





skuteczniej niż jakikolwiek inny pigment, ze względu na wysoki współczynnik załamania światła w porównaniu z rozcieńczalnikami, wypełniaczami i wczesnymi pigmentami<sup>1-5</sup>.

Dwutlenek tytanu występuje w trzech odmianach krystalicznych: rutyłu, brukitu i anatazu, z których wszystkie zostały przygotowane syntetycznie. W każdym typie jon tytanu koordynuje się z sześcioma atomami tlenu, które z kolei są połączone z trzema atomami tytanu i tak dalej. Anataz i rutil są czworokątne, podczas gdy brukit jest rombowy. Brukit i anataz to formy niestabilne. Brukit nie ma znaczenia gospodarczego, ponieważ w przyrodzie nie ma dostatecznej podaży.

Dwutlenek tytanu ma najwyższy znany współczynnik załamania światła. Dla anatazu jest to 2,55, a dla rutyłu 2,76. Te wysokie wartości odpowiadają za wyjątkową zdolność pigmentowego dwutlenku tytanu do rozpraszania światła w różnych nośnikach, co z kolei zapewnia wysoki współczynnik odbicia i siłę krycia, związaną z tym pigmentem. Chociaż monokrystaliczny dwutlenek tytanu jest przezroczysty, jako drobno rozdrobniony proszek ma bardzo wysoki współczynnik odbicia i jest intensywnie biały biały, ponieważ jego wysoki współczynnik odbicia jest zasadniczo jednolity w całym zakresie widzialnym. Ten biały kolor różni się odcieniem dla obu struktur kryształów ze względu na ich różne krzywe współczynnika odbicia w zakresie widzialnym i prawie widzialnym. Chociaż różnica we współczynniku załamania światła daje pigmentom rutowym przewagę nieprzezroczystości do 15% w porównaniu z pigmentem anatazowym, bardziej niebieski odcień i niższa twardość pigmentów anatazowych są korzystne w niektórych zastosowaniach, szczególnie tam, gdzie problemem może być niska ścieralność. Tam, gdzie wymagana jest jak najwyższa wydajność optyczna (nieprzezroczystość) i trwałość, pigmenty rutowe są lepsze.

Współczynnik załamania zmienia się wraz z długością fali, a dla dwutlenku tytanu współczynnik załamania jest większy dla krótszych długości fal (obszar niebieski) i niższy dla dłuższych długości fal (obszar czerwony) widma widzialnego.

Na działanie pigmentu w powłoce powierzchniowej istotny wpływ ma interakcja nośnika z powierzchnią pigmentu. Konsekwencje są odczuwalne na wszystkich etapach, ale są szczególnie istotne dla dyspersji, okresu przydatności do użycia i trwałości zewnętrznej. Poddany obróbce  $\text{TiO}_2$  pochłania promieniowanie UV i chroni polimer fotochemicznie; niepoddany obróbce  $\text{TiO}_2$  sam jest jednak fotokatalityczny. Chociaż przekształca większość energii UV w ciepło, pozostała energia tworzy rodniki i inne substancje czynne, które przyspieszają rozpad polimeru. Praktycznie prawie cały dwutlenek tytanu stosowany w tworzywach sztucznych jest poddawany obróbce powierzchniowej. Obróbki są zasadniczo takie same, niezależnie od tego, czy pigment podstawowy jest wytwarzany drogą chlorkową czy siarczanową. Poziom aktywności fotokatalitycznej można zmniejszyć przez obróbkę powierzchni pigmentu podstawowego odpowiednimi związkami nieorganicznymi<sup>1</sup>. Najczęstszymi osadami są oksyhydraty glinu i krzemu. Stosowane są również tlenki i oksyhydraty cyrkonu, cyny, cynku, ceru i boru. Obróbka polega na umieszczeniu fizycznej bariery pomiędzy powierzchnią pigmentu a matrycą polimerową, blokowaniu miejsc aktywnych i minimalizowaniu degradacji. Obróbka może również pomóc i zmniejszyć wymagania dotyczące siły i naprężenia podczas mieszania. Wiele pigmentów  $\text{TiO}_2$  jest poddawanych końcowej obróbce organicznej, na przykład trimetylolopropan lub pentaerytriol. Można również stosować inne opatentowane środki chemiczne. Jego podstawową funkcją jest modyfikacja obszaru międzyfazowego między powierzchnią uwodnionego nieorganicznego tlenku  $\text{TiO}_2$  a różnymi mniej polarnymi polimerami organicznymi. Niektóre obróbki powierzchniowe zachodzą również poprzez dezaktywację substancji powierzchniowo czynnych w procesie uwięzienia.

Podczas procesu wytwarzania  $\text{TiO}_2$  pigment tworzy się w postaci dyskretnych cząstek o wielkości około 0,2-0,4 mikrona. Producenci dwutlenku tytanu kontrolują zmienne operacyjne w celu produkcji cząstek o jednakowej wielkości i rozmieszczeniu. Te cząstki o wielkości 0,2-0,4 mikrona zostały zaprojektowane tak, aby zmaksymalizować rozpraszanie światła, co zapewnia optymalną jasność i nieprzezroczystość.

Jednak gdy tylko cząstki zostaną wyprodukowane, zaczynają łączyć się w agregaty, aglomeraty i kłaczkę. Agregaty to zespoły cząstek pigmentu, które są połączone ze sobą wzdłuż powierzchni





kryształu. Wiązania między cząstkami są mocne i nie można ich zerwać za pomocą konwencjonalnych urządzeń mielących. Aglomeraty to zespoły cząstek pigmentu i agregatów, które są ze sobą słabo związane. Kłaczki to zespoły krystalitów, agregatów i aglomeratów połączonych na rogach lub utrzymywanych razem przez siły przyciągania krótkiego zasięgu. Te kłaczki rozpraszają się przy umiarkowanym naprężeniu.

Agregaty można rozbić na pojedyncze cząstki pigmentu tylko przy intensywnym rozdrabnianiu. Jednym z ostatnich etapów produkcyjnych wykonywanych przez producenta  $TiO_2$  jest mikronizacja i/lub mielenie w celu rozdzielania jak największej liczby agregatów. Agregaty nie ulegną zmianie, dopóki pigment nie zostanie podgrzany do ponad  $500^\circ C$ . Aglomeraty są również rozbijane na etapie mielenia. Jednak aglomeraty łatwo ulegną zmianie podczas pakowania, przechowywania i transportu. Rozerwanie tych wiązań między cząstkami jest ogólnie rozumiane jako dyspersja, którą musi wykonać konsument  $TiO_2$ .

Możliwe jest manipulowanie wielkością cząstek  $TiO_2$  w bardzo wąskim zakresie wokół z góry określonego optimum. Ogólnie, w zastosowaniach lakierniczych optimum to około 0,2-0,3 mikrona, ponieważ w tym zakresie zdolność  $TiO_2$  do rozpraszania światła jest najwyższa, co z kolei maksymalizuje poziom połysku wykończenia.

Cząstki pigmentu  $TiO_2$  są submikroskopowe, a ich rozkłady wielkości są węższe niż wiele tak zwanych cząstek monodispersyjnych. Odpowiednio zmielone dyspersje pigmentów zawierają mniej niż pięć procent wagowych cząstek mniejszych niż 0,10 mikrona i większych niż 1,0 mikron. Skuteczność optyczna, czyli rozpraszanie światła jest kontrolowane przez częstotliwość masowo-objętościową cząstek w zakresie wielkości od 0,1 do 0,5 mikrona. Połysk jest zmniejszony przez stosunkowo mały udział masy / objętości cząstek większych niż około 0,5 mikrona. Zdolność do dyspersji i miłośkość błony są degradowane przez bardzo mały ułamek masy / objętości cząstek większych niż około 5 mikronów. Ważne właściwości optyczne, takie jak nieprzezroczystość, siła krycia, jasność, odcień, siła zabarwienia i połysk zależą od wielkości cząstek i rozkładu wielkości cząstek.

Czysty dwutlenek tytanu posiada z natury wewnętrzną strukturę krystaliczną, która daje z natury wysoki współczynnik załamania światła. Gdy wielkość cząstek i rozkład wielkości cząstek mają być zoptymalizowane tak, aby wraz z jego wysokim współczynnikiem załamania światła przyczyniać się do maksymalnego rozpraszania światła, otrzymuje się konwencjonalny lub pigmentowy dwutlenek tytanu. Odbija całą długość fali światła widzialnego w tym samym stopniu, dając efekt bieli dla ludzkiego oka. Wszystkie te cechy, wraz z jego nieprzezroczystością, uzyskuje się przy optymalnej średnicy cząstek, która wynosi około 0,2 do 0,4 mikrona, czyli jest rzędu połowy długości fali światła widzialnego. Fakt ten można również wykazać na podstawie teorii Mie<sup>6</sup>.

Istnieje jednak inny rodzaj dwutlenku tytanu, którego mediana wielkości kryształów została wyraźnie zmniejszona do 0,02 mikrona. Są to tak zwane nanocząstki lub ultradrobne  $TiO_2$  i będą przedmiotem niniejszego artykułu.

Historia nanocząstkowego dwutlenku tytanu sięga końca lat 70-tych, kiedy to w Japonii wydano pierwszy patent na wytwarzanie tego materiału. W zasadzie możliwe jest otrzymanie nanocząstkowego  $TiO_2$  przez proste zmielenie pigmentowego  $TiO_2$  na drobniejsze cząstki<sup>4</sup>. Jednak właściwości drobnych proszków pod względem czystości, rozkładu wielkości i kształtu cząstek pozostają wysoce niezadowolające.

W latach 80-tych producenci pigmentów  $TiO_2$ , tacy jak Ishihara, Tioxide i Rhone Poulenc - Thann, opracowali kilka mokrych procesów chemicznych. W pierwszej części procesu, do produkcji nanocząstek, jako surowiec stosuje się popłuczyny, hydroksylan tytanu. Po kolejnych etapach procesu obejmujących rozkład struktury krystalicznej hydroksylanu i ponowne wytrącanie  $TiO_2$ , produkt kalcynuje się w celu uzyskania owalnych cząstek o pożądanej pierwotnej wielkości kryształów i wąskim rozkładzie wielkości. Kryształy bazowe są powlekane w jednostce do obróbki końcowej zgodnie z





wymaganiami końcowego zastosowania. Jednym z podstawowych zadań obróbki końcowej jest zapewnienie dobrej dyspersji bardzo drobnych cząstek w końcowym zastosowaniu.

Nanocząstki  $\text{TiO}_2$  są również rutynowo wytwarzane w procesie konwersji gazu na cząstki w reaktorach płomieniowych, ponieważ ta metoda zapewnia dobrą kontrolę wielkości cząstek, struktury kryształów cząstek i ich czystości<sup>4</sup>.

Zwykle rozmiar kryształów tych produktów wynosi około jednej dziesiątej rozmiaru normalnej postaci pigmentu. Rycina 1 przedstawia typowe mikrografie TEM dla pigmentowego i nanocząstkowego dwutlenku tytanu przy tym samym powiększeniu.

Rycina 1: Typowe mikrografie TEM pigmentów i nanocząstek.

$\text{TiO}_2$  - Wielkości konwencjonalnej i nano

Standardowy  $\text{TiO}_2$ .

Nano  $\text{TiO}_2$ .

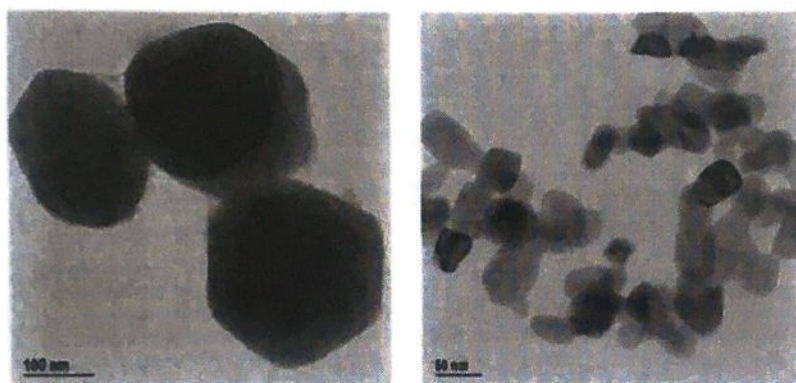


Tabela 1 przedstawia porównanie niektórych typowych wartości właściwości fizycznych nanocząstek i konwencjonalnych produktów z dwutlenku tytanu.

**Tabela 1:** Typowe właściwości konwencjonalnego i nanocząstkowego dwutlenku tytanu.

	Nanocząstkowy	Pigmentowy
Wygląd	Biały proszek	Biały proszek
Struktura krystaliczna	Anataz lub Rutyl	Anataz lub Rutyl
Rozmiar kryształu (mikrony)	0,005-0,05	0,15-0,3
Powierzchnia właściwa ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	50- >300	15
Gęstość nasypowa ( $\text{g}/\text{ml}$ )	3,3	4,0
Absorpcja oleju ( $\text{g}/100\text{g}$ )	30	16

Mniejszy rozmiar kryształów wpływa na różne właściwości i prowadzi do wyższych wartości pola powierzchni i absorpcji oleju. Uzyskuje się również niższe wartości ciężaru właściwego i gęstości nasypowej. Poza tym ma wiele właściwości konwencjonalnych pigmentów  $\text{TiO}_2$ : nietoksyczny, niemigrujący, obojętny i stabilny w wysokich temperaturach.

Zachowanie optyczne ultradrobego  $\text{TiO}_2$  różni się znacznie od zachowania konwencjonalnego pigmentu  $\text{TiO}_2$ . Właściwości optyczne nanocząstkowego  $\text{TiO}_2$  reguluje teoria Rayleigha o rozpraszaniu światła. Prosta interpretacja tej teorii jest taka, że krótsze fale światła są skuteczniej rozpraszane przez bardzo małe cząstki. Intensywność rozproszonego światła jest odwrotnie proporcjonalna do czwartej potęgi długości fali. W praktyce, zmniejszenie wielkości kryształów produktu  $\text{TiO}_2$  prowadzi do optymalnego rozmiaru  $\text{TiO}_2$  rzędu 20-50 nm, w którym widmo światła ultrafioletowego (200-400nm) jest skutecznie rozpraszane od cząstek, podczas gdy widzialne fale są przenoszone przez materiał. W

ten sposób materiał wydaje się praktycznie przezroczysty gołym okiem. Zachowanie to przedstawiono na Ryc. 2, który pokazuje różnicę między pigmentowym i nanocząstkowym  $\text{TiO}_2$ .

Ryc. 2

[na rycinie:]

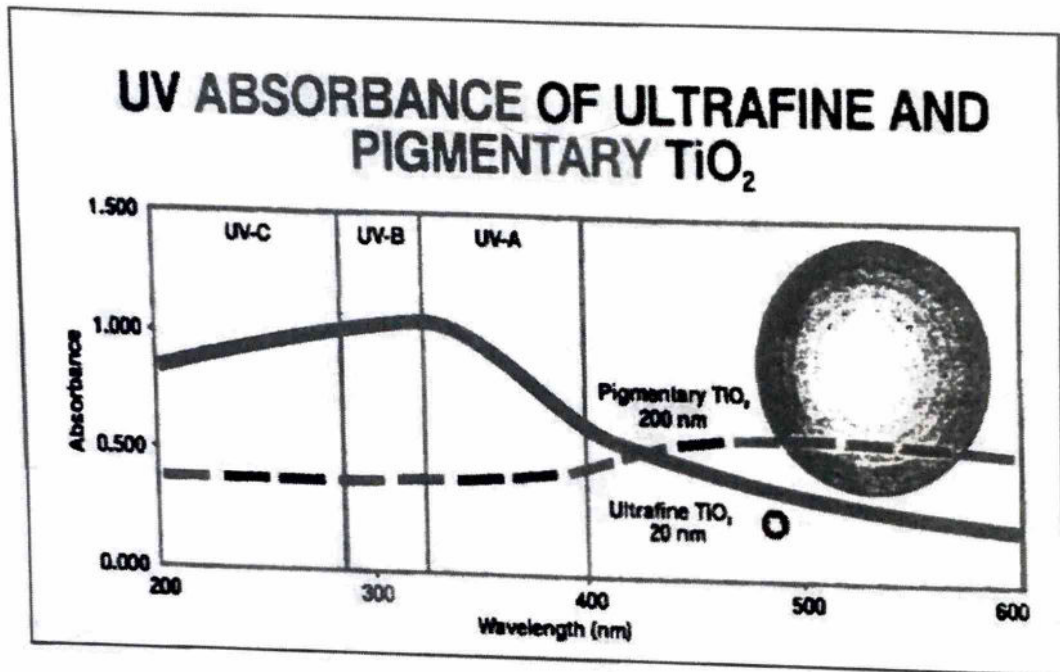
ABSORBCJA UV PRZEZ ULTRADROBNY I PIGMENTOWY  $\text{TiO}_2$

Absorbpcja

Pigmentowy  $\text{TiO}_2$

Ultradrobny  $\text{TiO}_2$

Długość fali



Pełny obraz zachowania optycznego  $\text{TiO}_2$  staje się pełniejszy dzięki rozpoznaniu, że  $\text{TiO}_2$  jest półprzewodnikiem.  $\text{TiO}_2$  wykazuje charakterystyczną przerwę energetyczną 3,23 eV lub 3,06 eV między pasmem walencyjnym a pasmem przewodnictwa odpowiednio dla anatazu i rutyli. Długości fal krótsze niż 390 nm dla anatazu i 405 nm dla rutyli - odpowiadające energii wyższej niż energia progowa - wzbudzą elektrony z pasma walencyjnego do przewodnictwa. Podsumowując, dwutlenek tytanu wykazuje różne mechanizmy pod wpływem światła w zależności od długości fali i wielkości cząstek: (patrz tabela 2 i rycina 3). Tworzą się pary elektron-dziura, powodując różne procesy sensytyzacji.

Tabela 2: Zachowanie optyczne pigmentowego i nanocząstkowego  $\text{TiO}_2$  w świetle widzialnym i UV.

Rozmiar cząstki	Długość fali < 400	Długość fali > 400
Pigmentowy $\text{TiO}_2$ .	• Absorbpcja półprzewodników.	• Rozpraszanie i odbicie. (Rozpraszanie Mie)
Nanocząstkowy $\text{TiO}_2$ .	• Absorbpcja półprzewodników. • Rozpraszanie i odbicie. (Teoria Rayleigha)	• Przepuszczalność światła. Średnica cząstek «długość fali

Opierając się na opisanej wcześniej właściwości rozpraszania światła, nanocząstkowy dwutlenek tytanu może być użyty do nadania doskonałej ochrony przed promieniowaniem UV. W porównaniu z dostępnymi absorbentami UV, ultradrobny nano- $\text{TiO}_2$  posiada skuteczne właściwości filtrujące UV w całym spektrum ultrafioletu (UVC + UVB + AVA). Na przykład zyskuje szeroką akceptację do stosowania w kremach do opalania. Nanocząstkowy  $\text{TiO}_2$  oprócz swoich skutecznych właściwości tłumiących jest niezwykle obojętny, a zatem bezpieczny w stosowaniu na skórze<sup>5</sup>. Nanocząstkowy  $\text{TiO}_2$



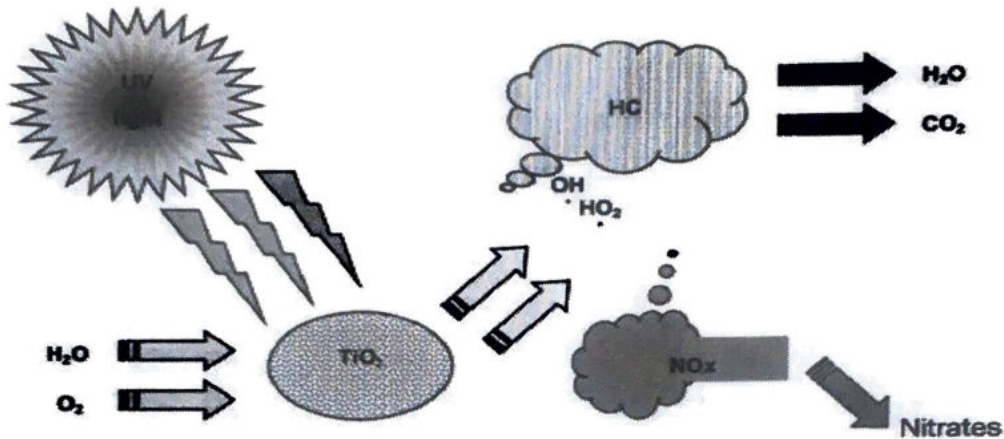


można również stosować w przezroczystych foliach plastikowych, aby zapewnić ochronę żywności przed promieniowaniem UV. Promieniowanie UV ze sztucznego oświetlenia w sklepie spożywczym wywołuje autooksydację np. mięsa i serów, powodując przebarwienia. Pod tym względem wykazuje również właściwości przeciwbakteryjne. Jednak jedną z najważniejszych funkcji jest wykorzystanie nanocząstkowego  $\text{TiO}_2$  w farbie i betonie do oczyszczania z zanieczyszczeń. Poniższy schemat przedstawia sposób działania produktu.

[na rycinie:]

Światło UV

Azotany



Ryc. 3.

## 2. Zastosowania (Próba w Manili)

Niedawne próby w Londynie, Paryżu i Manili pokazują, jak skuteczne mogą być farby w zmniejszaniu zanieczyszczenia. Na przykład w Manili pomalowaliśmy 13 różnych miejsc farbami fotokatalitycznymi i 5 obszarów kontrolnych bez farby fotokatalitycznej. Lokalizacje pokazano poniżej na Ryc. 4. Znajdują się one wokół bardzo zanieczyszczonej miejskiej autostrady w pobliżu stacji metra w Metropolii Manila. Badanie zostało przeprowadzone przez firmę konsultingową Connexor specjalizującą się w monitorowaniu zanieczyszczeń. Farba została wyprodukowana przez Pacific Paints we współpracy z Cristal Global.

[na rycinie:]

Poziom ulicy





Ryc. 4

Lokalizacje doświadczalne były monitorowane łącznie przez okres 9 miesięcy za pomocą czujników dyfuzyjnych. W tym okresie dokonano porównań między miejscami pokrytymi farbą nefotokatalityczną i farbą fotokatalityczną. Ryc. 5 przedstawia wykres pudełkowy danych, który pokazuje 43-jednostkowy spadek poziomu NO<sub>x</sub> w lokalizacji 3 w porównaniu z lokalizacją 18. Lokalizacje 3, 4 i 5 pokazano poniżej. Jak widać, mają różne stopnie zamknięcia. Lokalizacje 3 i 4 i bardziej zamknięte niż lokalizacja 5. Ponadto każdy doświadczca innej ekspozycji na bezpośrednie działanie promieni słonecznych.



Lokalizacja 3.





Lokalizacja 4



Lokalizacja 5





[na rycinie:]

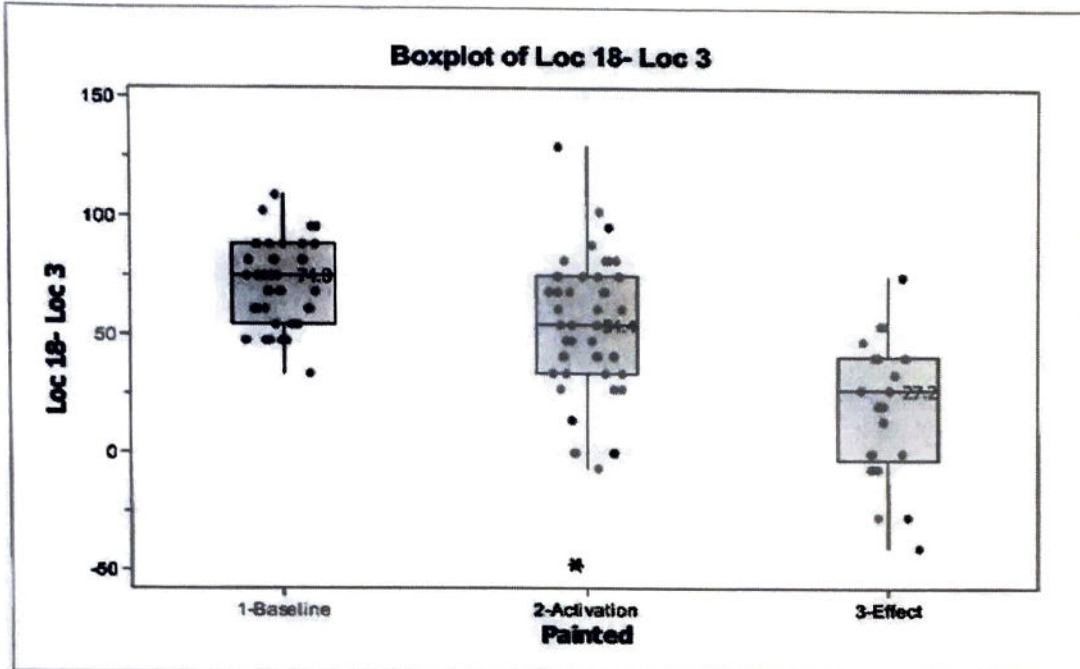
Wykres pudełkowy Lok. 18-Lok.3

1. Wartość wyjściowa

2. Aktywacja

3. Efekt

Pomalowane



Ryc. 5

Rzeczywista redukcja po 6 miesiącach wyniosła 26%. W porównaniu ze stanem wyjściowym wykazano, że jest to istotne statystycznie. Na okres aktywacji wybrano 2 miesiące, ponieważ produkt wymaga pewnej ekspozycji na światło słoneczne i deszcz w celu usunięcia zaadsorbowanych związków organicznych fotokatalizatora, zanim będzie w pełni funkcjonalny. Ten okres aktywacji jest bardzo specyficzny dla farby, może się różnić i jest w dużej mierze bardzo zależny od dokładnego składu i receptury. Jednak w przypadku wewnętrznych parkingów itp., możliwe jest teraz wyprodukowanie farby z krótkim lub zerowym okresem aktywacji, chociaż wszystkie farby wykazują lepszą wydajność wraz z upływem czasu.

Podobne wyniki są pokazane dla innych lokalizacji. Lokalizacje wybrano ze względu na różne poziomy ekspozycji na światło słoneczne i prędkość wiatru, ponieważ są to dwa czynniki, od których wyraźnie oczekiwano, że wpłyną na skuteczność farby w redukcji NOx. Lokalizacja 4 pokazana poniżej jest bardzo podobną lokalizacją pod względem zamknięcia, prędkości wiatru i godzin ekspozycji na światło dzienne. Wykazano również, że redukcja poziomów NOx była bardzo podobna. Po raz kolejny po okresie aktywacji poziomy NOx spadły do 27% poniżej wartości wyjściowej. Powinniśmy również zwrócić uwagę, że liczby te są wyraźnie związane z ilością użytej farby. Gdybyśmy mieli zwiększyć powierzchnię pomalowanej ściany, procentowa redukcja również by się zwiększyła. Przewidujemy 5-krotny współczynnik powierzchni dla podwójnej wydajności farby. Dlatego na przykład, gdybyśmy zwiększyli powierzchnię z 500m<sup>2</sup> do 2500m<sup>2</sup>, spodziewalibyśmy się redukcji w środku malowanej ściany aż o 50%.



[na rycinie:]

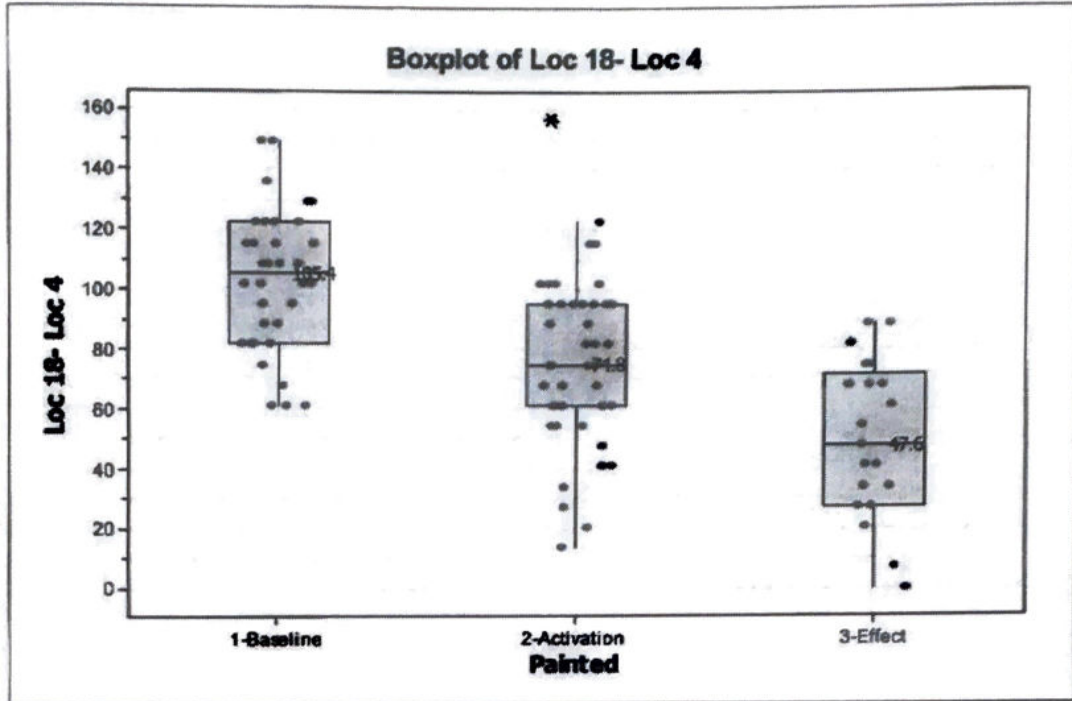
Wykres pudełkowy Lok. 18-Lok.4

1. Wartość wyjściowa

2. Aktywacja

3. Efekt

Pomalowane



Ryc. 6

Inne lokalizacje zostały wybrane na wyższych poziomach od drogi, wewnątrz stacji metra z niewielkim lub zerowym światłem słonecznym, przy wejściu do tuneli, w których bezpośrednio światło słoneczne jest ograniczone, w sumie 13 miejsc pomalowano farbą fotokatalityczną. Z tych 13 lokalizacji 8 wykazuje obecnie statystycznie istotne zmniejszenie poziomów NOx. Nie oznacza to, że inne lokalizacje nie działają, prawie na pewno działają. Po prostu prędkość wiatru jest prawdopodobnie zbyt duża, aby zmierzyć efekt. Wiemy, że efekt jest najłatwiejszy do wykrycia przy małej prędkości wiatru w zamkniętych obszarach. Zostało to zademonstrowane we wcześniejszych próbach i można to również zobaczyć w próbie w Londynie zaprezentowanej poniżej.

Ryc. 7 pokazany poniżej ponownie pokazuje statystycznie istotny spadek poziomów NOx w podobnym przedziale czasowym do lokalizacji 3 i 4, jednakże wielkość spadku jest mniejsza niż w lokalizacjach 3 i 4 pokazanych powyżej. W tym przypadku możemy zmierzyć tylko 17% redukcję. Nie oznacza to, że farba działa gorzej w lokalizacji 5, oznacza to po prostu, że prędkość wiatru może być wyższa lub liczba godzin bezpośredniego światła słonecznego była mniejsza.

[na rycinie:]

Wykres pudełkowy Lok. 18-Lok.5

1. Wartość wyjściowa

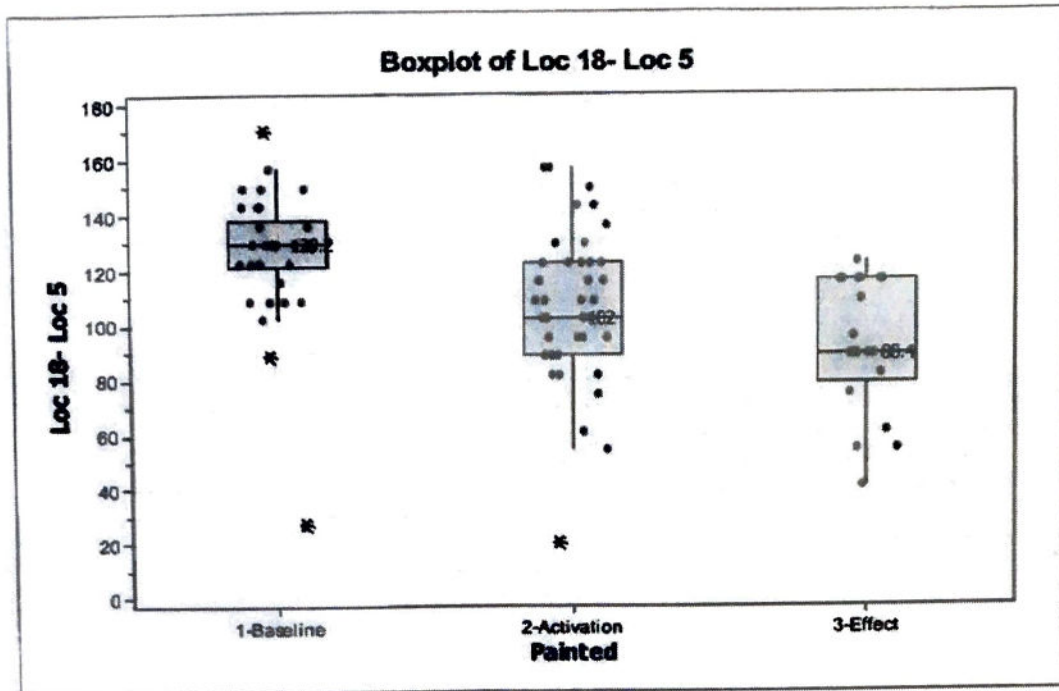
2. Aktywacja

3. Efekt

Pomalowane







Ryc. 7

### 3. Zastosowania (Próba w Camden)

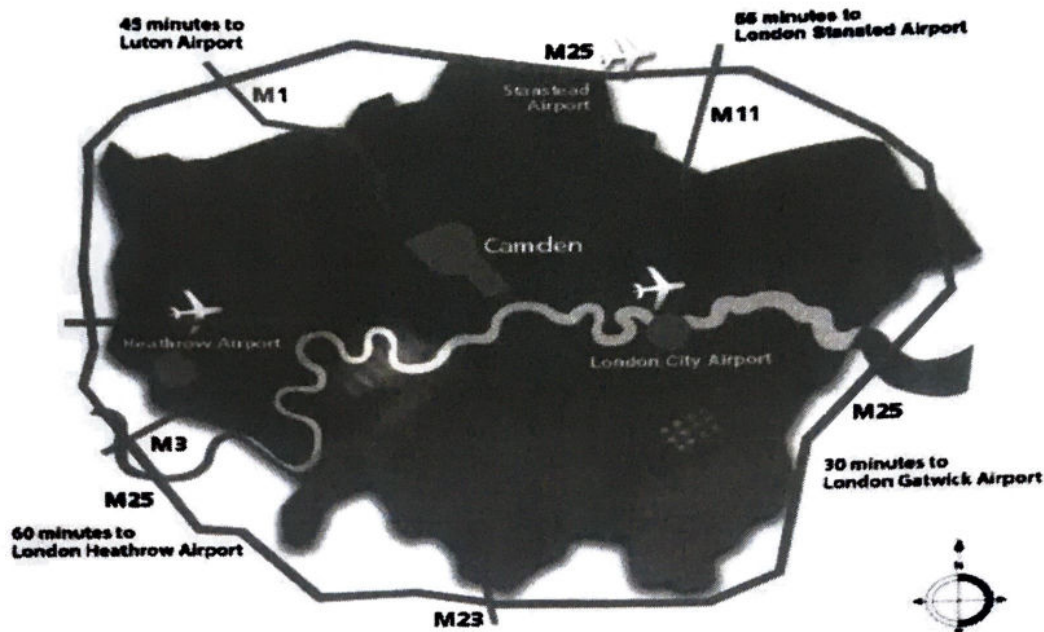
Inna przeprowadzona próba miała miejsce w londyńskiej gminie Camden. Camden leży w samym centrum Londynu, jak pokazano na mapie poniżej na ryc.8. Próba ta została przeprowadzona z wykorzystaniem monitoringu chemiluminescencyjnego NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, prędkości / kierunku wiatru i gromadzenia danych metrologicznych, które odbywało się co 15 minut każdego dnia. W przeciwieństwie do rurek dyfuzyjnych ta metoda jest dokładniejsza i zgromadziliśmy znacznie więcej danych, ponieważ pomiary rur dyfuzyjnych były wykonywane raz dziennie.

Próba została również skonstruowana w inny sposób, przed nałożeniem powłoki fotokatalitycznej na ścianę pobraliśmy dane z tego miejsca z jednego roku. Posiadamy również lokalizacje referencyjne w innych lokalizacjach ok. 500m dalej.

[na rycinie:]

- 45 minut do lotniska Luton
- 55 minut do Lotniska Londyn Stansted
- 60 minut do Lotniska Londyn Heathrow
- 30 minut do Lotniska Londyn Gatwick





Ryc. 8

Rzeczywiste miejsce przeprowadzania prób pokazano na Ryc. 9 poniżej, ściana została całkowicie odnowiona pod koniec 2007 r., a czujnik ustawiono z wlotami w odległości 15 cm od ściany i 1,5 m od ściany, jak widać na poniższej rycinie.

Monitoring prowadzony był przez cały 2008 rok, aby uzyskać co najmniej 1 pełny rok danych porównawczych, co było niezbędne do przyjrzenia się sezonowym skutkom zanieczyszczenia. Dobrze wiadomo, że w Londynie zmienność między latem a zimą może być bardzo duża. Jako rzeczywisty produkt fotokatalityczny został wybrany przezroczysty zol, który był testowany w laboratorium przez 18 miesięcy przed zastosowaniem, wyniki laboratoryjne sugerowały, że produkt nie tracił żadnej aktywności w okresie 18 miesięcy po nałożeniu na betonową kostkę brukową.

Następnie ten sam zol nałożono na 300-metrową ścianę, pokazaną na poniższym zdjęciu, w połowie marca. Pomiary były następnie wykonywane co 15 minut przez cały 2009 rok i będą kontynuowane do czerwca 2010 roku.







Ryc. 9

Wyniki przedstawiono na Ryc. 10 poniżej. Wykres pudełkowy pokazuje, że dane po naniesieniu powłoki są niższe niż w dowolnym momencie w poprzednim roku. W szczególności w porównaniu do tego samego okresu w roku poprzednim, co jest prawidłowym sposobem przeprowadzenia porównania ze względu na efekty dobowe. Ryc. 10 przedstawia porównanie 24-godzinnego okresu w czerwcu 2008 r. z czerwcem 2009 r. W tym przypadku możemy zobaczyć efekt, jaki powłoka fotokatalityczna zaczyna działać tuż po wschodzie słońca i jej działanie staje się najsilniejsze około południa. Powłoka jest skuteczna do godziny 22:00, tuż przed zachodem słońca. Najciekawsze jest to, że produkt działa przy świetle rozproszonym, ponieważ do południa nie ma bezpośredniego światła słonecznego padającego na ścianę.

Ponadto, jeśli spojrzymy na porównanie z lokalizacją referencyjną dla tego samego okresu pokazaną na ryc. 11, zobaczymy bardzo małą redukcję NO<sub>x</sub> w ciągu dnia. Ryc. 11 dotyczy danych zebranych w Shaftsbury Avenue, która znajduje się około 500 m od miejsca przeprowadzania prób w St Martins College.



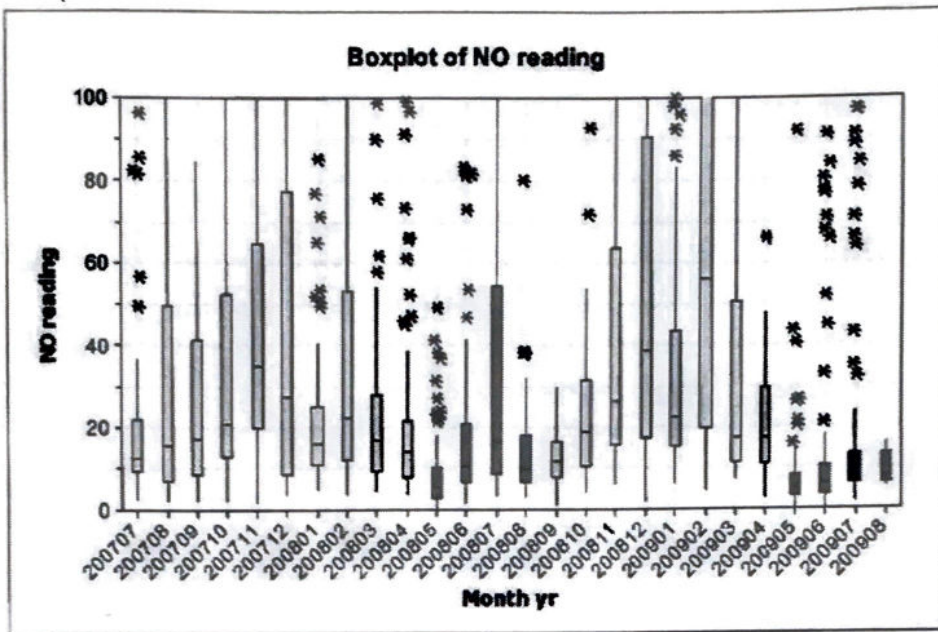


[na rycinie:]

Wykres pudełkowy dla odczytów NO

Odczyt NO

Miesiąc rok



Ryc. 10

[na rycinie:]

Wykres liniowy średniego NO dla St Martins College Laxton

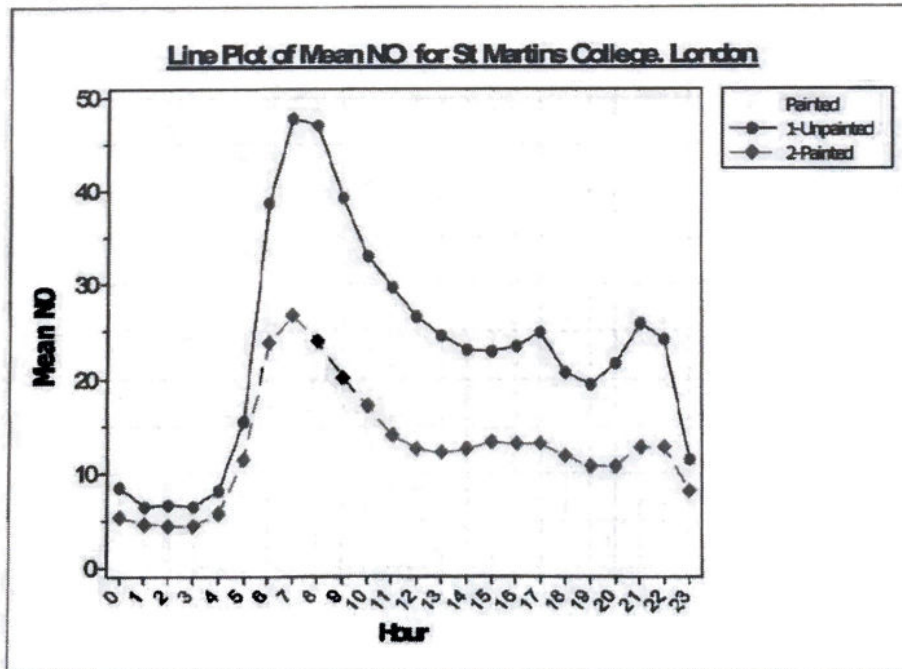
Średnie NO

Godzina

Pomalowane

1-Niepomalowane

2-Pomalowane



Ryc. 11





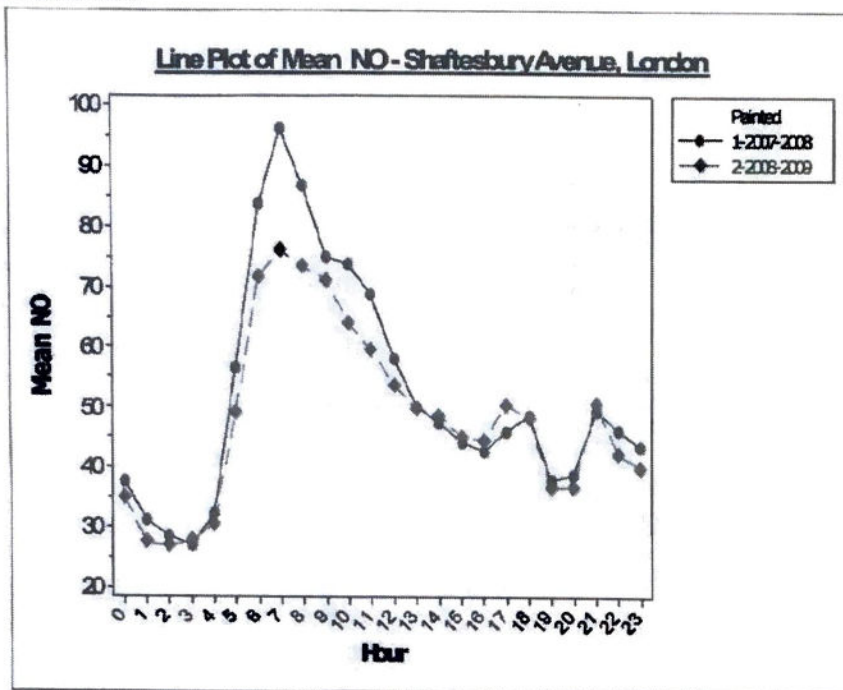
[na rycinie:]

Wykres liniowy średniego NO dla Shaftesbury Avenue, Londyn

Średnie NO

Godzina

Pomalowane



Ryc. 12

## Wnioski

Powyższe dwie próby pokazują skuteczność powłok fotokatalitycznych w zastosowaniu do kontroli zanieczyszczeń. Próba w Manili polegała na zastosowaniu konwencjonalnej białej farby zawierającej fotokatalizator o nazwie KNO<sub>x</sub>OUT wyprodukowany przez Pacific Paints w Manili. Próbę w Londynie przeprowadzono przy użyciu zolu wykonanego ze specjalnych środków peptydowych i spoiw zapewniających przyczepność do betonu. Chociaż nie spodziewamy się, że zól będzie tak trwały, jak farba, ponowne nałożenie może być konieczne co 2-3 lata dla największej skuteczności.

Z badań laboratoryjnych wiemy, że oba te produkty usuwają również LZO, takie jak toluen, ksylen, benzen i aldehyd octowy itp. Musimy przeprowadzić próby terenowe, aby pokazać, jak skuteczne mogą być te produkty w przypadku LZO, a także cząstek stałych. Wiemy, że PM<sub>2,5</sub> i 0,1 stają się obecnie poważnymi problemami dla dużych miast w Europie i na całym świecie.



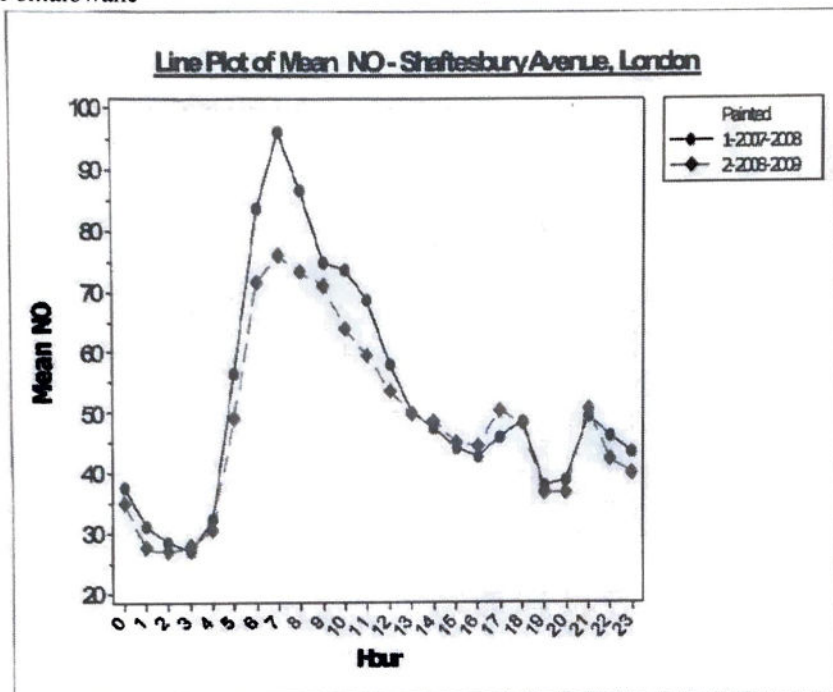
[na rycinie:]

Wykres liniowy średniego NO dla Shaftesbury Avenue, Londyn

Średnie NO

Godzina

Pomalowane



Ryc. 12

## Wnioski

Powyższe dwie próby pokazują skuteczność powłok fotokatalitycznych w zastosowaniu do kontroli zanieczyszczeń. Próba w Manili polegała na zastosowaniu konwencjonalnej białej farby zawierającej fotokatalizator o nazwie KNO<sub>x</sub>OUT wyprodukowany przez Pacific Paints w Manili. Próbę w Londynie przeprowadzono przy użyciu zolu wykonanego ze specjalnych środków peptydowych i spoiw zapewniających przyczepność do betonu. Chociaż nie spodziewamy się, że zol będzie tak trwały, jak farba, ponowne nałożenie może być konieczne co 2-3 lata dla największej skuteczności.

Z badań laboratoryjnych wiemy, że oba te produkty usuwają również LZO, takie jak toluen, ksylen, benzen i aldehyd octowy itp. Musimy przeprowadzić próby terenowe, aby pokazać, jak skuteczne mogą być te produkty w przypadku LZO, a także cząstek stałych. Wiemy, że PM<sub>2,5</sub> i 0,1 stają się obecnie poważnymi problemami dla dużych miast w Europie i na całym świecie.







BIBLIOGRAFIA

1. J. Murphy, Additive for plastics handbook, Drugie wydanie, Elsevier 2001.
2. T.C. Patton, "Pigment handbook" Vol.I. J. Wiley & Sons, 1973.
3. D.R. Vesa i P. Judin, *Verfkroniek*, 11 (1994) 17.
4. A. Gurav, T. Pluym i T. Xiong, *Aerosol Sci. Technol.*, 19 (1993) 411.
5. J.G. Balfour, "Fine particle TiCh, its properties and uses", Praca zaprezentowana na SURCONY 91, *New Material*, 1 (1992)21.
6. N. S. Allen i J.F. McKellar, *Photochemistry of Dyed and Pigmented Polymers*", Applied Science Publishers Ltd., Londyn, (1980), str. 247.

