

MWiK w Bydgoszczy sp. z o. o., 19-20 kwietnia 2018



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



Niezawodność przewodów sieci kanalizacji sanitarnej na przykładzie Bydgoszczy

Karolina Mazurkiewicz

Piotr Nalazek



1. Wprowadzenie

- **Inwentaryzacja** sieci kanalizacji sanitarnej
- **Badanie** sieci kanalizacyjnej
- **Inspekcja** sieci
- Grupy **uszkodzeń**
- **Niezawodność** danego systemu



INWENTARYZACJA

CEL

Określenie:

- Przebiegu tras i profili podłużnych poszczególnych przewodów danego systemu odprowadzania ścieków
- Rozmieszczenia w sieci obiektów specjalnych czy urządzeń pomiarowych
- Materiału, wieku kanałów i ich przekroju poprzecznego
- Miejsc i rodzajów uszkodzeń kanałów



BADANIE SIECI KANALIZACYJNEJ

- Określenie granic zlewni kanałów sieci rozdzielczej
- Pomiar ciągłe natężeń przepływu ścieków bytowo-gospodarczych przy jednoczesnym pomiarze dostawy wody do zlewni przyporządkowanej do danego przekroju pomiarowego
- Określenie wskaźników intensywności uszkodzeń kanałów i kosztów ich napraw
- Badanie wytrzymałości podłoża
- Badanie cech fizycznych i chemicznych próbek pobranych z konstrukcji kanałów betonowych

Zakres badań należy dostosować do przewidywanego zakresu modernizacji danego systemu [1].



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



INSPEKCJA SIECI KANALIZACYJNEJ





POLITECHNIKA POZNAŃSKA



INSPEKCJA SIECI KANALIZACYJNEJ-C.D.





INSPEKCJA SIECI KANALIZACYJNEJ- C.D.



$v=0,35 \text{ m/s}$



KLASYFIKACJA USZKODZEŃ KANAŁÓW [2]

- **Przeszkody w przepływie:**
 - m.in. osad ruchomy i stały, korzenie drzew i krzewów, przykanaliki lub uszczelnienie wystające do wnętrza kanału, inne przewody w kanale
- **Nieszczelności oraz przemieszczenia rur:**
 - m.in. infiltracja, narosty poinfiltracyjne, wykruszenia na złączach rur, przemieszczenia poprzeczne i podłużne
- **Czynniki zmniejszające nośność konstrukcji kanału:**
 - m.in. starcie dna lub boków kanału, korozja, rysy i pęknięcia, ubytki fragmentów powłoki, zapadnięcia i deformacje
- **Specyficzne uszkodzenia podatnych przewodów kanalizacyjnych:**
 - ugięcie wierzchołka, urata stateczności powłoki, lokalne wgniecenia np. od kamieni
- **Przykanaliki:**
 - m.in. wystające do wnętrza przewodów, uszkodzone



NIEZAWODNOŚĆ PRACY PRZEWODÓW KANALIZACYJNYCH

- **Niezawodność [3]:**

„Właściwość obiektu charakteryzująca jego zdolność do pełnienia określonych funkcji w określonych warunkach i w określonym przedziale czasu”

Właściwość odprowadzenia ścieków o odpowiedniej jakości i w odpowiedniej ilości z danego terenu do określonego odbiornika w ciągu założonego czasu eksploatacji (prawidłowa praca przewodu kanalizacyjnego)

- **Niezawodność- cechy [4]:**

- Zdolność do pracy bez uszkodzeń
- Długowieczność
- Podatność na remont



NIEZAWODNOŚĆ PRACY PRZEWODÓW KANALIZACYJNYCH- C.D.

- **Miary bezawaryjności [5]:**

- Prawdopodobieństwo pracy (sprawności) obiektu
- Średni czas pracy (sprawności) pomiędzy uszkodzeniami
- Parametr strumienia uszkodzeń (niesprawności)
- Intensywność (częstość) uszkodzeń

- **Niezawodność- wzór [6]:**

$$\lambda(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{L \cdot \Delta t}$$

gdzie: $\lambda(\Delta t)$ - jednostkowa intensywność uszkodzeń; $[\text{uszk.}/(\text{km}\cdot\text{rok})]$ lub $[\text{uszk.}/(\text{km}\cdot 10\text{lat})]$
lub $[\text{uszk.}/(10\text{km}\cdot\text{rok})]$

$n(\Delta t)$ - liczba uszkodzeń w przedziale czasu Δt ; [uszk.]

L- długość badanych kanałów w przedziale czasu Δt (średnia w tym czasie); [km]

Δt – rozpatrywany przedział czasu; [lata]



NIEZAWODNOŚĆ PRACY PRZEWODÓW KANALIZACYJNYCH- C.D.

- Kategorie niezawodności w funkcji intensywności uszkodzeń [5]

Kategoria awaryjności/niezawodności	Intensywność uszkodzeń [uszk./km·rok]
I. Niska awaryjność= wysoka niezawodność	$\lambda_I \leq 0,1$
II. średnia awaryjność= średnia niezawodność	$0,1 < \lambda_{II} \leq 0,5$
III. Wysoka awaryjność= niska niezawodność	$0,5 < \lambda_{III}$



2. Kanalizacja sanitarna w Bydgoszczy

- **krótki rys historyczny**
- **struktura materiałowa** sieci kanalizacyjnej (w tym: zakres średnic i długości przewodów dla poszczególnych materiałów, wiek przewodów)

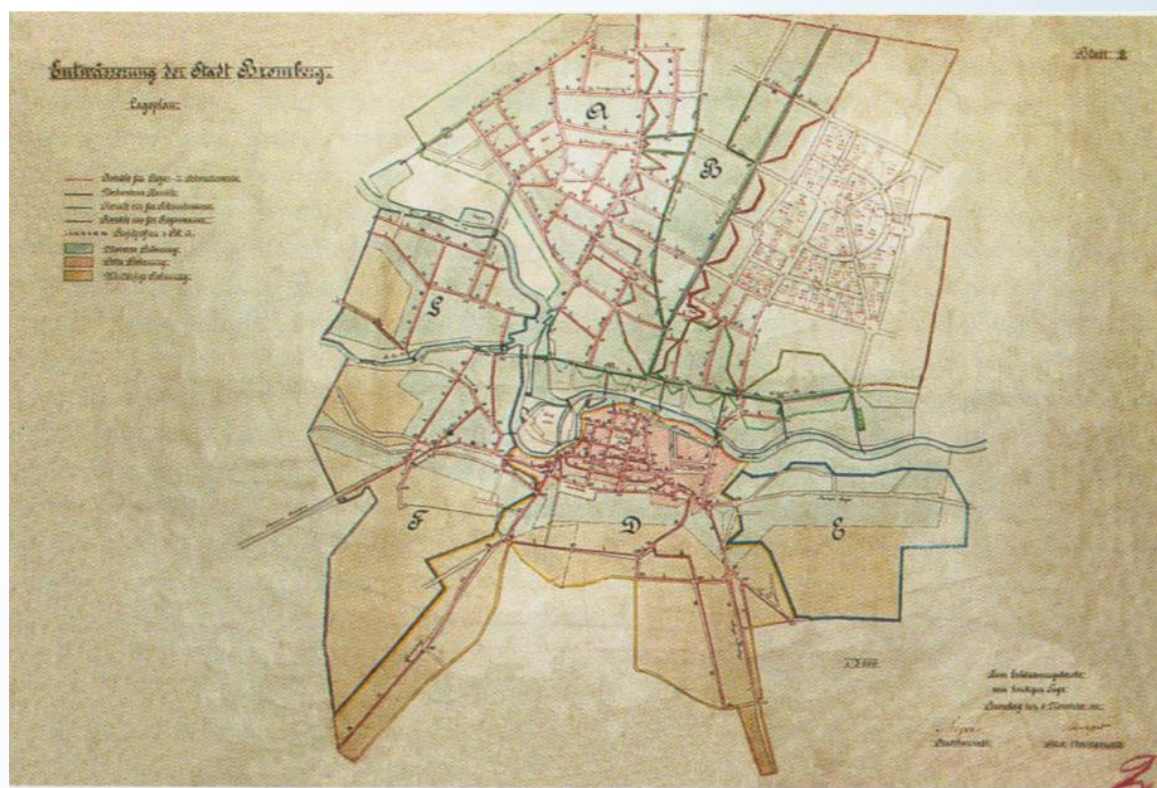


KRÓTKI RYS HISTORYCZNY

Istniejący system kanalizacyjny w Bydgoszczy został zapoczątkowany w **1900 roku**, chociaż pierwsze wzmianki o istnieniu kanalizacji w mieście zawierał już przywilej lokalizacyjny z 1346 roku, a także zezwolenie z 1523 roku wydane przez króla Zygmunta I na założenie własnych urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych, z których korzystali przede wszystkim urzędnicy królewscy.

W **1882 roku**, gdy podjęto decyzję o budowie wodociągu miejskiego, podjęto również decyzję o skanalizowaniu miasta. Zaprojektowano budowę **kanalizacji sanitarnej i deszczowej w systemie rozdzielczym**, z jednoczesnym oczyszczaniem ścieków na polach irygacyjnych [7,8,9].

KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.



Plan miasta z istniejącą i planowaną siecią kanalizacyjno-
odwodnieniową, 1896 r. [7,8,9]



KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

Projekt ten wdrożono do realizacji dopiero w roku 1900. Od tego roku zapoczątkowano budowę kanalizacji w Bydgoszczy w sposób planowy. Sieć kanalizacyjna Starego Miasta wybudowana została według projektu pruskiego radcy miejskiego **Metzgera** z betonowych prefabrykatów o podwójnym profilu umieszczonym jeden nad drugim. Przekroje kanałów piętrowych nazwano profilami, które w zależności od wymiarów przewodów ponumerowano od **I do VII**.

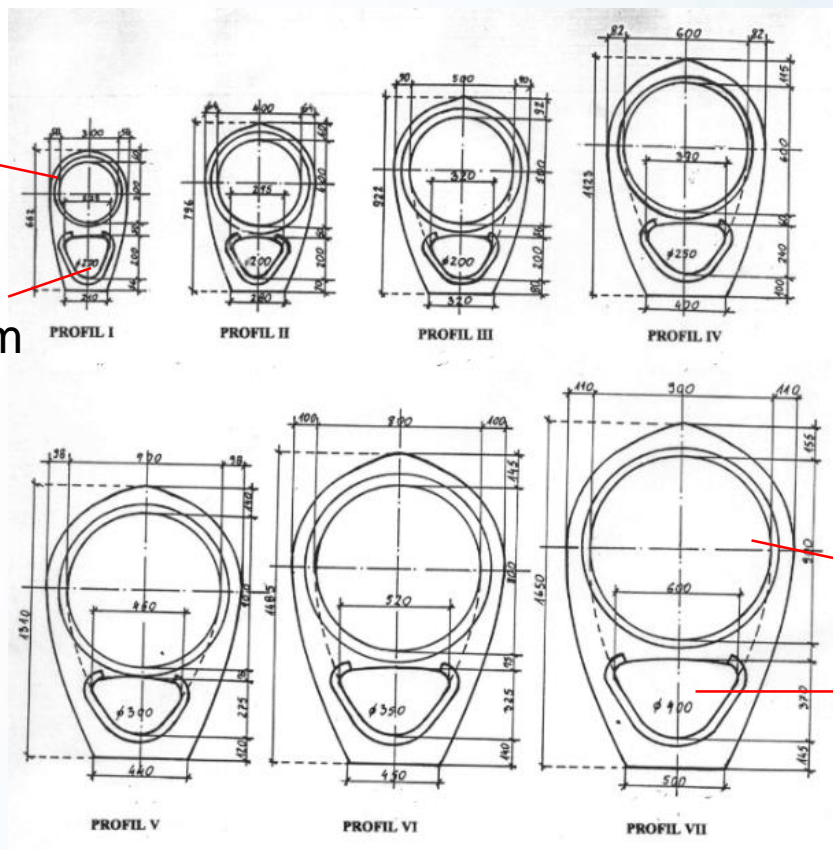


Widok prefabrykatu Metzgera

KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

Ø300

229mm/200mm



Kanały piętrowe: profile I-VII

Ø900

600mm/370mm



KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.



Wymieniane fragmenty kanałów piętrowych



KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

Dolny kanał odprowadzał **ścieki bytowe**, natomiast **górnny** kanał odprowadzał **ścieki deszczowe**. Kanały wybudowano na średniej głębokości **3m** ze spadkami od 0,8‰ do 143‰. W miejscach, w których kanały posiadają niewielkie spadki, w celu właściwej eksploatacji wykonano płuczki kanałowe i piaskowniki. Na sieci kanalizacyjnej zostały wybudowane studzienki rewizyjne o podwójnej funkcji z rozdziałem za pomocą wjazdu międzykanałowego.



KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

W latach **międzywojennych** 1920-1939 sieć kanalizacyjna była systematycznie rozbudowywana, lecz znacznie wolniej niż to wynikałoby z potrzeb rozbudowywanej sieci wodociągowej. W połowie lat dwudziestych skanalizowane było **Śródmieście** oraz gęściej zaludnione **przedmieścia (50-70%)**. W **latach trzydziestych** długość kanalizacji wynosiła **87,5 km**.

Intensywny rozwój budownictwa mieszkaniowego oraz przemysłu po roku 1945 zmusił miasto do inwestowania w sieć kanalizacyjną. Zaspokojono jednak tylko naglące potrzeby, budowano kolektory zbiorcze dla ścieków z nowopowstałych osiedli mieszkaniowych i zakładów przemysłowych na bazie starego układu kanalizacyjnego.



KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

W okresie powojennym kanały budowano głównie z rur betonowych obetonowując dolny kanał sanitarny w całości, a górny deszczowy w zależności od posadowienia był obetonowany do 1/3 wysokości, 2/3 wysokości, do całkowitego obetonowania dla kanałów płytko ułożonych. **Kanalizacja piętrowa**, jako nieliczna w Polsce funkcjonuje do dnia dzisiejszego i stanowi **około 64%** ogólnej długości sieci kanalizacyjnej w mieście. Charakterystyczny dla miasta Bydgoszczy piętrowy układ kanalizacji funkcjonujący **od początku XX** wieku stosowany był do **1980** roku.

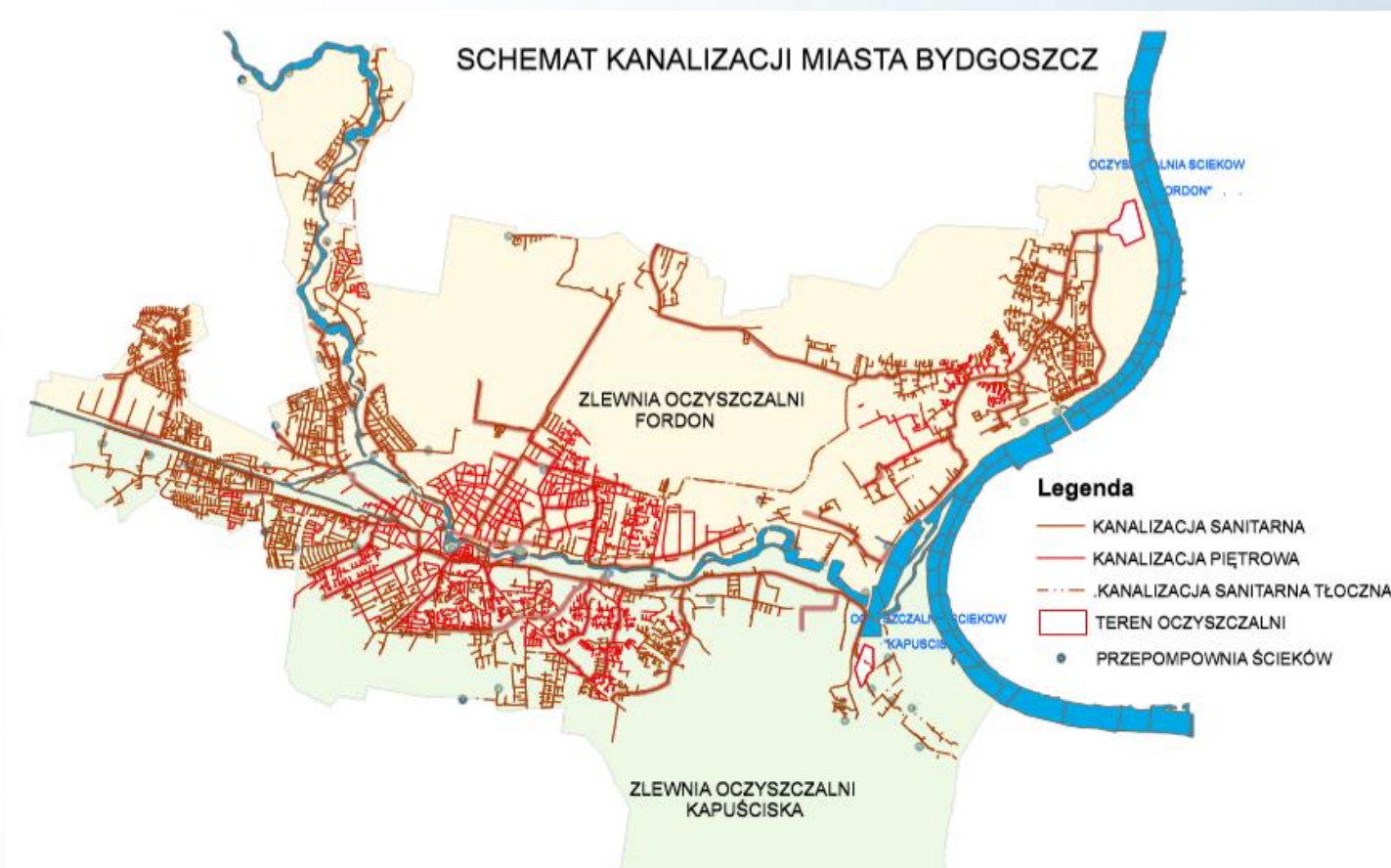


KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

Aktualnie sieć kanalizacyjna ma długość **957 km**, w tym **701 km** to sieć kanalizacji sanitarnej.

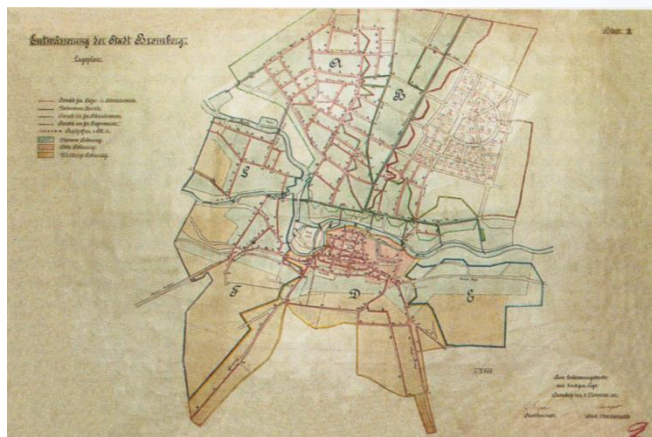
Okolo **32%** długości kanalizacji sanitarnej stanowią kanały piętrowe.

KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.



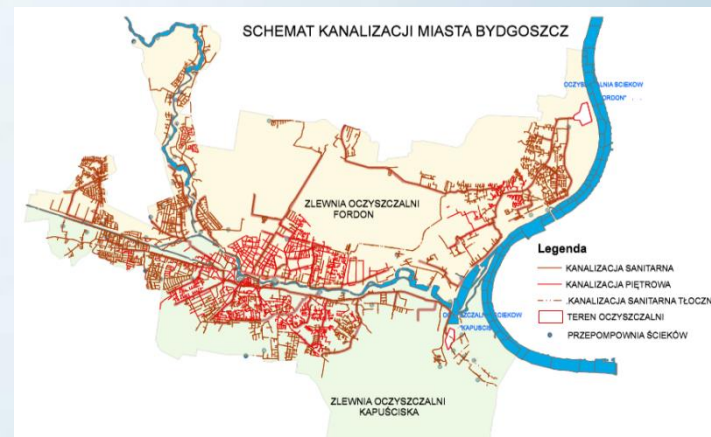
KRÓTKI RYS HISTORYCZNY- C.D.

Początek XX wieku



Lata 30-ste XX w.
87,5 km-łącznie

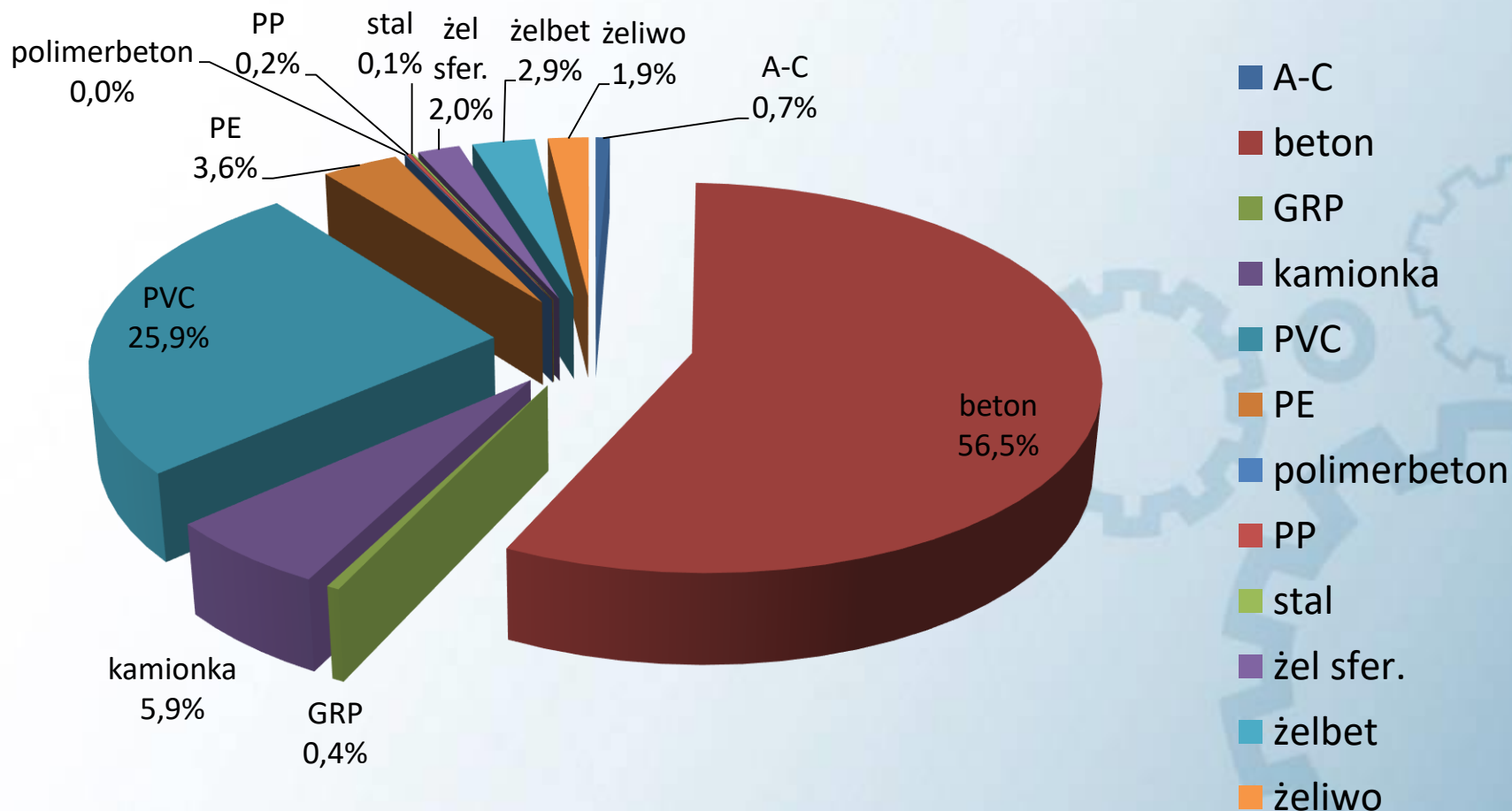
2018 r.



2018 r.
957 km łącznie
w tym **701** km kanalizacja sanitarna



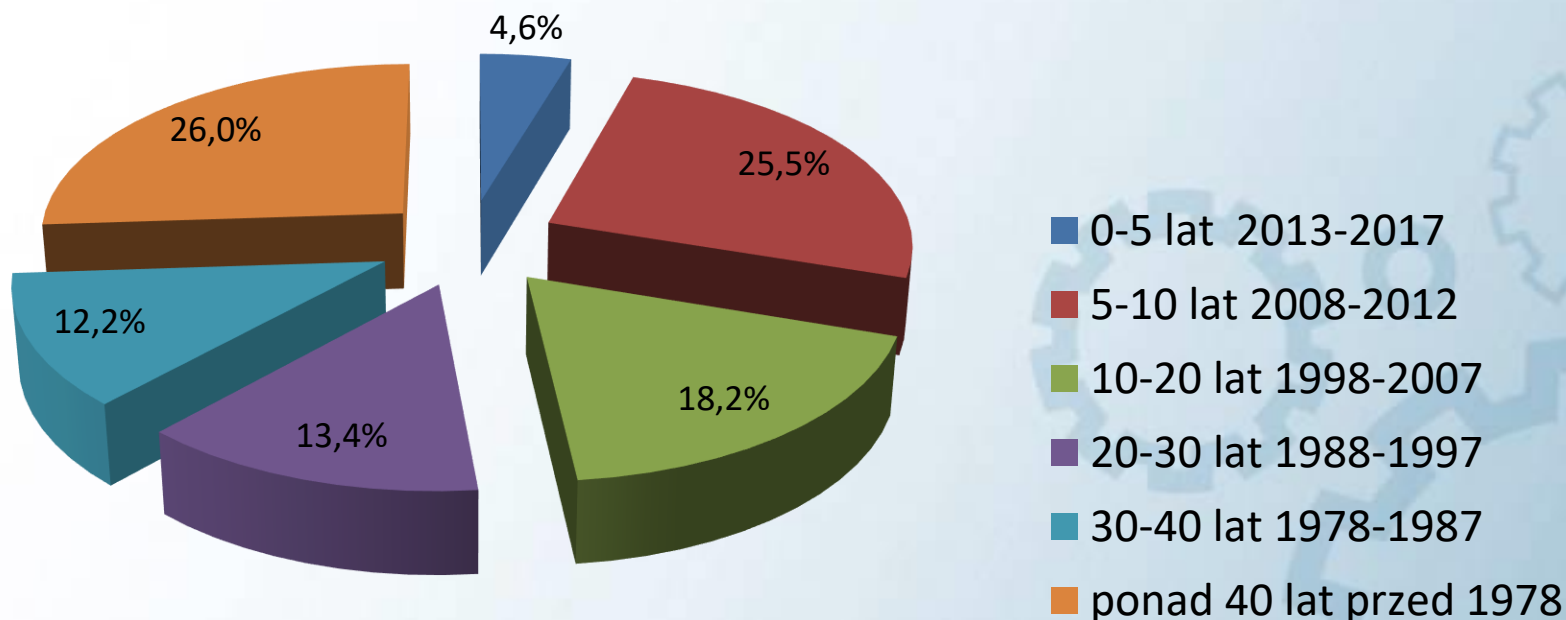
AKTUALNA STRUKTURA MATERIAŁOWA





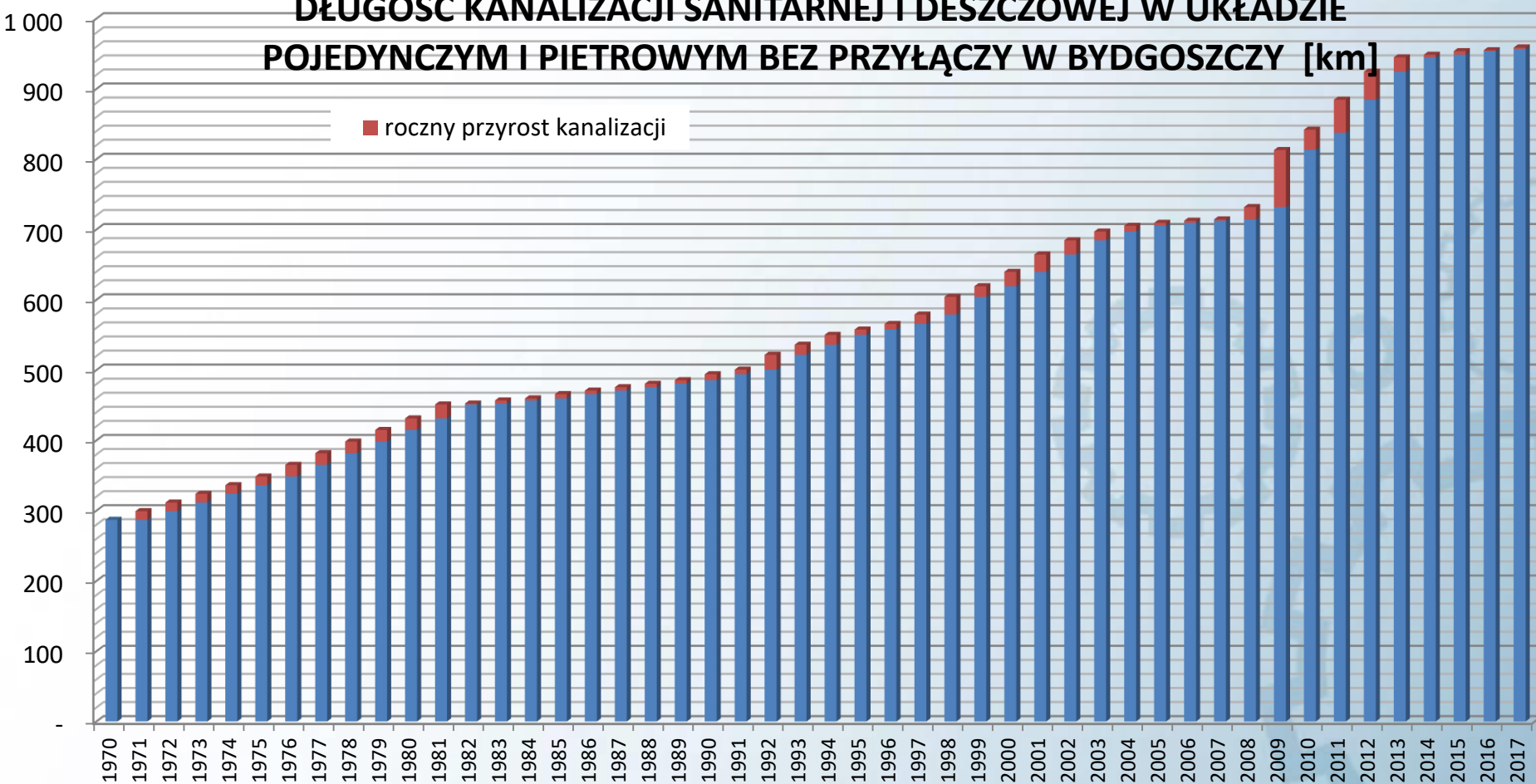
AKTUALNA STRUKTURA MATERIAŁOWA-C.D.

Wiek kanałów



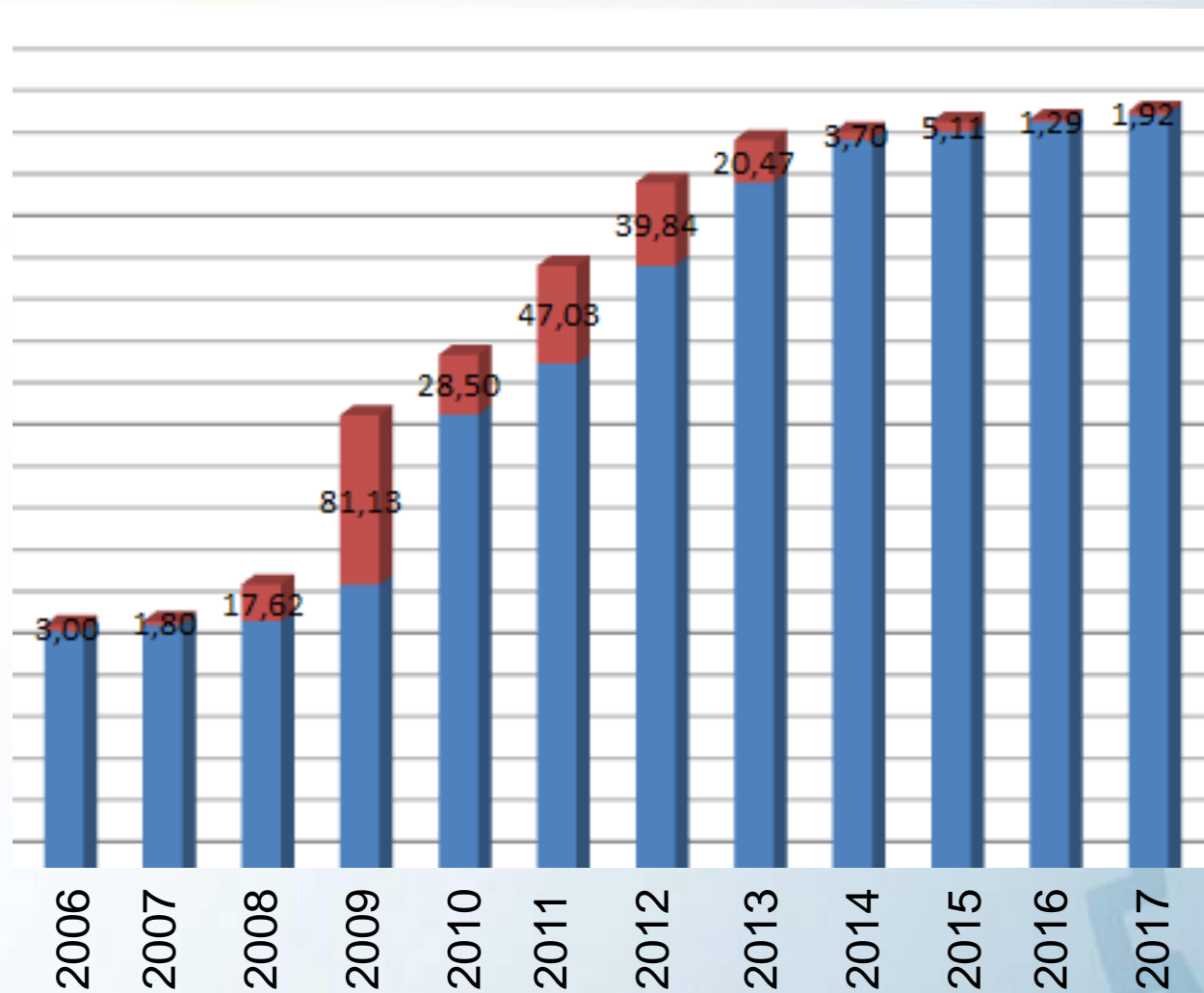


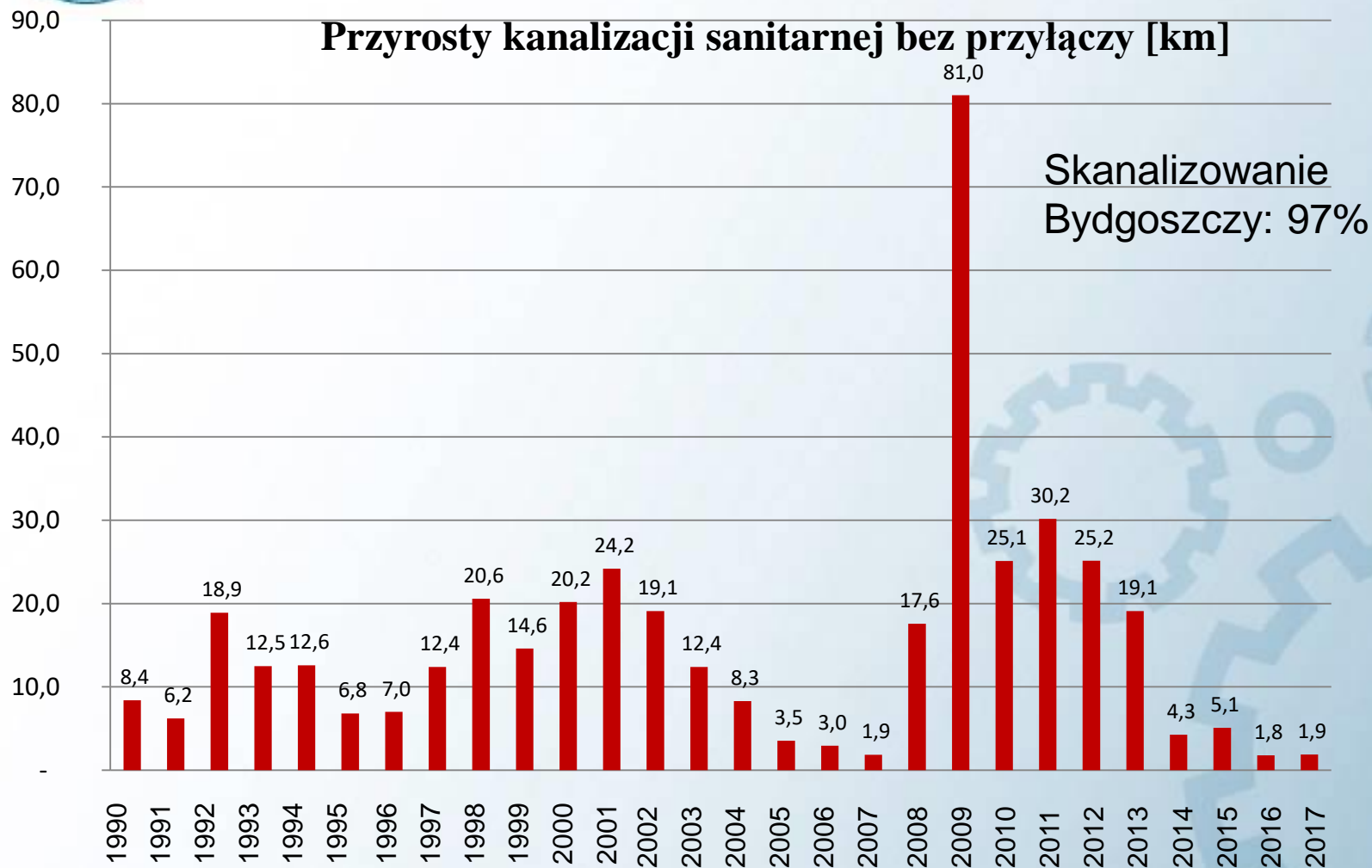
DŁUGOŚĆ KANALIZACJI SANITARNEJ I DESZCZOWEJ W UKŁADZIE POJEDYNCZYM I PIETROWYM BEZ PRZYŁĄCZY W BYDGOSZCZY [km]





POLITECHNIKA POZNAŃSKA







2. Modernizacja i rozbudowa systemu kanalizacji sanitarnej w Bydgoszczy



Projekt „Bydgoski system wodny i kanalizacyjny” (**BSWiK**) został opracowany w celu kompleksowego uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej w Bydgoszczy. Na realizację programu BSWiK Komisja Europejska Decyzją nr C(2000)2391 z dnia **22.09.2000** r. przyznała dofinansowanie ze środków Funduszu ISPA/Funduszu Spójności w wysokości **31,8 mln euro**.

Realizację zadań rozpoczęto w kwietniu **2002r.** i zakończono w grudniu **2010r.** Poniesiono nakłady w wysokości **326,5 mln PLN**.



W ramach projektu m.in. wybudowano **sieć kanalizacyjną sanitarną** o łącznej długości **ok. 113 km**, w tym:

- ok. **91 km** kanałów grawitacyjnych (kanały główne i odcinki łączące kanały główne z przyłączami - do granicy posesji), ok. **22,0 km** przewodów tłocznych
- **21** przepompowni ścieków.



Główne założenia Projektu „Bydgoski system wodny i kanalizacyjny II” (**BSWiK II**), będącego kontynuacją programu BSWiK, stanowiły: renowacja, rozbudowa i modernizacja istniejącej infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej oraz rekultywacja obszarów wykorzystywanych do oczyszczania ścieków.

Na realizację programu BSWiK II Komisja Europejska Decyzją nr C(2004)5493 z dnia **21.12.2004 r.** przyznała dofinansowanie ze środków Funduszu Spójności w wysokości **99,3 mln euro**.

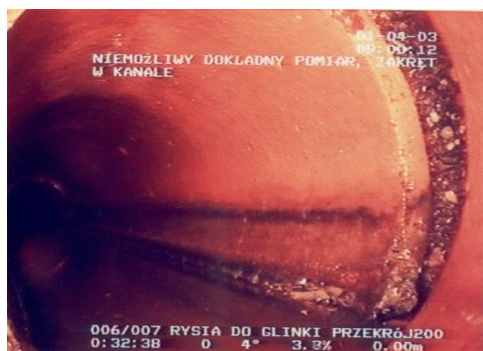
Realizację zadań rozpoczęto w sierpniu **2006r.** i zakończono w kwietniu **2013r.**
Poniesiono nakłady w wysokości **714,5 mln PLN**.



W ramach projektu **BSWiK II** m.in. :

- wykonano renowację kanałów sanitarnych o długości ok. **110,6 km** i kanałów deszczowych (w układzie piętrowym) o długości ok. **30,1 km** i **21** przepompowni ścieków.
- wybudowano ok. **74,4 km** nowych przewodów kanalizacji sanitarnej i **22** przepompownie ścieków (w tym ok. **6,6 km** kanalizacji sanitarnej i 1 przepompownię ścieków dla przerzutu ścieków ze zlewni oczyszczalni „Osowa Góra” do kolektora „A”)
- wybudowano ok. **31,6 km** przewodów kanalizacji deszczowej oraz **49** podczyszczalni ścieków deszczowych
- wykonano **115** punktów kontrolnych dla monitoringu sieci wodociągowej i kanalizacyjnej

STAN SIECI KANALIZACYJNEJ



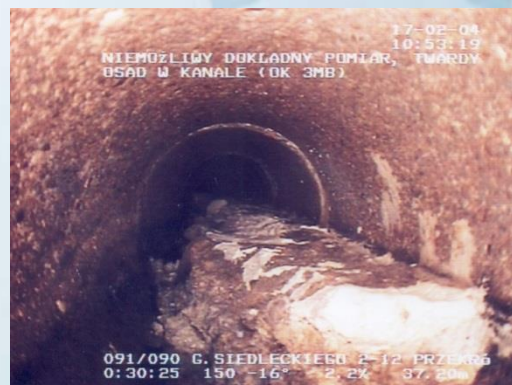
Ubytki w połączeniach rur



Dziury w rurach



Załamanie przewodów

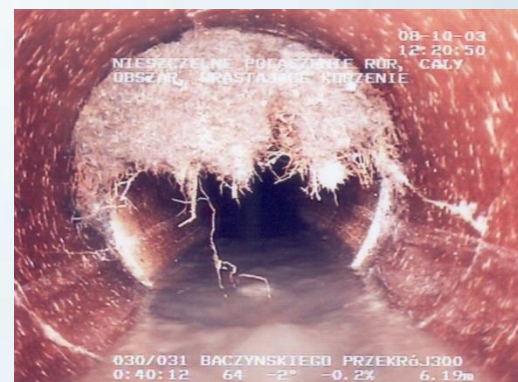


Osad na dnie kanałów

STAN SIECI KANALIZACYJNEJ- C.D.



Popękane rury



Przerosty korzeni



Niewłaściwe włączenie przykanalika



Korozja w komorze kanalizacyjnej



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



CZYSZCZENIE KANALIZACJI

PŁUKANIE WYSOKOCIŚNIENIOWE





POLITECHNIKA POZNAŃSKA



RENOWACJA KANAŁÓW

CIPP - RENOWACJA „REKAWEM”



Nasączenie rękawa w fabryce



Nasączenie rękawa na placu budowy



RENOWACJA KANAŁÓW

CIPP - RENOWACJA „REKAWEM”



Montaż rękawa na wieży inwersyjnej



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



RENOWACJA KANAŁÓW

CIPP - RENOWACJA „REKAWEM”

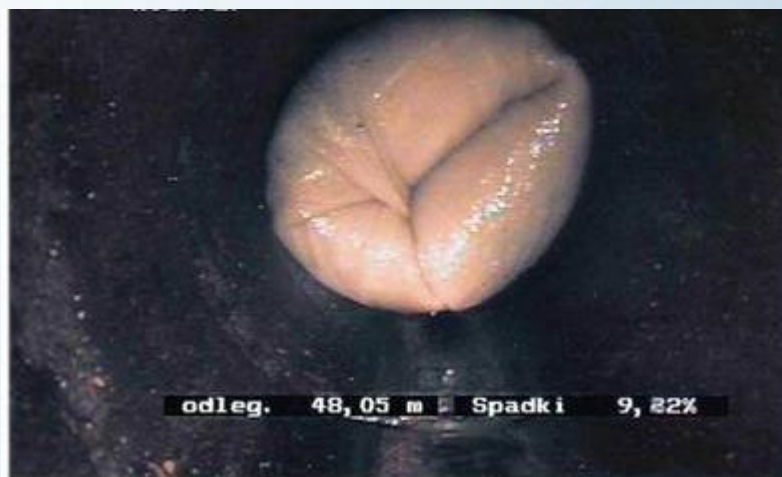


Montaż „suchego rękawa” na wieży inwersyjnej



RENOWACJA KANAŁÓW

CIPP - RENOWACJA „REKAWEM”



Wywijanie powłoki „rękawa” w kanale



RENOWACJA KANAŁÓW

RENOWACJA MODUŁAMI GRP



Moduły GRP do renowacji



Komora początkowa



RENOWACJA KANAŁÓW

RENOWACJA MODUŁAMI GRP



Wprowadzanie modułów GRP do wnętrza kanału

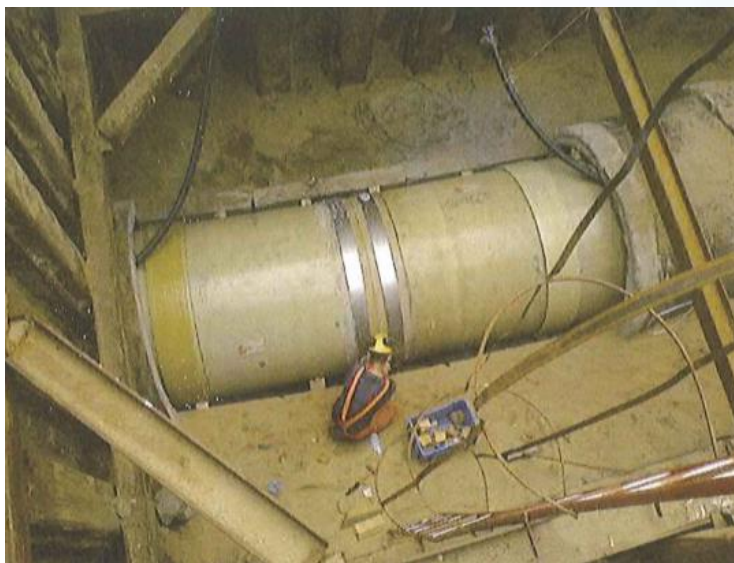


Montaż paneli GRP we wnętrzu odnawianego kanału



RENOWACJA KANAŁÓW

RENOWACJA MODUŁAMI GRP



Montaż kolektora w komorze



RENOWACJA STUDNI KANALIZACYJNYCH

RENOWACJA PANELAMI GRP



Studzienka kanalizacyjna po zamontowaniu wkładów GRP, przed laminowaniem



Studzienka kanalizacyjna po zamontowaniu wkładów GRP, po laminowaniu



RENOWACJA KOMÓR KANALIZACYJNYCH

RENOWACJA PŁYTKAMI BAZALTOWYMI



Komora kanalizacyjna przed renowacją



RENOWACJA STUDNI KANALIZACYJNYCH

RENOWACJA PŁYTKAMI BAZALTOWYMI

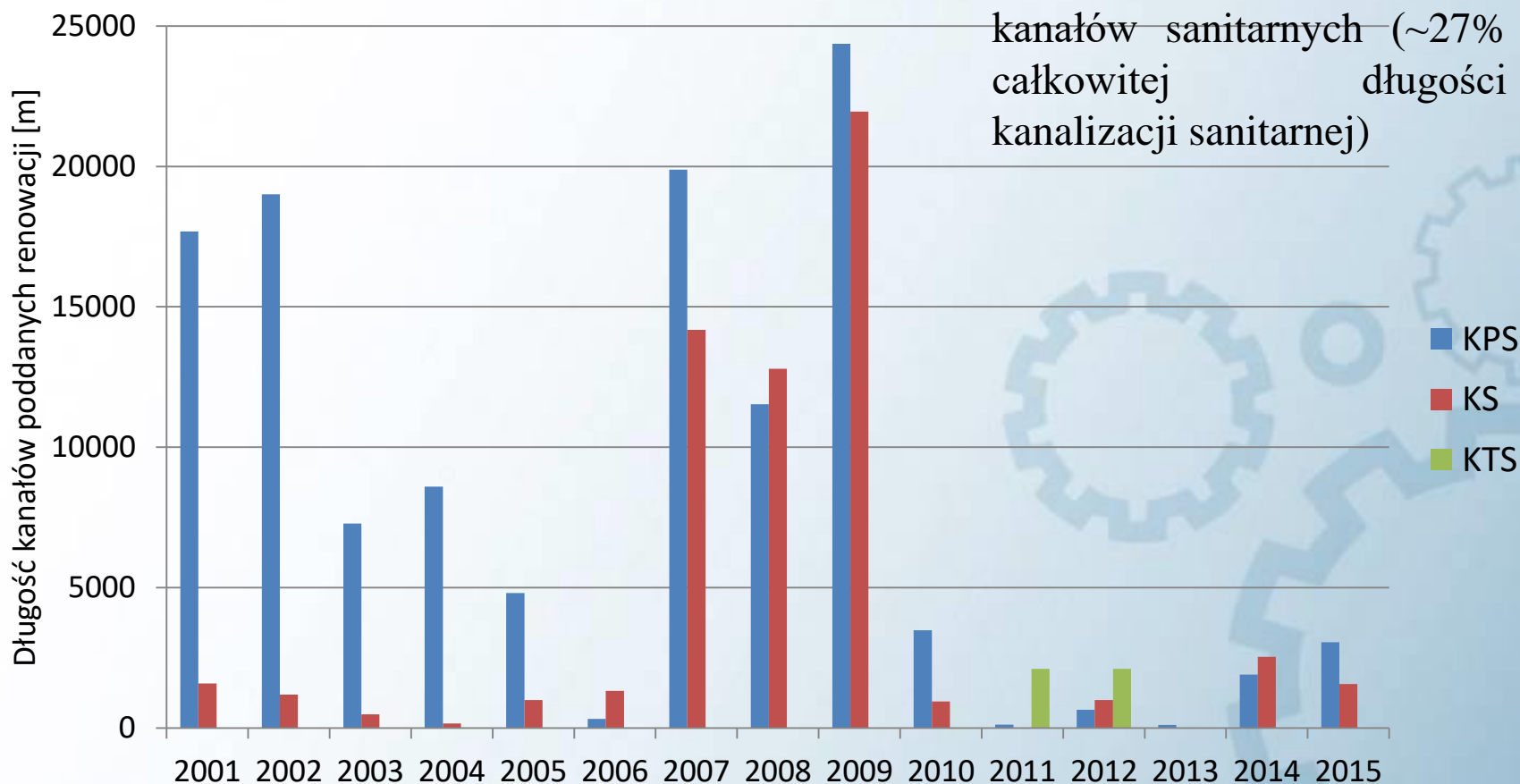


Komora kanalizacyjna po renowacji



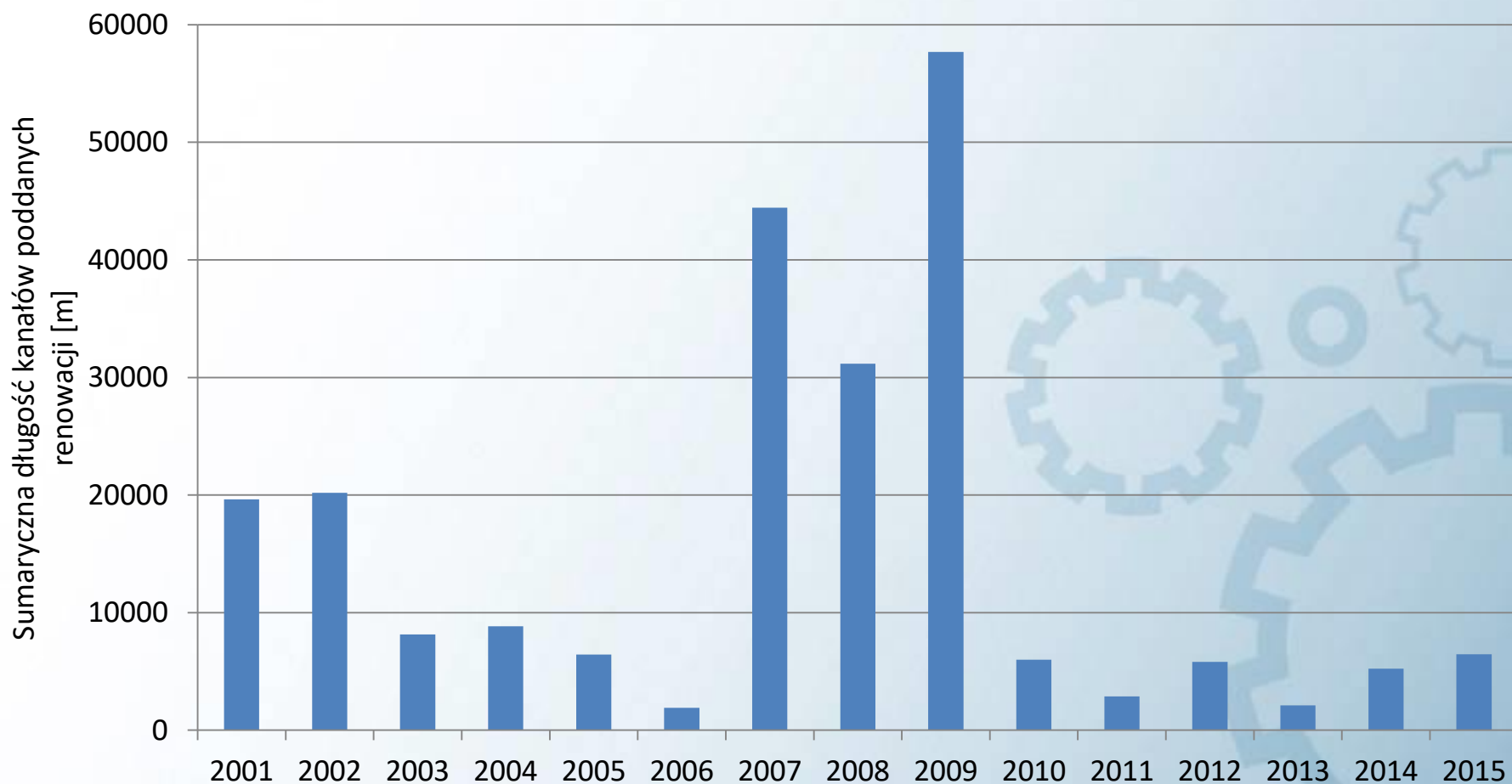
Renowacja kanałów sanitarnych

Renowacji poddano 188km kanałów sanitarnych (~27% całkowitej długości kanalizacji sanitarnej)





Renowacja kanałów sanitarnych



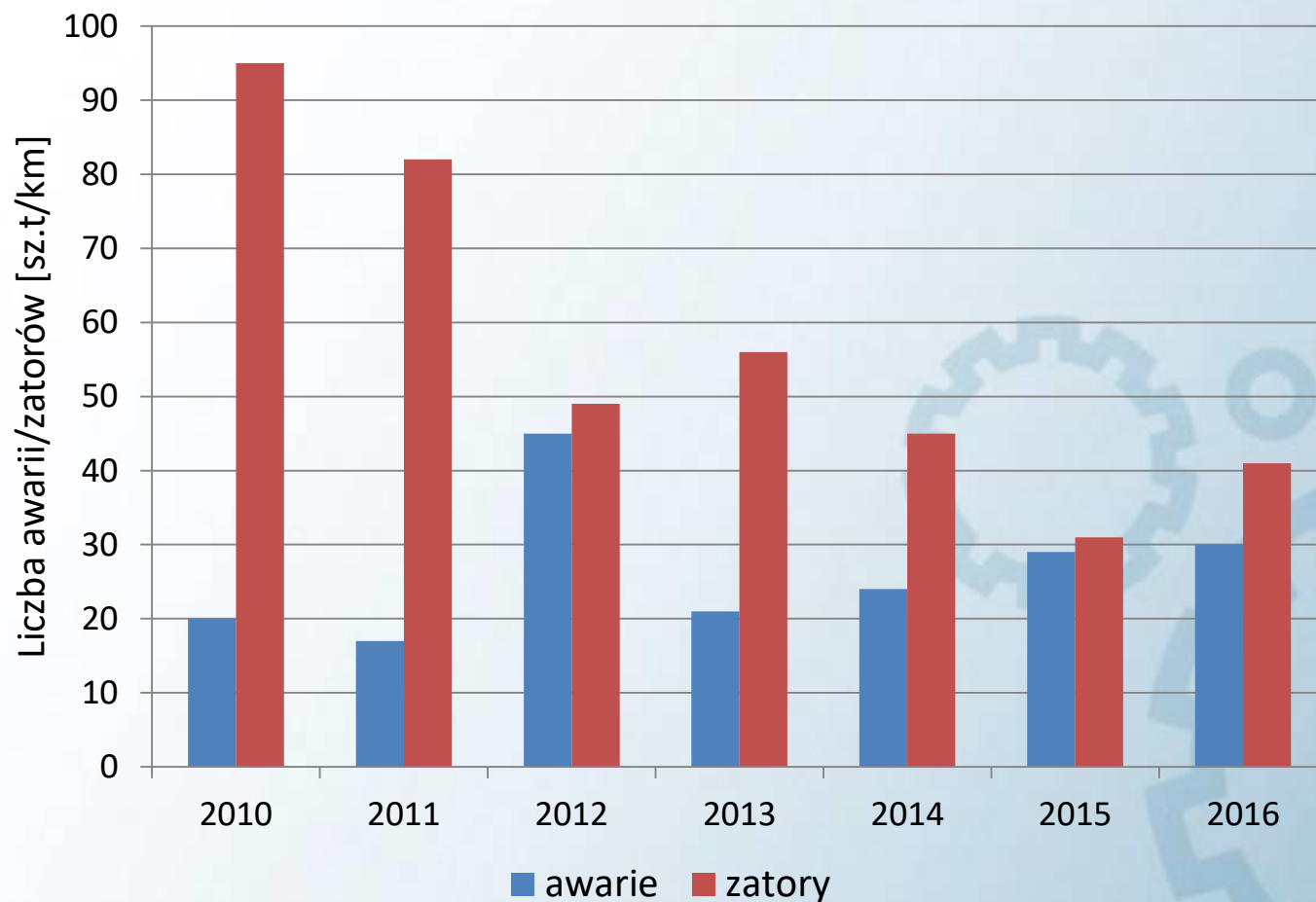


4. Niezawodność przewodów kanalizacji sanitarnej

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Liczba awarii [szt.]	20	17	45	21	24	29	30
Liczba zatorów [szt.]	95	82	49	56	45	31	41
Razem	115	99	94	77	69	60	71



Zestawienie liczby awarii i zatorów w poszczególnych latach



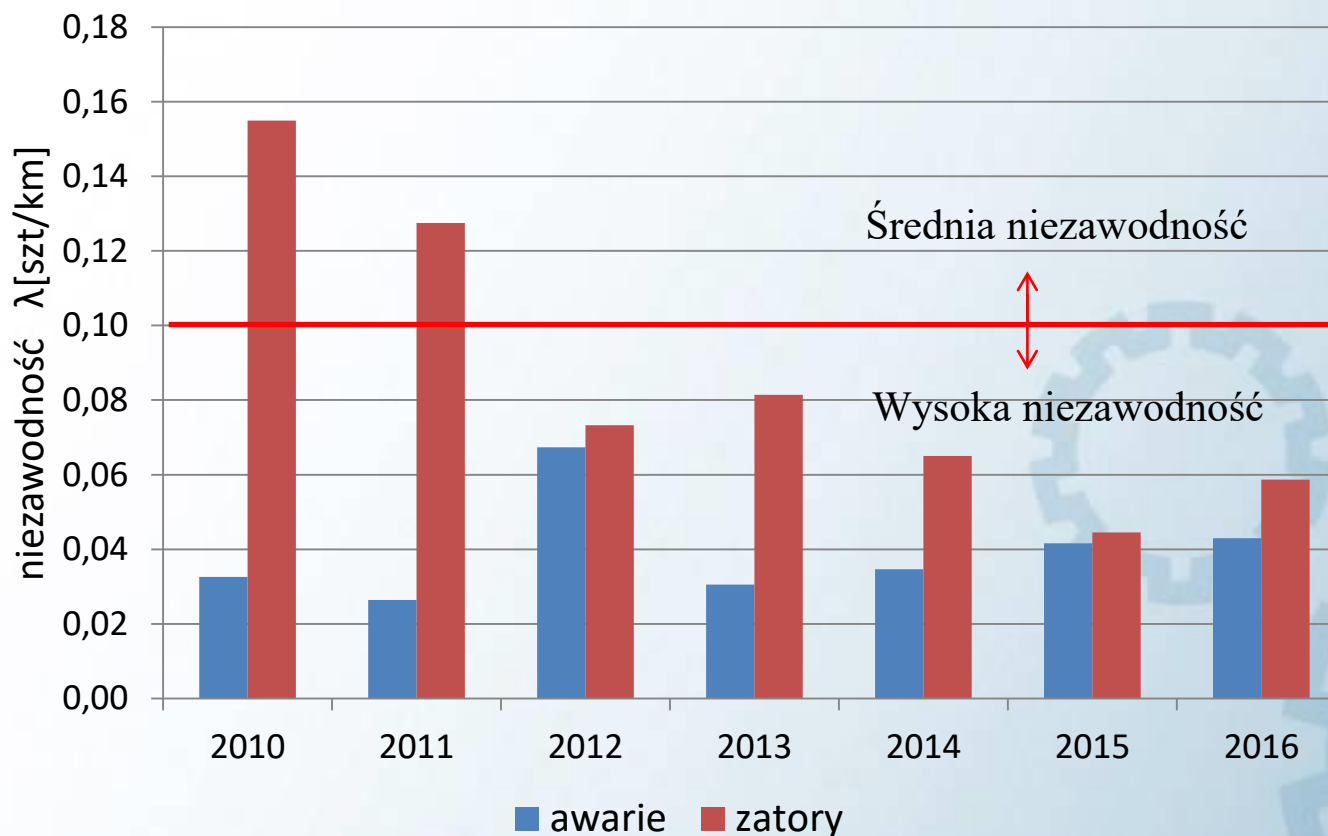


Sumaryczne zestawienie awarii i zatorów w poszczególnych latach



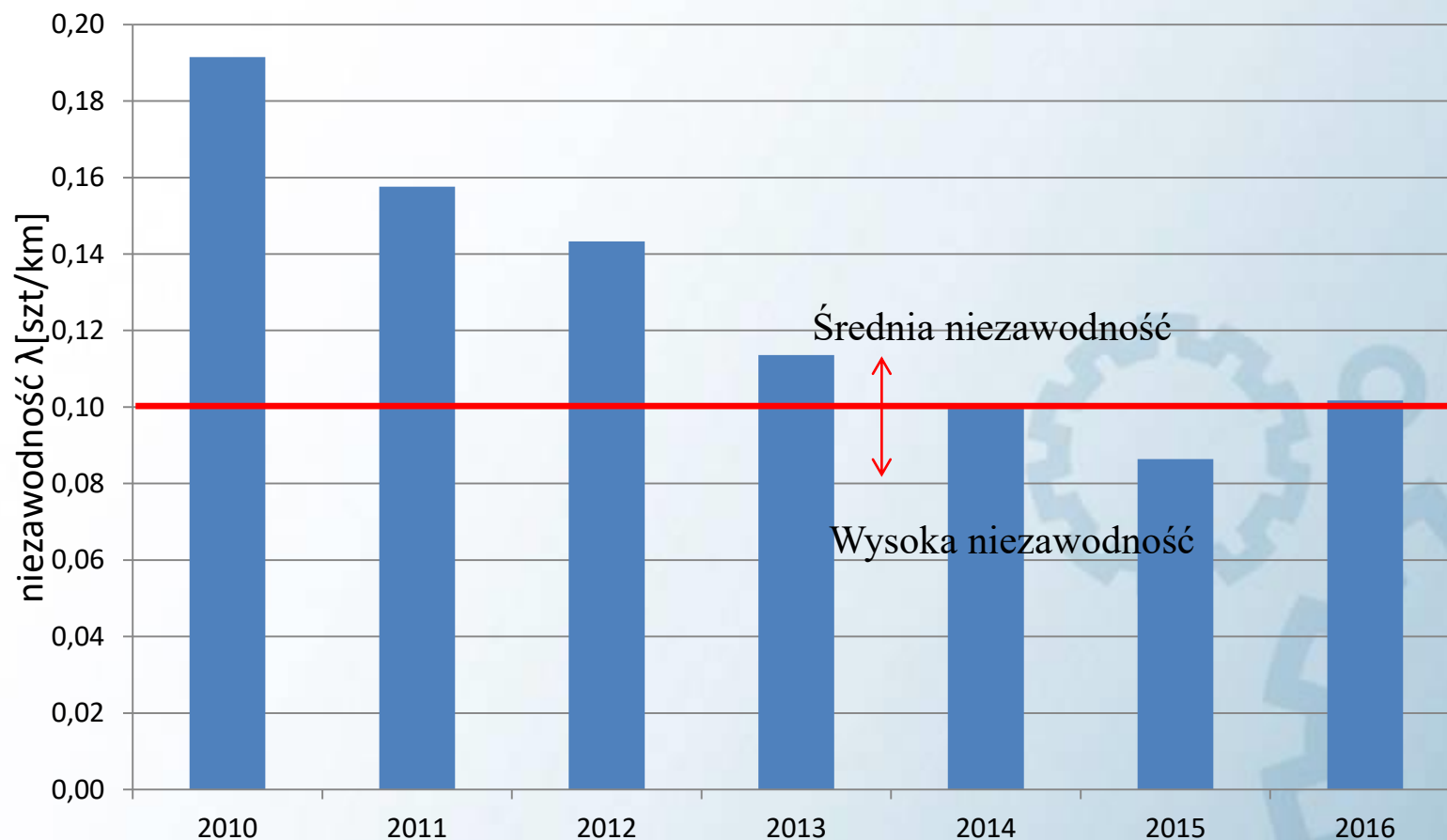


Niezawodność sieci kanalizacji sanitarnej [szt/km] w poszczególnych latach



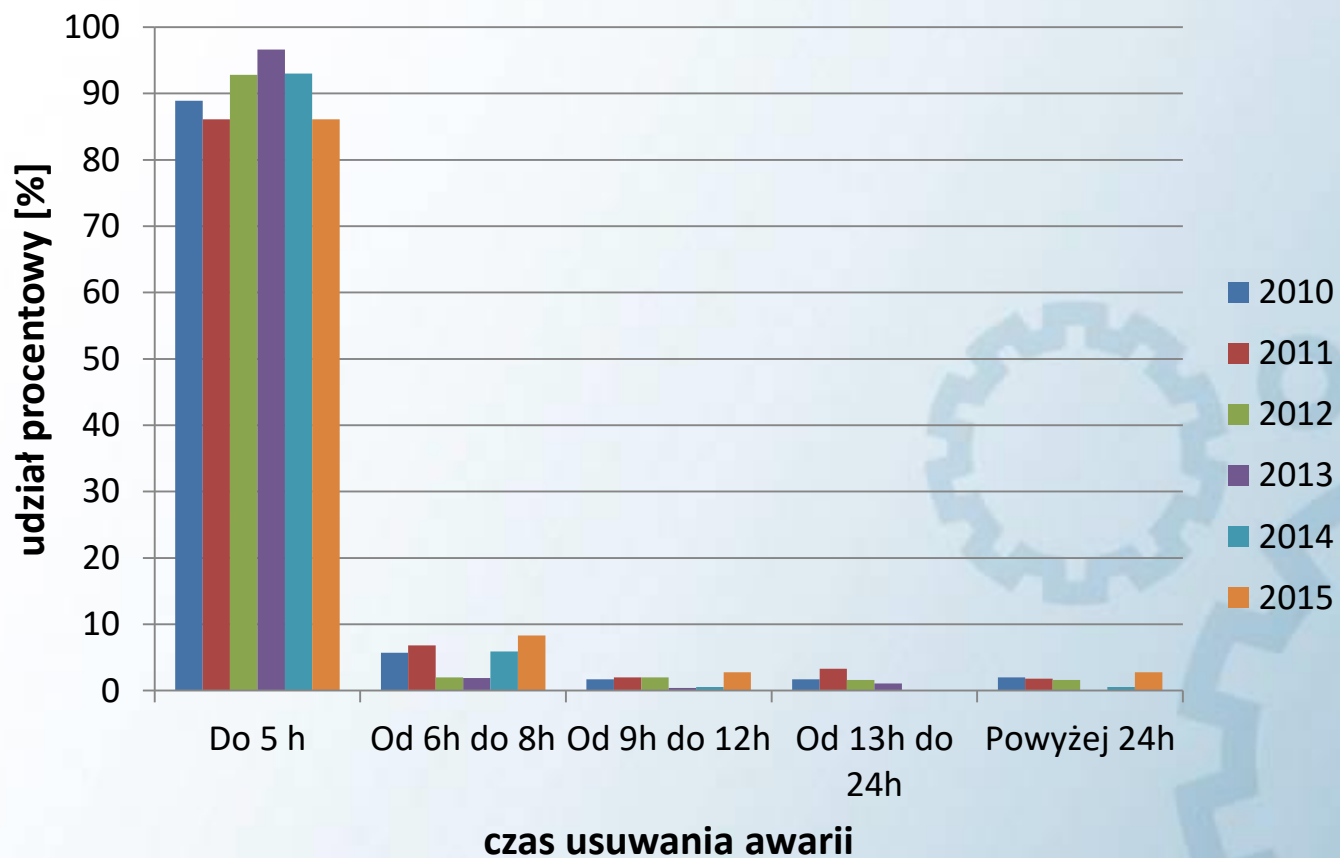


Całkowita niezawodność sieci kanalizacji sanitarnej [szt/km] w poszczególnych latach



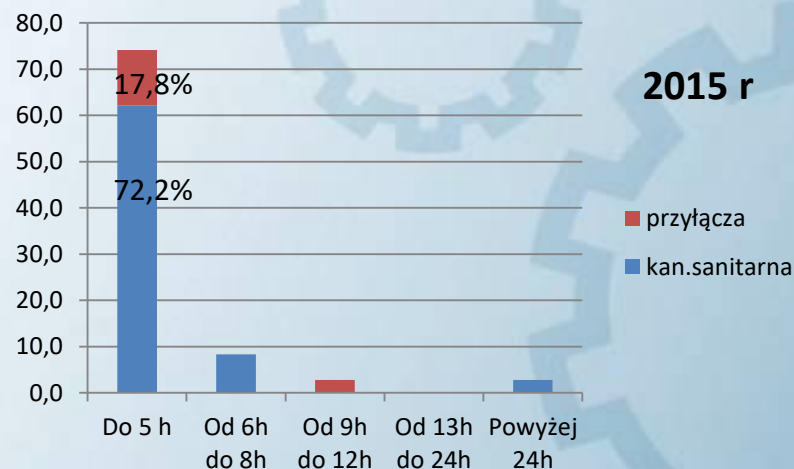
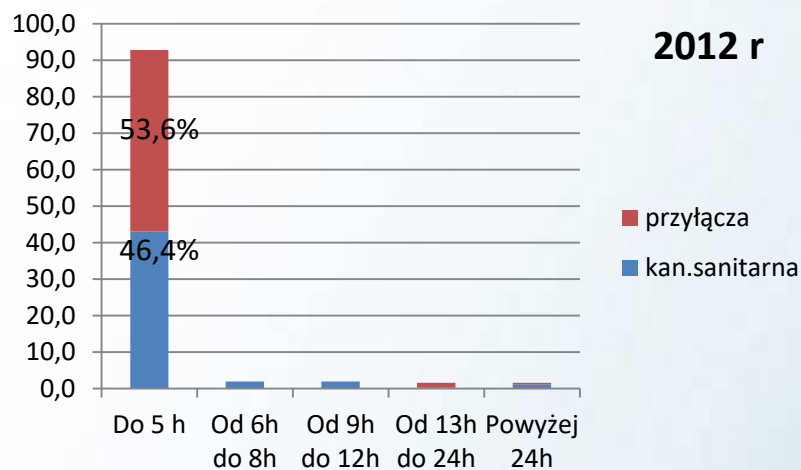
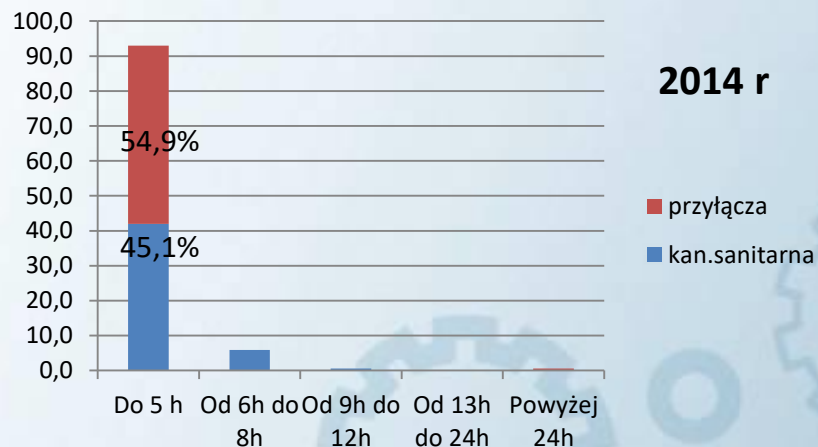
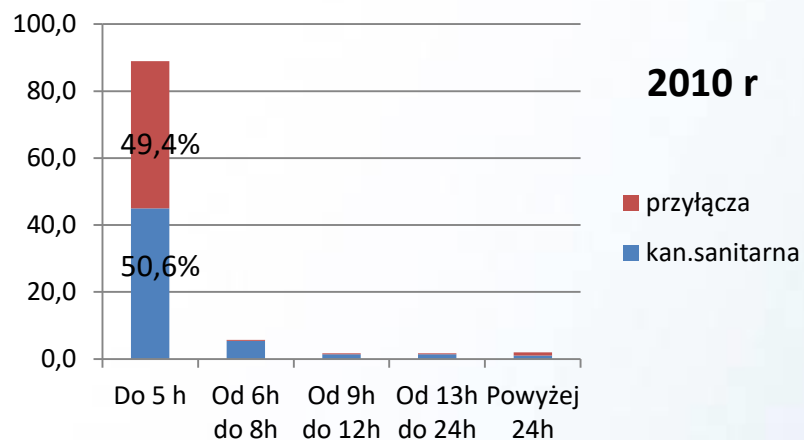


Czas usuwania awarii sieci kanalizacyjnej





Udział poszczególnych rodzajów sieci w jej awariach





NIEZAWODNOŚĆ PRZEWODÓW KANALIZACJI SANITARNEJ- WNIOSKI

- Dominujący materiał kanałów: **beton** i **PVC**
- Około **48%** kanałów charakteryzuje się wiekiem **poniżej 20 lat**
- Renowacja kanałów: **CIPP** i moduły **GRP**
- Renowacja kanałów i monitoring sieci kanalizacyjnej pomagają utrzymać **niezawodność** sieci sanitarnej **na wysokim poziomie**
- Średnio **90%** występujących awarii zostaje usunięta w mniej niż **5 h**
- Awarie występują w podobnej ilości na sieci kanalizacyjnej i przyłączach



NIEZAWODNOŚĆ PRZEWODÓW KANALIZACJI SANITARNEJ- DALSZE KIERUNKI DZIAŁAŃ

- Kolejny przetarg w fazie rozstrzygnięcia na renowację 90 km sieci kanalizacji deszczowej, w tym 44 km kanałów w układzie piętrowym
- Co roku minimum 3 km sieci sanitarnej (łącznie ze studniami) jest poddana renowacji



5. Bibliografia

- [1] Mielcarzewicz E.W.: Modernizacja sieci wodociągowych i kanalizacyjnych; Ochrona Środowiska 2(65), str. 3-8, 1997
- [2] Kuliczowska E.: Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzetłazowych przewodów kanalizacyjnych, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2008
- [3] PN-80/N-04000: Niezawodność w technice. Terminologia
- [4] Wieczysty A.: Niezawodność systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, Tom I, II skrypt Politechniki Krakowskiej, Kraków 1990
- [5] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L.: Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2010
- [6] Kwietniewski M.: Awaryjność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce w świetle badań eksploatacyjnych, Awarie budowlane 2011, XXV Konferencja Naukowo-Techniczna, Międzyzdroje 24-27 maja 2011



Bibliografia- c.d.

[7] Dwojak Z.: Wodociągi bydgoskie- wczoraj, dziś, jutro; Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy Sp. z o.o.; Bydgoszcz 2003

[8] Derkowska- Kostkowska B. i inni: Historia wodociągów i kanalizacji w Bydgoszczy do 1945 r., Wojewódzki Ośrodek Kultury w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2011

[9] Derkowska- Kostkowska B. i inni: Historia wodociągów i kanalizacji w Bydgoszczy 1945-2012., Wojewódzki Ośrodek Kultury i Sztuki w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2012



Szczególne podziękowania za współpracę dla:

**Doroty Urbańskiej, Piotra Cienina i Dawida
Stachowiaka**



Niezawodność przewodów sieci kanalizacji sanitarnej na przykładzie Bydgoszczy

Karolina Mazurkiewicz

Kontakt:

karolina.mazurkiewicz@put.poznan.pl