

NANOMALZEMELERLE ÇALIŞMALARDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE KONTROL ÖNLEMLERİ

Merve İSTİF^a; Dr. Fatma IŞIK COŞKUNSES^b

^a: İSG Uzman Yardımcısı, İSGÜM; ^b: İSG Uzmanı, İSGÜM

Nanomalzemelerle çalışmalarda risk değerlendirmesi yapılırken ilk olarak maddelere maruziyet miktarı belirlenmelidir. Yapılan iş, çok küçük miktarlarda nanomalzeme içeriyor ve bunların serbest kalma ihtimali çok düşük ise nanomalzemeler zararlı dahi olsa risk düşüktür. Yapılan iş, daha fazla miktarda nanomalzeme içeriyor ve bunların serbest kalma ihtimali de büyükse, maruziyet ve dolayısıyla risk de artmış olur. Örneğin, temizlik ve yerleştirme sırasında nanomalzemelerle direkt temas kurma ihtimali ortaya çıkar. Bu durum, hangi kontrollerin gerekli olduğuna karar verme aşamasında göz önünde bulundurulması gereken bir konudur.

1. Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirmesi, işyerindeki riskleri belirleyip kontrol altına almak için mantıklı ve uygun önlemleri almakla ilgilidir. İşverenler çalışanları korumak adına muhtemelen bazı önlemler almıştır fakat risk değerlendirmesi daha fazla ne yapılması gerektiğini ortaya koyacaktır. Risk değerlendirmesi yapılırken zarar verme potansiyeli yüksek olan risklere odaklanmak gerekir. Kaza ve hastalıklara karşı kimlerin risk altında olduğu belirlenmelidir.

Aşağıdaki önerileri dikkate almak risk değerlendirmesi yapılırken kolaylık sağlayacaktır:

- İşyeri aktivitelerini, prosesleri ve kullanılan maddeleri belirleyin.
- Üreticilerin kimyasallar ve ekipmanlarla ilgili talimatlarını veya malzeme güvenlik bilgi formlarını kontrol edin (tehlikeleri açıklamak için gereklidir).
- Nanomalzemelerin üretildiği/ ortaya çıktığı/ sentezlendiği vb. muhtemel yerleri tespit edin.
- Maruziyet ihtimalini belirleyin.
- Maruziyeti yeterli derecede önlemenin mümkün olup olmadığını tespit edin.
- Maruziyet önlenemezse, olabilecek potansiyel maruziyet seviyesini tahmin edin.

Tehlikeler belirlendikten sonra, bunlarla ilgili neler yapılacağına karar vermek gerekir. Bütün riskleri ortadan kaldırmak mümkün değildir fakat işveren çalışanları tehlikelerden korumak için tüm önlemlerin alınmasını sağlamakla yükümlüdür.

2. Maruziyet nerede gerçekleşebilir?

İşyerinde nanomalzemelere maruziyet aşağıdaki durumlarda gerçekleşebilir:

- Üretim sırasında ve üretimin sonucu olarak;
- Polimer kompozitler, tıbbi uygulamalar ve elektronik malzemeler vb.'e katma prosesi sırasında ve sonucunda;
- Kapalı olmayan sistemlerde, nanomalzeme üretim prosesi sonucunda;
- Nanomalzemelerin özellikleri ve kullanımları ile ilgili yapılan araştırmalar sırasında;
- Nanomalzemeleri yakalamak için kullanılan toz toplama sistemleri temizlenirken;
- Yanlış imha ve kazayla dökülme sonucunda.

Nanomalzemelere maruziyeti değerlendirirken, nanomalzemelerin kullanıldığı ve özel dikkat gerektiren işler arasında aşağıda belirtilen işler sayılabilir.

- tartım, karıştırma ve eleme işlemleri;
- döküm alma ve temizleme işlemleri;
- çözme ve püskürtme-kurutma işlemleri;
- parçacıklı nanomalzemelere elle dokunma;
- nanopartikül üretme (özellikle gaz fazda nanopartiküller üretme), ve ilgili ekipmanın bakımı;
- nanopartikül içeren malzemeleri işleme (testere ile kesme, cilalama, öğütme vb.);
- nanomalzeme içeren sıvıları püskürtme.

Değerlendirme yapılırken parçacıklı nanomalzeme soluma olasılığına dikkat edilmelidir. Değerlendirme mutlaka yazılmalı ve şartlar değiştiğinde yeniden gözden geçirilmeli veya kullanılan nanomalzemelerle ilgili yeni tehlike verileri oluşturulmalıdır.

Çalışanların nanomalzemelere ne şekilde maruz kaldığının belirlenmesi, değerlendirme açısından önemlidir. Çalışanlar nanomalzemelere;

- *nano-boyutlu partiküller içeren duman, sis veya toz soluyarak;*
- *cilt temasıyla;*
- *yutarak;*
- *göz temasıyla;*
- *deriden içeri girerek maruz kalabilir.*

Yapılan işlere bakıldığında bu maruziyet yolları dikkate alınmalıdır.

Bilinen: "Tüm karbon nanotüpler (CNTs) aynıdır"

Gerçek: Hayır! Yalnızca bazı tür nanotüpler tehlikeye neden olan karakteristikler gösterirler.

Bilinen: "Tüm HARN' lar (Yüksek en/boy oranlı nanomalzeme (High aspect ratio nanomaterials) zararlıdır"

Gerçek: Hayır! Yüksek en/boy oranı ve biyo-kalıcılık kombinasyonu tehlike doğurur.

Bilinen: "Yalnızca küçük miktarlarda karbon nanotüplerle çalışıyorum bundan dolayı hiç maruziyete uğramayacağım"

Gerçek: Bu yalnızca miktarla alakalı değil aynı zamanda malzemenin nasıl kullanıldığıyla alakalıdır. Eğer nanomalzeme uçuculaşabiliyorsa (havaya karışıyorsa) maruz kalma ihtimali küçük miktarlar için de mümkündür.

3. Risk kontrolü

Nanomalzemelerin solunması sonucu meydana gelebilecek tehlikelerle ilgili güçlü veriler elde edilene dek büyük kuşku uyandıran maddeler olarak kalacaklardır. Bundan dolayı risk yönetiminde önlemsel yaklaşım temel alınmalıdır. Kullanımından veya oluşumundan kaçınılamıyorsa risk yönetim programının uygulanması işyerinde maruziyet potansiyelini minimize edebilir. Böyle bir program aşağıdaki elemanlara sahip olmalıdır:

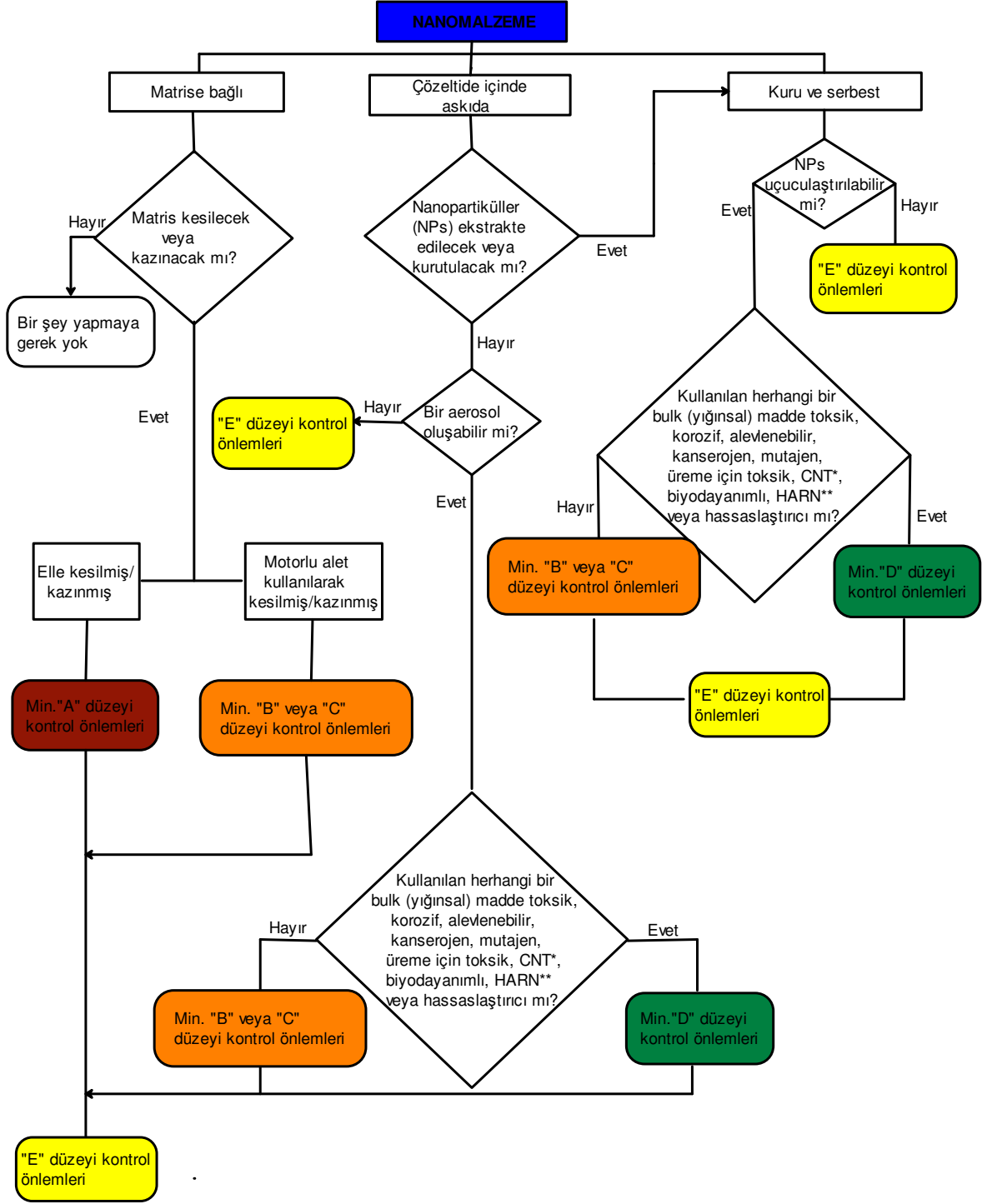
- Maruziyet potansiyelini belirlemek için çalışanın mesleğini ve görevlerini göz önüne alma.
- Nanomalzemelere temas eden çalışan sayısını azaltma ve maruziyet seviyesi ve süresi ile kullanılan malzeme miktarını minimize etme.

Nanomalzemelerin uçuculaşma riski olduğu durumlarda maruziyeti engellemek ve kontrol etmek için aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Mümkünse malzemeyi ıslak veya nemli tutun veya bulamaç kullanın ve uçucu toz ve aerosol oluşturabilecek enerjik proseslerden kaçının.
- Kullanım dışında nanomalzeme içeren tüm kapları/şişeleri kapalı tutun. (Açık kaplardaki nanomalzemelerin kendiliğinden kaptan çıkarak uçuculaştığı gözlenmiştir.)
- Nanomalzemeleri tartarken terazinin altında adsorban emdirilmiş kağıt kullanın.
- Nanomalzemelerin döküntülerini süpürüp tehlikeli atık olarak imha etmek için adsorban emdirilmiş kağıt kullanın.
- Açık tezgahta iş yapmayın.

4. Kontrol Önlemleri ve Belirleme Yöntemi

Nanomalzemelere maruziyeti engellemek teknik olarak uygulanabilir değil ise, maruziyetin kontrolüne yönelik sağlık kurallarına göre maddelerin tehlike kontrolünün gerektirdiği yükümlülüğü uygulamak tüm maruziyet yolları (solunum, dermal ve sindirim) için yeterlidir. En uygun kontrol yöntemine karar vermek için Şekil 1' de verilen kontrol akış diyagramı takip edilebilir.



*CNT: Karbon Nano Tüp

**HARN: Yüksek en/boy oranlı nanomalzeme (High aspect ratio nanomaterials)

Şekil.1: Nanomalzeme Kontrol Akış Diyagramı

Nanomalzeme Kontrol Akış Diyagramı Anahtarı



A; İşyerinde kullanılan davlumbaz, akrobat havalandırma (capture hood, receiving hood) vb. ile toplanan maddeler, işyeri dışında güvenli bir yere boşaltılır. Boşaltılan hava işyerinde devir daim oluyorsa HEPA filtre kullanılmalıdır.

Veya;



B; Kabin çeker ocak sistemleri veya işe uygun dizayn edilmiş çeker ocak kullanılarak, kısmen kapatılmış alanlarda çalışma yapılmalı, çalışma alanında toplanan hava, işyeri ortamı dışında güvenli bir yere boşaltılmalıdır.



C; Kısmen kapatılmış, hava çekişi olan alanlarda çalışma yapılmalı ve HEPA filtreli havalandırma sistemleri kullanılmalıdır. İşyeri havası devirdaim olmalıdır.



D; Tamamen kapalı sistem ile çalışılmalıdır. HEPA filtreli havalandırma sistemi kullanılmalı ve işyeri ortamında toplanan hava, işyeri dışında güvenli bir yere boşaltılmalıdır.

Not: Boşaltılan hava işyerinde devir daim oluyorsa HEPA filtre kullanılmalı. Devir daim olan havanın kirleticilerden temizlenmesi sağlanmalıdır.



E Uygun Kontrol Önlemleri

- 1 Malzemeyi uçuculaştırma potansiyelini minimize et.
- 2 Uygun kişisel koruyucu donanımı kullan:
 - (a) Uçucu nanomalzemeler akış diyagramında detaylı olarak verilen teknik kontrol metodları ile yeterli derecede kontrol edilemiyorsa (*LEV (Local Exhaust Ventilation-yerel cebri çekişli havalandırma)*' in etkinliğini doğrulamak için *duman testi kullanılmalı*) RPE (*respiratory protective equipment-yüz maskeleri*) 'ye ihtiyaç olacaktır. RPE göreve uygun olmalı ve COSHH (*The Control of Substances Hazardous to Health-sağlığa zararlı maddelerin kontrolü*) gereğince **kişinin yüzüne oturmalıdır**. Tek kullanımlık maskeler (*yüksek seviyede ince toz/yağ veya su bazlı mistler (buharlar) için kullanılan AFP 20 koruma faktörlü FFP3 solunum maskelerinin standardından aşağı olmamalı*) kazayla dökülmüş maddelere karşı önlem olarak kullanılmak için uygundur. Serbest uçucu nanomalzemeler içeren işyeri atmosferi için FFP3 AFP 40 partikül solunum maskeleri (*bir saatten fazla kullanılacaksa tercihen motorlu solunum maskeleri*) gereklidir.
 - (b) İş yeri elbisesi veya laboratuvar ceketi,
 - (c) Koruyucu gözlük,
 - (d) Tek kullanımlık eldivenler,
 - (e) Yürütülen prosedür/proses için gerekli kulak koruyucu, önlük, maske, koruyucu ayakkabı vb. diğer KKD' ler.

- 3 Çalışma alanı düzenli olarak ıslak silme ile temizlenir.
 - (a) Temizlik sırasında basınçlı hava kullanılmamalıdır.
 - (b) Nanopartikül malzeme üzerinde fırça kullanılmamalıdır.
 - (c) Nanomalzemeler için yalnızca HEPA filtreli vakum temizleyiciler kullanılabilir.
- 4 Tüm kontrol gereçleri düzenli olarak denetlenmeli ve yıllık olarak test edilmelidir. Yerel cebri çekişli havalandırma sistemleri (*Local Exhaust Ventilation-LEV*) en az 14 ayda bir tetkik edilmelidir.
- 5 Serbest nanomalzemeleri içeren tüm malzemeler non-toksik ve çevresel olarak güvenli olduğu kanıtlanmadığı sürece tehlikeli atık olarak imha edilmelidirler.

4.1. Nanomalzemeler ile Çalışırken Uygulanabilecek Teknik Kontrol Önlemleri

Teknik kontrol önlemleri işyerinin gereksinimlerine bağlı olarak çeşitli olacaktır. Nanomalzemelerle çalışanlarda maruziyeti kontrol altına almak için bir metot kombinasyonu kullanmak gerekebilir. Tam kapalı veya kısmi kapalı/çeker ocak, nanomalzemelerin üretimi/sentezi veya tartımını içeren birçok işlem için uygulamaya elverişli olacaktır. Davlumbaz vb. sistemler veya toz tutucular, kompozit nanomalzemeleri kesme, testereleme ve cilalama için uygun olabilir. Tüm yerel cebri çekişli havalandırma (LEV) sistemleri yüksek standartlarda dizayn edilmelidir.

4.1.1. Yerel cebri çekişli havalandırma (LEV)

Kanallı çeker ocakta veya uygun etkili LEV kullanılarak, imha için paketleme işlemi dahil tüm görevler yerine getirilip, maruziyet kaynağında kontrol edilmelidir. Diğer tiplerdeki LEV' ler kullanılırken, proses mümkün olduğunca kapalı yürütölmeye çalışılır.

Kanalsız HEPA-filtreli güvenlik kabinleri ve resirkülasyon (yeniden dolaştırma) HEPA-filtreli mikrobiyolojik güvenlik kabinleri küçük miktarda (< 1 gr) CNT' ler için sıkı kontrol ve bakım altında tutularak her zaman etkili olduklarından emin olduğunda kullanılabilir.

4.1.2. CNTs ve diğer biyo-kalıcı HARNs için teknik kontroller

CNTs ve diğer biyokalıcı HARNs' la kullanım için: Çeker ocak çıkış havası HEPA-filtreli (H14 sınıfı) olmalı ve havalandırma deliği, dışarıda güvenli bir yere açılmalıdır. Çıkış havasının en az bir HEPA H14 filtresi ile uçucu nanomalzemeleri uzaklaştırmak üzere etkili bir şekilde filtrelendiği durumlarda, kesinlikle işyerine resürkilasyonu yapılmamalıdır.

4.2. Kontrol önlemlerinin bakımı, muayenesi ve testi

Kontrol önlemlerine yönelik aşağıdakiler sağlanmalıdır.

- Nanomalzemelere maruziyeti kontrol için alınan tüm önlemler etkili bir çalışma düzeninde ve iyi bir durumda sürdürölmelidir. (üreticilerden/tedarikçilerden gerekli bilgiler sağlanabilmelidir.)

- Yetkili kişi sıklıkla görsel kontroller yapar ve yeterli bakımı sağlamak için aletlerin periyodik bakımını yapar. Günlük, haftalık, aylık ve yıllık LEV kontrollerinin kayıtlarını tutar.
- Tüm LEV tesisatı her 14 ayda bir muayene ve test edilir (bu tür test kayıtları en az 5 yıl süreyle saklanır).
- Çalışanlar LEV' i kullanma ve kontrol etme konusunda eğitilmiş olmalı ve LEV' in bozulması durumunda kimi arayacaklarını bilmelidirler.

4.3. Kişisel koruyucu donanım (KKD)

Kişisel korucu donanım (KKD) kontrol önlemlerinin bir parçası olarak, alınabilecek tüm önlemler alındığı halde yeterli kontrol sağlanamadığında kullanılır. Koruyucu donanım yalnızca kullanan kişiyi korur. KKD' ler, kontrol ve bakımı yapılmadığı durumda maruziyete karşı koruma sağlamayacaktır. Kullanıcılar KKD' leri nasıl kullanmaları ve muhafaza etmeleri gerektiğini bilmelidir.

KKD tedarikçileri ve ticari kurumları KKD' lerin doğru kullanımıyla ilgili bilgi verebilir.

4.3.1. Koruyucu giysiler

Nanomalzemelerle çalışırken, polyester/pamuk veya pamuktan imal edilmiş laboratuvar ceketleri veya önlükleri kullanılabilir. Bununla beraber bunların temizliğiyle ilgili gerekli önlemler alınmalı, kirli olanlar çalışanlarda veya işyerinde kontaminasyona neden olmayacak şekilde kaldırılmalıdır.

4.4. Kontrol önlemleri için kontrol listesi

	EVET	HAYIR
Prosesinizi kirleticilerin yayılımını en düşük seviyede tutmak üzere dizayn edip yürütüyor musunuz?		
Tüm maruziyet yolları üzerine düşündünüz mü-solunum, deri veya yutma?		
Kontrol tedbirlerini madde miktarına göre ve vücuda nasıl girdiği ve nasıl zarar verebileceğini göz önüne alarak mı seçtiniz?		
Önlemlerin etkili, kullanımı kolay ve çalışmaya uygun olduğundan emin misiniz?		
KKD kullanımına gerek var mı?		
Çalışmaya devam etmek için düzenli olarak önlemleri kontrol edip kayıt tutuyor musunuz?		
İşçilere tehlikeler hakkında ve kontrol önlemlerini doğru bir şekilde nasıl uygulayacaklarına yönelik bilgilendirmede bulundunuz mu?		
Değişiklikler yaparken genel sağlık ve güvenlik risklerini arttırmaktan kaçınıyor musunuz?		

4.5.Gözlemeleme

Gözlemeleme, potansiyel maruziyetin meydana gelip gelmediğini ve teknik kontrollerin yeterli olup olmadığını değerlendirmek açısından önemlidir. Günümüzde işyerinde uçucu nanomalzemelere karşı önlem amaçlı herhangi bir ölçüt veya metot üzerinde fikir birliğine varılmamıştır. Geniş gerçek-zaman ölçümlerine dayalı örnekleme stratejileri ve tasarılanmış nanopartiküllerin çevrimdışı karakterizasyonu tanımlanmıştır. (www.hse.gov.uk/nanotechnology/forms.htm). Gelişmiş ekipman kullanılarak geniş gözleme dayalı işyeri maruziyet ölçüm araştırmaları, eğitim ve uzman bilgisi gerektirir. Günümüzde nanomalzemeler için gözetim yapılmadan önce uzman görüşü almak gereklidir. (www.hse.gov.uk/nanotechnology/when-to-monitor.htm)

4.6.Döküntüleri temizleme

Kullanım sonrası veya dökülmeyi takiben, yağ-süpürme ile çalışma alanı ve tüm aletler tamamen temizlenmelidir. Temizlik esnasında:

- Fırçalama yapılmamalı,
- Temizlik için basınçlı hava kullanılmamalı,
- Standart vakum temizleyici kullanılmamalı,

Vakum temizleyici, pratik olarak kullanılabilir tek temizlik ekipmanı olduğu durumda HEPA-filtreli olmalı ve filtre tehlikeli atık olarak nanomalzeme tozu içeren yerlerde kontrol altına alınmış şartlarda düzenli olarak değiştirilmelidir. Temizleyici yalnızca bu iş için kullanılmalı ve kullanım ömrü sona erdiğinde önlemsel yaklaşım takip edilerek tehlikeli atık gibi muamele edilmelidir.

Dökülme, kaza ve acil durumlar için acil durum prosedürleri olmalıdır.

4.7. Nanomalzemeler için işyerinde kullanılan işaretler

Günümüzde nanomalzemelere yönelik kullanılacak güvenlik işaretleri için standart bir yaklaşım bulunmamaktadır fakat her türlü potansiyel tehlike için uygun spesifik risk ve güvenlik deyimleri kullanılması konusunda dikkatli olunmalıdır.

Uygun tehlike etiketleri, işaretleri veya resimli diyagramları malzeme için mevcut tehlike bilgisine dayalı olmalıdır. Mevcut bir bilgi olmadığında işaretleme için önlemsel yaklaşım uygulanmalıdır.

5. Nanomalzemelerin işyerinde ve işyeri dışında taşınması

Nanomalzemeler, öngörülebilir etkilere karşı koyabilen ikincil bir muhafaza içinde (sağlam plastik dış muhafaza içindeki şişeler gibi), mühürlü, sağlam, etiketli muhafaza kaplarında taşınmalıdırlar.

5.1.Nanomalzemelerin işyeri dışına tedariki

Nanomalzemeleri başka bir yere tedarik ederken, malzemenin sağlık ve güvenlik bilgileri sağlanmış olmalıdır. Bu bilgi miktar/yüzde veya konsantrasyon gösterimi ile birlikte malzemede nanomalzeme bulunduğu dair bir uyarı içermelidir. Bu uyarı, nanomalzeme alan insanları

dikkatli hale getirmesi açısından önemlidir. Aynı zamanda kimyasallarla ilgili tüm yasal yükümlülöklere de riayet edilmelidir.

6. Bilgi, talimat ve eğitim

İşverenler, nanomalzemelere maruz kalan tüm çalışanlara sağlıkları için söz konusu potansiyel riskleri ve alınması gereken önlemleri veya maruziyeti minimize etmeyi öğrenmeleri için gerekli bilgiler, talimatlar ve eğitimler vermeli ve özellikle yeni başlayan tecrübesiz işçiler için yeterli denetimi sağlamalıdır.

Eğitim, kontrol önlemlerinin nasıl alınması gerektiğini detaylandırmalıdır. İşçilere, kontrol önlemleri ile ilgili gördükleri herhangi bir hatayı amirlerine bildirmeleri söylenmelidir.

Solunum maskesi kullanılan durumlarda maskenin işçilere tam olarak oturup oturmadığı kontrol edilmeli ve işçilere maskelerin nasıl muhafaza edileceği, kullanılacağı veya tek kullanımlık ise nasıl atılacağı net bir şekilde anlatılmalıdır.

Bilgi, talimat ve eğitim işçilerin;

- maruziyet sonucu oluşan sağlık risklerini anlamasını;
- sağlanan kontrol önlemlerini etkili bir şekilde kullanmasını;
- gerekli olduğunda etkili bir şekilde KKD kullanabilmesini sağlamalıdır.

Sağlanan bilgi, talimat ve eğitimlerin tüm kayıtları şirket için çalıştıkları müddetçe her işçi için muhafaza edilmelidir.

7. Beceri, deneyim ve yeterlilik

Sağlık gözetimini veya kontrol önlemlerini tasarlayan, kuran, bakımını yapan ve test eden kişinin gerekli yeterliliğe sahip olduğundan emin olunmalıdır. Ekipman veya servis sağlayıcısının yeterliliği aşağıdakine benzer sorularla değerlendirilebilir:

- Bu tür bir işi daha önce yaptınız mı?
- Yeterlilikleriniz nelerdir?
- Profesyonel bir organizasyona dahil misiniz?
- Özel müşterilerinizle konuşabilir miyim?

İdeal olarak, endüstriye hakim, yaptığı işte başarı sağlamış birisinden hizmet alımı tercih edilmelidir.

8. Çalışan katılımı

Çalışma şekillerinin uygun olduğundan emin olmak için kontrol önlemlerini geliştirme sürecine çalışanlar da dahil edilir. Çalışanlar yeni fikirler önerme ve yanlış olduğunu düşündükleri şeyleri bildirme konusunda cesaretlendirilmelidirler.

Kaynak-*Using nanomaterials at work-HSE.*