

NECID – baza zawierająca dane o narażeniu na nanoobiekty oraz informacje kontekstowe¹

NECID – Nano Exposure and Contextual Information Database

dr PRZEMYSŁAW OBERBEK
e-mail: ober@ciop.pl
Centralny Instytut Ochrony Pracy –
Państwowy Instytut Badawczy
00-701 Warszawa
ul. Czerniakowska 16

Słowa kluczowe: nanocząstki, nanoobiekty, baza NECID, NOAA, grupa PEROSH, narażenie, nanotechnologie.

Keywords: nanoparticles, nanoobjects, NECID database, NOAA, PEROSH group, exposure, nanotechnologies.

Streszczenie

Nanotechnologia jest prężnie rozwijającą się dziedziną nauki umożliwiającą projektowanie i otrzymywanie nowych, dotychczas nieznanymi, materiałów nanostrukturalnych o unikatowych właściwościach i wszechstronnym zastosowaniu. Mimo wielu potencjalnych korzyści wynikających z zastosowania nanoobjektów może ono również zagrażać ludzkiemu zdrowiu. Ze względu na: rozbieżne wyniki publikowanych badań dotyczących zagrożenia zdrowotnego spowodowanego przez nanoobiekty, różne strategie pomiaru narażenia

oraz nieujednoliczoną i ograniczoną dokumentację, możliwości porównywania różnych pomiarów, a także zastosowania wyników badań do symulacji i budowy modeli matematycznych są ograniczone. W celu zharmonizowania: dokumentacji, wyników badań, a także wyznaczników narażenia i kontekstu pomiarów narażenia opracowana została baza NECID (*Nano Exposure and Contextual Information Database*) – platforma cyfrowej dokumentacji dotyczącej narażenia na nanoobiekty w miejscach pracy.

Summary

Nanotechnology is a rapidly evolving field allowing to design and obtain new, previously unknown nanostructured materials with unique properties and broad application. In addition to the wide range of potential benefits, the use of nanoobjects can also endanger human health. Due to the divergent results of

published studies about impact of nanoobjects on health, different exposure measurement strategies and non-uniform and limited documentation the possibilities for comparing different measurements, and as well the use of research results to simulate and construct mathematical models are limited. In order to harmonize

¹ Publikacja opracowana na podstawie wyników badań uzyskanych w ramach projektu "Opracowanie bazy danych do oceny narażenia na nanoobiekty oraz ich aglomeraty i agregaty (NOAA) występujące w środowisku pracy" prowadzonego w ramach IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, dofinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.
Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

documentation, research results, exposure indicators and context for exposure measurement, the NECID (*Nano Exposure and Contextual Information Database*)

database, a digital documentation platform for occupational exposure to nanoparticles, has been developed.

WPROWADZENIE

W ostatniej dekadzie nastąpił szybki wzrost produkcji i zastosowań nanomateriałów. W Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (*International Organization for Standardization, ISO*), we współpracy z Europejskim Komitetem Normalizacyjnym, zdefiniowano nanoskalę jako wymiar w zakresie 1 ÷ 100 nm. Nanomateriał jest to naturalny, przypadkowo lub celowo wytworzony materiał zawierający nanoobiekty – cząstki w niezwiązany stanie lub ich aglomeraty bądź agregaty (NOAA), przy czym 50% lub więcej cząstek w liczbowym rozkładzie ma jeden lub więcej wymiarów zewnętrznych w nanoskali. Definicja nanomateriału jest dostępna pod adresem: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/faq/definition_en.htm (dostęp: 20.06.2018 r.).

Dzięki manipulacji materia w skali nano powstały możliwości projektowania materiałów mających niepowtarzalne własności: fizyczne, chemiczne, mechaniczne i biologiczne w porównaniu z ich większymi odpowiednikami. Zmiany właściwości fizykochemicznych są związane głównie z większym rozwinięciem powierzchni właściwej, co powoduje zwiększenie: reaktywności, defektów oraz naprężeń sieci krystalicznej. Specjalnie zaprojektowane nanomateriały (ang. *engineered nanomaterials*, ENMs), w związku z ich unikatowymi cechami, znalazły zastosowanie w wielu sektorach, takich jak przemysł: samochodowy, chemiczny, budowlany, kosmetyczny, elektroniczny, tekstylny, energetyczny, a także w: ochronie środowiska, medycynie, sporcie, telekomunikacji i transporcie (*Heiligtag, Niederberger 2013; Khan i in. 2017; Lines 2008; Linkov i in. 2009; Sowjanya 2015; Thirumavalavan, Lee 2016*). Wzrost zainteresowania stosowaniem nanomateriałów prawdopodobnie spowoduje rozszerzenie zakresu ich użycia w przemyśle i do celów specjalistycznych w nadchodzących latach. Przewiduje się, że dynamicznie rozwijający się rynek nanomateriałów będzie rósł ekspontencjalnie i osiągnie obroty na poziomie 65 miliardów dolarów do 2019 roku (*Winkler 2016*).

Oprócz wielu potencjalnych korzyści, które wynikają z zastosowania nanoobjektów, może ono również zagrażać zdrowiu ludzi. Struktury takie jak

skóra lub płuca są w stałym kontakcie ze środowiskiem zewnętrznym, a zatem są narażone na interakcje z NOAA, które ze względu na swoje małe rozmiary łatwo przenikają przez bariery biologiczne, mogą dostawać się do krwiobiegu, akumulować w organach, a nawet w pojedynczych komórkach, i wpływać na takie ich podstawowe procesy, jak: metabolizm, proliferacja, różnicowanie lub liza (*Singh, Nalwa 2007*). Może to prowadzić do cytogenetycznych, mutagennych i/lub neurotoksycznych efektów zdrowotnych (*Cattaneo i in. 2010; Gajewicz i in. 2012; Hansen i in. 2008*).

Warto podkreślić, że przez swoje rozmiary nanoobjektów w powietrzu zachowują się podobnie jak gazy: łatwo się przemieszczają, unoszą wraz z ciepłym powietrzem, a potem opadają. Szybkość opadania grawitacyjnego zależy jednak od wielkości obiektu. W przypadku cząstki o wielkości 10 µm, w pomieszczeniu bez wentylacji, pozbawionym ruchów powietrza, opadanie z wysokości 1 m wyniesie ponad 5 minut. Cząstce o wielkości 100 nm taki spadek zajmie natomiast ponad 10 dni. Taka różnica jest związana z mechanizmem dyfuzyjnym przemieszczania się nanoobjektu wśród cząstek powietrza, zaś mniejszy wpływ mają siły grawitacyjne (*Lewandowska, Kurzydłowski 2010; Ngo i in. 2008*).

Niekorzystny wpływ NOAA na organizmy żywe może zależeć od wielu czynników, takich jak: wielkość, kształt, rozpuszczalność, czas ekspozycji, ładunek powierzchniowy, powierzchnia właściwa, krystaliczność, aglomeracja czy też skład chemiczny (*Asare i in. 2012; Cheng i in. 2013; Dulińska-Molak i in. 2014; Long i in. 2006; Nirmala i in. 2011; Oberdörster i in. 2005; Sharma i in. 2011; Wiesner i in. 2006; Win-Shwe, Fujimaki 2011; Wu i in. 2011*). Ponieważ nanotechnologia jest stosunkowo nową dziedziną nauki, w niektórych krajach i środowiskach przemysłowych znajomość zagadnienia posługiwania się NOAA jest bardzo rzadka a świadomość zagrożenia niska.

Coraz więcej specjalnie zaprojektowanych nanoobjektów dostaje się z laboratoriów w ręce pracowników. W pierwszej kolejności, najbardziej narażone na kontakt i niekorzystne działanie są właśnie osoby

zatrudnione przy: produkcji, pakowaniu i transporcie nanomateriałów. Istotnym zagadnieniem higieny pracy jest w tym wypadku wdychanie NOAA na stanowisku pracy. Jako środek ostrożności przyjęto traktowanie nieznanymi i nowo otrzymywanych nanomateriałów jako niebezpiecznych, więc podlegają one ocenie ryzyka (Gajewicz i in. 2012; ISO/TS 12901-2:2014; Worth 2010).

Dokładne zagrożenia związane z posługiwaniem się nanomateriałami są wciąż nieznanymi – nawet szko-

dliwość pewnych nanocząstek jest obecnie przedmiotem dyskusji ze względu na rozbieżne wyniki publikowanych badań toksykologicznych (Donaldson, Poland 2013). Niejasne dane toksykologiczne, różne strategie pomiaru narażenia oraz, przede wszystkim, różnie prowadzona i ograniczona w swoim zakresie dokumentacja tych pomiarów, również w zakresie danych kontekstowych, ograniczają możliwości porównywania wyników różnych pomiarów (Brouwer i in. 2012).

HARMONIZACJA BADAŃ

Tematyka potrzeby harmonizacji w zakresie: analizowania, oceny i raportowania danych dotyczących narażenia na nanoobiekty i ich emisji na stanowiskach pracy podczas badań wykonywanych w warunkach rzeczywistych jest podejmowana na forum międzynarodowym od 2010 roku, kiedy odbył się *First International Scientific Workshop on Harmonization of Strategies to Measure and Analyse Exposure to Manufactured Nano-Objects* zorganizowany przez TNO (Netherlands Organization for Applied Scientific Research).

Argumenty przedstawione podczas tego i kolejnych spotkań przedstawicieli instytucji zajmujących się oceną narażenia zawodowego (w: Europie, USA, Japonii i Korei) oraz podjęte decyzje zostały szczegółowo opisane przez Jankowską (2014). Na konferencji BOHS Conference, w dniach 26-28 kwietnia 2016 r. w Glasgow, podniesiono temat problemów

z analizowaniem danych o narażeniu i szkodliwym działaniu NOAA, twierdząc, że „zbieranie informacji kontekstowych jest niezbędne do identyfikacji wszystkich źródeł nanocząstek, przypisując danemu działaniu konkretne stężenia zawieszonych w powietrzu specjalnie projektowanych nanoobiektów” oraz że w tym zagadnieniu „istotne jest zharmonizowane podejście” (Spankie 2016).

Zastosowanie zharmonizowanej bazy danych, służącej do zbierania i przechowywania informacji na temat narażenia na nanomateriały, spełniłoby te warunki. Dodatkowymi zaletami utworzenia i prowadzenia bazy są: możliwość strukturalnego badania materiałów i scenariuszy narażenia oraz ogólny wzrost jego świadomości. Opisywana baza danych ma stanowić duży zbiór danych dotyczących narażenia na nanomateriały z szerokiego zakresu lokalizacji oraz scenariuszy narażenia.

BAZA NECID

W celu zharmonizowania dokumentacji tych specyfikacji, a także wyznaczników narażenia i kontekstu pomiarów narażenia, następujący członkowie grupy PEROSH rozpoczęli w 2011 r. tworzenie bazy danych NECID (*Nano Exposure and Contextual Information Database*), zawierającej dane o narażeniu na nanoobiekty oraz informacje kontekstowe).

Informacje na temat grupy PEROSH (*Partnership for European Research on Occupational Health and Safety*), są dostępne pod adresem: <http://www.perosh.eu> (dostęp: 20.06.2018 r.). Strona internetowa projektu NECID jest dostępna pod adresem: <http://www.perosh.eu/research-projects/perosh-projects/necid> (dostęp: 20.06.2018 r.).

Do grupy PEROSH należą:

- Niemiecki Zawodowy Instytut Ochrony Pracy (IFA, Niemcy)
- Holenderska Organizacja Stosowanych Badań Naukowych (TNO, Holandia)
- Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB, Polska)
- Fiński Instytut Zdrowia Zawodowego (FIOH, Finlandia)
- Laboratorium Zdrowia i Bezpieczeństwa (HSL, Wielka Brytania)
- Państwowy Instytut Bezpieczeństwa i Higieny Pracy (INSHT, Hiszpania)

- Państwowy Instytut Badań Naukowych i Bezpieczeństwa (INRS, Francja)
- Państwowe Centrum Badawcze Środowiska Pracy (NRCWE, Dania).

Role CIOP-PIB w projekcie NECID to: pomoc w projektowaniu i współtworzenie bazy, wyszukiwanie błędów oraz testowanie, konsultacje dotyczące kwestii prawnych i organizacyjnych, a także – co najistotniejsze – zbieranie danych o narażeniu na NOAA na stanowiskach pracy oraz uzupełnianie bazy. Już na etapie prowadzenia unijnego projektu NANODEVICE podwaliny pod projekt bazy z ramienia CIOP-PIB wniosła dr Elżbieta Jankowska na podstawie swoich doświadczeń badawczych i praktyki pomiarowej (*Tielemans i in.* 2002). Obecne prace prowadzone są w ramach projektu „Opracowanie bazy danych do oceny narażenia na nanoobiekty oraz ich aglomeraty i agregaty (NOAA) występujące w środowisku pracy” prowadzonego w ramach IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”.

Celem projektu NECID było opracowanie platformy cyfrowej dokumentacji nanomateriałów, aby umożliwić jednolite i systematyczne dokumentowanie informacji na temat: obsługi, narażenia oraz uzyskanych wyników pomiarów, by były dostępne do: badań naukowych, modelowania narażenia oraz

tworzenia scenariuszy narażenia. Na podstawie doświadczeń grupy w dziedzinie takich baz danych, jak: MEGA, Colchic czy STEAMBASE oraz wyników badań stanowisk pracy pod kątem substancji niebezpiecznych, np. dostępnych w bazach danych GESTIS, sformułowano dodatkowe cele, takie jak jednolita dokumentacja pomiarów czy też formatowanie danych w międzynarodowej, zharmonizowanej bazie. Strona internetowa bazy danych IFA/IAG-Database jest dostępna pod adresem: <http://www.dguv.de/ifa/publikationen/datenbank-publikationen/index-2.jsp> (dostęp: 20.06.2018 r.). Baza danych GESTIS dostępna jest pod adresem: <http://www.dguv.de/ifa/gestis/index-2.jsp> (dostęp: 20.06.2018 r.).

Głównym założeniem projektu jest, by stosowanie NECID prowadziło do: harmonizacji, ujednolicenia oraz podwyższenia jakości pomiarów narażenia, co ma skutkować zwiększeniem zasobów rzetelnych i porównywalnych danych na temat narażenia na NOAA. W efekcie zaś miałyby to znaleźć zastosowanie np. do: badań epidemiologicznych, określania najwyższych dopuszczalnych stężeń, modelowania narażenia, badań oceny ryzyka czy też tworzenia scenariuszy narażenia. NECID tworzona jest więc nie tylko z logicznie spójną wewnętrzną strukturą modułową, lecz także z możliwością przesyłania i wymiany danych przez centralny serwer.

TWORZENIE BAZY NARAŻENIA I INFORMACJI KONTEKSTOWYCH

Przy ocenie ryzyka wymagane jest zbieranie informacji dotyczących oceny narażenia na niebezpieczne substancje. Informacji na temat specyfikacji i zagrożeń nanomateriałami lub produktami zawierającymi nanocząstki w kartach bezpieczeństwa produktów jest niewiele (*Frangos i in.* 2010; *Lee i in.* 2013). Dlatego bardzo ważny jest dobry opis nanoobjektów będących przedmiotem pomiaru, zawierający dane na temat ich: kształtu, składu chemicznego, ilości oraz stężenia. Najistotniejsze w procesie tworzenia nowej bazy danych dla tych materiałów są cztery następujące kwestie:

1. Multimetryczność

NOAA są mierzone nie tylko w stężeniu masowym. Do precyzyjnego opisu narażenia na NOAA są potrzebne także informacje dotyczące stężenia ilościowego i powierzchniowego. Ze względu na niewielkie wartości stężeń masowych i płynące z tego

trudności w odróżnieniu będących przedmiotem zainteresowania cząstek od innych, pomiary tła są zawsze nieodzowne.

2. Dane kontekstowe

Dla zrozumienia wyników pomiarów multimetrycznych wymagany jest dostęp do szczegółowego opisu stanowiska pracy i jego otoczenia. Należy również protokołować czynności wykonane podczas pomiaru. Jest to ważne także w przypadku wszystkich innych pomiarów narażenia – coraz więcej możliwości dokumentowania tych informacji jest implementowanych w istniejących bazach danych, jednak podejście multimetryczne wiąże się z wymogiem nowego poziomu szczegółowości.

3. Dodatkowa charakteryzacja

Dla zapewnienia związku między wynikiem pomiarów (np. stężeniem ilościowym) a narażeniem na

NOAA często konieczna jest charakteryzacja próbek za pomocą innych metod. Charakteryzacja umożliwia potwierdzenie, że to właśnie badany materiał jest zawieszony w powietrzu, a określone cechy fizykochemiczne (np. kształt cząstek, skład chemiczny, krystaliczność, stan aglomeracji) ułatwiają szacowanie ryzyka zawodowego. Często ilości pobranych próbek są niewielkie, stąd potrzeba odpowiednich metod analitycznych umożliwiających pracę na śladowych objętościach materiału. Skutecznymi metodami są: mikroskopia AFM (mikroskopia sił atomowych), SEM (skaningowa mikroskopia elektronowa) lub TEM (transmisyjna mikroskopia elektronowa) z analizą EDS (spektroskopia z dyspersją energii) bądź analiza chemiczna, np. ICP-MS (spektrometria mas sprzężona z plazmą wzbudzoną indukcyjnie), XRD (dyfraktometria rentgenowska), FTIR (spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera). Możliwość składowania w bazie

surowych danych z badań ma także ułatwić przeprowadzanie własnych analiz przez inne grupy naukowe.

4. Dane surowe w czasie rzeczywistym
NECID umożliwia gromadzenie danych surowych w czasie rzeczywistym urządzeń pomiarowych. Większość obecnie istniejących baz danych gromadzi takie dane zintegrowane, jak np. średnia arytmetyczna. Dane uśrednione nie są wystarczające dla potrzeb szczegółowego badania, szczególnie w przypadku istnienia krótkich, pojedynczych zadań w trakcie procesu pracy. Do konstruktywnych wniosków z porównań wyników badań z pomiarami tła potrzebne są również dane umiejscowione w czasie. Stworzenie nowej bazy danych pozwala na istnienie zharmonizowanej struktury i ontologii między instytucjami biorącymi udział w projekcie, a w przyszłości – wszystkimi partnerami.

DOŚTĘP DO BAZY

Dostęp użytkowników do bazy jest możliwy za pomocą przeglądarek internetowych i znajduje się pod adresem: <https://necid.ifa.dguv.de/> (szczegóły dotyczące projektu dostępne są pod adresem: www.necid.eu), (dostęp: 20.06.2018 r.). Ograniczony, publiczny dostęp dla „gości”, czyli użytkowników niezwiązanych z projektem, możliwy jest za pomocą funkcji *Data Overview (Guest)*. Ekran logowania przedstawiono na rysunku. 1. Użytkownik-gość ma dostęp do takich danych, jak: „Działanie” (*Activity*),

„Informacje o nanomateriałach” (ENM), rodzaj urządzenia pomiarowego czy organizacja, która wykonywała badania. Taki użytkownik nie ma możliwości wprowadzania nowych danych. Pełny dostęp do zasobów bazy wraz z możliwością wprowadzania danych jest możliwy dla partnerów projektu NECID oraz osób i instytucji, które zgłoszą swoje zainteresowanie i otrzymają akceptację od kierownika projektu. Kontaktować się w tej sprawie należy pod adresem e-mail: NECID@DGUV.DE.

Rys. 1. Ekran logowania do bazy NECID

STRUKTURA I ZAWARTOŚĆ BAZY

NECID składa się z lokalnie działającego oprogramowania i centralnej bazy danych z dostępem do Internetu. Wykorzystuje oprogramowanie *open-source* „Firebird” dla baz danych, zaprogramowane w „Delphi” oraz „NET”. Obecnie trwają testy oprogramowania NECID dla różnych wersji systemu Windows (XP, 7, 10). Wersje na inne systemy operacyjne oraz wersja tabletoowa nie zostały jeszcze zrealizowane. Po instalacji oprogramowania NECID pojawia się możliwość dokumentowania i gromadzenia danych lokalnie oraz przesyłania ich do centralnej bazy danych. Dostęp do lokalnej bazy NECID jest zabezpieczony nazwą użytkownika i hasłem. Stosowana ontologia jest zharmonizowana z europejskim projektem baz danych „eNanoMapper” oraz istniejącymi już takimi bazami, jak Mega czy Colchic – informacje dostępne pod adresem: <http://search.data.enanomap.net> (dostęp: 20.06.2018 r.).

Wszystkie informacje dotyczące serii pomiarowej są pogrupowane w pięciu głównych kategoriach: *Activity* („Działanie”), *Premises* („Miejsce”), *Worker* („Pracownik”), *Material* („Materiał”) i *Sample Information* („Informacje o próbce”). Elementem centralnym tej struktury jest kategoria „Działanie”, ponieważ procesy, w których biorą udział nanomateriały, są często procesami krótkimi o zmiennych parametrach. Aby uwzględnić zależność działania od czasu, ustala się dla niego oddzielną chronologię. Można gromadzić informacje na temat czasu działania oraz momentów jego rozpoczęcia i zakończenia. Ten rodzaj działań jest kodowany przez zaadaptowaną wersję nazw pól stosowanych w Stoffenmanager (*Marquart* i in. 2008) i ART (*Schinkel* i in. 2013). Każde z działań może zostać oznaczone jako pomiar „poła bliskiego” lub „poła dalekiego”. Możliwe jest wprowadzenie informacji o odległości między pracownikiem a źródłem nanomateriału. Poza informacjami na temat głównego działania, użytkownik NECID może również zbierać dane dotyczące innych źródeł cząstek oraz tła.

Szczegółowe informacje związane z przedsiębiorstwem i dotyczące lokalizacji mogą zostać wprowadzone w polu „Miejsce”. Ta część jest kodowana przez kod NACE2 – informacje są dostępne pod adresami: http://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/index/nace_all.html oraz <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF> (dostęp: 20.06.2018 r.).

Lokalizacja jest opisana między innymi za pomocą wielkości oraz takich stosowanych środków zarządzania ryzykiem, jak systemy kontroli i wentylacja. W celu lepszego zrozumienia do wyboru używanych systemów są stosowane piktogramy. Podstawą wyboru środków zarządzania ryzykiem były wytyczne COHHS (szczegóły pod adresem: <http://www.hse.gov.uk/coshh/>), (dostęp: 20.06.2018 r.) oraz środki stosowane w Stoffenmanager i ART. Używane środki zarządzania ryzykiem mają przypisane własne wyznaczniki czasowe, tak aby możliwa była niezależna dokumentacja zmian, np. w wentylacji.

Kolejny element jest przypisany do kategorii „Pracownika”. Jego działanie kodowane jest kodem ISCO – więcej informacji pod adresem: <http://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/> (stan z 2018 r.). Informacje o obecności pracownika oraz stosowanym wyposażeniu ochrony osobistej mogą być dokumentowane w ramie czasowej.

Kategoria „Materiał” jest jedyną bez własnych wyznaczników czasowych. NECID umożliwia użytkownikowi dokumentowanie stosowanego nanomateriału w sposób zharmonizowany i ustrukturyzowany. Właściwości fizykochemiczne i strukturalne mogą zostać wprowadzone w około 20 polach w bazie.

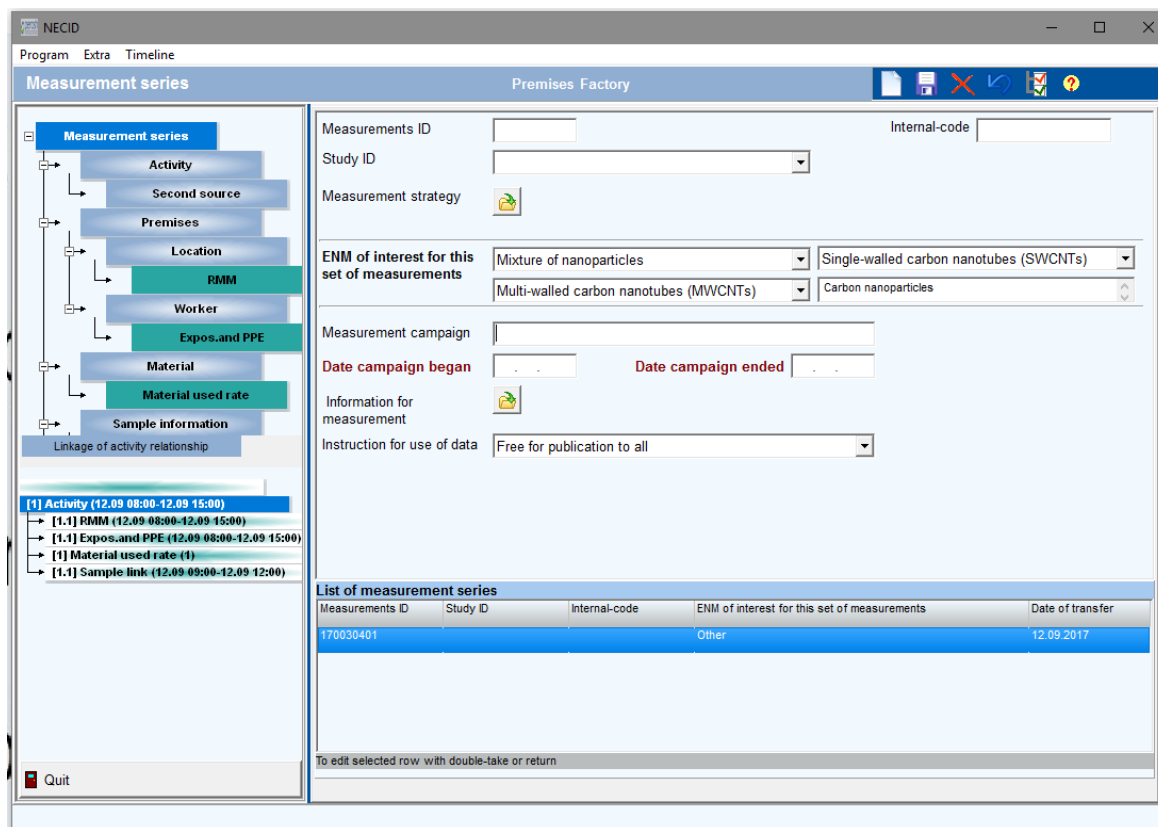
Do wprowadzania szerszych informacji przeznaczone jest pole „Uwagi”. W podobnej strukturze możliwe jest również wprowadzenie wszystkich informacji dotyczących składników materiału, jeżeli istnieją i są znane.

Kolejna kategoria, w najmniejszym stopniu wymagająca wyjaśnień, to „Informacje o próbce”. Z listy rozwijanej użytkownik może wybrać opcje: stosowane urządzenie, odległość między urządzeniem a pracownikiem, a także cel pomiaru, np. pomiar narażenia bądź tła. Oczywiście ta kategoria również ma własne wyznaczniki czasowe. Główne okno do wprowadzania informacji na temat przeprowadzanych badań przedstawiono jest na rysunku 2.

Aby zapewnić szybkie i łatwe wprowadzanie danych, możliwe jest oddzielne przypisanie każdej z kategorii do konkretnych działań. Przykładowo, informacje na temat pracownika mogą zostać połączone z wieloma działaniami, podczas których był narażony na kontakt z nanoobjektami. Informacje o materiale w trakcie procesu produkcji mogą zostać przypisane do samego procesu produkcji i późniejszego pakowania.

Ponieważ badania są prowadzone najczęściej w zakładach produkcyjnych, którym może zależeć na poufności i zachowaniu tajemnic technologicznych, część informacji wprowadzanych do bazy jest utaj-

niona lub pominięta. Baza nie zawiera informacji dotyczących: nazwy produktu, zakładu, dokładnego adresu czy miejsca badań, a każda informacja może być usunięta na życzenie.



Rys. 2. Wprowadzanie danych pomiarowych do bazy NECID

DODATKOWE FUNKCJE

Poza dokumentowaniem pomiarów narażenia na NOAA, NECID jest również wyposażony w dodatkowe funkcje w celu ulepszenia i kontroli jakości danych, a także ich poprawności i przepływu. Lista funkcji oprogramowania NECID:

- „Pomiar” – dodawanie danych pomiaru do NECID
- „Protokół (PDF)” – tworzenie plików PDF z dodanymi danymi pomiarowymi
- „Wyznaczniki czasowe” – tworzenie wyznaczników czasowych dla wprowadzonych danych, wraz z: wynikami pomiarów, działaniami i stosowanymi środkami zarządzania ryzykiem
- „Wymiana danych” – tworzenie pliku wymiany bazy danych do skopiowania jednej

lub więcej serii pomiarowych do innego systemu

- „Eksport (Excel)” – możliwość eksportowania danych do pliku Excel
- „Uaktualnianie podstawowych danych” – możliwość uaktualniania podstawowych danych w lokalnej wersji NECID
- „Transfer na serwer” – możliwość wysłania danych do głównego serwera.

Poprzez funkcję protokołu tworzy się plik PDF, który stanowi przegląd wszystkich danych wprowadzonych w serii pomiarowej. Jest to pomocne podczas kontroli poprawności i kompletności informacji lub jej wymiany na wczesnym etapie. Funkcja wyznaczników czasowych jest narzędziem służącym do

sprawdzania wiarygodności danych, biorąc pod uwagę czas ich zbierania. Wszystkie linie czasu przedstawione są na wykresach, jedna pod drugą, dzięki czemu łatwe jest odnalezienie błędnych wpisów dotyczących czasu lub dat.

Na kolejnym ekranie możliwe jest wyświetlenie danych pomiarowych, dzięki czemu można dokonać pierwszego przeglądu danych dotyczących stężenia.

„Wymiana danych”, „Eksport” i „Transfer na serwer” są narzędziami wymiany danych, w których stosowane są różne sposoby i formaty. W połączeniu ze zharmonizowaną zawartością oraz strukturą NECID, szczególnie interesująca pod względem możliwości wymiany danych ze społecznością naukową lub innymi udziałowcami, jest opcja zapisu kompletnych serii pomiarowych na serwerze internetowym.

PODSUMOWANIE

Wykazy nanomateriałów oraz bazy danych o narażeniu, zawierające spójne, zebrane i zanalizowane dane dotyczące narażenia zawodowego, w połączeniu ze szczegółowymi informacjami kontekstowymi, umożliwiłyby w przyszłości dokonywanie porównań oraz dalsze zbieranie danych, co z kolei ma pomóc w zdobywaniu wiedzy na temat wielkości lub też zmienności narażenia. NECID umożliwia użytkownikowi przechowywanie i tworzenie zarówno uwag do wszystkich zgromadzonych danych pomiaru, jak i wyników analiz oraz załączonych rysunków.

Bazy danych mogą być: eksportowane, raportowane i łączone wewnątrz grupy użytkowników (np. w jednym instytucie). Aby osiągnąć cel – stworzenie międzynarodowej bazy danych – dane mogłyby być również wprowadzane przez autoryzowanych użytkowników do centralnego serwera mającego połączenie z Internetem. Możliwy jest również publiczny

dostęp z limitowanym zakresem informacji i bez opcji wprowadzania nowych danych. NECID może wobec tego stanowić sposób na publikowanie danych pomiarowych.

Przyszłe cele NECID to: zaangażowanie udziałowców, stały nadzór nad jakością i dalszy rozwój przez specjalistów z dziedziny higieny pracy oraz wprowadzenie narzędzi kalkulacyjnych. Aby zharmonizować nie tylko zbieranie danych, lecz także ich formatowanie, planuje się uwzględnienie narzędzi do obliczeń, które pozwolą użytkownikowi na obliczanie wartości statystycznych w określony sposób ujęty w protokole.

Obecnie baza danych jest już gotowa, sprawdzana jest tylko stabilność i łatwość użytkowania oraz regularnie uzupełniane są informacje o narażeniu.

PIŚMIENNICTWO

Asare N., Instanes C., Sandberg W.J., Refsnes M., Schwarze P., Kruszewski M., Brunborg G. (2012). Cytotoxic and genotoxic effects of silver nanoparticles in testicular cells. *Toxicology* 291, 65–72.

Brouwer D., Berges M., Virji M.A., Fransman W., Bello D., Hodson L., Gabriel S., Tielemans E. (2012). Harmonization of measurement strategies for exposure to manufactured nano-objects; report of a workshop. *Ann. Occup. Hyg.* 56, 1–9.

Cattaneo A.G., Gornati R., Sabbioni E., Chiriva-Internati M., Cobos E., Jenkins M.R., Bernardini G. (2010). *J. Appl. Toxicol.* 30, 730.

Cheng L.C., Jiang X., Wang J., Chen C., Liu R.S. (2013). Nano-bio effects: interaction of nanomaterials with cells. *Nanoscale* 5(9), 3547–3569.

Donaldson K., Poland C.A. (2013). Nanotoxicity: challenging the myth of nano-specific toxicity. *Curr. Opin. Biotechnol.* 24(4), 724–734.

Dulińska-Molak I., Mao H., Kawazoe N., Chen G. (2014). Effect of single-wall carbon nanotubes on mechanical property of chondrocytes. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 14(3), 2459–2465.

Frangos J., D'Costa G., Hagen T., Drew R. (2010). Report: Safe Work Australia. An Evaluation of MSDS and Labels associated with the use of Engineered Nanomaterials. Commonwealth of Australia. Toxikos Pty Ltd.

Gajewicz A., Rasulev B., Dinadayalane T.C., Urbaszek P., Puzyn T., Leszczynska D., Leszczynski J. (2012).

- Advancing risk assessment of engineered nanomaterials: Application of computational approaches. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 64, 1663–1693.
- Hansen S.F., Michelson E.S., Kamper A., Borling P., Stuer-Lauridsen F., Baun A. (2008). Categorization framework to aid exposure assessment of nanomaterials in consumer products. *Ecotoxicology* 17, 438–447.
- Heiligt F.J., Niederberger M. (2013). The fascinating world of nanoparticle research. *Materials Today* 16(7-8), 262–271.
- ISO/TS 12901-2:2014 Nanotechnologies – Occupational risk management applied to engineered nanomaterials – Part 2: Use of the control banding approach, ISO.
- Jankowska E. (2014). Harmonizacja strategii pomiarowych do oceny narażenia na: nanoobiekty, ich aglomeraty i agregaty (NOAA). *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 4(82), 7–21.
- Khan I., Saeed K., Khan I. (2017). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry* [https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011].
- Lee J.H., Kuk W.K., Kwon M., Lee J.H., Lee K.S., Yu I.J. (2013). Evaluation of information in nanomaterial safety data sheets and development of international standard for guidance on preparation of nanomaterial safety data sheets. *Nanotoxicology* 7(3), 338.
- Lewandowska M., Kurzydłowski K.J. (2010). *Nanomateriały Inżynierskie Konstrukcyjne i Funkcjonalne*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Long T.C., Saleh N., Tilton R.D., Lowry G.V., Veronesi B. (2006). Titanium dioxide (P25) produces reactive oxygen species in immortalized brain microglia (BV2): Implications for nanoparticle neurotoxicity. *Environ. Sci. Technol.* 40, 4346–4352.
- Lines M.G. (2008). Nanomaterials for practical functional uses. *Journal of Alloys and Compounds* 449(1-2), 242–245.
- Linkov J., Steevens J., Adlakha-Hutcheon G., Bennett E., Chappell M., Colvin V., Davis J.M., Davis T., Alison E., Foss Hansen S., Bert Hakkinen P., Hussain S.M., Karkan D., Korenstein R., Lynch I., Metcalfe C., Ramadan A.B., Satterstrom F.K. (2009). Emerging methods and tools for environmental risk assessment, decision making, and policy for nanomaterials: Summary of NATO Advanced Research Workshop. *J. Nanopart. Res.* 11, 513–527.
- Marquart H., Heussen H., Le Feber M., Noy D., Tielemans E., Schinkel J., West J., Van Der Schaaf D. (2008). ‘Stoffenmanager’, a Web-Based Control Banding Tool Using an Exposure Process Model. *Ann. Occup. Hyg.* 52(6), 429–441.
- Ngo M.A., Smiley-Jewell S., Aldous P., Pinkerton K.E. (2008). *Nanoscience and Nanotechnology Environmental and Health Impact*. [Red.] V.H. Grassian. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Nirmala R., Park H.M., Kalpana D., Kang H.S., Navamathavan R., Lee Y.S., Kim H.Y. (2011). Bactericidal activity and in vitro cytotoxicity assessment of hydroxyapatite containing gold nanoparticles. *J. Biomed. Nanotechnol.* 7, 342–350.
- Oberdörster G., Maynard A., Donaldson K., Castranova V., Fitzpatrick J., Ausman K., Carter J., Karn B., Kreyling W., Lai D., Olin S., Monteiro-Riviere N., Warheit D., Yang H. (2005). Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. Part *Fibre Toxicol.* 2, 8.
- Sharma V., Singh S.K., Anderson D., Tobin D.J., Dhawan A. (2011). Zinc oxide nanoparticle induced genotoxicity in primary human epidermal keratinocytes. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 11, 3782–3788.
- Schinkel J., Ritchie P., Goede H., Fransman W., van Tongeren M., Cherrie J.W., Tielemans E., Kromhout H., Warren N. (2013). The Advanced REACH Tool (ART): Incorporation of an Exposure Measurement Database. *Ann. Occup. Hyg.* 57(6), 717–727.
- Singh S., Nalwa H.S. (2007). Nanotechnology and health safety-toxicity and risk assessments of nanostructured materials on human health. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 7(9), 3048–3070.
- Sowjanya K. (2015). A Review on Current Advancements in Nanotechnology. *Research & Reviews: Journal of Medical and Health Sciences* 4, 3.
- Spankie S. (2016). An exposure assessment strategy applied to case studies within the guidenano & nanomicex projects. BOHS 2016 conference 26-28. Szkocja, Glasgow, 12 [http://docplayer.net/43631508-An-exposure-assessment-strategy-applied-to-case-studies-within-the-guidenano-nanomicex-projects.html].
- Thirumavalavan M., Settu K., Lee J-F. (2016). A Short Review on Applications of Nanomaterials in Biotechnology and Pharmacology. *Current Bionanotechnology* 2, 2.
- Tielemans E., Marquart H., Cock J.D., Groenewold M., Hemmen J.V. (2002). A Proposal for Evaluation of Exposure Data. *Ann. Occup. Hyg.* 46(3), 287–297.
- Wiesner M.R., Lowry G.V., Alvarez P., Dionysiou D., Biswas P. (2006). Assessing the risks of manufactured nanomaterials. *Environ. Sci. Technol.* 40, 4336–4345.

Win-Shwe T.T., Fujimaki H. (2011). Nanoparticles and neurotoxicity. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 6267–6280.

Winkler D.A. (2016). Recent advances, and unresolved issues, in the application of computational modelling to the prediction of the biological effects of nanomaterials. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 299, 96–100.

Worth A.P. (2010). The role of QSAR methodology in the regulatory assessment of chemicals. In *Recent*

Advances in QSAR Studies: Methods and Applications. [Red.] T. Puzyn, J. Leszczynski, M.T.D. Cronin. Germany, Springer: Heidelberg, 367–382.

Wu J., Wang C., Sun J., Xue Y. (2011). Neurotoxicity of silica nanoparticles: Brain localization and dopaminergic neurons damage pathways. *ACS Nano* 5, 4476–4489.