



# Wykorzystanie modeli symulacyjnych do planowania modernizacji kanalizacji deszczowej w Bydgoszczy

**Marcin Skotnicki**  
**Paweł Kwiecień**

# Cel i zakres referatu

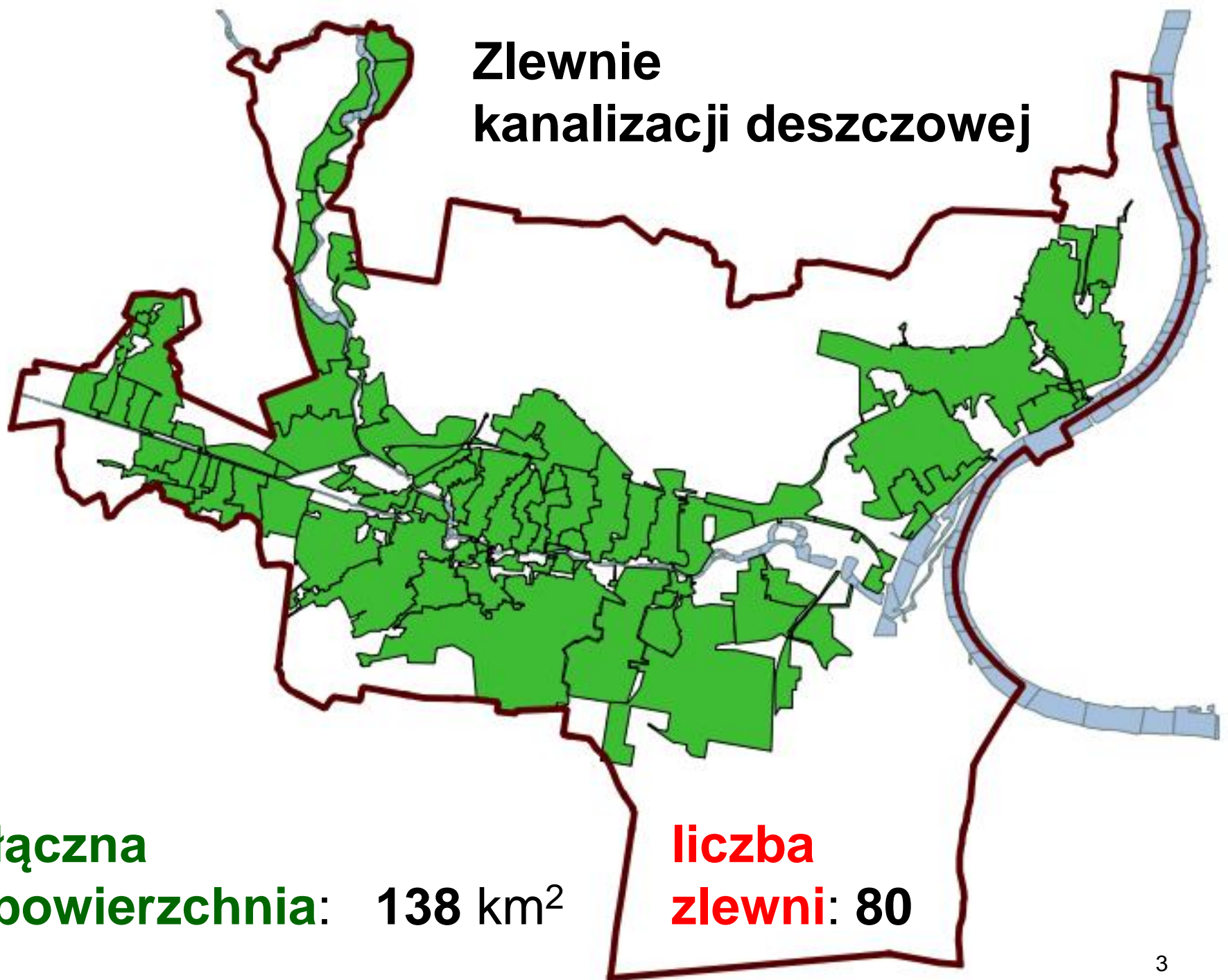
## Cel:

Przedstawienie **możliwości wykorzystania modeli symulacyjnych** dla celów **planowania modernizacji** systemów **kanalizacji deszczowej** wraz z niezbędnymi pracami przygotowawczymi.

## Zakres:

1. **Kanalizacja deszczowa** na terenie m. Bydgoszcz
2. **Podstawy prawne** wykorzystania **modeli zlewni**
3. **Dane** do tworzenia modeli **hydrodynamicznych**
4. Przykładowe **konceptcje modernizacji**
5. **Podsumowanie**

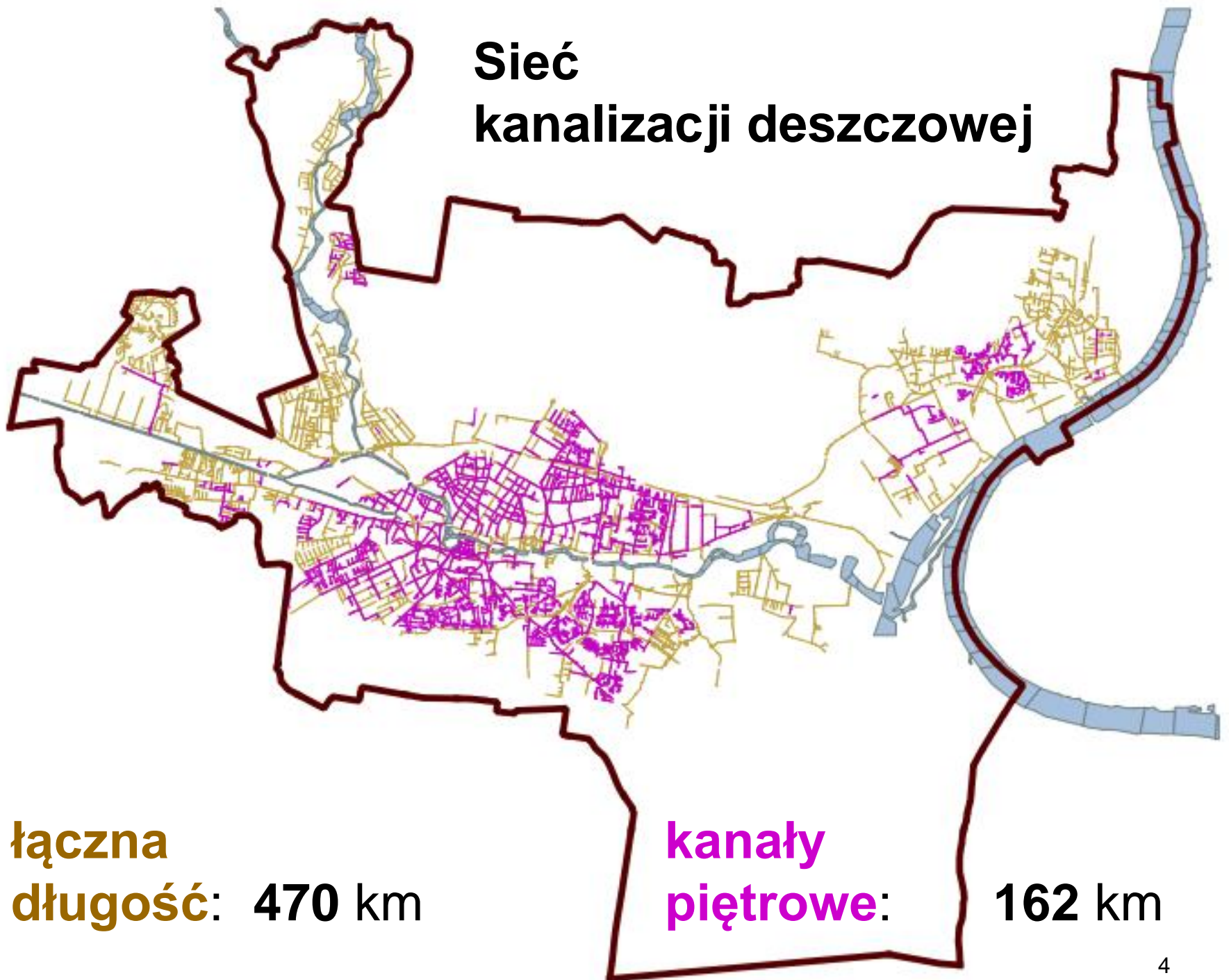
# Zlewnie kanalizacji deszczowej



łączna  
powierzchnia: 138 km<sup>2</sup>

liczba  
zlewni: 80

# Sieć kanalizacji deszczowej

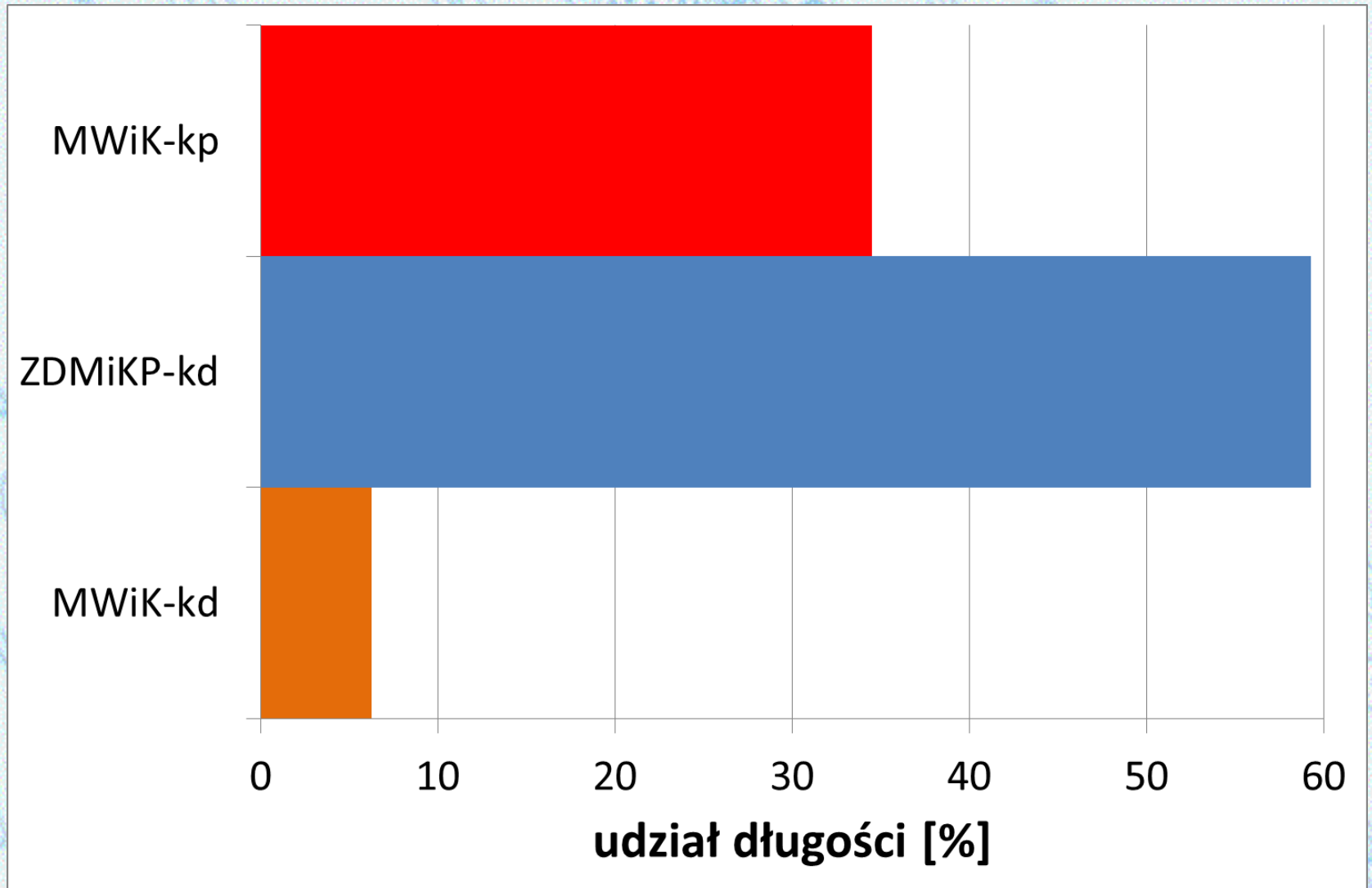


łączna  
długość: **470 km**

kanały  
piętrowe: **162 km**

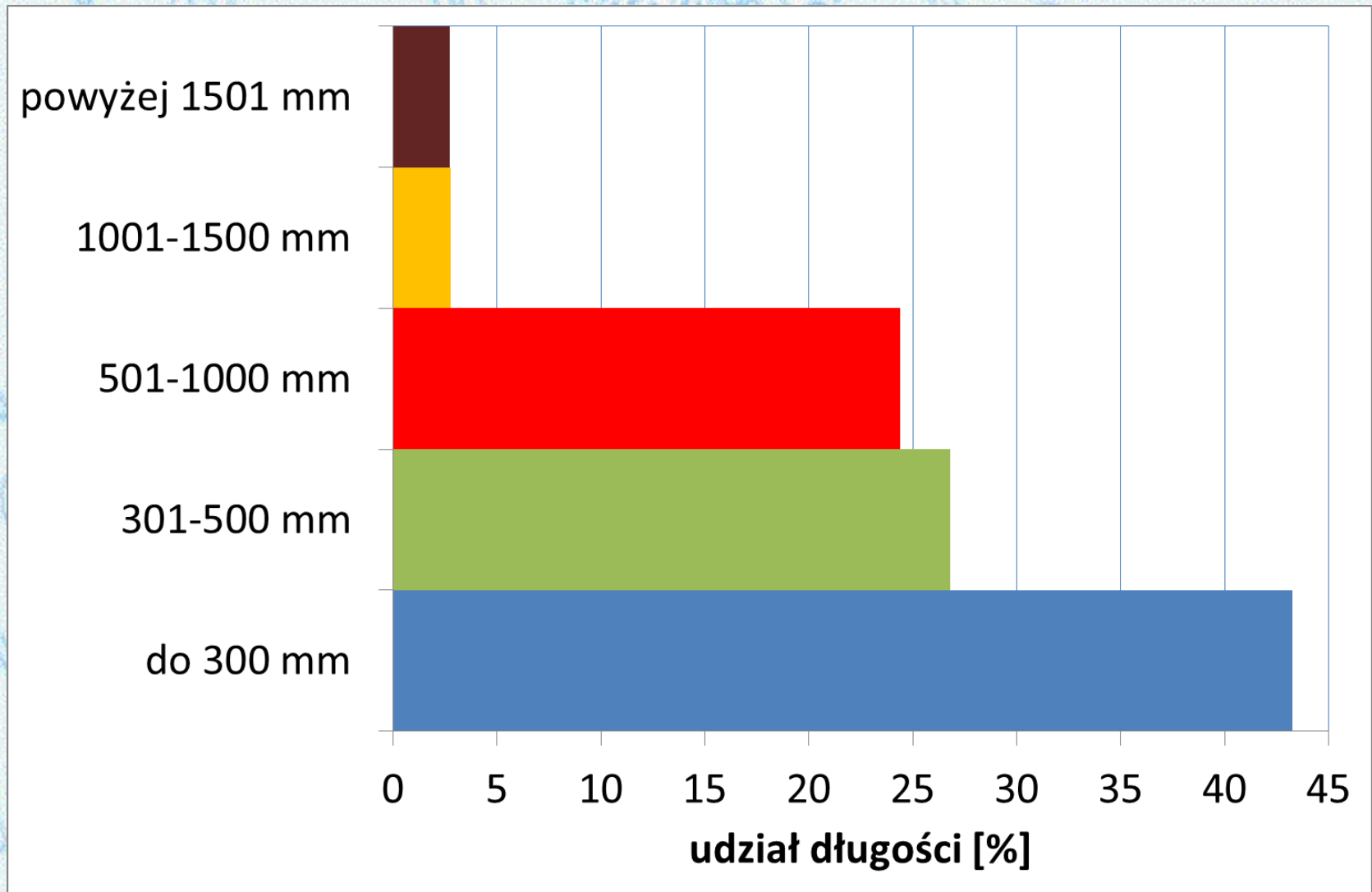
# Kanalizacja deszczowa na terenie m. Bydgoszcz

## własność



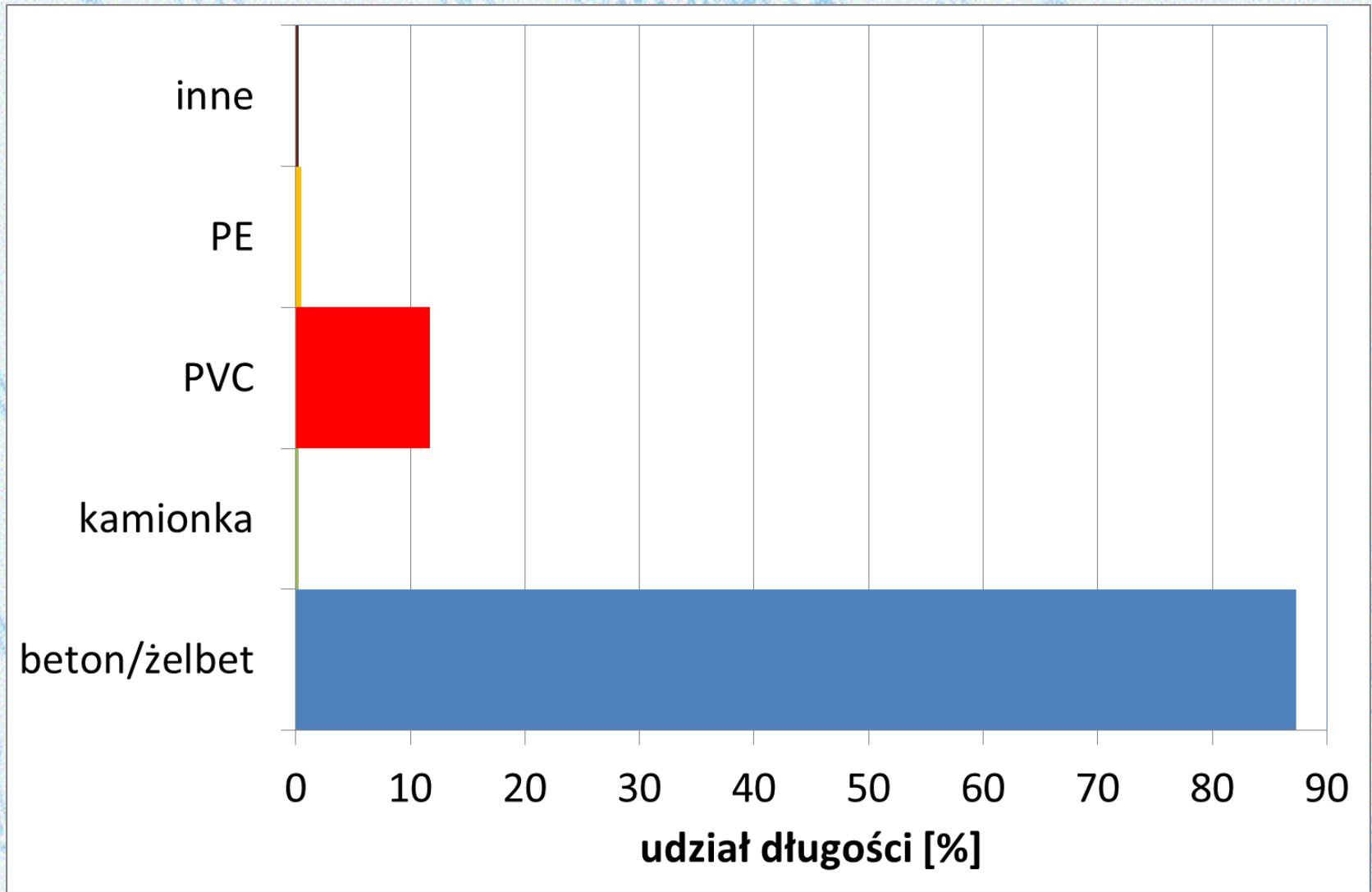
# Kanalizacja deszczowa na terenie m. Bydgoszcz

## przekroje



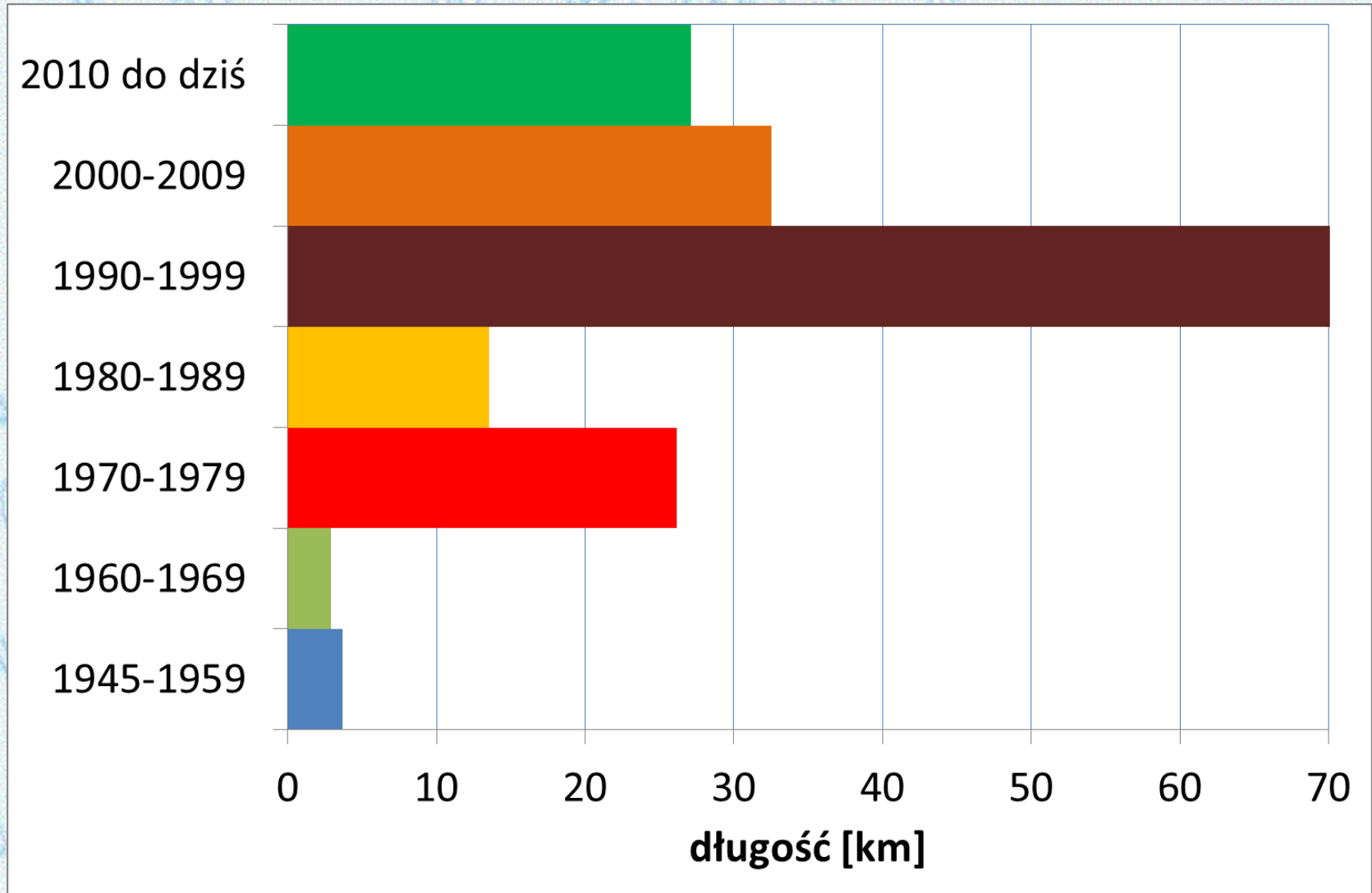
# Kanalizacja deszczowa na terenie m. Bydgoszcz

## materiały



# Kanalizacja deszczowa na terenie m. Bydgoszcz

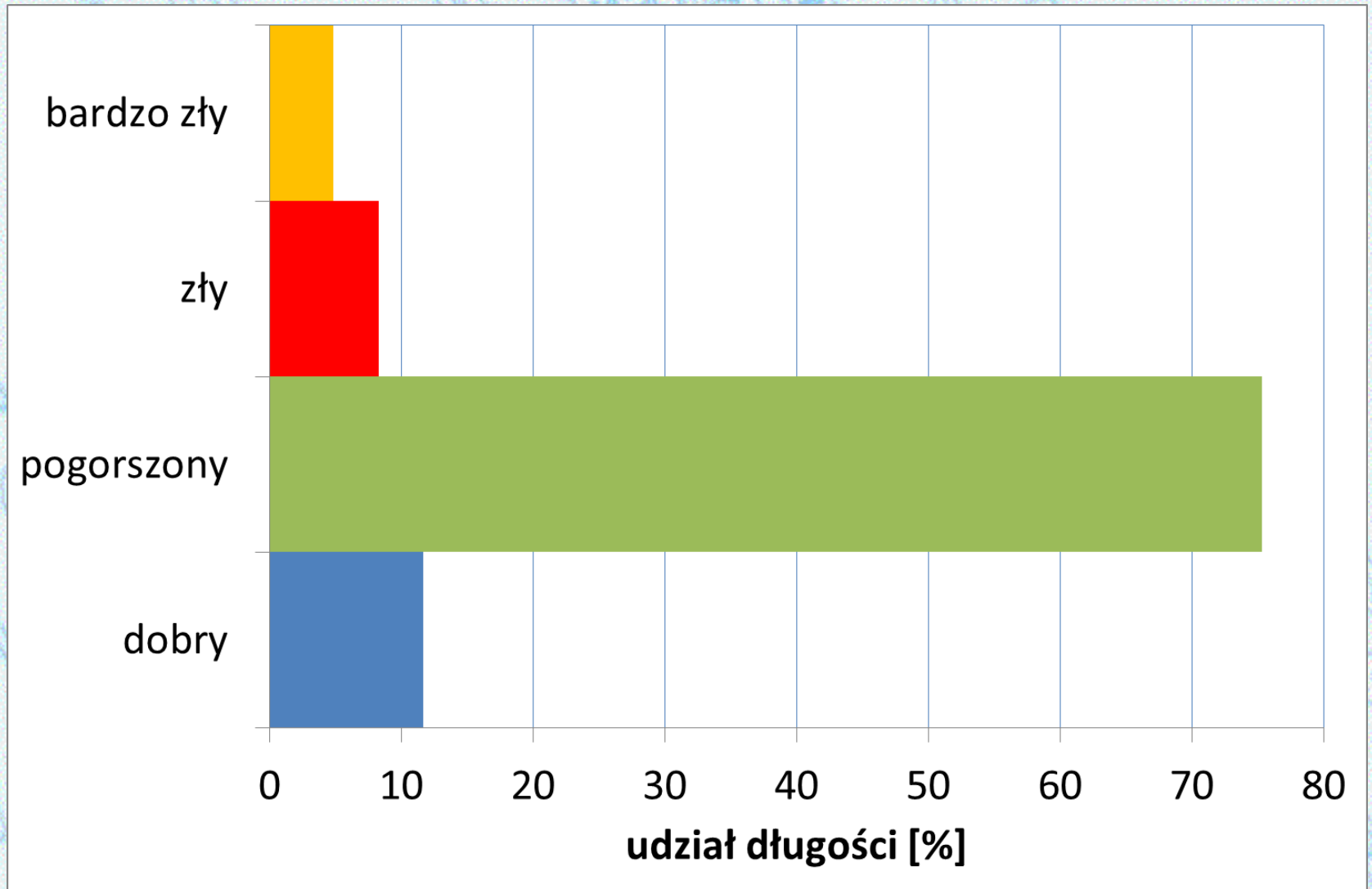
## wiek





# Kanalizacja deszczowa na terenie m. Bydgoszcz

## stan



# Potrzeby modernizacji

## Stan techniczny kanałów:

- przywrócenie **nominalnej przepustowości** oraz **wytrzymałości kanałów**

## Zwiększenie przepustowości:

- możliwość **rozbudowy systemów** i **powiększenie powierzchni** zabudowy
- **redukcja wypływu** ścieków deszczowych **na powierzchnię terenu**  
(liczba miejsc oraz objętość wypływu)



**modelowanie hydrodynamiczne**

# Modelowanie hydrodynamiczne

**Wymóg stosowania:**

**PN-EN 752** Zewnętrzne systemy kanalizacyjne

obliczenia sprawdzające systemów kanalizacyjnych –  
**kontrola zabezpieczenia terenu przed zalaniem**

**Rozporządzenie Ministra Środowiska**

**z dnia 18 listopada 2014 r.** (DZ.U. 2014 poz. 1800)

w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego

obliczenia **liczby zrzutów przez przelewy burzowe kanalizacji ogólnospławnej**

# Modelowanie hydrodynamiczne

**Zalecane częstotliwości opadów:**

**PN-EN 752** Zewnętrzne systemy kanalizacyjne

**ATV-A118** Hydrauliczne wymiarowanie systemów odwadniających

| Rodzaj terenu/obiektu                   | częstość c [lata]    |               |                  |
|---|----------------------|---------------|------------------|
|   | deszczu miarodajnego | nadpiętrzenia | zalewania terenu |
| Tereny wiejskie                         | 1                    | 2             | 10               |
| Tereny mieszkaniowe                     | 2                    | 3             | 20               |
| Śródmieścia/Tereny przemysłowe\handlowe | 2                    | > 5           | 30               |
| - z kontrolą zalewania                  |                      |               |                  |
| - bez kontroli zalewania                | 5                    | -             | -                |
| Metro/przejścia podziemne               | 10                   | >10           | 50               |

**Programy – SWMM5.1**

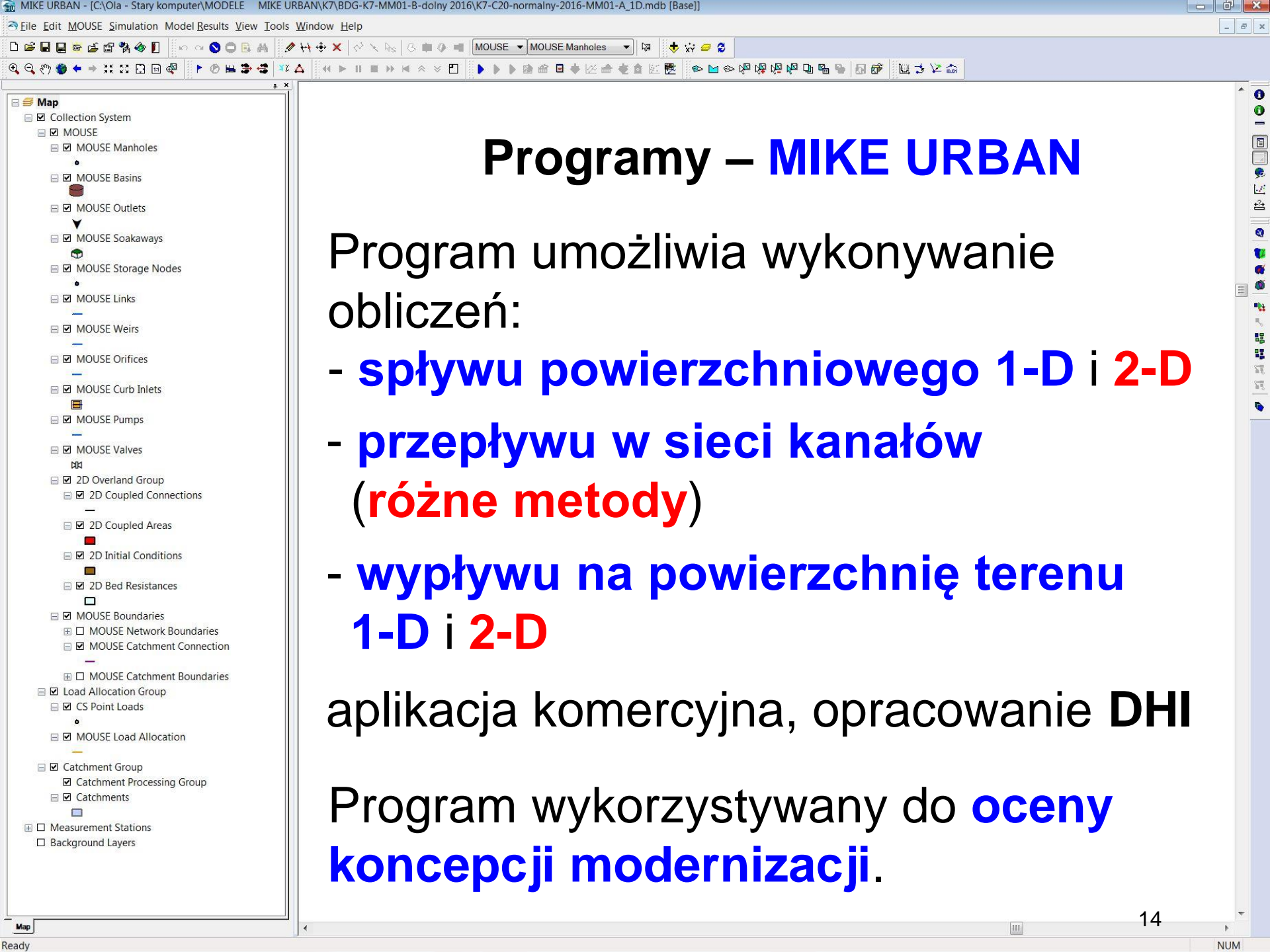
Program umożliwia wykonywanie obliczeń:

- **splywu powierzchniowego 1-D**
- **przeplywu w sieci kanałów**
- **wplywu na powierzchnię terenu 1-D**

aplikacja bezpłatna, opracowanie **US EPA**

Program wykorzystywany w **pierwszej fazie tworzenia modeli** zlewni.

Auto-Length: Off | Offsets: Depth | Flow Units: CFS | Zoom Level: 100% | X,Y: 11512.027, 6151.203



# Programy – MIKE URBAN

Program umożliwia wykonywanie obliczeń:

- spływu powierzchniowego 1-D i 2-D
- przepływu w sieci kanałów (różne metody)
- wypływu na powierzchnię terenu 1-D i 2-D

aplikacja komercyjna, opracowanie DHI

Program wykorzystywany do oceny koncepcji modernizacji.

# Prezentacja wyników symulacji wplywu wód opadowych na powierzchnię terenu w modelu 2-D



# Kalibracja modelu

**Kalibracja modelu** – proces określania wartości parametrów modelu w celu zapewnienia **największej zbieżności wyników obliczeń z pomiarami**.

**Ocena dopasowania wyników:**

**objętość odpływu V:** od - 10 % do + 20 %

**odpływ szczytowy (pik) Q:** od - 15 % do + 25 %

**napełnienie** (przy przeciążeniu): od - 0.1 m do + 0.5 m

**napełnienie** (bez przeciążenia):  $-\pm 0.1\text{m}$

**czas wystąpienia pików:** „zbliżony”

**NSE:**  $> 0.50$

Kryteria powinny być spełnione co najmniej w 2/3 zdarzeń opadowych



# Kalibracja modelu

**Kluczowy parametr modelu:**

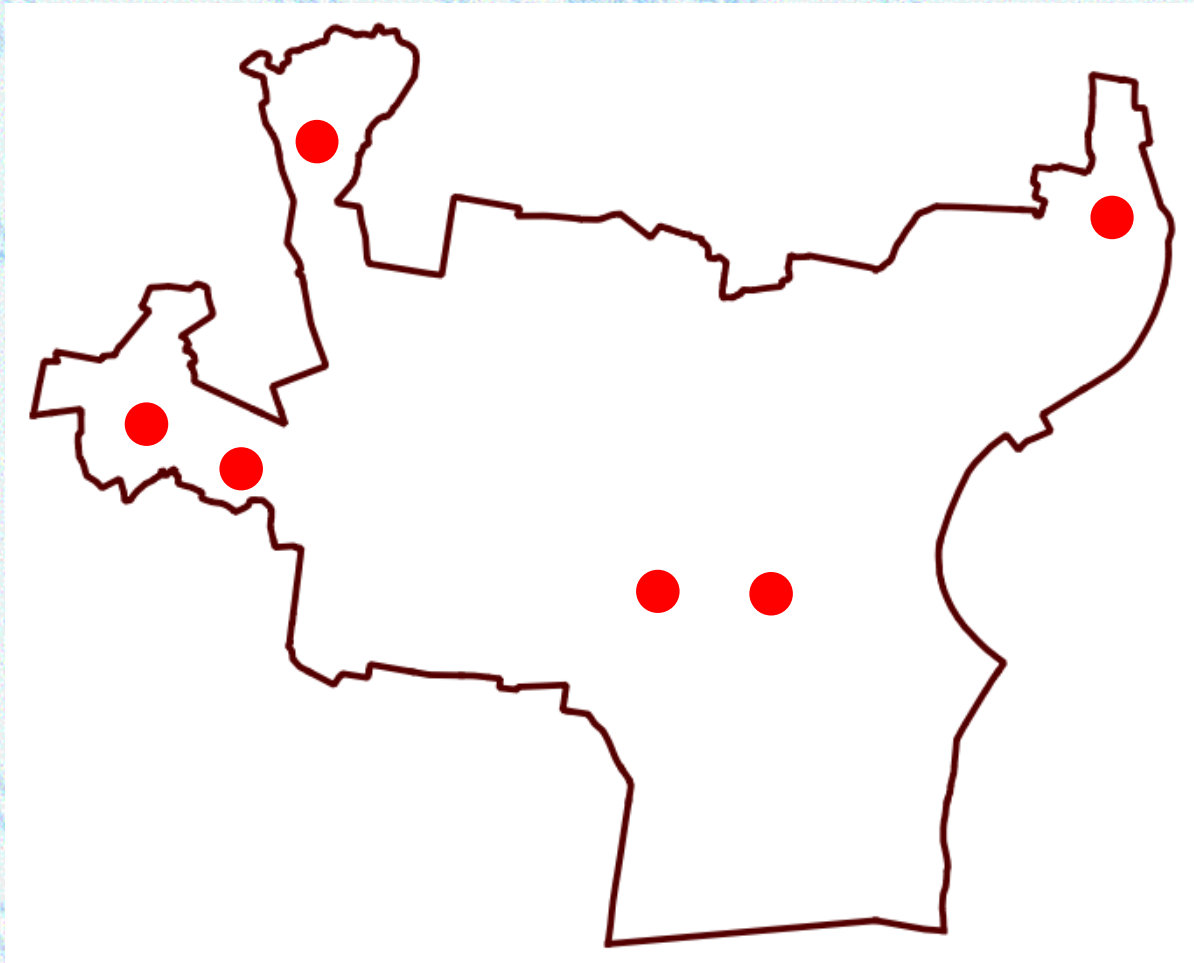
**efektywna powierzchnia szczelna** (ang. EIA)

część **całkowitej powierzchni uszczelnionej**, która ma **hydrauliczne połączenie** z siecią kanalizacyjną (**część powierzchni**, z której następuje **bezpośredni spływ do kanalizacji**).

**Dane do kalibracji:**

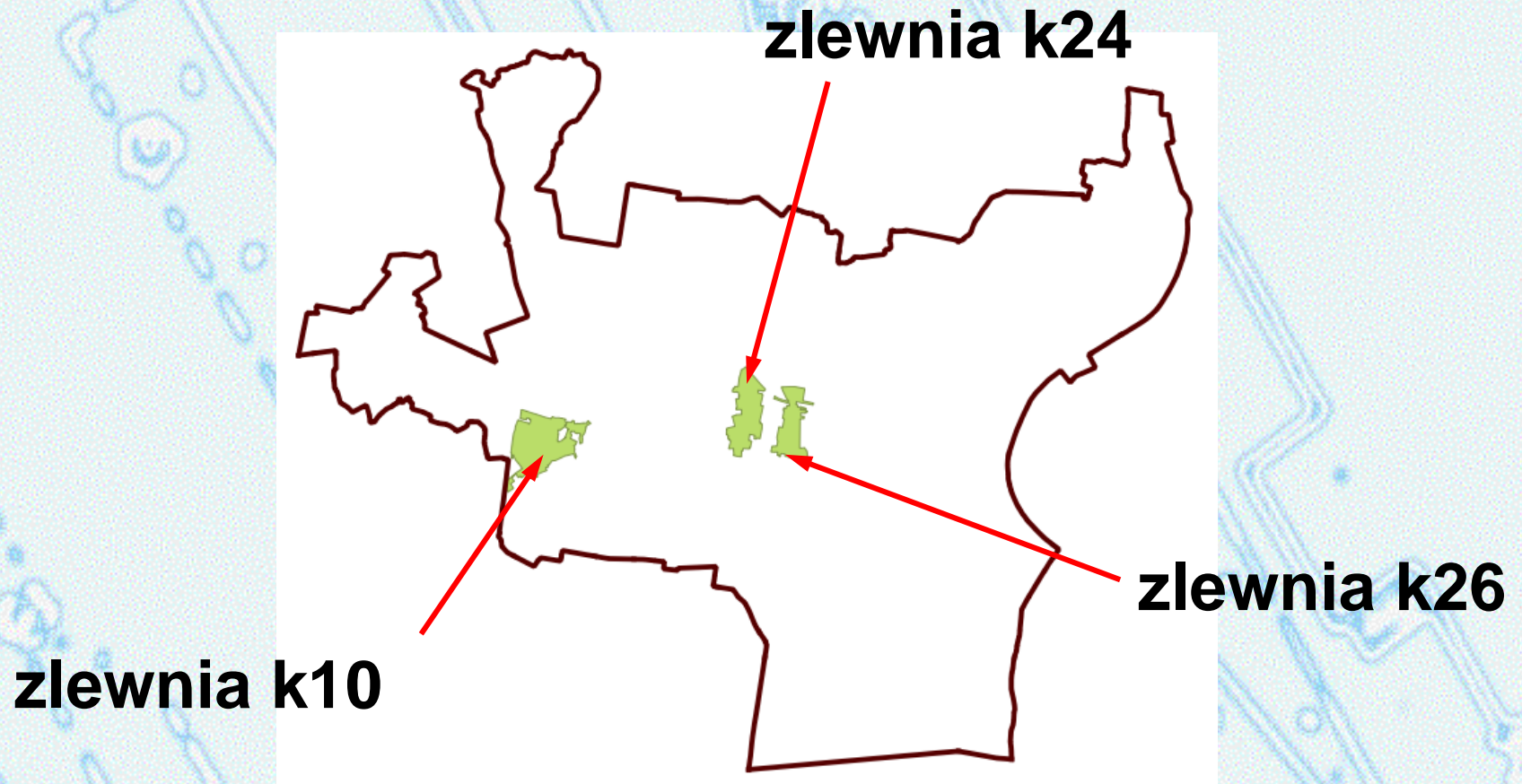
- „**wejście**” do systemu – **opady**
- „**wyście**” z systemu – **przepływ i napełnienie w kanałach**

# Monitoring opadów – lokalizacja punktów pomiarowych



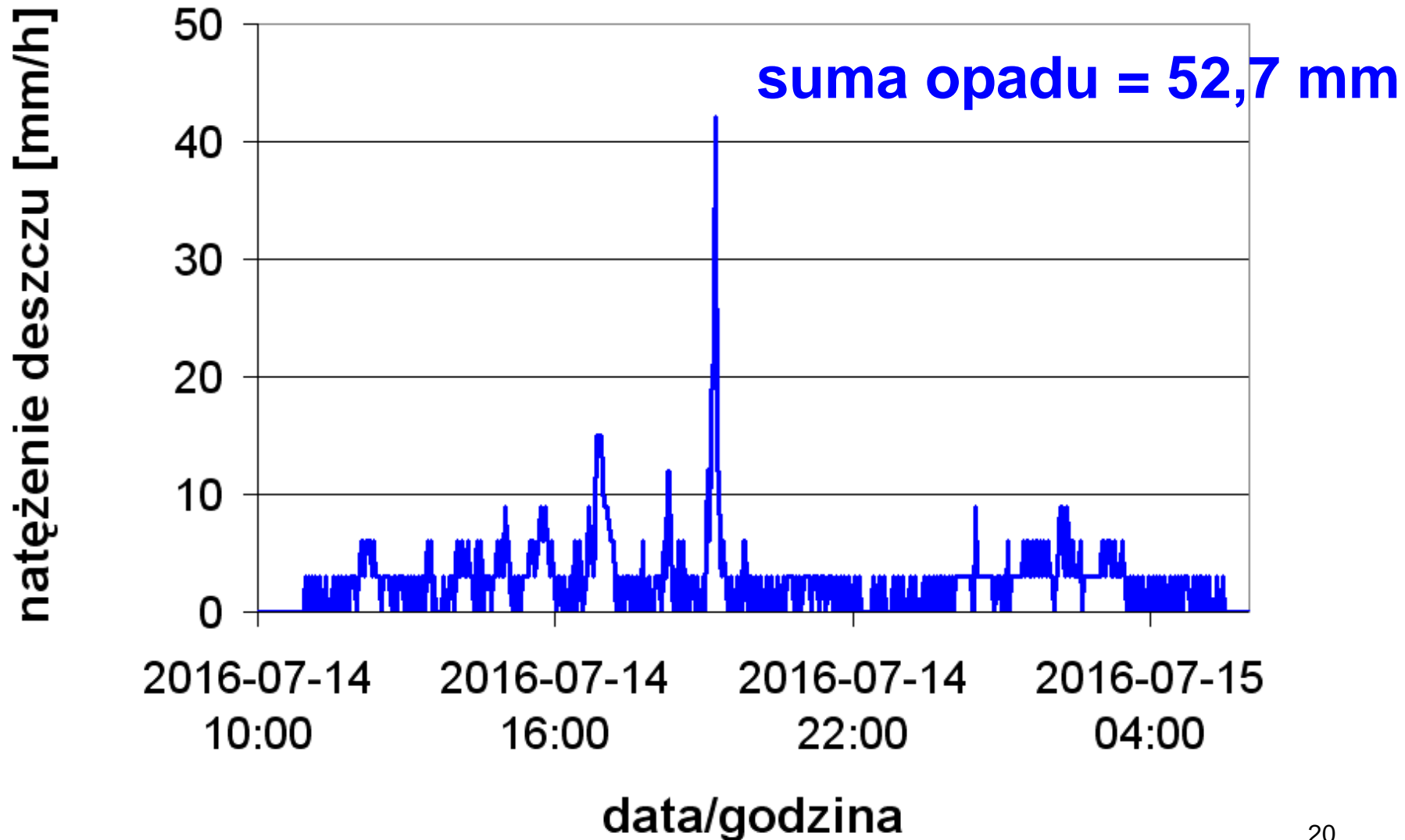
wszystkie stanowiska pomiarowe:  
**korytkowe deszczomierze rejestrujące**

# Zlewnie poddane kalibracji

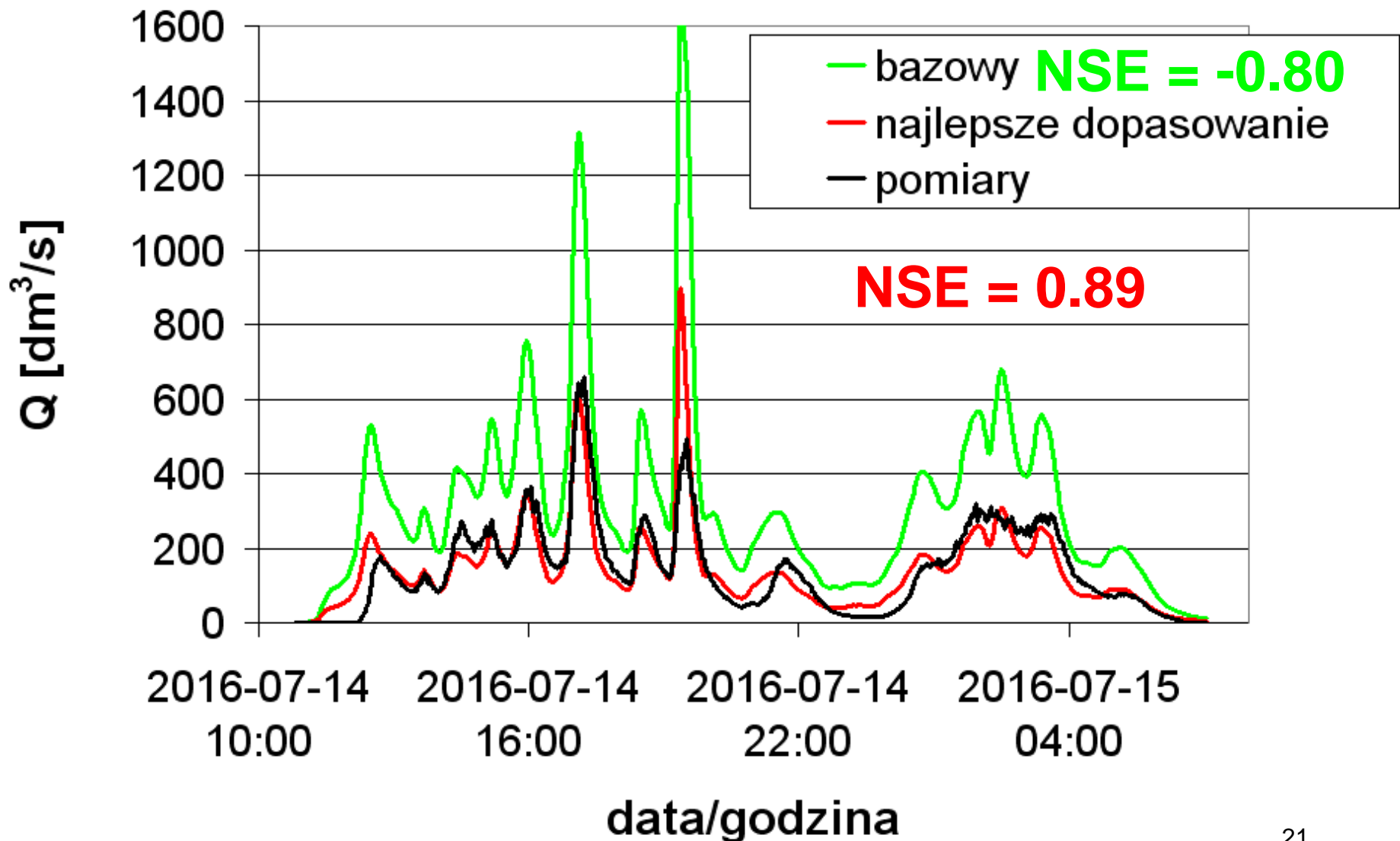


pomiary napętnienia i prędkości średniej (przepływu)  
**przeptywomierze ultradźwiękowe**

# Kalibracja modeli – przykładowe wyniki opad z 14 i 15 lipca 2016 roku



# Kalibracja modeli – przykładowe wyniki zlewnia k24



# Opady syntetyczne

**Lokalna formuła** opadowa na podstawie danych opadowych z terenu Bydgoszczy:

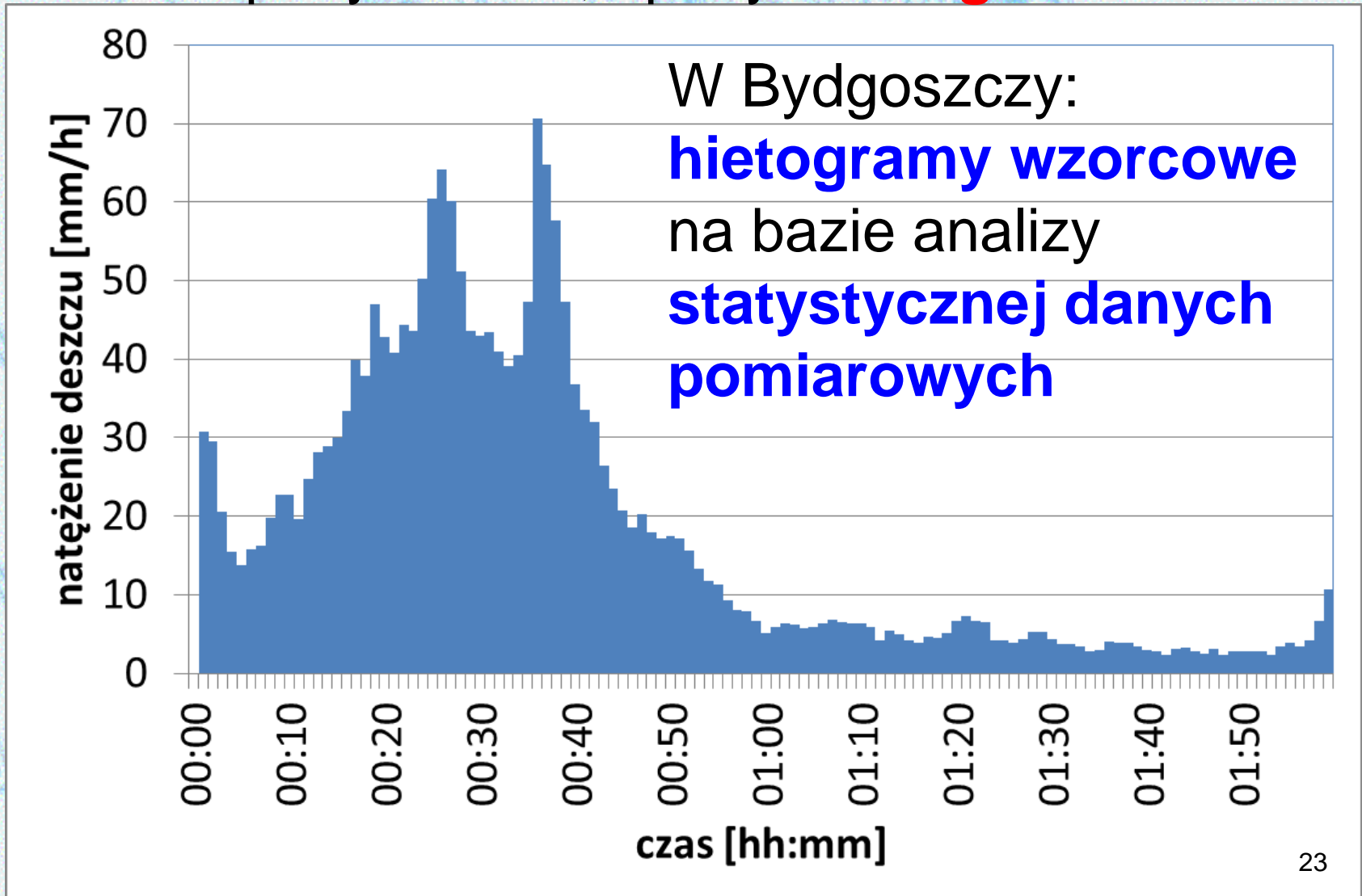
$$q = \frac{A}{t^n}$$

|   | p=5% | p=10% | p=20% | p=50% | p=100% |
|---|------|-------|-------|-------|--------|
| A | 2467 | 2262  | 1877  | 945   | 386    |
| n | 0.76 | 0.76  | 0.76  | 0.76  | 0.76   |

**Prognoza zmian opadów** w efekcie **zmian klimatu**  
do roku **2050**

# Opady syntetyczne

Odwzorowanie **zmienności opadu w czasie** jego trwania – opady **Eulera**, opady **Chicago**



# Analiza koncepcji modernizacji

## Renowacja kanałów

opad **c = 5** lat

stan **istniejący**:

$V_{\text{WYPŁYW}} = 40\%$  dopływu  
wód deszczowych

po **modernizacji**:

**usunięcie**  
**osadów**

$V_{\text{WYPŁYW}} = 33\%$  dopływu  
wód deszczowych

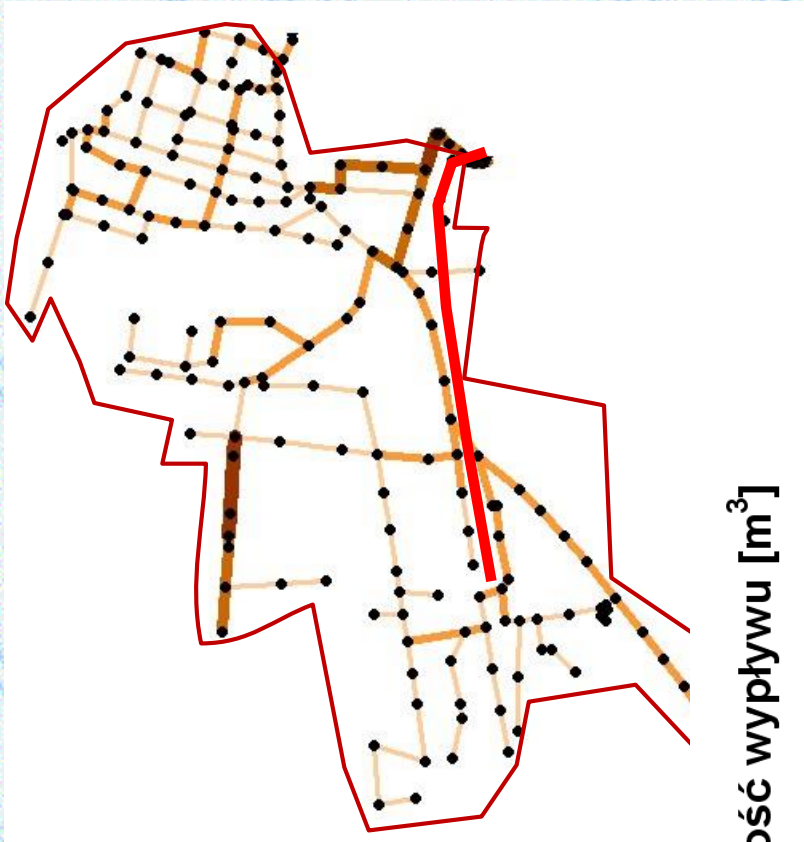
**przywrócenie**  
**sprawności nominalnej**

$V_{\text{WYPŁYW}} = 25\%$  dopływu  
wód deszczowych



# Analiza koncepcji modernizacji

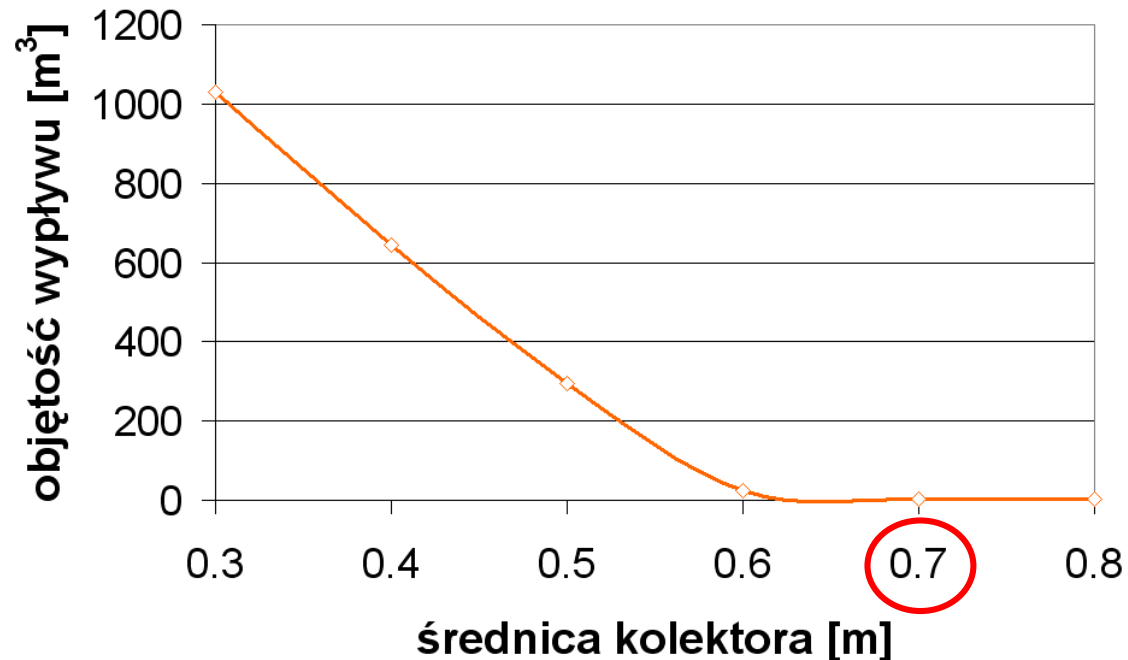
## Nowy kolektor



opad **c = 5** lat

stan **istniejący**:

$V_{\text{WYPŁYW}} = 28\%$  dopływu  
wód deszczowych



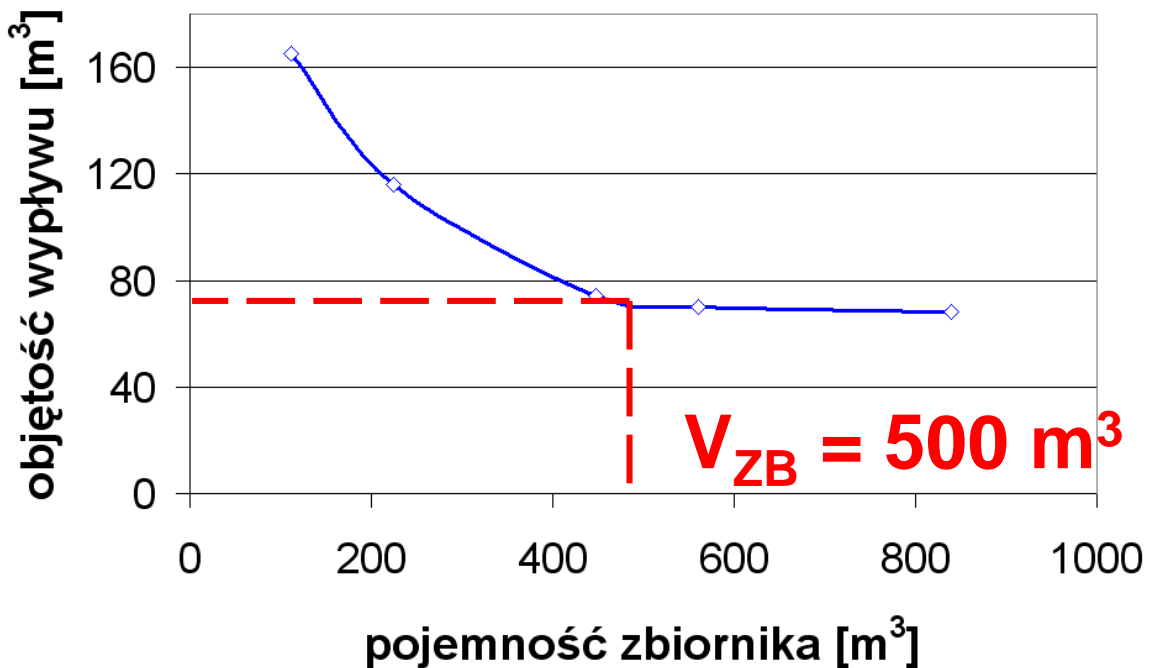
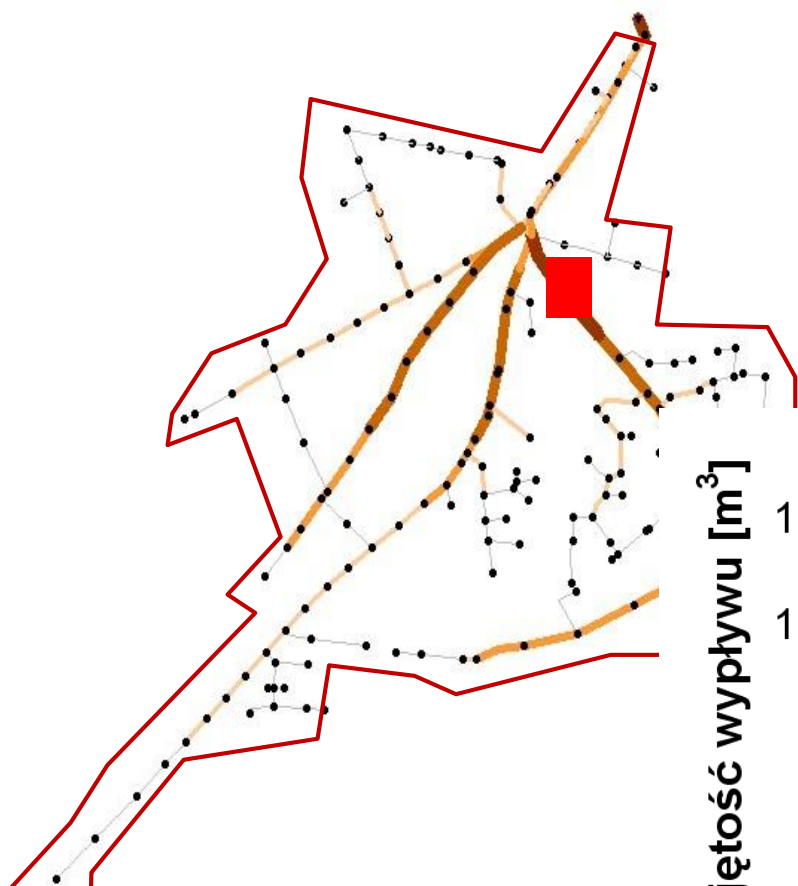
# Analiza koncepcji modernizacji

## Zbiornik retencyjny

opad **c = 5** lat

**stan istniejący:**

$V_{\text{WYPŁYW}} = 17\%$  dopływu  
wód deszczowych



# Podsumowanie

1. **Modelowanie** jako narzędzie do **wspomagania projektowania**.
2. Konieczne **dodatkowe nakłady** na **inwentaryzację i monitoring** (do kalibracji modelu).
3. Modele mogą **w perspektywie** stanowić **element systemu RTC**.

Autorzy pragną podziękować pracownikom  
MWiK w Bydgoszczy sp. z o.o., w szczególności:

*Aleksandrze Rajczyk*

*Joannie Roszak*

*Annie Jaworskiej*

*Mateuszowi Sprawie*

*Pawłowi Kaplarnemu*

za pomoc w zgromadzeniu materiałów  
oraz udostępnienie danych wykorzystanych  
do przygotowania referatu.

**Dziękuję za uwagę**