



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Výukové texty

pro předmět

*Měřicí technika*

(KKS/MT)

na téma

## Tvorba grafické vizualizace principu měření rychlosti a rychlosti proudění

Autor: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Tvorba grafické vizualizace principu měření rychlosti a rychlosti proudění

Pohyb vzduchu vnímáme jako vítr. Vítr je charakterizován rychlostí a směrem. Obecně existují dva typy proudění vzduchu v čistém prostoru s různou úrovní kontroly kvality vzduchu: laminární a nelaminární.

Laminární proudění - přesněji jednosměrné proudění vzduchu nebo také vytěšňovací proudění s malou turbulencí a nelaminární proudění - nejednosměrné proudění vzduchu, dříve nazývané konvenční nebo turbulentní.

#### 1) Měření rychlosti proudění v potrubí

Tématem je ukázkové měření rychlosti proudění vzduchu v potrubí (viz obr. 1 a 1.1) a jeho měření pomocí různých snímačů a měřicích přístrojů včetně vysvětlujících ukázek jejich měřicích principů a systémů.



Obr. 1 Stend pro měření proudění s možností nastavování úhlu i délky (celkové uspořádání měření).



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 1.1 Měření u výstupu pomocí anemometrického přístroje

### 2) Měření rychlosti proudění za ventilátorem

Tématem je ukázkové měření rychlosti proudění za různými druhy ventilátorů (viz obr. 1.3) a zjišťování závislosti napájecího napětí ventilátoru na jeho otáčkách a zároveň na rychlosti vytlačovaného proudu vzduchu. Dále pak hledání maxima možné rychlosti proudu a jeho umístění včetně konstrukčních úprav pro zvýšení rychlosti měřeného proudu vzduchu.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

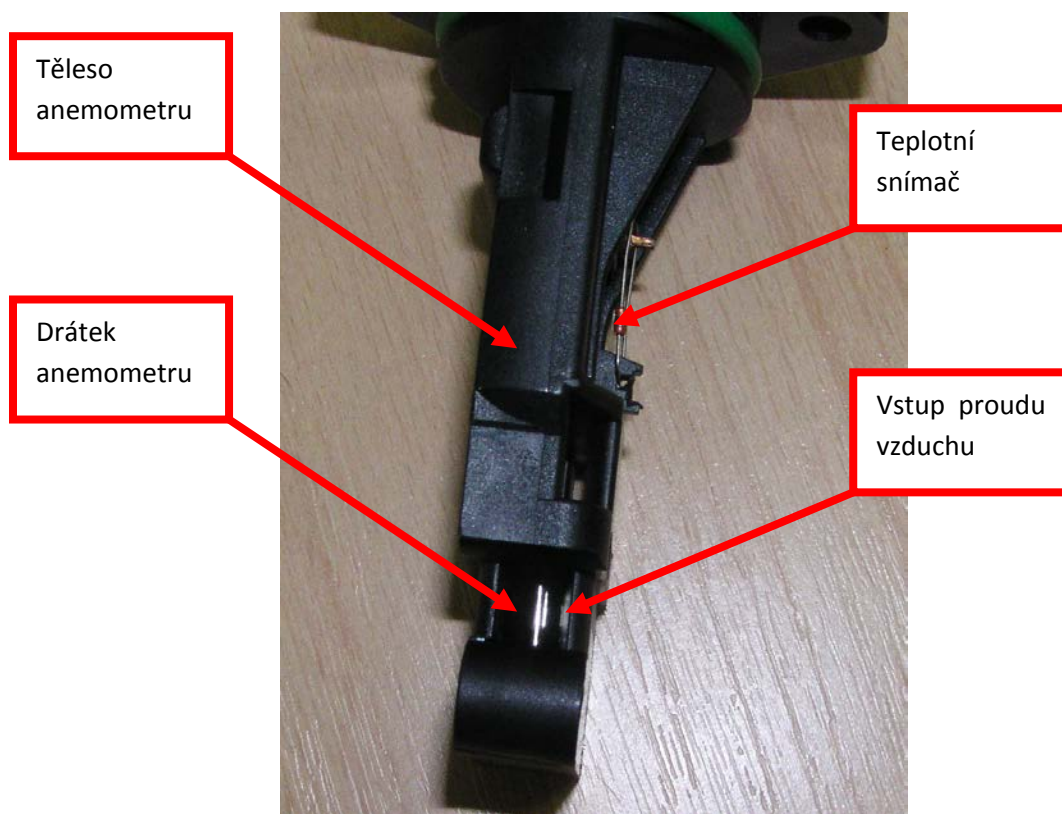


Obr. 1.3 Měření pro rychlost proudění vzduchu za ventilátorem (celkové uspořádání měření)



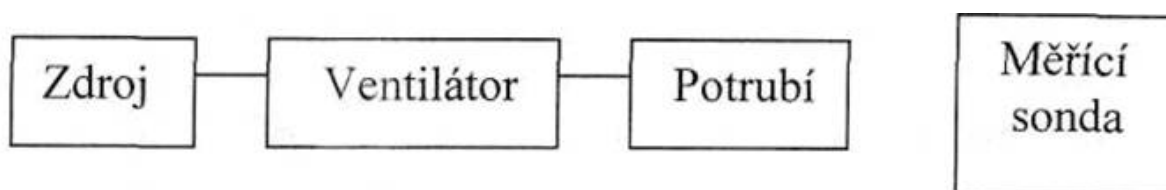
Obr. 1.4 Detailní pohled na bezkontaktní měření rychlosti proudění – ultrazvukový princip

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 1.5 Detailní pohled na kontaktní měření rychlosti proudění – drátkový anemometr

Schématické znázornění měření charakteristických vlastností (viz obr. 1.6) rychlosti proudění vzduchu v potrubí a ventilátoru je následně uvedeno:



Obr.1.6 Základní schéma měření bez zatížení obvodu



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3) Laminární a turbulentní proudění, měřicí přístroje

#### Laminárním prouděním

Princip laminárního proudění spočívá ve vytvoření kompaktního proudu vzduchu, při kterém se proudnice navzájem neprotínají, částice kapaliny se pohybují vedle sebe jakoby ve vrstvách - „destičkách“ (destička = lat. lamina).

Toto laminární proudění se objevuje při menších rychlostech proudění a u kapalin s větší přitažlivou silou mezi částicemi, na rozdíl od proudění turbulentního. Pokud je proudění vzduchu opravdu laminární, dochází k turbulencím pouze na okrajích vzduchového válce.

#### Nelaminárním (turbulentní) prouděním

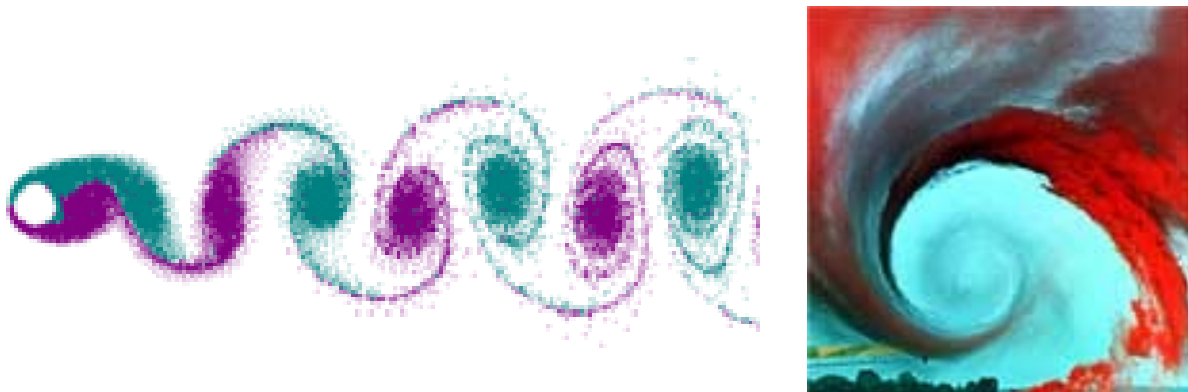
Princip nelaminárního (nejednosměrného) proudění vzduchu je že se proudnice navzájem *protínají*, částice kapaliny vykonávají při proudění kromě posouvání i *složitý* (viz obr. 1.7) vlastní pohyb - víry (*bouřit* = lat. *turbo*).

Turbulentnost proudění se mění jak rychlostí toku, tak s tvarovou definicí prostředí (v tomto případě zrovna průměr, či spíše světlost, trubky).

Obrovský vliv má též tvar a kvalita povrchu obtékaného prostředí. Tudíž je nemožné vytvořit soustavu potrubí, kde by nebyla žádná turbulence.

Turbulence (tj. vířivé proudění) znamená ztráty je tedy hlavním nedostatkem každého nelaminárního proudění.

Turbulentní proudění se objevuje při větších rychlostech proudění a u kapalin s menší přitažlivou silou mezi částicemi, na rozdíl od proudění laminárního.



Obr. 1.7 Vizualizace turbulentní proudění pomocí SW simulace a barevných dýmovnic

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Příklady přístrojů



**Mechanický anemometr**



**Digitální mechanický anemometr**
















**Digitální elektronický „bezmechanický“ anemometr (viz obr. 1.4)**

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklady rychlost větru je vyjádřena v Beaufortově stupnici

### BEAUFORTOVA STUPNICE RYCHLOSTI VĚTRU:

Stupeň	0	1	2	3	4	5
Rychlost větru v m/sec.	0–0.2	0.3–1.5	1.6–3.3	3.4–5.4	5.5–7.9	8.0–10.7
Charakteristika	bezvětří	vánek	slabý vítr	mírný vítr	dosti čerstvý vítr	čerstvý vítr
						
	Kouř stoupá kolmo vzhůru	Dým se sice pohybuje, větrná korouhev zůstává však v klidu	Vítr cítíme ve tváři, listí lehce šelestí, stojatá voda se mírně čeří	Vítr napíná praporek, na vodě vznikají vlnky, větvičky stromů se chvějí	Ohýbají se slabší stromečky a menší vlnky se začínají pěnit	Vítr víří prach a zvedá papíry ze země

6	7	8	9	10	11	12
10.8–13.8	13.9–17.1	17.2–20.7	20.8–24.4	24.5–28.4	28.5–32.6	nad 32.7
silný vítr	prudký vítr	bouřlivý vítr	vichřice	silná vichřice	mohutná vichřice	orkán
						
Telegrafní dráty sviští a ohýbají se silné větve stromů	Stromy se ohýbají i s kmínky a celými korunami, máme potíže jít proti větru, vlny se značně pění	Větve stromů se lámou, vítr téměř znemožňuje chůzi	Padají tašky ze střech, na menších stavbách vznikají drobné škody	Vyvrací a láme stromy, znemožňuje téměř jízdu i automobilům	Působí rozsáhlé škody, poboří stavení, odnáší střechy	Tornádo, tajfun, hurikán, má ničivé účinky, zabíjí lidi i zvířata. U nás se prakticky nevyskytuje





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Seznam použitých přístrojů:

Univerzální stabilizovaný zdroj TESLA

Měřič rychlosti proudění vzduchu bezkontaktní Davis

Mechanický měřič rychlosti proudění vzduchu

Zkušební stand, ventilátory (radiální, axiální)

Poděkování

Investice do rozvoje vzdělávání.

Tento výukový text je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.2.00/28.0206 „Inovace výuky podpořená praxí“.

## Literatura

- [1] JENČÍK, J., Volf, J. a kol.: *Technická měření*. ČVUT v Praze, Praha 2000, ISBN 80-01-02138-6
- [2] Häberle, H.: *Průmyslová elektronika a informační technologie*, Europa-Sobotáles, Praha, 2003, ISBN 80-86706-04-4
- [3] Kreidl, M., Šmíd, R.: *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu*, BEN, Praha, 2006, ISBN 80-7300-158-6
- [4] Martinek: *Senzory v průmyslové praxi*, BEN, Praha, 2004, ISBN 80-7300-114-4
- [5] Kreidl, M., Šmíd, R.: *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu*, BEN, Praha, 2006, ISBN 80-7300-158-6
- [6] Martinek: *Senzory v průmyslové praxi*, BEN, Praha, 2004, ISBN 80-7300-114-4
- [7] Měření průtoku, <http://www.prutoky.cz/plyny/prandtlovy-trubice/>
- [8] Průtok, <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01049/index.html>
- [9] Anemometr, [http://www.ilabo.cz/www/components/com\\_virtuemart/shop\\_image](http://www.ilabo.cz/www/components/com_virtuemart/shop_image)
- [10] Anemometr, [http://www.osel.cz/\\_popisky/123/\\_s\\_1231087112.jpg](http://www.osel.cz/_popisky/123/_s_1231087112.jpg)