

Měření rychlosti toku a průtoku

pracovní návod s metodickým komentářem pro učitele
připravil P. Tišl

Cíle

Cílem úlohy je změřit na dvou vybraných profilech rychlost toku a sestavit profil korytem vodního toku. Kombinací výše uvedených měření lze změřit průtok v daném místě.

Podrobnější rozbor cílů

Rychlost proudění a průtok jsou základními charakteristikami vodního toku. Mají vliv na mnoho dalších fyzikálních i biologických charakteristik. Zejména se jedná o vliv na teplotu či velikost unášených a přesunovaných částic, vliv na ekosystém a chemickou charakteristiku vody. Zde se jedná především o teplotu vody a obsah základních látek a živin nutných pro život organismů.

Zadání úlohy

Na dvou předem vybraných stanovištích zaměříme profil koryta vodního toku a změříme rychlost toku čidlem Pasco PS-2130. Výsledky zaznamenáme do tabulky a zpracujeme v softwaru DataStudio. Ze získaných hodnot vypočítáme průtok daným profilem.

Technická úskalí, tipy a triky

V případě, že není k dispozici na exkurzi počítač se softwarem Data Studio, lze jednoduše překreslit profil na milimetrový papír a obsah profilu vypočítat tradiční metodou.

Pomůcky

pásmo, výsuvný metr, kolík, datalogger Pasco Spark, čidlo Pasco PS-2130, kalkulačka, tužka, pevná podložka pro záznam dat v terénu

Zařazení do výuky

RVP ZV/GV – vzdělávací oblast: RVP GV – Člověk a příroda

Očekávané výstupy:

- Objasní velký a malý oběh vody a rozliší jednotlivé složky hydrosféry a jejich funkci v krajině.
- Čte, interpretuje a sestavuje jednoduché grafy a tabulky, analyzuje a interpretuje číselné geografické údaje.

Časová náročnost

Samotné měření a záznam dat zabere zhruba 30 minut na jeden profil. Úloha ale předpokládá měření v terénu, kde je třeba započítat čas na cestu k lokalitě a přesun mezi lokalitami. Úloha je vhodnou součástí geografických či jiných přírodovědných exkurzí v terénu.

Návaznost experimentů

Úloha se dá vhodně kombinovat s měřeními, která se týkají kvality vody.

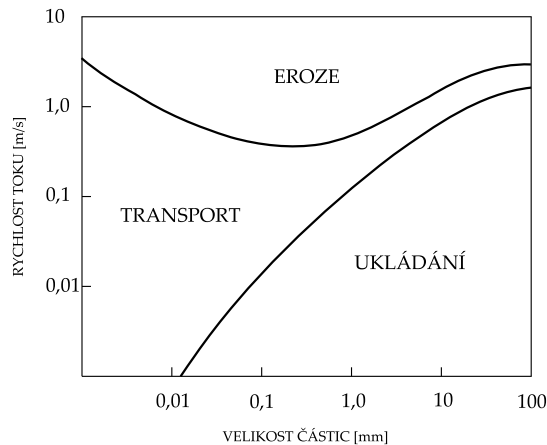
Mezipředmětové vztahy

Úloha má blízký vztah k matematice a fyzice.

Teoretický úvod

Rychlost toku je velmi důležitou charakteristikou. Obecně platí, že rychlost toku je nejvyšší v horních částech toku, kde mají řeky největší spád, a směrem k dolnímu toku rychlost klesá. Na rychlost však může mít vliv mnoho dalších faktorů, jako například profil koryta, překážky v korytě nebo meandrovitost vodního toku.

Platí obecné pravidlo, že rychleji proudící voda má větší erozní sílu a je schopná unášet větší částice. Převažující činnost vodního toku v závislosti na rychlosti toku a velikosti částic ukazuje takzvaný „Hjulströmův diagram“.



Obr. 1: Hjulströmův diagram

Profil korytem vodního toku vyznačuje plochu příčného řezu v zaplavené části koryta. Koryto vodního toku se zaplňuje vodou v závislosti na podmínkách, jako je například déšť nebo tání sněhu a plocha profilu se tedy mění. Proto je nezbytně nutné poznamenat v popisu měřené lokality i momentální stav koryta a jeho naplněnost vodou. Zajímavé mohou být i rozdíly v profilech mezi toky, které jsou ovlivněné člověkem a toky přirozeně meandrujícími, které vykazují výrazně vyšší proměnlivost profilu koryta.

Průtok je jednou z nejdůležitějších veličin měřených na vodních tocích. Vyjadřuje objem vody, která proteče daným profilem vodního toku za jednotku času. Při výpočtu se vychází ze vztahu:

$$Q = S \cdot v \quad (1)$$

Q [m ³ /s]	průtok
S [m ²]	plocha profilu koryta
v [m/s]	rychlost toku v daném profilu

Průtok se dlouhodobě měří na mnoha vodoměrných stanicích. Většina z nich je automatizována a aktuální průtoky lze zjistit na vodo hospodářském informačním portálu <http://voda.gov.cz/portal/cz/>. Z dlouhodobých měření se pak sestavují aritmetické průměry pro jednotlivé dny či měsíce. Známou veličinou jsou také N-leté průtoky, které ukazují pravděpodobnost, s jakou bude překročen daný průtok. To má zásadní význam při projektování vodních staveb a protipovodňových opatření.

Motivace

Občas se stává, že se i z malého potůčku, který vypadá poměrně nevinně, stane velká řeka a způsobí značné škody. Průtok se může po vydatném dešti zvýšit mnohonásobně a vodní tok se vyleje z koryta. V televizi potom slyšíme o vyhlásování takzvaných „stupňů povodňové aktivity“ nebo dokonce o překračování dvaceti nebo padesátiletých průtoků. Pojďme se tedy podívat, jak se takový průtok měří prakticky.

Bezpečnost práce

Jedná se o úlohu, která vyžaduje podrobné seznámení žáků s bezpečností a ochranou zdraví při práci. Je nezbytné, aby místo bylo zcela přehledné, dobře přístupné a nepřilíš hluboké.

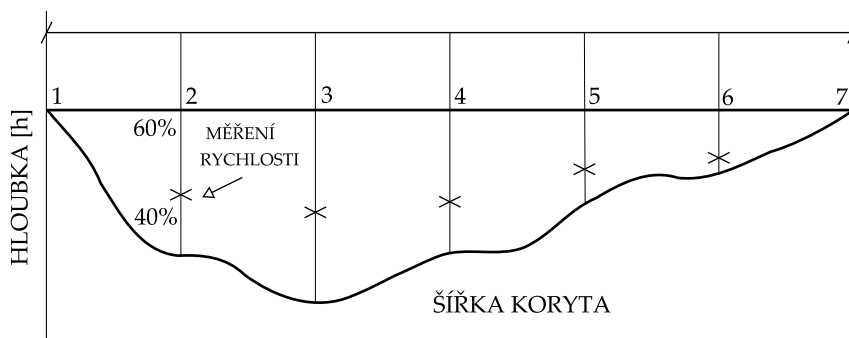
Příprava úlohy

Před započatím měření vytvoříme vhodné skupiny žáků. Překontrolujeme úplnost vybavení.

Postup práce

Fáze 1 – Měření profilu vodního toku

- 1) Změříme šířku koryta a výsledek zaznamenejme do tabulky v pracovním listu.
- 2) Pásmo nebo provázek natáhneme nad koryto toku a upevníme kolíky.
- 3) V pravidelných intervalech (vypočítaných z šířky toku) změříme na pěti místech hloubku a výsledek zaznamenejme do tabulky.
- 4) Pro vyhodnocení použijeme program Data Studio.



Obr. 2: Rozdělení profilu a místa pro měření rychlosti

Fáze 2 – Měření rychlosti proudění

- 1) Čidlo PS-2130 zapojíme do dataloggeru.
- 2) Hodnotu rychlosti měříme ve stejných svislicích, v jakých jsme měřili hloubku. Měření by mělo probíhat zhruba v 40 % hloubky profilu v daném místě.
- 3) Naměřené hodnoty zaznamenejme do tabulky a vypočítáme aritmetický průměr.

Fáze 3 – Měření dalších charakteristik

- 1) Čidlo rychlosti toku má v sobě zabudovaný zároveň senzor teploty.
- 2) Další veličiny lze měřit volitelně podle dostupnosti senzorů a potřeb projektu – GPS poloha (PS-2175, lze využít i běžnou turistickou navigaci), pH vody (PS-2102), rozpuštěný kyslík (PS-2108) a další.

Technická úskalí, tipy a triky

Silně doporučuji si místa před měřením dobře vytipovat – nejlépe navštívit. Zejména je nutné, aby byl na místech zcela bezpečný a jednoduchý přístup do vody. Žáci musí mít vždy ve vodě vhodné obutí, aby se předešlo poraněním. Vhodné jsou například páskové sandály.

Technická úskalí, tipy a triky

Mějte na paměti, že datalogger je třeba před měřením v terénu nabít.

Technická úskalí, tipy a triky

V některých případech (malá hloubka, nízký stav vody, úzké koryto) nelze měřit rychlost ve všech svislicích. V takovém případě provedeme maximální možný počet měření a z nich vypočteme aritmetický průměr.



Obr. 3: Měření rychlosti toku na lokalitě

Technická úskalí, tipy a triky

Nastavíme měření v m/s (nové datalogery amerického výrobce mívají nastavenou jako výstupní hodnotu ft/s).

Technická úskalí, tipy a triky

Podívejte se také na videonávod k tomuto experimentu na www.expoz.cz.

Technická úskalí, tipy a triky

V některých případech (malá hloubka, nízký stav vody, úzké koryto) nelze měřit rychlost ve všech svislicích. V takovém případě provedeme maximální možný počet měření a z nich vypočteme aritmetický průměr. V některých svislicích (například při březích) je rychlost toku velice nízká a čidlo může ukazovat hodnotu „nula“, kterou je také třeba započítat do průměru.

Nastavení HW a SW

Po zapojení čidla do dataloggeru provedeme výběr sledované hodnoty nebo hodnot z nabídky měřených veličin a vhodně si měření sestavíme z nabídky aktivních polí.

Použijeme tlačítko *nastavení vzorkování* a pro rychlost toku nastavíme měření s frekvencí 1/s a zároveň nastavíme podmínku měření ukončit po 10 s. Měření v každé svislici poté vyhodnotíme pomocí *výběru statistiky grafu*, a to výběrem hodnoty průměr.

Teplotu měříme manuálně odečtem v každé svislici po odečtení rychlosti toku (z důvodu ustálení hodnoty).

Příprava měření

Před měřením si na lokalitě připravíme veškeré vybavení. Určíme žákům místa měření a znovu je upozorníme na dodržování bezpečnostních pravidel.

Vlastní měření a záznam dat**Měření rychlosti toku**

- 1) Zapneme datalogger a připojíme čidlo PS-2130.
- 2) Na dataloggeru tlačítkem *sestavit* složíme měření rychlosti (jako graf) a teploty jako číslo. Pomocí *nastavení vzorkování* pro měření rychlosti nastavíme frekvenci měření 1/s a vytvoříme podmínku „ukončit po“ (10 s).
- 3) Rychlost toku vyhodnotíme pro každou svislici stisknutím tlačítka *výběr statistiky grafu* a výběrem funkce *průměr*.
- 4) Hodnoty zaznamenáme do tabulky.

Měření teploty

- 1) Po měření rychlosti toku ve svislici necháme připojené čidlo PS-2130 ve vodě a odečteme ustálenou hodnotu teploty.

Analýza naměřených dat

Výpočet průtoku v profilu

Podle vzorce $Q = S \cdot v$ vypočteme aktuální hodnotu průtoku v měřeném profilu.

Pro výpočet plochy profilu můžeme využít program Data Studio, jak vidíme na obrázku 4.



Obr. 4: Grafické zpracování profilu v programu DataStudio s analyzovanou plochou profilu

Po otevření programu zvolíme možnost *enter data* a naměřené hodnoty (vzdálenosti od okraje profilu k jednotlivým svislicím – osa x a hloubku v jednotlivých svislicích – osa y) zaznameneáme do tabulky. Zvolíme tlačítko *summary*, vybereme měření a měníme názvy měření, os a jednotky podle potřeby. Je možné nastavit i barvu a tloušťku čáry a tvar bodů.

K výpočtu plochy profilu použijeme tlačítko *show selected statistics* a volbu *area*, která spočítá plochu profilu.

Profil pod vhodným jménem uložíme pro pozdější využití v protokolu.

Hodnotu rychlosti vypočítáme jako aritmetický průměr jednotlivých měření. Hodnoty dosadíme do vzorce a průtok zaznameneáme do tabulky.

Hodnoty teploty v případě měření dvou profilů porovnáme pouze slovně.

V případě většího množství profilů je možné zpracovat graficky jako závislost změny teploty na vzdálenosti od pramene.

Informační zdroje

- <http://voda.gov.cz/portal/cz/> – důležité hodnoty a aktuální informace o průtocích z automatizovaných měřících stanic v celé ČR, zdroj informací o říční síti ČR

Hodnocení výsledků

Výsledky je možné zpracovat graficky, což je vhodné zejména v případě, že porovnáme více profilů (3 a více). Použít můžeme běžné programy, jako například Excel nebo program Data-Studio.

Syntéza a závěr

V závěru porovnáme výsledky ze všech lokalit a pokusíme se změny vysvětlit.