

Projekt badawczo-rozwojowy NANODAK

Ewa Rogoża¹

ORCID 0000-0002-5561-4726

Katarzyna Drzewiecka²

ORCID 0000-0002-6713-1844

¹ Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji, ewa.rogoza@policja.gov.pl

² Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji, katarzyna.drzewiecka@policja.gov.pl

Streszczenie

W ramach realizacji projektu badawczo-rozwojowego pt.: „Ujawnianie śladów linii papilarnych nanocząsteczkami wytwarzanymi przy użyciu technologii wysokich ciśnień” o akronimie NANODAK opracowano nowej generacji preparaty do ujawniania śladów linii papilarnych: NANODAK 30, NANODAK 40 i NANODAK 1. Nanodetekторы są bezpieczne dla ludzi i środowiska. Skuteczność nanodetektorów jest nie mniejsza niż stosowanego w praktyce proszku daktyloskopijnego argenteratu. Nowe preparaty nie mają negatywnego wpływu na inne metody wizualizacji śladów oraz na badania genetyczne. Nanodetekторы, będące nowej generacji środkami do ujawniania śladów linii papilarnych, mogą zostać zaimplementowane w docelowym środowisku, zwiększając potencjał możliwości wykrywczych organów ścigania oraz podnosząc komfort pracy ekspertów i techników kryminalistyki. Projekt został zrealizowany dzięki finansowaniu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Słowa kluczowe: nanodetekторы, nanocząsteczki, ślady linii papilarnych

Wstęp

Nanocząsteczki to bardzo małe cząstki o wielkości od jednego do stu nanometrów, czyli jednej miliardowej metra. Nie są one wykrywalne przez ludzkie oko. Większość nanocząstek składa się tylko z kilkuset atomów. Nanocząsteczki mogą wykazywać znacznie inne właściwości fizyczne i chemiczne niż ich większe odpowiedniki materiałowe. Zmiana właściwości wynika ze stosunkowo dużej powierzchni nanocząstek w porównaniu do ich objętości. Cecha ta umożliwia nanocząstkom posiadanie nieoczekiwanych właściwości optycznych, fizycznych czy też chemicznych, np. pojawienie się właściwości luminescencyjnych. Właściwości te wykorzystano podczas realizacji projektu badawczo-rozwojowego pt.: „Ujawnianie śladów linii papilarnych nanocząsteczkami wytwarzanymi przy użyciu technologii wysokich ciśnień” o akronimie NANODAK. Dla projektu zaprojektowano również logo (ryc. 1) oraz utworzono stronę internetową (ryc. 2).

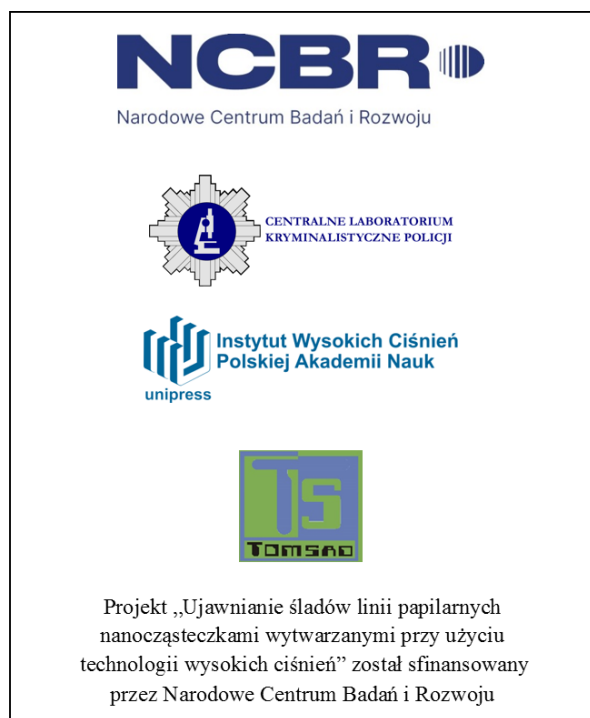


Ryc. 1. Logo projektu NANODAK



Ryc. 2. Strona internetowa projektu NANODAK

Projekt powstał dzięki dofinansowaniu z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach 9 Konkursu na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa. W skład konsorcjum realizującego projekt weszło Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji jako lider oraz partnerzy: Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk i firma TOMSAD Tomasz Sadowski (ryc. 3).



Ryc. 3. Znaki graficzne instytucji finansującej projekt NANODAK i wykonawców

Cel projektu

Celem głównym projektu było opracowanie nowych metod wizualizacji śladów linii papilarnych, opartych na wykorzystaniu nanocząstek.

Przebieg procesu badawczego

W pierwszym etapie jego realizacji wytypowano nanocząstki do badań daktyloskopijnych. Były to przede wszystkim nanocząstki wykazujące właściwości luminescencyjne, dzięki czemu podczas ujawniania śladów na podłożach, np. wielobarwnych, można uzyskać lepszy kontrast śladów z podłożem i poprawę ich czytelności.

Aby wzbudzić fluorescencję nanocząstek, należało opracować również ergonomiczne i wydajne źródło energii świetlnej. Zadania tego podjęła się firma TOMSAD. Prace rozpoczęto od wstępnego, doświadczalnego wyznaczenia zakresu i właściwości światła przydatnego do wzbudzenia luminescencji wytypowanych nanocząstek. Po wstępnym przebadaniu próbek w pełnym spektrum światła ultrafioletowego i widzialnego stwierdzono, że dalsze prace należało skupić na świetle ultrafioletowym o długości fali 360 nm i niebieskim o długości fali 410 nm, gdyż w tych zakresach badane nanocząstki ulegały wzbudzeniu.

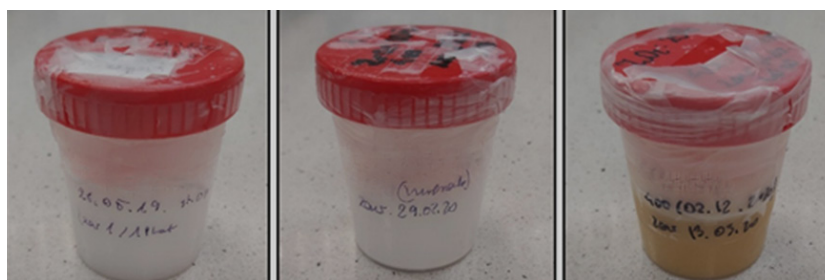
Ostatecznie opracowano zestaw oświetlaczy LED 360 nm, 410 nm oraz światła białego, dysponujących dużą, regulowaną dwustopniowo mocą świetlną (ryc. 4÷9). Oświetlacz światła białego wykonano na bazie promienników LED typu COB (Chip On Board), które zapewniły bardzo dobrą jednorodność wiązki świetlnej oraz relatywnie dużą moc, przy małych wymiarach promiennika. Każdy ze skonstruowanych oświetlaczy wyposażono we wbudowany przełącznik o zakresie działania 0%–50%–100%, zapewniający dwustopniową regulację mocy, zasilacz sieciowy 240 V oraz akumulator do pracy w terenie. Zaprojektowano i wykonano lekkie, ergonomiczne obudowy oświetlaczy, zdolne pomieścić promienniki, elektroniczne urządzenia sterujące oraz zapewnić dostateczne chłodzenie przewidzianymi do tego celu kanałami. W celu minimalizacji zjawiska odbicia światła zastosowano obudowy koloru czarnego. Cały zestaw oświetlaczy wraz z oprzyrządowaniem umieszczono w solidnej walizce transportowej, dającej dostateczną ochronę mechaniczną i przeciwwstrząsową. W walizce zaplanowano miejsce na cały zestaw oświetlaczy wraz z oprzyrządowaniem oraz dodatkowe miejsce na drobne narzędzia (pęsety, pędzelki itp.), według indywidualnych potrzeb użytkownika.



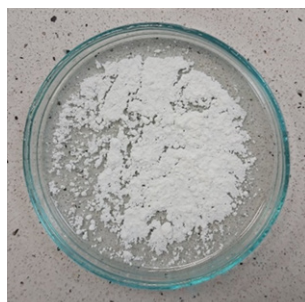


Ryc. 4÷9. Zestaw oświetlaczy LED z oprzyrządowaniem

Równoległe z pracami związanymi z konstruowaniem oświetlaczy LED zespoły projektowe CLKP i IWC PAN prowadziły prace nad formą i składem preparatów nanocząsteczkowych do ujawniania śladów linii papilarnych. Zdecydowano, aby nanocząsteczki luminescencyjne umieścić w zawiesinach wodnych, co pozwalało na ich bezpośrednie nanoszenie na badane powierzchnie, bez zbędnego rozprzestrzeniania się w powietrzu (ryc. 10÷12). Kontynuowano też badania nanocząstek w postaci proszkowej (ryc. 13, 14).



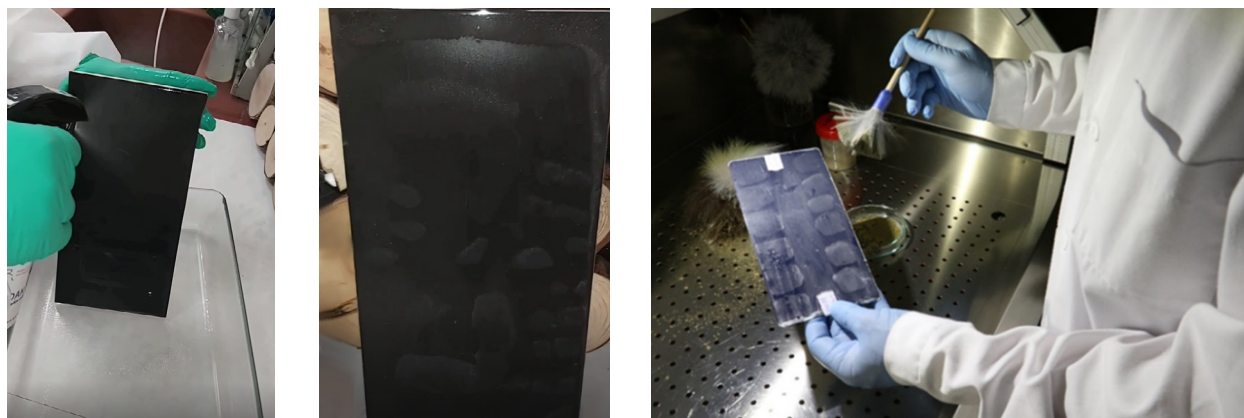
Ryc. 10÷12. Nanodetektory luminescencyjne w formie zawiesinowej



Ryc. 13, 14. Nanodetektory w formie proszkowej

W celu zapewnienia kontroli jakości tworzonych nanodetektorów oraz obiektywnej oceny skuteczności ich działania w detekcji śladów opracowano „Metodykę weryfikacji komponentów nanodetektorów”. Zgodnie z opracowaną metodyką podczas testów ślady nanoszone były w sposób kontrolowany na podłoża o odmiennych charakterystykach przez różnych dawców. Na potrzeby badań utworzono bank dawców śladów, w którym skategoryzowano dawców jako bardzo dobrych (kategoria A), dobrych (kategoria B) i słabych (kategoria C) wydzielaczy substancji potowo-tłuszczowej (śladotwórczej). Kategoryzacja dawców pozwoliła na sprawdzanie czułości testowanych preparatów.

Ślady nanoszono na podłoża określane w daktyloskopii jako standardowe, czyli o dużym stopniu gładkości, np. szkło, folia aluminiowa, ale także na podłoża trudne o znacznym stopniu chropowatości, np. płyta meblowa, materiał skóropodobny (ryc. 15÷17). Pozwoliło to na ocenę skuteczności poszczególnych preparatów w zależności od rodzaju i struktury podłoża.



Ryc. 15÷17. Nanoszenie nanodetektorów na podłoża

Badane próbki z naniesionymi śladami odpowiednio oznaczano, ślady były ujawniane testowanymi preparatami, a następnie poddawane badaniom makroskopowym w świetle białym i fluorescencyjnym w zakresie światła ultrafioletowego UV i w pierwszym etapie badań w zakresie światła widzialnego VIS od 380 do 780 nm. Po ustaleniu, że nanodetektory wykazują najlepszą fluorescencję w zakresie światła 360 nm i 410 nm (światło niebieskie) dalszą obserwację śladów prowadzono tylko w tych zakresach.

Ocenie poddawano trzy parametry testowanych preparatów:

- przyleganie preparatu do śladów (P),
- równomierność przylegania do śladów (R),
- czytelność ujawnionych śladów (C).

Przyjęto zero-jedynkowy system oceny. W stosunku do wartości P – ocena 1 oznaczała, że testowany preparat przyległ do śladu, dla wartości R – ocena 1 oznaczała, że przyleganie do śladu było równomierne, a w przypadku czytelności oznaczonej w skrócie literą C – ocenę 1 otrzymywał ślad posiadający dwanaście i powyżej dwunastu cech szczególnych, nadający się do identyfikacji. Wyniki zapisywano w arkuszach kalkulacyjnych i poddawano analizie.

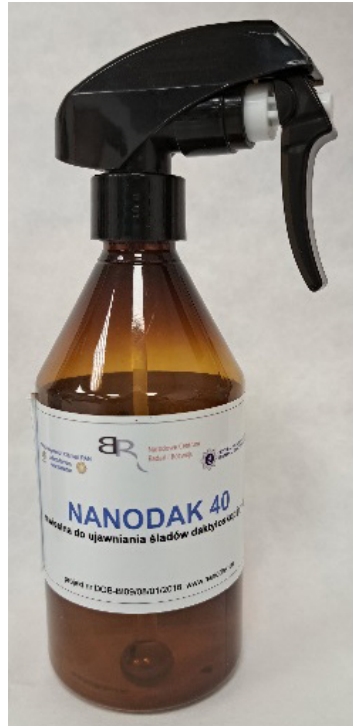
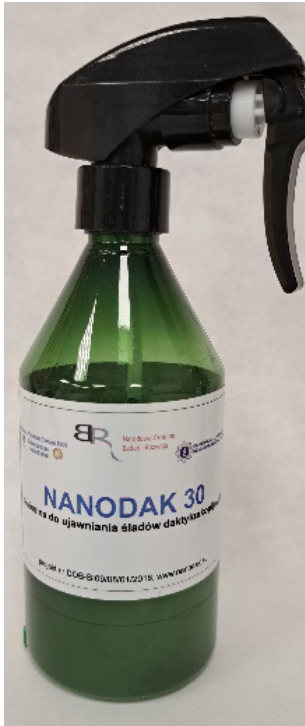
Ocenę pozytywną uzyskiwały preparaty, dla których jednocześnie trzy wartości P/R/C osiągały wynik \geq (większy lub równy) 80%.

Zespół projektowy CLKP w pierwszym etapie realizacji projektu przebadał preparaty przygotowane przez IWC PAN o zmiennych parametrach, takich jak:

- koncentracja nanocząstek bazowych w zawiesinie,
- koncentracja domieszek nanocząstek pierwiastków potęgujących luminescencję,
- wielkość nanocząstek,
- domieszkowanie nanocząstek bazowych pierwiastkami metali.

Spośród kilkudziesięciu wariantów preparatów, biorąc pod uwagę zarówno efekty ujawniania śladów daktyloskopijnych, jak i intensywność ich fluorescencji, jako prototypy wytypowano ostatecznie trzy nanodetektory (ryc. 18÷20), które nazwano:

- NANODAK 30/ND1 (nanodetektor w formie zawiesiny),
- NANODAK 40/ND2 (nanodetektor w formie zawiesiny),
- NANODAK 1/NP (nanodetektor w formie proszkowej).

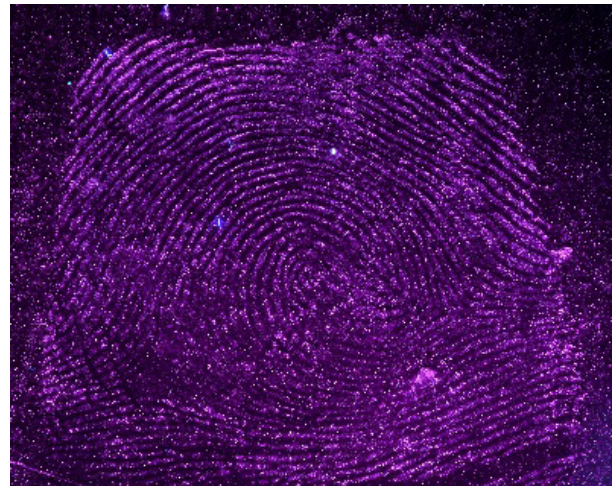


Ryc. 18÷20. Prototypy nanodetektorów

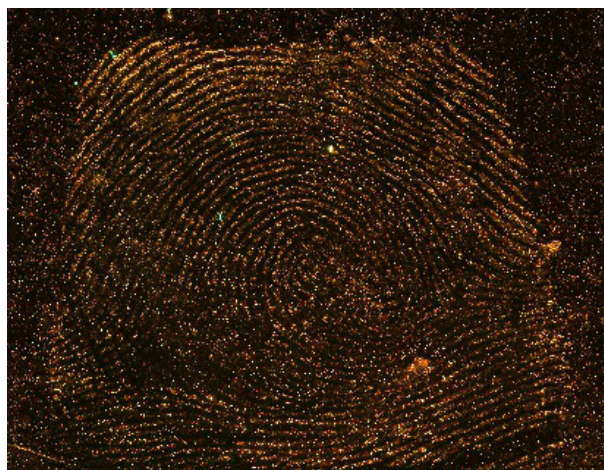
Przykłady śladów ujawnionych prototypami nanodetektorów NANODAK 30, NANODAK 40, NANODAK 1 przedstawiono na ryc. 21÷43.



Ryc. 21. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawiesiną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle białym



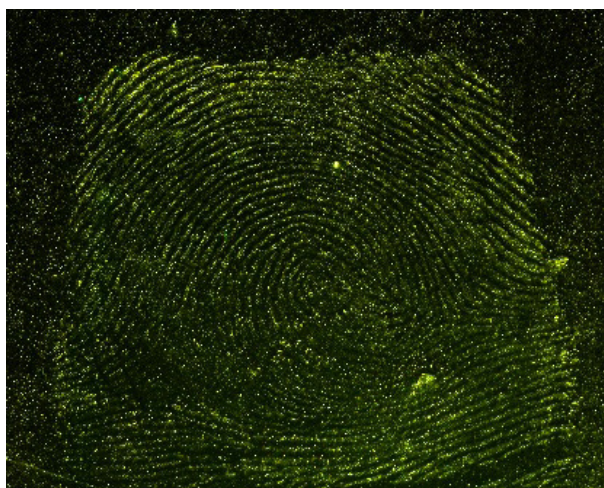
Ryc. 22. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawiesiną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z bezbarwnym filtrem



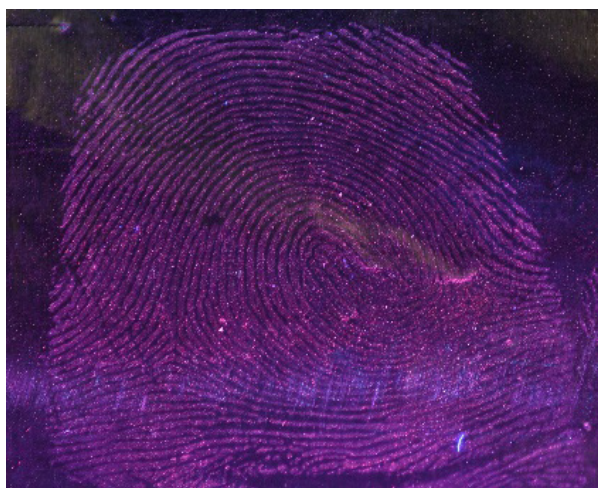
Ryc. 23. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z żółtym filtrem



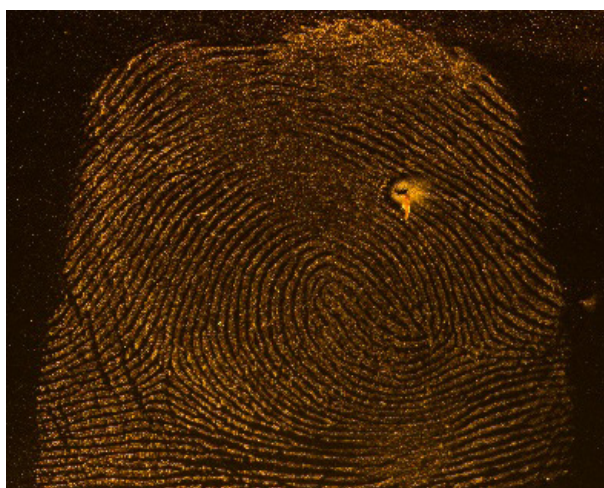
Ryc. 26. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle białym



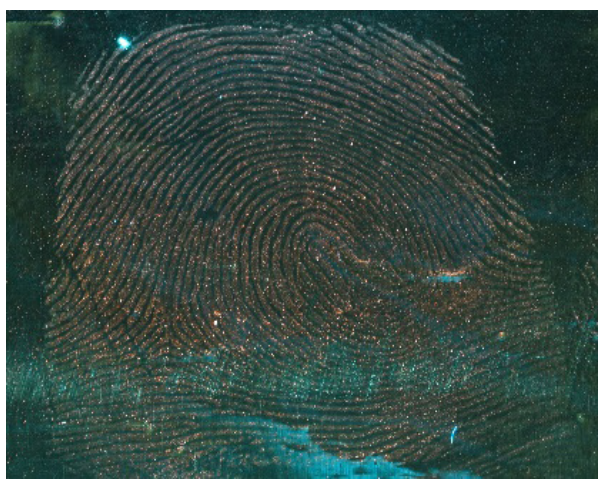
Ryc. 24. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z żółtym filtrem



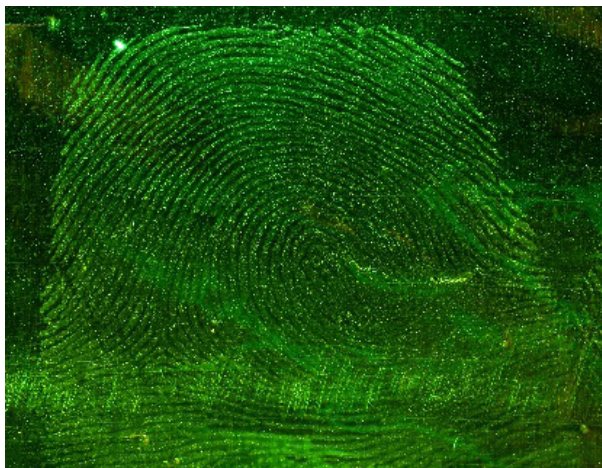
Ryc. 27. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z bezbarwnym filtrem



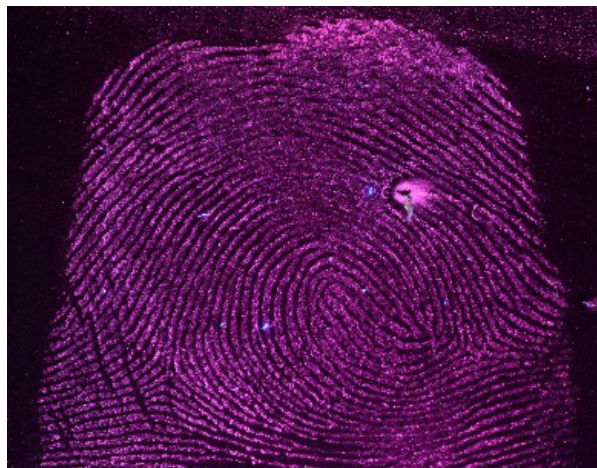
Ryc. 25. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z pomarańczowym filtrem



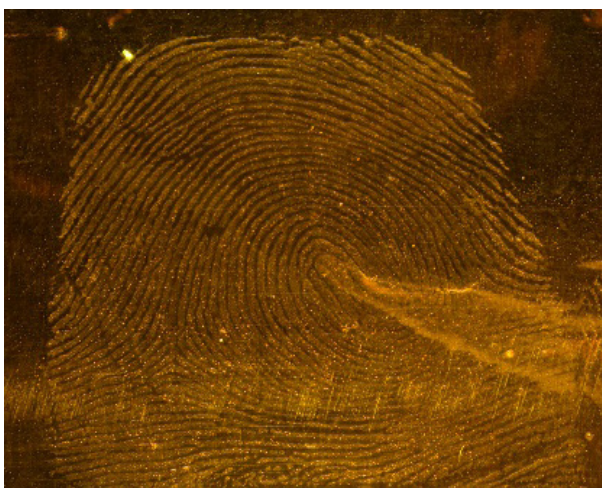
Ryc. 28. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z żółtym filtrem



Ryc. 29. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z żółtym filtrem



Ryc. 32. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z bezbarwnym filtrem



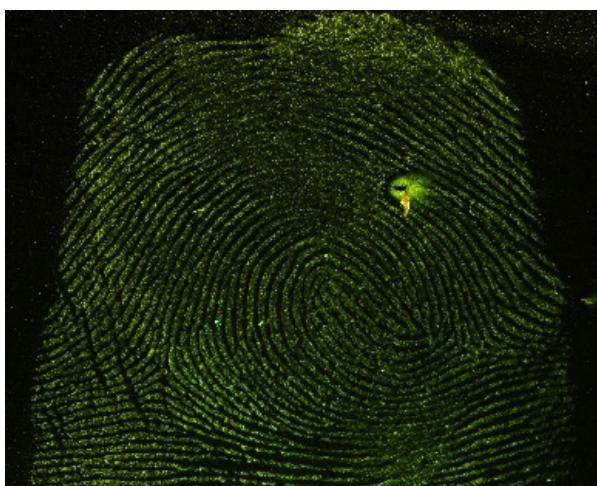
Ryc. 30. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 30, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z pomarańczowym filtrem



Ryc. 33. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z żółtym filtrem



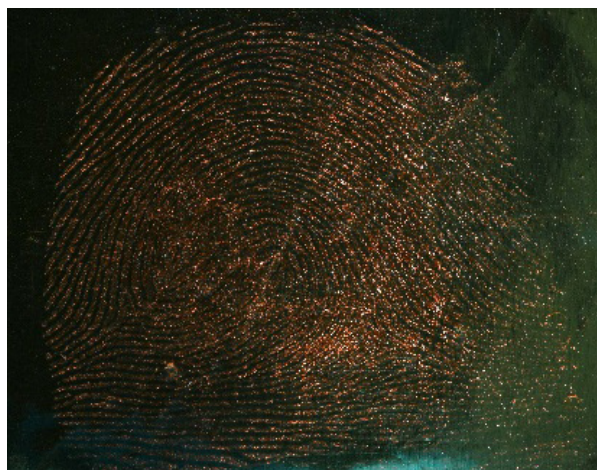
Ryc. 31. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle białym



Ryc. 34. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z żółtym filtrem



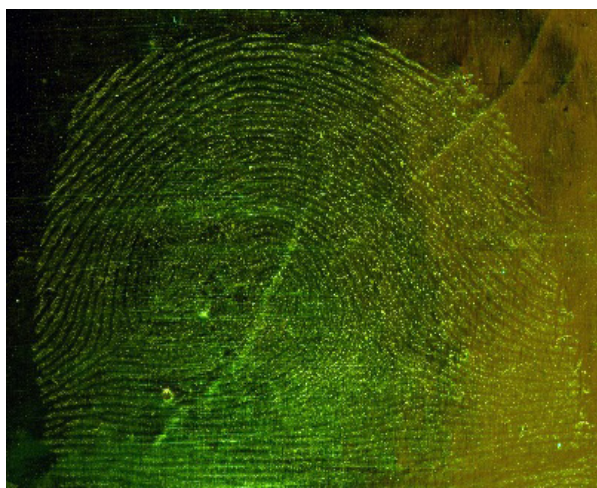
Ryc. 35. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z pomarańczowym filtrem



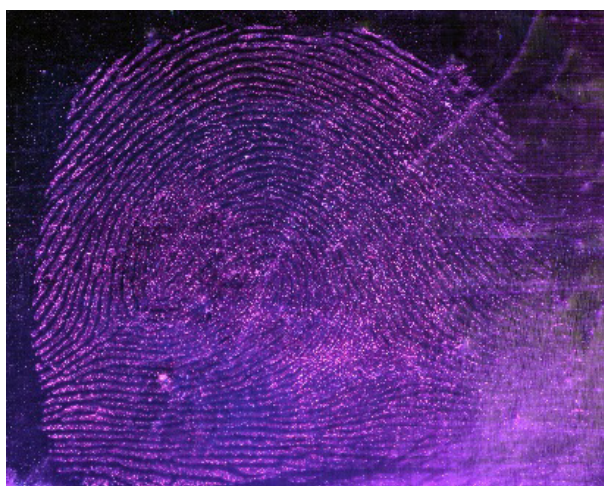
Ryc. 38. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z żółtym filtrem



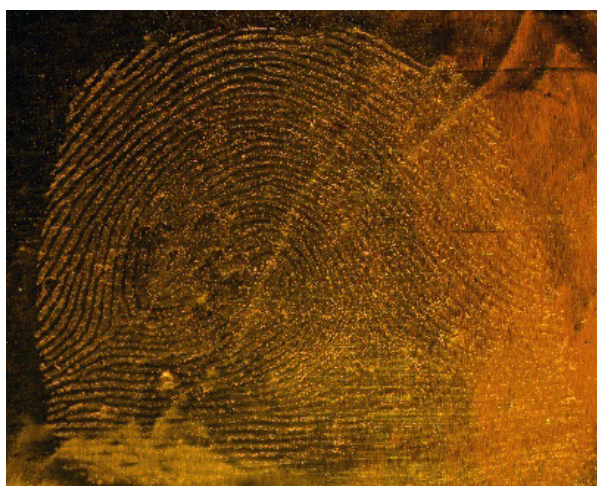
Ryc. 36. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle białym



Ryc. 39. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z żółtym filtrem



Ryc. 37. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle UV o długości fali 360 nm, z bezbarwnym filtrem



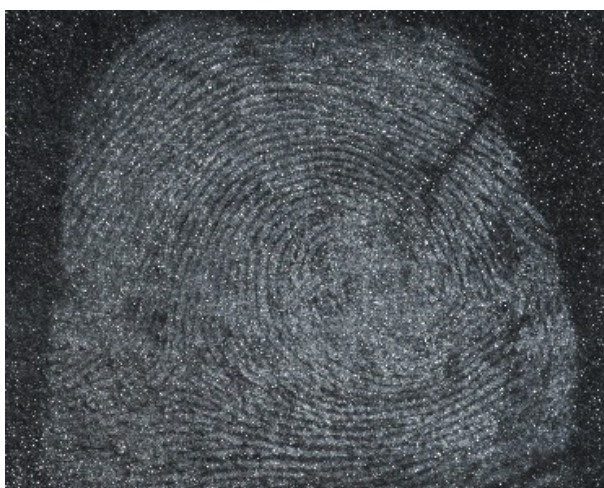
Ryc. 40. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej zawieszoną NANODAK 40, zarejestrowany w świetle niebieskim o długości fali 410 nm, z pomarańczowym filtrem



Ryc. 41. Ślad linii papilarnych ujawniony na płytce ceramicznej nanoproszkiem NANODAK 1, zarejestrowany w świetle białym



Ryc. 42. Ślad linii papilarnych ujawniony na folii aluminiowej nanoproszkiem NANODAK 1, zarejestrowany w świetle białym

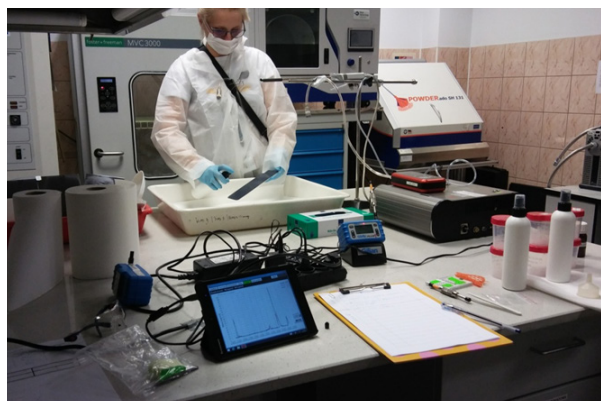


Ryc. 43. Ślad linii papilarnych ujawniony na tekturowej teoczce ujawniony nanoproszkiem NANODAK 1, zarejestrowany w świetle białym

Po przeprowadzeniu szeregu testów dla nanodetektorów wybrano optymalne aplikatory. Dla nanodetektorów zawieszinowych atomizer wykonany z wysokiej jakości tworzywa sztucznego, posiadający wężyk zakończony obciążnikiem w kształcie metalowej kulki. Dzięki takiemu rozwiązaniu po zamieszaniu i wstrząśnięciu zawartości butelki uzyskiwano jednolitą zawiesinę. Do aplikacji nanodetektora proszkowego optymalny okazał się płaski pędzel z włosia wiewiórki o szerokości 3 cm.

Część prac projektowych poświęcono również na wybór optymalnego sposobu zabezpieczania śladów ujawnionych nanodetektorami. W pierwszej kolejności podjęto próbę przenoszenia śladów na folie daktyloskopijne. Jednak jeśli nawet udało się zabezpieczyć ślady na folii, to po krótkim czasie nanocząstki wnikały w jej żelatynową warstwę. Najlepszym sposobem rejestracji było wykorzystanie systemu TrasoScan lub aparatu fotograficznego.

Jednym z założeń projektu było bezpieczeństwo pracy z nanodetektorami. Badania środowiskowe (ryc. 44, 45) pomiaru stężenia nanocząstek w powietrzu podczas nanoszenia preparatów na podłoża wykonał Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



Ryc. 44, 45. Badania środowiskowe

Średnie stężenie nanocząstek podczas aplikacji natryskowej było bardzo niskie w stosunku do dopuszczalnego najwyższego stężenia NDS. Podczas aplikacji nanoproszku pędzlem jego opad był stosunkowo szybki, a emisja miała krótki zasięg. Wykonano również pomiary stężenia proszku daktyloskopijnego – argenteratu. Pomiary wykazały jego znaczną emisję i długi czas utrzymywania się w powietrzu.

Potwierdzenie bezpieczeństwa pracy z nanodetektorami stanowiło kamień milowy w projekcie i pozwoliło na podjęcie kolejnego zadania, jakim była ich walidacja. Nanodetektory zostały zwalidowane w zakresie podstawowym oraz powtarzalności, odtwarzalności i czułości, w dwóch przedziałach czasowych: dwutygodniowym i dwumiesięcznym. Uzyskane wyniki badań dały podstawę do stwierdzenia, że nanodetektory spełniły wymagania odnośnie do skutecznego ujawniania śladów linii papilarnych.

Podczas badań wizualizacyjnych obowiązuje zasada stosowania kilku wzajemnie uzupełniających się metod oraz kolejności ich zastosowania. O żadnej ze znanych metod nie można powiedzieć, że może ujawnić wszystkie możliwe do ujawnienia ślady. Jeśli nawet jakaś z metod wyróżnia się dużą skutecznością, to istnieje szansa na ujawnienie nowych śladów lub poprawę czytelności już ujawnionych, stosując kolejną. Zasadne zatem było postawienie pytania: czy po użyciu nanodetektorów możliwe jest zastosowanie innych metod wizualizacji śladów? W celu uzyskania odpowiedzi na powyższe pytanie wykonano badania w sekwencji:

- nanodetektor zawieszinowy – polimeryzacja cyjanoakrylanów – Basic Yellow 40,
- nanodetektor proszkowy – polimeryzacja cyjanoakrylanów – Basic Yellow 40.

Badania wykonano w dziesięciu seriach, co pozwoliło na ocenę powtarzalności całego procesu. Stwierdzono, że nanodetektory nie mają negatywnego wpływu na zastosowanie w dalszej kolejności badań daktyloskopijnych innych technik wizualizacji śladów linii papilarnych.

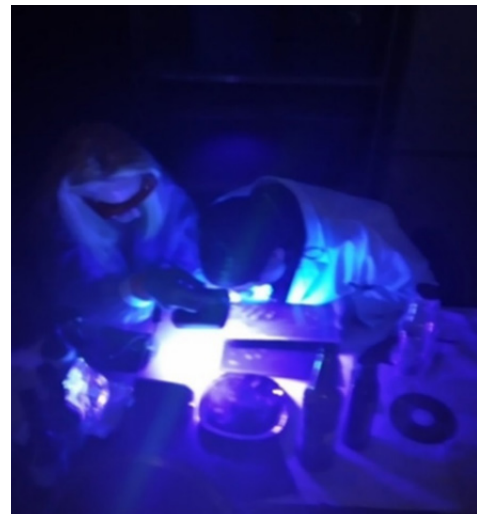
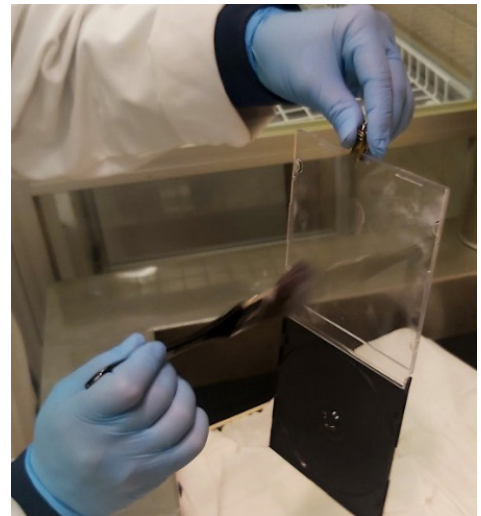
Przy wizualizacji śladów linii papilarnych istotne jest, jak „stare” ślady może ujawnić dany preparat. Dlatego też takie badania przeprowadzono dla nowo opracowanych nanodetektorów. Przygotowane ślady testowe przechowywano w warunkach pokojowych i w dwutygodniowych odstępach czasu na próbki nanoszono preparaty. Badania kontynuowano przez okres siedmiu miesięcy. Zaobserwowano, że ślady sześciomiesięczne ujawnione nanodetektorami wykazywały słabą ostrość ze względu na „rozmycie” linii papilarnych.

Odbiorcy, wykorzystując różne preparaty, zwracają uwagę na termin ich przydatności do użycia. Zatem w przypadku nanodetektorów przeprowadzono również badania zmierzające do określenia ich stabilności. Stwierdzono, że trwałość preparatów wynosi co najmniej 12 miesięcy.

Ze względu na obecne kompleksowe podejście do badań kryminalistycznych materiałów dowodowych zbadano również wpływ nanodetektorów na pozyskanie materiału genetycznego ze śladów linii papilarnych ujawnionych nanodetektorami. Nie zaobserwowano powtarzalnego negatywnego wpływu nanodetektorów na jakość otrzymanych wyników badanego DNA, znajdującego się w naniesionym materiale biologicznym. Dodatkowo, otrzymane wyniki wskazały, że użyte nanodetektory nie wpływają na analizę materiału genetycznego uzyskanego z pojedynczych śladów biologicznych, występującego nawet w małych ilościach, oraz gdy w badanej próbie występuje DNA więcej niż jednej osoby.

Ostatnim etapem realizacji projektu było przeprowadzenie badań nanodetektorów w warunkach rzeczywistych. Demonstracja nowej technologii (ryc. 46÷50) została przeprowadzona przez niezależnych biegłych według wcześniej opracowanego scenariusza. Badania przeprowadzono na różnych przedmiotach użytkowych, będących odzwierciedleniem materiałów dowodowych najczęściej spotykanych na miejscu zdarzenia lub nadsyłanych do laboratoriów kryminalistycznych. Ujawnianiu nanodetektorami poddano naturalne ślady potowo-tłuszczowe, powstałe w wyniku zwykłego użytkowania przedmiotów. Ze względu na wykorzystanie podczas badań przedmiotów, na których ślady powstawały w wyniku zwykłego ich użytkowania, wiek poszczególnych śladów nie był znany.

Materiał do badań został przygotowany poprzez skolekcjonowanie używanych przedmiotów z wielu różnych źródeł, bez pozostawiania dodatkowych śladów. Zebrano typowe przedmioty o powierzchniach niechłonnych i semiporowatych, np.: butelki, pojemniki, opakowania, taśmy, itp. Na podłoża nanoszono odpowiednie nanodetektory oraz dla porównania obecnie stosowany w praktyce proszek daktyloskopijny – argenterat, po czym przeprowadzono badania makroskopowe. Dokonywano ilościowej oceny efektów ujawniania, zliczając wszystkie ujawnione ślady ujawnione poszczególnymi nanodetektorami (kryteria oceny: 0 – nie ujawniono śladu, 1 – ujawniono ślad linii papilarnych). Przedstawione w tab. 1 liczby ujawnionych śladów są sumą śladów nadających się do identyfikacji i śladów niekwalifikujących do badań porównawczych.



Ryc. 46÷50. Badania nanodetektorów w warunkach rzeczywistych

Na skolekcjonowanych do badań przedmiotach codziennego użytku ujawniono ślady linii papilarnych zarówno nanodetektorami, jak i proszkiem daktyloskopijnym – argentoratem. Największą liczbę śladów ujawniono po zastosowaniu nanodetektora zawiesinowego NANODAK 40. W przypadku nanodetektora zawiesinowego NANODAK 30 liczba ujawnionych śladów była porównywalna z argentoratem. Nanodetektorem proszkowym NANODAK 1 największą liczbę śladów ujawniono na szklanych butelkach, płytach CD i taśmie samoprzylepnej.

Ogólna liczba ujawnionych nanodetektorami śladów linii papilarnych świadczy o tym, że nowa technologia odniosła zamierzony efekt w warunkach rzeczywistych.

Tab. 1. Wyniki zbiorcze badań preparatów w warunkach rzeczywistych

Nazwa przedmiotu	Nazwa preparatu/liczba ujawnionych śladów			
	ND1	ND2	NP	Argentorat
Czarny talerz	33	41	30	36
Szklana brązowa butelka	57	59	67	59
Płyta CD	28	31	33	30
Taśma samoprzylepna koloru srebrnego	29	35	41	33
Szklany pojemnik przezroczysty	33	32	22	17
Płytko ceramiczna czarna	43	45	39	42
Opakowanie na płytę CD	31	33	28	28
Szklana butelka przezroczysta	42	44	39	43
Taca	29	38	30	28
Spryskiwacz	48	52	48	41
Suma	373	410	377	357

■ preparat najlepszy ■ preparaty porównywalne

Podsumowanie

W ramach realizacji projektu badawczo-rozwojowego pt.: „Ujawnianie śladów linii papilarnych nanocząsteczkami wytwarzanymi przy użyciu technologii wysokich ciśnień” opracowano nowej generacji preparaty do ujawniania śladów daktyloskopijnych oparte na nanocząstkach, m.in. o właściwościach luminescencyjnych. Luminescencja nanodetektorów wzbudzana jest dedykowanymi, opracowanymi również w ramach realizacji projektu wydajnymi i ergonomicznymi oświetlaczami LED. Badania środowiskowe nanodetektorów wykazały, że są one bezpieczne dla ludzi i środowiska, w przeciwieństwie do argenteratu. Skuteczność nanodetektorów jest nie mniejsza niż stosowanego w praktyce proszku daktyloskopijnego argenteratu. Nowo opracowane preparaty nie mają negatywnego wpływu na inne metody wizualizacji śladów. Nie mają również negatywnego wpływu na badania genetyczne. Nanodetektory są łatwe w aplikacji, a w razie konieczności można je usunąć z badanych powierzchni. Nanodetektory, będące nowej generacji środkami do ujawniania śladów linii papilarnych, mogą zostać zaimplementowane w docelowym środowisku, zwiększając potencjał możliwości wykrywczych organów ścigania oraz podnosząc komfort pracy ekspertów i techników kryminalistyki.

Źródła rycin: autorki

The NANODAK Research and Development Project

Ewa Rogoża¹

ORCID 0000-0002-5561-4726

Katarzyna Drzewiecka²

ORCID 0000-0002-6713-1844

¹ Central Forensic Laboratory of the Police, ewa.rogoza@policja.gov.pl

² Central Forensic Laboratory of the Police, katarzyna.drzewiecka@policja.gov.pl

Abstract

The research and development project titled: 'The detection of fingerprint traces with nanoparticles generated using high pressure technology', also known as NANODAK, involved the development of a new generation of formulations for the detection of fingerprint traces: NANODAK 30, NANODAK 40 and NANODAK 1. Nanodetectors are safe for people and for the environment and are just as effective as dactyloscopic powder, which in practice has the form of argentorate. The new formulations do not demonstrate any negative effects on other methods of fingerprinting or genetic testing. Nanodetectors, which represent a new generation of fingerprint detection methods, can be implemented in the target environment in order to improve the detecting potential of law enforcement authorities and improve the working conditions of forensic experts and technicians. The funding for this project was provided by the National Centre for Research and Development.

Key words: nanodetectors, nanoparticles, fingerprint marks

Introduction

Nanoparticles are very small particles of the size of one to one hundred nanometres, i.e. one billionth of a metre. They are too small to be seen by the human eye. Most nanoparticles consist of only several hundred atoms. Nanoparticles can demonstrate very different physical and chemical properties than their bigger material equivalents. This difference in properties is the result of the relatively large surface of nanoparticles in comparison to their volume. This characteristic provides nanoparticles with unexpected optical, physical or chemical properties, such as luminescent characteristics. These properties were utilised in the course of the research and development project titled: 'The detection of fingerprint marks with nanoparticles generated using high pressure technology' a.k.a. NANODAK. The project has also been provided with a logo (fig. 1) and a specially created website (fig. 2).



Fig. 1. NANODAK project logo



Fig. 2. NANODAK project website

The funding for the project was provided by the National Centre for Research and Development, under the terms of the 9th Competition for National Security and Defence. The consortium responsible for the delivery of the project composed of the Central Forensic Laboratory of the Police (CFLP), as the consortium leader, and its partners: The High Pressure Institute of the Polish Academy of Sciences (HPIPAS) and the TOMSAD Tomasz Sadowski company (fig. 3).

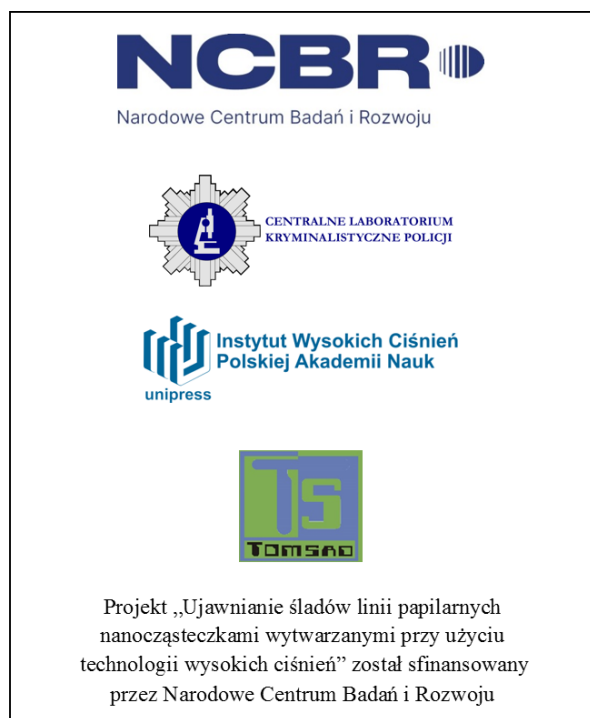


Fig. 3. The logos of the NANODAK project financing institutions and contractors

The project goal

The main aim of the project was to develop new methods of the visualisation of fingerprints with the utilisation of nanoparticles. The first phase of the project involved the selection of nanoparticles for fingerprinting. These were mainly nanoparticles that demonstrated luminescent properties, because they offered better fingerprint contrast with the surface during the identification of fingerprints on a surface, e.g. on a multicolour surface. In addition to contrast, they offered better visibility. An ergonomic and efficient source of light energy also had to be developed to induce the fluorescence of nanoparticles. This task was undertaken by the TOMSAD company. The works began with the preliminary, experimental definition of the scope and properties of light that would be useful for the inducement of the selected nanoparticles. After the initial testing of samples in the full spectrum of ultraviolet and visible light, it was observed that further works should concentrate on ultraviolet light of the wavelength of 360 nm and on blue light of the wavelength of 410 nm, because the tested nanoparticles were subject to inducement in these scopes.

Ultimately, a set of LED 360 nm, 410 nm and white light illuminators was developed, having a high output level with two-stage regulation (fig. 4÷9). The white light illuminator was constructed using COB-type LED radiators (Chip On Board), which provided a very uniform light beam and a relatively high output with the use of small radiators. Each of the developed illuminators was equipped with an integrated switch of the operating range of 0%-50%-100% providing two-stage output selection, a 240 V main power supply unit and a battery for remote operation. The illuminators were designed with light, ergonomic covers, capable of holding radiators, electronic control devices, which ensured sufficient cooling through specially designed vents. Black covers were used to minimise the effect of light reflection. The whole set of illuminators and auxiliary equipment was installed in a robust transport case that provided sufficient protection against mechanical impact and vibrations. The case was designed to hold the entire set of illuminators together with auxiliary equipment, with additional space reserved for small tools (tweezers, brushes, etc.), depending on the individual user's needs.





Fig. 4÷9. FA set of LED illuminators with auxiliary equipment

Alongside their work on the development of LED illuminators, the CFLP and HPI PAS design teams were also working on the form and composition of nanoparticle formulations for the detection of fingerprints. They decided to contain the luminescent nanoparticles in liquid suspensions, which allowed them to be directly applied to the tested surfaces and prevented their unnecessary spreading in the atmosphere (fig. 10÷12). The research of nanoparticles in the form of powder was also continued (fig. 13, 14).

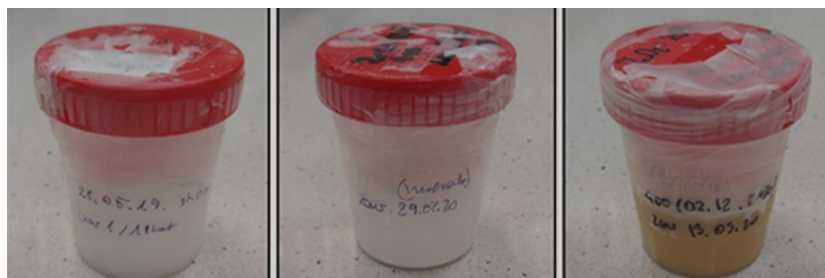


Fig. 10÷12. Luminescent nanodetectors in the form of suspension



Fig. 13, 14. Nanodetectors in the form of powder

A 'Methodology of verification of nanodetector components' was developed, in order to ensure quality control of the created nanodetectors and to provide an objective assessment of their effectiveness in fingerprinting. In accordance with this developed methodology, during the tests fingerprints were applied in a controlled manner to surfaces with variable properties by different donors. A bank of fingerprint donors was created for the purposes of this research, which categorised the donors into very good (category A), good (category B) and poor (category C) producers of sweaty/oily (fingerprint-generating) substances. The classification of donors allowed the authors to verify the sensitivity of the tested formulations.

Fingerprints were applied to surfaces defined in dactyloscopy as standard, i.e. generally smooth surfaces, such as glass or aluminum film, and to problematic, generally porous surfaces, such as furniture board or artificial leather (fig. 15÷17). This allowed the authors to evaluate the effectiveness of individual formulations, depending on the surface type and texture.

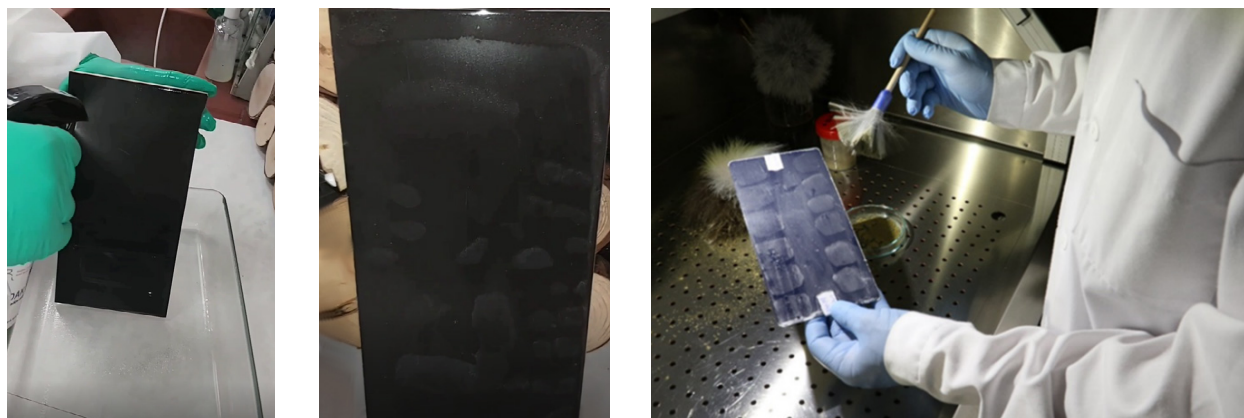


Fig. 15÷17. Application of nanodetectors to surfaces

The tested samples, imprinted with fingerprints, were adequately marked. The fingerprints were detected using the tested formulations and were then subject to macroscopic tests in white and fluorescent light, in the range of UV light and, during the first phase of research, in the range of visible VIS light between 380 and 780 nm. Following the conclusion that nanodetectors demonstrate the best fluorescence in illumination of the range between 360 nm and 410 nm (blue light), further observation was carried out only in this range.

Three parameters of the tested formulations were evaluated:

- the adherence of the formulation to fingerprints (P),
- the uniformity of adherence to fingerprints (R),
- the legibility of detected fingerprints (C).

A binary zero/one assessment system was implemented. With reference to parameter P, the score of 1 indicated that the tested formulation adhered to the fingerprint, in the case of parameter R - the score of 1 indicated that the adherence was uniform, and in the case of legibility designated with the letter C - the score of 1 was given to fingerprints which had at least twelve specific features suitable for identification. The results were recorded in spreadsheets and subsequently analysed.

Positive assessment was given to formulations whose three parameters P/R/C simultaneously achieved the score of greater than or equal to 80%.

In the first phase of the project, the CFLP design team tested formulations prepared by HPI PAS with variable parameters such as:

- the concentration of base nanoparticles in a suspension,
- the concentration of nanoparticle luminescence-enhancing additives,
- the size of nanoparticles,
- the supplementation of base nanoparticles with metallic elements.

Out of several dozen of versions of the formulations, three nanodetectors were ultimately selected as prototypes, on the basis of the effectiveness of fingerprint detection, as well as the intensity of their fluorescence (fig. 18÷20), which were designated as:

- NANODAK 30/ND1 (nanodetector in the form of a suspension),
- NANODAK 40/ND2 (nanodetector in the form of a suspension),
- NANODAK 1/NP (nanodetector in the form of powder).



Fig. 18÷20. Prototypes of nanodetectors

The examples of fingerprints revealed using NANODAK 30, NANODAK 40, NANODAK 1 nanodetector prototypes are shown in fig. 21÷43.



Fig. 21. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 30 suspension, registered in white light



Fig. 22. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 30 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a colourless filter



Fig. 23. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 30 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a yellow filter



Fig. 26. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 30 suspension, registered in white light

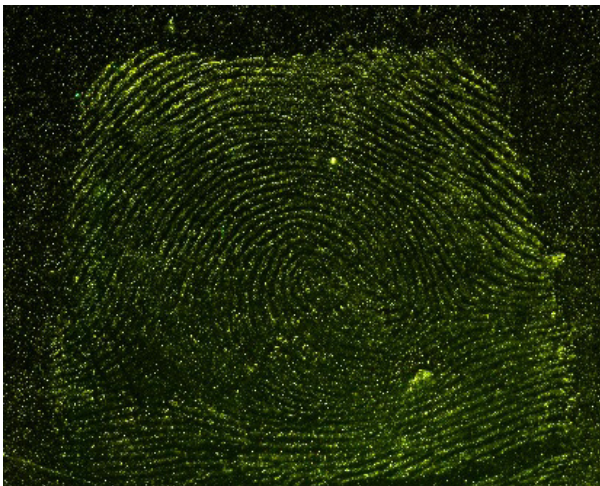


Fig. 24. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 30 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with a yellow filter

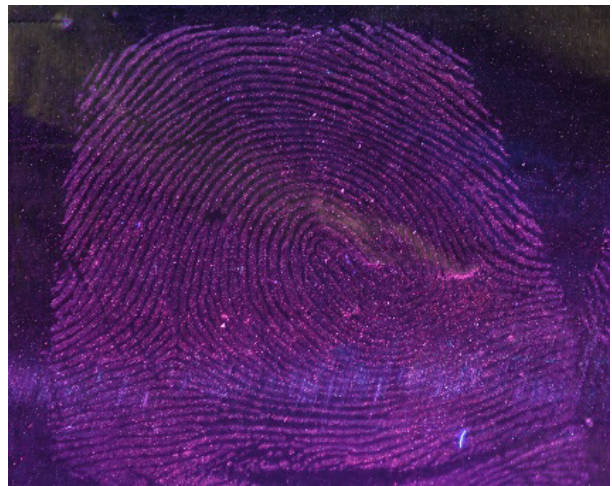


Fig. 27. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 30 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a colourless filter

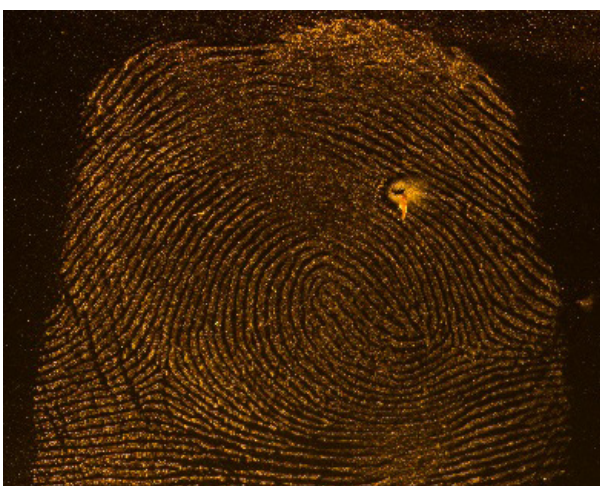


Fig. 25. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 30 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with an orange filter

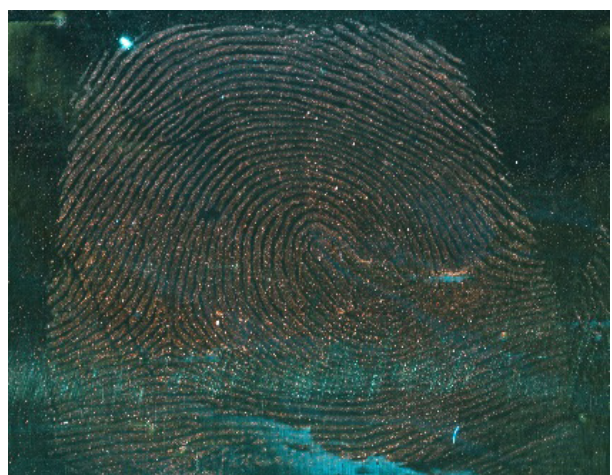


Fig. 28. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 30 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a yellow filter



Fig. 29. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 30 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with a yellow filter



Fig. 32. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 40 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a colourless filter



Fig. 30. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 30 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with an orange filter



Fig. 33. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 40 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a yellow filter



Fig. 31. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 40 suspension, registered in white light



Fig. 34. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 40 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with a yellow filter

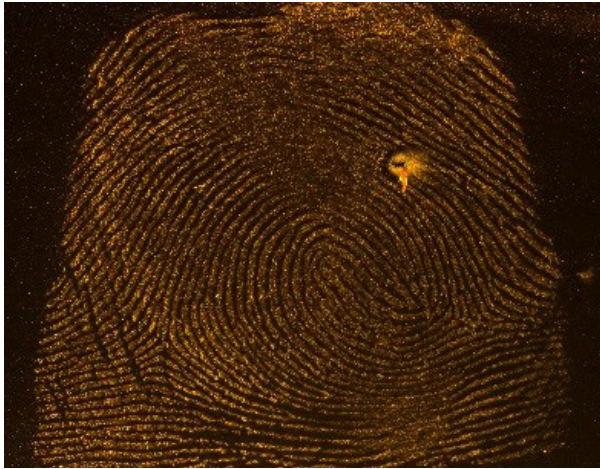


Fig. 35. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 40 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with an orange filter



Fig. 38. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 40 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a yellow filter



Fig. 36. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 40 suspension, registered in white light

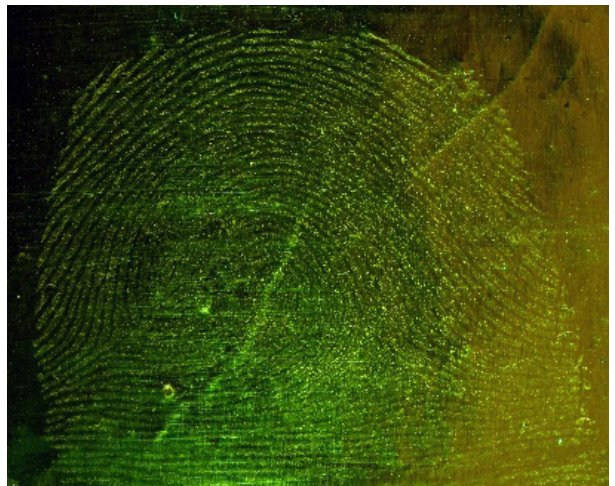


Fig. 39. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 40 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with a yellow filter

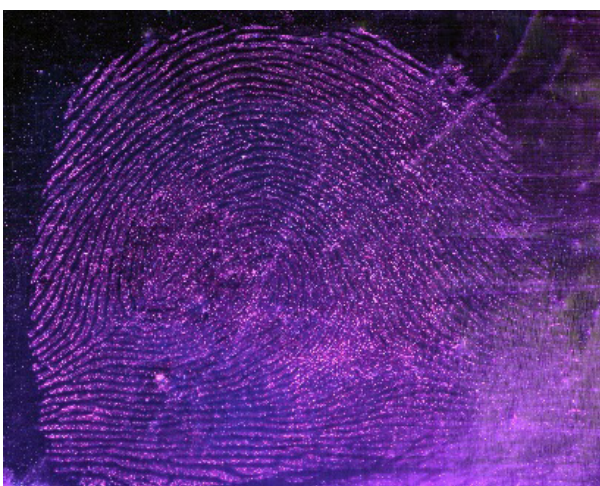


Fig. 37. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 40 suspension, registered in UV light of the wavelength of 360 nm, with a colourless filter

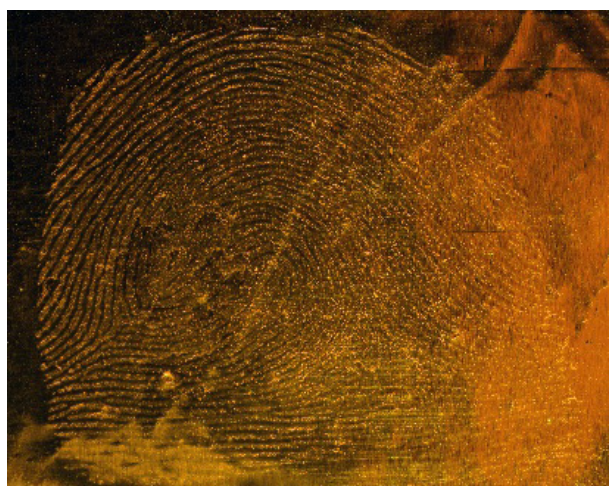


Fig. 40. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 40 suspension, registered in blue light of the wavelength of 410 nm, with an orange filter



Fig. 41. Fingerprint revealed on a ceramic plate using the NANODAK 1 nanopowder, registered in white light



Fig. 42. Fingerprint revealed on an aluminium foil using the NANODAK 1 nanopowder, registered in white light



Fig. 43. Fingerprint revealed on a cardboard folder using the NANODAK 1 nanopowder, registered in white light

Following a number of tests, optimal applicators were selected for the nanodetectors. The atomiser for suspension-type nanodetectors is made of high-quality plastic and is equipped with a tube, which at its end has a weight in the form of a metal ball. This solution achieves a uniform suspension with the stirring and shaking of the bottle contents. Optimal application of the powdery nanodetector was achieved using a flat squirrel hair brush of the width of 3 cm.

Some design works were also aimed at selecting the best method of protecting fingerprints revealed using the nanodetectors. In the first instance, the authors attempted to transfer fingerprints onto dactyloscopic foils. But even if the fingerprints were successfully secured on the foil, after a short while the nanoparticles penetrated into its gelatine layer. The best recording method was to use the TrasoScan system or a photo camera.

One of the objectives of the project dealt with the safety of working with nanodetectors. Environmental research (fig. 44, 45) on the concentration of nanoparticles in the atmosphere during the application of formulations to surfaces was carried out by the Central Institute for Labour Protection - National Research Institute.



Fig. 44, 45. Environmental research

The average concentration of nanoparticles during spray application was very low in comparison with the threshold limit concentration value (NDS). During the application of nanopowder with a brush, its precipitation was relatively rapid and the range of emissions was limited. The concentration of dactyloscopic powder – argenterate – was also measured. Its measurement revealed high emissions of argenterate and its prolonged presence in the atmosphere.

The confirmation of the safety of working with nanodetectors represented a milestone in the project and allowed the authors to proceed to the task of their validation. Nanodetectors were validated in the basic scope and in terms of their repeatability, reproducibility and sensitivity within two periods: a two-week period and a two-month period. On the basis of the obtained test results it was concluded that nanodetectors fulfilled the necessary requirements in terms of the effective detection of fingerprints.

Visualisation tests are based on the principle of using several complementary methods in a specifically defined sequence. None of the existing methods is known to be able to reveal all possible fingerprints. Even if one of the methods is particularly effective, there is a chance of revealing new fingerprints, or of improving the legibility of those already revealed, using another one. A question therefore arose: is it possible to use other fingerprinting methods following the application of nanodetectors? To answer this question, tests were performed in the following sequence:

- suspension-type nanodetector – polymerisation of cyanoacrylates – Basic Yellow 40,
- powdery nanodetector – polymerisation of cyanoacrylates – Basic Yellow 40,

Tests were carried out in ten batches, which enabled the assessment of the repeatability of the whole process. It was concluded that nanodetectors do not have a negative impact on the possibility of using other fingerprint visualisation techniques in the course of further dactyloscopic tests.

In the case of fingerprint visualisation, an important characteristic of formulations is the maximum age of fingerprints that can be revealed with them. Therefore such tests were also carried out for the newly developed nanodetectors. The fingerprints prepared for testing were stored in ambient conditions and the formulations were applied to the samples in biweekly intervals. The tests were continued for a period of seven months. It was observed that six-month-old fingerprints visualised using nanodetectors demonstrated poor contrast, due to the blurring of the lines.

The users of different formulations pay attention to the period of their validity. Therefore, in the case of nanodetectors, tests were also carried out to determine their stability. It was concluded that the product life of the formulations is at least 12 months.

Due to the current complex approach to the forensic testing of evidence materials, the effect of nanodetectors on the acquisition of genetic material from fingerprints revealed using nanodetectors was also examined. No negative, repeatable effects of nanodetectors on the quality of the results of the testing of DNA obtained from the biological residue was observed. Additionally, the obtained test results indicated that the used nanodetectors have no effect on the analysis of genetic material obtained from single biological traces, even when present in small quantities, or if a given batch contains the DNA of more than one person.

The last project phase involved the testing of nanodetectors in real-life conditions. The new technology (fig. 46÷50) was demonstrated by independent experts in accordance with a predefined scenario. Tests were performed on various objects of everyday use that represented evidence materials most commonly found at the scene or sent to forensic laboratories. Nanodetectors were used to reveal natural sweaty/oily traces left during the handling of everyday objects. Because the study involved the utilisation of objects on which fingerprints were left during their regular use, the age of the individual fingerprints was unknown.

The material for testing was obtained by collecting objects of use from many different sources, without leaving any additional traces. Typical objects with non-absorbent and semi-porous surfaces were collected, such as: bottles, containers, packaging, tapes, etc. The surfaces were treated with suitable nanodetectors and with the currently used dactyloscopic powder – argenterate for reference, wherein macroscopic tests were subsequently performed. A quantitative assessment of the effects of fingerprinting was carried out, which involved the counting of all fingerprints revealed using the individual nanodetectors (assessment criteria: 0 – fingerprint not detected, 1 – fingerprint detected). The numbers of revealed fingerprints shown in tab. 1 represent the total number of fingerprints suitable for identification and fingerprints not suitable for reference testing.

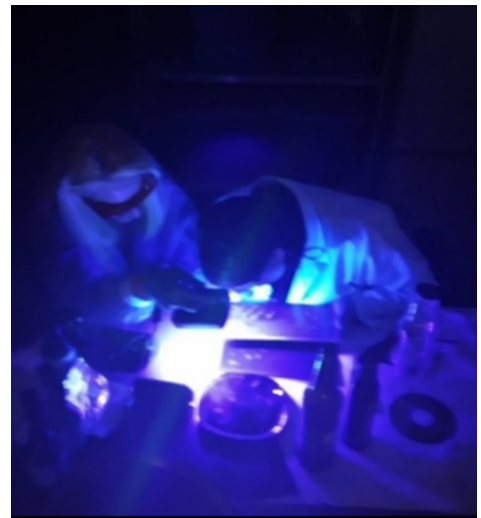
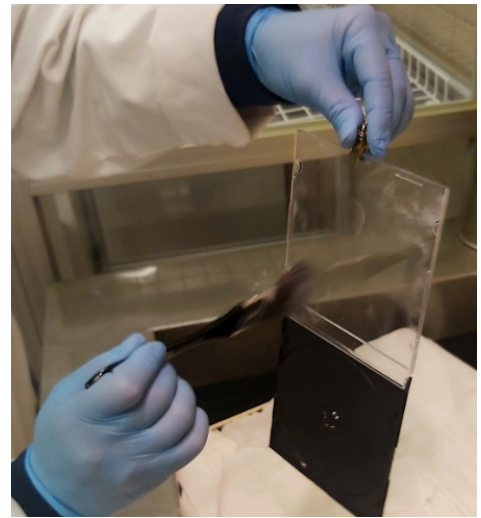
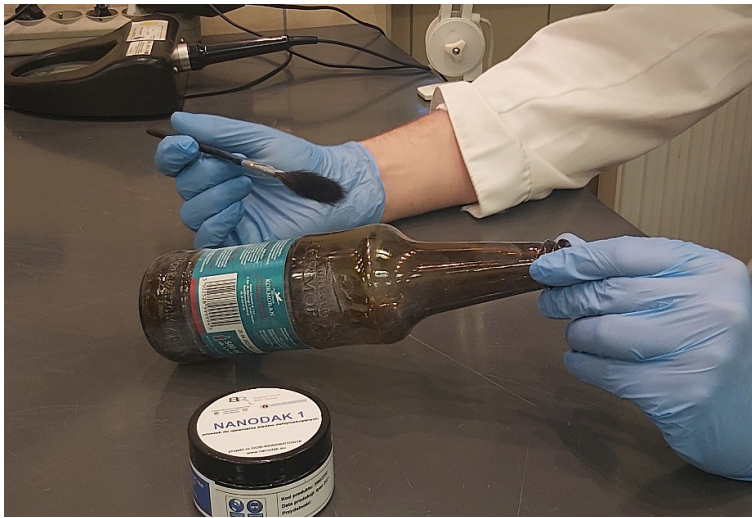


Fig. 46÷50. Testing nanodetectors in real-life conditions

Tab. 1. The summary of results for the tests of formulations in real-life conditions

Name of object	Name of formulation/No. of revealed fingerprints			
	ND1	ND2	NP	Argentorate
Black plate	33	41	30	36
Brown glass bottle	57	59	67	59
CD disc	28	31	33	30
Silver adhesive tape	29	35	41	33
Transparent glass container	33	32	22	17
Black ceramic tile	43	45	39	42
CD case	31	33	28	28
Transparent glass bottle	42	44	39	43
Tray	29	38	30	28
Sprinkler	48	52	48	41
Total	373	410	377	357

■ best formulation ■ comparable formulations

The traces of fingerprints were revealed on everyday use items that were collected for testing both using nanodetectors, as well as using dactyloscopic powder – argentorate. The highest number of fingerprints was revealed following the application of the NANODAK 40 suspension-based nanodetector. In the case of the NANODAK 30 suspension-based nanodetector, the number of revealed fingerprints was comparable with argentorate. The highest number of fingerprints detected using the NANODAK 1 powdery nanodetector was revealed on glass bottles, CD discs and adhesive tape.

The total number of fingerprints revealed using nanodetectors demonstrates that the new technology achieved the desired effect in real-life conditions.

Summary

The research and development project titled: ‘The detection of fingerprint traces with nanoparticles generated using high pressure technology’ involved the development of a new generation of formulations for the detection of fingerprints based on nanoparticles with luminescent properties. The luminescence of nanodetectors is induced using dedicated, efficient and ergonomic LED illuminators that were also developed in the course of this project. Environmental research of nanodetectors has revealed that they are harmless to humans and to the environment, as opposed to argentorate. Nanodetectors are just as effective as dactyloscopic powder, which in practice has the form of argentorate. The newly developed formulations do not demonstrate any negative effects on other methods of fingerprinting. They also do not have any negative effect on genetic testing. Nanodetectors are easy to apply and can be removed from the tested surfaces if necessary. Nanodetectors, which represent a new generation of fingerprint detection methods, can be implemented in the target environment in order to improve the detecting potential of law enforcement authorities and improve the working conditions of forensic experts and technicians.

Source of figures and the table: authors