

ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ: ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ

Ο τομέας της νανοτεχνολογίας εξελίσσεται ραγδαία και η χρήση νανοϋλικών γίνεται πιο συχνή, τόσο στην καθημερινή μας ζωή όσο και στους χώρους εργασίας μας. Αυτό σημαίνει ότι περισσότεροι εργαζόμενοι που εκτελούν εργασίες συντήρησης μπορεί να εκτίθενται σε νανοϋλικά. Παρά τη συνεχή έρευνα, ο τομέας της νανοτεχνολογίας αναπτύσσεται με ταχύτερο ρυθμό από την παραγωγή γνώσης σχετικά με τις επιδράσεις των νανοϋλικών στην υγεία και την ασφάλεια. Υπάρχουν πολλές ακόμη άγνωστες μεταβλητές, γεγονός που εγείρει ερωτηματικά αναφορικά με την αξιολόγηση των κινδύνων για την Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία (ΕΑΥ).

Στο παρόν ηλεκτρονικό δελτίο παρουσιάζονται οι συνθήκες υπό τις οποίες μπορεί να έρχονται σε επαφή με νανοϋλικά οι εργαζόμενοι που αναλαμβάνουν εργασίες συντήρησης και παρέχονται πληροφορίες για τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την πρόληψη δυνητικών εκθέσεων.

1 Εισαγωγή

1.1 Τι είναι τα νανοϋλικά;

Ως νανοϋλικά νοούνται τα υλικά που περιέχουν σωματίδια τα οποία έχουν μία ή περισσότερες διαστάσεις μεταξύ 1 nm — 100 nm ⁽¹⁾, είναι δηλαδή συγκρίσιμα σε μέγεθος με τα άτομα και τα μόρια. Μπορεί είτε να απαντούν ελεύθερα στη φύση, όπως αυτά που προέρχονται από την τέφρα των ηφαιστειών, είτε να αποτελούν ακούσια συνέπεια της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως αυτά που περιέχονται στα καυσαέρια κινητήρων ντίζελ. Ωστόσο, το παρόν ηλεκτρονικό δελτίο επικεντρώνεται στον μεγάλο αριθμό νανοϋλικών που κατασκευάζονται και διατίθενται στην αγορά σκοπίμως.

Τα νανοϋλικά μπορούν να σχηματίζουν συμπήγματα ή συσσωματώματα που μπορεί μεν να είναι μεγαλύτερα από 100 nm, αλλά όταν αποσυντίθενται αποδεσμεύουν νανοϋλικά. Επομένως, σε κάθε εκτίμηση κινδύνου που αφορά νανοϋλικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και αυτά τα συμπήγματα/συσσωματώματα.

Οι ειδικές (καινοτόμες) ιδιότητες των τεχνητά κατασκευασμένων (ή, αλλιώς, τεχνολογικά επεξεργασμένων) νανοϋλικών επιφέρουν πολλά οφέλη σε πολυάριθμες εφαρμογές. Τα τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά μπορεί να χρησιμοποιούνται είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό με άλλα υλικά με σκοπό, για παράδειγμα:

1. τη μικρογράφηση (π.χ. ηλεκτρονικού εξοπλισμού),
2. τη μείωση του βάρους (ως αποτέλεσμα της αύξησης της αποδοτικότητας του υλικού), και
3. τη βελτίωση των ιδιοτήτων των υλικών (π.χ. μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, αγωγιμότητα, θερμική σταθερότητα, διαλυτότητα, μικρότερη τριβή).

⁽¹⁾ Σύμφωνα με τη σύσταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [1]:

Ως «νανοϋλικό» νοείται «φυσικό, περιστασιακό ή μεταποιημένο υλικό που περιέχει σωματίδια, σε μη δεσμευμένη μορφή ως συμπήγμα ή συσσωμάτωμα και εφόσον, σύμφωνα με την κατανομή των αριθμητικών μεγεθών, τουλάχιστον το 50% των σωματιδίων έχει μία ή περισσότερες εξωτερικές διαστάσεις εντός της κλίμακας μεγέθους 1 nm — 100 nm. Η κατά μέγεθος κατανομή υλικού εκφράζεται ως αριθμός αντικειμένων εντός δεδομένου εύρους μεγέθους, διαιρούμενος με τον συνολικό αριθμό αντικειμένων.»

- «Σε ειδικές περιπτώσεις και όπου αυτό δικαιολογείται από ανησυχίες σχετικές με το περιβάλλον, την υγεία, την ασφάλεια ή την ανταγωνιστικότητα, το κατώτατο όριο 50% της κατανομής αριθμητικών μεγεθών ενδέχεται να υποκατασταθεί από κατώτατο όριο μεταξύ 1 και 50%.

- «Κατά παρέκκλιση των ανωτέρω, πρέπει να θεωρούνται ως νανοϋλικά τα φουλλερένια, οι νιφάδες γραφενίου και οι νανοσωλήνες άνθρακα μονού τοιχώματος με περισσότερες της μιας εξωτερικές διαστάσεις κάτω του 1 nm.»

Τα είδη των τεχνολογικά επεξεργασμένων νανοϋλικών που μπορεί να απαντώνται σε χώρους εργασίας εξαρτώνται από τα είδη των διεργασιών που εκτελούνται, τα είδη των προϊόντων που παράγονται και τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ή ως τεχνολογικές βοηθητικές ουσίες.

1.2 Συντήρηση

Η τακτική συντήρηση είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας του εξοπλισμού, των μηχανημάτων, των κτιρίων και των υποδομών (όπως είναι οι γέφυρες και οι σήραγγες), καθώς και του περιβάλλοντος εργασίας. Οι εργασίες συντήρησης περιλαμβάνουν μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων σε τομείς και εργασιακά περιβάλλοντα που είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ τους. Η συντήρηση περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, εργασίες σέρβις, επισκευής, επιθεώρησης, δοκιμής, ρύθμισης ή αντικατάστασης εξαρτημάτων και μπορεί να προϋποθέτει, για παράδειγμα, το άνοιγμα κλειστών συστημάτων παραγωγής, την αλλαγή φίλτρων, την αφαίρεση χρωμάτων, την αποξείδωση με αμμοβολή, το τρόχισμα, τη λείανση, την εφαρμογή πληρωτικών υλικών, τη βαφή, τη μόνωση και την επισκευή δικτύων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου ή ύδρευσης. Δεδομένου ότι συντήρηση διενεργείται ως ένα βαθμό σε όλους τους τομείς και όλους τους χώρους εργασίας, οι εργαζόμενοι που εκτελούν τις σχετικές εργασίες είναι πιθανόν να εκτίθενται περισσότερο από άλλους εργαζόμενους σε ευρύ φάσμα επαγγελματικών κινδύνων.



Φωτογραφία: Dovile Cizaite

Η συντήρηση μπορεί να είναι είτε προληπτική - για την αποτροπή μηχανικών ή δομικών βλαβών και μη ασφαλών συνθηκών στο χώρο εργασίας - ή κατασταλτική - για την επισκευή εξοπλισμού ή δομικών στοιχείων. Οι δραστηριότητες συντήρησης μπορεί επομένως να αποτελούν κομμάτι της καθημερινής ρουτίνας ενός εργαζομένου, όπως για παράδειγμα ο καθαρισμός και ο έλεγχος ενός πιστολιού ψεκασμού στο τέλος της εργάσιμης μέρας, ή ειδικές δραστηριότητες που διενεργούνται όταν ο εξοπλισμός ή τα μηχανήματα παρουσιάζουν δυσλειτουργίες. Οι εργασίες συντήρησης μπορεί να είναι η κύρια δραστηριότητα εργαζομένων στον κατασκευαστικό τομέα.

Χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη συντήρηση και την EAY διατίθενται στον δικτυακό τόπο του EU-OSHA στη διεύθυνση <https://osha.europa.eu/el/topics/maintenance>.

1.3 Νανοϋλικά και εργασίες συντήρησης

Αν και η νανοτεχνολογία είναι ένας σχετικά νέος κλάδος, τα νανοϋλικά χρησιμοποιούνται ήδη σε πολυάριθμες εφαρμογές λόγω των ειδικών ιδιοτήτων τους. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα έκθεσης σε νανοϋλικά κατά τις εργασίες συντήρησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε αυξανόμενο αριθμό τομέων και χώρων εργασίας.

Καθώς λοιπόν ο αριθμός των βιομηχανικών προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά αυξάνεται, αυξάνονται και οι πιθανότητες να χρειάζεται οι εργαζόμενοι να εκτελούν εργασίες συντήρησης στα προϊόντα αυτά και, ενδεχομένως, να εκτίθενται σε νανοϋλικά. Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά είναι τα αυτοκίνητα, τα ελαστικά χαμηλής αντίστασης κύλισης, ηλεκτρολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός, όπως αισθητήρες και ηλεκτρονικά υψηλής απόδοσης, εξοπλισμός παραγωγής ενέργειας, όπως συστήματα επαναφορτίσιμων μπαταριών υψηλής ισχύος ή έξυπνα ηλιακά πλαίσια λεπτού υμενίου (thin-film). Νανοϋλικά μπορεί να περιέχουν και τα ίδια τα κτίρια.

Επιπλέον, στη αγορά διατίθεται όλο και μεγαλύτερος αριθμός προϊόντων συντήρησης που περιέχουν τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά και χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση εργασιών συντήρησης, όπως λιπαντικά, υλικά επιστρώσεων ή συγκολλητικά. Εάν δεν λαμβάνονται επαρκή μέτρα πρόληψης, μπορεί και αυτά να έχουν ως αποτέλεσμα την έκθεση εργαζομένων σε νανοϋλικά.

Από την άλλη πλευρά, ορισμένες εφαρμογές τεχνολογικά επεξεργασμένων νανοϋλικών μπορεί να προσφέρουν μεγάλα οφέλη στους εργαζόμενους που εκτελούν εργασίες συντήρησης από την άποψη της ΕΑΥ, όπως για παράδειγμα τα έξυπνα χρώματα που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό ρωγμών ή διάβρωσης σε χρωματισμένες επιφάνειες. Τα έξυπνα χρώματα περιέχουν νανοσωλήνες άνθρακα που είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Η αγωγιμότητά τους επηρεάζεται από την παρουσία τέτοιων ελαττωμάτων στην επιφάνεια και έτσι τα χρώματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό μικροσκοπικών δομικών προβλημάτων, για παράδειγμα σε γέφυρες ή ανεμογεννήτριες, καταργώντας έτσι την ανάγκη εκτέλεσης εργασιών σε ύψος για τον έλεγχο τέτοιων κατασκευών.

2 Κίνδυνοι από τα νανοϋλικά για την ΕΑΥ των εργαζομένων που εκτελούν εργασίες συντήρησης

Μπορεί τα νανοϋλικά να προσφέρουν πολυάριθμα οφέλη, κάποια από αυτά όμως μπορεί να είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια [2–4] και να θέτουν τους εργαζόμενους που εκτελούν εργασίες συντήρησης σε κίνδυνο.

2.1 Κίνδυνοι και οδοί έκθεσης

Κίνδυνοι για την ασφάλεια μπορεί να προκύψουν από την υψηλή εκρηκτικότητα, ευφλεκτότητα και καταλυτική δυναμική ορισμένων νανοσκονών (νανοσωματιδίων υπό μορφή σκόνης), και ιδίως μεταλλικών νανοσκονών.

Τα νανοϋλικά μπορεί να έχουν ευρύ φάσμα δυναμικών τοξικών επιδράσεων, ακόμη κι αν αυτό δεν ισχύει για το ίδιο υλικό σε μακροσκοπική κλίμακα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μικρό μέγεθός τους, αλλά εξαρτάται κι από το σχήμα, τη χημική φύση, την κατάσταση της επιφάνειας (π.χ. εμβασμόν της επιφάνειας, τροποποίηση της επιφάνειας, επεξεργασία της επιφάνειας), την κατάσταση σύμπτυξης/συσσωμάτωσης κ.λπ. των σωματιδίων [3, 4].

Υπό φυσιολογικές συνθήκες περιβάλλοντος, τα νανοϋλικά μπορούν να σχηματίζουν συμπήγματα ή συσσωματώματα μεγαλύτερα των 100 nm, γεγονός που επιφέρει μεταβολή (αλλά όχι κατ'ανάγκη και απώλεια) των ειδικών ιδιοτήτων τους ως νανοϋλικών. Τα νανοϋλικά μπορεί, ωστόσο, να αποδεσμεύονται από συμπήγματα με χαλαρούς δεσμούς και, υπό ορισμένες συνθήκες, ακόμη και από συσσωματώματα με ισχυρούς δεσμούς. Το ενδεχόμενο να μπορεί να συμβεί κάτι τέτοιο στο πνευμονικό υγρό μετά την εισπνοή τέτοιων συμπηγμάτων ή συσσωματωμάτων τελεί υπό διερεύνηση [3, 4]. Επομένως, σε κάθε εκτίμηση κινδύνου χώρου εργασίας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα συμπήγματα και τα συσσωματώματα που περιέχουν νανοϋλικά.

Ο μηχανισμός εσωτερικής έκθεσης, μετά την είσοδο των νανοϋλικών στο σώμα, μπορεί να περιλαμβάνει την περαιτέρω απορρόφηση, διασπορά και μεταβολισμό τους. Κάποια νανοϋλικά βρέθηκαν, για παράδειγμα, στους πνεύμονες, στο συκώτι, στους νεφρούς, στην καρδιά, στα αναπαραγωγικά όργανα, σε έμβρυα, στον εγκέφαλο, στον σπλήνα, στον σκελετό και σε μαλακούς ιστούς [5]. Υπάρχουν αναπάντητα ερωτήματα αναφορικά με τη βιοσυσσώρευση των νανοϋλικών και τους μηχανισμούς αποβολής από τα κύτταρα και τα όργανα. Ένα ακόμη ζήτημα είναι ότι ακόμη και ένα νανοϋλικό που το ίδιο δεν είναι τοξικό μπορεί να λειτουργήσει ως δούρειος ίππος, δηλαδή κάποιο υλικό μεγαλύτερης τοξικότητας μπορεί να προσκολληθεί πάνω του και να το χρησιμοποιήσει για να εισέλθει στα όργανα ή τα κύτταρα του σώματος [6].

Οι πιο σημαντικές επιπτώσεις των νανοϋλικών παρατηρούνται στους πνεύμονες και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων φλεγμονή, βλάβη των ιστών, οξειδωτικό στρες, χρόνια τοξικότητα, κυτταροτοξικότητα πνευμονική ίνωση και δημιουργία όγκων. Κάποια νανοϋλικά μπορεί να προσβάλλουν και το καρδιαγγειακό σύστημα. Οι δυναμικά επικίνδυνες ιδιότητες των τεχνολογικά επεξεργασμένων νανοϋλικών αποτελούν αντικείμενο συνεχούς έρευνας [3, 4].

Παραδείγματα νανοϋλικών στα οποία μπορεί να εκτίθενται οι εργαζόμενοι που εκτελούν εργασίες συντήρησης και των κινδύνων που ενέχουν για την υγεία παρατίθενται στον πίνακα 1. Τα νανοϋλικά αυτά σχετίζονται ιδιαίτερα με τη συντήρηση καθώς χρησιμοποιούνται σε χρώματα, απολυμαντικά, καθαριστικά ή άλλα προϊόντα που χρησιμοποιούνται συχνά κατά τις εργασίες συντήρησης.

Πίνακας 1: Παραδείγματα νανοϋλικών στα οποία μπορεί να εκτίθενται οι εργαζόμενοι που εκτελούν εργασίες συντήρησης και των δυνητικών κινδύνων που ενέχουν για την υγεία

Είδος νανοϋλικού	Κίνδυνοι για την υγεία
Νανοσωματίδια αργύρου	<p>Η χρήση νανοσωματιδίων αργύρου αποτελεί δυνητικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία [8] και η Επιστημονική Επιτροπή για τους Αναδυόμενους και τους Πρόσφατα Εντοπιζόμενους Κινδύνους για την Υγεία (SCENIHR) της ΕΕ κλήθηκε να καταθέσει επιστημονική γνωμοδότηση σχετικά με τις επιπτώσεις του νανοαργύρου στην υγεία και την ασφάλεια και τον ρόλο του στη μικροβιακή αντοχή [9].</p> <p>Υπάρχουν ανησυχίες ότι τα νανοσωματίδια αργύρου μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία, όπως αλλεργίες [10], πνευμονικά οιδήματα [11], και αργυρίαση (δηλ. φαιός ή φαιοκυανός αποχρωματισμός ή μαύρη χρώση του δέρματος, των νυχιών, των οφθαλμών, των βλεννογόνων ή των εσωτερικών οργάνων από απόθεση αργύρου), που είναι μη αναστρέψιμες και ανίατες [12]. Παρατηρήθηκε επίσης σε αρουραίους ότι τα νανοσωματίδια αργύρου μπορεί να φτάσουν στον εγκέφαλο μέσω του ανώτερου αναπνευστικού [13].</p>
Νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου (TiO ₂)	<p>Τα σωματίδια διοξειδίου του τιτανίου, όταν εισπνέονται, έχουν χαρακτηριστεί από το Διεθνές Κέντρο Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) ως πιθανώς καρκινογόνα για τον άνθρωπο (καρκινογόνο ομάδας 2B) [14]. Το Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας των ΗΠΑ (NIOSH) συνιστά χαμηλότερο όριο έκθεσης για τα πολύ λεπτά σωματίδια TiO₂: 0,3 mg/m³ για τα νανοσωματίδια TiO₂ (< 100 nm), έναντι 2,4 mg/m³ για τα λεπτά σωματίδια (> 100 nm) [15].</p>
Νανοσωματίδια πυριτίας	<p>Οι υπάρχουσες μελέτες για την τοξικότητα της νανοπυριτίας βασίζονται στις επιδράσεις της πυριτίας στην υγεία σε έκθεση μέσω της αναπνευστικής οδού, μετά από οξεία ή υποξεία έκθεση. Μερικές από τις αναφερθείσες επιπτώσεις για την υγεία είναι πνευμονική φλεγμονή, σχηματισμός κοκκιώματος και εστιακό εμφύσημα [16].</p>

Οι κυριότερες πιθανές οδοί έκθεσης σε νανοϋλικά στον χώρο εργασίας είναι τρεις [2, 3, 6, 17–19]:

- Η **εισπνοή** είναι η συνηθέστερη οδός έκθεσης σε αιωρούμενα νανοσωματίδια στον χώρο εργασίας. Τα εισπνεόμενα νανοσωματίδια μπορεί να επικαθίσουν στην αναπνευστική οδό και τους πνεύμονες ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθός τους. Μετά την εισπνοή μπορεί να διασχίσουν το πνευμονικό επιθήλιο, να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος και να φτάσουν σε άλλα όργανα και ιστούς. Κάποια εισπνεόμενα νανοσωματίδια διαπιστώθηκε ότι έφτασαν μέχρι και τον εγκέφαλο μέσω του οσφρητικού νεύρου.
- Η **κατάποση** μπορεί είναι το αποτέλεσμα ακούσιας μεταφοράς από επιμολυσμένες επιφάνειες μέσω των χεριών, ή της κατανάλωσης επιμολυσμένων τροφίμων ή νερού. Μπορεί επίσης να υπάρξει κατάποση ως συνέπεια της εισπνοής νανοϋλικών, καταπίνοντας τα εισπνεόμενα σωματίδια που απομακρύνονται από την αναπνευστική οδό μέσω της βλεννοκροσσωτής κάθαρσης. Μετά την κατάποση κάποια νανοϋλικά μπορεί να διασχίσουν το εντερικό επιθήλιο, να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος και να φτάσουν σε άλλα όργανα και ιστούς.
- Η **δερματική** διείσδυση παραμένει υπό διερεύνηση [2, 18]. Το ανέπαφο δέρμα φαίνεται να αποτελεί αποτελεσματικό φραγμό κατά της πρόσληψης νανοϋλικών [20]. Εάν έχει επέλθει λύση της συνέχειάς του, το δέρμα φαίνεται να είναι λιγότερο αποτελεσματικό, αλλά το επίπεδο της πρόσληψης είναι πιθανόν να είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της εισπνοής [20]. Παρόλ' αυτά, η επαφή με το δέρμα πρέπει να προλαμβάνεται και να ελέγχεται.

Το ενδεχόμενο έκθεσης επομένως εξαρτάται κυρίως από την πιθανότητα τα νανοϋλικά να περιέλθουν σε αιωρούμενη μορφή. Από την άποψη αυτή, όσα βρίσκονται σε μορφή σκόνης ή αερολύματος είναι πιθανότερο να αποτελέσουν πηγή κινδύνου από ό,τι όσα βρίσκονται σε μορφή εναιωρήματος σε υγρά, πάστες, κοκκώδη ή σύνθετα υλικά. Με τη σειρά τους, τα νανοϋλικά που περιέχονται σε υγρά αποτελούν μεγαλύτερη πηγή κινδύνου σε σχέση με τις δεσμευμένες ή σταθερές νανοδομές, όπως εκείνες μιας πολυμερούς μήτρας [21].

2.2 Δραστηριότητες συντήρησης που ενέχουν κίνδυνο έκθεσης σε νανοϋλικά

Οι εργαζόμενοι που εκτελούν εργασίες συντήρησης μπορεί να εκτίθενται σε τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- κατά τη χρήση υλικών συντήρησης που περιέχουν νανοϋλικά,
- κατά τη συντήρηση εγκαταστάσεων στις οποίες υπάρχει παρουσία νανοϋλικών, για παράδειγμα σε μια γραμμή παραγωγής στην οποία χρησιμοποιούνται ή υποβάλλονται σε επεξεργασία νανοϋλικά ή προϊόντα που περιέχουν νανοϋλικά, και όταν τα εν λόγω νανοϋλικά έχουν, για παράδειγμα, επικαθίσει στις επιφάνειες των εγκαταστάσεων στις οποίες γίνεται συντήρηση, και
- όταν κατά την ίδια τη διαδικασία συντήρησης παράγονται νανοϋλικά, για παράδειγμα κατά την εκτέλεση εργασιών τροχίσματος ή στίλβωσης.

Στον πίνακα 2 παρατίθενται παραδείγματα προϊόντων τα οποία μπορεί να χρησιμοποιούν, να χειρίζονται ή να επεξεργάζονται εργαζόμενοι που εκτελούν εργασίες συντήρησης και περιέχουν νανοϋλικά στα οποία μπορεί να εκτίθενται κατά την εκτέλεση των εργασιών αυτών.

Πίνακας 2: Παραδείγματα προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά και χρησιμοποιούνται σε εργασίες συντήρησης

Κύρια είδη νανοϋλικών	Παραδείγματα προϊόντων που χρησιμοποιούνται κατά τη συντήρηση
Διοξειδίο του τιτανίου (TiO ₂)	Χρώματα, αντιβακτηριδιακές επιστρώσεις, καθαριστικά προϊόντα, πλακίδια, επιστρώσεις τοίχων, επιστρώσεις παραθύρων που απωθούν τη σκόνη, επιστρώσεις αυτοκινήτων (όλα αυτά τα προϊόντα εκμεταλλεύονται τις αποστειρωτικές, αποσμητικές, αντιθαμβωτικές και αυτοκαθαριστικές ιδιότητες που έχει το TiO ₂ σε επίπεδο νανοκλίμακας), και στο γυαλί λόγω της ιδιότητάς του να αλλάζει χρώμα όταν εκτίθεται στο φως [6, 22–24]
Πυριτία (SiO ₂)	Χρώματα, σκυροδέματα και καθαριστικά προϊόντα [6, 23]
Νανοσωματίδια αργύρου	Χρησιμοποιούνται ως βιοκτόνα σε βαφές/χρώματα και βερνίκια, πολυμερή, νιπτήρες και κεραμικά είδη υγιεινής, καθώς και σε διάφορες εφαρμογές σε καταναλωτικά προϊόντα, όπως τα απολυμαντικά και τα καθαριστικά προϊόντα [6]
Νανοσωλήνες άνθρακα	Χρώματα [23], ελαφρές κατασκευές
Αιθάλη	Χρωστικές
Καρβίδια (π.χ. WC, TiC, SiC), νιρίδια (π.χ. TiN, CrN), μέταλλα (π.χ. W, Ti, Mo) ή κεραμικά (π.χ. Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃)	Επιστρώσεις με τριβολογικές ιδιότητες που εφαρμόζονται στην επιφάνεια ενός συστατικού για τον έλεγχο της τριβής και της φθοράς του [25]

Κύρια είδη νανοϋλικών	Παραδείγματα προϊόντων που χρησιμοποιούνται κατά τη συντήρηση
Οξειδία του σιδήρου	Πρόσθετα σε συγκολλητικά, συνθέσεις που επιτρέπουν τη συγκόλληση και την αποκόλληση κατ' εντολή (on command) [25]
Διοξειδίο του ζirkονίου	Πρόσθετα τσιμέντου, πρόσθετα πλαστικών
Οξειδία του χαλκού	Συντηρητικά ξύλου
Νανοσωματίδια χρυσού	Αυτοκίνητα και λιπαντικά [26]

Στις δραστηριότητες συντήρησης που μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την έκθεση εργαζομένων σε νανοϋλικά συγκαταλέγονται οι εξής:

- **Χρήση υγρών προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά:**
 - χειρισμός υγρών προϊόντων (π.χ. λιπαντικά, χρώματα, επιστρώσεις, συγκολλητικά) ή τον καθαρισμό διαρροών, που μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τη δερματική έκθεση μη προστατευμένου δέρματος,
 - σε κάποιες περιπτώσεις, οι δραστηριότητες συντήρησης περιλαμβάνουν την παρασκευή υγρών προϊόντων και αυτό μπορεί να περιλαμβάνει εργασίες μετάγγισης ή ανάμιξης. Η έντονη ανάδευση που μπορεί να περιλαμβάνουν οι εργασίες αυτές δημιουργεί αερολύματα τα οποία μπορεί να εισπνευστούν (και εν συνεχεία να καταποθούν εν μέρει) ή να επικαθίσουν σε μη προστατευμένο δέρμα, με αποτέλεσμα τη δερματική έκθεση,
 - ο ψεκασμός, για παράδειγμα, μιας μονωτικής νανοεπίστρωσης ή ενός νανοχρώματος, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εισπνοή, την κατάποση ή τη δερματική έκθεση, και
 - ο ψεκασμός υγρού εύφλεκτου νανοϋλικού αυξάνει επίσης τον κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς.
- **Χρήση σκονών που περιέχουν νανοϋλικά:**
 - κατά τον χειρισμό (π.χ. ζύγιση, μετάγγιση ή ανάμιξη) σκονών που περιέχουν νανοϋλικά για την προετοιμασία προϊόντων που απαιτούνται στο πλαίσιο δραστηριοτήτων συντήρησης μπορεί να δημιουργηθούν αιωρούμενα νανοσωματίδια με αποτέλεσμα τη δερματική έκθεση, εισπνοή και κατάποση νανοϋλικών.
- **Χρήση δεσμευμένων ή σταθερών νανοδομών (πολυμερείς μήτρες):**
 - η μηχανουργική κατεργασία, η λείανση, οι εργασίες διάτρησης και κάθε άλλη δραστηριότητα που μπορεί να φθείρει τη δομή της μήτρας μπορεί να προκαλέσει την ελευθέρωση νανοσωματιδίων στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τη δερματική διείσδυση, εισπνοή ή κατάποση νανοσωματιδίων. Τα νανοϋλικά που περιέχονται στη μήτρα που υφίσταται τη φθορά δεν αποδεσμεύονται κατ' ανάγκη ως πρωτογενή σωματίδια καθώς μπορεί να είναι χημικώς δεσμευμένα σε άλλα σωματίδια του αερολύματος που εκλύεται κατά τη διαδικασία. Ωστόσο είναι πιθανόν τα εν λόγω δεσμευμένα νανοσωματίδια να αποκολληθούν από τα σωματίδια του αερολύματος αφού εισπνευστούν και έτσι να ελευθερωθούν στο σώμα.
- **Συντήρηση εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ή επεξεργασία νανοϋλικών ή προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά:**
 - μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αποδέσμευση νανοϋλικών, ενίοτε τυχαία, με πιθανό κίνδυνο δερματικής έκθεσης, εισπνοής και κατάποσης.
- **Καθαρισμός συστημάτων συλλογής σκόνης που χρησιμοποιούνται για τη δέσμευση νανοϋλικών:**
 - μπορεί να εκθέσει τους εργαζόμενους σε επικαθίμενα ή αιωρούμενα νανοσωματίδια, που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα δερματική έκθεση, εισπνοή και κατάποση.
- **Καθαρισμός διαρροών νανοϋλικών:**
 - μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα δερματική έκθεση, εισπνοή και κατάποση.
- **Μεταφορά και διάθεση απόβλητων υλικών που περιέχουν νανοϋλικά:**
 - μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα δερματική έκθεση, εισπνοή και κατάποση.

Επιπλέον, η διασπορά νανοσκονών στην ατμόσφαιρα αυξάνει τον κίνδυνο έκρηξης ή φωτιάς.

Το επίπεδο έκθεσης αυξάνει εάν οι δραστηριότητες διενεργούνται σε περιορισμένους χώρους, όπως δεξαμενές, χωρίς κατάλληλα μέτρα ελέγχου.

3 Πρόληψη

Σύμφωνα με την οδηγία 89/391/ΕΟΚ της ΕΕ [5], οι εργοδότες οφείλουν να διενεργούν τακτικά αξιολογήσεις κινδύνων στους χώρους εργασίας και να λαμβάνουν επαρκή μέτρα πρόληψης. Τούτο ισχύει επίσης και για τους δυνητικούς κινδύνους των νανοϋλικών στον χώρο εργασίας. Επίσης, η οδηγία 98/24/ΕΚ σχετικά με την έκθεση σε χημικούς παράγοντες κατά την εργασία [27] επιβάλλει πιο αυστηρές διατάξεις για τη διαχείριση των κινδύνων που οφείλονται στην έκθεση σε χημικές ουσίες κατά την εργασία, οι οποίες ισχύουν και για τα νανοϋλικά δεδομένου ότι αυτά εμπίπτουν στον ορισμό των «χημικών ουσιών». Επίσης, εάν ένα νανοϋλικό, ή το υλικό της ίδιας σύστασης σε μακροσκοπική κλίμακα, είναι καρκινογόνο ή μεταλλαξιογόνο, πρέπει να πληρούνται οι διατάξεις της οδηγίας 2004/37/ΕΚ σχετικά με την έκθεση σε καρκινογόνους ή μεταλλαξιογόνους παράγοντες κατά την εργασία [28]. Σε κάθε περίπτωση σε επίπεδο εθνικής νομοθεσίας μπορεί να ισχύουν αυστηρότερες διατάξεις και πρέπει να γίνεται σχετική έρευνα.

Δεδομένου ότι τα νανοϋλικά θεωρούνται χημικές ουσίες, τυγχάνουν επίσης εφαρμογής οι κανονισμοί σχετικά με την καταχώριση, την αξιολόγηση και την αδειοδότηση των χημικών προϊόντων (REACH) [29] και οι κανονισμοί σχετικά με την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία των χημικών ουσιών και των μειγμάτων (CLP) [30].

3.1 Προκλήσεις για την πρόληψη των κινδύνων από τα νανοϋλικά κατά τις δραστηριότητες συντήρησης

Η διενέργεια της εκτίμησης κινδύνου των νανοϋλικών στον χώρο εργασίας μπορεί, σε γενικές γραμμές, να είναι προβληματική λόγω των υφιστάμενων περιορισμών που σχετίζονται με τα εξής:

1. τις περιορισμένες γνώσεις σχετικά με τις επικίνδυνες ιδιότητες των νανοϋλικών,
2. τους περιορισμούς των υφιστάμενων μεθόδων και συσκευών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των νανοϋλικών και των πηγών εκπομπής τους, καθώς και για τη μέτρηση των επιπέδων έκθεσης, και
3. την ελλιπή πληροφόρηση για την παρουσία νανοϋλικών, ιδίως σε μείγματα ή αντικείμενα, καθώς και της αλυσίδας των χρηστών κατά μήκος της οποίας γίνεται χρήση ή επεξεργασία νανοϋλικών ή προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά.

Τα δελτία δεδομένων ασφαλείας, που αποτελούν σημαντικό εργαλείο πληροφόρησης για την πρόληψη κινδύνων από επικίνδυνες ουσίες στους χώρους εργασίας, κατά κανόνα περιέχουν ελάχιστες ή και καθόλου πληροφορίες για την παρουσία νανοϋλικών και για τα χαρακτηριστικά τους, τους κινδύνους για τους εργαζόμενους και την πρόληψη [31–34]. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα προβληματικό βαδίζοντας προς τα κατώτερα επίπεδα της αλυσίδας του εφοδιασμού ή της υπεργολαβικής ανάθεσης εργασιών. Για παράδειγμα, το 75% περίπου των εργαζόμενων και των εργοδοτών δεν γνωρίζουν για την ύπαρξη νανοπροϊόντων στον χώρο εργασίας τους [35]. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει λοιπόν να απευθύνονται απευθείας στους προμηθευτές για να ζητούν περισσότερες πληροφορίες. Υπάρχει επίσης και μια σειρά από χρήσιμες βάσεις δεδομένων που διαθέτουν στοιχεία για τα εμπορικά προϊόντα που περιέχουν νανοϋλικά [36–38]. Επίσης, οι αλλαγές στο παράρτημα II του κανονισμού REACH [39] και στο νομικό πλαίσιο που διέπει τα δελτία δεδομένων ασφαλείας, καθώς και το έγγραφο καθοδήγησης του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Χημικών Προϊόντων (ECHA) σχετικά με τα δελτία δεδομένων ασφαλείας [40], που παρέχει περαιτέρω κατευθύνσεις σχετικά με την παρουσίαση των χαρακτηριστικών των νανοϋλικών, αναμένεται να βελτιώσουν την ποιότητα των πληροφοριών που περιέχουν τα δελτία δεδομένων ασφαλείας.

Στο ηλεκτρονικό δελτίο «E-fact» αριθ. 72 (<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures>)

παρουσιάζονται διαθέσιμες κατευθυντήριες γραμμές και εργαλεία για τη διαχείριση των κινδύνων των νανοϋλικών στην παρούσα συγκυρία. Ωστόσο, μπορεί να υπάρχουν και μερικές ακόμη συγκεκριμένες προκλήσεις όσον αφορά τη διαχείριση των κινδύνων των νανοϋλικών και την προστασία των εργαζομένων κατά τις εργασίες συντήρησης.

Η υπεργολαβική ανάθεση των εργασιών συντήρησης είναι πολύ διαδεδομένη πρακτική. Οι υπεργολάβοι συχνά εκτελούν τις εργασίες τους σε εγκαταστάσεις με τις οποίες δεν είναι εξοικειωμένοι και, εάν δεν τους παρέχεται κατάλληλη πληροφόρηση, μπορεί να εκτίθενται σε νανοϋλικά χωρίς να το

γνωρίζουν καν. Η ελλιπής πληροφόρηση για τα ναουλικά που μπορεί να υπάρχουν σε μηχανήματα (π.χ. σε γραμμές παραγωγής στις οποίες χρησιμοποιούνται ή υποβάλλονται σε επεξεργασία ναουλικά ή προϊόντα που περιέχουν ναουλικά), εξοπλισμό (π.χ. σε συστήματα απαγωγής καυσαερίων) ή κτίρια (π.χ. επιφάνειες που έχουν βαφεί με χρώματα που περιέχουν ναουλικά) προς συντήρηση δυσχεραίνει την επαρκή εκτίμηση και πρόληψη των κινδύνων. Τέτοιες καταστάσεις είναι κυρίως αποτέλεσμα ανεπαρκούς σχεδιασμού δραστηριοτήτων, αναποτελεσματικής οργάνωσης της εργασίας και προβληματικής επικοινωνίας κατά μήκος της αλυσίδας υπεργολαβικής ανάθεσης εργασιών.

Μια ακόμη πρόκληση σχετίζεται με το γεγονός ότι η εκτέλεση των εργασιών συντήρησης συχνά προϋποθέτει μη φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας και μη φυσιολογική χρήση εξοπλισμού. Τα μέτρα ελέγχου κινδύνων σε ορισμένες περιπτώσεις απενεργοποιούνται λόγω της εκτέλεσης εργασιών συντήρησης, όπως συμβαίνει, για παράδειγμα, κατά το άνοιγμα ενός κλειστού συστήματος ώστε να καταστεί δυνατή η πρόσβαση εργαζομένων για τη συντήρηση ενός μηχανήματος που παράγει ή επεξεργάζεται ναουλικά, ή όταν γίνεται συντήρηση στην ίδια τη διάταξη ελέγχου κινδύνων. Οι υπάρχουσες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με την πρόληψη των κινδύνων για την ΕΑΥ από τα ναουλικά καλύπτουν κατά κανόνα τις φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας, αλλά η έκθεση των εργαζομένων υπό αυτές τις «μη φυσιολογικές συνθήκες» λειτουργίας κατά την εκτέλεση εργασιών συντήρησης μπορεί να είναι κάτι πολύ διαφορετικό. Εάν δεν λαμβάνονται επαρκή μέτρα ελέγχου κατά την εκτέλεση των εργασιών συντήρησης εκτίθενται σε κίνδυνο, όπως είναι φυσικό, οι εργαζόμενοι που τις έχουν αναλάβει, αλλά ενδεχομένως και οι εργαζόμενοι της εταιρείας που τις έχει αναθέσει.

Πριν από τον προγραμματισμό και τη διενέργεια εργασιών συντήρησης (που ανατίθενται υπεργολαβικά) πρέπει να προσδιορίζονται, να εκτιμούνται και να γνωστοποιούνται καταλλήλως οι δυνητικοί επαγγελματικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με ναουλικά [41]. Είναι σημαντικό να ενημερώνονται καταλλήλως οι εργαζόμενοι που πρόκειται να εκτελέσουν εργασίες συντήρησης σχετικά με την παρουσία, τα χαρακτηριστικά, τους πιθανούς κινδύνους και τα επαρκή μέτρα πρόληψης σε σχέση με τα ναουλικά που χρησιμοποιούνται, διακινούνται ή υποβάλλονται σε επεξεργασία στους χώρους εργασίας όπου πρόκειται να γίνει η συντήρηση - καθώς και σε σχέση με όλες τις άλλες πηγές κινδύνου στους χώρους αυτούς. Απαραίτητη είναι επίσης η παροχή εκπαίδευσης και οδηγιών εργασίας στους εργαζόμενους.

3.2 Εφαρμογή οργανωτικών μέτρων

Η επιλογή μέτρων πρόληψης πρέπει να βασίζεται στην εκτίμηση κινδύνου του εκάστοτε χώρου εργασίας και πρέπει να βασίζεται στην ιεράρχηση των μέτρων ελέγχου, δίνοντας προτεραιότητα κατά σειρά στην εξάλειψη και την υποκατάσταση, στη λήψη τεχνικών μέτρων στην πηγή, στη λήψη οργανωτικών μέτρων και, τέλος, στα μέσα ατομικής προστασίας ως ύστατη λύση. Εάν υπάρχουν αμφιβολίες σε σχέση με τους κινδύνους των ναουλικών, κατά την επιλογή μέτρων πρόληψης πρέπει να εφαρμόζεται η αρχή της προφύλαξης με γνώμονα την αποφυγή έκθεσης.

3.2.1 Εξάλειψη και υποκατάσταση

Από κοινού με την κάθε εταιρεία για λογαριασμό της οποίας πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες συντήρησης πρέπει να διερευνώνται οι δυνατότητες εξάλειψης ή υποκατάστασης των επικίνδυνων ναουλικών. Εάν η συντήρηση διενεργείται σε χώρους εργασίας όπου τα ναουλικά παράγονται ή χρησιμοποιούνται λόγω των οφελών που προσφέρουν οι ειδικές ναο-ιδιότητές τους, ή εάν η συντήρηση διενεργείται σε υφιστάμενα δομικά στοιχεία που ήδη περιέχουν ναουλικά, η εξάλειψη και η υποκατάσταση μπορεί να μην αποτελεί δυνατή επιλογή. Ωστόσο, πρέπει πάντοτε να σταθμίζονται από τη μια μεριά οι επιθυμητές ιδιότητες και τα αποτελέσματα και από την άλλη οι κίνδυνοι για την υγεία με γνώμονα την εξεύρεση της χρυσής τομής, και να εξετάζονται διεξοδικά οι δυνατότητες εξάλειψης και υποκατάστασης. Όταν πρόκειται για επικίνδυνα ναουλικά που περιέχονται σε προϊόντα που χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, για καθαρισμό ή επισκευές, πρέπει να διερευνάται η ύπαρξη λιγότερο επικίνδυνων εναλλακτικών επιλογών.

Σε κάθε περίπτωση, κάθε μορφή ναουλικού που μπορεί να αιωρείται στην ατμόσφαιρα (όπως οι σκόνης) πρέπει να υποκαθίσταται από διαλυμένες ή υγρές μορφές, κοκκώδη, πάστες ή ναουλικά προσκολλημένα σε στερεά, και η χρήση σκονών πρέπει να αποφεύγεται όποτε είναι δυνατόν.

Μπορεί επίσης να είναι δυνατόν να μειωθεί η επικίνδυνη συμπεριφορά ενός ναουλικού μέσω της τροποποίησής του, για παράδειγμα μέσω της επικάλυψής του ώστε να μεταβληθεί η δημιουργία σκόνης, η διαλυτότητα και άλλες ιδιότητες.

Για τον προσδιορισμό των εναλλακτικών επιλογών υποκατάστασης μπορούν να χρησιμοποιούνται ειδικά εργαλεία πληροφόρησης που βασίζονται στον ιστό, όπως τα Stoffenmanager [42] και GISBAU [43].

3.2.2 Μηχανικά μέσα ελέγχου

Πρέπει να εφαρμόζονται τεχνικά μέτρα πρόληψης στις πηγές εκπομπής νανοϋλικών. Το πιο αποδοτικό μηχανικό μέσο ελέγχου στην πηγή είναι ο εγκλωβισμός μέσω της χρήσης κλειστών συστημάτων και εγκαταστάσεων κλειστού τύπου. Εξίσου αποδοτικά για τη δέσμευση νανοϋλικών στην πηγή, στις περιπτώσεις που ο εγκλωβισμός δεν είναι εφικτός, είναι η εφαρμογή κατάλληλων, αποτελεσματικών συστημάτων εξαερισμού με τοπική απαγωγή, με φίλτρα ιδανικής απόδοσης (HEPA) ή φίλτρα εξαιρετικά χαμηλής διεύθυνσης αέρα (ULPA).

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, οι εργασίες συντήρησης μπορούν να περιλαμβάνουν τον έλεγχο και την επισκευή των εν λόγω μηχανικών μέσων ελέγχου, οπότε η προληπτική λειτουργία τους μπορεί να είναι αχρηστευμένη. Για παράδειγμα όταν ένα δοχείο παραγωγής νανοϋλικών (που κατά κανόνα είναι ένα κλειστό σύστημα) ανοίγεται για την εκτέλεση εργασιών συντήρησης, οπότε διακόπτεται η λειτουργία του συστήματος απαγωγής, ο εργαζόμενος που διενεργεί τη συντήρηση αναγκαστικά βασίζεται στη χρήση μέσων ατομικής προστασίας (βλ. παράγραφο 4.4).

Τα τοπικά (κινητά) συστήματα απαγωγής αέρα μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την προστασία των εργαζομένων από την έκθεση κατά τη διάρκεια της συντήρησης, για παράδειγμα κατά την αφαίρεση χρωμάτων από επιφάνειες, εργασία που έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό σωματιδίων. Η αποδοτικότητα δέσμευσης των τοπικών συστημάτων απαγωγής αέρα στην περίπτωση των νανοϋλικών δεν είναι μικρότερη από ό,τι στην περίπτωση των χονδροκόκκων υλικών. Κατά τη χρήση φορητών συστημάτων απαγωγής αέρα, οι ζώνες αναπνοής των εργαζομένων πρέπει να βρίσκονται εκτός της ροής αέρα μεταξύ της δυνητικής πηγής εκπομπής νανοϋλικών και του συστήματος απαγωγής.

Τα συστήματα εξαερισμού που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της έκθεσης σε νανοϋλικά πρέπει να διαθέτουν φίλτρα πολλαπλών σταδίων, όπου το τελικό φίλτρο θα είναι τύπου HEPA (H14) ή ULPA. Από έρευνες που διεξήχθησαν σχετικά με την αποτελεσματικότητα φίλτρων διαφόρων υλικών σε σχέση με τα νανοσωματίδια και τα αερολύματα προέκυψε ότι, σε πολλές περιπτώσεις, τα παραδοσιακά φίλτρα που κατασκευάζονται από υαλονήματα καθώς και τα φίλτρα από ηλεκτρίτη λειτουργούν αποτελεσματικά για τα νανοσωματίδια και εν γένει για τα αερολύματα.

Σε περιορισμένους χώρους, ο αέρας που απάγεται πρέπει να αναπληρώνεται από καθαρό αέρα.

3.2.3 Οργανωτικά μέτρα

Τα οργανωτικά μέτρα παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη. Επειδή το φάσμα των χώρων και των εργασιών συντήρησης είναι ευρύτατο, ο σχεδιασμός κατάλληλων διαδικασιών και η λήψη άλλων οργανωτικών μέτρων έχουν καθοριστική σημασία. Στα μέτρα αυτά συγκαταλέγονται τα εξής:

- Καθορισμός συγκεκριμένων χώρων για τη διεξαγωγή εργασιών συντήρησης μέσω των οποίων μπορεί να αποδεσμευτούν νανοϋλικά (είτε από προϊόντα συντήρησης είτε από τα αντικείμενα προς συντήρηση). Οι χώροι αυτοί πρέπει να απομονώνονται ή να διαχωρίζονται, για παράδειγμα με τείχος, από άλλους χώρους εργασίας και να σημαίνονται ευκρινώς με κατάλληλες πινακίδες.
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των εργαζομένων που πιθανόν διατρέχουν κίνδυνο, καθώς και της διάρκειας της έκθεσης σε νανοϋλικά.
- Απαγόρευση της πρόσβασης μη εξουσιοδοτημένου προσωπικού στο χώρο όπου εκτελούνται οι δραστηριότητες συντήρησης, για παράδειγμα μέσω της ανάρτησης πινακίδων ή της περιφράξης του χώρου.
- Τακτικός καθαρισμός (υγρό σφουγγάρισμα) του χώρου εργασίας όπου γίνεται χρήση ή χειρισμός νανοϋλικών.
- Παρακολούθηση των επιπέδων συγκέντρωσης στον αέρα, για παράδειγμα σε σύγκριση με προγενέστερα επίπεδα, όταν δεν γινόταν χειρισμός νανοϋλικών.

Δεδομένου ότι επί του παρόντος δεν υπάρχει τυποποιημένη μεθοδολογία για τη χρήση πινακίδων ασφαλείας ή για τη σήμανση χώρων εργασίας ή περιεκτών με νανοϋλικά, συνιστάται η υιοθέτηση μιας επιμελούς προσέγγισης που θα περιλαμβάνει τη χρήση φράσεων κινδύνου (φράσεις R) και δηλώσεων ασφαλείας από τον κανονισμό της ΕΕ σχετικά με την ταξινόμηση, επισήμανση και συσκευασία (CLP)

[30] και προειδοποιητικών πινακίδων για την παροχή επαρκούς, σχετικής και συγκεκριμένης πληροφόρησης για τυχόν υφιστάμενους ή δυνητικούς κινδύνους για την υγεία και ασφάλεια από τη χρήση και τον χειρισμό ναουλικών.

Οι διαδικασίες συντήρησης πρέπει να τηρούν ορισμένες γενικές αρχές, οι οποίες ισχύουν ανεξαρτήτως εάν τίθεται θέμα ναουλικών:

- Ο σχεδιασμός των εργασιών συντήρησης πρέπει να βασίζεται σε εκτίμηση κινδύνου και να γίνεται με συμμετοχή των εργαζομένων. Εάν η συντήρηση διενεργείται σε χώρους εργασίας όπου γίνεται χειρισμός ναουλικών άγνωστης τοξικότητας και συμπεριφοράς, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εν λόγω ναουλικά. Στο πλαίσιο της διαχείρισης κινδύνων πρέπει να δίνεται προτεραιότητα όχι μόνο σε γνωστούς κινδύνους αλλά και στην εκτίμηση και τη διαχείριση ναουλικών στους χώρους εργασίας οι πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους και την έκθεση στα οποία είναι ανύπαρκτες, ελλιπείς ή ασαφείς.
- Πρέπει να αποφεύγεται η πίεση του χρόνου, μέσω της πρόβλεψης επαρκούς χρόνου για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση των εργασιών συντήρησης.
- Πρέπει να παρέχεται επαρκής κατάρτιση ώστε να διασφαλίζεται ότι όσοι αναλαμβάνουν εργασίες συντήρησης διαθέτουν τις δεξιότητες και τις γνώσεις για να τις εκτελούν με ασφάλεια και να προστατεύουν τους εαυτούς τους από την έκθεση σε ναουλικά που ελευθερώνονται.
- Πρέπει να παρέχονται πάντοτε οδηγίες και πληροφορίες συντήρησης σε όλους τους εργαζόμενους που εκτελούν εργασίες συντήρησης, και ιδίως όταν οι εργασίες αυτές ανατίθεται υπεργολαβικά και οι εργαζόμενοι που τις εκτελούν δεν είναι εξοικειωμένοι γενικότερα με τους χημικούς κινδύνους και ειδικότερα με τους κινδύνους των ναουλικών. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει επίσης να είναι καταγεγραμμένες με τη μορφή οδηγιών στους χώρους εργασίας.
- Συμπερίληψη μέτρων προφύλαξης στις πρακτικές αποτροπής των κινδύνων των ναουλικών. Όλα τα διαθέσιμα μέτρα πρέπει να εφαρμόζονται, βάσει της ιεράρχησης των μέτρων πρόληψης, με στόχο τον περιορισμό της ελευθέρωσης ναουλικών.
- Μετά την ολοκλήρωση της συντήρησης, ο χώρος εργασίας πρέπει να καθαρίζεται και να γίνεται καταγραφή ολόκληρης της διαδικασίας συντήρησης.

Οι εργαζόμενοι που εκτίθενται σε επικίνδυνα ναουλικά κατά την εκτέλεση εργασιών συντήρησης πρέπει να εντάσσονται σε προγράμματα παρακολούθησης υγείας στο πλαίσιο των οποίων θα καταγράφεται με κάθε λεπτομέρεια το ιστορικό της έκθεσής τους.

3.2.4 Μέσα ατομικής προστασίας

Μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) πρέπει να χρησιμοποιούνται ως ύστατη λύση όταν δεν είναι δυνατόν να περιοριστεί αρκετά αποτελεσματικά η έκθεση μέσω των προαναφερθέντων μέτρων. Εάν στο πλαίσιο της εκτίμησης κινδύνου κριθεί αναγκαία η χρήση ΜΑΠ, πρέπει να καταρτίζεται πρόγραμμα ΜΑΠ. Ένα καλό πρόγραμμα ΜΑΠ περιλαμβάνει τα ακόλουθα σκέλη: επιλογή κατάλληλων ΜΑΠ, τοποθέτηση, εκπαίδευση και συντήρηση ΜΑΠ.

Οι συστάσεις αναφορικά με τη χρήση μέσων ατομικής προστασίας κατά των ναουλικών είναι επί του παρόντος οι ίδιες που ισχύουν για την πρόληψη της έκθεσης σε σκόνης και αερολύματα ή, ανάλογα με το είδος της εκάστοτε έκθεσης, της δερματικής έκθεσης [44]. Αυτά τα μέτρα προστασίας θεωρούνται εξίσου αποτελεσματικά και για τα ναουλικά.

Ο ρυθμός εργασίας και η καταλληλότητα του χρήστη των ΜΑΠ από ιατρική άποψη πρέπει να αξιολογούνται ώστε να διασφαλίζεται ότι τα ΜΑΠ παρέχουν επαρκές επίπεδο προστασίας και μπορούν να χρησιμοποιούνται καταλλήλως. Μέσω της διενέργειας δοκιμών στα ΜΑΠ πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι χρήστες τους, ενώ φέρουν τα ΜΑΠ, θα μπορούν να εκτελούν τις εργασίες τους με ασφάλεια και θα μπορούν να κάνουν ταυτόχρονα χρήση άλλων αναγκαίων μέσων (π.χ. γυαλιά) ή εργαλείων που απαιτούνται. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η ταυτόχρονη χρήση περισσότερων του ενός ΜΑΠ μπορεί να υποβαθμίσει το επίπεδο ασφάλειας των ΜΑΠ. Επίσης, η αποτελεσματικότητα των ΜΑΠ μπορεί να μειωθεί λόγω της επίδρασης πρόσθετων κινδύνων πέραν των ναουλικών. Ως εκ τούτου, κατά την επιλογή των ΜΑΠ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι κίνδυνοι των χώρων εργασίας. Όλα τα ΜΑΠ πρέπει να φέρουν σήμανση CE, και να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή χωρίς τροποποιήσεις.

Οι εργαζόμενοι που εκτελούν εργασίες συντήρησης ενδέχεται να χρειάζεται να φέρουν ΜΑΠ που στο πλαίσιο της κανονικής λειτουργίας στον χώρο εργασίας όπου εκτελούνται οι εργασίες συντήρησης μπορεί να μην είναι αναγκαία. Εάν, για παράδειγμα, ανοιχθεί ένα δοχείο που χρησιμοποιείται κατά την

παραγωγική διαδικασία για την ανάμιξη χρωμάτων που περιέχουν νανοϋλικά, ο εργαζόμενος πρέπει να φέρει αναπνευστήρα με εξωτερική παροχή αέρα ώστε να μην εισπνεύσει νανοϋλικά. Στο πλαίσιο της κανονικής λειτουργίας το δοχείο παραμένει κλειστό και δεν απαιτούνται μέσα αναπνευστικής προστασίας.

▪ Μέσα προστασίας της αναπνοής

Εάν η έκθεση σε αιωρούμενα νανοσωματίδια δεν μπορεί να αποτραπεί μέσω των μέτρων πρόληψης που προαναφέρονται στις παραγράφους 4.1 έως 4.3, συνιστάται η χρήση κατάλληλων μέσων προστασίας της αναπνοής από έκθεση. Αυτά μπορεί να είναι μάσκες ημίσειας ή ολόκληρου προσώπου με φίλτρο P3/FFP3 ή P2/FFP2, συσκευές που λειτουργούν ως φίλτρα σωματιδίων σε συνδυασμό με φυσητήρα αέρα και κράνος (TH2P ή MH3P), ή συσκευές που λειτουργούν ως φίλτρα σωματιδίων σε συνδυασμό με φυσητήρα αέρα και μάσκες ολόκληρου ή ημίσειας προσώπου (TM2P και TM3P)⁽²⁾ [45].

Τα φίλτρα HEPA, οι αναπνευστήρες με φίλτρα και οι μάσκες από ινώδη υλικά φιλτραρίσματος θεωρούνται αποτελεσματικά έναντι των νανοϋλικών.

Η επιλογή συσκευής προστασίας της αναπνοής εξαρτάται από τα εξής:

- το είδος, το μέγεθος και τη συγκέντρωση του αιωρούμενου νανοϋλικού,
- τον βαθμό προστασίας της συσκευής προστασίας της αναπνοής (που περιλαμβάνει την αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος και τη στεγανή εφαρμογή στο πρόσωπο), και
- τις συνθήκες εργασίας.

Η αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος των αναπνευστήρων και των φίλτρων είναι σημαντικός παράγοντας κατά την αξιολόγηση των ΜΑΠ. Ο περιορισμός της έκθεσης επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως η εφαρμογή στο πρόσωπο, ο χρόνος χρήσης και το κατά πόσον γίνεται σωστή συντήρηση στα ΜΑΠ. Στην περίπτωση των μασκών ημίσειας προσώπου, εάν η εφαρμογή της μάσκας στο πρόσωπο δεν είναι στεγανή, αυτό αποτελεί κυρίαρχο παράγοντα κινδύνου [44]. Ο περιορισμός της έκθεσης πρέπει πάντοτε να αντιμετωπίζεται ως συνδυασμός της αποδοτικότητας των φίλτρων και των χαρακτηριστικών χρήσης του αναπνευστήρα, που σε ορισμένες χώρες της ΕΕ εκφράζεται από τους επονομαζόμενους «παράγοντες προστασίας αναπνευστήρα».

Σε περιπτώσεις που οι συσκευές προστασίας της αναπνοής δεν καλύπτουν τα μάτια, πρέπει να χρησιμοποιούνται επίσης μέσα προστασίας των ματιών (προστατευτικά γυαλιά με πολύ καλή εφαρμογή).

▪ Προστατευτικός ρουχισμός

Πρέπει να προτιμούνται μη υφασμένα υφάσματα (αεροστεγή υλικά), όπως το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (περιορισμένη κατακράτηση σκόνης και περιορισμένη έκλυση σκόνης), έναντι των υφασμένων. Συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση προστατευτικού ρουχισμού που παράγεται από βαμβακερά υφάσματα [44].

Εάν χρησιμοποιείται επαναχρησιμοποίησιμος προστατευτικός ρουχισμός, όπως είναι τα παντελόνια εργασίας, πρέπει να προβλέπεται η τακτική πλύση τους και να προλαμβάνεται η δευτερογενής έκθεση. Σε ό,τι αφορά τα παντελόνια και τις ρόμπες εργασίας, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε τα καθαρά να φοριούνται και τα ακάθαρτα να αφαιρούνται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να μην επιμολύνονται οι εργαζόμενοι ή ο ευρύτερος χώρος εργασίας.

▪ Γάντια

Τα γάντια είναι ιδιαίτερα σημαντικά κατά τις εργασίες συντήρησης, καθώς οι εργαζόμενοι έρχονται συχνά σε άμεση επαφή με νανοϋλικά, είτε από τα προϊόντα που χρησιμοποιούν είτε από τα αντικείμενα και τα υλικά στα οποία κάνουν συντήρηση. Όσον αφορά γενικά τις χημικές ουσίες, η αποτελεσματικότητα των προστατευτικών υλικών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των νανοϋλικών. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συστάσεις των προμηθευτών που αφορούν ειδικά το εκάστοτε νανοϋλικό, π.χ. από το δελτίο δεδομένων ασφαλείας. Σε σχέση με τα σωματίδια διοξειδίου του τιτανίου

² Σύμφωνα με μελέτες, η διείσδυση νανοσωματιδίων χλωριούχου καλίου σε φίλτρα P2 είναι 0,2% και σε φίλτρα P3 0,011%. Από δοκιμές με διάφορα μεγέθη σωματιδίων γραφίτη προέκυψε μέγιστη διείσδυση 8%. Τα φίλτρα P3 φαίνεται λοιπόν να παρέχουν υψηλότερη προστασία, δεν πρέπει όμως να γίνεται γενίκευση των αποτελεσμάτων για όλα τα νανοσωματίδια (βλ. [45]).

και λευκόχρυσου, έχει διαπιστωθεί ότι είναι αποτελεσματικά το νιτρίλιο, το λατέξ και το νεοπρένιο [44]. Το πάχος του υλικού του γαντιού αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον καθορισμό της ταχύτητας διάχυσης του νανοϋλικού. Ως εκ τούτου συνιστάται η ταυτόχρονη χρήση δύο ζευγών γαντιών [46].

Η πρακτική αυτή ωστόσο δεν αποτελεί πρόκριμα για την αποτελεσματικότητα των γαντιών κατά τον χειρισμό υγρών ή κολλοειδών. Ως προς την αποτελεσματικότητα των γαντιών για ένα συγκεκριμένο νανοϋλικό στη μορφή που απαντάται στον χώρο εργασίας (σκόνες, υγρά κ.λπ.) πρέπει να υποβάλλεται σχετικό ερώτημα στον προμηθευτή των γαντιών.

3.3 Πρόληψη έκρηξης ή/και πυρκαγιάς

Λόγω του μικρού μεγέθους, τα νανοσωματίδια υπό μορφή σκόνης (νανοσκόνες) ενέχουν για το περιβάλλον μεγαλύτερο κίνδυνο έκρηξης από ό,τι τα μεγαλύτερα σωματίδια του ίδιου υλικού ⁽³⁾ [47]. Πρέπει να λαμβάνεται λοιπόν μέριμνα κατά τον χειρισμό ή την παραγωγή νανοσκονών, μεταξύ άλλων μέσω του τροχίσματος, της λείανσης ή της στίλβωσης υλικών που περιέχουν νανοϋλικά.

Τα μέτρα πρόληψης για τα νανοϋλικά σε μορφή σκόνης συμπίπτουν ουσιαστικά με εκείνα για κάθε άλλο εκρηκτικό και εύφλεκτο χονδροκόκκο υλικό και εκρηκτικό νέφος σκόνης, και πρέπει να τηρούνται οι απαιτήσεις της οδηγίας 99/92/EK σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για τη βελτίωση της προστασίας της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων οι οποίοι είναι δυνατόν να εκτεθούν σε κίνδυνο από εκρηκτικές ατμόσφαιρες. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα εξής:

- Ο χειρισμός πρέπει να περιορίζεται σε συγκεκριμένες εκρηκτικές ζώνες και να διενεργείται σε αδρανή ατμόσφαιρα.
- Τα υλικά πρέπει να διαλυτοποιούνται μέσω της διαβροχής του χώρου εργασίας (ώστε να αποτρέπεται η δημιουργία σκονών).
- Ο εξοπλισμός που παράγει σπινθήρες και κάθε άλλη πηγή ανάφλεξης πρέπει να απομακρύνεται και οι συνθήκες που διευκολύνουν την ηλεκτροστατική φόρτιση να εξαλείφονται από τον χώρο εργασίας. Αντί αυτού, πρέπει να χρησιμοποιείται όποτε είναι δυνατό εξοπλισμός εγγενούς ασφάλειας (κυκλώματα σήματος και ελέγχου χαμηλής έντασης και τάσης).
- Τα στρώματα σκόνης πρέπει να αφαιρούνται με υγρό σφουγγάρισμα.
- Η αποθήκευση εκρηκτικών ή εύφλεκτων υλικών στους χώρους εργασίας πρέπει να ελαχιστοποιείται. Πρέπει να χρησιμοποιούνται αντιστατικές σακούλες.

3.4 Έλεγχος της αποτελεσματικότητας των μέτρων πρόληψης

Η εκτίμηση κινδύνου πρέπει να αναθεωρείται σε τακτική βάση και τα μέτρα διαχείρισης κινδύνου που επιλέγονται και εφαρμόζονται πρέπει να ελέγχονται συστηματικά ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία όλου του προστατευτικού εξοπλισμού, όπως είναι οι πάγκοι εργασίας (clean bench) ή οι θάλαμοι νηματικής ροής (laminar flow booth) σε ασηπτικές συνθήκες, και να διενεργούνται τακτικές επιθεωρήσεις όλου του εξοπλισμού εξαερισμού και των αντίστοιχων συστημάτων φιλτραρίσματος. Επίσης, πρέπει να ελέγχεται και να επικαιροποιείται, εάν χρειάζεται, η καταλληλότητα των ΜΑΠ.

Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα ενός μέτρου περιορισμού του κινδύνου πρέπει να αξιολογείται μέσω της ανάλυσης της συγκέντρωσης νανοϋλικών στην ατμόσφαιρα και πριν από την εφαρμογή του μέτρου πρόληψης. Οι τιμές των επιπέδων έκθεσης που λαμβάνονται ενώ εφαρμόζονται μέτρα διαχείρισης κινδύνου δεν πρέπει να διαφοροποιούνται σημαντικά από τις προγενέστερες συγκεντρώσεις, όταν δεν υπήρχε πηγή τεχνολογικά επεξεργασμένων νανοϋλικών. Μπορούν να πραγματοποιούνται και άλλες έμμεσες μετρήσεις της αποτελεσματικότητας των τεχνικών μέτρων πρόληψης, όπως έλεγχοι υπερπίεσης/υποπίεσης (smoke test) ή/και μετρήσεις ταχύτητας.

Μελλοντικά μπορεί να προσδιοριστούν οριακές τιμές επαγγελματικής έκθεσης (OEL) για τα νανοϋλικά ⁽⁴⁾ [48]. Ωστόσο, βασικός στόχος της διαχείρισης κινδύνου στους χώρους εργασίας πρέπει να είναι η ελαχιστοποίηση της έκθεσης και, ως εκ τούτου, η τήρηση των OEL δεν επαρκεί.

⁽³⁾ Η εκρηκτικότητα των περισσότερων οργανικών και πολλών μεταλλικών σκονών αυξάνεται καθώς μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων. Τα 500 μm φαίνεται να είναι το ανώτατο όριο μεγέθους των σωματιδίων ενός νέφους εκρηκτικής σκόνης. Επί του παρόντος δεν έχει καθοριστεί όριο μεγέθους κάτω από το οποίο μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο εκρήξεων σκόνης (βλ. [47]).

⁽⁴⁾ Βλ., για παράδειγμα, The Social and Economic Council of the Netherlands (SER) [48], Provisional nano reference values for engineered nanomaterials (Προσωρινές τιμές αναφοράς για τα τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά), 2012, και Nanowerk

Παραπομπές

1. Σύσταση της Επιτροπής της 18ης Οκτωβρίου 2011 για τον ορισμό των νανοϋλικών, EE L 275, σσ. 38–40. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EL:PDF>
2. Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH), *Approaches to Safe Nanotechnology - Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials* (Διαχείριση των ανησυχιών που προκαλούν τα τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά), Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Publication No. 2009–125, 2009.
3. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Έγγραφο εργασίας των υπηρεσιών της Επιτροπής: Είδη και χρήσεις των νανοϋλικών, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών σχετικά με την ασφάλεια. Συνοδευτικό έγγραφο της ανακοίνωσης της Επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στο Συμβούλιο και στην Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή για τη δεύτερη ρυθμιστική επισκόπηση σχετικά με τα νανοϋλικά*, SWD(2012) 288 τελικό, Βρυξέλλες, 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
4. Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU–OSHA), *Έκθεση σε νανοσωματίδια στον χώρο εργασίας*, Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο των Κινδύνων, βιβλιογραφική ανασκόπηση, 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles
5. Οδηγία του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 1989 σχετικά με την εφαρμογή μέτρων για την προώθηση της βελτίωσης της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία (89/391/ΕΟΚ), EE L 183, 29.6.1989. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0391:el:HTML>
6. Senjen, R., “Nanomaterials - Health and Environmental Concerns” (Νανοϋλικά - ανησυχίες που προκαλούν για την υγεία και το περιβάλλον), *Nanotechnologies in the 21st century*, Ευρωπαϊκό Γραφείο Περιβάλλοντος, Τεύχος 2, Ιούλιος 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>
7. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology* (Εισαγωγή στη νανοτεχνολογία), 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php (προσπελάστηκε στις 19 Οκτωβρίου 2012).
8. Πρόγραμμα ENRHES, *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES)* (Τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοσωματίδια: επισκόπηση της ασφάλειας για την υγεία και το περιβάλλον), 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report> (προσπελάστηκε στις 29 Απριλίου 2013).
9. Επιστημονική Επιτροπή για τους Αναδυόμενους και τους Πρόσφατα Εντοπιζόμενους Κινδύνους για την Υγεία (SCENIHR), *Request for a Scientific Opinion on Nanosilver: Safety, Health and Environmental Effects and Role in Antimicrobial Resistance* (Αίτημα επιστημονικής γνωμοδότησης για τον νανοάργυρο: επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια και ρόλος στη μικροβιακή αντοχή), 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_q_027.pdf
10. Bundesministerium für Gesundheit (BMG, Υπουργείο υγείας της Αυστρίας), *Nanosilber in Kosmetika, Hygieneartikeln und Lebensmittelkontaktmaterialien - Produkte, gesundheitliche und regulatorische Aspekte* (Νανοάργυρος σε καλλυντικά, είδη υγιεινής και προϊόντα που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, πτυχές που αφορούν την υγεία και την κανονιστική ρύθμιση), Βιέννη, 2010. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg_nanosilber_fassung_veroeffentlichung_final_mit_deckblaetter1.pdf
11. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Έγγραφο εργασίας των υπηρεσιών της Επιτροπής: Είδη και χρήσεις των νανοϋλικών, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών σχετικά με την ασφάλεια. Συνοδευτικό*

[42], SAFENANO team complete BSI British Standards guide to safe handling of nanomaterials (Πλήρης οδηγός της ομάδας SAFENANO για τα βρετανικά πρότυπα BSI που αφορούν τον ασφαλή χειρισμό των νανοϋλικών), 2012.

έγγραφο της ανακοίνωσης της Επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στο Συμβούλιο και στην Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή για τη δεύτερη ρυθμιστική επισκόπηση σχετικά με τα νανοϋλικά, SWD(2012) 288 τελικό, Βρυξέλλες, 3 Οκτωβρίου 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>

12. Luoma, S.N., *Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems or New Challenges?* (Νανοτεχνολογίες και περιβάλλον: παλιά προβλήματα ή νέες προκλήσεις;), Pew Charitable Trust και Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2008. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf
13. Haase, A., Rott, S., Mantion, A., Graf, P., Plendl, J., Thünemann, A.F., Meier, W.P., Taubert, A., Luch, A., Reiser, G., 'Effects of silver nanoparticles on primary mixed neural cell cultures: uptake, oxidative stress and acute calcium responses' (Επιδράσεις των νανοσωματιδίων αργύρου σε πρωτογενείς μεικτές καλλιέργειες νευροκυττάρων), *Toxicology Science*, 2012, 126(2): σσ. 457–468.
14. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO), *Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc* (Αιθάλη, διοξείδιο του τιτανίου και τάλκης), IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 93, 2010. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>.
15. Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (NIOSH), 'Occupational exposure to titanium dioxide' (Επαγγελματική έκθεση σε διοξείδιο του τιτανίου), *Current Intelligence Bulletin* 63, 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/>.
16. Napierska, D., Thomassen, L.C.J., Lison, D., Martens, J.A., Hoet, P.H., 'The nanosilica hazard: another variable entity' (Ο κίνδυνος της νανοπυριτίας: ένας ακόμη αστάθμητος παράγων), *Particle and Fibre Toxicology*, 2010, 7: σ. 39.
17. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies* (Το μικρό μέγεθος μετράει: ευκαιρίες και κίνδυνοι των νανοτεχνολογιών), έκθεση του Allianz Center for Technology & του ΟΟΣΑ, χωρίς χρονολόγηση. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>
18. Murashov, V., 'Occupational exposure to nanomedical applications' (Επαγγελματική έκθεση σε νανοϊατρικές εφαρμογές), *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: σσ. 203–213.
19. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L.A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively* (Η EPA πρέπει να διαχειρίζεται τους κινδύνους των νανοϋλικών πιο αποτελεσματικά), έκθεση της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) αριθ. 12-P-0162, 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.epa.gov/oig/reports/2012/20121229-12-P-0162.pdf>
20. Gratieri, T., Schaefer, U.F., Jing, L., Gao, M., Kostka, K.H., Lopez, R.F.V., Schneider, M., 'Penetration of quantum dot particles through human skin (Διείσδυση των κβαντικών κουκίδων (Qdots) μέσω του ανθρώπινου δέρματος), *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): σσ. 586–595.
21. Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (NIOSH), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories* (Γενικές ασφαλείς πρακτικές για την εργασία με τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά σε ερευνητικά εργαστήρια), Department Of Health And Human Services, αριθ. έκδοσης 2012–147, 2012.
22. Elvin, G., *Nanotechnology for Green Building* (Νανοτεχνολογία για την πράσινη δόμηση), Green Technology Forum, 2007. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://esonn.fr/esonn2010/xlectures/mangematin/Nano_Green_Building55ex.pdf
23. Responsible Nano Forum, *Nano Products - Where and How Nanotechnologies are Used Now*, (Νανοπροϊόντα - πού και πώς χρησιμοποιούνται νανοτεχνολογίες αυτή τη στιγμή) χωρίς χρονολόγηση. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.nanoandme.org/nano-products/> (προσπελάστηκε στις 19 Οκτωβρίου 2012).
24. Υπηρεσία Λογοδοσίας της Κυβέρνησης των ΗΠΑ (Government Accountability Office - GAO), *Nanotechnology: Improved Performance Information Needed for Environmental, Health, and Safety Research* (Νανοτεχνολογία: ανάγκη για καλύτερη πληροφόρηση σχετικά με την έρευνα σε θέματα περιβάλλοντος, υγείας και ασφάλειας) (2012). Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.gao.gov/assets/600/591007.pdf> (προσπελάστηκε στις 19 Οκτωβρίου 2012).
25. Observatory NANO, *Coatings, Adhesives and Sealants for the Transport Industry* (Επιστρώσεις, συγκολλητικά και στεγανοποιητικά για τον κλάδο των μεταφορών), 2010.

- Διατίθεται στη διεύθυνση:
http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB_coating_adhesives_sealants_transport_final.pdf (προσπελάστηκε στις 19 Οκτωβρίου 2012).
26. Sung, J.H., Ji, J.H., Park, J.D., Song, M.Y., Song, K.S., Ryu, H.R., Yoon, J.U., Jeon, K.S., Jeong, J., Han, B.S., Chung, Y.H., Chang, H.K., Lee, J.H., Kim, D.W., Kelman, B.J., Yu, I.J., 'Subchronic inhalation toxicity of gold nanoparticles (Υποχρόνια τοξικότητα εισπνοής νανοσωματιδίων χρυσού)', *Particle and Fibre Toxicology*, 2011, 8: σ. 16.
27. Οδηγία 98/24/EK του Συμβουλίου της 7ης Απριλίου 1998 για την προστασία της υγείας και ασφαλείας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλομένους σε χημικούς παράγοντες (14η ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/EOK), ΕΕ L 131, 5 Μαΐου 1998. Διατίθεται στη διεύθυνση:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:EL:PDF>
28. Οδηγία 2004/37/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που συνδέονται με την έκθεση σε καρκινογόνους ή μεταλλαξιογόνους παράγοντες κατά την εργασία (έκτη ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16, παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/EOK του Συμβουλίου), ΕΕ L 158, 30 Απριλίου 2004. Διατίθεται στη διεύθυνση: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R\(01\):EL:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R(01):EL:NOT)
29. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 18ης Δεκεμβρίου 2006, για την καταχώριση, την αξιολόγηση, την αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων (REACH) και για την ίδρυση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Χημικών Προϊόντων καθώς και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/45/EK και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 793/93 του Συμβουλίου και του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1488/94 της Επιτροπής καθώς και της οδηγίας 76/769/EOK του Συμβουλίου και των οδηγιών της Επιτροπής 91/155/EOK, 93/67/EOK, 93/105/EK και 2000/21/EK, ΕΕ L 396, 30 Δεκεμβρίου 2006. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://new.eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20071123&qid=1392288246567&from=EN>
30. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1272/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία των ουσιών και των μειγμάτων, την τροποποίηση και την κατάργηση των οδηγιών 67/548/EOK και 1999/45/EK και την τροποποίηση του κανονισμού, ΕΕ L 353, 31 Δεκεμβρίου 2008. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://echa.europa.eu/el/regulations/clp/legislation>
31. Schneider, T., Jansson, A., Jensen, K.A., Kristjansson, V., Luotamo, M., Nygren, O., Skaug, V., Thomassen, Y., Tossavainen, A., Tuomi, T., Wallin, H., 'Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles' (Αξιολόγηση και έλεγχος των επαγγελματικών κινδύνων των νανοσωματιδίων), *TemaNord* 2007: 581, Σκανδιναβικό Συμβούλιο Υπουργών, Κοπεγχάγη, 2007. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/at_download/publicationfile
32. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands* (Καλές χρήσεις των νανοϋλικών στις Κάτω Χώρες), παρουσίαση και διανομή Nano4All, 15 Οκτωβρίου 2008.
33. Αυστριακή Κεντρική Επιθεώρηση Εργασίας (ACLI), *Use of Nano at the Workplace* (Χρήση της νανοτεχνολογίας στον χώρο εργασίας), 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano_Untersuchung.pdf
34. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels associated with the use of Engineered Nanomaterials* (Αξιολόγηση δελτίων δεδομένων ασφαλείας υλικών και ετικετών που σχετίζονται με τη χρήση τεχνολογικά επεξεργασμένων νανοϋλικών), 2010. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>.
35. van Broekhuizen, F.A., van Broekhuizen, J.C., *Nanotechnology in the European Construction Industry— State of the art 2009 - Executive Summary* (Νανοτεχνολογία στον ευρωπαϊκό κλάδο των κατασκευών), European Federation of Building and Wood Workers (EFBWW), European Construction Industry Federation (FIEC), Άμστερνταμ, 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20GB%20Summary.pdf>

36. Ευρωπαϊκό Γραφείο Ενώσεων Καταναλωτών (ANEC/BEUC), *Inventory of Products Claiming to Contain Nano-silver Particles Available on the EU Market* (Ευρετήριο προϊόντων που προβάλλουν τον ισχυρισμό ότι περιέχουν νανοσωματίδια αργύρου και διατίθενται στην αγορά της ΕΕ), 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.beuc.org/beucnoframe/Common/GetFile.asp?PortalSource=2530&DocID=24222&mfid=off&pdoc=1> (προσπελάστηκε στις 19 Οκτωβρίου 2012).
37. National Library of Medicine, Consumer Product Information Database, *The Household Products Database*, 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://hpd.nlm.nih.gov/about.htm> (προσπελάστηκε στις 19 Οκτωβρίου 2012).
38. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Είδη και χρήσεις των νανοϋλικών, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών σχετικά με την ασφάλεια. Συνοδευτικό έγγραφο της ανακοίνωσης της Επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στο Συμβούλιο και στην Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή για τη δεύτερη ρυθμιστική επισκόπηση σχετικά με τα νανοϋλικά*, SWD(2012) 288 τελικό, 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
39. Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 453/2010 της Επιτροπής, της 20ής Μαΐου 2010, για τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την καταχώριση, την αξιολόγηση, την αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων (REACH), ΕΕ L 133, 31 Μαΐου 2010.
40. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Χημικών Προϊόντων (ECHA), Καθοδήγηση σχετικά με τη σύνταξη των δελτίων δεδομένων ασφαλείας, Δεκέμβριος 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://echa.europa.eu/documents/10162/17235/sds_el.pdf
41. Nunes, I.L., 'The nexus between OSH and subcontracting' (Ο δεσμός ανάμεσα στην ΕΑΥ και την υπεργολαβική ανάθεση) *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 2012, 41, παράρτημα 1: σσ. 3062–3068.
42. Υπουργείο κοινωνικών υποθέσεων και απασχόλησης της Ολλανδίας, *Stoffenmanager 4.5*, χωρίς χρονολόγηση. Διατίθεται στη διεύθυνση: <https://www.stoffenmanager.nl/> (στα ολλανδικά, τα αγγλικά και τα φινλανδικά) (προσπελάστηκε στις 3 Δεκεμβρίου 2012).
43. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), *Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU - GISBAU* [Πληροφοριακό σύστημα του BG-BAU για τις επικίνδυνες ουσίες]. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.gisbau.de/index.html> (προσπελάστηκε στις 3 Δεκεμβρίου 2012).
44. Golanski, L., Guillot, A., Tardif, F., *Are Conventional Protective Devices such as Fibrous Filter Media, Respirator Cartridges, Protective Clothing and Gloves also Efficient for Nanoaerosols?* (Είναι τα συμβατικά μέσα ατομικής προστασίας όπως τα ινώδη φίλτρα, οι αναπνευστήρες με φίλτρα, ο προστατευτικός ρουχισμός και τα γάντια εξίσου αποτελεσματικά απέναντι στα νανοαερολύματα;), DR-325/326-200801-1, Nanosafe2, 2008. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf
45. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, 'Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden' (Ασφαλείς εφαρμογές των νανοϋλικών στον κλάδο των χρωμάτων - κατευθυντήριες γραμμές), *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.hessen-nanotech.de
46. Klenke, M., *First Results for Safe Procedures for Handling Nanoparticles* (Πρώτα αποτελέσματα για ασφαλείς διαδικασίες για τον χειρισμό νανοσωματιδίων, DR-331 200810–6, Nanosafe2, 2008. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6_s.pdf
47. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben* (Προστασία από εκρήξεις: αναγκαιότητα λήψης μέτρων για τις νανοσκόνες), χωρίς χρονολόγηση. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (προσπελάστηκε στις 3 Δεκεμβρίου 2012).
48. Ινστιτούτο Τεχνολογίας (OAWITA), *Assessment of the Austrian Academy of Science* (Εκτίμηση της Αυστριακής Ακαδημίας Επιστημών), 2010. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier016en.pdf> (προσπελάστηκε στις 10 Ιουνίου 2011).

Περισσότερες πληροφορίες

- Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA), Βάση δεδομένων «Περιπτώσιολογικές Μελέτες», 2012. Διατίθεται στη διεύθυνση: http://osha.europa.eu/en/practical-solutions/case-studies/index_html/practical_solution?SearchableText=&is_search_expanded=True&getRemoteLanguage=en&keywords%3Alist=nanotechnology&nace%3Adefault=&multilingual_thesaurus%3Adefault=&submit=Search (προσπελάστηκε στις 23 Ιουλίου 2012).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), Nanomaterialien - Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz (Νανοϋλικά: μια πρόκληση για την επαγγελματική υγεία και ασφάλεια), Hauptvorstand, 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://www.igbce.de/download/15044-15052/2/nanomaterialien.pdf>
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA), Ασφαλείς εργασίες συντήρησης στην πράξη, 2010. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA), Περιοδικό 12. – Healthy Workplaces. A European Campaign on Safe Maintenance (Υγιεινοί χώροι εργασίας: μια ευρωπαϊκή εκστρατεία για ασφαλείς εργασίες συντήρησης), 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: <http://osha.europa.eu/en/publications/magazine/12/view>
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (EU-OSHA), Ασφαλείς εργασίες συντήρησης - Για τους εργοδότες: ασφαλείς εργαζόμενοι - οικονομικά οφέλη, Facts 89, 2011. Διατίθεται στη διεύθυνση: <https://osha.europa.eu/el/publications/factsheets/89>
- Health and Safety Executive (HSE), Risk Management of Carbon Nanotubes (Διαχείριση των κινδύνων των νανοσωλήνων άνθρακα), Crown, 2009. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf (προσπελάστηκε).