranyum zenginleştirilirken, arta kalan seyrelmiş uranyum çığ gibi birikmekte ve bunun büyük giderlerle güvenli olarak depolanması sorunu çözölememekte, askeri amaçlı kullanımı dahi biriken dağı belirgin bir ölçüde azaltamıyor.

Ukrayna'da seyrelmiş uranyumlu mermiler kullanılırsa, eski deneyimlerden yukarıda açıklanan derslere göre benzer sonuçlar beklenmelidir.

Kaynaklar:

1. <https://apnews.com/article/depleted-uranium-ukraine-russia-tanks-a92a4784dfcbd1ff221813154b7f3a8e>
2. <https://www.bbc.com/news/world-europe-65032671>
3. Birleşmiş Milletlerin Çevre Programı(UNEP) 2003 raporu : www.unep.org
4. Europient Parliement : Working paper Depleted Uranium, April 2001
5. www.physik.uni.olderburg.de

6.Tübitak BT Dergisi 2006 Y.Atakan

7.Radyasyon ve Sağlığımız kitabı Y.Atakan, Nobel Yayınları 2014