

## Analýza větrné lokality

### Cíl úlohy

Analýza dat dlouhodobého záznamu rychlosti větru v dané lokalitě (střecha budovy B stavební fakulty, případně jiná místa). Určení koeficientu využití a celkového množství vyrobené energie vybraného typu větrné elektrárny v dané lokalitě za sledované období.

### Postup řešení úlohy

#### Domácí příprava:

- seznamte se s funkcí SVYHLEDAT(hledat;tabulka;sloupec;typ) tabulkového procesoru Excel ([http://office.microsoft.com/client/help/preview.aspx?AssetID=HP100698351029&ns=EXCEL&lcid=1029&QueryID=\\_yoGeM1mhO&respos=1](http://office.microsoft.com/client/help/preview.aspx?AssetID=HP100698351029&ns=EXCEL&lcid=1029&QueryID=_yoGeM1mhO&respos=1)).
- seznamte se s pojmy:
  - Výkonová křivka větrné elektrárny (např. <http://www.spvez.cz/pages/vitr.htm>)
  - Weibullovo rozdělení rychlosti větru (např. [http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1\\_energie#Rychlost\\_v.C4.9Btru\\_v\\_obecn.C3.BDch\\_podm.C3.ADnk.C3.A1ch](http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1_energie#Rychlost_v.C4.9Btru_v_obecn.C3.BDch_podm.C3.ADnk.C3.A1ch))

#### Vypracování úlohy

- Otevřete soubor *Analyza\_vetrne\_lokality.xls*. Soubor je jen ke čtení, uložte jej proto pod vlastním názvem, abyste s ním mohli pracovat.  
*Upozornění:* v souboru je vypnuto automatické přepočítávání listů, všechny hodnoty vyjádřené vzorci se přepočítají až po stisknutí klávesy **F9**. *Na starších počítačích přepočítávání může trvat několik sekund!*
- K vypracování úlohy potřebujete především datový soubor obsahující záznam rychlosti větru v určité lokalitě za určité období. Interval mezi jednotlivými měřeními by neměl překročit cca 10 minut. Na internetu lze nalézt data z mnoha amatérských meteostanic po celém světě<sup>1</sup>, případně je možné si je od provozovatelů těchto stanic vyžádat. Pokuste se nějaký takový datový soubor obsahující záznamy rychlosti větru nalézt a použijte jej. Ve složce *Analyza\_vetrne\_lokality* je jako příklad takového amatérského záznamu přiložen záznam ze stanice katedry KPS umístěné na střeše budovy B.
- Na listu „Výkonové křivky elektráren“, vyberte typ větrné elektrárny, která je podle vašeho mínění vhodná pro danou lokalitu. Zjistěte číslo této elektrárny (ve sloupci „A“). Toto číslo zadejte do pole „B2“ na listu „Vybraná elektrárna“. Po stisknutí klávesy **F9** (Přepočítat sešit) se v grafu na tomto listu zobrazí výkonová křivka vybraného modelu větrné elektrárny.
- Data ze souboru obsahujícího záznam rychlosti větru je třeba vložit do sešitu Excel, tak aby rychlost větru byla ve sloupci A a datum a čas ve sloupci D listu 'Analýza výkonu'. Udělejte to třeba tímto postupem: otevřete nový prázdný sešit Excel. Vyberte buňku A1. V hlavní menu Excelu klikněte na **Data** → **Importovat externí data** → **importovat data**, vyberte soubor s daty

<sup>1</sup> např. <http://meteostanice.agrobiologie.cz/grafy.php?tab=tab-vitr&tabulka=samotna>

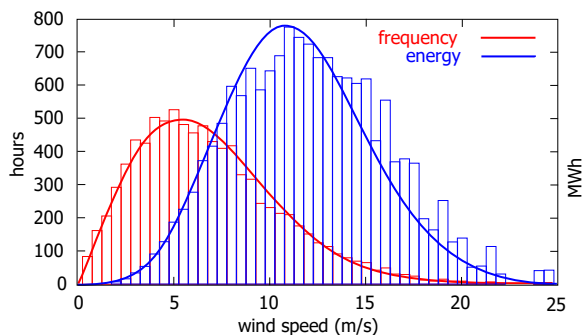
a v Průvodci importem klikajte opakovaně na Další a nakonec na Dokončit. Data jsou tak vložena do sešitu Excel. V něm označte sloupec s rychlostí (měl by to být sloupec H) a zkopírujte jej do sloupce A listu 'Analýza výkonu'. Pokud záznam obsahuje datum a čas v jednom sloupci překopírujte jej do sloupce D, pokud jsou čas a datum v oddělených sloupcích překopírujte je do sloupců B a C. Do sloupce D napište vzorec, který datum a čas sečte. Například v řádce č. 3 sloupce D tedy bude vzorec '=B3+C3'. Vzorec zkopírujte do celého sloupce (přesněji řečeno jen na konec záznamu rychlosti větru a data měření)<sup>2</sup>.

5. Buňka E3 obsahuje interval mezi dvěma po sobě jdoucími záznamy vyjádřený v hodinách. Například je-li interval mezi dvěma záznamy anemometru 5 minut, bude v buňce číslo  $\frac{5}{60} = 0,0833$ . Předpokládáme, že interval je pro všechny záznamy shodný, pro další výpočty tedy stačí jediný údaj (jedna buňka místo celého sloupce s čísly).
6. Sloupec F obsahuje vzorec pro výpočet okamžitého výkonu elektrárny při dané rychlosti větru (která je ve sloupci A). Tento výkon se určí z výkonové křivky vybraného modelu elektrárny pomocí funkce SVYHLEDAT. Hledá se okamžitá rychlost větru ve výkonové křivce elektrárny a funkce vrátí okamžitý výkon. V řádce 3 sloupce F tedy bude vzorec '=SVYHLEDAT(A3;'Vybraná elektrárna'!\$E\$4:\$F\$675;2;PRAVDA)'. Tento vzorec opět zkopírujte do celého sloupce.
7. Sloupec G obsahuje vzorec pro výpočet energie vyrobené elektrárnou za dobu mezi dvěma po sobě jdoucími záznamy rychlosti (mezi dvěma řádky). V řádce č. 4 bude vzorec '=F4\*\$E\$3'.
8. Sloupec H obsahuje kumulativní součet energie vyrobené od počátku záznamu. Jak má vypadat vzorec na výpočet, na to již jistě přijdete sami :).
9. Stiskněte klávesu F9 pro přepočítání listu.
10. Prohlédněte si grafy na listech 'Okamžitý výkon elektrárny' a 'Energie za období' a proveďte kontrolu:
  - (a) Okamžitý výkon elektrárny by neměl překročit jmenovitý výkon.
  - (b) Kumulativní křivka energie by neměla obsahovat žádné dlouhé lineární úseky. Dlouhý vodorovný úsek indikuje situaci, kdy anemometr byl delší dobu mimo provoz (např. v důsledku námrazy nebo výpadku záznamové ústředny).
11. Na listu 'Vybraná elektrárna' jsou výsledky analýzy výkonu elektrárny:
  - (a) Celkové množství vyrobené energie za sledované období v kilowatthodinách.
  - (b) Průměrný výkon elektrárny ve sledovaném období.
  - (c) Celková doba provozu.
  - (d) Koeficient využití za sledované období (-). Tento parametr je nejdůležitější, udává vhodnost lokality pro daný typ elektrárny (respektive vhodnost elektrárny pro danou lokalitu). Můžete změnit typ vybrané elektrárny, abyste se přesvědčili, že váš výběr byl správný.

---

<sup>2</sup>Označte buňku, kterou chcete kopírovat (tedy D3). V pravém dolním rohu rámečku, který je kolem buňky, je malý černý čtvereček - na ten dvakrát klikněte myší

12. Pokuste se vytvořit sloupcový graf tohoto typu:



Data pro červené sloupce jsou na kartě Analýza větru, sloupce A a C, data pro modré sloupce musíte spočítat s použitím výkonové křivky.

13. K výpočtu potenciálního výkonu elektrárny v dané lokalitě se v praxi (tj. v praxi používaném výpočtovém softwaru, např. *WindPower*) namísto záznamu rychlosti větru často používá statistické zpracování těchto záznamů. Rozdělení rychlostí větru v dané lokalitě lze popsat několika formulami. Nejčastěji se používá Weibullovo rozdělení:

$$f(v) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} v^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (1)$$

nebo jeho speciální případ Rayleighovo rozdělení ( $\alpha = 2, \beta^2 = 2\sigma^2$ ):

$$f(v) = \frac{v}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{v^2}{2\sigma^2}\right).$$

Obě rozdělení jsou normována na jedničku, tak aby celková pravděpodobnost výskytu všech rychlostí byla rovna jedné ( $P = \int_0^\infty f(v)dv = 1$ ).

Na listu 'Analýza větru' vypočteme parametry  $\alpha, \beta$  a  $\sigma$  obou uvedených rozdělení.

- Ve sloupci A je tabulka rychlostí po jedné desetiné m/s. Ve sloupci B je pomocí funkce excelu ČETNOST vypočten počet výskytů (záznamů) dané rychlosti ve sledovaném období.
- Obvykle je počet záznamů s nulovou rychlostí poměrně vysoký, což není dáno tím, že by v dané lokalitě bylo často bezvětří, ale většinou tím, že anemometr měří až od určité prahové rychlosti (což je způsobeno nenulovým třením a v zimním období námrazou). Je vhodné a obvyklé tyto záznamy ze zpracování vynechat. Abychom vypočetli rozdělení rychlosti podělíme hodnoty ve sloupci B počtem záznamů, ve kterých je rychlost nenulová. Výsledek je ve sloupci C.
- Ve sloupci D je pak uvedena obecná formule Weibullova rozdělení (respektive funkce excelu WEIBULL, která odpovídá funkci 1). Parametry rozdělení  $\alpha$  a  $\beta$  jsou uvedeny v buňkách I11 a I12. Tyto parametry ovšem zatím neznáme. Určíme je tak, aby se hodnoty ve sloupci D co nejméně odlišovali od experimentálních hodnot ve sloupci C. Celková odchylka se nejlépe vyjádří pomocí „součtu čtverců odchylek“ hodnot v obou sloupcích ( $\sum (x - y)^2$ , kde  $x$  je hodnota ve sloupci C,  $y$  je hodnota ve sloupci D). Součet čtverců odchylek je vypočten pomocí funkce excelu SUMXY2 v buňce I14. Součet čtverců odchylek minimalizujeme pomocí doplňku Řešitel. Na kartě excelu Data klikněte na ikonu Řešitel a definujte úlohu: *měněná buňka* je I14, je třeba nastavit její *minimální hodnotu* a to změnou hodnot v *měněných buňkách* I11 a I12. Vše nastavte a stiskněte tlačítko *Řešit*. Zda bylo řešení úspěšné, je nejlépe patrné z grafu, křivka Weibullova rozdělení by měla dobře fitovat naměřené body rozdělení rychlosti větru v daném období.
- Obdobně jako jsme postupovali při určení Weibullova rozdělení postupujeme i pro rozdělení Rayleighovo.

## Zpracování

Do výsledného protokolu uveďte:

- Název datového souboru se záznamem rychlosti větru, popis lokality a období ve kterém byl záznam pořízen.
- Název zvoleného modelu elektrárny a jeho charakteristiky včetně výkonové křivky (obrázek).
- Hlavní výsledky pro daný model elektrárny v dané lokalitě ve zkoumaném období (z listu 'Vybraná elektrárna' a grafy 'Okamžitý výkon elektrárny' a 'Energie za období').
- Hlavní výsledky analýzy větrné lokality ( z listu 'Analýza větru').
- Závěr

Protokol odevzdejte, prosím, prostřednictvím MS Teams či Moodlu, podle toho, kde je úloha zadána.

---

Datum poslední aktualizace návodu: 3. prosince 2020