

## Bilgi Gereklilikleri ve Kimyasal Güvenlik Değerlendirmesi Rehberi

Ek R14-4 - Bölüm R.14 Mesleki maruz kalma tahmini  
için geçerli nanomalzemeler için uygulanabilir  
tavsiyeler

**YASAL UYARI**

İşbu belge, Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması Hakkında Yönetmelik sorumluluklarını ve bunların nasıl yerine getirilebileceğini açıklamak suretiyle Yönetmeliğe ilişkin hususlara rehberlik etmektedir. Bununla beraber, anılan Yönetmeliğin tek gerçek referans olduğu ve işbu belgede yer verilen bilgilerin yasal tavsiye niteliğinde olmadığı hatırlatılır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı işbu belgenin içeriğine ilişkin hiçbir yükümlülük kabul etmemektedir.

Bu rehber, Avrupa Kimyasallar Ajansı (European Chemicals Agency-ECHA) tarafından REACH Tüzüğü'nün uygulanmasına ilişkin hazırlanan "Appendix R14-4 Recommendations for nanomaterials applicable to Chapter R.14 Occupational exposure estimation" adlı rehberden Türkçe'ye çevrilmiş ve Türkiye'deki mevzuata göre uyarlanmıştır. Rehberin İngilizce orijinal metnine ECHA'nın web sitesinden erişilebilir (<https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-reach>).

**Bilgi Gereklilikleri ve Kimyasal Güvenlik Değerlendirmesi Rehberi**

Ek R14-4 - Bölüm R.14 Mesleki maruz kalma tahmini için geçerli nanomalzemeler için uygulanabilir tavsiyeler

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Kaynağın tam olarak belirtilmesi şartıyla çoğaltılabilir

Bu Rehber dokümana ilişkin sorularınız ya da yorumlarınız varsa (yorumlarınızın olduğu dokümanın referans numarasını, yayınlanma tarihini, bölüm ve/veya sayfa numarasını belirterek), Kimyasallar Yardım Masasındaki soru formunu kullanarak gönderebilirsiniz. Geri bildirim formuna Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kimyasallar Yardım Masasında aşağıdaki linki kullanarak doğrudan ulaşabilirsiniz.  
<https://kimyasallar.csb.gov.tr>

**Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**

Adres: Mustafa Kemal Mahallesi Eskişehir Devlet Yolu  
(Dumlupınar Bulvarı) 9. km. No: 278 Çankaya / Ankara

# Ek R14-4: Nanomalzemeler için tavsiyeler

## 1. GİRİŞ

Bu ek, nanomalzemeler için kayıt dosyalarını hazırlayan kayıt ettirenlere tavsiyelerde bulunmak amacıyla geliştirilmiştir. Ek içeriği, maruz kalma değerlendirmesi ve risk karakterizasyonu hakkında Nanomalzemelere İlişkin REACH Uygulama Projesi 3 (RIP-oN 3) tarafından sağlanan tavsiyeleri uygular.

Projenin nihai raporu, yöntemlerin uygulanabilirliği, araştırmadaki boşluklar vb. dahil olmak üzere büyük miktarda bilgi içermektedir. Bu ek, yalnızca üzerinde anlaşmaya varılan çıktıları (diğer bir deyişle, rehberin güncellemesi için önerileri) uygular.

Daha fazla bilgi için (örneğin, araştırma ve geliştirme gereklilikleri veya rehberlik amaçlı sağlanan önerilerin altındaki mantık), okuyucu RIP-oN3 nihai raporunu inceleyebilir. (<http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/index.htm>).

## 2. NANOMALZEMELERE İLİŞKİN RIP-ON 3 KAYNAKLI MESLEKİ MARUZ KALMA HAKKINDA ÖNERİLER

### 2.1 Genel açıklamalar

#### 2.1.1 Nanomalzemelere soluma yoluyla maruz kalmanın ölçümü ile ilgili hususlar

##### 2.1.1.1 Önsöz

Nanomalzemelere maruz kalmanın ölçülmesi belirli zorluklara sahiptir. Bunlar birkaç yayında vurgulanmıştır (örn. Brouwer 2009, 2010). Bunlar, temel taneciklerden ayrımı, boyut bilgilerinin toplanması ve analizini, etkili yüksek mekansal ve zamansal değişkenliği, ölçü ve ölçüm araçlarının seçimini ve yüksek en boy oranlı nanomalzemelerin ölçümünü içerir. Bu konulardaki bilgi durumu gelişmeye devam etmektedir. Mevcut yaklaşımlar hakkında daha fazla bilgi BSI 6699/3 (2010), OECD (2009) içerisinde verilmiştir.

##### 2.1.1.2 Temel nanotaneciklerden ayırım

Tipik kentsel hava, endüstriyel kirlilik, trafik ve evsel salımlar dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen 10.000 ila 40.000 tanecik/cm<sup>3</sup> aralığında bulunur.

Endüstriyel ortamda, temel aerosoller ile ilgili ölçüm problemlerinin kanıtı birkaç çalışmada bildirilmiştir (örn. Kuhlbusch *ve ark.*, 2004, 2006; Demou *ve ark.*, 2008; Park *ve ark.*, 2009). Özel olarak tanımlanmış kaynaklar arasında ısıtma birimleri, forklift kamyonları ve elektrikli süpürgeler bulunur.

Bu temel sayı konsantrasyonlarına 1000 nm'den küçük partiküller hakimdir ve dağılımın çoğu tipik olarak 10 ila 300 nm arasındadır. Bu ortam taneciğinin varlığı, nanomalzeme kaynaklarından tasarlanmış nanotaneciklerin salımlarını ölçmeye çalışırken sorunlar yaratır.

Bu sorunları değişen başarı dereceleriyle ele almak için üç strateji (kombinasyonlar dahil) bildirilmiştir. Birincisi, olaylar ve seviyeler arasında makul bir ilişki belirlemek için tipik olarak reaktör ön çalışması gibi aktiviteler dahil olmak üzere ilişkili olayların günlüğü ile zaman serileri veya zamana göre farklılaştırılmış ölçümler almaktır.

İkinci bir yaklaşım, yalnızca temel aerosolün mevcut olmasının beklendiği, yani kaynaktan beklenen hiçbir katkı olmadığı bir alanda aynı araçlar ile paralel numuneler almaktır (örneğin, Kuhlbusch *ve ark.* 2004, 2006). Bu bazen "uzak alan" olarak adlandırılır ve dışarıda veya imalat binası/laboratuvarının başka bir noktasında olabilir. Bu tür bir yaklaşım için, ilgili kaynaklardan veya uzak alan örneğindeki diğer temel kaynaklardan hiçbir katkı olmamasına dikkat edilmelidir.

Üçüncü bir yaklaşım, bileşim (birincil malzemenin ya da safsızlığın temel analizi) ya da morfoloji ya da her ikisi ile, örneğin Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM)/Geçirimli Elektron Mikroskopisi (TEM) ve Enerji-dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDAX) analizi yoluyla, gözlemlenen tepe konsantrasyonlarının tanımlanmış bir NM'ye karşılık geldiğini doğrulamak üzere çevrim dışı analiz için aerosolün fiziksel numunelerini toplamaktır (örneğin Methner *ve ark.*, 2010; Brouwer *ve ark.*, 2009).

Tüm bu yaklaşımların faydası olsa da, uzak alan temelinde zamanla değişiklik gibi karıştırıcı etkilerin veriyi bozmamasını sağlamak için hepsi dikkatle uygulanmalıdır. Birleşik yaklaşımlar açıklanmıştır ve genellikle daha başarılıdır. Brouwer *ve ark.* (2009), işyeri havasında nano nesnelerin mevcut olup olmadığını belirlemek için yarı resmi bir karar mantığının temeli olarak bu yaklaşımların bir birleşimini kullanmıştır.

Bu, konsantrasyon veya boyut dağılımındaki değişikliklerin gözlemlenen faaliyetlere karşılık gelmesi ve numunenin kimyasal bileşiminin (yakın ve uzak alanda) beklenenle eşleşmesi ile önceden belirlenmiş yakın alan/uzak alan oranının aşılmasını gerektirmiştir (referans oranı 1.05 kullanılmıştır). Dinamik cevap, tespit sınırları ve uygulanan ölçümlerin ölçüm belirsizliği ışığında yöntemin bariz sınırlaması, orandaki istatistiksel olarak önemli sapmaları belirleme kapasitesidir. Birçok durumda nanomalzemeler için OEL/DNEL değerleri mevcut OEL/DNEL değerlerinden (örneğin TiO<sub>2</sub> için NIOSH (2005)) önemli ölçüde daha düşük olduğunda, halihazırda mevcut numune alma yöntemleri ve analitik yöntemler gereken çok düşük seviyeleri değerlendirmek için yetersiz hassasiyete sahip olabilir.

### 2.1.1.3 Boyut dağılımının ölçülmesi

Boyut dağılımının ölçülmesi açıkça önemli bir parametredir. Boyut bilgisi, bir dizi aletsel yolla elde edilebilir. İşyerinde ölçülen aerosollerin boyut dağılımının, birincil malzemenin boyut dağılımı ile aynı olması olası değildir. Bunun kanıtı, dağılımların log normal olmaması (laboratuvarda üretilen numuneler için beklenebileceği gibi), ancak daha karmaşık olması, her zaman olmasa da bazen çift modlu olmasıdır.

Bunun için çeşitli nedenler önerilmiştir. Birincisi, küçük modun birincil tanecikleri temsil etmesidir ve büyük modun, bu malzemelerin agregalarını veya aglomeraları veya bu tanecikler tarafından süpürüldükten sonra temel tanecikler ile birlikte aglomeralarını temsil etmesidir. Çoğu durumda dağılımın düzensiz doğası göz önüne alındığında, dağılımı medyan ve çap ve geometrik standart sapma gibi tek bir parametre setiyle özetlemek uygun değildir.

SMPS (Taramalı Hareketli Tanecik Boyutlandırıcı/Kademeli Hareketli Tanecik Boyutlandırıcı) ve Hızlı Hareketli Tanecik Boyutlandırıcı (FMPS) gibi boyut dağılımını ölçen cihazlar özellikle veri açısından zengin bir çıktı sağlar. Bu cihazlar, paralel olarak (FMPS durumunda) veya çok yakın bir zaman sıralamasına göre (SMPS durumunda) toplanan birkaç boyutlu bölmelerde sayım verileri üretir. Bu verilerin kullanılabilmesi için birkaç yol vardır. En basit yaklaşım, tam boyut dağılımını incelemektir. Bu, özellikle tekli olayları veya tekli değişiklikleri değerlendirmede yararlıdır (örneğin, bir kontrol önleminin uygulanması veya bir aerosol ile temel arasındaki karşılaştırma). Bununla birlikte, çok modlu dağılımlar geometrik ortalama ve standart sapma gibi özet istatistiklerle kolayca tanımlanamayacağı ve karşılaştırılamayacağı için bu tür bir analizin miktar ölçümü zordur.

Bir alternatif, tek bir sayı sağlamak için toplam sayımları toplamaktır. Bununla birlikte, bu yaklaşım boyut bilgisini kaybeder ve bu nedenle sınırlı bir değere sahiptir. İncelenen çalışmalarda, birkaç yazar (örneğin, Fujitani ve ark, 2008; Bello 2008, 2009) boyut dağılımını birkaç farklı boyut aralığında (<10 nanometre, <100 nm, <1000 nm vb.) gruplandırmıştır (bütünleştirmiştir) ve boyut aralıklarını inceleyerek, her biri için temel ayırt etme stratejilerinin geliştirilmesini veya tanecik oluşum dinamiklerinin anlaşılmasını desteklemek için ilgili zaman serilerini karşılaştırmıştır. Bu, aerosol dağılımının farklı bölümlerinin zamanla nasıl değiştiğine bakmada oldukça etkili olabilir.

### 2.1.1.4 Maksimum ilgili boyut

Mesleki maruz kalmanın ölçülmesinde boyuta dayanan sağlıkla ilgili kriterlerin kullanılması yaygın bir uygulamadır (CEN 1993, ISO, 1995). Önceki bölümden, nanomalzemelerin sentezlendiği veya kullanıldığı işyerlerinde bulunan aerosollerin boyut dağılımının tipik olarak geniş bir dağılıma sahip olduğu açıktır. Göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konu, nanomalzemelere maruz kalmayı karakterize etmek için toplanacak veya ölçülecek taneciklerin bir üst boyut sınırının benimsenmesinin uygun olup olmadığıdır. Bir seçenek, fiziksel boyutları 100 nm'den büyük olan tüm tanecikleri dışlamak ve mevcut olduğu yerlerde yöntemler sağlamak olabilir. Bu, ISO/TS 27687:2008 ISO 2008 içerisinde resmi olarak tanımlandığı gibi, "nanotaneciklere" insan maruz kalmasının tahmin edilmesine izin verecektir.

İncelenen çalışmalardan elde edilen kanıtlar, salımların nadiren tekli nanotanecikler şeklinde olduğunu göstermektedir (bu, bu olasılığı tamamen dışlamak anlamına gelmez). Çoğu durumda ölçümler, nanotaneciklerin mevcut olduğu yerlerde, agregasyon veya aglomerasyon formunda olduklarını veya temel tanecikler dahil olmak üzere diğer malzemelerle ilişkili olduklarını göstermiştir. İncelenen ana çalışmalarda, seçilen stratejiler, geniş bir tanecik boyutu aralığına bakarak mevcut bilgileri en üst düzeye çıkarmaktır (ve bu nedenle 100 nm'lik bir eşik ile çalışmamaktır). Buradaki saklı varsayım, aglomeraların, agregaların ve diğer birleşik taneciklerin en azından potansiyel olarak ilgili NM maruz kalmalarıdır. Çözülme veya açılma (disagregasyon) potansiyeli de dahil olmak üzere bu aglomerasyon formlarının ilgi düzeyi, risk karakterizasyonunda toksikolojik açıdan da dikkate alınmalıdır.

Kullanılan birçok cihaz halihazırda ölçülebilir maksimum tanecik boyutuna sahiptir. Örneğin, yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazlarının (CPC) birkaçı girişe bir ayrıştırıcı dahil edilerek elde edilen 1000 nm'lik bir eşik değere (maksimum boyut) sahiptir. Bunun nedeni, cihazların tespit sistemini korumak veya tespit verimliliğini bu boyutun ötesinde düşürmek nedeniyle olabilir. Özellikle parametre olarak (toplam) sayı konsantrasyonuna vurgu yapılırsa bunu standartlaştırmak için bir mantık vardır. Aksi takdirde, farklı maksimum boyutlara sahip iki cihaz farklı sonuçlar verecektir. Ancak bu, sağlık temelli bir seçim kriteri değildir.

Bir yaklaşım, solunabilir grubu bir üst boyut sınırı olarak kullanmak olabilir (CEN 1993, ISO, 1995). Bu biyolojik olarak ilgili olma avantajına sahip olacak ve mesleki maruz kalma değerlendirmesinde mevcut uygulama ile tutarlılık sağlayacaktır. Solunabilir grubun kullanımı birden fazla yazar tarafından tavsiye edilmiştir (örn. Schneider ve Jensen, 2008). Solunabilir gruplar, gözden geçirilen çalışmaların birçoğunda ölçülmüştür (örneğin, Peters ve ark., 2009; Han ve ark., 2008).

Ancak genel olarak, mevcut bilgi durumu göz önüne alındığında, gözden geçirilen çalışmalarda benimsenen, birden çok parametreyi birden çok aletle değerlendiren uygulama doğru görünmektedir. Bir aletin maksimum (ve aslında minimum) boyut sınırlarının ve aletin cevap fonksiyonunun bilindiği durumlarda, bu açıkça belirtilmelidir.

### 2.1.1.5 Yüksek mekansal ve zamansal değişkenliğin etkisi

Mesleki ortamlarda havadaki konsantrasyonların, uzak bir noktadan (uzak alan) daha yüksek ve kaynak çalışana daha yakın (yakın alan) olması yaygındır. İncelenen çalışmalarda yüksek mekansal değişkenlik bildirilmiştir. Demou ve ark. (2009), farklı ortamlarda hem yüksek hem de düşük mekansal değişkenlik bildirmiştir. Plitzco (2009), bir reaktörden yayılan ve çok kısa sürede aglomerasyon gösteren ve hemen sayı konsantrasyonunun düşmesine neden olan "gerçek nanotanecikler" bildirmiştir. Seipenbusch ve ark. (2008), FP6 projesi NANOTRANSPORT'un bir parçası olarak, tanecik içermeyen bir atmosfere salınan bir nanotanecik aerosolünün zaman içindeki evrimini, önceden var olan bir temel aerosolün varlığında araştırmıştır ve hızlı aglomerasyon ve temel aerosol ile süpürülme göstermiştir.

Yüksek mekansal ve zamansal değişkenlik, işyerlerinde kişisel numune almaya dayalı, yani değerlendirilen çalışanın nefes alma bölgesinde bulunan bir numune alma cihazı kullanarak maruz kalma ölçümlerine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Çalışmalar genel olarak, kişisel maruz kalmanın bir işyerinin genel ortamında ölçülen maruz kalmaya kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, kısmen, çalışanın kaynağa statik çevre izleyicilerin yerleştirilebileceğinden daha yakın olması ile çalışanın kendisi tarafından üstlenilen faaliyetler ve bunların maruz kalma seviyelerini ne ölçüde değiştirdiğidir. Bu, yüksek taşıma, aglomerasyon ve süpürme oranları nedeniyle özellikle NM ile ilgili olabilir.

İşyeri hava konsantrasyonlarının ölçümleri, kişisel maruz kalmayı yeterince temsil etmeyecektir. Bu nedenle, kişisel numune alma cihazlarının kullanılması tercih edilen bir yaklaşımdır. Bununla birlikte, böyle bir cihazın mevcut durumda olmaması göz önüne alındığında, işyeri hava konsantrasyonları ile kişisel maruz kalma arasında karşılaştırmayı teşvik eden (sınırlı olsa da) ölçüm stratejileri tavsiye edilmektedir.

### 2.1.1.6 Ölçütler

Nanotaneciklere maruz kalmanın ölçülmesinde bir miktar faydaya sahip olabilecek üç ana ölçüm vardır. Bunlar: i) kütle konsantrasyonu (birim  $\text{mg}/\text{m}^3$ ); ii) sayı konsantrasyonu (birim  $\text{n}/\text{m}^3$ ) ve; iii) yüzey alanı konsantrasyon birimleridir ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ). Bu ölçütlerden herhangi birinin belirli koşullar altında kullanılması için bir vaka oluşturulabilir.

Nanomalzemelere maruz kalmayı değerlendirmek için kullanılan ölçü, herhangi bir potansiyel sağlık etkisiyle en yakından bağlantılı olan ölçü olmalıdır. Analiz, nano aerosollere maruz kalmayı izlemek için tek bir ölçümün (veya yöntemin) tüm nanomalzemelere uymayacağını göstermektedir. Bunun yerine, tanecik sayısı, yüzey alanı ve kütle konsantrasyonu ölçümlerinin veya bunların birleşiminin potansiyel etkinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynayacağı durumlar olacaktır.

Bu ölçütlerin her birini ölçmek için araçlar mevcuttur, ancak ölçütlerin seçimi ve kullanımında tanımlanmış pratik sorunlar vardır. Kütle için, önemli bir sorun, ilgili nanotaneciklere karşı hassasiyet eksikliğidir. Sayı konsantrasyonunun ölçümü, aksine oldukça hassastır. Ancak, tanecik sayısı konsantrasyonunun tek başına ölçülmesi yanıltıcı olabilir. Tüm tanecik sayısı konsantrasyon ölçümlerinde, belirli bir cihazın üzerinde çalıştığı bütünleştirme sınırları, rapor edilen sonuçlar için kritiktir. Yüzey alanı konsantrasyonunun gerçek zamanlı ölçümleri teknik olarak uygulanabilir ancak bu cihazlarla ilgili çok sınırlı uygulamalı deneyim vardır. Elde edilen sonuçların dikkatlice yorumlanması ve sınırlılık ve sınırların dikkatlice incelenmesi gerekir. Dikkate alınacak konular arasında ilk aerosol yükünün etkisi, malzemenin bileşimi, agregalarla nasıl başa çıktığı (özellikle hem dış hem de iç yüzeylerin mevcut olduğu durumlarda) ve aşırı tanecik şeklinin etkisi yer alır.

İdeal bir yaklaşım, endişenin sağlık etkisi ile ilişkili olan, nispeten kolayca ölçülebilen ve karşılaşılan olası aralıklardaki farklılıkları tespit etmek için yeterince ölçülebilir ve hassas olan bir ölçüt seçmektir. Bu durumda, hangisi nanotanecikler için en iyi ölçüdür ve bu soru sorulması gereken mantıklı bir soru mudur? Faydalı ön sorular şu olabilir: "Ne tür nanotaneciklerle ilgileniyoruz?" ve "ilişkilendirmeye çalıştığımız sağlık etkisi nedir?"

### 2.1.1.7 Yüksek en boy oranına sahip nanomalzemelerin değerlendirilmesi

Lifli aerosollere maruz kalma, havadaki belirli bir şekle ve bileşime sahip liflerin sayısı (konsantrasyonu) ölçülerek değerlendirilir (DSÖ, 1997). Yöntem için kritik olan, bir lifin, özellikle solunabilir bir lifin tanımıdır. DSÖ, solunabilir bir lifi, uzunluğu  $5 \times 10^{-6}$  m'den (5000 nm) daha büyük, genişliği  $3 \times 10^{-6}$  m'den (3000 nm) az ve uzunluk/genişlik oranı (en boy oranı) 3:1'den büyük olan bir nesne olarak tanımlar. Boyut (yukarıda belirtildiği gibi), taranan alan sayısı (gratiküller), taranan lif sayısı, toplama substratındaki liflerin sayı yoğunluğu ve "demetlenmiş" veya üst üste binen lifler ile nasıl başa çıkılacağını belirleyen bir dizi sayım kuralına göre fiberlerin optik mikroskopi ile manuel olarak sayıma dayanır. DSÖ yönteminin uygulama kapsamı, aşağıdaki ifadede belirtildiği gibi geniştir: "[...] yöntemi, asbest çeşitleri, diğer doğal olarak oluşan mineral lifler ve insan yapımı mineral lifler dahil olmak üzere tüm doğal ve sentetik lifler için işyeri atmosferlerinde en yaygın olan kişisel maruz kalmalarda havada bulunan liflerin konsantrasyonlarının değerlendirilmesine uygulanabilir." (DSÖ, 1997).

Birden fazla yüksek en-boy oranına sahip nanomalzeme (HARN) bu kapsamda yer alabilir. Lif sayımının yüksek en-boy oranına sahip nanomalzemeye maruz kalmayı değerlendirmek için uygun bir yöntem olabileceği öne sürülmüştür (BSI 6699-2: 2007; BSI, 2007). Bununla birlikte, DSÖ'nün yüksek en-boy oranına sahip nanomalzemeler, özellikle de karbon nanotüpler için uygulanabilirliğine ilişkin endişeler ortaya çıkmıştır. Optik mikroskopi, karbon nanotüp demetlerini tespit edebilmesine rağmen, karbon nanotüpleri tek tek tespit edemez. Gerekli olan daha yüksek büyütme, SEM/TEM gerektirecek ve bu da sayım süresini önemli ölçüde artıracaktır.

Optik mikroskopinin çok ince liflere SEM/TEM karşısında daha az hassas olduğu ve bu nedenle toplanan toplam lif sayısını olduğundan az tahmin ettiği bilinmektedir. SEM/TEM, optik mikroskopi ile gözlemlenemeyen bu çok ince lifleri ölçecek ve eşdeğer bir numunede daha büyük sayıya yol açacaktır. Bu, optik mikroskopi kullanılarak ayarlanan lifler için sınır değerlerle karşılaştırma yapmada zorluklara yol açacaktır.

Han ve ark. (2008), DSÖ yöntemine dayalı bir yaklaşım kullanmış ve lif konsantrasyonlarını bildirmiştir. DSÖ sayım kurallarının ne ölçüde uygulandığı net değildir. Bununla birlikte, bildirilen tüm liflerin DSÖ tanımından daha kısa olduğu ve bu nedenle lif sayım kurallarının sıkı bir şekilde uygulanmasıyla sayının sıfır olacağı belirtilmiştir. Bello ve ark. ayrıca EM analiz için bir filtre üzerinde toplamış, ancak hiçbir lif tanımlanmamıştır. Han ve ark. taşınabilir bir aetalometre kullanarak toplam karbon ölçümleri yapmıştır. Diğer araştırmacılar, bu cihazlar hiçbir morfolojik bilgi ispatlamasa da tespit için CPC, optik tanecik sayım cihazı (OPC) ve SMPS kullanmıştır. Karbon nanotüp belirleme ve analizi için seçenekler üzerine yeni bir inceleme (SWA, 2010a), Elektrikli Düşük Basıncılı Ayrıştırıcı (ELPI) spektrometresinin bu açıdan bir miktar yararlı olabileceği sonucuna varmıştır. Tantra ve ark. (2007) tarafından incelenen çeşitli çevrimdışı ölçüm yaklaşımları, hiçbirinin mesleki maruz kalma ölçümü için hemen uygun olmadığı sonucuna varmıştır. Şu anda en uygun yaklaşım konusunda fikir birliği yoktur.

Lif konsantrasyonunun değerlendirilmesi, maruz kalma açısından bazı yüksek en-boy oranına sahip nanomalzemeler ile ilgili olabilir. Liflerin mevcudiyeti yalnızca elektron mikroskobu ile tespit edilebilir. DSÖ yaklaşımının uygulanması, yüksek en boy oranına sahip nanomalzemelerin herhangi bir türü için henüz doğrulanmamıştır. Şu anda, yüksek en boy oranına sahip nanomalzemelerin demetlerinin veya kümelerinin nicel değerlendirmesi ile ilgili özel bir rehberlik verilememektedir. Ancak, bunların varlığı herhangi bir değerlendirmede belirtilmelidir.

### 2.1.1.8 Mevcut cihazlar

Belirtilen ölçütleri ölçen bir dizi cihaz vardır. Cihazlar bir dizi yayında açıklanmıştır. Bir sonraki sayfadaki [Tablo R14-4.1](#) ISO/TR 27628: 2007 (ISO, 2007) kaynağından alınmıştır ve ölçmek için en sık kullandıkları ölçütlerle birlikte şu anda mevcut olan ana cihaz türlerini açıklamaktadır. Bu tablo, mevcut olan tüm ticari cihazları kapsamaz, ancak yine de cihaz türleri ve amacına ilişkin iyi genel açıklamalar sağlar. Benzer tablolar, bu cihazların daha fazla açıklamasının bulunabileceği diğer yayınlarda (örn. BSI 2007, ISO 2008) bulunabilir.

**Tablo R14-4.1 Maruz kalma değerlendirmesi ve ölçülen ölçüt için mevcut ana cihazlar (ISO, 2007 kaynağından çoğaltılmıştır).**

Ölçüt	Cihazlar	Notlar
Kütle	Boyut seçici kişisel numune alma cihazı	Mevcut cihazların hiçbiri 100 nm'lik bir eşik noktası sunmamaktadır. Çevrimdışı gravimetrik veya kimyasal algılama gereklidir. Kütle, boyut dağılımı ölçümlerinden de elde edilebilir (aşağıya bakınız).
	Boyut seçici statik numune alma cihazı	100 nm civarında bir eşik noktası sunan tek cihaz kademeli ayırıştırıcılardır.
	TEOM®	Konik Öğeli Salımlı Mikroterazi (TEOM®) gibi hassas gerçek zamanlı izleyiciler, uygun bir boyut seçici giriş ile çevrimiçi nanoaerosol kütle konsantrasyonunu ölçmek için kullanılabilir.
	SMPS	Sayı konsantrasyonunun gerçek zamanlı boyut seçici (hareketlilik çapı) belirlenmesi. Veriler, yalnızca tanecik şekli ve yoğunluğu biliniyorsa veya varsayılırsa, aerosol kütle konsantrasyonu açısından yorumlanabilir.



	ELPI	Aktif yüzey alanı konsantrasyonunun gerçek zamanlı boyut seçici (aerodinamik çap) belirlenmesi. Tanecik yükü ve yoğunluğu varsayılırsa veya biliniyorsa, veriler, kütle konsantrasyonu açısından yorumlanabilir.  Boyuta göre seçilmiş numuneler ayrıca çevrimdışı olarak analiz edilebilir.
<b>Sayı</b>	CPC	Yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazları, tanecik çapı tespit sınırları arasında gerçek zamanlı sayı konsantrasyon ölçümleri sağlar. Nanotanecik ön ayırıcısı olmadan, nanometre boyut aralığına özel değildirler (şu anda uygun ön ayırıcılar mevcut değildir).
	SMPS	Sayı konsantrasyonunun gerçek zamanlı boyut seçici (hareketlilik çapı) belirlenmesi.
	ELPI	Aktif yüzey alanı konsantrasyonunun gerçek zamanlı boyut seçici (aerodinamik çap) belirlenmesi. Veriler, sayı konsantrasyonu açısından yorumlanabilir.  Boyuta göre seçilmiş numuneler ayrıca çevrimdışı olarak analiz edilebilir.
	Optik Partikül Sayım Cihazı	Bunlar, çapı yaklaşık 100 nm - 300 nm'den küçük parçacıklara karşı hassas değildir ve bu nedenle nanotanecik izleme için uygun değildir.
	Elektron Mikroskopisi	Elektron mikroskobu numunelerinin çevrimdışı analizi, boyuta özel aerosol sayısı konsantrasyonu hakkında bilgi sağlayabilir.
<b>Yüzey alanı</b>	SMPS	Sayı konsantrasyonunun gerçek zamanlı boyut seçici (hareketlilik çapı) belirlenmesi. Veriler, belirli koşullar altında aerosol yüzey alanı olarak yorumlanabilir. Örneğin, açık aglomeraların hareketlilik çapının, öngörülen yüzey alanıyla iyi bir şekilde ilişkili olduğu gösterilmiştir (Rogak ve ark., 1993)]
	ELPI	Aktif yüzey alanı konsantrasyonunun gerçek zamanlı boyut seçici (aerodinamik çap) belirlenmesi. Aktif yüzey alanı, 100 nm'nin üzerindeki geometrik yüzey alanıyla doğrudan ölçeklenmez.  Boyuta göre seçilmiş numuneler ayrıca çevrimdışı olarak analiz edilebilir.
	SMPS ve ELPI paralel olarak kullanılır	Ölçülen aerodinamik ve hareketlilik çaplarındaki farklılıklar, yüzey alanını tahmin etmek için ayrıca kullanılabilen tanecik oransal boyutunu anlamak için kullanılabilir.
	Yayılm Yükleyci	Aerosol aktif yüzey alanının gerçek zamanlı ölçümü. Aktif yüzey alanı, 100 nm'nin üzerindeki geometrik yüzey alanıyla doğrudan ölçeklenmez. Ticari olarak temin edilebilen tüm yayılım yükleyicilerin, 100 nm'nin altındaki tanecik aktif yüzey alanıyla ölçeklenen bir cevaba sahip olmadığı unutulmamalıdır. Yayılm yükleyiciler, yalnızca uygun bir giriş ön ayırıcı ile kullanıldığında nanotaneciklere özeldir
	Elektron Mikroskopisi	Elektron mikroskobu numunelerinin çevrimdışı analizi, boyuta göre tanecik yüzey alanı hakkında bilgi sağlayabilir. TEM analizi, bazı tanecik şekilleri için geometrik alanla ilgili olabilecek, toplanan taneciklerin öngörülen alanı hakkında doğrudan bilgi sağlar.

### 2.1.1.9 Veri analizi

Maruz kalma verileri için rehberlik, ortalama ve 90. yüzdilik dilim gibi özet istatistiklerin kullanılmasını gerektirir. Kullanım için önerilen cihazların çoğu, anlık bir nokta ölçümü sağlayabilen veya belirli bir süre boyunca ortalama amaçlı kullanılabilen gerçek zamanlı cihazlardır. Bazı durumlarda, özet istatistikler doğrudan cihazdan elde edilebilir. Bu uygulanabilir değilse, bu istatistiklerin hesaplanmasını sağlamak için uygun sabit numune alma dönemleri boyunca birden çok ölçüm yapılmalıdır.

Bu durumlarda, ortalama süresinin uzunluğu kaydedilmelidir.

### 2.1.1.10 Strateji

Bu bağlamda, ölçüm stratejisi alet seçimini, bunların nasıl kullanılacağını ve hangi numunelerin alındığını (nerede ve ne zaman/zamanlama dahil) içerir. Şu anda, nanomalzemelere maruz kalmayı değerlendirmek için en uygun yöntemle ilişkin tek bir fikir birliği yoktur. Bu raporda daha önce belirtildiği gibi, ölçümlerin yapılabileceği birçok farklı amaç olması nedeniyle evrensel bir strateji olması olası değildir. Şimdiye kadar yayınlanan çalışmalarda, amaç öncelikle salım kaynaklarının belirlenmesi, bunların miktarlarının belirlenmesi veya kontrol yaklaşımlarının etkililiğinin değerlendirilmesi gibi görünmektedir.

Örneğin Brouwer *ve ark.* (2004) tarafından tanımlanan ilk yaklaşımlar, tüm ilgili ölçütleri ve özellikleri yakalama girişiminde bir çoklu cihaz yaklaşımı önermektedir. Bu çalışmada, ultra ince kaynak dumanlarının değerlendirilmesine dayanarak, yazarlar, yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazlarının potansiyel salım kaynaklarını (ve temel kaynakları) tanımlamak için kullanıldığı, boyut dağılımını karakterize etmek için bir SMPS veya ELPI kullanılan bir çoklu cihaz yaklaşımı önermektedir ve bunun, aerosolün fiziksel veya kimyasal formunu karakterize etmek için filtrelerde toplanan numunelerin SEM veya TEM analizi ile birlikte zaman veya mekanın bir fonksiyonu olarak değiştiğini açıklamaktadır.

Yazarlar, ölçüm yöntemlerinin her birinin dezavantajları olduğunu farkındadır, ancak birlikte kullanıldıklarında, "işyerinde çok ince partikül aerosollerinin varlığına dair tam bir fikir verebilir". Bununla birlikte, sabit konumlarda statik numune alma cihazlarının kullanımının, ayakta çalışan çalışanların kişisel maruz kalmasına ilişkin sonuçların yorumlanmasını engellediğini ve sabit iş istasyonlarında konumlandırılan çalışanlar için bile yorumların "çok yanlış" olacağını önermektedirler.

BSI 6699-2, üç adımlı bir süreç tanımlar (BSI, 2007). İlk adım, herhangi bir temel dikkate alınarak bu amaç için kabul edilebilir kapasite sağlayan bir yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazı kullanarak nanotanecik salımlarının kaynağının tanımlanmasını içerecektir. İkinci aşamada aerosol yüzey alanı ölçümleri portatif yayılım yükleyici ile yapılmalı ve aerosol boyut dağılımları statik (alan) izleme kullanılarak SMPS veya ELPI ile belirlenmelidir.

Son olarak, elektron mikroskopisi veya kimyasal tanımlama ile analiz için uygun filtreler veya ızgaralar kullanılarak kişisel numune alma, özellikle belirli nanotaneciklere maruz kalmanın ölçülmesi söz konusu ise kullanılmalıdır. Elektron mikroskobu, tanecikleri tanımlamak için kullanılabilir ve ilgili taneciğin boyut dağılımının bir tahminini sağlayabilir.

ABD'de, Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (NIOSH), CPC ve OPC tarafından yapılan ilk değerlendirme artık elektron mikroskobu ve elementsel tanımlama ile çok aşamalı bir strateji (NEAT) geliştirmiştir (Methner *ve ark.*, 2010). Belge, NIOSH ekibi tarafından mevcut birçok tekniğin tutarlı bir şekilde nasıl kullanılacağına dair özel tavsiyeler sağlamak için geliştirilmiştir. Bu yazarlar tarafından açıklanan yaklaşım üç ana adımdan oluşmaktadır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir:

**1. Potansiyel salım kaynakları belirlenir.** Öneriler, tasarlanmış nanomalzemelerin nerede kullanılabileceğine dair ve boyut, şekil, bileşim vb. gibi fiziksel kimyasal özellikleri içeren bir anlayış kazanmak üzere bu ilk değerlendirmenin inceleme süreçleri, iş akışını vb. içermesi gerektirir. Salımların potansiyel kaynakları belirlendikten sonra, ekipler bir gözden geçirme araştırması yapmalı, her bir operasyonun sıklığını ve süresini belirlemeli, yerel egzoz havalandırmasının varlığını ve yokluğunu belirlemeli ve muhafazanın kasıtlı olarak ihlal edildiği (örn. sistemin ürün almak veya temizlemek için açılması) süreç noktalarını belirlemelidir.

**2. Tanecik sayısı konsantrasyonu numune alması yürütülür.** Burada kritik olan, örneğin nanomalzemenin işlenmesi veya taşınması başlamadan önce yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazı veya optik tanecik sayım cihazı ile ölçümler yaparak temel tanecik konsantrasyonunun etkisini belirlemektir. Tanımlanan potansiyel tesadüfi nanotanecik kaynakları arasında ısı kaynakları, vakum pompaları, gazlı ısıtma birimleri, forklift kamyonları vb yer almaktadır.

Yazarlar ayrıca aktif işleme veya imalat gerçekleştikten sonra temel tanecik sayısı konsantrasyonunun ölçümlerini de gerçekleştirmiştir. Görevden önceki ve sonraki temel sayı konsantrasyonunun ortalaması, görev sırasında yapılan ölçümlerden çıkarılır. Yazarlar, yaklaşımlarıyla ilgili, örneğin temel tanecik sayısı konsantrasyonlarının, salımın gerçekleştiğini gösteren şekilde belirli bir görevden sonra yüksek kalabileceğini içeren bir dizi sorun belirlemiştir. Temel tanecik sayı konsantrasyonları belirlendikten sonra, şüphelenilen salım kaynağına yakın konumlarda yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazı ve optik tanecik sayım cihazı ile aynı anda sürece veya göreve özel ölçümler yapılır. Sonrasında havadaki tanecik sayısı konsantrasyonları belirlenir ve bir nanomalzeme salımının meydana gelip gelmediğini belirlemek için temel durumla karşılaştırılır.

**3. Filtre temelli örnekler toplanır.** Bir çift filtre temelli hava numunesi (bu durumda 37 mm açık yüzlü kasetler), süreç görev yerlerinde ve/veya süreçle uğraşan çalışanlardan toplanmıştır. (Bu açık yüzlü kasetlerin doğası gereği boyut seçici olmayacağı unutulmamalıdır). Yazarlar, bu numunelerin elektron mikroskobu ile analiz edilmesinin, toplanan aerosolün tanecik boyutu aralığının ve aglomerasyon derecesinin belirlenmesine izin verdiğini ifade etmektedir. Yazarlar, numunelerden birinin havadaki kütle konsantrasyonu için analiz edildiğini ve diğer numunenin elektron mikroskobu ile analiz edildiğini belirtmiştir. (NIOSH yöntemleri 4702, 4704 veya diğer eşdeğer yöntemlerde belirtilen ölçümler kullanılarak TEM veya SEM ile tanecik karakterizasyonu (örn. boyut, şekil, morfoloji vb.) için). Enerji dağıtım x-ışını spektrometresi ile TEM kullanılan hava numunelerinin analizi, elementsel bileşim hakkında bilgi sağlayabilir.

Yoğunlaşmalı tanecik sayım cihazı ve optik tanecik sayım cihazı ile elde edilen ölçümler, tasarlanmış nanomalzemenin yayıldığını ve çalışanların mevcut bulunduğunu gösteriyorsa, kişisel (solunum bölgesi) numuneler iki filtre stratejisi kullanılarak toplanmalıdır. Diğer bir seçenek, filtre temelli numunelerin toplanmasında boyut seçimini kullanmaktır (örn. solunabilir oranı toplamak için bir siklonun kullanılması).

Tanımlanan yaklaşım, Methner ve ark. (2010) kaynağında bildirilen çalışma programının temelidir.

Bu yaklaşım ile diğer yazarlar tarafından önerilen arasında göze çarpan bir fark, boyut bilgisinin gerçek zamanlı olarak (örn. SMPS veya benzeri bir cihazla) toplanmamasıdır. Daha ziyade, yaklaşım, tanecik boyutunu belirlemek amacıyla çevrim dışı analiz için numune toplanmasına dayanır.

Methner ve ark. (2010) tarafından açıklanan yaklaşım çok benzerdir ve OECD tarafından ENV/JM/MONO(2009)16 *İş Yerinde Hava Kaynaklı İmal Edilen Nanomalzemelerin Kaynaklarının ve Salımının Tanımlanması için Emisyon Değerlendirmesi: Mevcut Rehberin Derlenmesi (OECD 2009)* belgesinde önerilen yaklaşımı açıkça etkilemiştir. Şu andaki mevcut rehberlik bu belgede incelenmiştir. Ayrıca, gelişmiş gerçek zamanlı boyut bilgisi toplama ekipmanının kullanımının görünürde olmamasının, tasarlanan nanomalzemelere maruz kalmayı değerlendirmeye yönelik "nispeten basit" bir yaklaşım sağladığı da açıktır. Numunenin toplanması ile sonraki analizler arasındaki zaman çizelgeleri ve bu yöntemin örneğin gelişmiş TEM ekipmanına erişimi olmayan küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından kullanılabilirliği açısından daha az zorlayıcı olması olasıdır.

Brouwer ve ark. (2009), AB destekli NANOSH (AB FP6 sözleşmesi NMP4/CT/2006/032777) projesi kapsamında geliştirilmiş bir stratejiyi açıklamaktadır. Bu, ölçüm stratejisi, veri analizi ve raporlama için uyumlaştırılmış bir yaklaşımdır. Zaman aktivite konsantrasyon profillerine ek olarak, bu yaklaşım, imal edilen nano nesnelere maruz kalma potansiyelini daha nicel olarak tahmin etmek için ilk adımı sağlar.

NANOSH saha çalışmaları için geliştirilen numune alma stratejisi, tüm ortaklar için bilimsel istek ve pratik uygulanabilirlik karışımına dayanmaktadır.

Alet düzeniyle ilgili olarak, boyut dağılımlı tanecik konsantrasyon cihazları, örneğin diferansiyel hareketlilik analiz cihazı (DMA) ile SMPS model 3080 (TSI, ABD) ve CPC model 3025 (TSI, ABD) veya ELPI (Dekati, Finlandiya) işyeri hava ölçümleri için temel oluşturmuştur. İlave olarak, gerçek zamanlıya yakın aktif yüzey alanı konsantrasyonu, iki farklı DC tipinden biri olan, LQ1 (Matter Engineering, İsviçre) veya bir Aerotrak 9000 (TSI, ABD) ile ölçülmüştür. İlk cihaz aktif yüzey alanı konsantrasyonunu ölçerken, ikincisi akciğerde biriken taneciklerin aktif yüzey alanını taklit eder (Asbach ve ark., 2009B). İlave olarak, tanecik sayısı konsantrasyonları CPC (TSI, model 3025) ile ölçülmüştür. Ölçüm cihazları, çalışanların solunum bölgesinde alet girişleri (tüpler) bulunan iş istasyonunun yanına yerleştirilmiştir.

Karakterizasyon için TEM ızgaraları üzerindeki numuneler (elektrostatik) çökelti oluşturucular, örneğin Nanometre Aerosol Numune Alma Cihazı 3089 (TSI, ABD) tarafından toplanmıştır.

Bu çalışmanın kilit unsuru, imal edilen nanomalzemelere maruz kalma olasılığını tahmin etmek için bir "karar mantığı" geliştirilmesidir. Ölçüm sonuçları dizisinden yararlanmak ve imal edilen nano nesnelere maruz kalmaya göre sonuçların değerlendirilmesine yardımcı olmak için bir ön " karar mantığı " geliştirilmiştir. İlk olarak, durum bazında bir karşılaştırma için, tanımlanmış bir aktivite dönemindeki ortalama konsantrasyon, aktivite olmayan dönemden ("yakın alan temeli") veya aktivite sırasında "uzak alan" temel konumundaki bir konsantrasyondan istatistiksel olarak farklı olmalıdır ( $p < 0,05$ ). İlave olarak, fark %5'e eşit veya daha büyük olmalıdır, yani aktivite-aktivite olmayan durum oranı  $\geq 1,05$  olmalıdır. İkinci olarak, aktivite sırasında numunelerin karakterizasyonu  $< 100$  nm birincil tanecik veya aglomeratların varlığını göstermelidir ve EDX element analizi, imal edilen nanomalzemelere (MNM) benzer nesnelere veya aglomeratların (elementsel) kimliğini doğrulamalıdır. İdeal olarak, SMPS veya ELPI tarafından belirlenen tanecik boyutu dağılımının (veya modunun) temelden farklı olduğuna dair bir doğrulama olmalıdır. Son olarak, ölçümler sırasındaki gözlemler, özellikle nano boyutlu aerosol oluşturabilecek diğer kaynaklar açısından değerlendirilmelidir.

Temel konsantrasyonun belirlenmesi meselesi, yakın ve uzak alan ve aktivite olan ve olmayan dönemler arasında karşılaştırma yapılarak iki şekilde ele alınmıştır.

Bu belgede sunulan karar mantığı, veri analizine nasıl devam edileceğine dair rehberlik sunmaktadır. NANOSH yaklaşımı, örneğin farkın istatistiksel anlamlılığı ve önemi olmak üzere karar kriterlerini açıkça formüle eder ve farklı sonuç türlerini birleştirmek için bir çerçeve verir. Bir karar mantığı uygulamasının, faaliyet sırasındaki konsantrasyon artışının imal edilen nano nesnelere ilişkili olduğuna dair kanıt göstermesi durumunda, risk değerlendirmesi açısından bu gözlemin ilgi düzeyinin ne olabileceği hala belirsizdir. Yazarlar, işyeri hava ölçümlerinin maruz kalmanın nicel değerlendirmesi için hala veri üretmediği sonucuna varmışlardır. Ancak bu çalışmalar, farklı maruz kalma durumları için maruz kalma potansiyelinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunabilir. Bu katkı, ölçüm stratejilerinin tasarımı, veri analizi ve raporlama uyumluysa daha etkili ve güçlü olabilir.

## 2.2 Rehber dokümanın belirli bölümleriyle ilgili tavsiye

### 2.2.1 Maruz kalma türleri ve yolları

Maruz kalma türleri ve yolları Bölüm R.14.2'de açıklanmaktadır. Solunum yoluyla maruz kalma, maddenin havadaki konsantrasyonu ve maruz kalma süresi ve sıklığı ile tanımlanabilir. Genel olarak ppm (milyonda bir) veya ilgili görev veya vardiyanın süresi boyunca ortalaması alınan solunan birim hava hacmi başına miktar cinsinden ifade edilir (örn.  $\text{mg}/\text{m}^3$  8 saatlik Zaman Ağırlıklı Maruz Kalma Ortalaması (TWA)). Nanomalzemelere maruz kalmanın ölçülmesi için, sayı konsantrasyonu (özellikle lifler için) (yani  $\text{n}/\text{m}^3$ ) ve yüzey alanı konsantrasyonu (yani  $\text{cm}^2/\text{m}^3$ ) ile ilgili bilgiler de faydalı olarak kabul edilir.

## 2.2.2 Ölçümler ve modelleme yaklaşımlarıyla maruz kalma tahmini

Maruz kalma verileri için tercih edilen hiyerarşi Bölüm R.14.4.1'de açıklanmıştır. Nanomalzemeler söz konusu olduğunda (özellikle nanomalzemeler için modellenmiş tahminlerin sınırlamaları dikkate alınarak), hiyerarşide simülasyonlardan elde edilen verilerin dahil edilmesi tavsiye edilir. Bu değişiklik dikkate alındığında hiyerarşi aşağıdaki şekilde güncellenecektir:

- anahtar maruz kalma belirleyicilerinin miktarının tayini dahil verileri ölçmek;
- anahtar maruz kalma belirleyicilerinin miktarının tayini dahil uygun benzer veriler (simülasyonlardan elde edilen veriler dahil);
- modellenmiş tahminler.

Simülasyon çalışmalarının bir örneği olarak, Gohler ve ark. (2010), poliüretan kaplama ve iki tür nanotanecek içeren mimari boya kullanan bir zımparalama temsilinden salımları ölçmüştür. Aşındırma testleri sırasında, saf kaplamalardan ve katkı maddeleri ile dozlanan kaplamalardan salınan taneciklerin sayı konsantrasyonları arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, nanotanecekler içeren daha büyük tanecikler gözlenmiştir.

Bu nedenle simülasyonların kullanımı Tablo R.14-1'e dahil edilmelidir ve aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir (simülasyonlar "orta kalitede verilere" eklenmiştir):

**Tablo R14-4.2: İşyeri maruz kalma değerlendirme derecelendirme kriterleri**

Veri özellikleri	Yorumlar ve yorumlama
<p><b><u>Yüksek kaliteli veriler</u></b></p> <p>Yüksek kalitede <b>gerçek ölçüm verileri</b>, örneğin tanımlanan senaryoyu temsil eden kişisel maruz kalma verileri (biyolojik izleme ile elde edilenler dahil); tanınmış (örn. CEN veya eşdeğeri) protokollere göre toplanmış ve analiz edilmiş; ve kilit maruz kalma belirleyicileri hakkındaki bilgilerle desteklenen ham veri setleri olarak mevcuttur.</p> <p><b><u>Orta kaliteli veriler</u></b></p> <p>Yukarıdakilere benzer kalitede ve aşağıda belirtilenlerden kaynaklanan maruz kalmaları tanımlayan <b>benzer ölçüm verileri</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• benzer maruz kalma özelliklerine<sup>1</sup> sahip diğer maddeler (örn. uçuculuk, tozluluk) ve/veya</li> <li>• söz konusu senaryo için güvenilir bir maruz kalma tahmini sağlaması muhtemel görülen diğer karşılaştırılabilir faaliyetler.</li> </ul> <p><b>Orta kalitede gerçek ölçülen veriler,</b></p>	<p>Bu veri formu, güvenli kullanım olup olmadığına dair bir karar vermeyi mümkün kılacaktır.</p> <p>Maruz kalma senaryosundaki kilit faaliyetler sunulan ölçüm verilerinin kapsamında değilse daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulabilir.</p> <p>Veri güvenilirliği yüksektir.</p> <p>Bu veri formu, kullanımın güvenli olup olmadığına dair bir karar vermeyi mümkün kılacaktır.</p> <p>Tahmini maruz kalma seviyeleri DNEL değerine yakın olduğunda daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulduğuna dair bir sonuç uygun olabilir.</p> <p>Veri güvenilirliği iyidir ve bu, verilerin yorumlanmasını olumlu yönde etkilemelidir.</p>

<sup>1</sup> Benzerlik hakkındaki gereççe, KGR'de sağlanmalıdır.

örneğin birleştirilmiş ve desteklemek için yalnızca temel istatistiklerin mevcut olduğu veriler; verilerin standart dışı protokoller kullanılarak elde edildiği durumlarda; verilerin maruz kalma senaryosunu tam olarak temsil ediyor olduğu tanımlanamadığında; kişisel maruz kalmaları vb. makul şekilde temsil ettiği gösterilebilen statik numune almadan elde edildiği durumlarda mevcuttur.

### **Kontrollü koşullar altında görevi veya aktiviteyi taklit eden simülasyonlardan elde edilen veriler**

#### **Orta ila düşük kaliteli veriler**

Uygun modellerden ve senaryo ile ilgili olan ve genel kabul görmüş kaynaklardan türetilen girdi kriterleri/değerleri kullanılarak türetilen **tahmini riskler**.

**Daha düşük kalitede gerçek veriler**, örneğin verilerin yalnızca uyumluluk izleme veya statik numune almadan elde edilebildiği durumlarda; kilit maruz kalma belirleyicileri hakkında sınırlı bilgi mevcut olduğunda oluşur.

**Orta kalitede benzer veriler**, örneğin yukarıda yer alan gerçek verilerin tanımına uyan, ancak bunları desteklemek için yalnızca temel istatistiklerin mevcut olduğu veya veri noktalarının temsil edebilirliği göstermek için yetersiz olduğu durumlarda oluşur.

#### **Düşük kaliteli veriler**

**Yukarıdaki sınıfların hiçbirinde ele alınmayan kaynaklardan açığa çıkan maruz kalma verileri.** Örneğin, bu, uygun olmayan statik numune almadan elde edilen verileri; modeller için girdi verilerinin yetersiz tanımlandığı durumlar veya havadan maruz kalma seviyelerini tahmin etmek için kullanılan bazı biyolojik izleme verileri içerebilir.

Verilerin artan belirsizliğini yansıtmak için, bu, yalnızca maruz kalma seviyesi DNEL değerinden açıkça düşükse güvenli kullanım olduğu sonucuna varabilir. DNEL bölgesindeki Kademe 1 modellenmiş verilerle, kullanım güvenliğinin kesinliği azalır.

Veri güvenilirliği, özellikle maruz kalma değerlendirmesi çok çeşitli kaynaklardan elde edildiğinde kabul edilebilir olarak kalır.

Uyumluluğun izlenmesinden elde edilen maruz kalma verileri genellikle en yüksek maruz kalmalara doğru yanlılık gösterir. Model sonuçları yorumlanırken bu yerleşik yanlılık dikkate alınmalıdır.

Güvenli kullanım olduğu sonucuna varmak için kullanılamaz. Daha fazla bilgiye ve/veya etkileşim adımlarına ihtiyaç olduğu sonucu tercih edilen seçenektir. Aksi takdirde kullanımın güvenli olmadığı sonucu belirtilebilir.

Veri güvenilirliği sorgulanabilir ve bu veriler tek başına riski tanımlamak için faydalı bir şekilde kullanılamaz. Bununla birlikte, bu tür veriler, bazı maruz kalma verilerinin eksik olabileceği senaryoların yorumlanmasına yardımcı olmak ve ihtiyaç duyulan ilave bilgilerin kapsamı ve türü hakkındaki kararlara rehberlik etmekte faydalı olabilir.

İlave olarak, ilgili görevi veya faaliyeti kopyalayan simülasyon çalışmalarının kullanımı, ölçülen verilerin kullanımı değerlendirilirken dikkate alınmalıdır (Bölüm R.14.4.4).

---

Ölçülen verilerin seçimi ve yorumlanmasıyla ilgili olarak (Bölüm R.14.4.5), nanomalzemelere maruz kalma ölçümünün belirli zorluklar sağladığı unutulmamalıdır. Bunlar birkaç yayında vurgulanmıştır (örn. Brouwer 2009, 2010). Bunlar, temel taneciklerden ayırımı, boyut bilgilerinin toplanması ve analizini, etkili yüksek mekansal ve zamansal değişkenliği, ölçü ve ölçüm araçlarının seçimini ve yüksek en boy oranlı nanomalzemelerin ölçümünü içerir. Bu konulardaki bilgi durumu gelişmeye devam etmektedir. Mevcut yaklaşımlar hakkında daha fazla bilgi BSI 6699/3 (2010), OECD (2009) ve bu ekte [Bölüm 2.2.1](#) içerisinde verilmektedir.

Son olarak, tahmin araçlarının kullanımı düşünüldüğünde (Bölüm R.14.4.7), bu araçların nanomalzemelerle kullanım için henüz doğrulanmamış olduğuna dikkat edilmelidir. Modelin çıktısı nanomalzemeler için maruz kalmayı tahmin etmek için kullanılıyorsa, bu tercihen ölçülen verilerle desteklenmelidir. KGR'de, tahmin edilen değerlerle ilişkili belirsizliklerin ve risk karakterizasyonunun sonuçlarının açık bir açıklaması olmalıdır.

## REFERANSLAR

Bello, D., Hart, A.J., Ahn, K., Hallock, M., Yamamoto, N., Garcia, E.J., Ellenbecker, M.J., Wardle, B.L. 2008, "Particle exposure levels during CVD growth and subsequent handling of vertically-aligned carbon nanotube films," ("CVD büyümesi ve ardından dikey olarak hizalanmış karbon nanotüp filmlerin işlenmesi sırasında tanecik maruz kalma seviyeleri") Carbon, cilt. 46, s. 974-977.

Bello, D., Wardle, B., Yamamoto, N., Guzman deVilloria, R., Garcia, E., Hart, A., Ahn, K., Ellenbecker, M. and Hallock, M. 2009, "Exposure to nanoscale particles and fibers during machining of hybrid advanced composites containing carbon nanotubes" ("Karbon nanotüpler içeren hibrit gelişmiş kompozitlerin işlenmesi sırasında nano ölçekli tanecikler ve liflere maruz kalma"), Journal of Nanoparticle Research, cilt. 11, no. 1, sayfa 231-249.

İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI). 2007, Nanotechnologies - Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials (Nanoteknolojiler - Bölüm 2: İmal edilen nanomalzemelerin güvenli kullanımı ve bertarafı için rehber). BSI. PD 6699-2:2007.

Brouwer, D. 2010. "Exposure to manufactured nanoparticles in different workplaces." ("Farklı iş yerlerinde imal edilen nanotaneciklere maruz kalma"). Toxicology 269:120-127.

Brouwer, D., van Duuren-Stuurman, B., Berges, M., Jankowska, E., Bard, D., Mark, D. 2009, "From workplace air measurement results toward estimates of exposure? Development of a strategy to assess exposure to manufactured nano-objects" ("İşyeri hava ölçüm sonuçlarından maruz kalma tahminlerine doğru mu? İmal edilen nano nesnelere maruz kalmayı değerlendirmek için bir stratejinin geliştirilmesi"), Journal of Nanoparticle Research, cilt 11, s. 1867-1881.

Brouwer, D.H., Gijbbers, J.H. ve Lurvink, M.W. 2004, "Personal exposure to ultrafine particles in the workplace: exploring sampling techniques and strategies" ("İşyerinde ultra ince taneciklere kişisel maruz kalma: numune alma tekniklerini ve stratejilerini keşfetme"), The Annals of Occupational Hygiene, cilt. 48, no. 5, sayfa 439-453.

İngiliz Standartları Enstitüsü 2010, PD 6699-3: 2010 Nanoteknolojiler. Nanomalzemeler ile ilgili mesleki ortamlarda havadan maruz kalmayı değerlendirme rehberi

CEN. 1993, İşyeri atmosferleri: işyerinde havada uçan taneciklerin ölçümleri için boyut oranı tanımları, CEN standardı EN 481, CEN, Brüksel, Belçika.

CEN ISO/TS 27687:2009 Nanoteknolojiler. Nano nesnelere için terminoloji ve tanımlar. Nanotanecik, nanofiber ve nanoplaka

Demou, E., Peter, P. ve Hellweg, S. 2008, "Exposure to Manufactured Nanostructured Particles in an Industrial Pilot Plant" ("Bir Endüstriyel Pilot Fabrikada Üretilmiş Nanoyapılı Taneciklere Maruz Kalma"), Ann.Occup.Hyg., Cilt. 52, no. 8, sayfa 695-706.

Demou, E., Stark, W.J. & Hellweg, S. 2009, "Particle Emission and Exposure during Nanoparticle Synthesis in Research Laboratories" ("Araştırma Laboratuvarlarında Nanotanecik Sentezi Sırasında Tanecik Salımı ve Maruz Kalma"), Ann.Occup.Hyg., Cilt. 53, no. 8, sayfa 829-838.

ECHA. 2008, "Bilgi Gereklilikleri ve Kimyasal Güvenlik Değerlendirmesi Rehberi. Bölüm R.13: Risk yönetimi önlemleri ve işletim koşulları", Avrupa Kimyasallar Ajansı, Helsinki.

ECHA. 2008, "Bilgi Gereklilikleri ve Kimyasal Güvenlik Değerlendirmesi Rehberi. Bölüm R.14: Mesleki Maruz Kalma Tahmini", Avrupa Kimyasallar Ajansı, Helsinki.

İşyerinde çalışanların güvenliği ve sağlığında iyileştirmeleri teşvik etmek için önlemlerin alınmasına ilişkin 89/391/EC sayılı Avrupa Konseyi Direktifi. Avrupa Topluluğu Komisyonu.

İş Yerinde Kimyasal Maddelere İlişkin Risklerden Çalışanların Sağlığının ve Güvenliğinin Korunması Hakkında 98/24/EC sayılı Avrupa Konseyi Direktifi Madde 6. Avrupa Topluluğu Komisyonu, Lüksemburg.

Fujitani, Y., Kobayashi, T., Arashidani, K., Kunugita, N. and Suemura, K. 2008, "Measurement of the physical properties of aerosols in a fullerene factory for inhalation exposure assessment" ("Soluma yoluyla maruz kalma değerlendirmesi için bir fulleren fabrikasında aerosollerin fiziksel özelliklerinin ölçülmesi»), Journal of occupational and environmental hygiene , cilt. 5, no. 6, sayfa 380-389



Göhler, Daniel, Michael Stintz, Lars Hillemann ve Manuel Vorbau. 2010. "Characterization of nanoparticle release from surface coatings by the simulation of a sanding process" ("Bir zımparalama işleminin simülasyonu ile yüzey kaplamalarından nanotanecek salınımının karakterizasyonu.") *The Annals of occupational hygiene* 54:615-24.

Han, J.H., Lee, E.J., Lee, J.H., So, K.P., Lee, Y.H., Bae, G.N., Lee, S.B., Ji, J.H., Cho, M.H. ve Yu, I.J. 2008, "Monitoring multiwalled carbon nanotube exposure in carbon nanotube research facility" ("Karbon nanotüp araştırma tesisinde çok duvarlı karbon nanotüp maruz kalmasının izlenmesi"), *Inhalation toxicology*, cilt. 20, no. 8, sayfa 741-749.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO). 1995, Sağlıkla ilgili numune alma için tanecik boyutu oranı tanımları. ISO 7708:1995.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO). 2007, İşyeri atmosferleri - Ultra ince, nanotanecek ve nano yapıları aerosoller - Solunma yoluyla maruz kalma karakterizasyonu ve değerlendirilmesi. ISO/TR 27628:2007

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO). 2008, Nanoteknolojiler - Nanoteknolojilerle ilgili mesleki ortamlarda sağlık ve güvenlik uygulamaları, ISO/TR 12885: 2008.

Kobayashi, N., Ogura, I., Gamo, M., Kishimoto, A., Nakanishi, J. 2009b, "İmal edilen nanomalzemelerin risk değerlendirmesi - karbon nanotüpler (CNT)", Ara Rapor, İdari Özet, NEDO Projesi - Nanotanecek Karakterizasyon Yöntemlerinin Araştırma ve Geliştirilmesi, P06041.

Kuhlbusch, T.A. ve Fissan, H. 2006, "Particle characteristics in the reactor and pelletizing areas of carbon black production" ("Karbon siyahı üretiminin reaktör ve peletleme alanlarında tanecik özellikleri"), *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, cilt. 3, sayfa 558-567.

Kuhlbusch, TA, Neumann, S. ve Fissan, H. 2004, "Number size distribution, mass concentration, and particle composition of PM1, PM2.5, and PM10 in bag filling areas of carbon black production" ("Karbon siyahı imalatının torba doldurma alanlarında PM1, PM2.5 ve PM10'un sayı boyutu dağılımı, kütle konsantrasyonu ve tanecik bileşimi"), *Journal of occupational and environmental hygiene*, cilt. 1, no. 10, sayfa 660-671.

Maynard, A.D. ve Aitken, R.J. 2007, "Assessing exposure to airborne nanomaterials: Current abilities and future requirements" ("Havadaki nanomalzemelere maruz kalma değerlendirilmesi: Mevcut yetenekler ve gelecekteki gereklilikler"), *Nanotoxicology*, cilt 1, s. 26-41.

Methner, M., Hodson, L., Dames, A. ve Geraci, C. 2010, "Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials- Part B: Results from 12 Field Studies" ("Tasarlanmış Nanomalzemelere Solunma Yoluyla Potansiyel Maruz Kalmanın Tanımlanması ve Ölçülmesi için Nanotanecek Salım Değerlendirme Tekniği (NEAT) - Bölüm B: 12 Saha Çalışması Sonuçları"), *Journal of Occupational and*

*Environmental Hygiene*, cilt 7, no. 3, sayfa 163-176.

NANEX - İmal Edilen Nanomalzemeler için Maruz Kalma Senaryolarının Geliştirilmesi

2011 <http://www.nanex-project.eu/index.php/publicdocuments>

NanoSAFE. 2008, "Lifli filtre ortamı, solunum maskeleri için kartuş, koruyucu giysiler ve eldivenler gibi geleneksel koruyucu cihazlar nanoaerosoller için de verimli mi? Lifli filtrelerin ve kişisel koruyucu ekipmanların nanoaerosollere karşı etkinliği", DR-325 / 326-200801- 1.

OECD. 2009. "No 11: Kaynakların Tanımlanması ve Hava Kaynaklı İmal Edilen Nanomalzemelerin İşyerinde Salımı için Salım Değerlendirmesi: Mevcut Rehberin Derlenmesi", ENV/JM/MONO(2009)16.

OECD. 2010, İmal Edilen Nanomalzemelerin Güvenliği Üzerine Seri Yayınları,

[http://www.oecd.org/document/53/0,3343,en\\_2649\\_37015404\\_37760309\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/53/0,3343,en_2649_37015404_37760309_1_1_1_1,00.html)

(Erişim tarihi Eylül 2010).

Paik, S.Y., Zalk, D.M., Swuste, P. 2008, "Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposure" ("Risk seviyesi değerlendirilmesi ve nanotanecek maruz kalmasının kontrolü için pilot kontrol bantlama aracının uygulanması"), *Ann. Occ. Hyg.*, Cilt. 52, no. 6, sayfa 419-428.

Park, J., Kwak, B.K., Lee, J., Kim, Y., Choi, K., Yi., J. 2009. "Bir imalat tesisinde gümüş nanotaneçiklere maruz kalmanın karakterizasyonu." *Journal of Nanoparticle Research*, cilt 11, s. 1705-1712.

Peters, TM, Elzey, S., Johnson, R., Park, H., Grassian, VH, Maher, T. ve O'Shaughnessy, P. 2009, "Airborne Monitoring to Distinguish Engineered Nanomaterials from Incidental Particles for Environmental Health and Safety" ("Tasarlanmış Nanomalzemeleri Çevre Sağlığı ve Güvenliği için Tesadüfi Parçacıklardan Ayırt Etmek İçin Havadan İzleme"), *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, cilt. 6, no. 2, sayfa 73-81.

Plitzko, Sabine. 2009. "Workplace exposure to engineered nanoparticles." ("İş yerinde tasarlanmış nanotaneçiklere maruz kalma.") *Inhalation Toxicology*, cilt 21, s. 25-29.

Rogak, S.N., Flagan, R.C. ve Nguyen, H.V., The Mobility and Structure of Aerosol Agglomerates (Aerosol Aglomeratlarının Hareketliliği ve Yapısı), *Aerosol Science and Technology* 18 (1), 25-47, 1993.

RIVM. 2009, "REACH içerisinde nanomalzemeler: Bir vaka çalışması olarak nanogümüş", RIVM Rapor 601780003/2009.

RNC/RIP-oN3/A/1/FINAL. Görev A ile ilgili Nihai Rapor: Bilgi Kaynaklarının Belirlenmesi ve İncelenmesi

RNC/RIP-oN3/B1/2/FINAL. Görev B1 ile ilgili Nihai Rapor: Maruz Kalma Senaryosu Vaka Çalışmaları

RNC/RIP-oN3/B2/2/FINAL. Görev B2 ile ilgili Nihai Rapor: İşletim koşulları ve risk yönetimi önlemleri - süregelen faaliyetlerden elde edilen sonuçlar

RNC/RIP-oN3/B3/2/FINAL. Görev B3 ile ilgili Nihai Rapor: Maruz kalma tahmini (modelleme ve ölçümler) - süregelen faaliyetlerden elde edilen sonuçlar

RNC/RIP-oN3/B4/2/FINAL. Görev B4 ile ilgili Nihai Rapor: REACH için Nanomalzemelerin Maruz Kalma Değerlendirmesinin Yürütülmesi Amacıyla İşletim Koşulları, Risk Yönetimi Önlemleri, Maruz Kalma Senaryoları ve Maruz Kalma Tahminine (modelleme ve ölçüm) ilişkin Danışma Raporu

RNC/RIP-oN3/C1/2/FINAL. Sağlık ve çevre için etki gözlemlenmeyen seviyelerin nasıl oluşturulabileceğine dair vaka çalışmaları

RNC/RIP-oN3/C2/2/FINAL. Görev C1 ile ilgili Nihai Rapor: Sağlık ve çevre için etki gözlemlenmeyen seviyelerin nasıl oluşturulabileceğine dair vaka çalışmaları

RNC/RIP-oN3/C3/2/FINAL. Görev C3 ile ilgili Nihai Rapor: Nanomalzemelerin Zararlılık ve Risk Karakterizasyonuna İlişkin Danışma Raporu

RNC/RIP-oN3/D/2/FINAL. RIP-oN2 Görev C ve RIP-oN3 Görev D ile İlgili Ortak Nihai Rapor: Risk karakterizasyonunda karşılaştırılacak ölçüm hususları

SAFework Avustralya (SWA). 2010a, Tasarlanmış Nanomalzemeler Avustralya'da maruz kalma standartlarını oluşturma ve kontrol bandı kullanma uygulanabilirliği, Avustralya. Erişim adresi:

[http://www.safeworkaustralia.gov.au/NR/rdonlyres/CFEFDBA0-2BD5-4110-A49F-04A4C9032C18/0/Engineered\\_Nanomaterials\\_feasibility\\_establishing\\_exposure\\_standards\\_August\\_2010.pdf](http://www.safeworkaustralia.gov.au/NR/rdonlyres/CFEFDBA0-2BD5-4110-A49F-04A4C9032C18/0/Engineered_Nanomaterials_feasibility_establishing_exposure_standards_August_2010.pdf) (accessed 2nd September 2010).

SAFework Avustralya (SWA). 2010b, Tasarlanmış Nanomalzemeler kullanımı ile ilgili GBF ve Etiketlerin Değerlendirilmesi, Avustralya. Erişim adresi:

[http://www.safeworkaustralia.gov.au/NR/rdonlyres/9E6C8E6F-AB31-4A0ABCD8-D31742F25F79/0/AnEvaluationofMSDSandLabelsassociatedwiththeuseofengineerednanomaterials\\_June\\_2010.pdf](http://www.safeworkaustralia.gov.au/NR/rdonlyres/9E6C8E6F-AB31-4A0ABCD8-D31742F25F79/0/AnEvaluationofMSDSandLabelsassociatedwiththeuseofengineerednanomaterials_June_2010.pdf) (erişim tarihi 2 Eylül 2010).

SAFework Avustralya (SWA). 2010c, Tasarlanmış nanomalzemeler: Avustralya'da maruz kalma standartlarını oluşturma ve kontrol bandı kullanma uygulanabilirliği.

Erişim adresi:

<http://www.safeworkaustralia.gov.au/ABOUTSAFeworkAUSTRALIA/WHATWEDO/PUBLICATIONS/Pages/RP201008EngineeredNanomaterialsFeasibilityOfEstablishing.aspx>

(erişim tarihi 2 Eylül 2010).

Schneider, T. ve Jensen, K.A. 2008, "Combined single-drop and rotating drum dustiness test of fine to nanosize powders using a small drum" (Küçük bir tambur kullanılarak ince ila nano boyutlu tozların birleştirilmiş tek damla ve döner tambur tozluluk testi), *Annals of Occupational Hygiene*, cilt 52, sayı 1, s. 23-34.

Schulte, P., Geraci, C., Zumwalde, R., Hoover, M., Castranova, V., Kuempel, E., Murashov, V., Vainio, H. ve Savolainen, K. 2008, "Sharpening the focus on occupational safety and health in nanotechnology" ("Odağı netleştirme Nanoteknolojide iş güvenliği ve sağlığı üzerine"), *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, cilt. 34, hayır. 6, sayfa 471-478.

Seipenbusch, M., Binder, A. ve Kasper, G. 2008. "İşyerinde maruz kalmada nanotanecek aerosollerinin zamansal evrimi," *Annals of occupational hygiene*, cilt. 52, s. 707-716.

Stevens, D., C. 1969 The Particle Size and Mean Concentration of Radioactive Aerosols Measured by Personal and Static Air Samples (Kişisel ve Statik Hava Örnekleriyle Ölçülen Radyoaktif Aerosollerin Tanecik Boyutu ve Ortalama Konsantrasyonu). *Ann Occup Hyg* (1969) 12(1): 33-40

Stone, V., Hankin, S., Aitken, R., Aschberger, K., Baun, A., Christensen, F., Fernandes, T., Hansen, SF, Hartmann, NB, Hutchison, G., Johnston, H., Micheletti, C., Peters, S., Ross, B., Sokull-Kluettgen, B., Stark, D., Tran, L. 2009, "ENRHES – Engineered nanoparticles: review of health and environmental safety" ("ENRHES - Tasarlanmış nanotanecekler: sağlık ve çevresel güvenlik incelemesi", EC sözleşme numarası 218433.

Tantra, R. ve Cumpson, P. 2007, "The Detection of Airborne Carbon Nanotubes in Relation to Toxicology and Workplace Safety" ("Toksikoloji ve İşyeri Güvenliği Açısından Havadaki Karbon Nanotüplerin Tespiti"), *Nanotoxicology*, cilt. 1, no. 4, sayfa 251-265.

Wake D. 2001, İşyerinde ultra ince aerosoller, IR/ECO/00/18, Sağlık ve Güvenlik Laboratuvarı.

Warheit DB, Webb TR, Reed KL, Frerichs S, Sayes CM. 2007 "Pulmonary toxicity study in rats with three forms of ultrafine-TiO<sub>2</sub> particles: differential responses related to surface properties" ("Ultra ince TiO<sub>2</sub> taneciklerinin üç formu ile sıçanlarda pulmoner toksisite çalışması: yüzey özellikleriyle ilgili diferansiyel cevaplar"). *Toxicology*. 25;230(1):90-104.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO). (1997). Havadaki lif sayısı konsantrasyonlarının belirlenmesi. Faz kontrastlı optik mikroskopi (membran filtre yöntemi) ile önerilen bir yöntem. Cenevre.

**ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK  
BAKANLIĞI Mustafa Kemal  
Mahallesi Eskişehir Devlet Yolu  
(Dumlupınar Bulvarı) 9. km. No:  
278 Çankaya / Ankara**