

Vítr – jeho vznik a měření

Vítr představuje pro naši planetu klimatizaci, která vyrovnává rozdíly podnebí v různých částech světa. Bez něj by se řada oblastí kvůli extrémním teplotám stala neobyvatelnou. Po staletí lidem sloužil a také jim škodil. V době plachetnic umožnil rozsáhlé zámořské objevy. Od nástupu průmyslové revoluce pomáhá rozptylovat lokální znečištění atmosféry vytvářené hustě obydlenými městy a průmyslem. Člověk se dokonce naučil využívat jeho energii i přímo, dříve ve větrných mlýnech a odněkud i ve větrných elektrárnách. Vítr ale dovede být i nebezpečným jevem. Při bouřích a větrných smrštích mohou nárazy větru natropit velké škody v lesích i na budovách a ohrozit jejich obyvatele.

Jak vzniká vítr?

Stejně jako jiné druhy obnovitelné energie na Zemi má i vítr svůj původ v energii Slunce. Sluneční záření dopadající na zemský povrch jej zahřívá nerovnoměrně a v důsledku toho vznikají rozdíly v tlaku vzduchu. Vítr je pak výsledkem tendence k vyrovnávání těchto rozdílů prouděním z oblasti vyššího tlaku do oblasti tlaku nižšího.

Na globální úrovni je základním principem způsobujícím vítr *všeobecná cirkulace atmosféry*. Vzniká v důsledku různého zahřívání povrchu velkých celků. V oblasti s největším přísunem slunečního záření, která se podle ročního období odchyloje od rovníku na sever a na jih, dochází k mohutným výstupným prouděním teplého vzduchu. To má za následek pokles tlaku na zemském povrchu a vznik tzv. *intertropické zóny konvergence*. V jejím středu se nachází pásmo rovníkových tišin se slabými proměnlivými větry, které pro mořeplavce v době plachetnic znamenalo velkou překážku.

Naopak proudění směřující od subtropů k této zóně je velmi stálé a kvůli zemské rotaci je odchýleno na severní polokouli doprava a na jižní doleva. Tím, že částečně směřuje od východu k západu, umožnilo španělským mořeplavcům plavit se k americkým břehům – proto dali této oblasti název pasada (průjezd). Odtud pochází i název pro tyto větry – *pasáty*.

V tropických oblastech dochází také k proudění sezonního charakteru vlivem ne-

stejného zahřívání pevnin a oceánů. Říkáme mu *monzun* a v zimě vane z pevniny k oceánu a v létě naopak z oceánu na pevninu. Nejlépe je monzun vyvinutý nad jižní a východní Asii a přináší značné množství srážek zejména do severní Indie (Čerápundží je místem s největším ročním úhrnem srážek na světě). V menší míře zasahují monzuny i mimo tropické pásmo, především v oblasti východní Asie.

V tropickém pásmu se pravidelně objevují *tropické cyklony*, nazývané nejčastěji hurikány (v Americe) a tajfuny (ve východní Asii). Podmínkou jejich existence je dostatečně teplý povrch oceánu. Při kondenzaci stoupající vodní páry se uvolňuje velké množství tepla, které dále udržuje výstupné proudění a nízký tlak uvnitř cyklony.

Kvůli zemské rotaci a uspořádání velkých tlakových útvarů charakterizuje mírný pás převažující *západní proudění*, ve vysokých zeměpisných šířkách je zas typický východní směr větru. V celé mimotropické oblasti se ale často vytvářejí a pohybují výrazné tlakové útvary – cyklony, anticyklony a atmosférické fronty, které mají na proudění vzduchu zásadní vliv.

Globální cirkulaci atmosféry na některých místech doplňují *místní cirkulační systémy* a *místní větry*. Místní cirkulace vzniká v důsledku místních rozdílů v prohřívání zemského povrchu. Asi nejznámějším příkladem takového větru je *bríza*, která je způsobena teplotními rozdíly mezi pevninou a vodními plochami nebo mezi městem a jeho okolím. *Svahové* a *údolní větry* mají zas původ v nerovnoměrném ohřívání vrcholů hor a údolí. Zpravidla se jedná o pravidelná, ale relativně slabá proudění.

Místní větry se vyskytují jen při určitých situacích a v místech se specifickým orografickým uspořádáním. Mohou být dosti intenzivní, ale bývají prostorově a časově omezené. K větrům typu *fěnu* dochází při přetékání horských překážek vlhkým vzduchem. Nuceným výstupem se vzduch ochlazuje a kondenzuje. Při kondenzaci se uvolňuje velké množství tepla a ochlazování je tak při dalším výstupu menší, než by bylo u suchého vzduchu. Na návětrné straně hor může přetékající vzduchová hmota ztratit vypařujícími srážkami část vlhkosti, která pak chybí při jejím sestupu na závětrné straně. Sestupující vzduch se pak nemůže vypařováním kapiček vody ochlazovat a výsledkem je suchý a teplý vítr. Větru typu *fěnu* je věnována celá řada studií,

některé dávají do souvislosti jeho výskyt například i s počtem sebevražd a úrovní kriminality (Fletcher, 1988). Důvodem takové změny v chování lidí je existence specifických nízkofrekvenčních elektromagnetických vln, které ovlivňují centrální nervovou soustavu.

Jiným druhem místních větrů je *bóra*, která se objevuje při přetékání horských překážek velmi studeným vzduchem. Pohorí slouží jako hráz, před kterou se nejprve těžký studený vzduch hromadí. Když pak dosáhne nejnižších sedel, protéká na opačnou stranu hor v podobě prudkého padávého větru.

Na lokální úrovni způsobuje vítr také *termická turbulence* a *konvekce*, která vzniká tak, že se zemský povrch a nižší vrstvy atmosféry zahřívají více než vyšší vrstvy atmosféry. Termická turbulence je malého rozměru a zvyšuje nárazovitost proudění. Konvekce naopak může být i velkého rozsahu (v bouřkách) a může způsobovat náhlé krátkodobé zesílení větru.

Atmosférické proudění zformované globální a místní cirkulací je v blízkosti zemského povrchu výrazně ovlivňováno třením a jednotlivými překážkami. *Tření o zemský povrch* závisí na jeho drsnosti – čím je vyšší, tím více je rychlost větru v menších výškách nad zemí tlumena. Krajina s velkým zastoupením lesů či osídlení má drsnost povrchu vysokou, holá zemědělská krajina či vodní plochy naopak nízkou. Jednotlivé *překážky* (jako jsou budovy nebo větrolamy) deformují proudění vzduchu v jejich bezprostředním okolí.

Jak se měří vítr?

Měření větru je při správném provedení přesná, ale nákladná a časově náročná metoda zjištění větrných poměrů daného místa. Je prováděno různými způsoby a za různým účelem. Rychlost větru se standardně měří v m/s, ale alternativně se používají i km/h a uzly. V minulosti byla rychlost větru odhadována pomocí dvanáctistupňové Beaufortovy škály. Směr větru se pak určuje ve stupních a vyjadřuje azimut, odkud vítr vane. Při klimatologickém vyhodnocení se četnost rychlosti větru zpracovává v podobě histogramů a četnost směru větru v podobě větrných růžic.

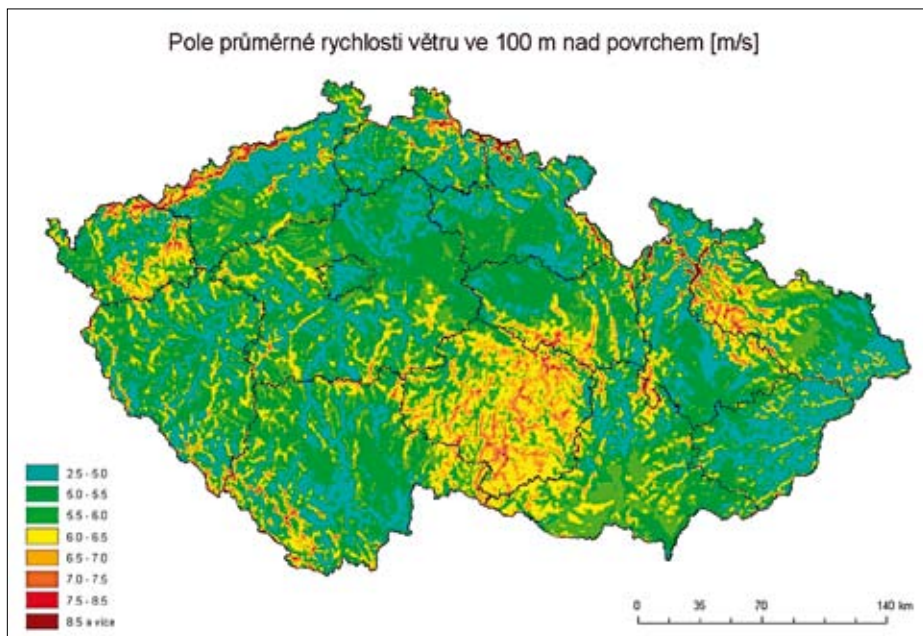
Standardní dlouhodobá systematická měření větru ve výšce 10 m nad povrchem zajišťuje na našem území na *meteorologických stanicích* zpravidla meteorologická



Dopplerovský sodar REMTECH PA1.
Foto: J. Svoboda



V ZORNÉM POLI GEOGRAFŮ



Průměrná rychlost větru na území ČR ve 100 m, vypočtená s použitím numerických modelů WAsP, VAS a PIAP. Zdroj: ÚFA

služba (ČHMÚ). Profesionální stanice se stálou obsluhou bývají zpravidla umístěny lépe než ostatní (klimatologické) stanice. Ve srovnání s meteorologickými stanicemi poskytují kvalitnější data *stožárová měření*, která jsou buď součástí specializovaných observatoří, nebo jsou prováděna účelově, např. v blízkosti plánovaných větrných elektráren. Účelová měření probíhají standardně jeden rok a poté jsou přepočtena na dlouhodobý normál. Měření bývají obvykle prováděna ve více úrovních na stožárech 30–70 m vysokých. Vyšší stožáry bývají výjimkou, jsou totiž extrémně nákladné. Podobně bývá měření větru prováděno i na strojovnách větrných elektráren. Tato měření jsou však výrazně ovlivněna otáčejícím se rotorem a slouží především pro regulaci provozu větrné elektrárny.

Meteorologické stožáry nebo stanice jsou vybaveny jedním z řady typů *anemometrů* – přístrojů na měření rychlosti a případně i směru větru. Standardně používaný přístroj, který měří pouze rychlost větru, představuje *miskový anemometr*, tzv. Robinsonův kříž. Vzhledem k tomu, že misky reagují na šikmé proudění odlišně než na horizontální, může být v těchto případech (např. při svahovém větru) měření zatíženo významnou chybou. *Tlakový anemometr* pracuje na aerodynamickém principu tzv. Pitotovy trubice, která je jedním svým koncem namířena proti směru

proudění. Dynamický tlak vyvolaný větrem pak po kalibraci přístroje slouží k určení jeho rychlosti. Méně rozšířené jsou přístroje využívající efektu ochlazování drátu žhaveného na vyšší teplotu, než má okolí. K měření směru větru bývají klasická čidla kombinována s jednoduchou směrovkou. Zvláštní kategorií představuje



Sonický anemometr YOUNG. Foto: J. Hošek

akustický anemometr, využívající vlastnosti šíření zvukových vln mezi rameny přístroje, která jsou uspořádána ve dvou nebo třech směrech. Přístroj je tak schopen měřit vedle rychlosti i směr větru. Největším nepřítelem všech klasických anemometrů, pokud nejsou v zimě dostatečně vyhřívány, je námraza.

Poměrně novou metodu měření vertikálního profilu směru a rychlosti větru představuje *sodar* (z anglického SOUNd Detection And Ranging). Tento přístroj využívá odrazu vysílaných zvukových vln od drobných poruch teploty (a tedy i hustoty) atmosféry. Na základě doby, za kterou se signál vrátí zpět, určí vzdálenost poruchy a pomocí Dopplerova jevu vypočte její rychlost ve směru vyslaného signálu. Moderní sodary vysílají více zvukových paprsků v různých směrech a měří tak profil rychlosti i směru větru až do výšky několika stovek metrů. Jedná se o velmi nákladné a provozně náročné zařízení, proto tak bývají prováděna spíše krátkodobá doplňující měření. Mezi další distanční metody měření větru patří například lidar, využívající elektromagnetického záření.

Jiří Hošek,

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.

v Praze

hosek@ufa.cas.cz

APLIKACE DO VÝUKY:

1. S pomocí ukázky Atlasu podnebí ČR na <http://www.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html> se pokuste definovat oblasti s největší rychlostí větru.
2. Na základě aerologických dat dostupných na webových stránkách ČHMÚ http://www.chmi.cz/meteo/oap/graf_wind.php zjistěte, ve které části troposféry je nejrychlejší větrné proudění, a pokuste se vysvětlit proč.

3. Zkuste odpovědět na otázku, proč délka letu z Prahy do Atlanty (USA) trvá déle než let v obráceném směru.

LITERATURA:

- FLETCHER, R., J. (1988): Föhn illness and human biometeorology in the Chinook area of Canada, *International Journal of Biometeorology* 32, s. 168–175