INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	**MEC IIIb**
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – hydrodynamika a termomechanika, 3. ročník.
Sada číslo:	**G–21**
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	**05**
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G–21–05
Název vzdělávacího materiálu:	**Ustálený tok skutečných kapalin**
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

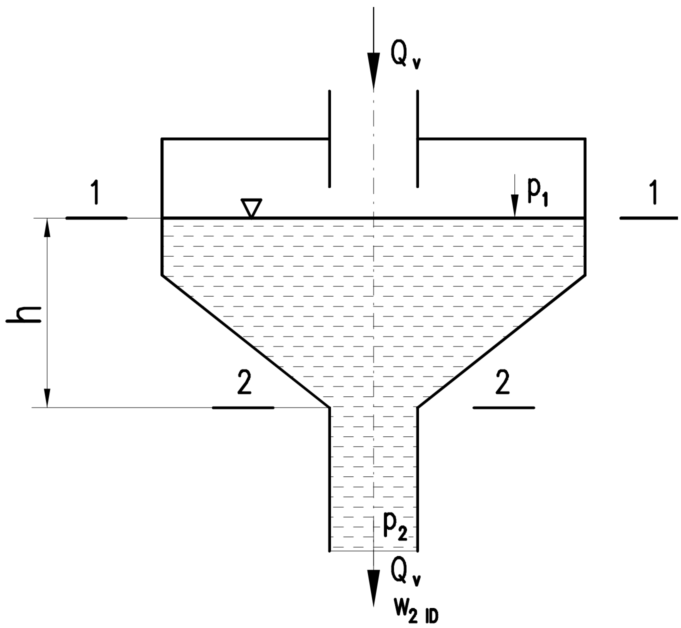
Ustálený tok skutečných kapalin

Ustálený výtok kapaliny nastává, jestliže z nádoby vytéká právě tolik kapaliny, kolik do ní přitéká. Volná hladina kapaliny v nádrži zůstává stále na stejné výši.

Ustálený výtok ideální kapaliny můžeme odvodit z Bernoulliho rovnice.

Ideální výtoková rychlost:

Použijeme Bernoulliho rovnici v bodech 1 – 2:



$$g \cdot H_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = g \cdot H_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_{2id}^2}{2}$$

$$g \cdot h + \frac{p_1}{\rho} + 0 = 0 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_{2id}^2}{2}$$

$$w_{2id} = \sqrt{2 \cdot \left(g \cdot h + \frac{(p_1 - p_2)}{\rho} \right)}$$

za předpokladu, že $p_1 = p_2$ platí:

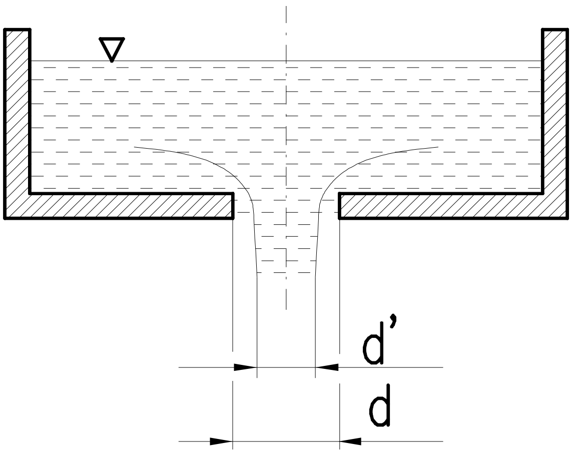
$$w_{2id} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

U skutečných kapalin je vlivem vnitřního tření kapaliny skutečná výtoková rychlost menší, než výtoková rychlost ideální kapaliny (vlivem tření, …).

$$w_2 = \varphi \cdot w_{2id}$$

φ – rychlostní součinitel, $\varphi < 1 \cdot$

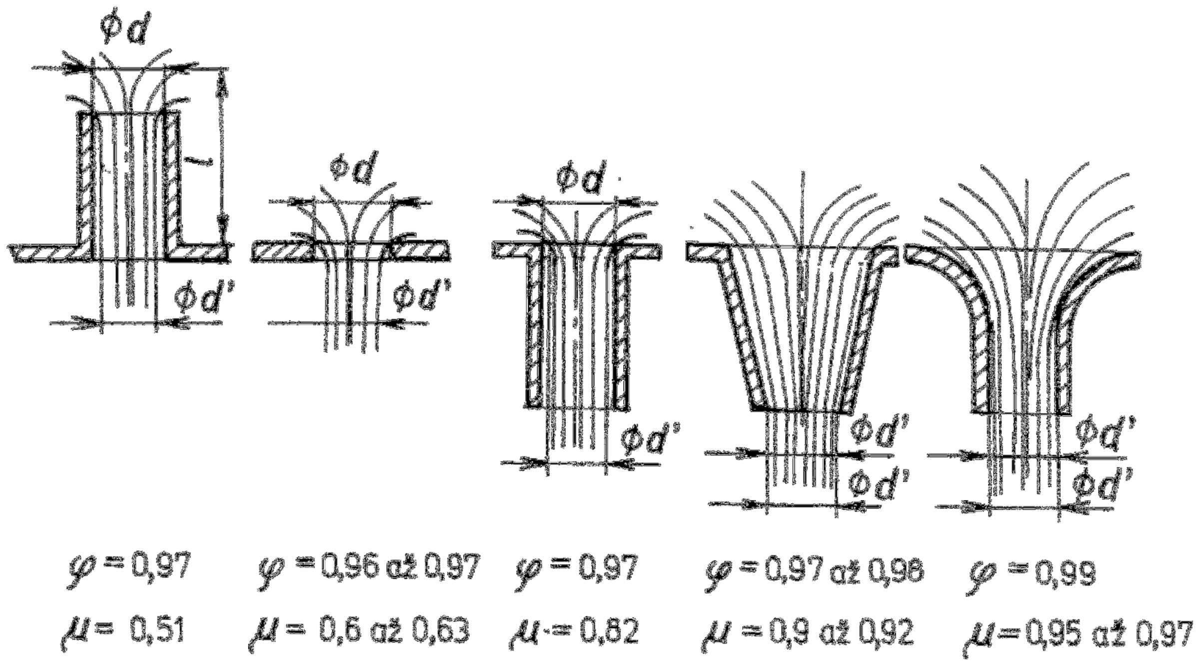
Rovněž dochází k zúžení průřezu proudu tekutiny vůči průřezu.



Součinitel kontrakce (zúžení průřezu):

$$\varepsilon = \frac{\frac{\pi \cdot d'^2}{4}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{d'^2}{d^2} = \varepsilon$$

Výtokový součinitel:



Objemový průtok:

$$\mu = \varepsilon \cdot \varphi$$

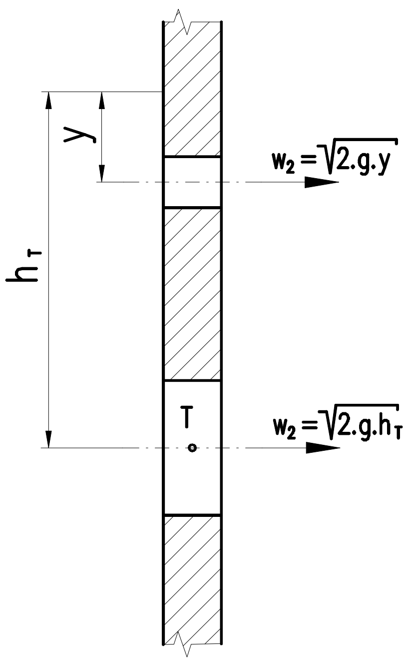
$$Q_V = S' \cdot w_2 = \overbrace{\varepsilon \cdot \varphi}^{\mu} \cdot S \cdot w_{2id} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \left(g \cdot h + \frac{(p_1 - p_2)}{\rho} \right)}$$

(φ – rychlostní součinitel, μ – výtokový součinitel).

Př.: Určete, jaké množství vody vytéká malým otvorem d = 20 mm, je–li výtokový součinitel $\mu = 0{,}82$, otvor je 1 m pod hladinou; $p_1 = p_2$.

$$Q_V = \mu \cdot S \cdot v = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \left(g \cdot h + \frac{(p_1 - p_2)}{\rho} \right)} = 0{,}82 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}02^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1} = 0{,}00115\ m^3/s$$

Ustálený výtok kapaliny otvorem boční stěnou nádoby



Vztah pro výtokovou rychlost ideální kapaliny můžeme stejně jako v předchozím případě odvodit z Bernoulliovy rovnice:

$$w_2 = \sqrt{2 \cdot \left(g \cdot h + \frac{p_1 - p_2}{\rho} \right)}$$

Pro $p_1 = p_2$:

$$w_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot y}$$

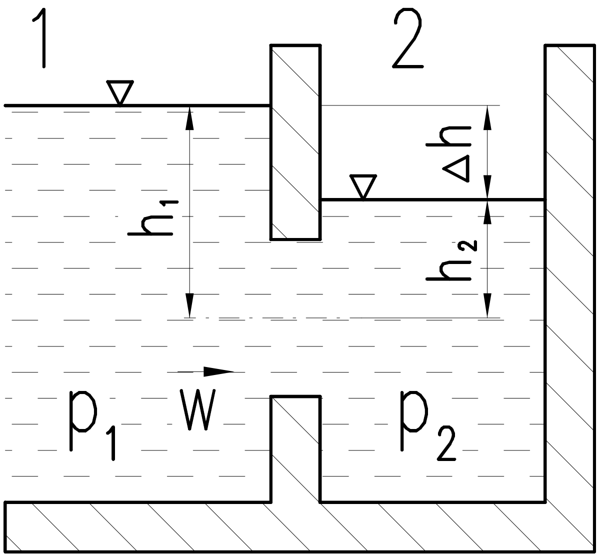
Výtoková rychlost se mění s hloubkou otvoru pod hladinou **y** podle paraboly.

U malých otvorů je rozdíl v horní a dolní části výtokového otvoru minimální, proto pro výpočet používáme výtokovou rychlost, která odpovídá hloubce těžiště otvoru.

Objemový průtok:

$$Q_V = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_T}$$ (μ – výtokový součinitel).

Výtok kapaliny ponořeným otvorem



Pokud je v oddělených nádobách 1 a 2 ve svislé stěně otvor, pak v libovolném bodě otvoru je stejný rozdíl tlaků Δp.

$$\Delta p = p_1 - p_2 = h_1 \cdot \rho \cdot g - h_2 \cdot \rho \cdot g =$$
$$= (h_1 - h_2) \cdot \rho \cdot g = \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

Proto v celém průřezu otvoru bude stejná rychlost proudění: $w = \sqrt{2g \cdot \Delta h}$

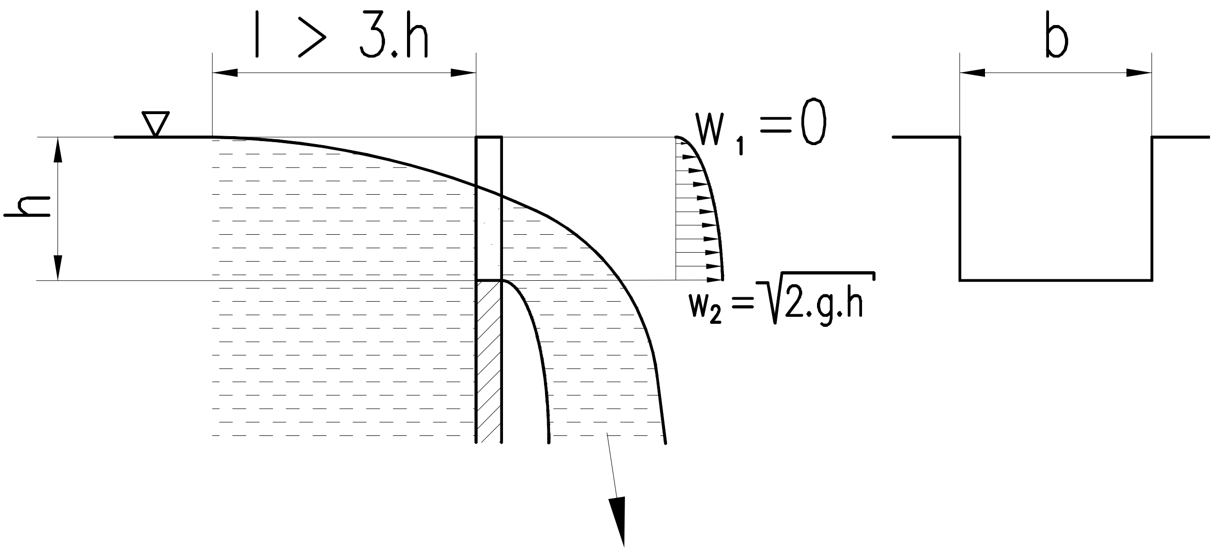
Objemový průtok:

$$Q_V = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}$$

μ – výtokový součinitel.

Výtok kapaliny velkým obdélníkovým otvorem sahajícím k hladině

Přepad přes jez:



Vzhledem k tomu, že výtoková rychlost se s hloubkou mění podle paraboly, teoreticky je rychlost v úrovni hladiny = 0, největší je na koruně jezu. Z vlastností paraboly vyplývá, že střední rychlost proudění je ve 2/3 paraboly. Výšku vody nad korunou jezu bereme ve vzdálenosti l > 3h.

Objemový průtok:

$$Q_V = S \cdot \frac{2}{3} \cdot w_2 \cdot \mu = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

b – šířka jezu;

h – výška hladiny nad korunou jezu;

μ – výtokový součinitel.

Seznam použité literatury:

- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA II – Kinematika pro střední průmyslové školy strojnické,* Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA III – Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické,* Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA IV – Mechanika tekutin a termomechanika pro střední průmyslové školy strojnické,* Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sbírka úloh*. Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.