

# Tomasz Nowak

---

## Analiza porównawcza koryt pomiarowych standardu ISO do pomiaru przepływu cieczy w przewodach otwartych

---

Problemy Rozwoju Miast 3/1-4, 90-97

---

2006

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## **ANALIZA PORÓWNAWCZA KORYT POMIAROWYCH STANDARDU ISO DO POMIARU PRZEPŁYWU CIECZY W PRZEWODACH OTWARTYCH**

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono wyniki pracy badawczej wykonanej przez autora w ramach działalności statutowej IRM w Krakowie w roku 2005, dotyczącej wszechstronnej analizy porównawczej opisanych w normach ISO wybranych rozwiązań technicznych układów pomiarowych przepływu cieczy w przewodach otwartych.

**Słowa kluczowe:** gospodarka wodno-ściekowa, kanały otwarte, pomiar przepływu

### **1. Wprowadzenie**

Pomiary strumienia objętości cieczy w przewodach otwartych (bezcisnieniowych) są zazwyczaj podstawą zarówno do bilansowania gospodarki wodno-ściekowej w wydzielonych zlewniach, oceny wpływu zrzutów ścieków do środowiska naturalnego, jak i np. oceny parametrów technologicznych oczyszczania ścieków. Klasyczną metodą realizacji tego typu pomiarów jest metoda spiętrzeniowa, zakładająca wstawienie w nurt swobodnie płynącej cieczy przeszkody w formie koryta pomiarowego lub przelewu mierniczego o ustalonej charakterystyce przepływu. Charakterystyka taka określa zależność między wysokością piętrzenia cieczy przed przeszkodą, zwaną elementem pierwotnym układu pomiarowego, a chwilową wartością przepływu ścieków.

Literatura specjalistyczna opisuje kilkanaście typów rozwiązań konstrukcyjnych elementów pierwotnych układów pomiarowych, jednak jedynie konstrukcje kilku z nich zostały opracowane w formie zaleceń normatywnych. W przypadku koryt pomiarowych opracowano normy międzynarodowe ISO dotyczące klasycznych koryt typu Venturiego (Norma ISO 4359) [2] oraz koryt typu Parshalla i SANIIRI (Norma ISO 9826) [3]. Literatura specjalistyczna nie podaje jednak wskazówek co do wyboru rozwiązania technicznego koryta pomiarowego w indywidualnych warunkach hydrotechnicznych. Wskazania takie są możliwe do sprecyzowania w wyniku wszechstronnego porównania obu rozwiązań koryt pomiarowych w świetle wymagań cytowanych norm międzynarodowych ISO. Zadanie to stanowiło podstawowy cel analizy przeprowadzonej przez autora [4].

### **2. Zakres analizy porównawczej**

Koryta pomiarowe typu Parshalla przystosowane są do współpracy z kanałami otwartymi naturalnymi i sztucznymi o prostokątnym lub trapezowym przekroju poprzecznym, przy

czym przekrój przewężenia tych koryt ma kształt prostokątny. Koryta opisane w Normie ISO 4359 (koryta Venturiego) mogą być stosowane dodatkowo do współpracy z kanałami o innym przekroju poprzecznym, a przekrój przewężenia koryta może być prostokątny, trapezowy lub U-kształtny. Porównanie między oboma rozwiązaniami technicznymi może dotyczyć jedynie koryt pomiarowych z prostokątnym kształtem przekroju poprzecznego przewężenia.

Norma opisująca koryta typu Parshalla [3] zaleca stosowanie typoszeregu 21 koryt pomiarowych o ściśle ustalonych gabarytach, a przede wszystkim różnych szerokościach w przekroju przewężenia. W normie tej podano wprawdzie metodykę wyznaczania gabarytów i hydrauliki pracy koryt pomiarowych o dowolnie wybranej szerokości przewężenia, jednak dla rozwiązań tych nie podano współczynników doświadczalnych, co powoduje konieczność wzorcowania układu pomiarowego na obiekcie. W przypadku koryt Venturiego szerokości przewężenia mogą być dobierane indywidualnie, w określonym przedziale w stosunku do gabarytów kanału dopływowego. Analizie porównawczej poddano poszczególne typy koryt Parshalla oraz odpowiadające im szerokością przewężenia koryta typu Venturiego.

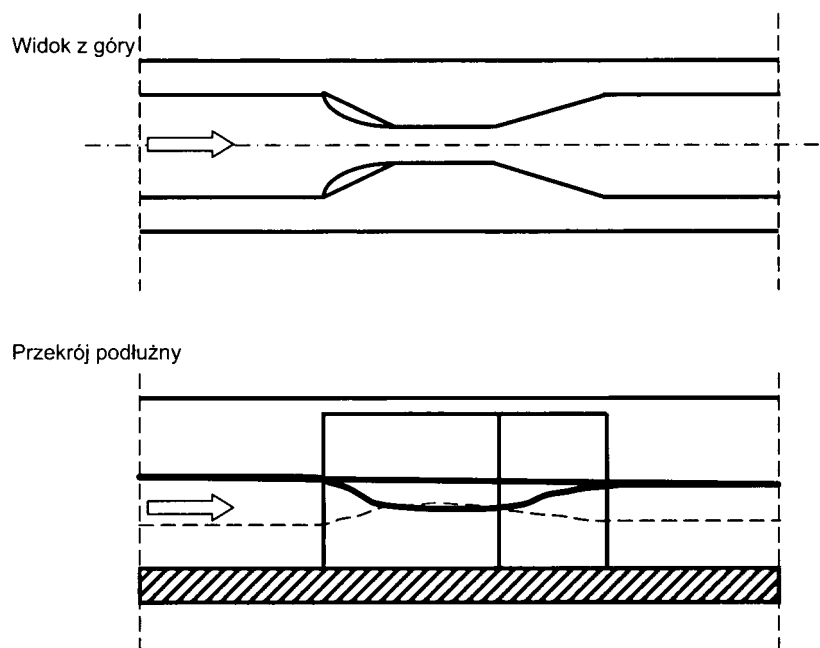
### **3. Budowa i hydraulika pracy koryt pomiarowych**

Zarówno budowa, jak i hydraulika pracy obu rozpatrywanych typów koryt pomiarowych różnią się zasadniczo, co zilustrowano na ryc. 1.

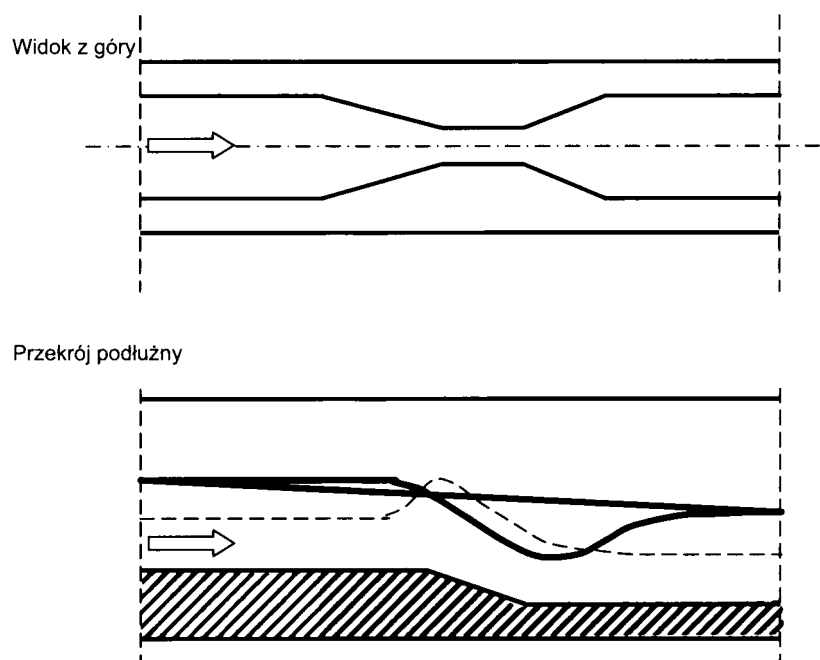
Koryta typu Venturiego (ryc. 1a) należą do rodzaju II według klasyfikacji opracowanej przez Kilpatricka [1]. Dno kanału, w którym instalowany jest element pierwotny układu pomiarowego, jest płaskie. Hydraulika przepływu cieczy zakłada przejście z warunków przepływu nadkrytycznego w kanale dopływowym w krytyczny w przewężeniu koryta, a następnie powrót do warunków przepływu nadkrytycznego w kanale odpływowym.

Koryta typu Parshalla (ryc. 1b) należą do rodzaju V według klasyfikacji Kilpatricka. W rozwiązaniu tym dno na długości przewężenia koryta wykonane jest ze spadkiem, co powoduje występowanie warunków przepływu podkrytycznego. W efekcie następuje przejście od warunków przepływu nadkrytycznego w kanale dopływowym do podkrytycznego w przewężeniu, a następnie przepływ nadkrytyczny w kanale odpływowym.

Założenia rozwiązań konstrukcyjnych w obu rozpatrywanych przypadkach przedstawiono na ryc. 2a i 2b, oddzielnie dla obu rodzajów koryt pomiarowych. Przedstawione na schematach podstawowe różnice obu rozwiązań powodują, że opis matematyczny hydrauliki przepływu cieczy przez te koryta jest również różny.



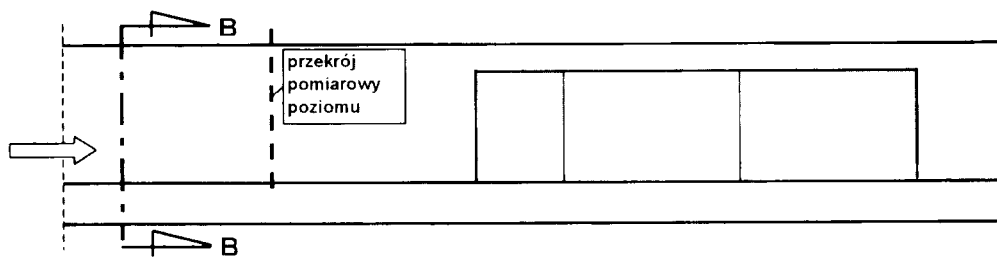
Ryc. 1a. Schemat ideowy koryta typu Venturiego



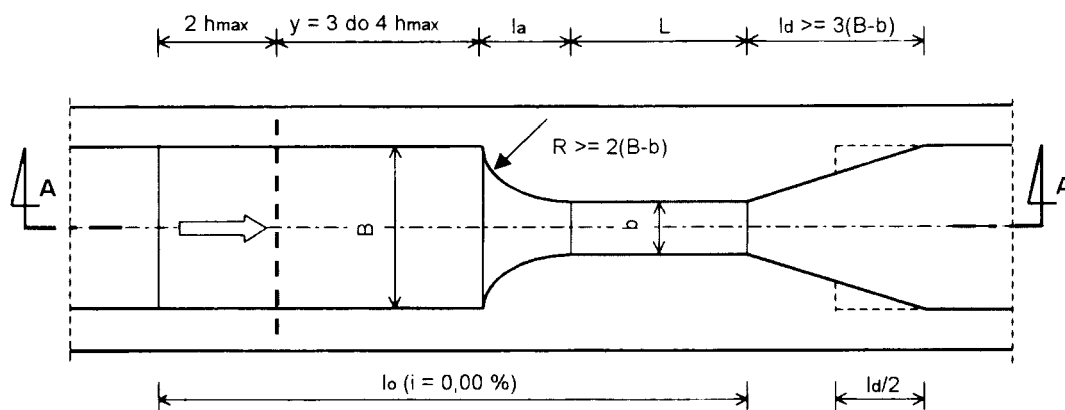
Oznaczenia:                      - - - - -      głębokość krytyczna  
    —————      poziom zwierciadła cieczy

Ryc. 1b. Schemat ideowy koryta typu Parshalla

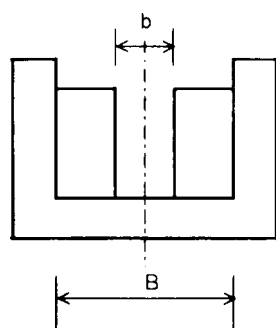
### PRZEKRÓJ A - A



### WIDOK Z GÓRY

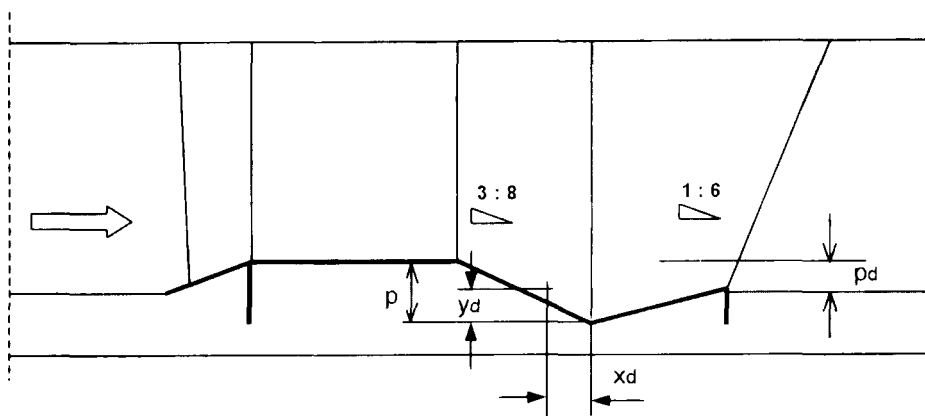


### PRZEKRÓJ B - B

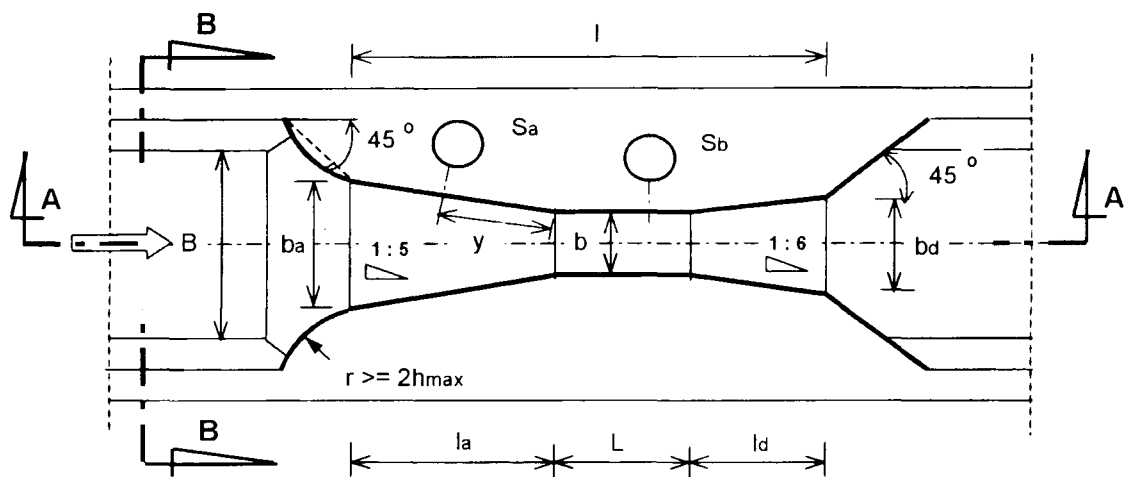


Ryc. 2a. Koryto pomiarowe Venturiego. Schemat ideowy

PRZEKRÓJ A - A

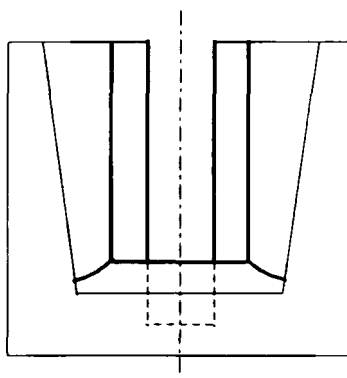


WIDOK Z GÓRY



S<sub>a</sub> - studzienka pomiarowa na dopływie  
 S<sub>b</sub> - studzienka pomiarowa w przewężeniu

PRZEKRÓJ B - B



Ryc. 2b. Koryto pomiarowe Parshalla. Schemat ideowy

#### **4. Analiza porównawcza koryt pomiarowych Venturiego i Parshalla**

Przyjęta metodyka badań porównawczych zakładała przeprowadzenie obliczeń hydraulicznych i metrologicznych oraz ustalenie geometrii koryt pomiarowych obu rodzajów przy przyjęciu jednakowej szerokości przewężenia jako parametru wyjściowego. W efekcie takiego założenia dla każdego typu koryt pomiarowych Parshalla ustalano gabaryty koryta pomiarowego Venturiego zgodnie z zaleceniami i limitami stosowania tych koryt podanymi w Normie ISO [2]. Jako podstawowe przyjęto założenie, że dla każdego rodzaju koryta Parshalla zarówno szerokości przewężenia, jak i wysokości piętrzenia maksymalnego w przekrojach pomiarowych są dla obu rodzajów koryt jednakowe.

#### **5. Wnioski z analizy porównawczej koryt pomiarowych**

##### **5.1. Wymagania hydrauliczne koryt pomiarowych i kanałów współpracujących**

Charakterystyki przepływowe koryt pomiarowych obu rodzajów wskazują jednoznacznie, że przepustowość koryt pomiarowych Parshalla jest zdecydowanie większa niż koryt Venturiego przy jednakowych szerokościach przewężenia elementu pierwotnego. Tak więc przepływ cieczy przez koryto Parshalla jest większy niż przez koryto Venturiego przy jednakowym poziomie piętrzenia cieczy w przekroju pomiarowym.

Wymagania hydrauliczne odnośnie do parametrów pracy kanału dopływowego do elementu pierwotnego koryta pomiarowego są jednakowe dla obu rodzajów rozpatrywanych koryt. Odnoszą się one do symetrycznego rozkładu prędkości w strumieniu cieczy w tym kanale oraz występowania warunków przepływu nadkrytycznego z określonym limitem liczby Froude'a.

W obu rodzajach koryt pomiarowych istotne są warunki hydrauliczne w kanale odpływowym z koryta pomiarowego. W przypadku koryt Parshalla po przekroczeniu określonego poziomu współczynnika podtopienia wypływu, tj. stosunku poziomów w przekroju pomiarowym i w przewężeniu, przepływ przez koryto pomiarowe przestaje być swobodny i wymaga wprowadzenia korekty do obliczeń charakterystyki przepływowej.

Dla koryt pomiarowych Venturiego wymagane jest z jednej strony występowanie warunków przepływu nadkrytycznego w kanale odpływowym, a z drugiej strony stosunek wysokości energii w przekroju pomiarowym i w kanale odpływowym nie może przekraczać wartości 1,25 (w niektórych przypadkach 1,33). Przeprowadzone obliczenia wykazują, że wymagany przedział wypełnień w kanale odpływowym jest stosunkowo wąski, co w szczególności sposób uzależnia prawidłowość działania koryta pomiarowego od warunków hydraulicznych w tym kanale. Podtopienia hydrauliczne w tym rozwiązaniu nie są dopuszczane.

Analiza porównawcza wymagań hydraulicznych kanału odpływowego wskazuje, że jego dopuszczalne wypełnienia maksymalne dla przepływów traktowanych jako przepływy

swobodne są wyższe dla koryt Venturiego niż koryt Parshalla w grupie koryt standardowych i zbliżone w grupie koryt dużych.

## **5.2. Własności metrologiczne koryt pomiarowych**

Obliczenia metrologiczne przeprowadzone zgodnie z zaleceniami obu omawianych norm ISO wskazują, że we wszystkich rodzajach koryt pomiarowych Venturiego klasa dokładności pomiaru przepływu jest lepsza niż dla odpowiadających im koryt Parshalla, nawet przy przyjęciu dla tych koryt dolnego poziomu błędów wyznaczenia współczynników wydatku.

## **5.3. Gabaryty i wymagania konstrukcyjne koryt pomiarowych**

Wymagane długości zabudowy koryt pomiarowych obu typów ustalono zgodnie z zaleceniami odpowiadających im norm ISO. We wszystkich przypadkach długość zabudowy koryt Parshalla jest mniejsza niż koryt Venturiego. Jest to szczególnie wyraźne w przypadku koryt Parshalla z grupy koryt dużych. Jednak konstrukcja koryt Parshalla jest znacznie bardziej skomplikowana i trudniejsza w realizacji niż koryt Venturiego.

## **6. Podsumowanie i uwagi dodatkowe**

Przeprowadzona analiza porównawcza koryt pomiarowych typu Venturiego i Parshalla opisanych w normach międzynarodowych ISO [2][3] wykazała, że przyjęcie danego rozwiązania technicznego elementu pierwotnego układu pomiarowego strumienia objętości cieczy w kanale otwartym powinno być poprzedzone w każdym przypadku wszechstronną analizą uwzględniającą następujące podstawowe elementy.

1. Ocena możliwości wykonania uskoku w dnie kanału. Brak takiej możliwości praktycznie eliminuje stosowanie koryt typu Parshalla.

2. Piętrzenie cieczy w strefie dopływowej do przekroju pomiarowego. Generalnie można stwierdzić, że wysokości piętrzenia pomiarowego cieczy w korytach Parshalla są mniejsze niż w korytach Venturiego. Może to mieć znaczenie dla warunków pracy przyłączy lub urządzeń kanalizacyjnych w strefie dopływu do przekroju pomiarowego.

3. Warunki hydrauliczne w kanale odpływowym z obiektu pomiarowego. Mają one znacznie większe znaczenie w przypadku koryt Venturiego. Przedział wypełnień pomiędzy wymaganymi a dopuszczalnymi jest tu znacznie węższy niż dla koryt Parshalla. Z drugiej strony poziom w kanale odpływowym, uznawany w normach [2][3] jako graniczny poziom przepływów swobodnych, jest w korytach Venturiego wyższy od zalecanych dla koryt Parshalla. Przy wypełnieniach kanału odpływowego powyżej poziomów granicznych przepływu cieczy przez koryta Venturiego nie powinien być mierzony, a w przypadku koryt Parshalla należy uwzględnić współczynnik korygujący charakterystykę. Wartość tego współczynnika



jest zależna od poziomu cieczy w przewężeniu elementu pierwotnego, co jest związane z koniecznością realizacji dodatkowego pomiaru poziomu w tym przekroju.

4. Własności metrologiczne układu pomiarowego. Przeprowadzona analiza porównawcza wykazała, że możliwe do uzyskania klasy dokładności układów pomiarowych z korytami Venturiego są wyższe niż w przypadku koryt Parshalla. Wynika to głównie ze stosunkowo małej dokładności wyznaczenia współczynników przepływu w korytach Parshalla (2-4%) oraz jest związane z różnicami w wysokościach piętrzeń pomiarowych.

5. Gabaryty i koszty wykonania układu pomiarowego. Długość zabudowy koryt typu Parshalla jest mniejsza niż koryt Venturiego, jednak koszty wykonania obiektu mogą być wysokie w przypadku koryt Parshalla z uwagi na ich bardziej skomplikowany kształt.

## Literatura

1. Grant D. M., Dawson B. D. *ISCO Open Channel Flow Measurement Handbook* Lincoln, Nebraska USA, 1995.
2. *Norma międzynarodowa ISO 4359-1983 Liquid Flow Measurement in Open Channels. Rectangular, Trapezoidal and U-shaped Flumes.*
3. *Norma międzynarodowa ISO 9826-1992 Measurement of Liquid Flow in Open Channels. Parshall and SANIIRI Flumes.*
4. Nowak T. *Analiza porównawcza koryt pomiarowych typu Venturiego oraz Parshalla w świetle wymagań norm międzynarodowych ISO.* Instytut Rozwoju Miast (maszynopis) Kraków 2005.

## Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki wykonanej przez autora analizy porównawczej koryt pomiarowych standardu ISO do pomiaru przepływu cieczy w przewodach otwartych. Wynika z niej, że zastosowanie danego rozwiązania technicznego elementu pierwotnego układu pomiarowego opisanego w normach międzynarodowych ISO powinno być poprzedzone w każdym przypadku szczegółową analizą techniczną, metrologiczną i hydrauliczną ze szczególnym uwzględnieniem warunków odpływu cieczy z obiektu pomiarowego.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF ISO STANDARD MEASUREMENT FLUMES FOR MEASURING THE LIQUID FLOW IN OPEN DUCTS

**Abstract.** This article presents the results of research completed by the author as part of the statutory activities of the Institute of Urban Development (IRM) in Kraków in 2005. The research works concerned a multi-faceted comparative analysis of the selected technical solutions of liquid flow measurement systems in open ducts, as described in the ISO standards.

**Key Words:** water and sewage management, open canals, flow measurement

Mgr inż. Tomasz Nowak  
Instytut Rozwoju Miast, Kraków