

**"Sieci kanalizacyjne i wodociągowe
z tworzyw sztucznych"
Wisła 01-02.12.10**

**Rury sztywne i elastyczne w Europie.
Porównanie własności
i oddziaływania środowiskowego**

Mariola Błajet

PRiK

Członek Polskiego Komitetu Normalizacyjnego
KT 278 ds. Wodociągów i Kanalizacji

Członek CEN/TC 165 / WG 10

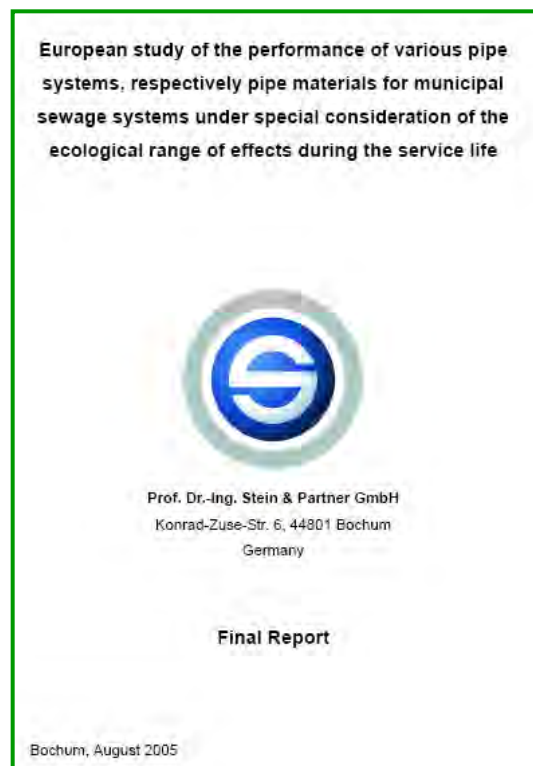
Installation of buried pipes for gravity drain and sewer systems

Rury sztywne i elastyczne w Europie. Porównanie własności i oddziaływania środowiskowego

**- prosta recepta na ograniczenie negatywnego wpływu systemów
kanalizacyjnych na środowisko
z jednoczesnym ograniczeniem kosztów eksploatacji**

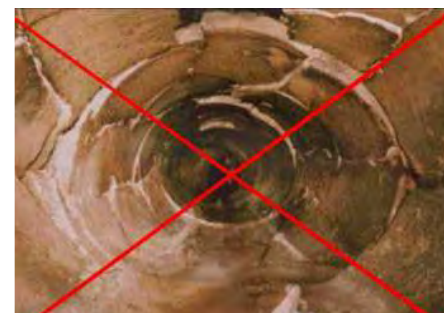
Plan

- raport z programu badawczego prof. D. Steina
*„European study of the performance of various pipe systems,
respectively pipe materials for municipal sewage systems under
special consideration of the ecological range of effects during
the service life”*
*„Europejskie badanie wpływu na środowisko komunalnych
systemów kanalizacyjnych wykonanych z różnych materiałów”*
Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH
Bochum Germany 08'2005
- wnioski z polskich badań naukowych
dotyczących systemów kanalizacyjnych
- podsumowanie



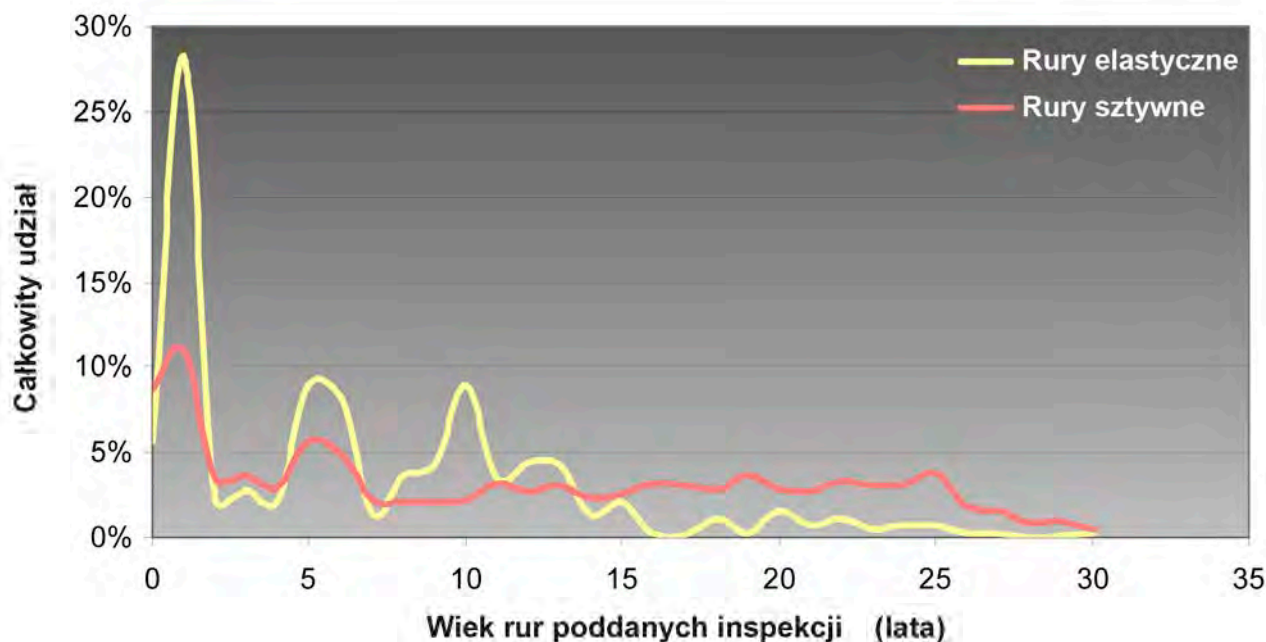
O programie badawczym

- **Program badawczy** na zlecenie Niemieckiego Ministerstwa Nauki i Badań przeprowadzone przez zespół badawczy pod kierownictwem **Prof. D. Steina**
- Skład zespołu: przedstawiciele środowisk naukowych i jednostek certyfikujących m.in.: **WRc plc (Wielka Brytania), Chalmers University-Göteborg (Szwecja), KIWA (Holandia).**
- Porównanie dotyczyło systemów kanalizacyjnych z dwóch kategorii materiałów:
 - systemy z **elastycznych** rur tworzywowych - **PVC-u, PE PP,**
 - systemy ze **sztywnych** rur tradycyjnych **betonowych i kamionkowych**
- Ogółem w badaniach zebrano wyniki inspekcji telewizyjnych z **5-ciu** lat przeprowadzonych na **1790 km sieci**
 - wyniki z trzech krajów: **Niemiec, Holandii i Szwecji**
- Kodowanie uszkodzeń wg normy **EN 13508**
- **Wpływ na środowisko** wyrażany poprzez **infiltrację i eksfiltrację**
- Do analizy inżynierskiej zastosowano **modelowanie matematyczne metodą Monte-Carlo**



O programie badawczym

- Wyłączenie z analizy sieci:
 - młodszych niż 3 lata,
 - starszych niż 30 lat
 - o średnicach większych niż 800 mm
 - z błędami wykonawczymi
- Średnia wieku przebadanych rur wynosiła 11,5 lat dla rur sztywnych oraz 6,8 lat dla rur elastycznych



O programie badawczym

3 wskaźniki dotyczące statystyki uszkodzeń

Średni wpływ na środowisko spowodowany przez infiltrację i exfiltrację

Wskaźnik udziału uszkodzonych odcinków w całości sieci

$$\frac{\sum \text{długość sieci z uszkodzeniami}}{\sum \text{ogólna długość sieci}} \quad [\%]$$

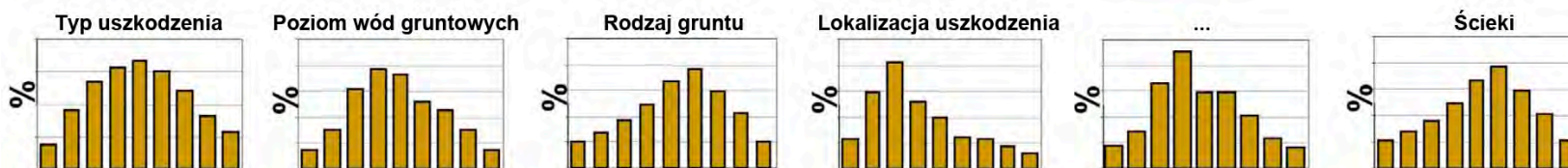
Wskaźnik ilości uszkodzeń na kilometr sieci

$$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu}}{\sum \text{ogólna długość sieci}} \quad [\text{szt/km}]$$

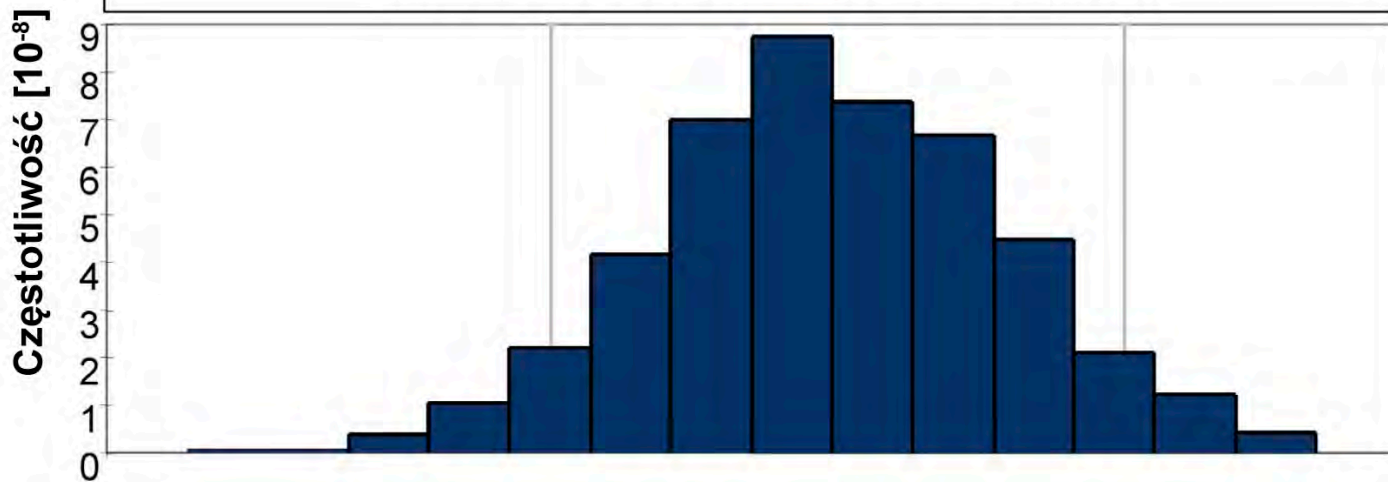
Wskaźnik udziału uszkodzeń w 100 m sieci

$$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu} \times 100\text{m}}{\sum \text{długość sieci z uszkodzeniami}} \quad [\text{szt}/100\text{m}]$$

O programie badawczym



MODELOWANIE MONTE-CARLO



O programie badawczym

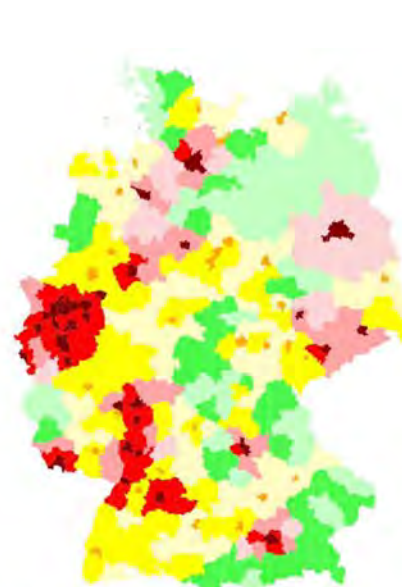
Scenariusze



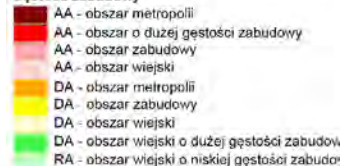
Całkowity udział ogólnospławnych sieci kanalizacyjnych



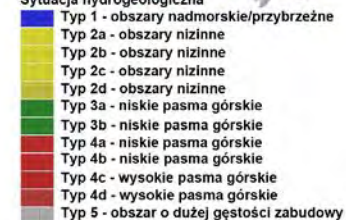
Poziom nasycenia sieciami kanalizacyjnymi



Gęstość zabudowy

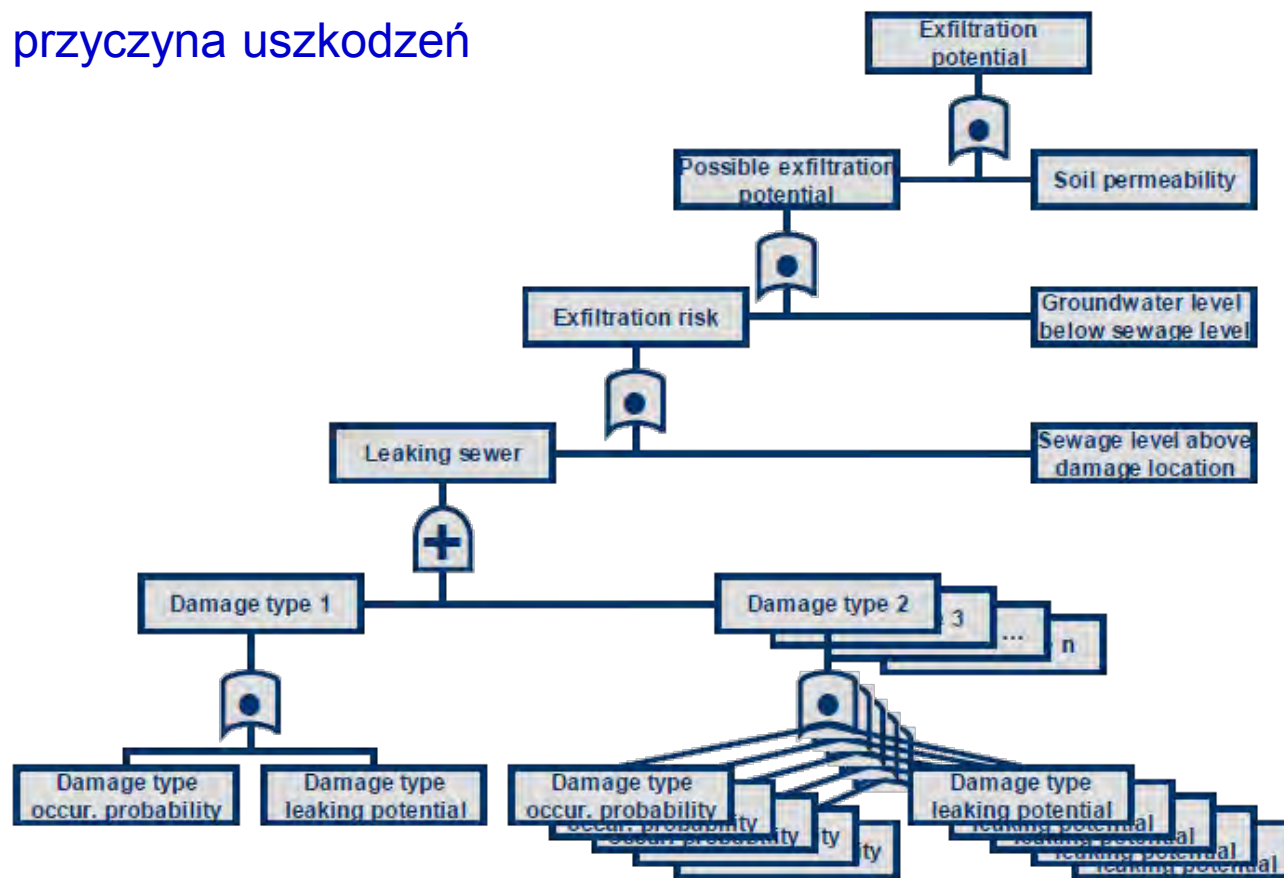


Sytuacja hydrogeologiczna



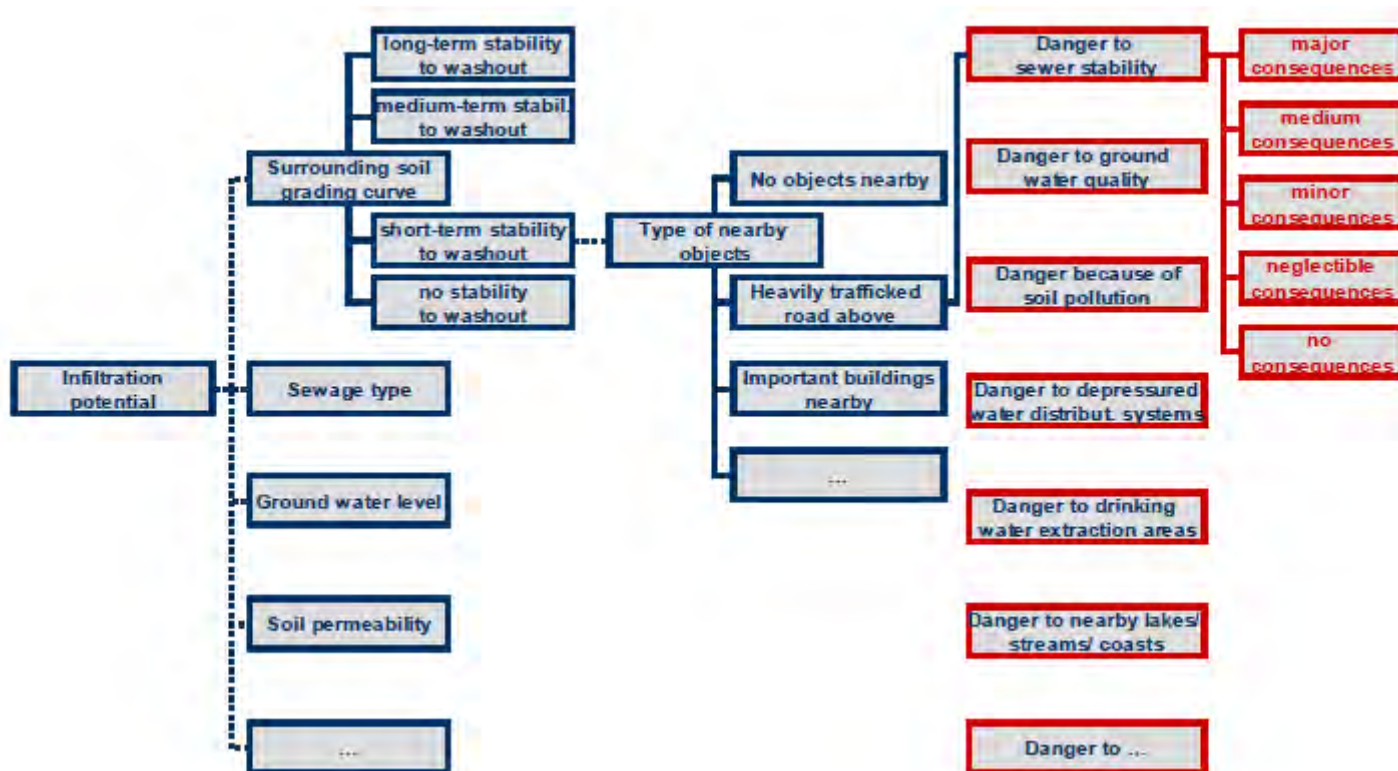
O programie badawczym

Schemat drzewkowy do analizy skutków eksfiltracji
- eksfiltracja jako przyczyna uszkodzeń



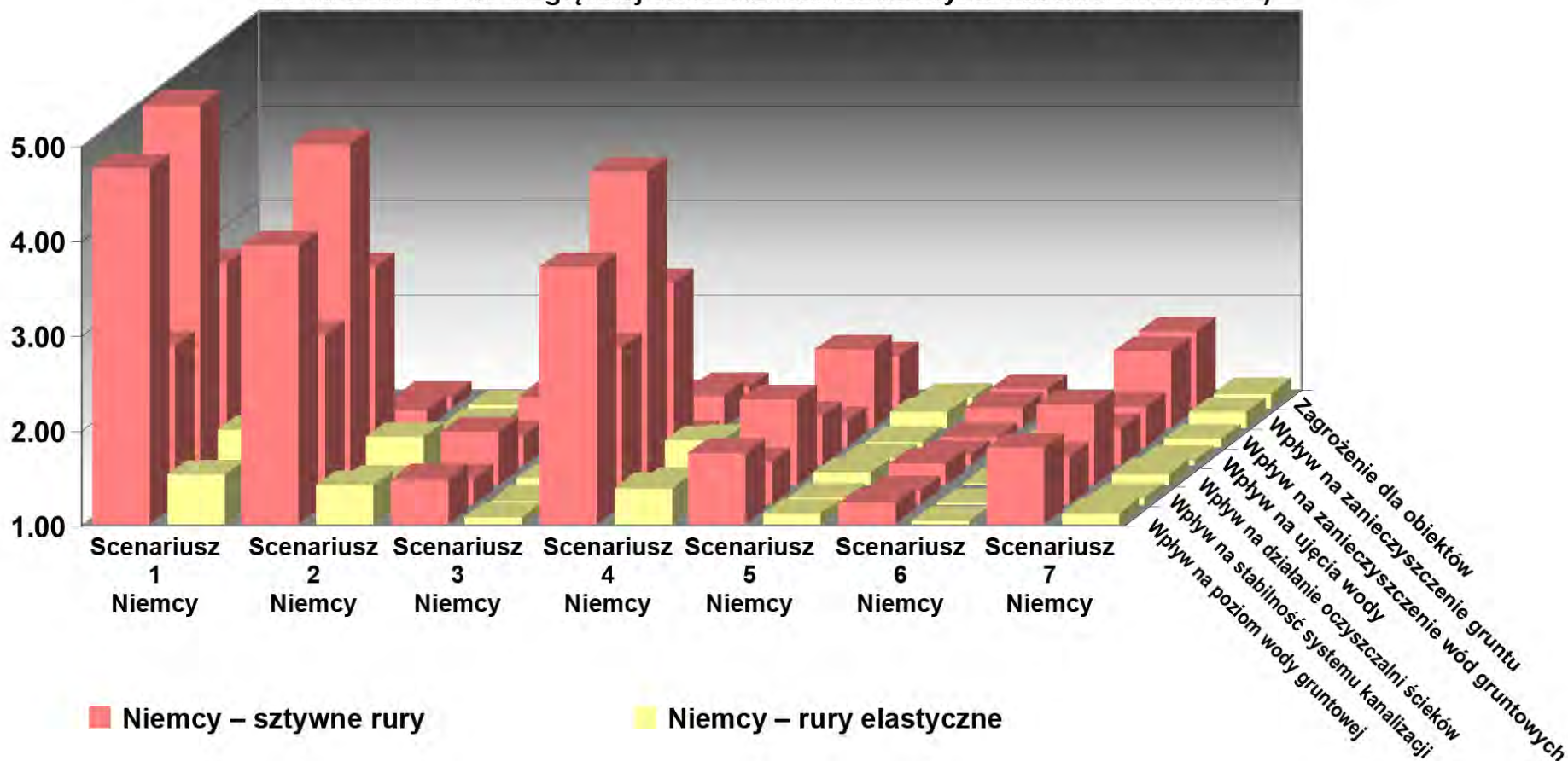
O programie badawczym

Schemat drzewkowy do analizy przyczyn infiltracji
- infiltracja jako skutek uszkodzeń



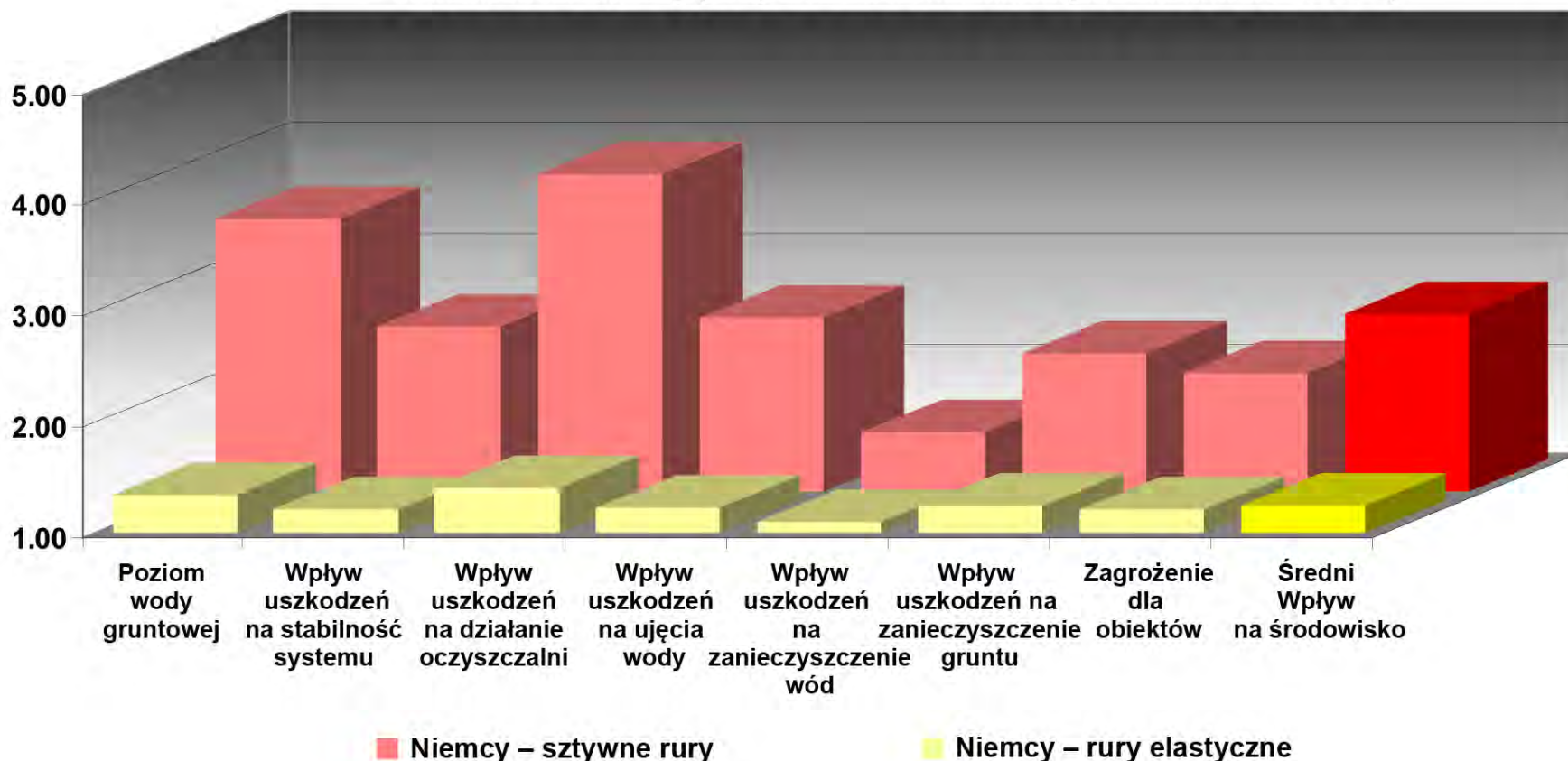
Średni wpływ uszkodzeń kanalizacji na środowisko wyrażony przez infiltrację/eksfiltrację

(wykres uwzględnia wskaźnik awaryjności dla statystycznego odcinka kanalizacji w Niemczech – w odniesieniu do względnej skali nasilenia możliwych skutków uszkodzeń)



Średni wpływ uszkodzeń kanalizacji na środowisko wyrażany przez infiltrację/eksfiltrację

(wykres uwzględnia wskaźnik awaryjności dla statystycznego odcinka kanalizacji w Niemczech
– w odniesieniu do względnej skali nasilenia możliwych skutków uszkodzeń)

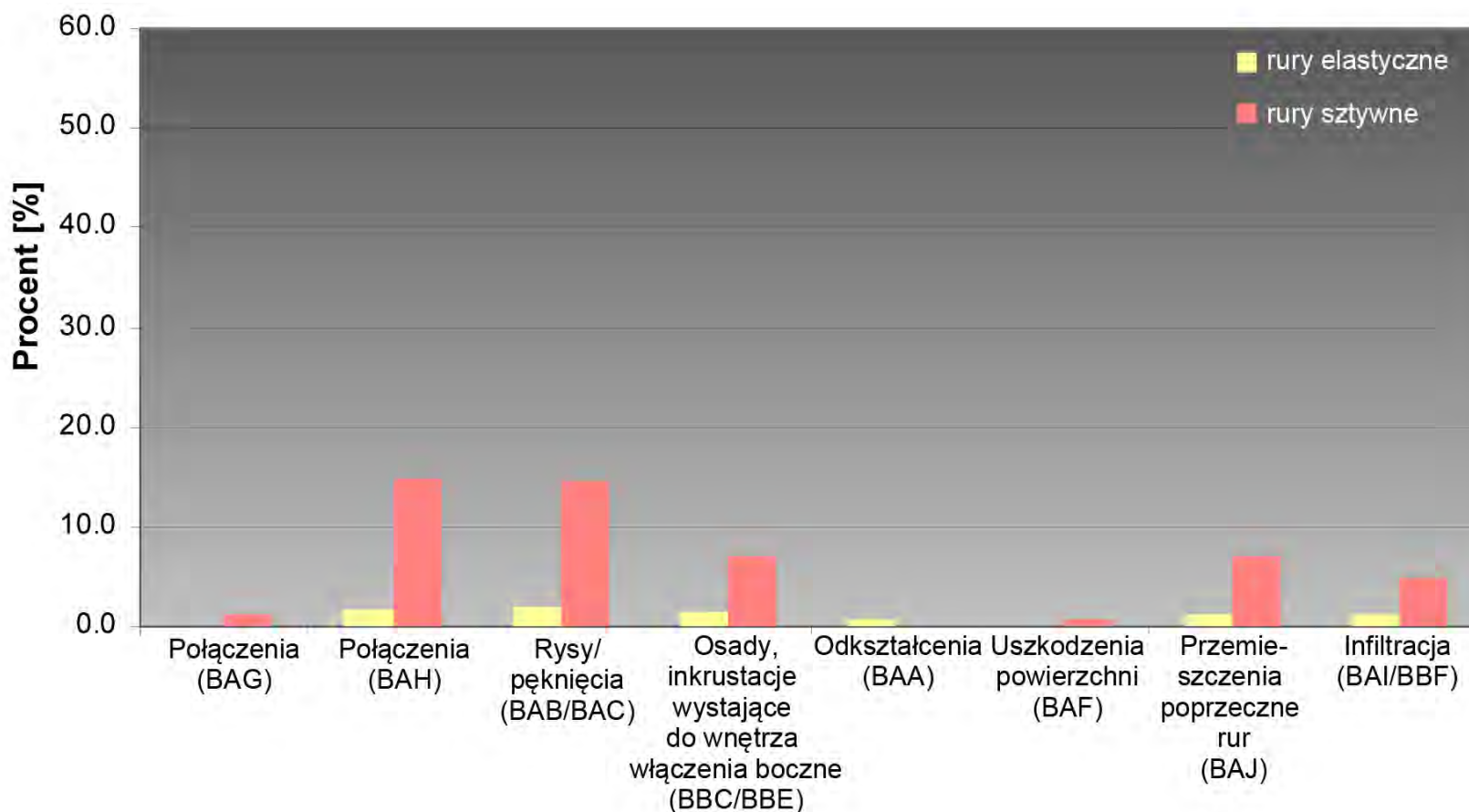


Wskaźnik udziału uszkodzonych odcinków w całości sieci

$\frac{\Sigma \text{długość sieci z uszkodzeniami}}{\Sigma \text{ogólna długość sieci}}$

[%]

$\frac{\Sigma \text{długość sieci z uszkodzeniami}}{\Sigma \text{ogólna długość sieci}}$

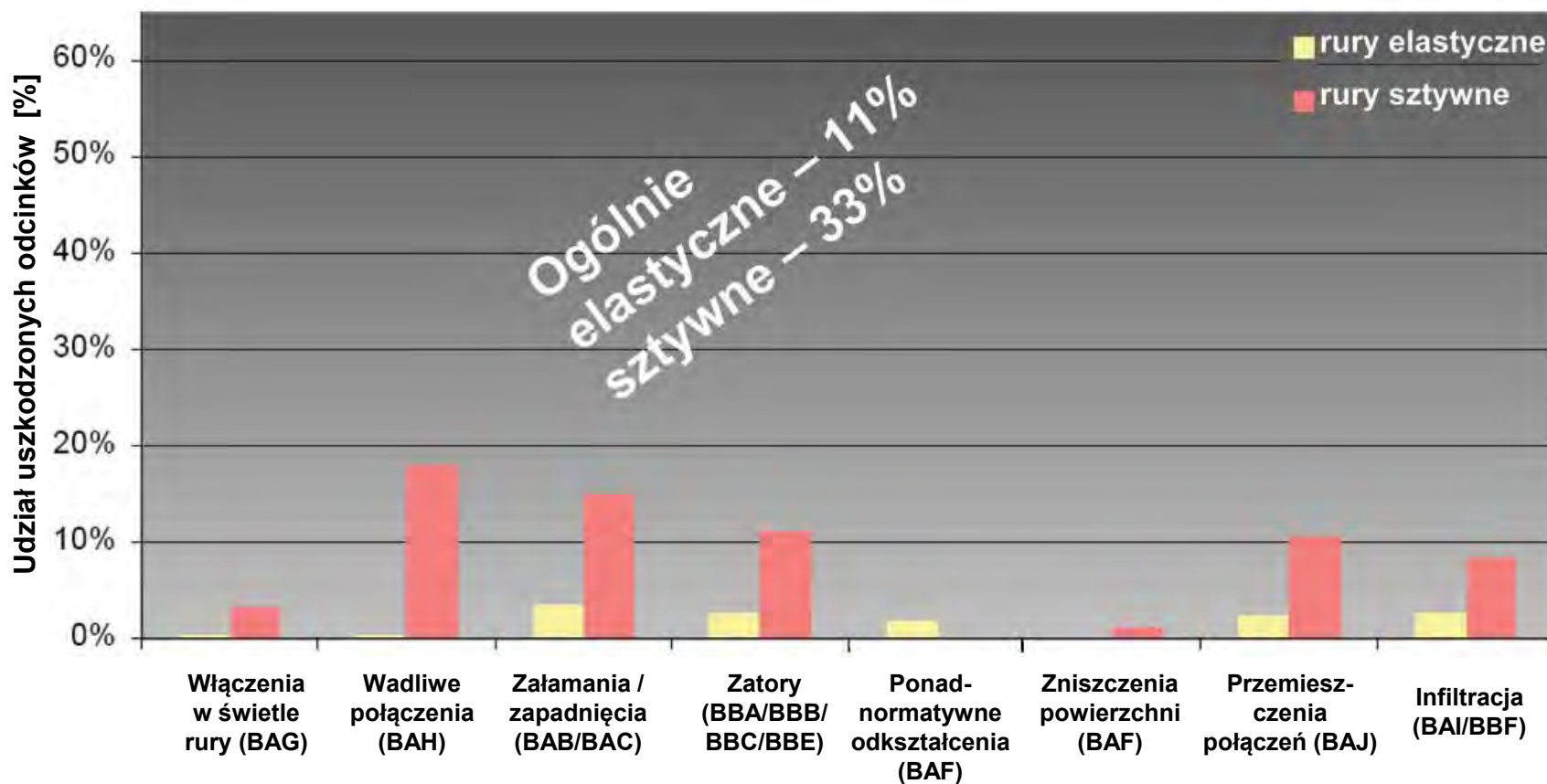


Wskaźnik udziału uszkodzonych odcinków w całości sieci

$\frac{\sum \text{długość sieci z uszkodzeniami}}{\sum \text{ogólna długość sieci}}$

[%]

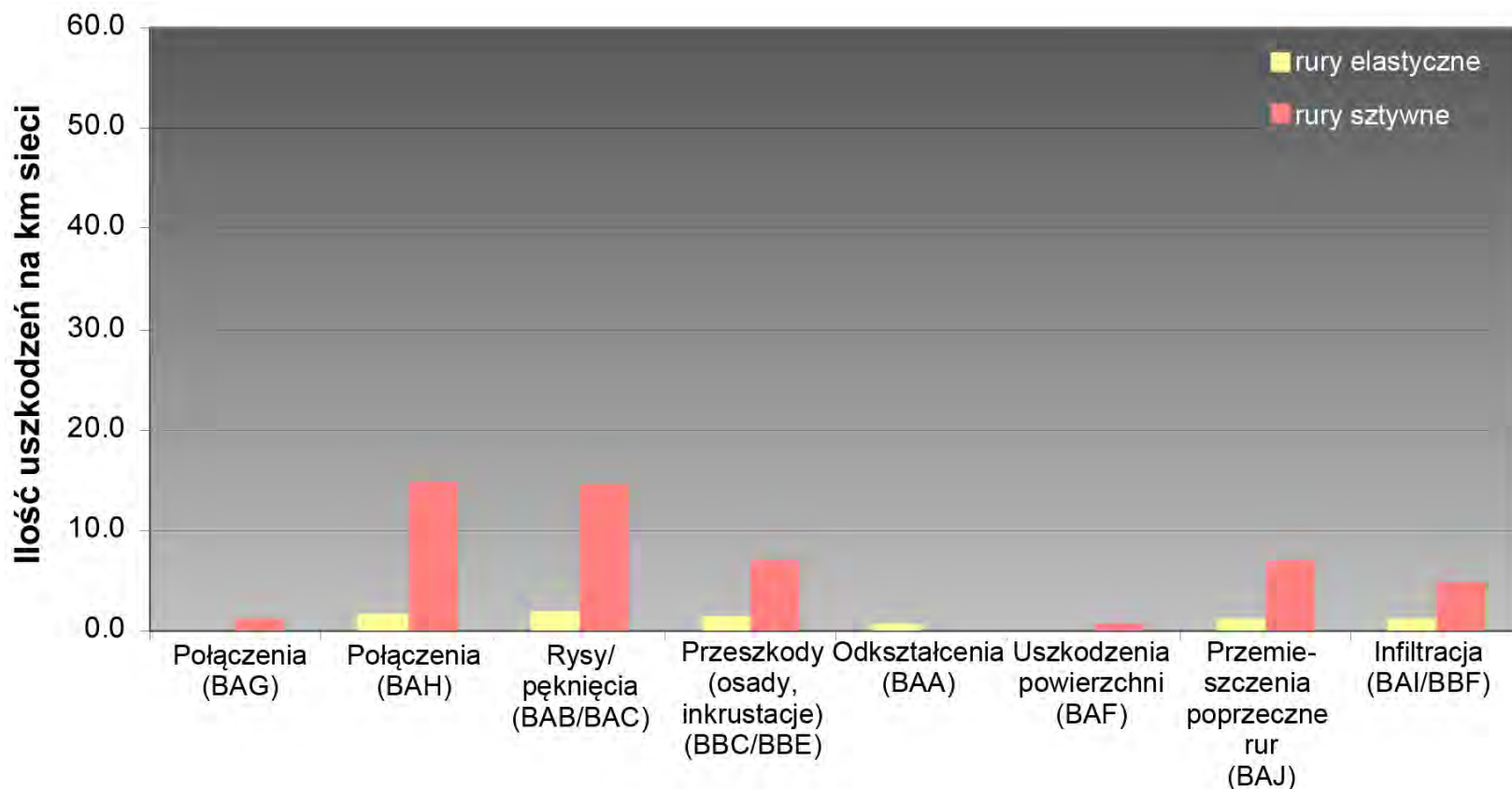
$\frac{\sum \text{ogólna długość sieci}}{\sum \text{ogólna długość sieci}}$



Wskaźnik ilości uszkodzeń na kilometr sieci

$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu}}{\sum \text{ogólna długość sieci}}$

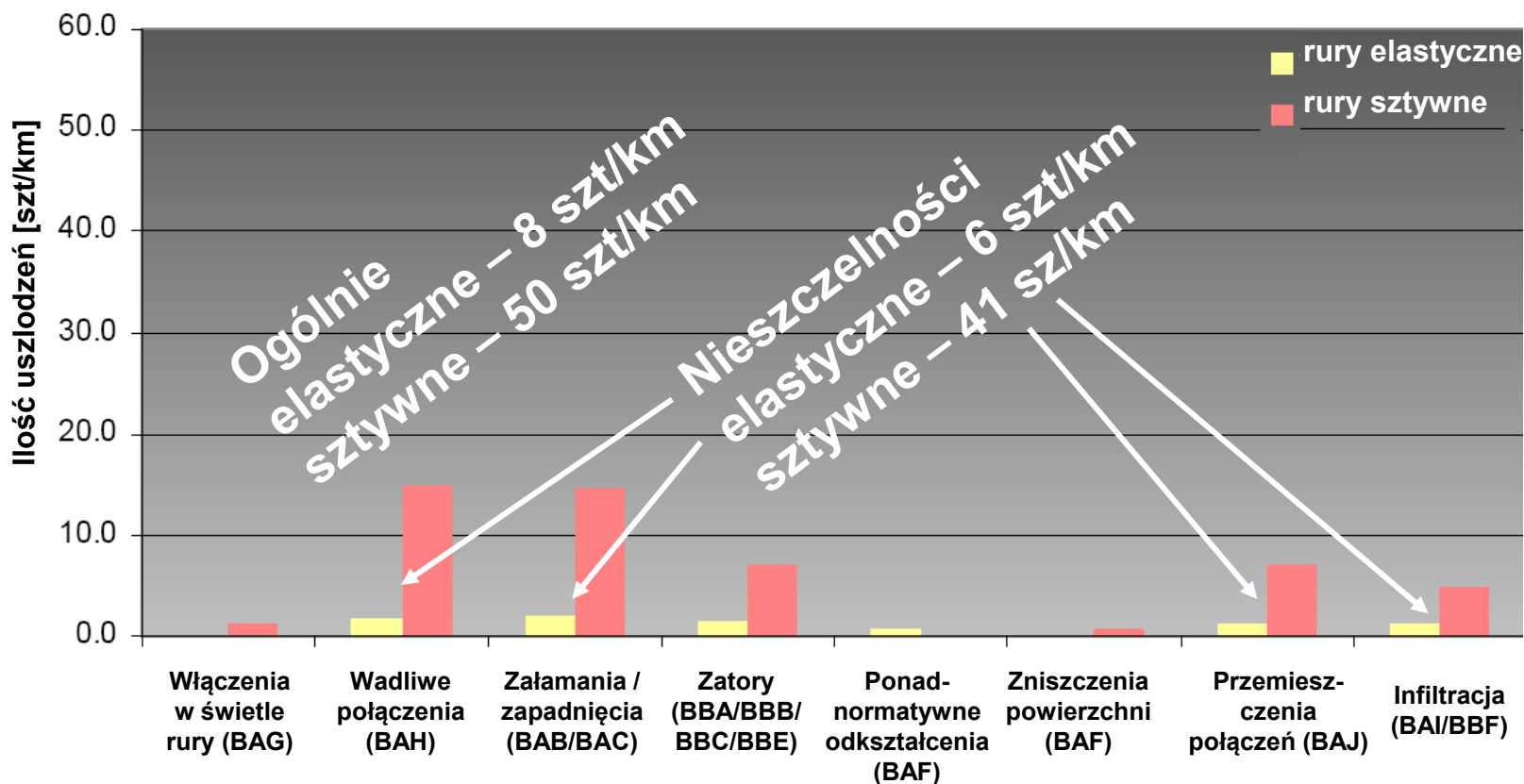
[szt/km]



Wskaźnik ilości uszkodzeń na kilometr sieci

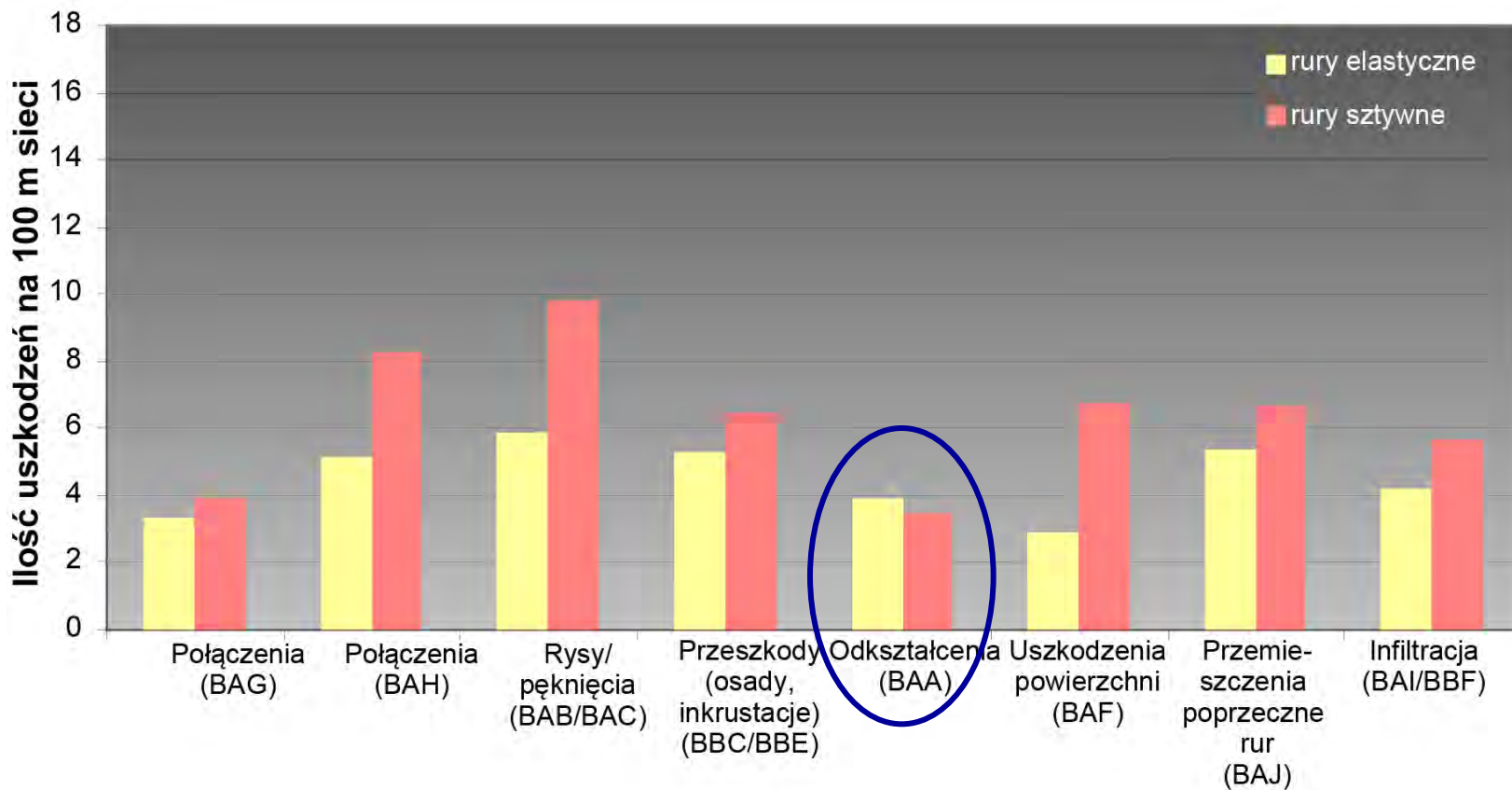
$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu}}{\sum \text{całkowita długość sieci}}$

[szt/km]



Wskaźnik udziału uszkodzeń w 100 m sieci

$$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu} \times 100\text{m}}{\sum \text{długość sieci z uszkodzeniami}} \quad [\text{szt}/100\text{m}]$$



O programie badawczym

3 wskaźniki dotyczące statystyki uszkodzeń

Rurociągi kanalizacyjne z materiałów
 sztywnych elastycznych



Wskaźnik udziału uszkodzonych odcinków w całości sieci

$\frac{\sum \text{długość sieci z uszkodzeniami}}{\sum \text{ogólna długość sieci}}$	[%]	100%	15%
--	-----	------	-----

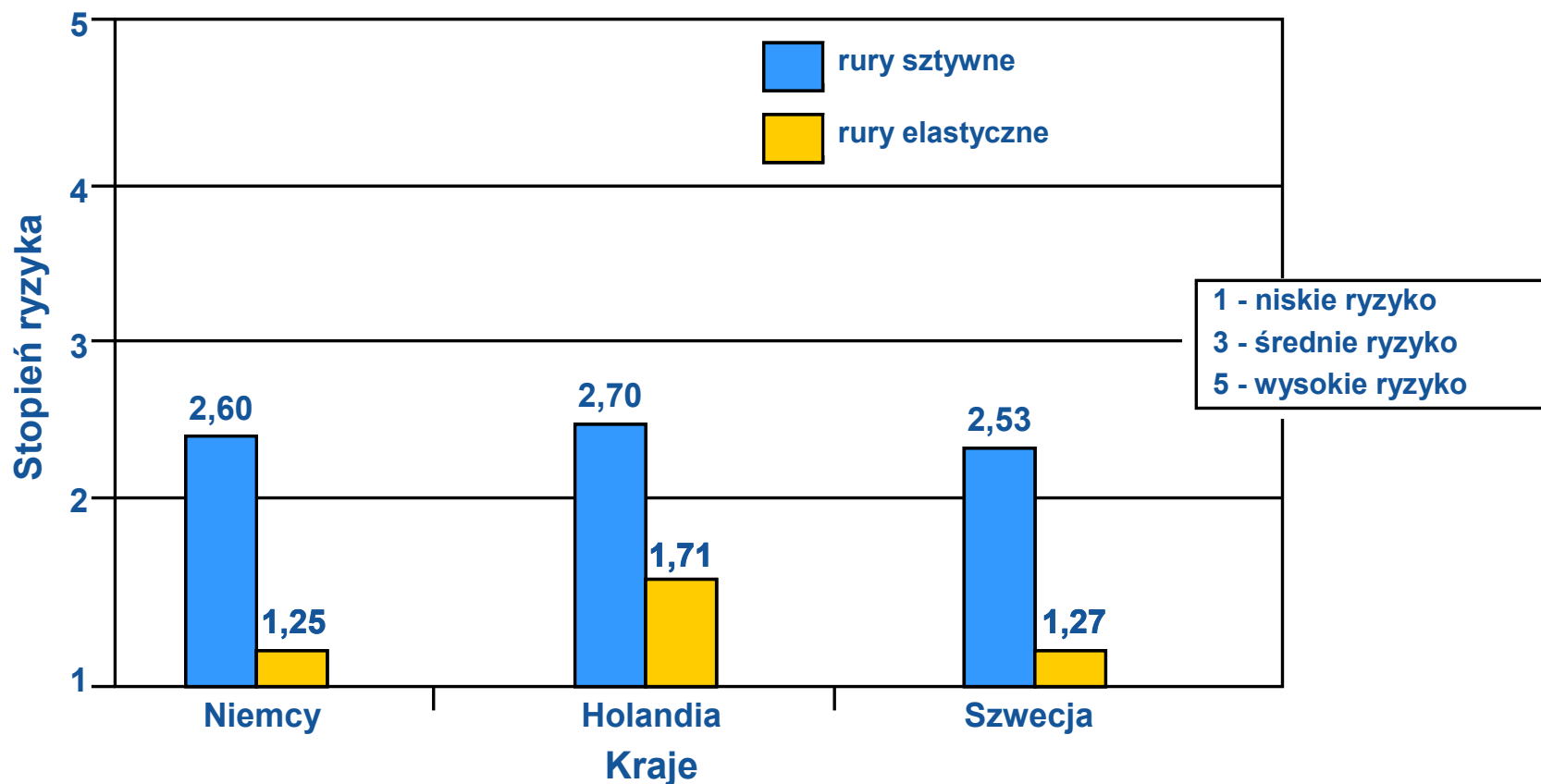
Wskaźnik ilości uszkodzeń na kilometr sieci

$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu}}{\sum \text{ogólna długość sieci}}$	[szt/km]	100%	20%
--	----------	------	-----

Wskaźnik udziału uszkodzeń w 100 m sieci

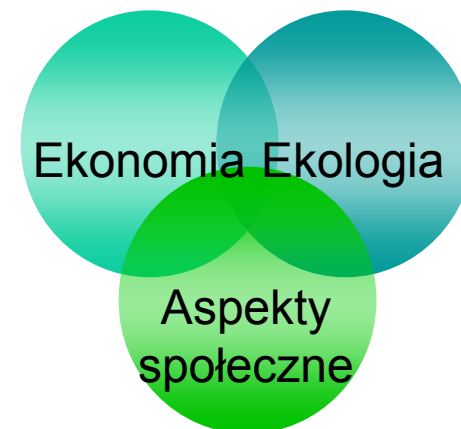
$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu} \times 100\text{m}}{\sum \text{długość sieci z uszkodzeniami}}$	[szt/100m]	100%	25%
--	------------	------	-----

Średni wpływ na środowisko powodowany przez infiltrację i exfiltrację



Wnioski i zalecenia

- **kierując się trwałością oraz wytrzymałością przy wyborze materiałów do wykonania sieci kanalizacyjnych układanych w gruncie powinno się wybierać materiały elastyczne, które dają w tym zakresie dużo lepsze parametry od materiałów tradycyjnych – sztywnych**
 - dzięki elastyczności w systemach kanalizacyjnych występuje mniej wad, awarii i usterek
 - elastyczność przewodów kanalizacyjnych ogranicza infiltrację, eksfiltrację, a przez to negatywny wpływ na środowisko
- **elastyczność jest niezbędną cechą każdego systemu kanalizacyjnego**



Wnioski z polskich badań naukowych dotyczących systemów kanalizacyjnych

- Opracowanie [15] prof. M. Kwietniewskiego zawiera zestawienie porównawcze uszkodzalności przewodów z PVC i kamionki na podstawie badań stanu technicznego kanałów przytoczone w opracowaniu prof. A. Kulickowskiego z 2000 r.

Rodzaj uszkodzenia	% liczby odcinków objętych danym uszkodzeniem	
	Odcinki kamionkowe (86 odcinków)	Odcinki z PCW (98 odcinków)
Odchylenie położenia	29,1	6,1
Zaleganie osadu	26,7	14,3
Przeszkody stałe	20,9	5,1
Pęknięcia	17,4	0
Wrastanie korzeni	17,4	0
Podtopienia	15,1	2,0
Narosty i nacieki	12,8	2,0

- Badania potwierdziły, że kanały kamionkowe charakteryzuje znacznie większa uszkodzalność, w tym głównie odchylenia położenia, zaleganie osadu i przeszkody stałe, natomiast w kanałach z PVC występuje przede wszystkim zaleganie osadu

Wnioski z polskich badań naukowych dotyczących systemów kanalizacyjnych

- Skutki nieszczelności sieci kanalizacyjnych:
 - infiltracja wód gruntowych prowadzi do przeciążenia hydraulicznego kanału, sieci i/lub oczyszczalni ścieków,
 - eksfiltrację ścieków prowadzi do zmniejszenie natężenia przepływu w kanale, zanieczyszczenie środowiska gruntowo-wodnego w najbliższym otoczeniu kanału i zagrożenie dla obiektów znajdujących się w jego otoczeniu,
 - utrudniony przepływ w kanale wskutek zatorów,
 - problemy eksploatacyjne i zwiększenie kosztów eksploatacji kanalizacji
- Porównuje rezultaty polskich badań z wcześniejszymi badaniami z rynku niemieckiego prof. D. Steina 1990-2000
- Spostrzeżenie:

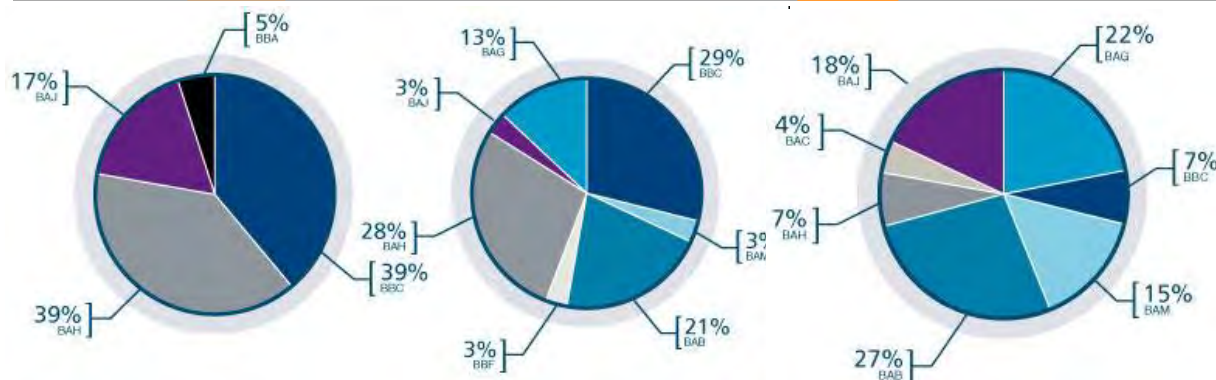
„Uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych mają swoją specyfikę polegającą na tym, że uszkodzenia są zdarzeniami zależnymi tworzącymi przyczynowo-skutkowy łańcuch zdarzeń, w efekcie czego zachodzi często zjawisko występowania w krótkim czasie kilku uszkodzeń „
- Zalecenia:
 - przestrzeganie zasad norm dotyczących wykonania robót
 - realizację prac przez kompetentne firmy,
 - rzetelny nadzór budowlany i odbiór techniczny,
 - stosowanie wysokiej jakości rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych

Wnioski z polskich badań naukowych dotyczących systemów kanalizacyjnych

- Diagnostyka telewizyjna przewodów kanalizacyjnych w Krakowie, o łącznej długości 2706,9 m (1580 km – cała sieć)
- Monitoring MPWiK SA w Krakowie (2002-2005) - kanały dn300 w wieku 5-8 lat
- Nomenklatura uszkodzeń wg PN-EN 13508-2

Rodzaj materiału	Łączna liczba uszkodzeń w przeliczeniu na 1 km kanału	Rodzaj i liczba poszczególnych uszkodzeń w przeliczeniu na 1 km kanału								
		BAM	BAB	BBF	BAH	BAC	BAJ	BAG	BAA	BBC
Kamionka	45,8	6,7	12,5	-	3,3	1,7	8,3	10,0	-	3,3
Beton	31,7	0,8	6,7	0,8	9,2	-	0,8	4,2	-	9,2
PCV	34,1	-	-	-	13,3	-	5,8	-	1,7	13,3

BAM – uszkodzenie spoiny,
 BAB – szczelina,
 BBF – infiltracja,
 BAH – wadliwe połączenie,
 BAC – przerwanie, zapadnięcie,
 BAJ – przemieszczone złącze,
 BAG – połączenie wystające,
 BAA – deformacja,
 BBC – odłożone osady



Struktura i procentowy udział poszczególnych uszkodzeń kanałów wykonanych z PCV, betonu i kamionki

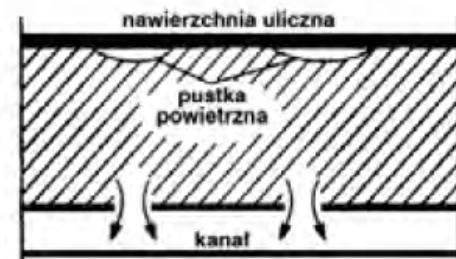
Wnioski z polskich badań naukowych dotyczących systemów kanalizacyjnych

Przyczyny katastrof kanalizacyjnych

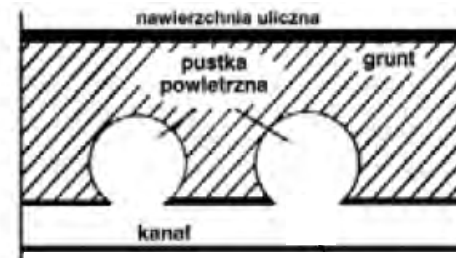
- infiltracji wody towarzyszy migracja gruntu, destabilizując zewnętrznego otoczenia gruntowego kanału i przyspieszając proces wywołujący zaistnienie katastrofy kanalizacyjnej
- eksfiltracja ścieków z nieszczelnych kanałów do gruntu może powodować wymywanie cząstek gruntu spod konstrukcji i osiadanie powierzchni terenu lub powolną erozję gruntów spoistych (tworzenie dużych pustek).
- Spostrzeżenie:
„katastrofy kanalizacyjne, które mają miejsce w przypadku gruntów spoistych, są bardziej niebezpieczne dla otoczenia, niż te występujące w gruntach niespoistych.”



Osiadanie powierzchni terenu nieutwardzonego nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału



Zagrożenie nagłym zapadnięciem się nawierzchni nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału



Puste przestrzenie powietrzne tworzące się w gruntach spoistych nad brakującymi fragmentami górnej części konstrukcji kanału

Wnioski z polskich badań naukowych dotyczących systemów kanalizacyjnych



Duża pustka powietrzna nad wierzchołkiem uszkodzonego kanału

Infiltracja wody gruntowej do wnętrza kanału przez nieszczelne złącze rur

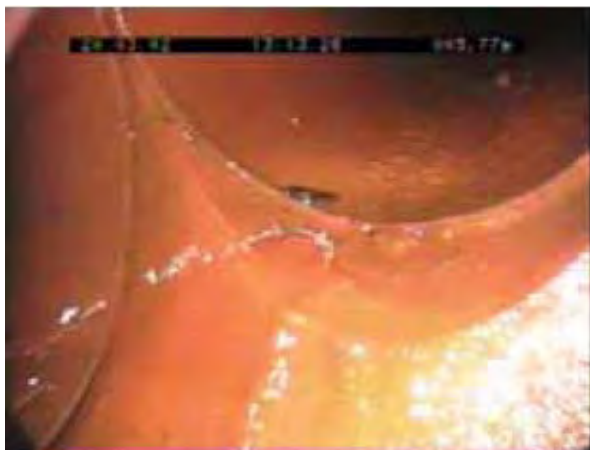


Narosty infiltracyjne świadczące o okresowej infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału przez pęknięcie w rurze



Wnioski z polskich badań naukowych dotyczących systemów kanalizacyjnych

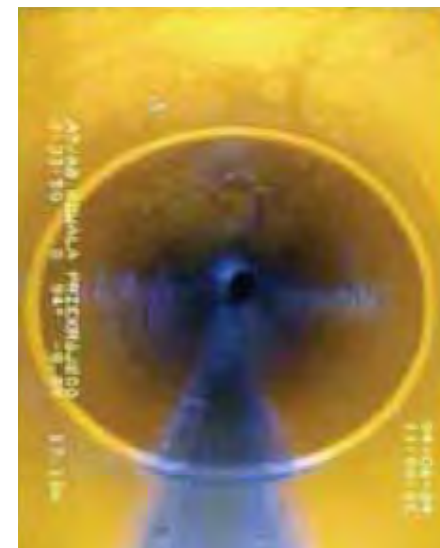
Wypadnięcie uszczelki gumowej
z części obwodu złącza rur



Wtrysk pod ciśnieniem wody gruntowej do wnętrza kanału przez punktowe uszkodzenie powłoki rury z tworzywa sztucznego

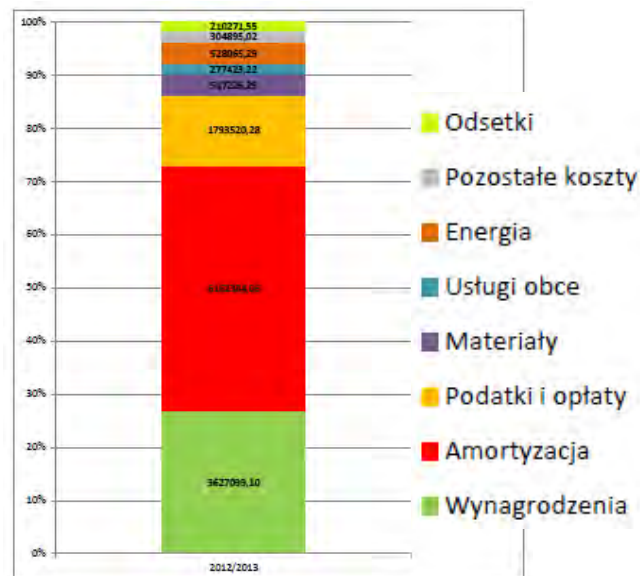
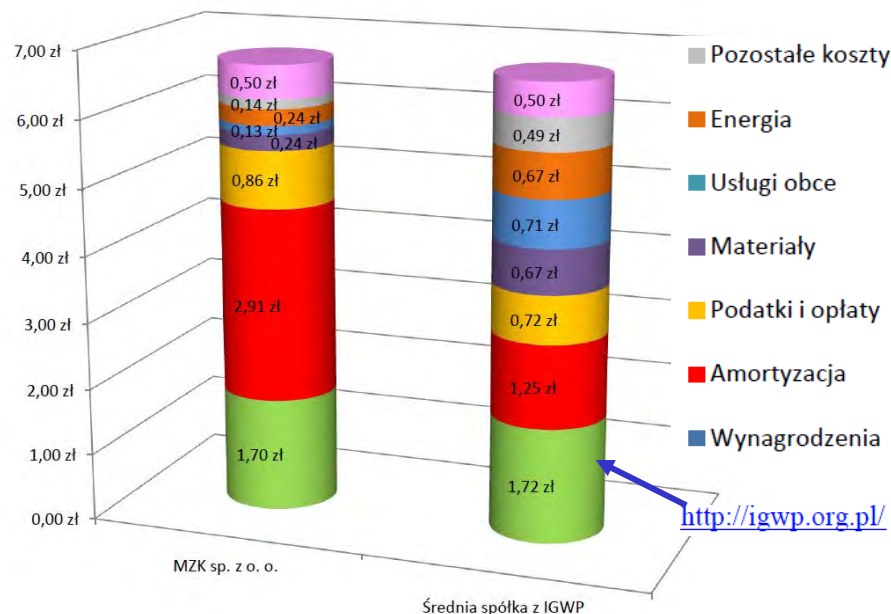


Ponadnormatywne ugięcie
rur z tworzywa sztucznego



Podsumowanie

- Prace badawcze naukowców polskich są zbieżne w obserwacjach z wynikami uzyskanymi w programie badawczym prof. D. Steina
- Eliminacja infiltracji i eksfiltracji nie stanowi priorytetu w działaniach przedsiębiorstw eksploatacyjnych:
 - nie wszystkie przedsiębiorstwa planowo monitorują stan sieci
 - struktura kosztów ukrywa skutki zaniechania tych decyzji



- Praca prof. Steina podkreśla znaczenie negatywnego wpływu uszkodzeń systemów kanalizacyjnych na środowisko i wskazuje sposób rozwiązania problemu

ELASTYCZNOŚĆ RUROCIĄGÓW

- Potencjał możliwych korzyści dla przedsiębiorstw eksploatujących systemy kanalizacyjne:
 - obniżenie kosztów eksploatacyjnych, w tym:
 - niższe wskaźniki występowania wad i awarii;
 - ograniczenie szerokiego spektrum skutków tych wad (w tym infiltracji i eksfiltracji)
 - ograniczenie czasu i kosztów usuwania awarii.
 - zmiany struktury działań eksploatacyjnych z akcyjnych na planowe,