

# Beton oczyszczający powietrze - przyszłość czy teraźniejszość ?



Krzysztof Szerszeń  
Góraźdze Cement S.A.

**GÓRAŹDŹE**  
HEIDELBERGCEMENT Group

VII Warmińsko-Mazurskie Forum Drogowe

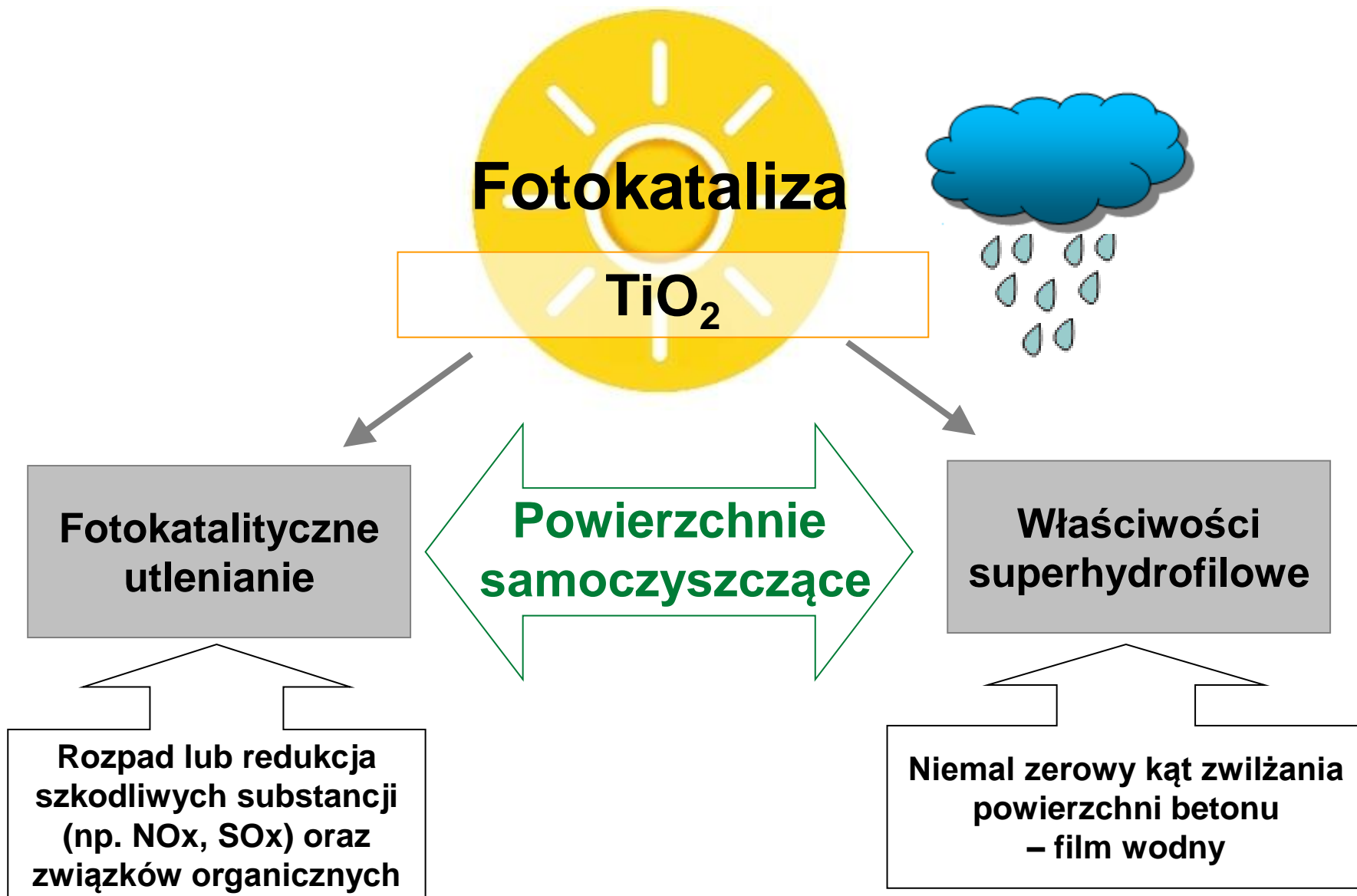
"Drogi przyszłości"

Siła, 20-21 wrzesień 2021

[www.tiocem.pl](http://www.tiocem.pl)

- Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych
- Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce
- Podsumowanie

# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych



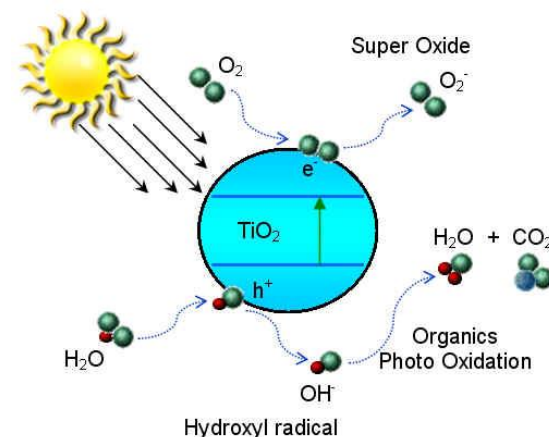
# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## ■ Działanie fotokatalityczne nano-dwutlenku tytanu $\text{TiO}_2 < 50\text{nm}$ :

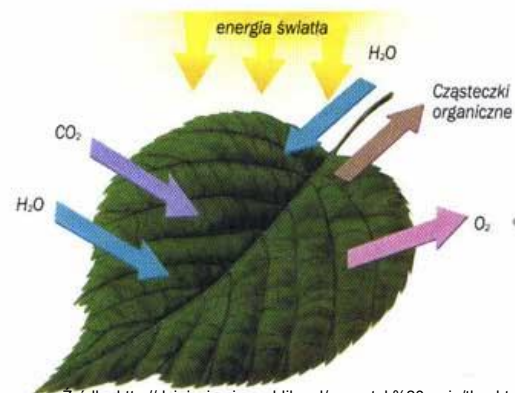
- aktywacja dwutlenku tytanu  $\text{TiO}_2$
- formowanie się na powierzchni  $\text{TiO}_2$  wolnych rodników
  - 1) rodniki hydroksylowe ( $-\text{OH}^\bullet$ )
  - 2) anionorodnik ponadtlenkowy ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ )
- rozerwanie wiązań chemicznych substancji szkodliwych

## EFEKT

utlenienie i redukcja szkodliwych substancji na powierzchni dwutlenku tytanu



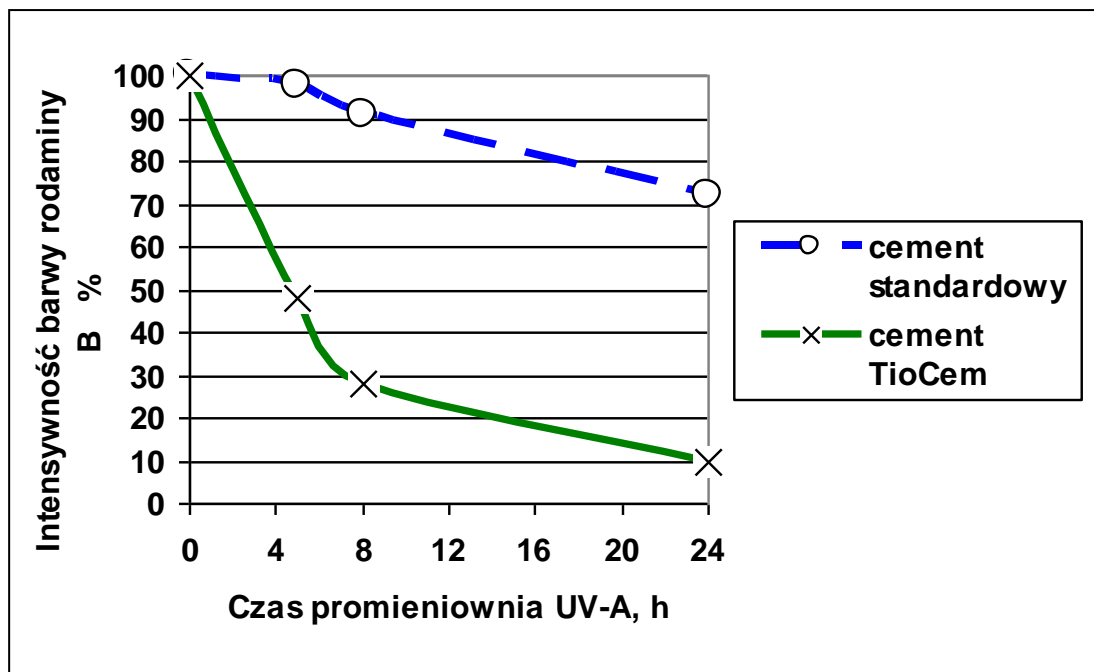
Źródło: [http://puregreencoatings.com/pgc\\_science.aspx](http://puregreencoatings.com/pgc_science.aspx)



Źródło: <http://dziejeziemi.republika.pl/początek%20zycia/tlen.html>

# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

Test przebarwienia rodaminą – B jako kryterium efektywności fotokatalitycznej cementu TioCem®



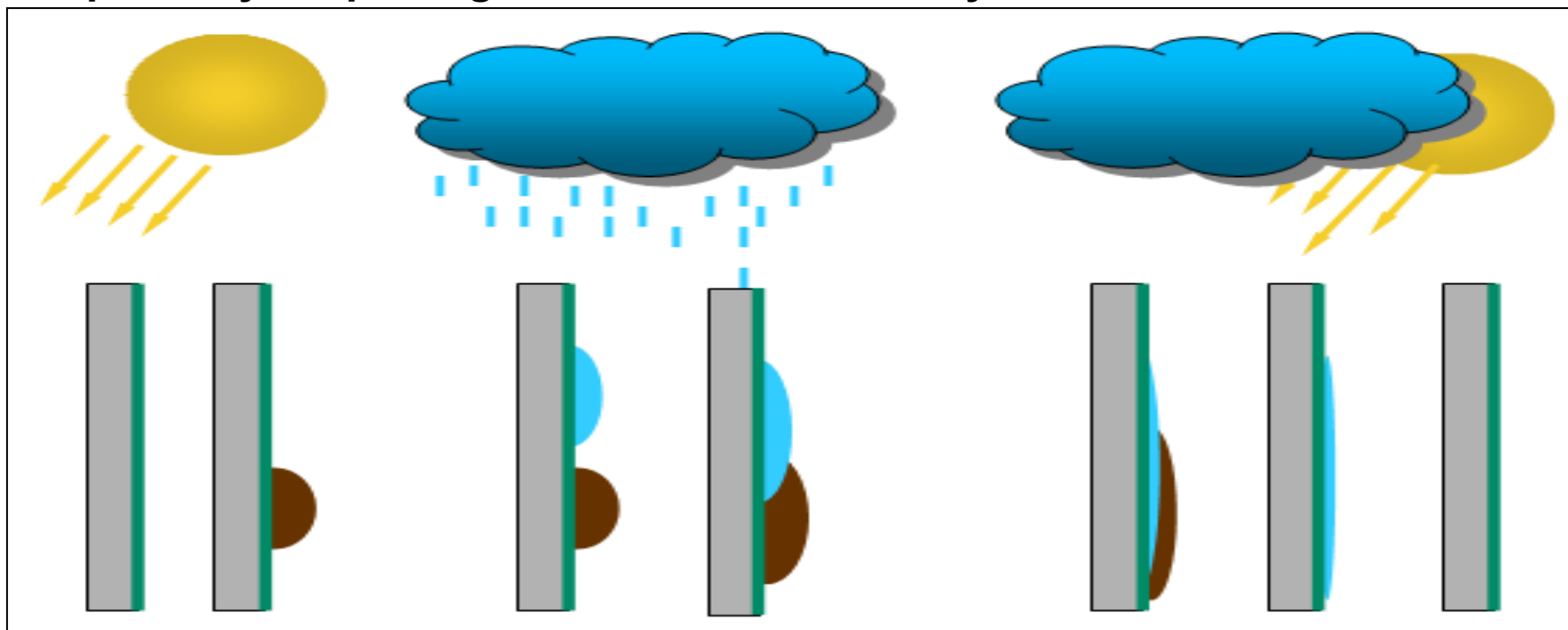
Badanie wg normy UNI 11259:2007



# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## Superhydrofilowe właściwości betonu na bazie cementu TioCem<sup>®</sup>

- maleje kąt zwilżania powierzchni dwutlenku tytanu  $\text{TiO}_2$
- na powierzchni dwutlenku tytanu woda nie tworzy kropeł
- powstanie cienkiego filmu wodnego
- płaszczyna poślizgu dla usuwania zanieczyszczeń



# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## ■ Hydrofilowe właściwości betonu samoczyszczącego

- rodzaj zanieczyszczenia – olej silnikowy

standardowa płytki (po lewej)

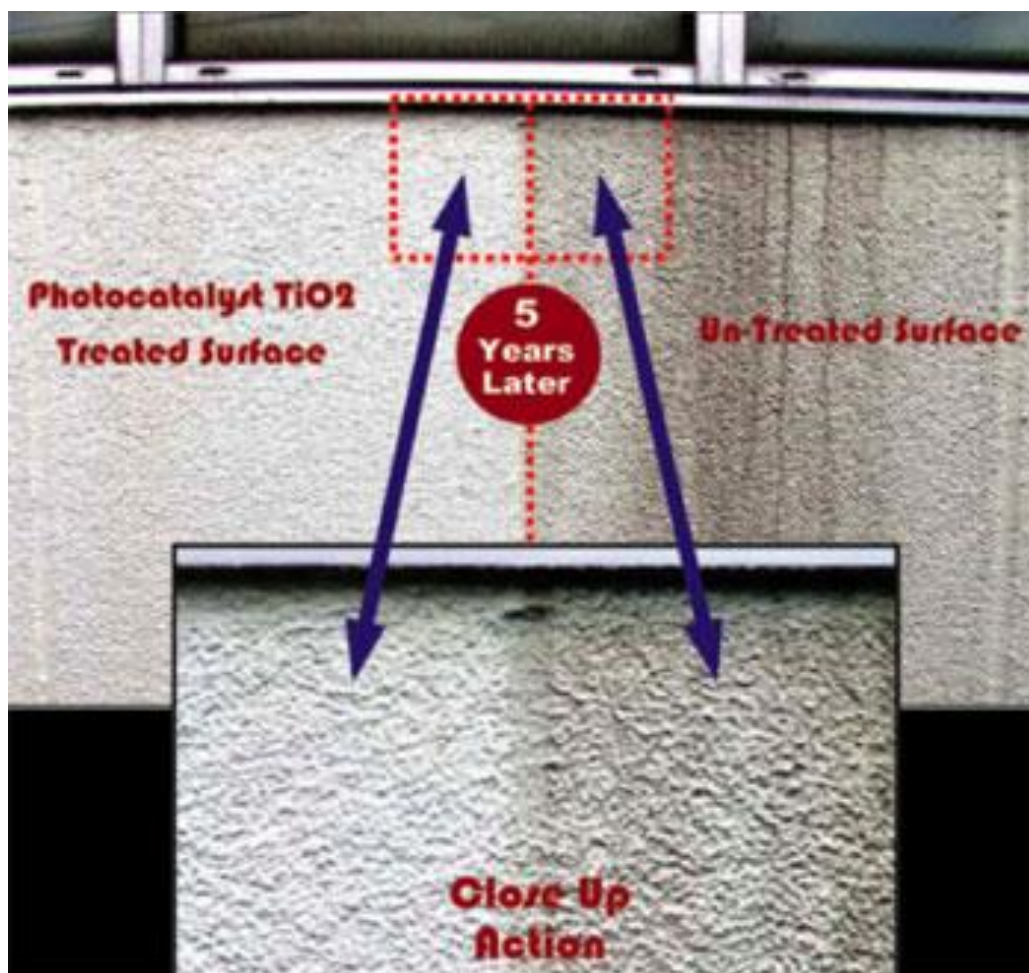
płytki z  $\text{TiO}_2$  (po prawej stronie)



źródło: Pieter EMBRECHTS „Cement deels vervangen door hoogovenslakken in zelfverdichtend beton”

# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

- Efekt zastosowania betonu samoczyszczącego

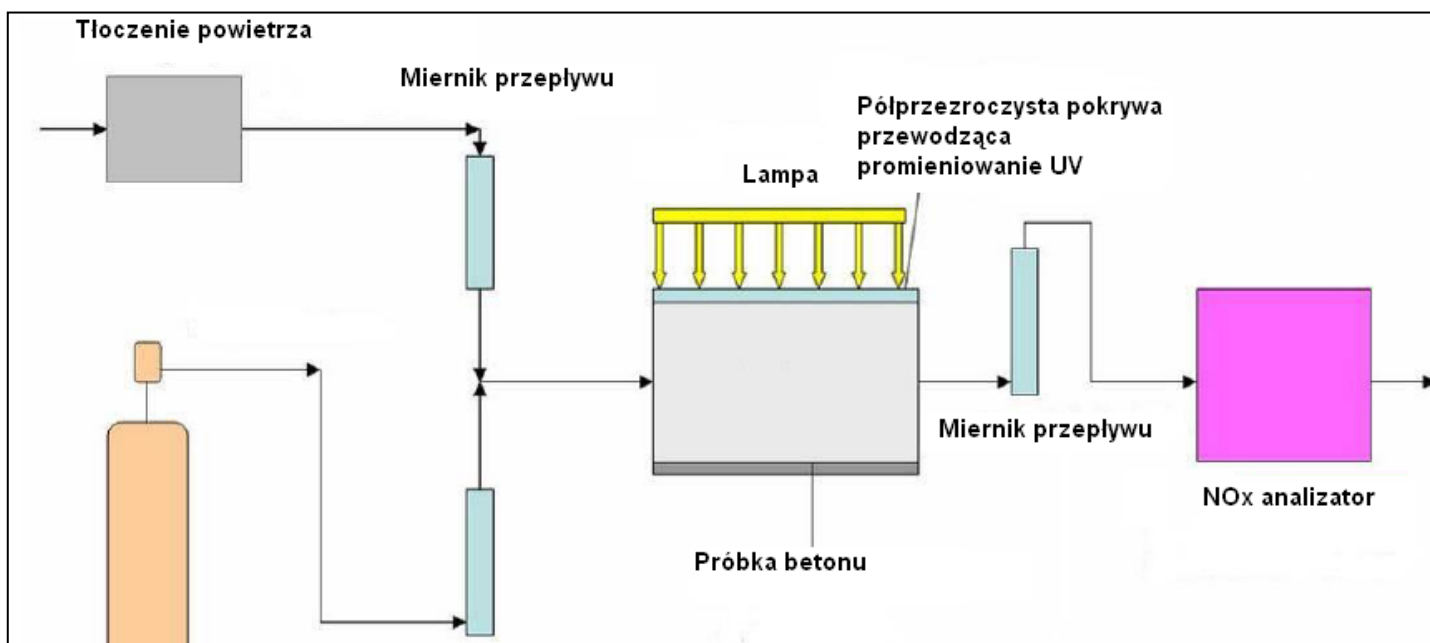


źródło: <http://www.goldenline.pl/forum/160855/beton-architektoniczny-scc>



# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## Redukcja zawartości tlenków azotu NO<sub>x</sub> w powietrzu Test i wymagania normowe



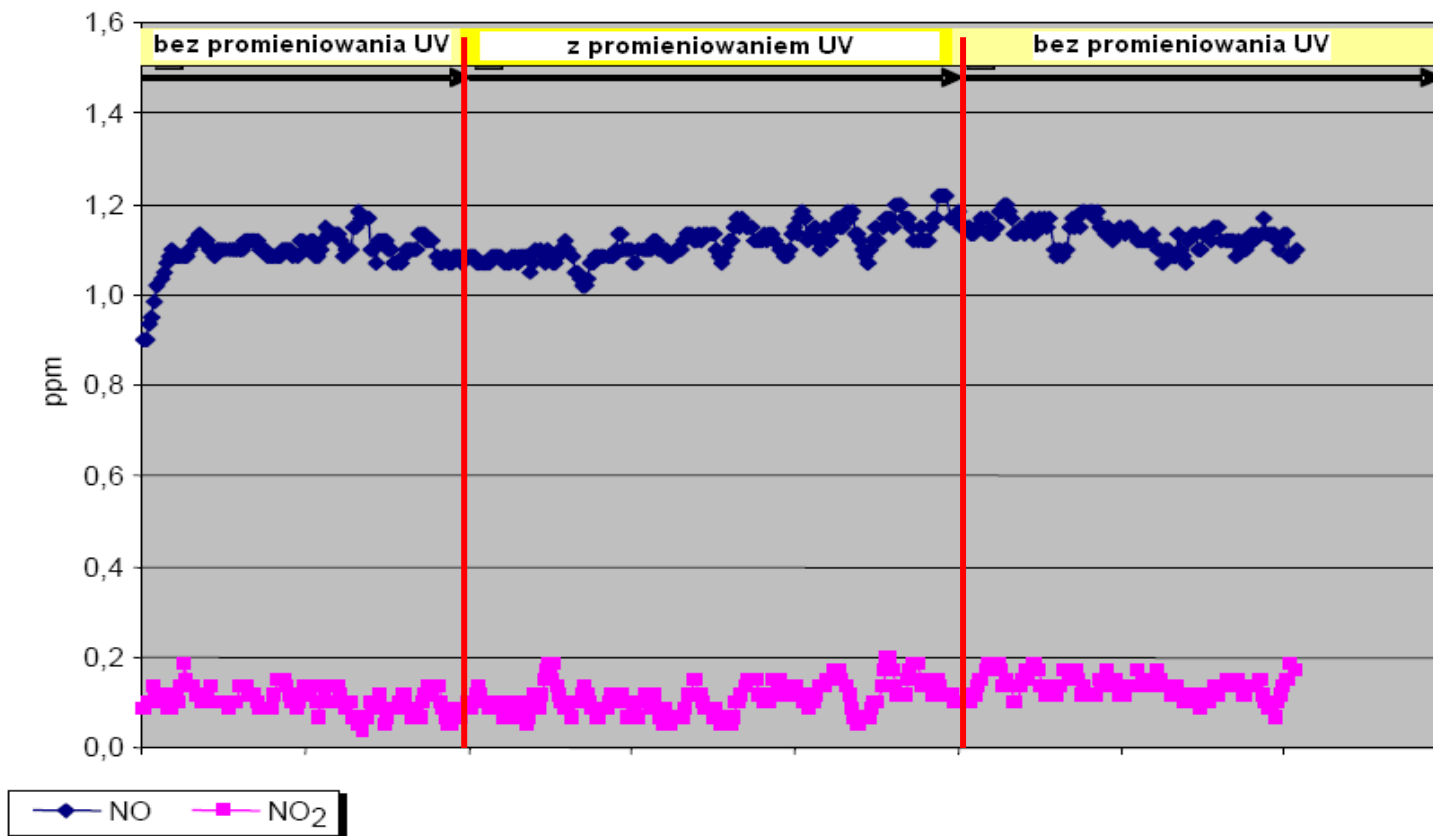
| Poziom aktywności fotokatalitycznej | Spadek koncentracji tlenków NO <sub>x</sub> w teście wg normy UNI-11247:2007 |
|-------------------------------------|--|
| Niedostateczny                      | < 12 %   |
| Średni                              | 12-20 %  |
| Wysoki                              | 20-25 %  |
| Bardzo wysoki                       | > 25 %   |

# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## Przepływ tlenków azotu $\text{NO}_x$ przez próbkę betonu

### Przykład 1: Beton zwykły

UV int =  $900 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  Przepływ powietrza = 1 l/min;  $\text{NO}_x$  start = 1 ppm

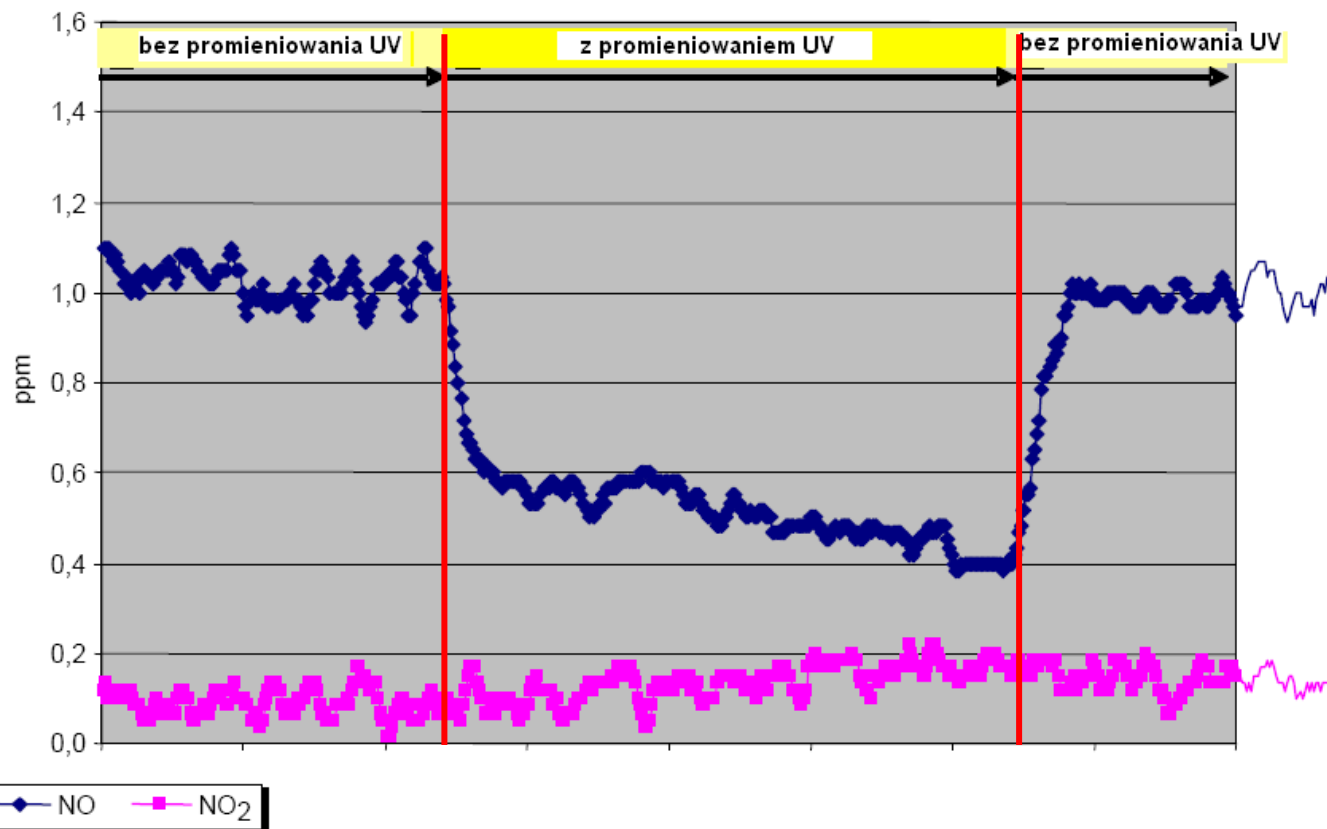


# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## Przepływ tlenków azotu $\text{NO}_x$ przez próbkę betonu

### Przykład 2: Beton fotokatalitycznie aktywny z cementem TioCem

UV int =  $900 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  Przepływ powietrza = 1 l/min;  $\text{NO}_x$  start = 1 ppm

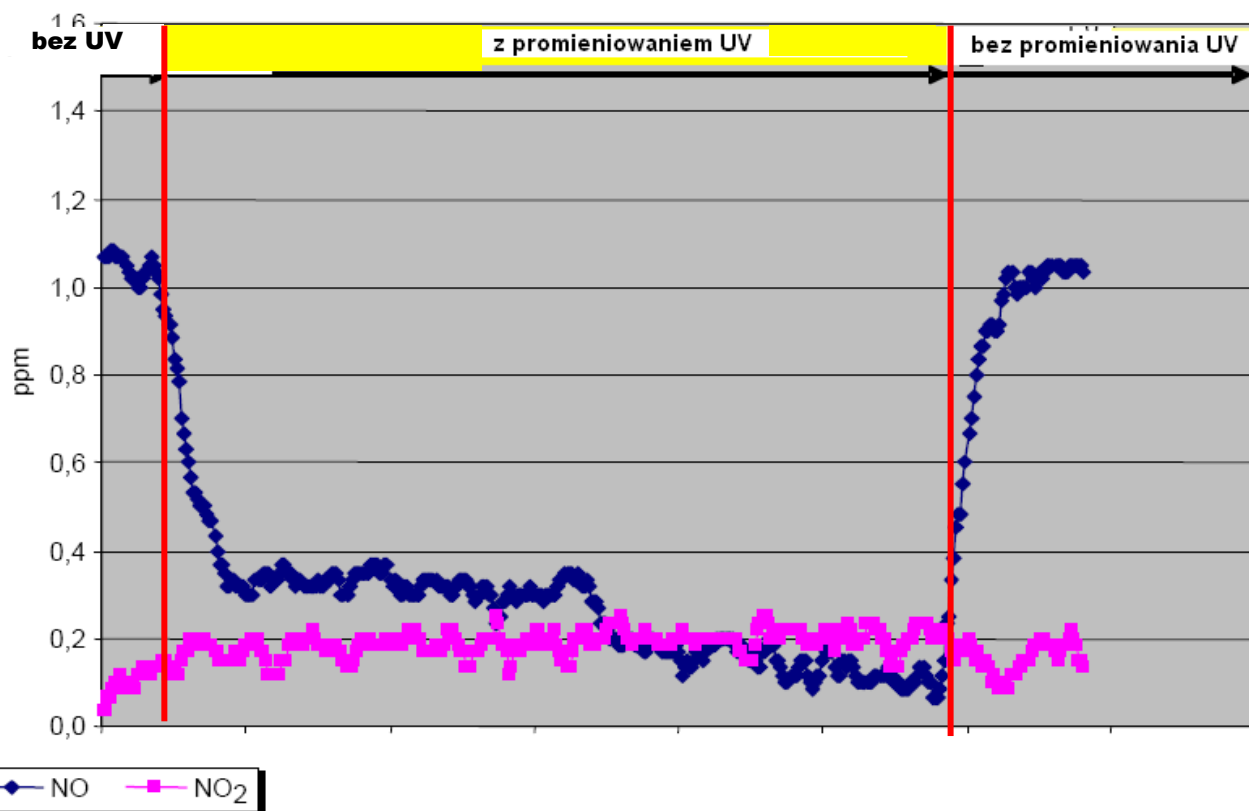


# Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych

## Przepływ tlenków azotu $\text{NO}_x$ przez próbkę betonu

### Przykład 3: Beton fotokatalitycznie aktywny z cementem TioCem

UV int =  $1,800 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  Przepływ powietrza = 1 l/min;  $\text{NO}_x$  start = 1 ppm



# Znak jakości - TX Active®

- TX Active® - opatentowana technologia stosowania TiO<sub>2</sub> do produkcji spoiw, zapraw, elementów betonowych i betonu
- Technologia „TX Active®” zawiera wymagania, które musi spełniać produkt z dodatkiem TiO<sub>2</sub>
- Umieszczenie oznakowania  jest prestiżową deklaracją producenta
  - produkuje on ekologiczny materiał, spełniający wymogi ochrony człowieka i środowiska,
  - stosuje zaawansowaną technologię redukującą zanieczyszczenie powietrza
  - produkowane elementy w znaczący sposób podnoszą jakość życia

| Poziom aktywności fotokatalitycznej | Spadek koncentracji tlenków NO <sub>x</sub> w teście wg normy UNI-11247:2007 |
|-------------------------------------|--|
| Niedostateczny                      | < 12 %   |
| Średni                              | 12-20 %  |
| Wysoki                              | 20-25 %  |
| Bardzo wysoki                       | > 25 %   |



VII Warmińsko-Mazurskie Forum Drogowe

"Drogi przyszłości"

Siła, 20-21 wrzesień 2021

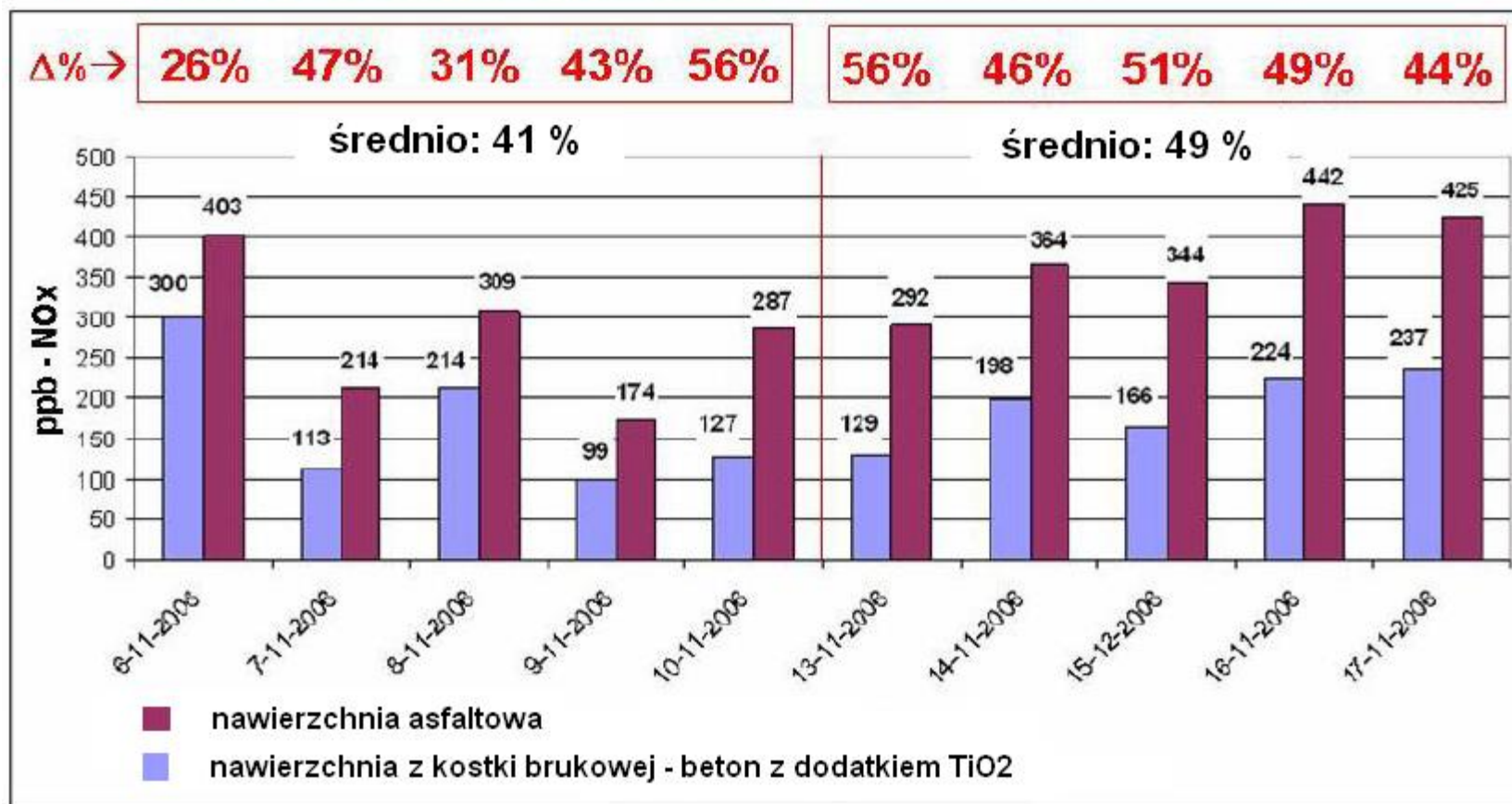
- **Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych**
- **Zastosowanie technologii TX Active<sup>®</sup> w praktyce**
- **Podsumowanie**



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

Praktyczne zastosowanie dwutlenku tytanu  $TiO_2$  do redukcji tlenków  $NO_x$  nawierzchnia z kostki brukowej "Via Borgo Palazzo" w Bergamo

$\Delta\%$  → Spadek zawartości  $NO_x$  - średnie wartości z 8 godzinnego pomiaru



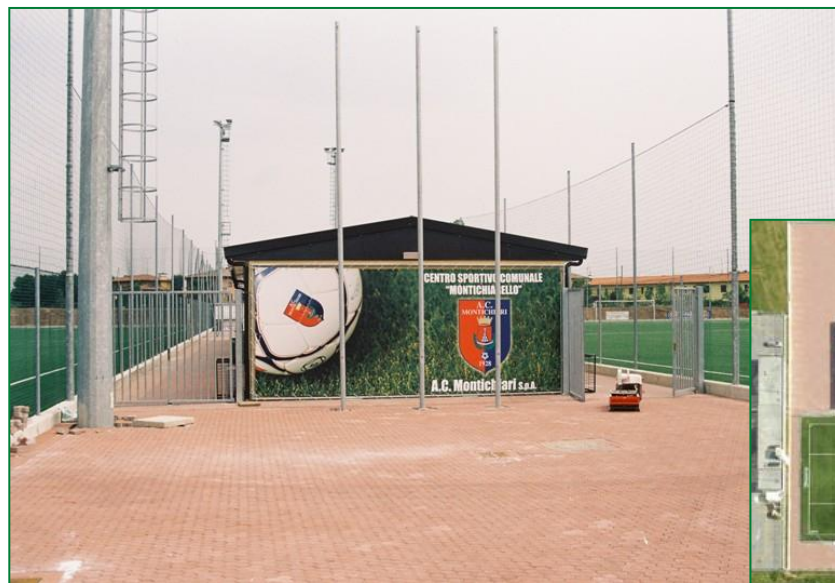
Source: C.L.Guerrini et al., RILEM Symposium in Florence (2007)



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

- Centrum sportowe „*Centro sportivo Montichiarello*” w Montichiari (Włochy)



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

- Centrum handlowe „*Castel Guelfo Outlet City*” w Castel Guelfo (Włochy)



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

- Nawierzchnia drogi i rondo w Cornaredo (Włochy)



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

- Ścieżka rowerowa i chodnik, ul. Łużycka, Zielona Góra



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

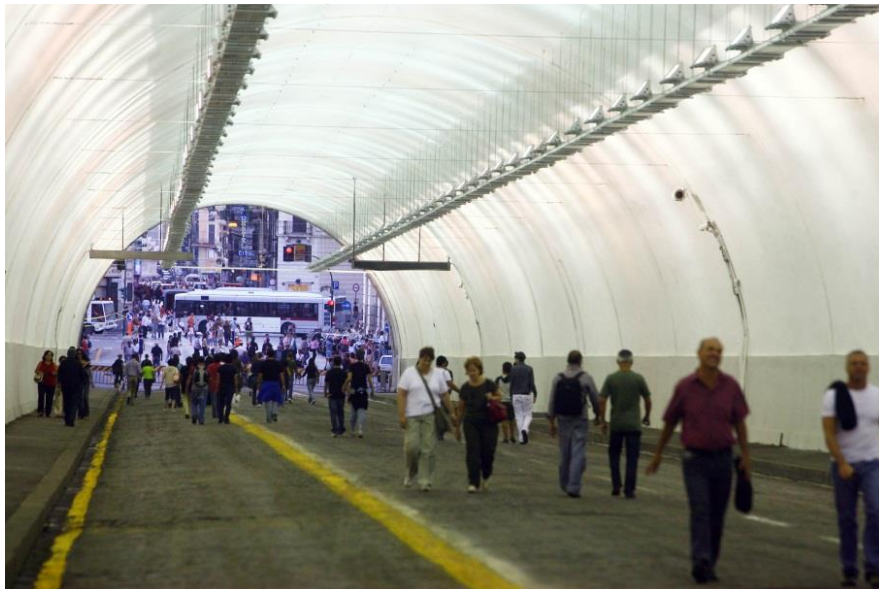
- Ścieżka rowerowa i chodnik, ul. Witosa, Nowa Sól



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## ■ Tunel Umberto I (Rzym)

- dł.350 m, szer.17m, wys.8,5 m
- $\approx$  1100 samochodów/godzinę
- okładziny tunelu w technologii TX Active®
- Efekt:
  - ponad 20% redukcja NOx

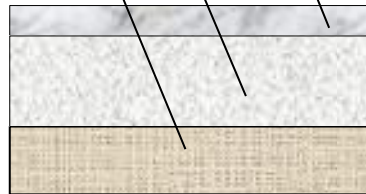


# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

- Autostrada 141, Chesterfield (obszar St. Louis) – Missouri (USA)  
Pierwsze zastosowanie betonu TX Active na autostradzie.

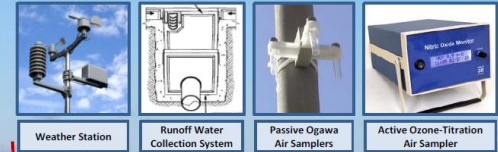


Beton TX Active  
Beton zwykły  
Podbudowa



Przekrój drogi

## TX Active Pavement Environmental Assessment



- Demonstration evaluation of TX Active drive lanes and pervious concrete shoulder environmental (air & water) beneficial impacts
- Storm runoff event water quality testing throughout an 18-month test period
- Long-term air quality testing using Ogawa time-integrated passive NO<sub>2</sub> analysis during an 18-month test period
- Complementary short-term air quality NO<sub>2</sub> testing using active/real-time ozone titration method



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

Badanie skuteczności redukcji stężenia  $\text{NO}_x$  w powietrzu przez beton fotokatalityczny z wykorzystaniem technologii TX ACTIVE na budowie SKANSKA PROPERTY POLAND Sp. z o.o. - GENERATION PARK w Warszawie

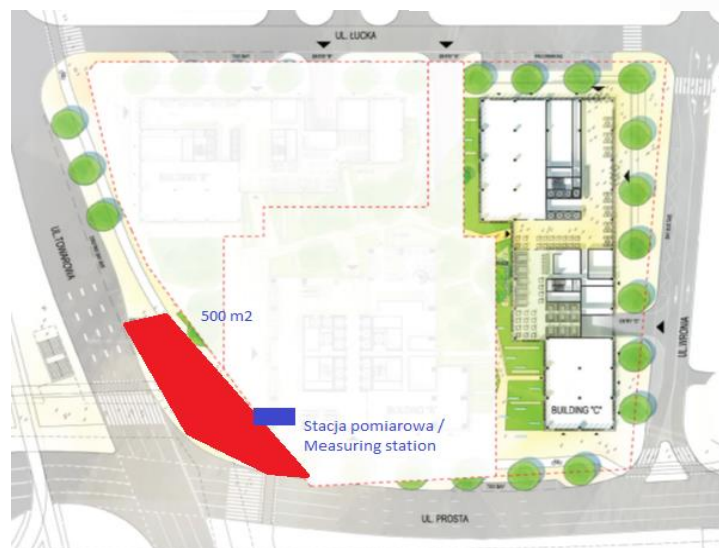


**SKANSKA**



Institut Geofizyki  
Polskiej Akademii Nauk

**GÓRAŹDŹE CEMENT**  
HEIDELBERGCEMENT Group

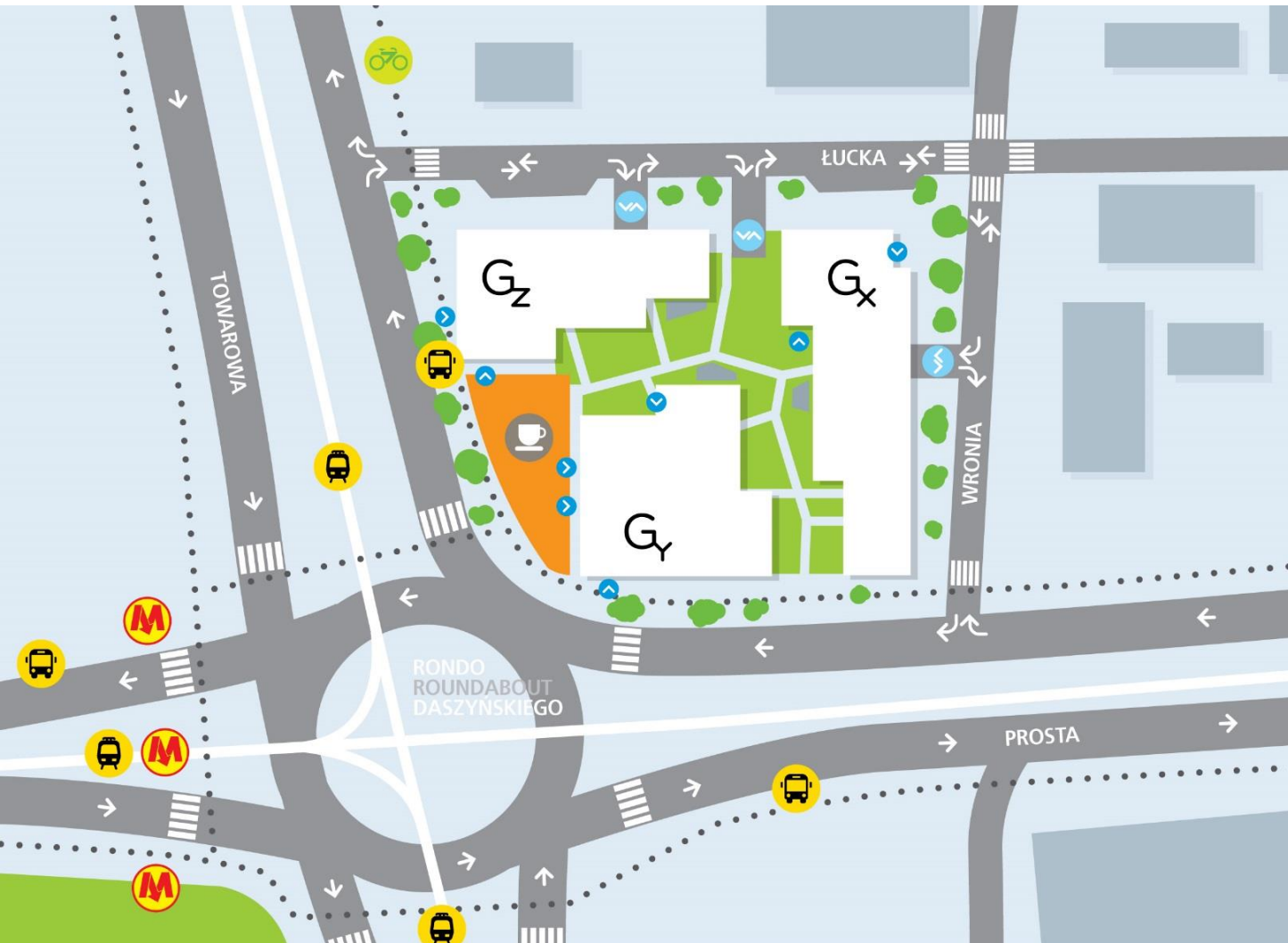


**GÓRAŹDŹE**  
HEIDELBERGCEMENT Group



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

Workplaces by  
**SKANSKA**



**M** METRO  
2 linia metra  
METRO  
2nd metro line

**Bus** PRZYSTANEK  
AUTOBUSOWY  
5 linii autobusowych  
BUS STOP  
5 bus lines

**Train** PRZYSTANEK  
TRAMWAJOWY  
5 linii tramwajowych  
TRAM STOP  
5 tram lines

**...** ŚCIEŻKA ROWEROWA  
BIKE LINE

**Wavy** WJAZD  
DO GARAŻU  
GARAGE ENTRY

**Bicycle** STACJA ROWERÓW  
MIEJSKICH VETURILO  
VETURILO  
BIKE STATION

**Checkmark** WEJŚCIE  
DO BUDYNKU  
BUILDING ENTRY

**Coffee** SKWER SKANSKA  
- KAWA, WYSTAWY  
S SQUARE  
- COFFEE, EXHIBITIONS

# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## ■ Partnerzy:



## ■ Partnerzy naukowi:



**Wydział  
Inżynierii Lądowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA



**Instytut Geofizyki  
Polskiej Akademii Nauk**

# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

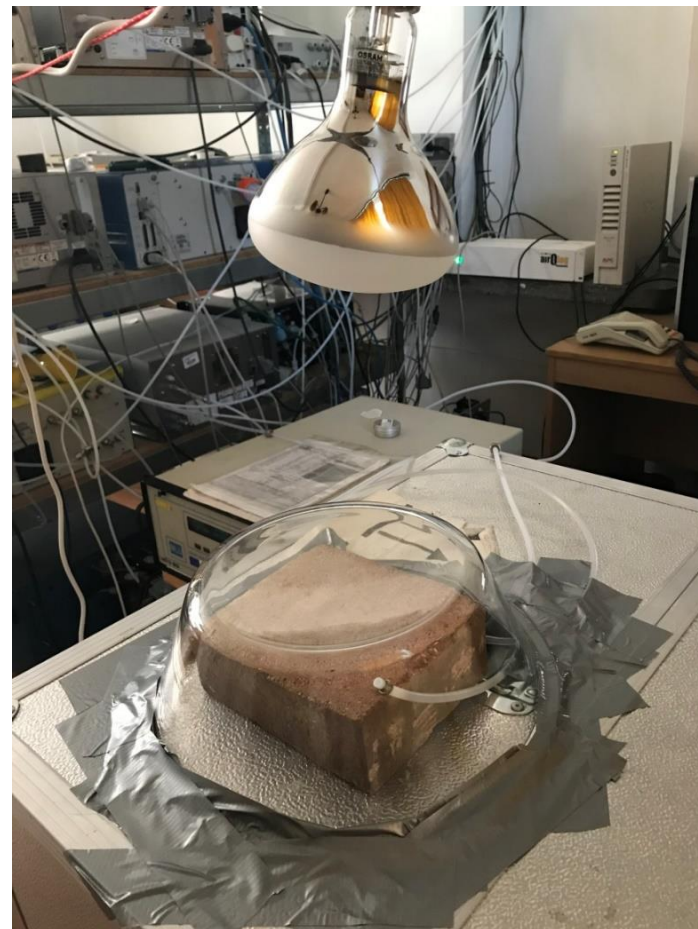
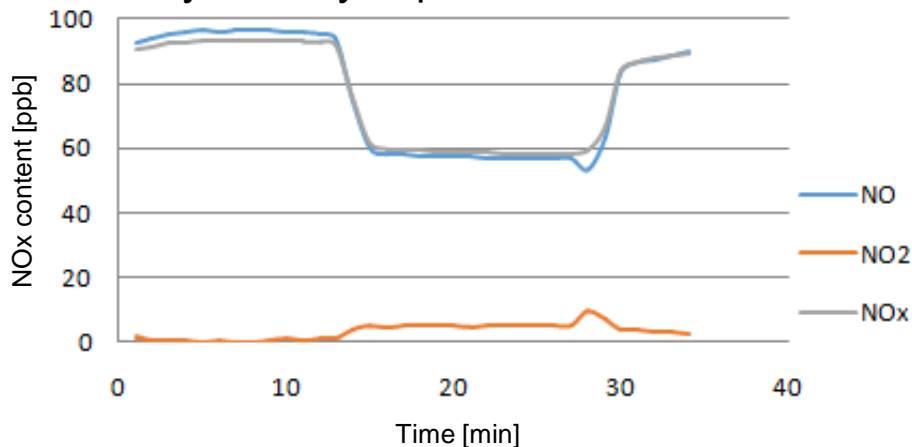
Laboratorium PAN: Instytut Geofizyki w Warszawie

## Cel badań:

1. Sprawdzenie możliwości pomiarowych w trakcie badań pilotażu,
2. Sprawdzenie właściwości fotokatalitycznych kostek wykonanych i eksploatowanych po ponad 7 latach.

## Wyniki:

1. Odpowiednia rozdzielczość pomiarową pozwalającą zaobserwować zjawisko fotokatalizy dla badanych materiałów,
2. Zachowanie właściwości fotokatalitycznych elementów użytkowanych przez 7 lat.



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

Laboratoria:

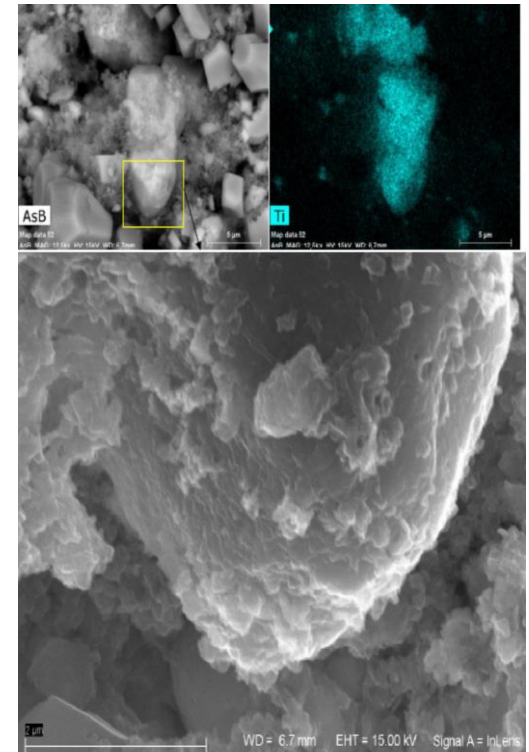
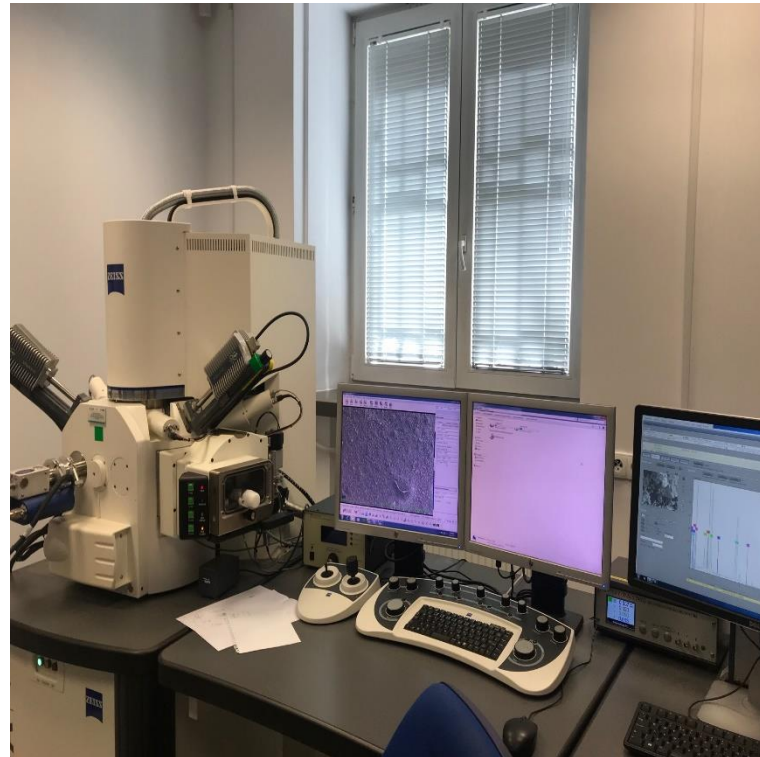
- Uniwersytet Warszawski - Wydział Geologii
- Politechnika Warszawska - Wydział Inżynierii Lądowej

## Cel badań:

1. Określenie właściwości mechanicznych
2. Określenie trwałości rozwiązania w czasie eksploatacji

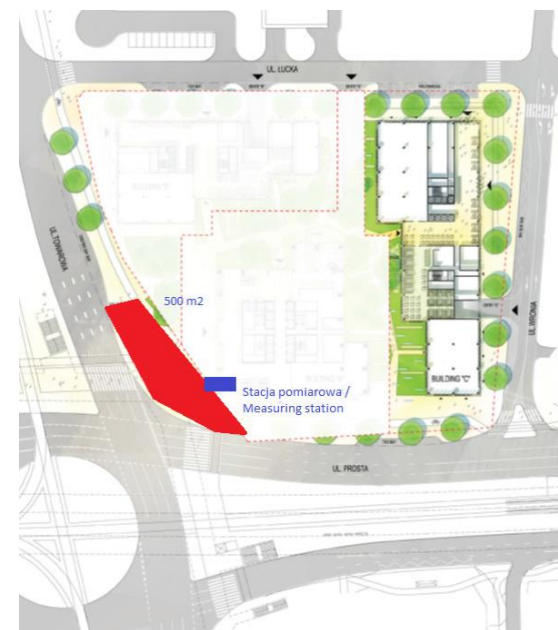
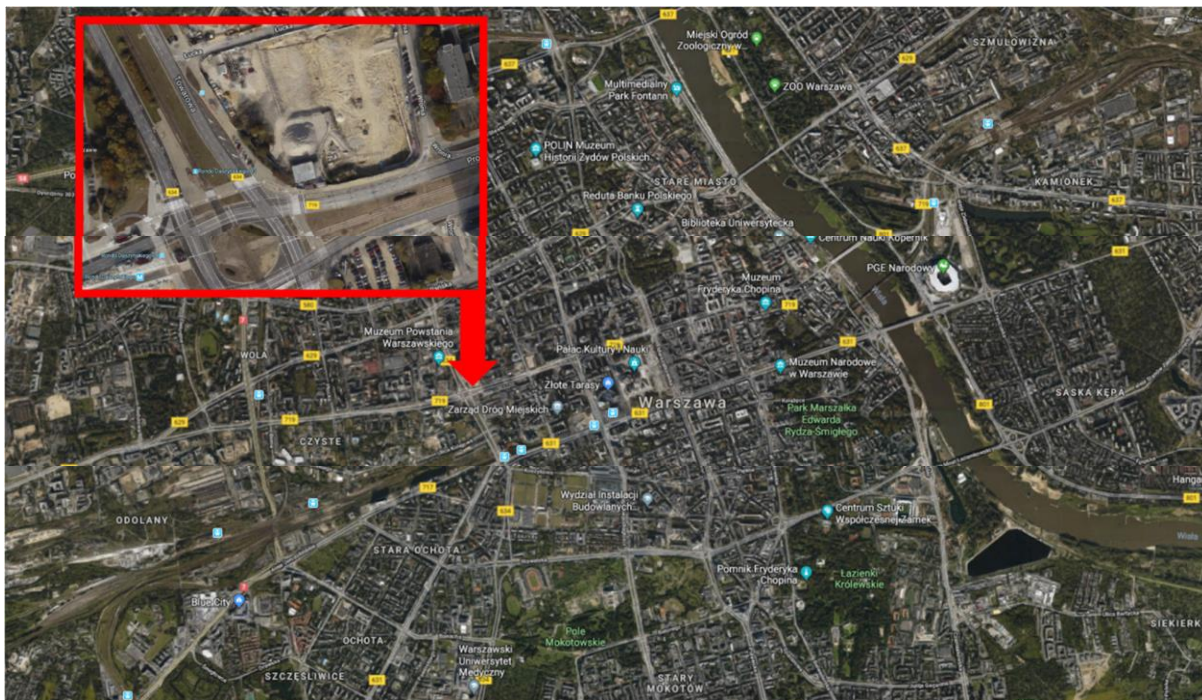
## Wynik:

Badania trwałościowe zostały potwierdzone – produkt nie traci ich w czasie.



# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Generation Park – Odcinek testowy



Powierzchnia 300 m<sup>2</sup>

# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Generation Park – Odcinek testowy

### Cel badań:

Określenie poziomu redukcji stężenia NO<sub>x</sub> wykonano na odcinku pilotażowym około 350 m<sup>2</sup> w przestrzeni miejskiej.

### Oczekiwany wynik:

Redukcja NO<sub>x</sub> w badanym obszarze o minimum **15%**

Stacja pomiarowa

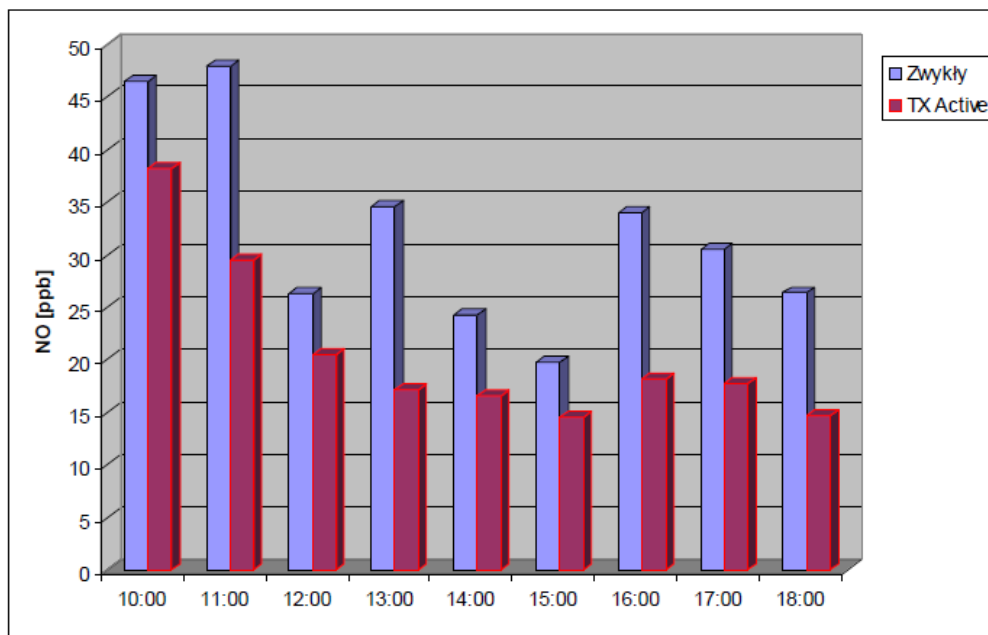


TX Active chodnik

# Zastosowanie technologii TX Active® w praktyce

## Generation Park – Odcinek testowy

Wynik:



| ppb                                | Chodnik zwykły |      |      | Chodnik pokryty substancją fotoaktywną |            |            |
|------------------------------------|----------------|------|------|--|------------|------------|
|                                    | NO             | NO2  | NOx  | NO                                     | NO2        | NOx        |
| Średnia                            | 32,3           | 33,0 | 65,2 | 20,8                                   | 24,4       | 45,2       |
| Odch st                            | 9,7            | 5,2  | 13,5 | 7,9                                    | 4,5        | 12,0       |
| Różnica względem zwykłego chodnika |                |      |      | <b>36%</b>                             | <b>26%</b> | <b>31%</b> |



**30% - redukcja NOx**

VII Warmińsko-Mazurskie Forum Drogowe

"Drogi przyszłości"

Siła, 20-21 wrzesień 2021

- **Właściwości fotokatalityczne powierzchni betonowych**
- **Zastosowanie technologii TX Active<sup>®</sup> w praktyce**
- **Podsumowanie**



# Podsumowanie

## Substancje zmniejszone lub wyeliminowane poprzez fotokatalizę

### Oczyszczanie powietrza :

- **Tlenków azotu (NOx)** - głównym elementem w tworzeniu kwaśnych deszczów, troposferycznego ozonu (smog), niektórych toksycznych chemikaliów i pogorszenia jakości wody.
- **Tlenki siarki (SOx)** - składnik kwaśnych deszczy i szkodliwych siarczanów.
- **Lotne związki organiczne (VOC)** - benzen i toluen.
- **Amoniak - NH<sub>3</sub>.**
- **Tlenek węgla.**
- **Chlorki organiczne, aldehydy.**

### Samooczyszczenie:














- **sadzy, brudu i cząstek organicznych**
- **pleśni, grzybów i ich zarodników**
- **glony, bakterie i alergeny**
- **dymu tytoniowego**



Źródło: <http://www.fakt.pl/Czlowiek-w-masce-na-testach-w-slasku,artykuly,45099,1.html>



### BUDOWA CHODNIKÓW ANTYSMOGOWYCH

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
|  ul. Raszyńska      | odc. ul. Wawelska – gr. inwestycji budowy sygnalizacji | 6500 m <sup>2</sup> |
|  ul. Reymonta       | odc. ul. Kochanowskiego – ul. Broniewskiego            | 5100 m <sup>2</sup> |
|  ul. Idzikowskiego  | odc. ul. Puławska – ul. Sobieskiego                    | 4800 m <sup>2</sup> |
|  Al. Jerozolimskie  | odc. ul. Lindleya – al. Jana Pawła II                  | 4700 m <sup>2</sup> |
|  ul. Jagiellońska   | odc. Rondo Starzyńskiego – al. Solidarności            | 4500 m <sup>2</sup> |
|  ul. Wąwozowa       | odc. al. KEN – ul. Zaruby                              | 4000 m <sup>2</sup> |
|  ul. Modzelewskiego | odc. al. Lotników – al. Wilanowska                     | 3600 m <sup>2</sup> |
|  ul. Krzywickiego   | odc. ul. Nowowiejska – ul. Koszykowa                   | 2000 m <sup>2</sup> |
|  ul. Ostrobramska  | odc. ul. Grenadierów – al. Stanów Zjednoczonych        | 2000 m <sup>2</sup> |
|  ul. Nowolipie    | odc. ul. Smocza – ul. Żelazna                          | 1900 m <sup>2</sup> |
|  ul. Saska        | odc. al. Stanów Zjednoczonych – ul. Ateńska            | 1300 m <sup>2</sup> |
|  ul. Bliska       | odc. ul. Żupnicza – nr 23                              | 700 m <sup>2</sup>  |
|  ul. Świerszcza   | odc. ul. Traktorzystów – ul. Potrzebna                 | 500 m <sup>2</sup>  |

# Podsumowanie

## Zarząd Dróg Miejskich w Warszawie

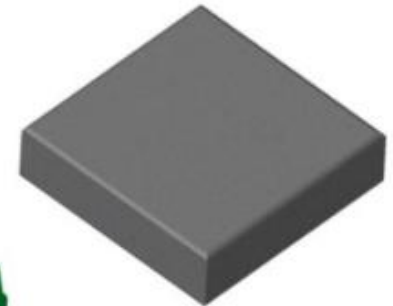


### KOSZT ZAKUPU PŁYTY CHODNIKOWEJ:

**Płyta  
antysmogowa  
108,24 zł za m<sup>2</sup>**



**Płyta zwykła  
75,03 zł za m<sup>2</sup>**



# Dziękuję za uwagę



**Krzysztof Szerszeń**  
Górażdże Cement S.A.

**GÓRAŹDŹE**  
HEIDELBERGCEMENT Group