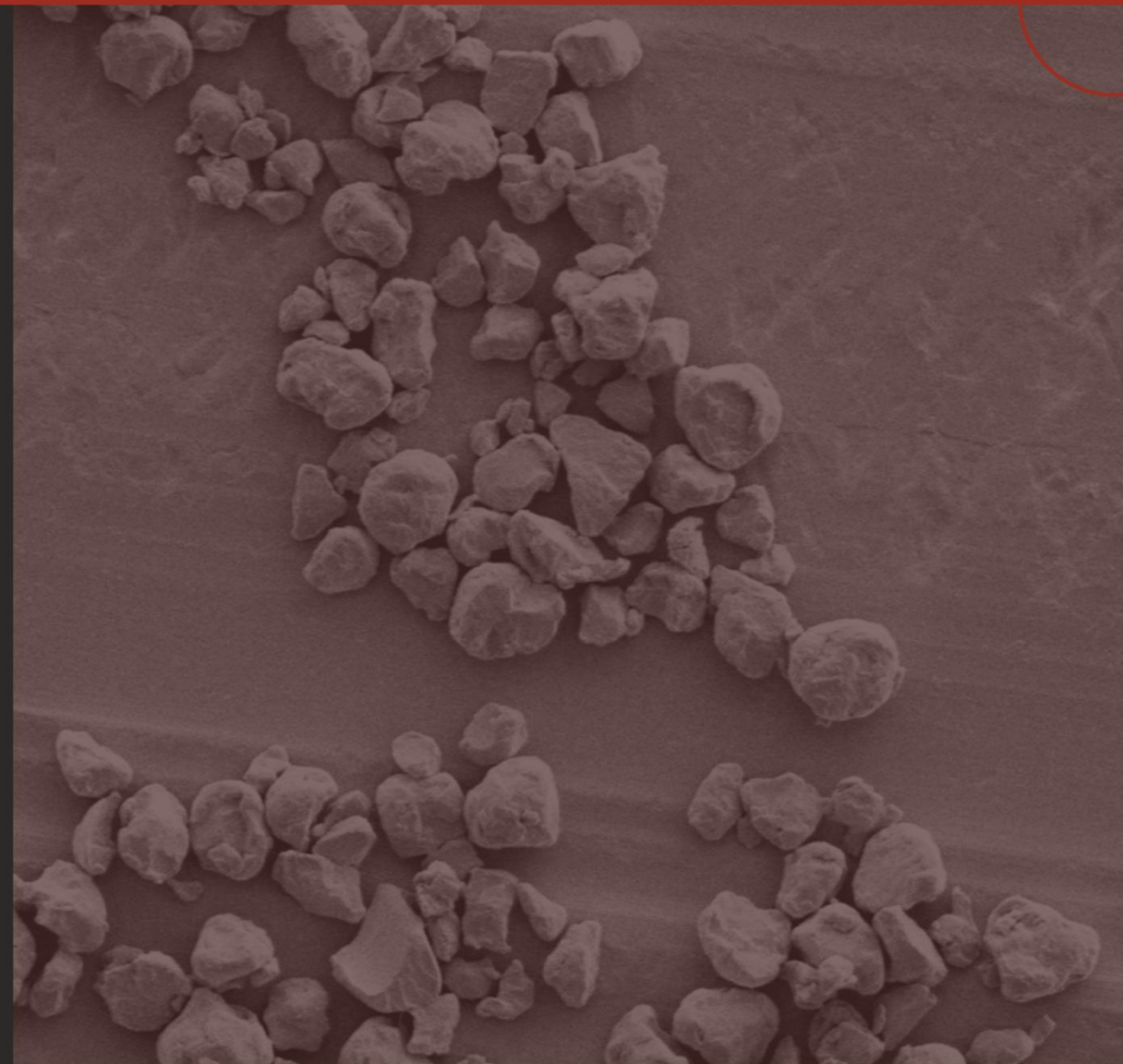


Mikroplastik i nanoplastik jako źródło zagrożenia w środowisku pracy.

dr inż. Dorota Sawicka

Pracownia Toksykologii
Zakład Zagrożeń Chemicznych
Pyłowych i Biologicznych



Produkcja plastiku

413.8 Mt
in 2023

1

Polipropylen
19%

2

Polietylen LD
14%

3

**Polichlorek
winylu**
12,8%

4

Polietylen HD
12,2%

5

**Politereftalan
etylenu**
6,2%

6

Polistyren
5,2%

Produkcja plastiku

**54 Mt
w 2023**

1

**Polipropylen
15,7%**

2

**Polietylen LD
13,1%**

3

**Polichlorek
winylu
8,4%**

4

**Polietylen HD
8,3%**

5

**Polistyren
5,2%**

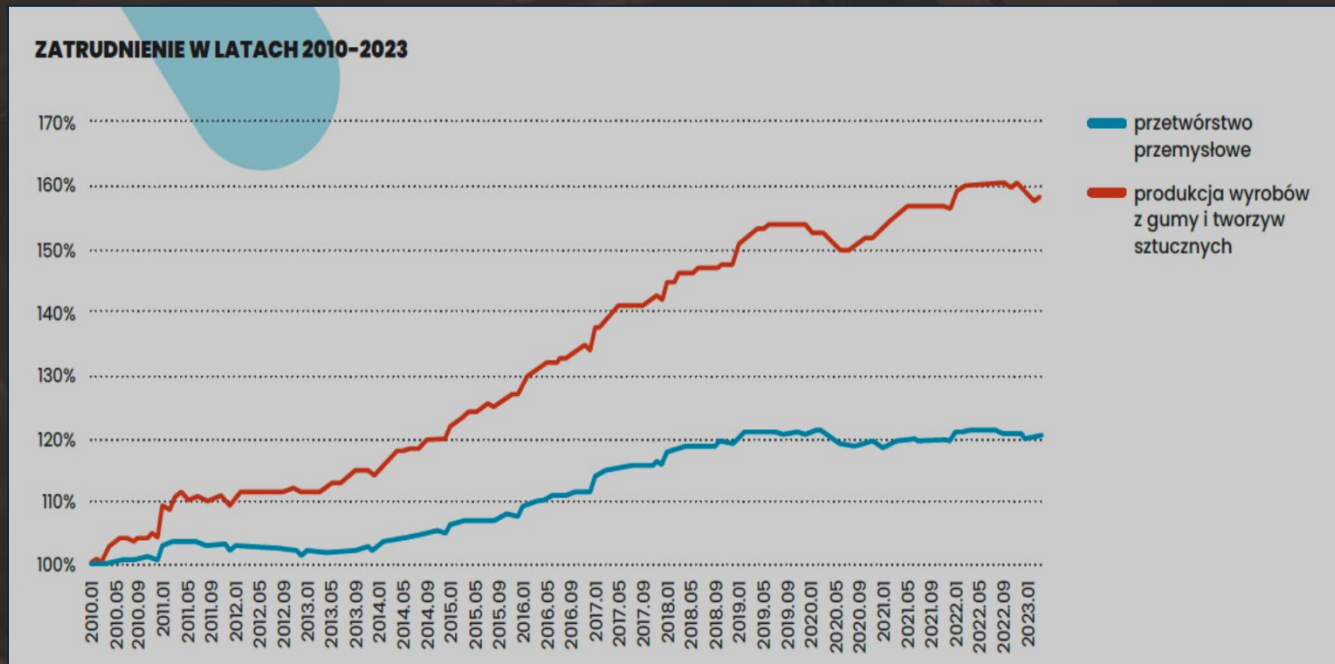
6

**Politereftalan
etyleny
4,7%**

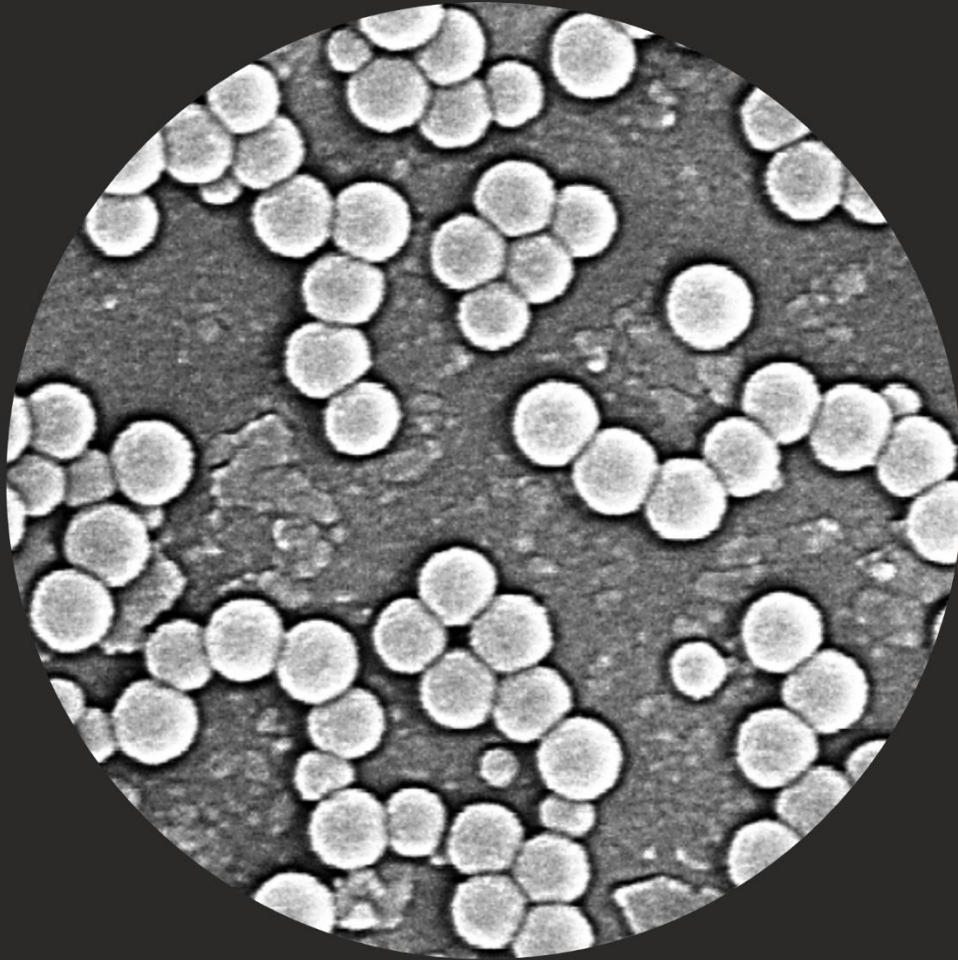
Zatrudnienie w sektorze przemysłu tworzyw sztucznych

Od roku 2010 widać wyraźnie szybszy wzrost zatrudnienia w branży tworzyw sztucznych w porównaniu z całym przetwórstwem przemysłowym.

214 tys.



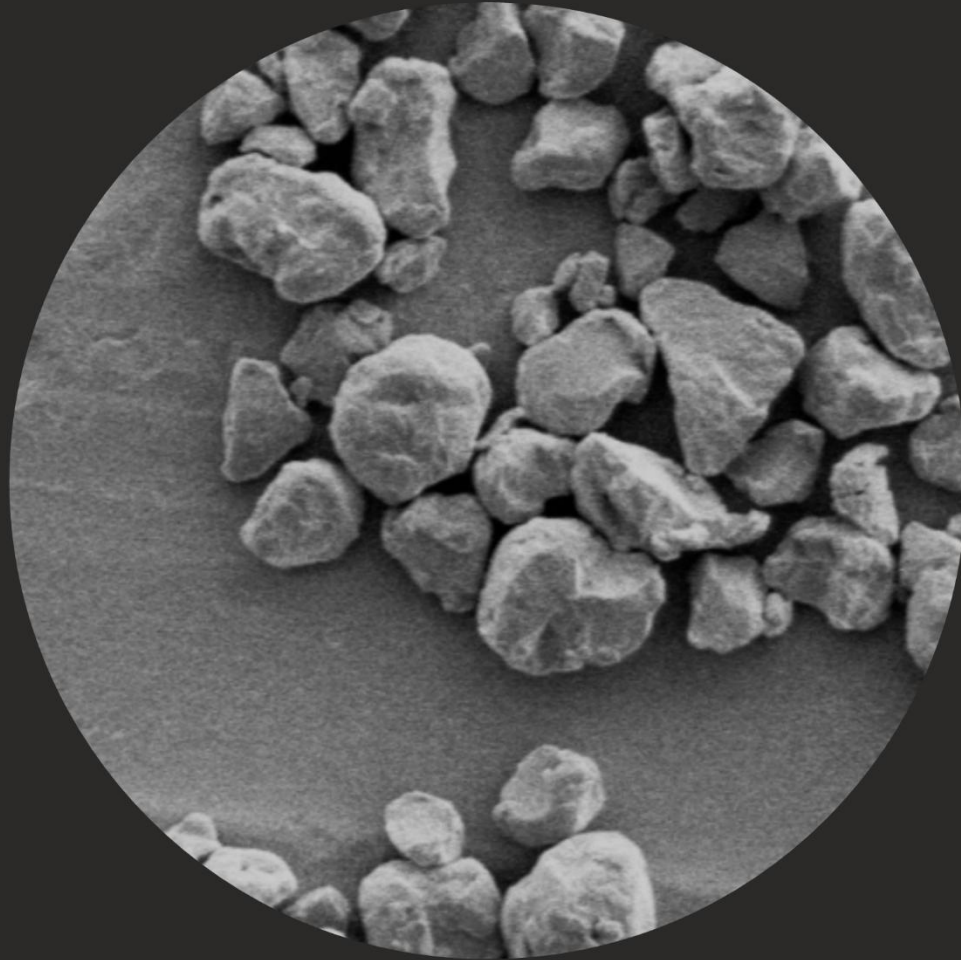
Czym są **MNPs?**



Nanoplastiki - WHO

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) określa nanoplastiki (NPs) jako cząstki o rozmiarach mieszczących się w przedziale od 1 do 100 nm.

Czym są MNPs?



Mikroplastiki- WHO

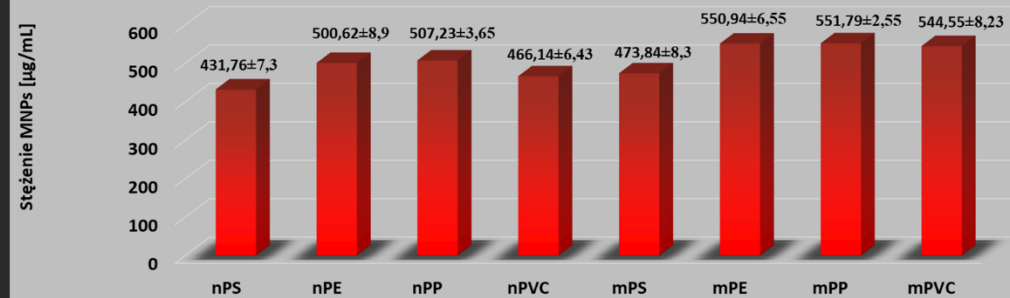
Mikroplastiki (MPs) to stałe cząstki zawierające polimery, z dodatkami lub bez, z których co najmniej 1% wagowo ma wymiary od 1 nm do 5 mm (lub w przypadku włókien: długość 3 nm – 15 mm i stosunek długości do średnicy >3).

Analizy na poziomie komórkowym

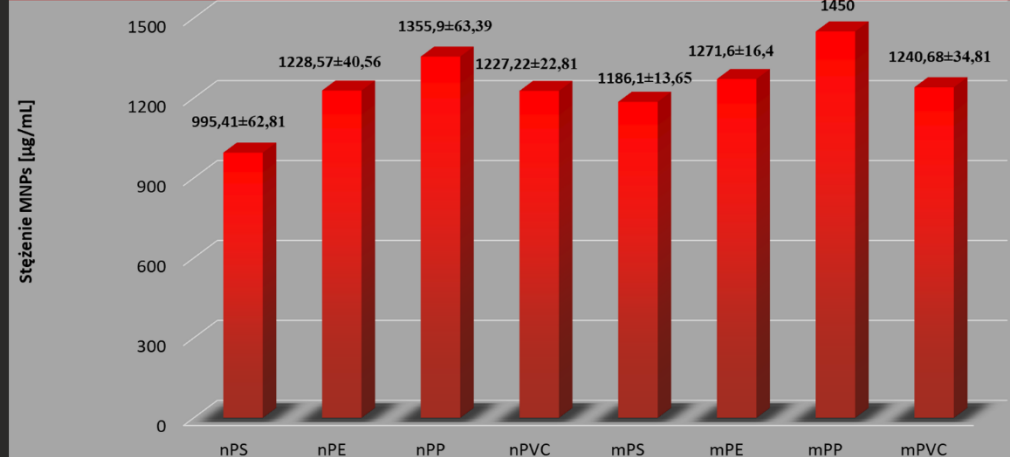
Komórki hCMEC/D3 charakteryzowały się większą wrażliwością na działanie badanych związków niż komórki A549, o czym świadczyły wyznaczone wartości IC50.

Największą toksyczność obserwowano w przypadku nPS i nPVC, a najmniejszą dla mPP, zarówno w komórkach hCMEC/D3, jak i w komórkach A549

IC50 72 h komórki hCMEC/D3

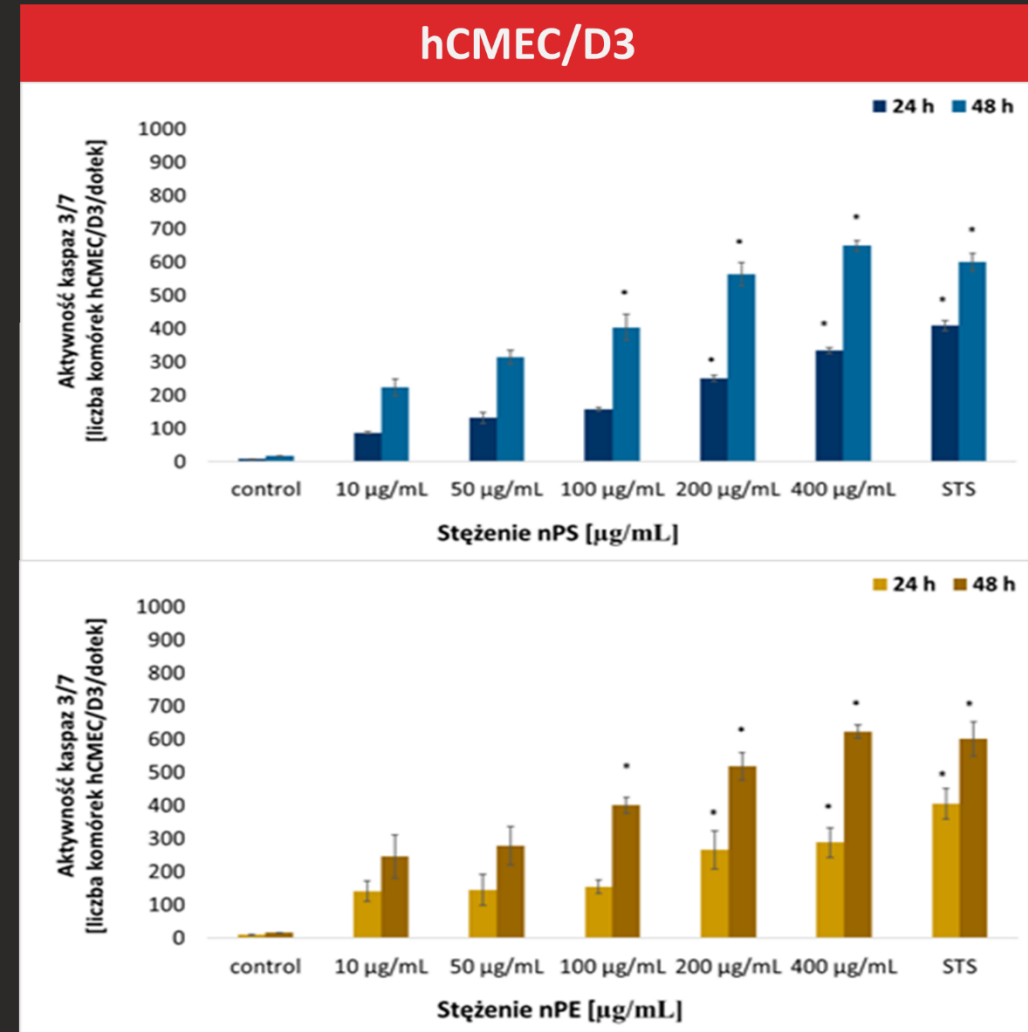


IC50 72 h komórki A549



Analizy na poziomie komórkowym

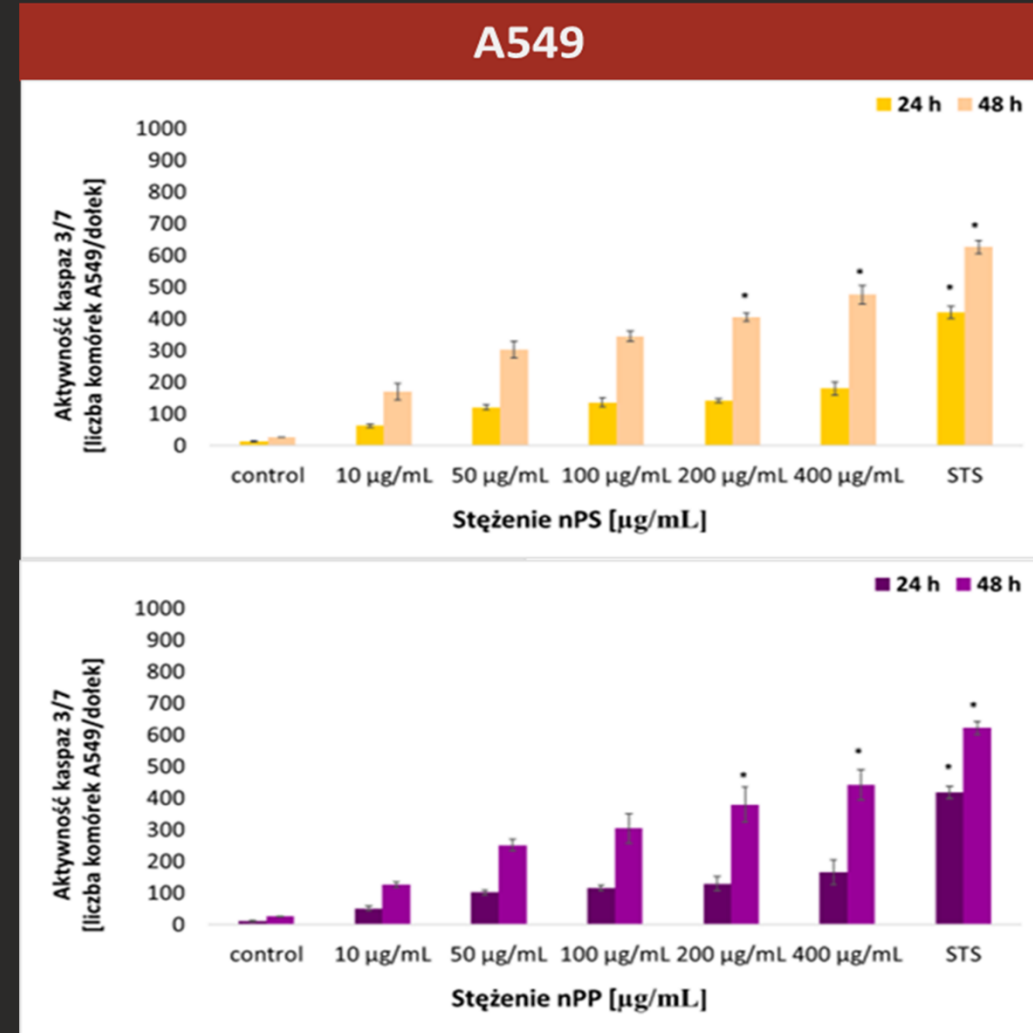
Liczba komórek apoptotycznych dla hCMEC/D3 była wyższa niż w komórkach A549, zwłaszcza w przypadku nPS i nPE. Istotne zmiany w liczbie komórek apoptotycznych odnotowano dla stężenia 100 µg/mL i 48.h narażenia (odpowiednio: $403,93 \pm 5,04$ oraz $400,6 \pm 24,66$).



Analizy na poziomie komórkowym

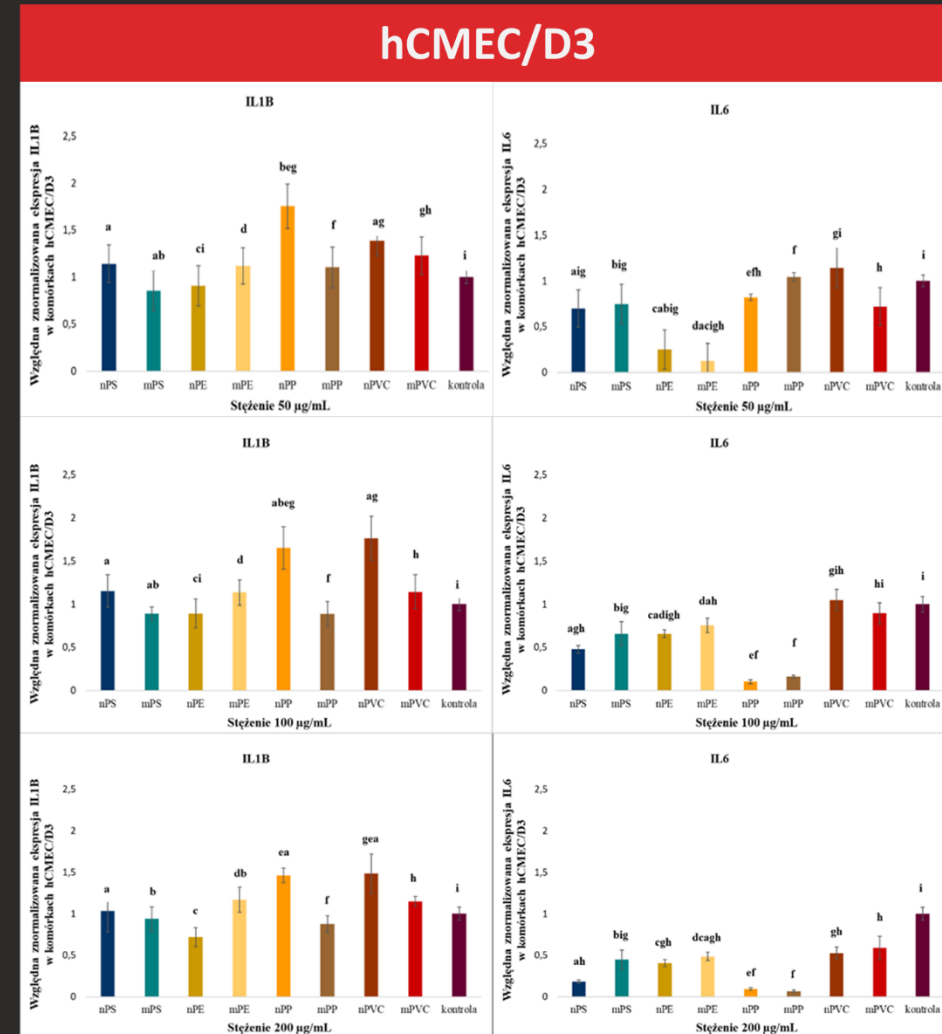
W komórkach A549 zdolność MNPs do aktywowania apoptozy ujawnia się dopiero przy wyższych stężeniach i dłuższym czasie ekspozycji, zwłaszcza dla nPS i nPP.

Istotne zmiany w liczbie komórek apoptotycznych odnotowano dla stężenia 200 $\mu\text{g/mL}$ i 48.h narażenia (odpowiednio: $404,13 \pm 13,17$ oraz $379,13 \pm 55,12$).



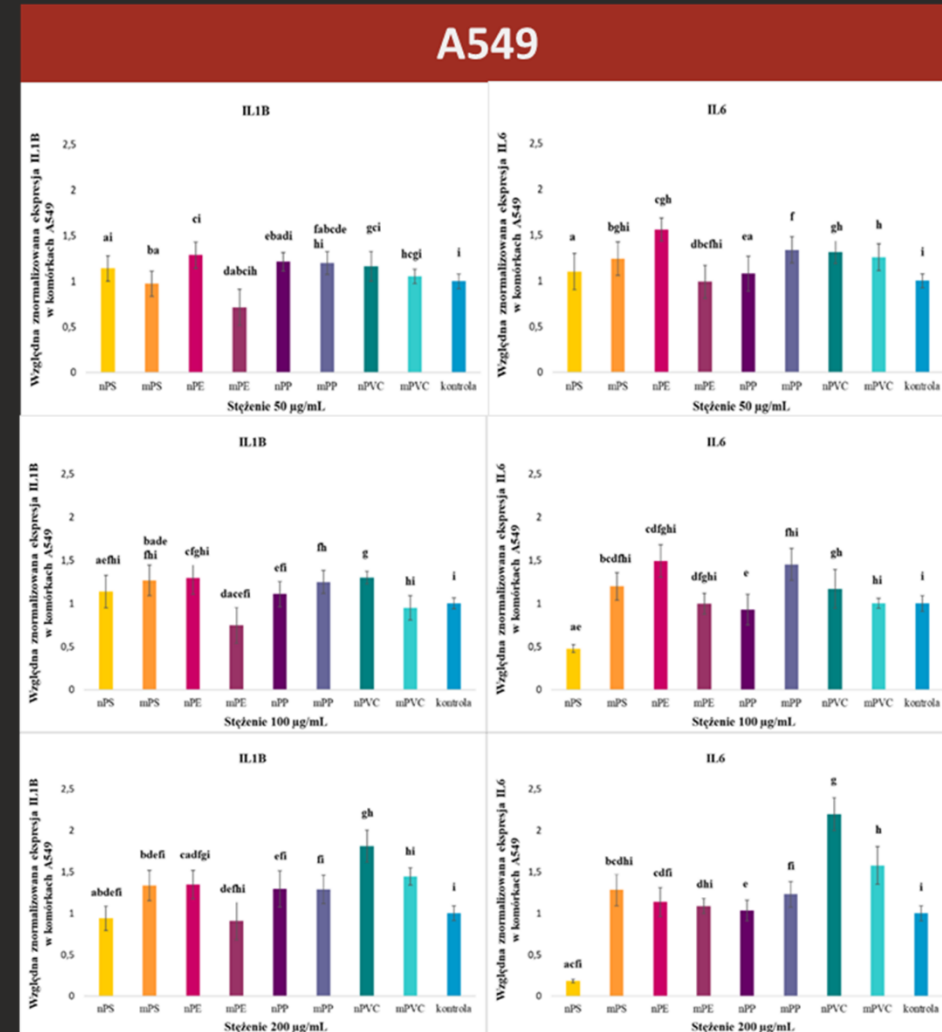
Analizy na poziomie molekularnym

Względna ekspresja IL1B była wyższa w komórkach hCMEC/D3 w porównaniu do komórek A549, co sugeruje, że komórki bariery krew-mózg, reagują szybciej i bardziej intensywnie na działanie mikro- i nanoplastików, szczególnie nPP, nPVC oraz mPVC.

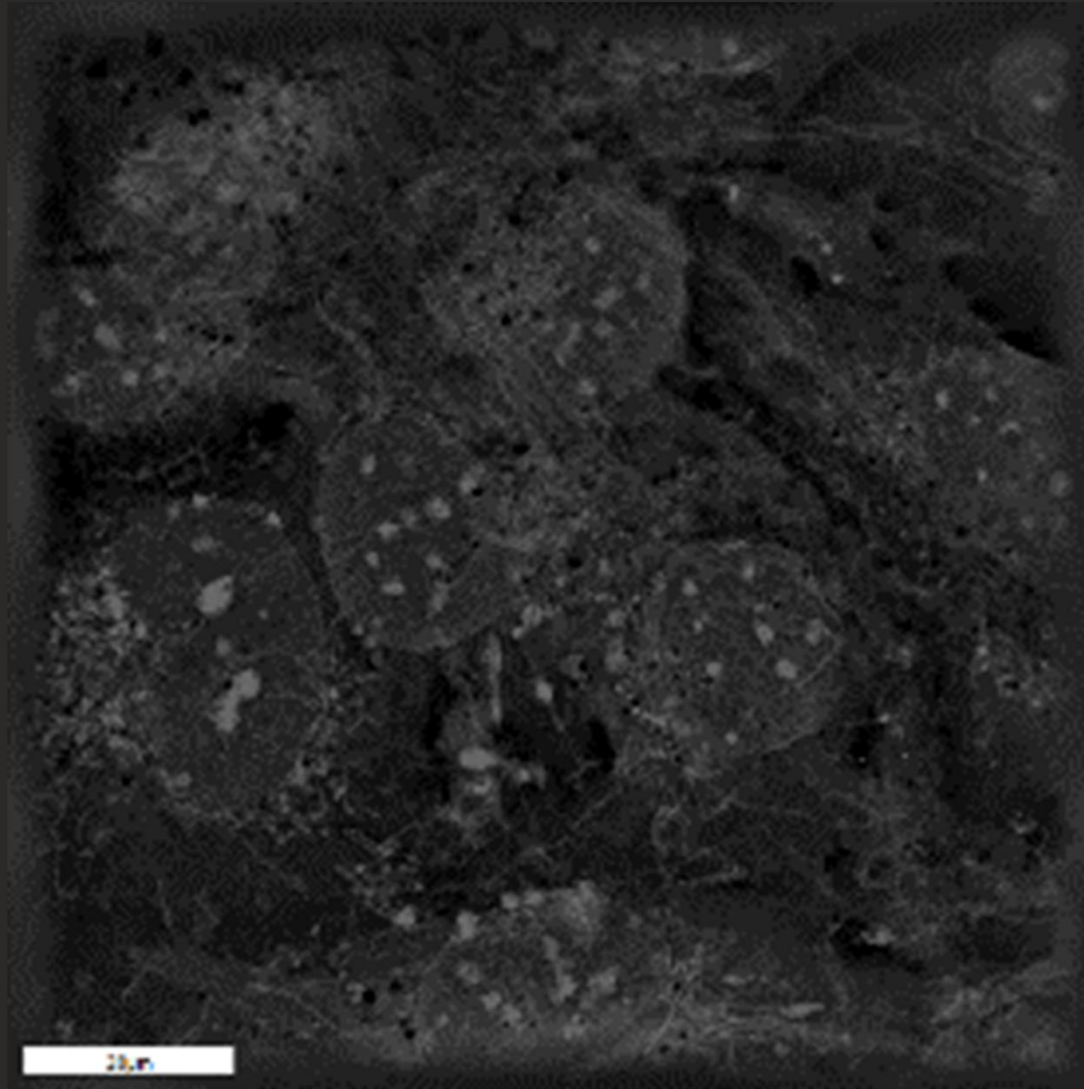


Analizy na poziomie molekularnym

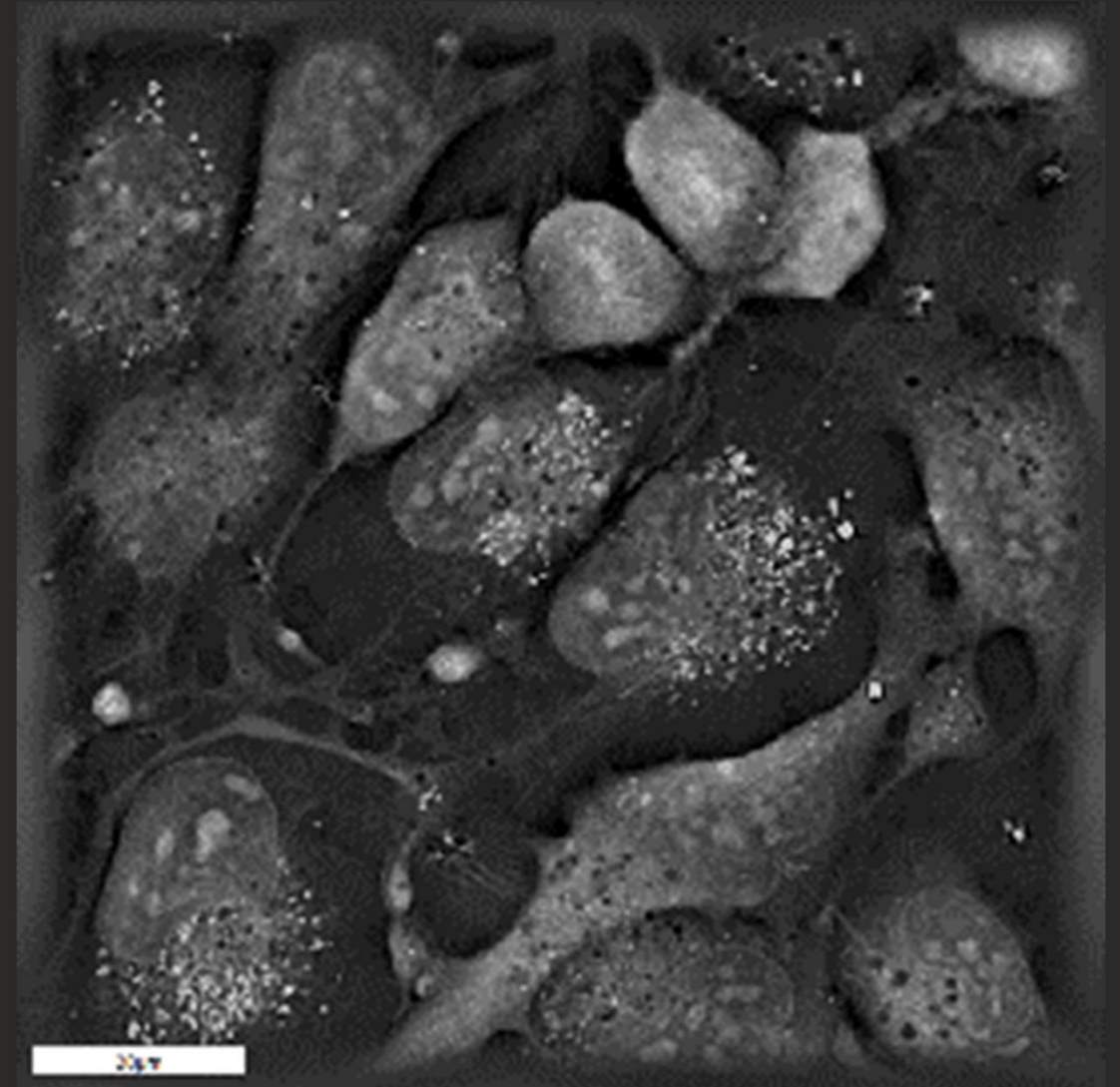
Poziom zmian ekspresji IL6 był wyraźnie wyższy w komórkach A549, szczególnie dla nPE i PVC (zarówno nano- jak i mikroformy). Komórki płucne są bardziej wrażliwe na przewlekłe procesy zapalne, gdzie IL6 odgrywa kluczową rolę.



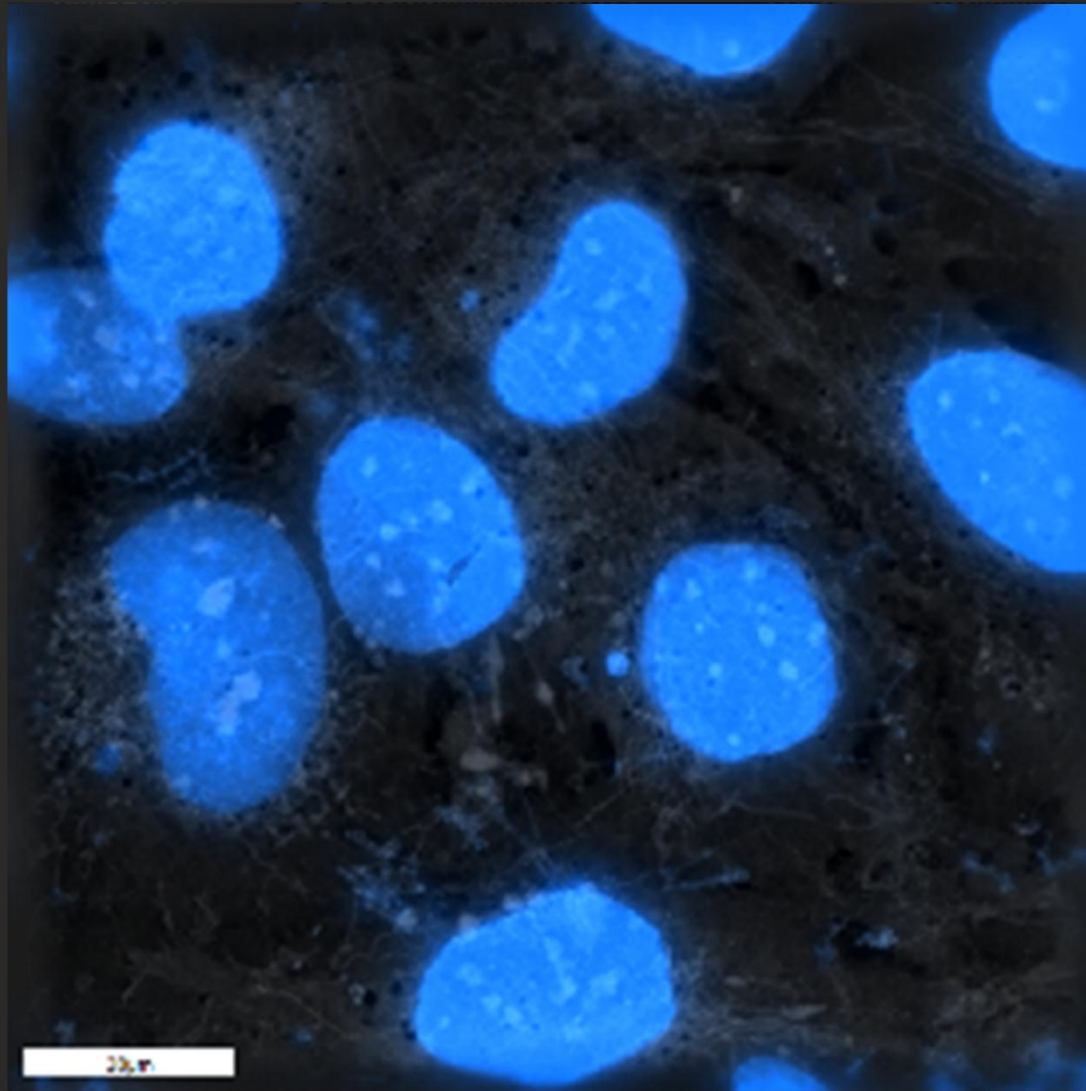
Kontrola (BBB)



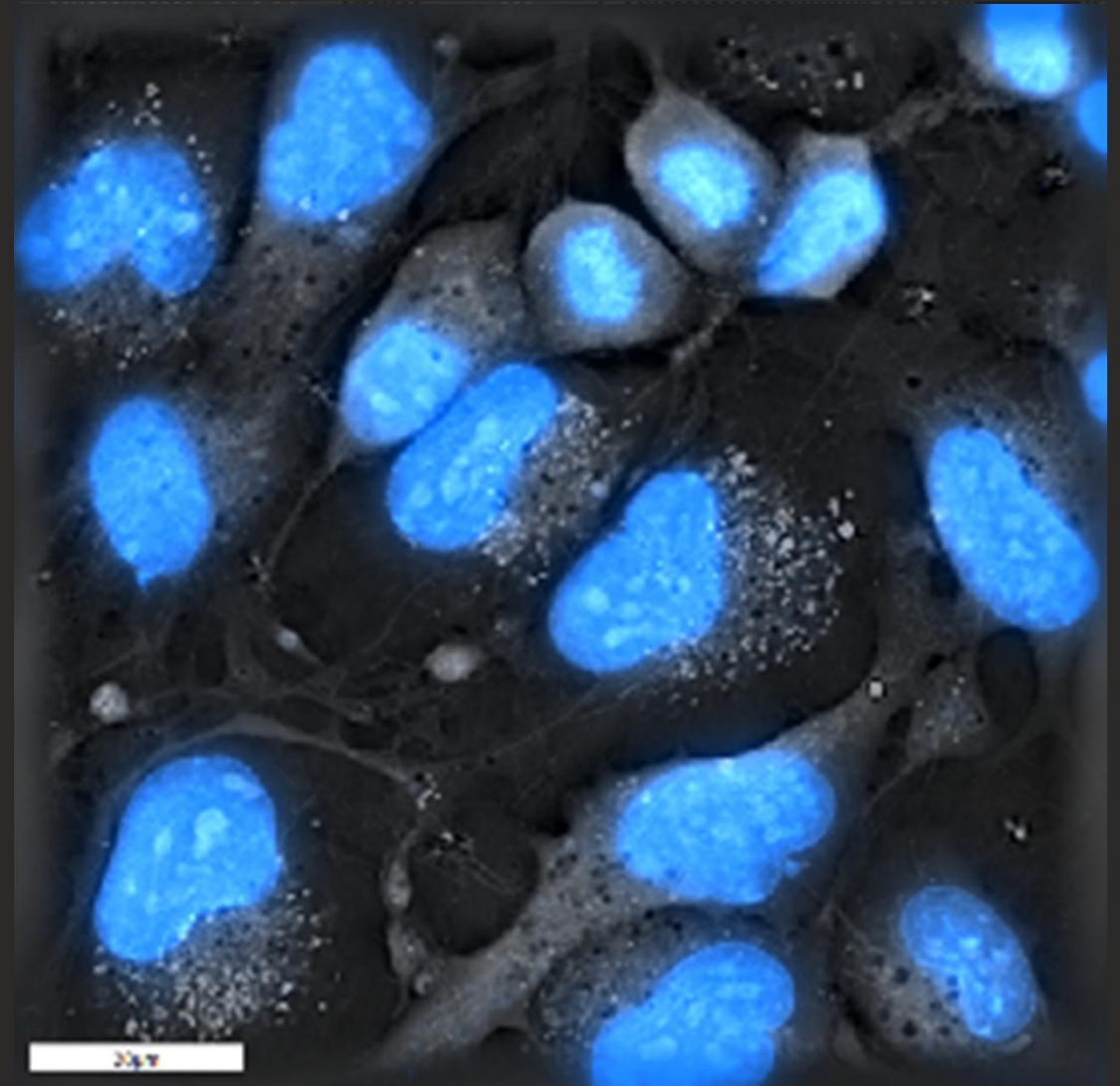
nPVC (BBB)



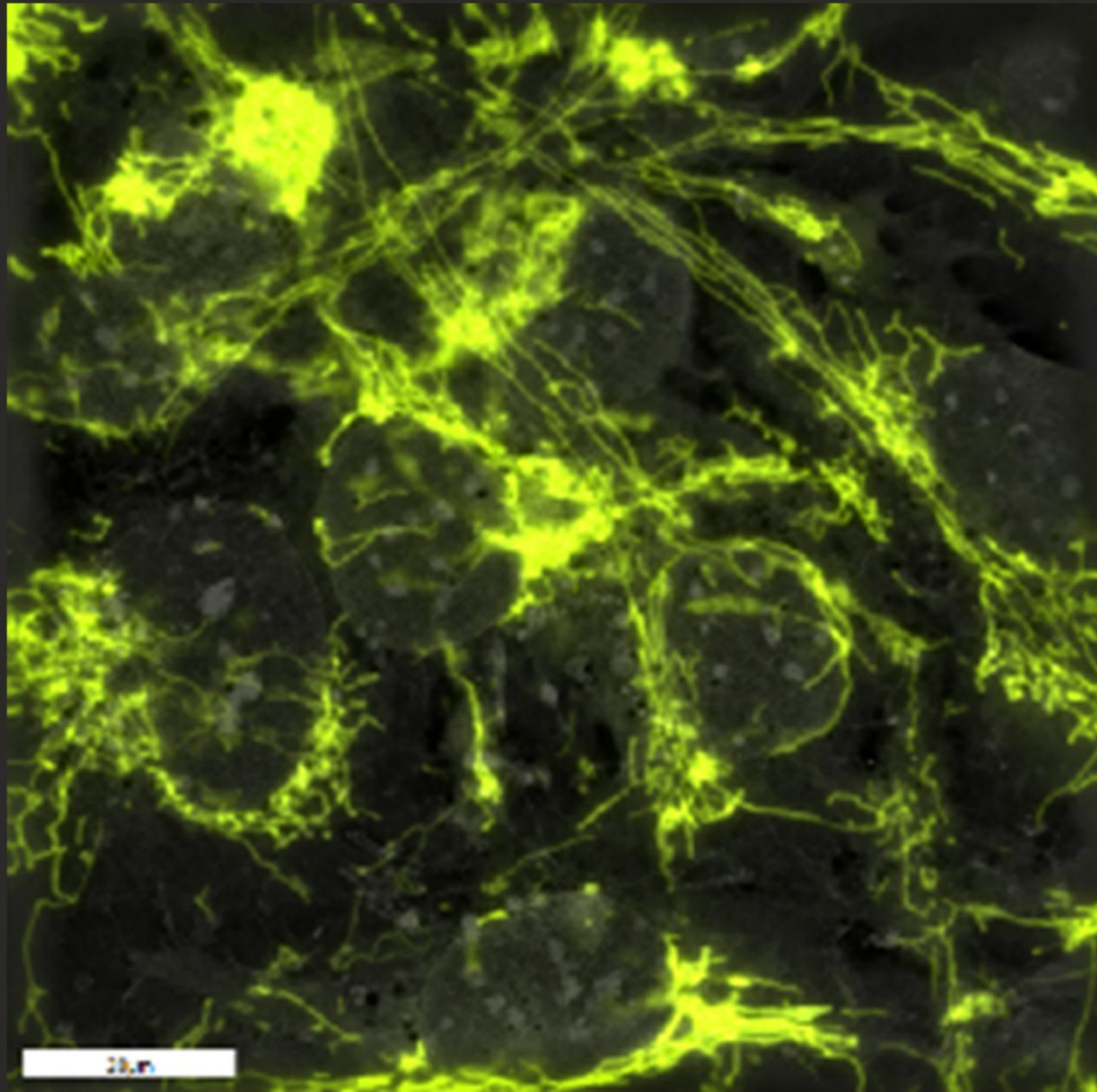
Kontrola (BBB)



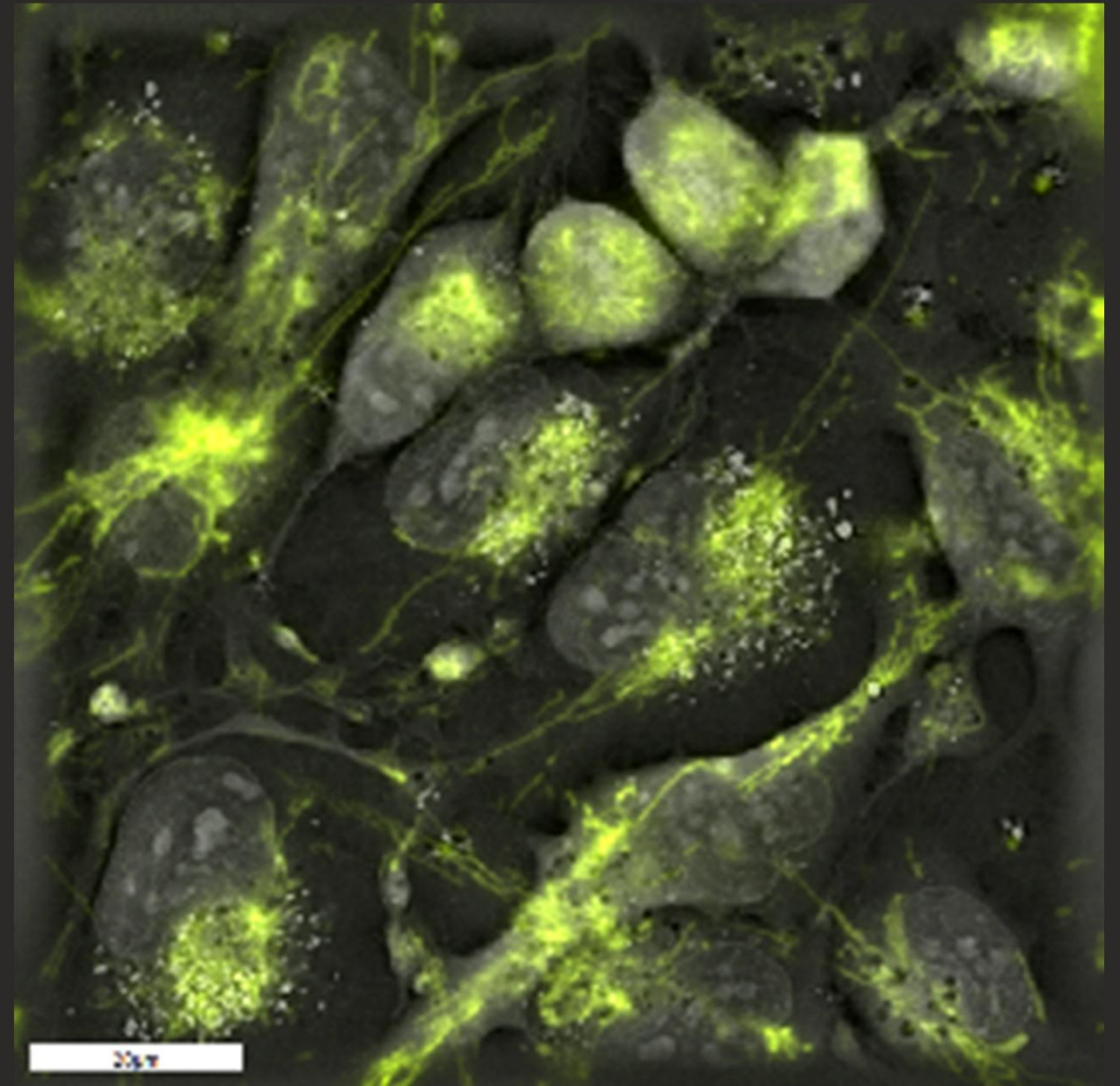
nPVC (BBB)



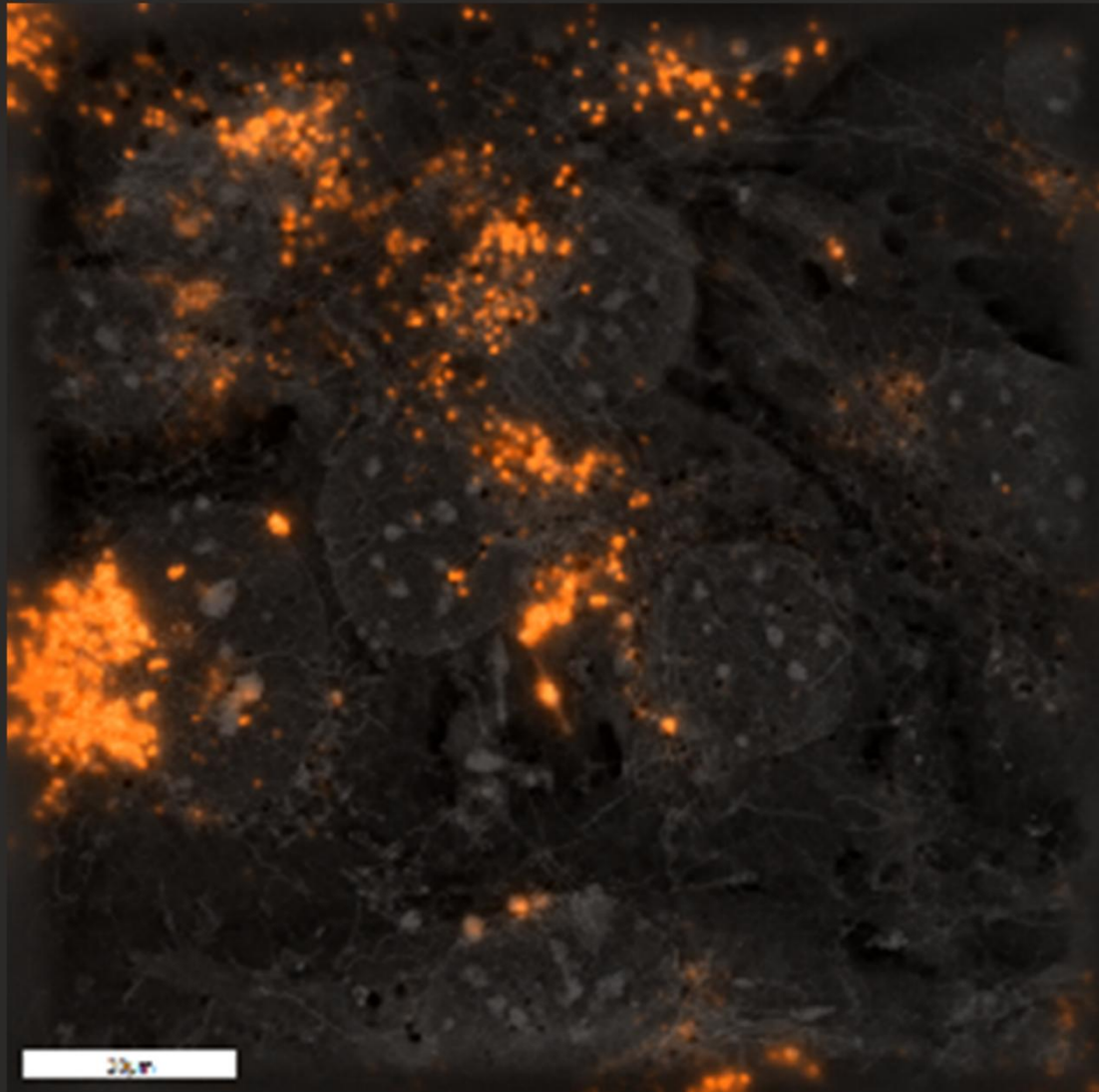
Kontrola (BBB)



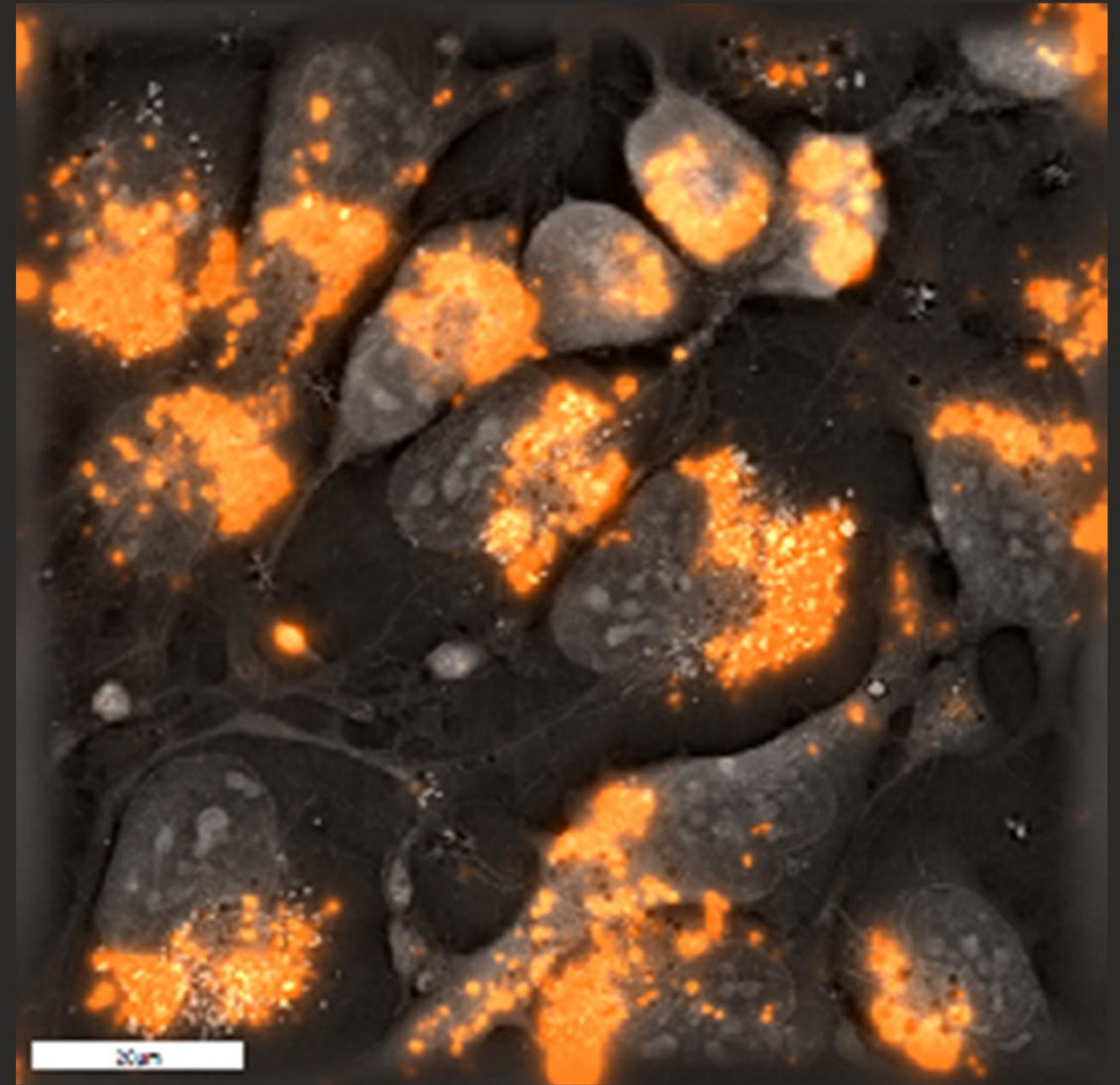
nPVC (BBB)



Kontrola (BBB)



nPVC (BBB)



TOKSYCZNOŚĆ

Nano- i mikroplastików

**Analizy na
poziomie
komórkowym**

&

**Analizy na
poziomie
molekularnym**

Pełna ocena toksyczności plastiku wymaga zastosowania metod, które obejmują zarówno analizę procesów komórkowych, jak i zmian na poziomie molekularnym.

Drogi **narażenia na MNPs**



Droga pokarmowa to jedna z głównych dróg narażenia na mikro- i nanoplastiki (MNPs).



Droga oddechowa MNPs mogą osadzać się w drogach oddechowych, powodując stany zapalne, astmę czy nowotwory



Droga dermalna umożliwia wchłanianie MNPs, zwłaszcza przez mieszki włosowe, gruczoły potowe i uszkodzoną skórę.



Czynności zawodowe - największe prawdopodobieństwo narażenia na MNPs



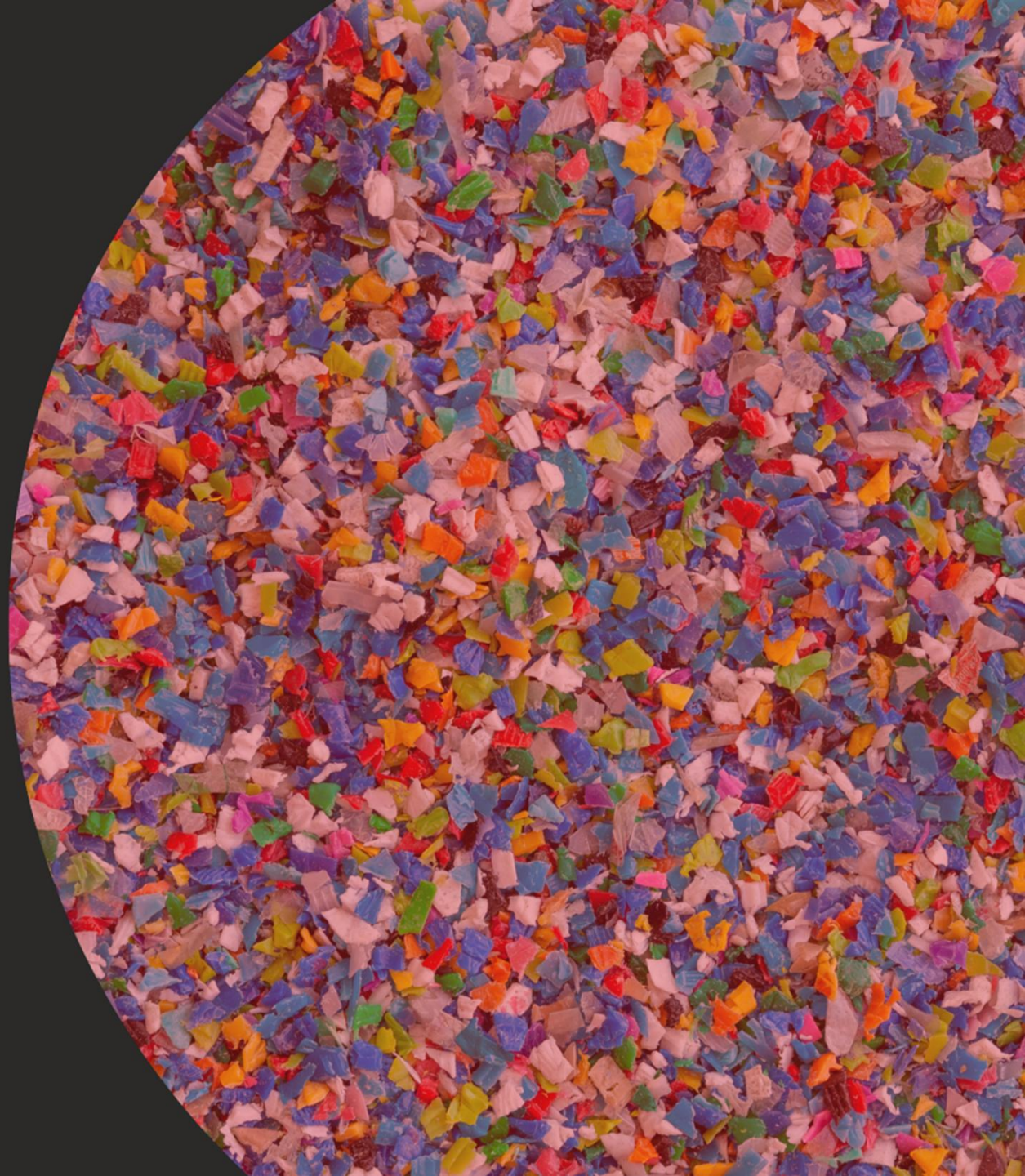
mielenie, cięcie, szlifowanie
i ścieranie tworzyw sztucznych



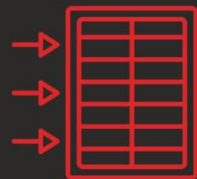
sortowanie i przetwarzanie
odpadów plastikowych



produkcja kompozytów
i mieszanek polimerowych



Czynności zawodowe - największe prawdopodobieństwo narażenia na MNPs



obsługa urządzeń filtrujących
i systemów wentylacyjnych

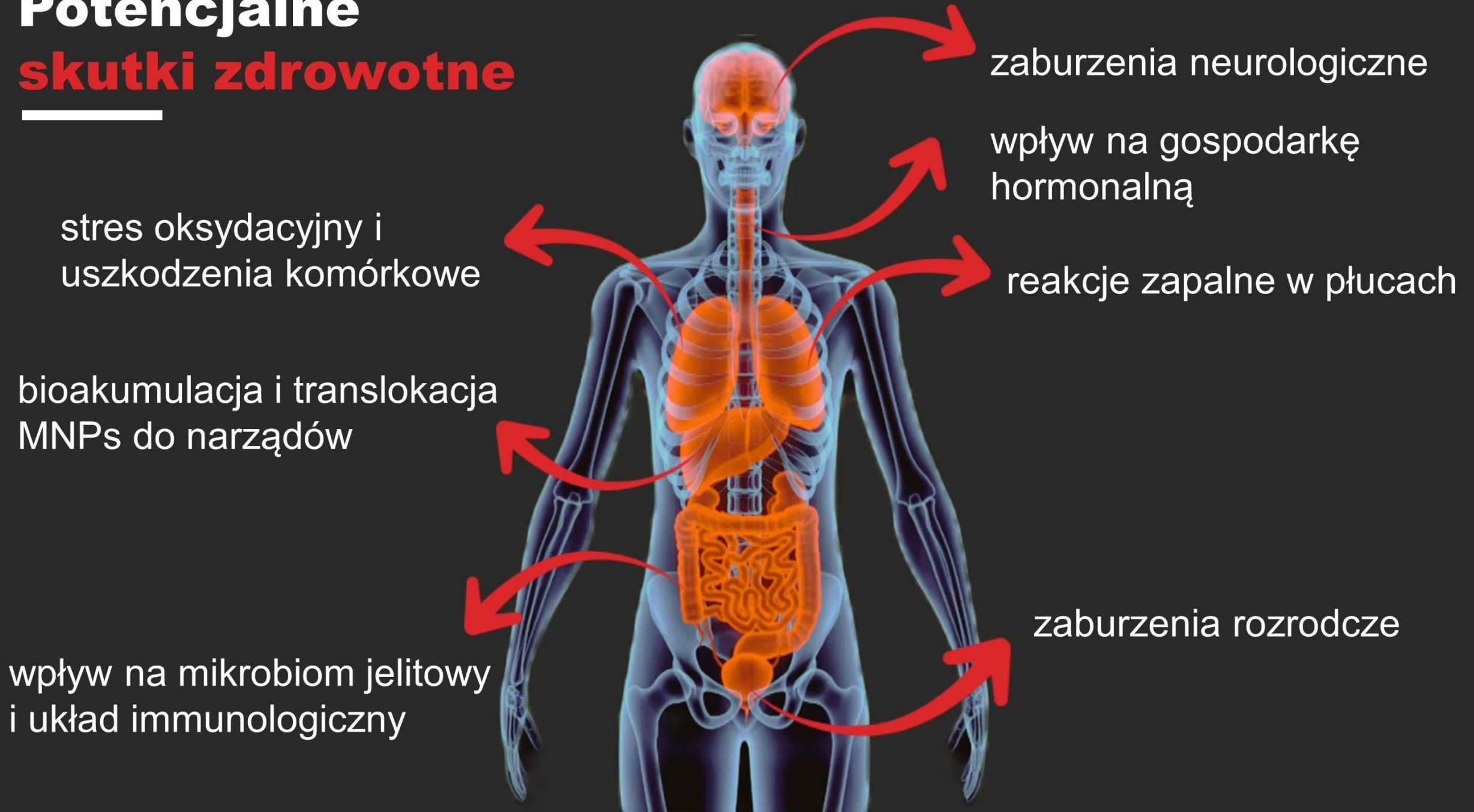


czyszczenie powierzchni
i wyposażenia technicznego



pobieranie próbek materiałów
zawierających mikroplastiki

Potencjalne skutki zdrowotne



Brak norm BHP dotyczących MNPs - konieczność działań wyprzedzających

**Zasada ostrożności w ocenie ryzyka
narażenia na MNPs**

Brak norm BHP dotyczących MNPs - konieczność działań wyprzedzających

**Analogia do istniejących wytycznych dla
nanomateriałów inżyneryjnych (NOAA)**

5 kroków w ocenie ryzyka zawodowego dla MNPs

1

Identyfikacja źródeł MNPs w zakładzie pracy

Kluczowe pytania, które należy zadać na tym etapie, to m.in.:

2

3

4

5



Czy w procesach produkcyjnych/ recyklingowych powstaje pył z tworzyw sztucznych?



Czy używane są materiały zawierające mikroplastiki (np. granulaty, proszki, pasty, kompozyty)?



Czy występują czynności takie jak mielenie, cięcie, ścieranie tworzyw sztucznych

5 kroków w ocenie ryzyka zawodowego dla MNPs

2

Wskazanie grup pracowników narażonych

Szczególne uwagi warto zwrócić na
następujące stanowiska:

3

4

5



Operatorzy maszyn przetwarzających
tworzywa sztuczne



Pracownicy zajmujący się segregacją
odpadów, wymianą filtrów,
czyszczeniem systemów odpylających,



Pracownicy laboratoriów i działów R&D
używający drobnych polimerów

5 kroków w ocenie ryzyka zawodowego dla MNPs

3

Ocena warunków ekspozycji pracowników

Te informacje są niezbędne do
ograniczenia narażenia pracowników:

4



Czas trwania narażenia: (sporadyczny/
codzienny / ciągły),

5



Forma cząstek: pył, proszek, zawiesina,



Drogi narażenia: inhalacja (główna),
kontakt ze skórą, przypadkowe
połknięcie,



Stan techniczny wentylacji:
zastosowanie odpylania, filtrów HEPA,
systemów zamkniętych.

5 kroków w ocenie ryzyka zawodowego dla MNPs

4

Szacowanie ryzyka- proste narzędzia

Ocenę można przeprowadzić na podstawie czterech podstawowych kryteriów:

5



Częstotliwość:
niska/ średnia/ wysoka



Czas ekspozycji:
sporadyczne/codziennie



Skutki zdrowotne:
umiarkowane/poważne



Zabezpieczenia techniczne:
brak/ częściowe/ skuteczne

5 kroków w ocenie ryzyka zawodowego dla MNPs

5

Określenie środków zaradczych

Analiza wykazuje średnie lub wysokie ryzyko
– rozważ wdrożenie środków prewencyjnych:



Systemy zamknięte np. obudowy, klosze



Filtry HEPA/ wentylacja miejscowa



ŚOI : maski z filtrem PP3, rękawice,
gogle, odzież ochronna



Szkolenia pracowników

Środki ograniczające **ryzyko zawodowe**

**Technika
zastępowania**

**Środki
techniczne**

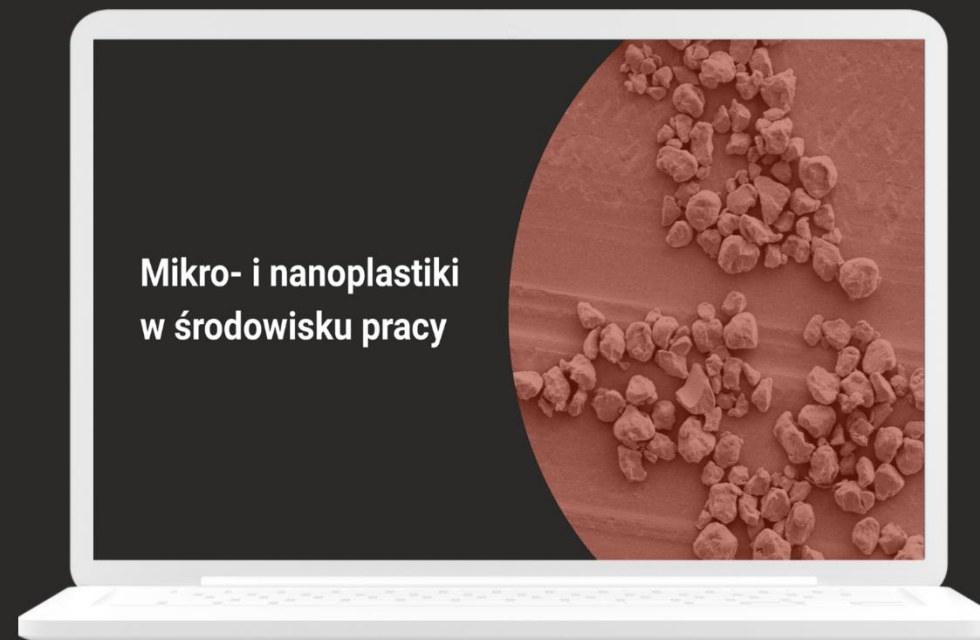
**Środki
organizacyjne**

**Ochrony
indywidualnej**

**Takie podejście nie tylko zwiększa bezpieczeństwo pracowników,
ale również przygotowuje firmę na przyszłe obowiązki regulacyjne.**

Materiał **video**

Materiał video dla przedstawicieli przedsiębiorstw odpowiedzialnych za BHP dotyczący oceny i ograniczania ryzyka zawodowego dla pracujących w narażeniu na mikro- i nanoplastiki.



Dziękuję za uwagę!

Wypełnij ankietę



Projekt nr I.PN.15, pt. „*Mikroplastik i nanoplastik jako źródło zagrożenia w środowisku pracy. Badanie toksyczności in vitro wybranych związków z wykorzystaniem ludzkich modeli linii barierowych*”.

Kierownik projektu: dr inż. Dorota Sawicka

Opracowano w ramach VI etapu programu wieloletniego pn. „*Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy*” finansowanego w latach 2023-2025 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy- Państwowy Instytut Badawczy.

