

Obsah



METEOROLOGIE

Jak to vidí odborník	3
Proč v programu GLOBE zkoumáme meteorologické jevy?	4
Atmosféra – laboratoř meteorologů	5
Počasí, nebo podnebí?	7
Okénko do historie	8
Přehled měření	10
Čas měření	13
Sluneční poledne	13
Pomůcky	15
Meteorologické stanoviště	16
Výběr stanoviště	16
Popis stanoviště	18
Maximální, minimální a okamžitá teplota	19
Výroba pomůcek	19
Měření teploty vzduchu	21
Interpretace dat	23
Srážky	24
Výroba pomůcek	25
Měření srážek	26
pH srážek	27
Interpretace dat	28
Oblaky a oblačné pokrytí	30
Obláčné pokrytí oblohy	30
Kondenzační čáry za letadly	33
Typy oblaků	33
Interpretace dat	40
Relativní vlhkost	45
Tlak vzduchu	48
Aerosoly	49
Měření aerosolové optické tloušťky	53
Interpretace dat	56
Viditelnost a barva oblohy	57
Přízemní ozon	61
Směr a rychlost větru	63



Teplota zemského povrchu	64
Výběr a definování stanoviště	65
Měření teploty zemského povrchu	66
Slovníček pojmů	67
Slovníček Aj / Čj	69
Použitá a doporučená literatura	70
Použité a doporučené webové stránky	70



Meteorologie je jedním z oborů, kde stoprocentně platí, že vše souvisí se vším. Jinak řečeno, jednotlivé jevy jsou navzájem tak silně propojeny a tak bezprostředně se ovlivňují, že je nelze zkoumat izolovaně, ale vždy v souvislosti s řadou dalších jevů.

Počasí svou proměnlivostí způsobuje vrásky a bezesné noci nejen meteorologům, ale všem, kteří jsou na něm více či méně závislí, ať se jedná o silničáře, vlekáře nebo zemědělce. Navíc se nacházíme v době, kdy dochází ke změnám klimatu, což ovlivňuje ekonomiku a hospodářství v celosvětovém měřítku. Vyrůstá tak význam a nutnost co nejkvalitnějších předpovědí založených na přesném pozorování povětrnostních prvků. Naši předci si vystačili s pranostikami, ale v současnosti se už prakticky neobejdeme bez počítačového zpracování tisíců nejrůznějších údajů.

Existuje řada fyzikálních zákonů a zákonitostí, kterými se řídí vztahy mezi meteorologickými jevy. I tak ale zůstávají některé děje v ovzduší ne zcela objasněné a s každou vysvětlující hypotézou se vynořují další a další otázky. Na druhé straně se však zlepšuje úspěšnost předpovědí počasí na období 1–2 týdnů, což se ještě nedávno (před několika desítkami let) podobalo věštění z křišťálové koule. Delší interval je ale stále na hranici schopnosti současných počítačových systémů.

Ing. Karel Lípa,
Český hydrometeorologický ústav



Proč v programu GLOBE zkoumáme meteorologické jevy?

Věda, která studuje složení, stavbu, vlastnosti, jevy a děje probíhající v atmosféře, se nazývá **meteorologie**. Pomocí meteorologických pozorování získáváme informace o počasí a podnebí ve svém okolí i v jiných částech světa. Možná si říkáte, proč vlastně vědci potřebují data od GLOBE škol? Díky kvalitním a moderním přístrojům vědí, co se děje ve všech částech světa. Oficiální meteorologické stanice dodávají velké množství dat do databází, satelitní a radarové technologie poskytují obrázky rozsáhlých oblastí i konkrétních lokalit ve stále kratších intervalech. Na mnoha místech se speciálními zařízeními monitoruje výskyt atmosférických plynů, sondážní stanice měří teplotu, vítr a další charakteristiky do výšky přibližně 30–35 km apod. Přes všechny tyto moderní metody existuje ale mnoho oblastí, kde mají vědci k dispozici pouze základní údaje, jako teplotu vzduchu a srážky. Satelity nám poskytují globální pohled na meteorologickou situaci, ale nemohou poskytnout všechna detailní data z jednotlivých míst. Navíc srážky a teploty se mění na krátkých vzdálenostech a místní podmínky mají důležitý vliv na průběh počasí. Studenti z GLOBE škol mohou přispět k získání nových dat a informací a doplnit místa, kde údaje vědcům chybí.

Největší význam mají naměřená data pro vaše studenty, pro vás a pro lidi z vašeho okolí. Určitě jste si všimli, jak rychle se počasí mění a jak rozdílný může mít průběh v jednotlivých oblastech naší země. Když budete pečlivě provádět meteorologická měření, sledovat počasí ve vašem okolí a zapamatujete si jeho zákonitosti v daném místě, mohou se z vás stát znalci místních meteorologických jevů.

Nezapomeňte dávat vědět o naměřených datech i lidem z okolí, kterým mohou být prospěšná.

Možností je spousta:

- udělejte si tabulku aktuálních dat na webové stránce školy
- pošlete naměřená data do místních novin a každý měsíc napište shrnutí (průměrné hodnoty, extrémy) pozorovaných jevů
- data můžete dávat na nástěnku ve škole, případně na další místa hodně navštěvovaná lidmi
- využijte možnosti porovnání vašich měření s údaji z nejbližších meteorologických stanic nebo s dlouhodobými klimatickými charakteristikami vaší lokality

TIP



Atmosféra – laboratoř meteorologů

Atmosféru můžeme přirovnat k laboratoři meteorologů. Je hodně prostorná, a co se týče proměnlivosti, někdy i docela nevyzpytatelná. Nikdy nezopakuje úplně stejnou situaci dvakrát.

Atmosférou nazýváme tenkou vrstvu plynů dosahujících do výšky přibližně 100 km, což je všeobecně uznávaná vnější hranice atmosféry (podle některých kritérií se však udává 500–750, někdy až 1000 km). K Zemi je atmosféra připoutána gravitační silou. Vzhledem k průměru Země je atmosféra velmi tenká. Kdyby **Země měla velikost nafukovacího balónku, atmosféra by nebyla tlustší než jeho plášť.**

Slovo „atmosféra“ pochází z řečtiny: atmos znamená páru a sfaira je obal či koule. Atmosféra chrání Zemi před škodlivými paprsky Slunce, obsahuje plyny nezbytné pro všechny živé organismy, odehrává se v ní velké množství zajímavých jevů, které ovlivňují život na zeměkouli.

Atmosféra propojuje všechna místa na Zemi. Změny na jednom místě planety mohou ovlivnit oblasti na druhé straně zeměkoule.

Jednou z jejích užitečných vlastností je ochrana před meteory a vysloužilými družicemi, které v důsledku tření o částičky vzduchu většinou shoří již v horních vrstvách atmosféry.

Hlavními plyny, které vytvářejí zemskou atmosféru, jsou **dusík** (78 %) a **kyslík** (21 %). Mezi **další plyny** patří argon, oxid uhličitý, ozon, neon, krypton, vodík. Člověk svými činnostmi do ovzduší dodává znečišťující plyny, např. oxidy síry a dusíku, sirovodík, oxid uhelnatý, oxid uhličitý apod.

Voda se v atmosféře vyskytuje ve formě vodní páry, kapiček, sněhových vloček a ledových krystalků v mracích.

Aerosoly jsou drobné pevné a kapalné částičky rozptýlené v atmosféře. Mohou být původu přírodního, ale vznikají i vlivem činnosti člověka.

Aerosoly přírodního původu: půdní a prachové částičky, jemné krystalky mořských solí, částice vulkanického popela, pylová zrna, výtrusy, spory, bakterie, malá semínka rostlin, produkty vznikající při hnilobných procesech a při hoření meteoritů v atmosféře, kosmický prach apod.

Aerosoly vzniklé jako výsledek činnosti člověka: zplodiny z továren, elektráren, automobilů či letadel, prach, saze, produkty vznikající při startech kosmických raket a raketoplánů a při zániku umělých družic Země apod.

Podle průběhu teploty vzduchu v nadmořské výšce rozlišujeme **pět základních vrstev atmosféry**:

TROPOSFÉRA – nejspodnější vrstva zemské atmosféry. V rovníkových oblastech vystupuje 16 až 18 km nad úroveň moře, v oblastech mírných pásem do 10 až 12 km a nad póly jen do 7 až 9 km. Kolem Země tedy nevytváří kulovou vrstvu, ale je na pólech zploštělá. Příčinou zploštění je zemská rotace. Troposféra obsahuje 75 až 80% celkové hmotnosti atmosféry, skoro veškerou atmosférickou vodu ve všech třech skupenstvích, která je důležitá pro vznik velké části meteorologických jevů. **Probíhá v ní většina povětrnostních procesů a dějů, které nazýváme počasím.**



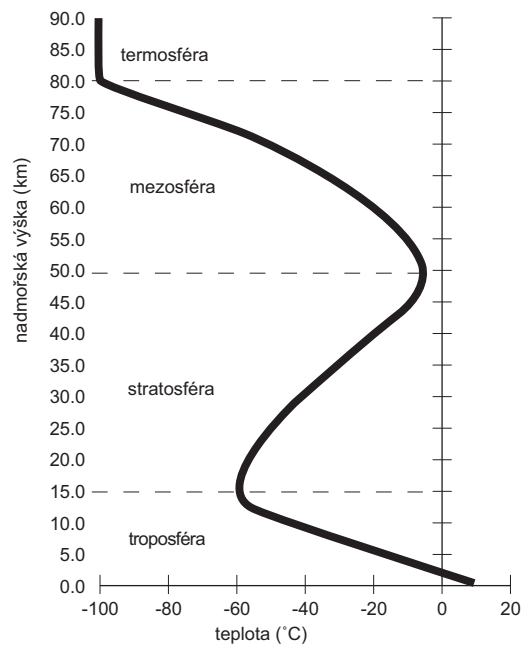
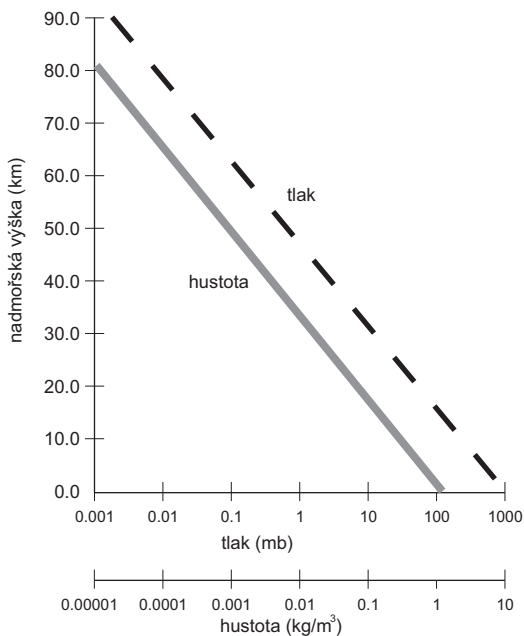
Charakteristickým rysem je pokles teploty s přibývající nadmořskou výškou, a to v průměru o 0,65 °C na každých 100 m výšky.

STRATOSFÉRA – ve spodní části stratosféry do výšky 20 až 25 km nad mořem zůstávají stejně nízké teploty jako v troposféře. **V této části stratosféry se nachází ozonová vrstva, kde dochází k pohlcování ultrafialového záření.** Výše pak teplota vzduchu vzrůstá v průměru o 0,3 °C na 100 m.

MEZOSFÉRA – vyznačuje se silným poklesem teplot až na –100 °C.

TERMO SFÉRA – je pro ni typický výrazný růst teploty, která dosahuje stovek stupňů Celsia. Nejde však o teplotu tak, jak ji známe „my dole“, přesněji by se dala označit jako míra kinetické energie molekul vzduchu.

EXOSFÉRA – vnější, nejvyšší zředěná vrstva zemské atmosféry přibližně od výšky 500 km nad zemským povrchem. Jsou v ní obsaženy různé druhy lehkých plynů ve velmi malém množství. V této výšce je zemská tíže natolik slabá, že umožňuje molekulám snadno uniknout do kosmického prostoru.



S rostoucí výškou klesá tlak vzduchu i jeho hustota (díky zmenšujícímu se působení zemské gravitace).

Teplota a chemické složení se s výškou mění.



Záhadná atmosféra

POMŮCKY: pracovní list pro každého žáka

POSTUP: Žáci vyplňují pracovní list – vždy by měli nejdříve samostatně přemýšlet, co už o atmosféře vědí, poté doplňují informace. Jednotlivé úkoly by si měl nejdříve každý vypracovat sám, poté mohou diskutovat ve skupinách. Pokud pro žáky není téma opakováním, připravte jim relevantní zdroje informací, se kterými mohou v hodině pracovat.





Počasí, nebo podnebí?

Počasím označujeme stav atmosféry v daném místě a čase, charakterizovaný souhrnem okamžitých hodnot všech meteorologických prvků. Je časově i prostorově velmi proměnlivé. Meteorologové popisují počasí pomocí údajů o teplotě, vlhkosti, oblačnosti, větru, srážkách a tlaku. **Meteorologie je věda, která se zabývá zkoumáním počasí.**

Počasí ovlivňuje např. ráz krajiny, vzhled našich domovů, volbu oděvů, způsob života a trávení volného času, má vliv na úrodu, na bezpečnost člověka, na dopravu (leteckou, automobilovou), na naši náladu a psychiku apod.

Podnebí (klíma) je dlouhodobý režim počasí, charakterizovaný průměrnými a extrémními hodnotami jednotlivých prvků, vypočítanými za delší časové období (nejméně 10, zpravidla 30 až 50 let). **Klimatologie je věda, která se zabývá studiem podnebí.**

Česká republika je velmi členitá a díky tomu najdete **mnoho oblastí se specifickým klimatem či počasím**. Klasickým příkladem je Žatecko, známé v důsledku föhnového efektu Krušných hor jako nejsušší oblast, jinou zvláštností jsou aktivnější srážkové a bouřkové projevy v oblasti velkých měst a průmyslových center v důsledku silnějšího ohřevu vzduchu a zvýšeného množství kondenzačních jader. Typickou obecnou ukázkou mikroklimatu je návětrný a závětrný efekt výraznějších kopců a hor – při proudění vzduchu kolmo k takové překážce dochází na návětrné straně k tvorbě oblačnosti a výrazným srážkám, na opačnou stranu se potom dostane vzduch zbavený vlhkosti a rychleji se prohřívající. K tomu dochází nejen u již zmíněných Krušných hor, ale při příhodném směru větru prakticky u všech našich pohraničních pohoří nebo v oblasti Vysočiny.

Blízké meteorologické stanice můžete vyhledat na webu Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz) – na interaktivní mapě pod záložkou Historická data – Počasí – **Mapy stanic**.

TIP

Počasí, nebo podnebí?

POMŮCKY: pracovní list pro každého žáka

POSTUP:

Žáci si nejprve samostatně vyplní první otázku (zatím jde o jejich odhad, není třeba ji společně opravovat). Poté dejte čas na diskusi ve skupinách. Na závěr společně proberte, co žáci vymysleli, a nechte je formulovat základní rozdíly mezi počasím a podnebí.



Okénko do historie

Slovo **meteorologie** pochází z řečtiny a má dvě části:

Meteoros – znamená „na nebi se vyskytující“

Logia – znamená nauku nebo vědu (logos = pojem)

Prvními „meteorology“ byli v dávných dobách šamani a kněží, kteří počasí nejen předpovídali, ale měli za úkol je i měnit, aby vyhovovalo potřebám jejich společenství. K tomu sloužily různé obětní obřady.

Za zakladatele meteorologie bývá považován starověký znalec přírody a filozof **Aristoteles** (384–322 př. n. l.). Ve svém díle **Meteórologica** popsal některé jevy v zemské atmosféře.

Ač je to neuvěřitelné, Aristotelova *Meteórologica* zůstala po dobu 1800 let jedinou solidní učebnicí o meteorologii. Až 15. století, charakteristické svými zámořskými objevy, přineslo nové impulsy. Nová pozorování byla pečlivě zaznamenávána a daly se z nich utvořit správné závěry.

Další posun nastává s objevem základních měřicích přístrojů fyzikálních veličin v 17. století. Jednalo se o teploměr (Galileo Galilei) a tlakoměr (Evangelista Torricelli). Francouzský přírodovědec Blaise Pascal jako první prokázal, že tlak vzduchu klesá s výškou.

A jak to bylo na území Česka?

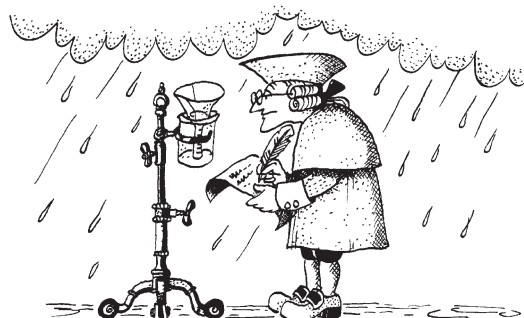
Nejstarší písemné zprávy o počasí z našeho území jsou staré více než 900 let. Jedná se o mimořádné jevy, jako sucha, povodně či vichřice, které zaznamenali kronikáři.

V Čechách se začalo s pravidelným měřením a pozorováním v roce 1752 zásluhou Josefa Steplinga na stanici v Praze v Klementinu. Tato meteorologická stanice funguje dodnes a má k dispozici nejdelší záznam pozorování v Evropě. Zejména její teplotní řada je v současnosti využívána ke studiu kolísání a změn podnebí.

Na Moravě a ve Slezsku začala pozorování zhruba o 100 let později, nejvíce se o jejich rozvoj zasloužil Přírodopisný spolek v Brně založený roku 1861. Nejznámějším moravským meteorologickým pozorovatelem byl Johann Gregor Mendel.

Nevslovuje se vám slovo meteorologie dobře?

Nejste sami. Již v době našeho národního obrození byla snaha nahradit toto těžce vyslovitelné slovo nějakým hezkým českým tvarem. J. S. Presl navrhol „oparozpyt“, J. Jungmann „povětroslovi“ či F. Palacký „vzduchoslovi“. Bohužel se žádný z těchto názvů neujal.





Pranostiky

POMŮCKY: pracovní list pro každého žáka, případně kalendář se jmény

POSTUP:

Žáci odhadují část roku, ke které se vztahuje daná pranostika. Poté jim můžete dát kalendář se jmény, aby zkusili některé pranostiky dohledat.

Na závěr se můžete domluvit, kterou z nich zkusíte ověřit v praxi.

Svatý Martin přijíždí na bílém koni.	(11. 11.)
Na svatého Prokopa – vody plná příkopa.	(4. 7.)
Na svatého Antona každá jahoda se červená.	(13. 6.)
Svatý Vavřínek dá létu první žďuchanec.	(10. 8.)
Na svatého Valentýna zamrzne i kolo mlýna.	(14. 2.)
Svatý František – ani léto, ani kožíšek.	(4. 10.)
O svatojánské noci si dny podávají ruce.	(24. 6.)
Svatá Terezie šedivá, louky svým vlasem zdobívá.	(15. 10.)
Na Davida krále – mrazy nenadále.	(30. 12.)
Svatá Tonička mívá často uplakaná očička.	(12. 6.)
Svatá Kateřina má pěkné jméno, ale chladné věno.	(25. 11.)
Jak mráz uvidí Juru, opustí každou dūru.	(24. 4.)
O svatém Tomáši sníh bředne na kaši.	(7. 3.)
Svatá Markyta hodila srp do žita.	(13. 7.)
Medardova kápě – čtyřicet dní kape.	(8. 6.)

TIP
Důvodem, proč některé pranostiky nefungují, může být nejen změna klimatu, ale také změna kalendáře. V 16. století bylo třeba napravit nepřesnost juliánského kalendáře, a proto se skokem o 10 dní přešlo na kalendář gregoriánský. Pranostiky, které vznikly před touto změnou, jsou tedy také o 10 dní posunuté. Těžko se však dnes dohledává, které to jsou.



Přehled měření

K základním meteorologickým prvkům patří teplota, srážky, tlak a vlhkost vzduchu, oblačnost, vítr. V programu GLOBE se budeme zabývat těmito meteorologickými jevy:

PŘEHLED MĚŘENÍ	MÍSTO	FREKVENCE	ČASOVÁ NÁROČNOST
Základní měření			
teplota vzduchu (okamžitá, maximální, minimální)	meteorologické stanoviště	každý den	3 min.
množství kapalných srážek			3 min.
množství pevných srážek			10 min.
vodní ekvivalent pevných srážek	třída		15 min.
pH srážek	meteorologické stanoviště nebo třída		10 min.
oblačné pokrytí	meteorologické stanoviště		5 min.
typy oblaků			5 min.
relativní vlhkost			2 min.
tlak vzduchu	třída		2 min.
Pokročilejší měření			
aerosoly	meteorologické stanoviště	každý den, když slunce není za mraky	15 min.
přízemní ozon			2 x 10 min.
směr a rychlost větru	meteorologické stanoviště, pedologické stanoviště, stanoviště vegetačního pokryvu	každý den	5 min.
teplota zemského povrchu			10–20 min.

TEPLOTA

Teplota se mění během dne i během roku v závislosti na slunečním záření a dalších faktorech. Vědci zkoumají, jestli jsou změny teploty pravidelné, a co je způsobuje. GLOBE školy mohou poskytnout velmi podrobnou síť měřicích stanic, které jsou ve městech, u vodních nádrží, v různé nadmořské výšce a dalších lokalitách, kde mohou mít místní specifické podmínky vliv na teplotu a vývoj počasí i podnebí.

OBLAČNOST A TYPY OBLAKŮ

Oblaky ovlivňují vývoj počasí i podnebí. Vědci předpokládají, že vzrůstající množství oblačnosti může být jednou ze změn související s globálním oteplováním. Typy oblaků jsou dobře rozeznatelné z povrchu zemského při pohledu vzhůru, ale hůře z druhé strany ze satelitních měření. Studentská pozorování mohou přispět k identifikaci oblaků.

Typy oblaků jsou často ukazateli počasí nebo jeho změn. Některé oblaky se vyskytují pouze za pěkného počasí, zatímco jiné přinášejí srážky či bouřky. Díky pečlivému pozorování oblaků budou moci studenti brzy předpovídat, jestli se blíží déšť, nebo bude hezky.



KONDEZAČNÍ STOPY ZA LETADLY

V některých oblastech vzrostl v souvislosti s nárůstem leteckého provozu výskyt kondenzačních stop za letadly. Vědci se domnívají, že by mohly ovlivnit vývoj počasí i podnebí nejen v těchto oblastech, ale i na celé planetě. Studentská data pomohou k ověření hypotézy.

SRÁŽKY

Množství dešťových i sněhových srážek se rychle mění a i na poměrně malém území může být velmi odlišné. K lepšímu porozumění koloběhu vody v přírodě potřebují vědci znát údaje o srážkách z co největšího množství míst na zeměkouli. Měření pH srážek je nezbytné pro zkoumání pH půdy a vody ve vodních tocích a plochách v dané oblasti.

RELATIVNÍ VLHKOST

Relativní vlhkost je hodně proměnlivá a může se lišit i na malém území. Studentská měření mohou doplnit profesionální údaje o místní hodnoty relativní vlhkosti.

TLAK VZDUCHU

Změny počasí jsou obvykle doprovázeny kolísáním tlaku vzduchu. Velikost tlaku vzduchu souvisí s teplotou vzduchu, obsahem vodních par v atmosféře, zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou.

AEROSOLY

V atmosféře se vyskytuje poměrně velké množství pevných a kapalných částic, které se nazývají aerosoly – prach, znečišťující příměsi, pyly apod. Tyto částice ovlivňují množství slunečního záření, které dopadne na povrch Země. Přízemní měření doplňuje data shromažďovaná satelity.

PŘÍZEMNÍ OZON

Měření přízemního ozonu je důležité, protože se jedná o plyn, který má negativní vliv na zdraví všech živých organismů. Jedná se o velmi reaktivní plyn, jehož koncentrace je v různých místech hodně proměnlivá. Místní měření jsou významným doplňkem vědeckých pozorování.

SMĚR A RYCHLOST VĚTRU

Vítr popisuje pohyb vzduchu v určitém místě atmosféry v daném čase vzhledem k zemskému povrchu. Pozorujeme směr větru, tedy odkud fouká, a jeho rychlost, tedy vzdálenost, kterou urazí za jednotku času. Určování směru a rychlosti větru doplňuje další meteorologická pozorování.

TEPLOTA ZEMSKÉHO POVRCHU

Teplota zemského povrchu je vlastně „naakumulovaná“ (absorbovaná) sluneční energie, kterou Země vyzařuje, a ohřívá tak přilehlou vrstvu vzduchu, což má vliv především na tvorbu oblačnosti. Je jedním z hlavních faktorů v cyklu toku energie ve vašem okolí.



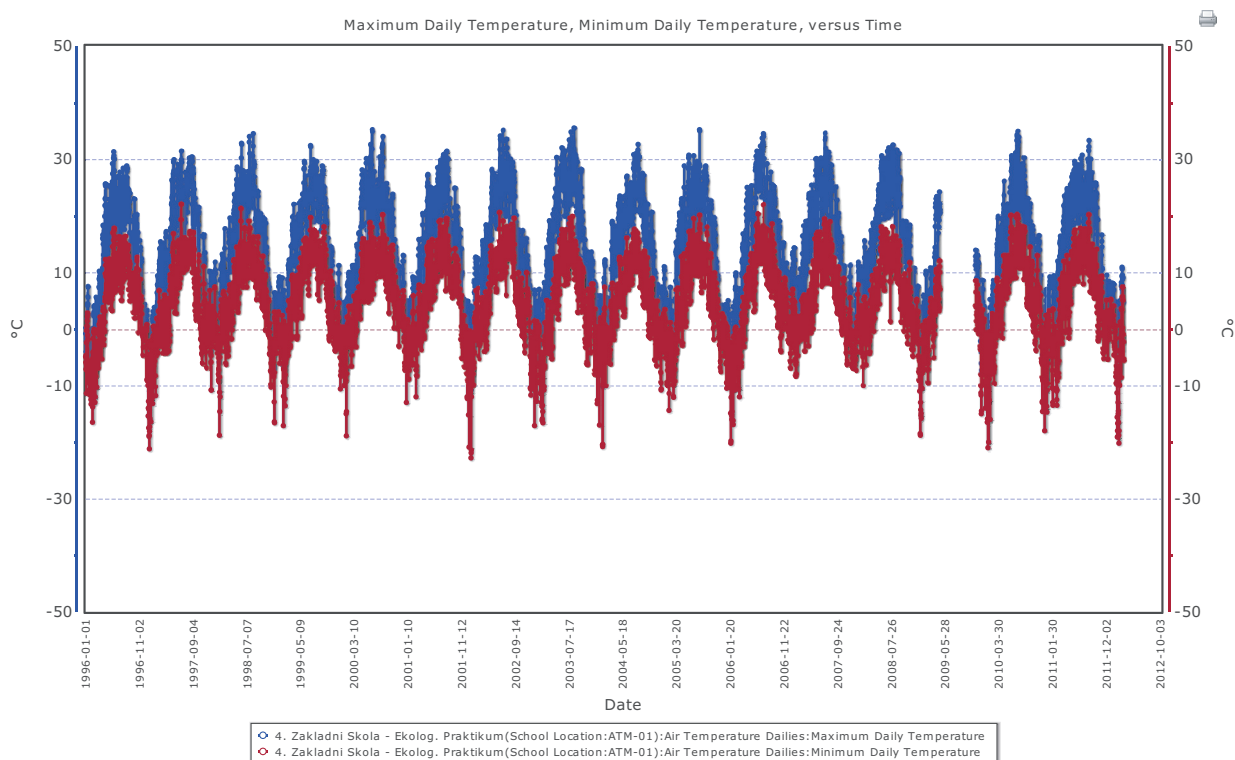


Pravidelné meteorologické měření

Než se pustíte do měření, je potřeba **vybrat vhodné stanoviště**, popsat jeho hlavní charakteristiky, zaměřit zeměpisné souřadnice stanoviště pomocí přístroje GPS a zadat informace o stanovišti do databáze programu GLOBE na webových stránkách www.globe.gov. Dobrý popis vašeho stanoviště pomůže ostatním školám i vědcům lépe si představit, za jakých podmínek měření probíhá.

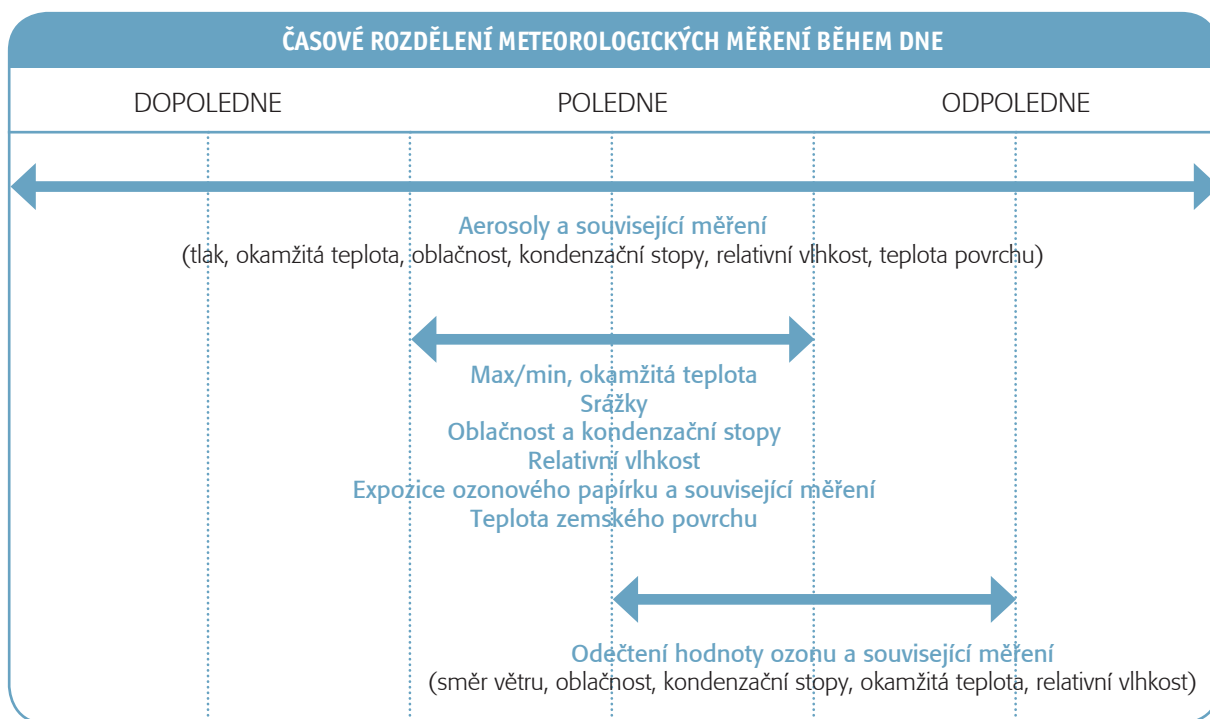
Počasí se mění každý den, proto **je vhodné meteorologická měření provádět co nejčastěji, ideálně denně**. Proto doporučujeme stanovit si ve škole systém, který vám organizačně usnadní data získávat. Mohou to být střídající se dvojice žáků zodpovědných za měření v týdenních intervalech, střídání jednotlivých tříd po měsíčních či čtvrtletních intervalech apod. Záleží na každé škole, kolik žáků se programu GLOBE účastní. Čím více účastníků bude umět provádět každé pozorování a měření, tím snazší bude získat pravidelnou řadu měření. Neváhejte však pustit se do meteorologických měření, i když to bude třeba jen jednou za týden! Při každém měření se žáci něco naučí a i s nepravidelnou řadou dat lze dále pracovat.

Velmi užitečné je **sdílení vašich dat v mezinárodní databázi**. Nebojte se nechat zadávání dat do počítače na žácích. Přemýšlejte společně, jak z GLOBE databáze získat zajímavé podklady pro vaše projekty, pracujte s daty jiných škol v porovnání s vašimi. Žáci uvidí, proč je dobré data sdílet, a budou motivovaní pravidelně do databáze přispívat vlastním měřením.



Na 4. ZŠ Železnická v Jičíně žáci měří nepřetržitě již od roku 1996. Tato škola se dokonce stala dodavatelem dat do profesionální sítě Českého hydrometeorologického ústavu. Na jejich data se můžete podívat na webových stránkách www.globe.gov, takto vypadá např. graf maximálních a minimálních teplot.





Většinu meteorologických měření budete provádět v rozmezí jedné hodiny před a jedné hodiny po slunečním poledni.

Měření přízemního ozonu jsou doporučena provádět v rozmezí od slunečního poledne do odpoledních hodin. Měření aerosolů může být prováděno nejen v rozmezí dvouhodinového intervalu kolem slunečního poledne, ale i během dne (viz postup v kapitole Aerosoly).

Měření aerosolů i měření přízemního ozonu doprovází vždy několik doplňkových měření (např. směr větru, vlhkost, tlak apod.)



Kdy je u vás sluneční poledne?

POMŮCKY: pracovní list pro každého žáka, zjištěné údaje o východu a západu slunce či přístup k těmto informacím on-line

POSTUP:

Sluneční poledne je čas, kdy slunce během dne dosáhne své nejvyšší polohy na obloze. Obecně se neshoduje s polednem na hodinách a je ovlivněno vaší zeměpisnou polohou. Sluneční poledne je právě uprostřed mezi východem a západem slunce. K výpočtu slunečního poledne proto stačí vědět, v kolik hodin u vás vychází a zapadá slunce. To zjistíte z médií či internetu (většina webů s předpovědí počasí, na webu www.chmi.cz hledejte pod Měření z Klementina, výpočet provede např. www.suncalc.net/ apod.). Sluneční poledne můžete zjistit také na webových stránkách programu GLOBE www.globe.gov. Potřebujete znát pouze zeměpisnou délku vašeho stanoviště.

Pak již jen vypočtete polovinu mezi východem a západem slunce.



PŘÍKLAD VÝPOČTU SLUNEČNÍHO POLEDNE:

Příklad	1	2	3
východ slunce	7:02	6:58	7:03
západ slunce	17:43	17:46	20:09
součet východ + západ	24 h 45 min	23 h 104 min	27 h 12 min
upraveno	není potřeba	24 h 44 min	26 h 72 min
rozděleno dvěma	12 h 22,5 min	12 h 22 min	13 h 36 min
sluneční poledne (zaokrouhlete na minuty)	12:23	12:22	13:36

Při odesílání naměřených údajů do GLOBE databáze je potřeba zadávat čas měření v greenwichském čase (GMT – Greenwich Mean Time, UTC – Coordinated Universal Time). To znamená, že v období našeho zimního času odečteme jednu hodinu a v období letního času dvě hodiny.



Určení slunečního poledne v terénu za pomoci slunce

POMŮCKY: kolík asi 50 cm dlouhý, trojúhelník s rýskou, značky (např. kamínky, praporky) na označení délky stínu kolíku, metr, hodinky, buzola

POSTUP:

Aktivitu můžete použít pro ověření výpočtu vašeho slunečního poledne v průběhu pěkného slunného dne. Postupujte dle pracovního listu.

Stín kolíku v době slunečního poledne bude nejkratší.

Naměřený výsledek nechte žáky překontrolovat výpočtem slunečního poledne.

Při opakování měření se stejným kolíkem a na stejném místě několikrát během školního roku žáci zjistí, že se délka stínu kolíku mění. To souvisí s obíháním planety Země kolem Slunce a nakloněním zemské osy. V průběhu roku jsou některé části Země nakloněny ke Slunci a některé jsou od Slunce odvráceny, sluneční paprsky tak v průběhu roku dopadají na zemský povrch pod různým úhlem.

Nejdelší délka stínu bude v době zimního slunovratu (21. prosince), kdy je severní polokoule odkloněna od Slunce, které je v nadhlavníku nad obratníkem Kozoroha (23,5° jižní šířky).

Nejkratší délka stínu bude v době letního slunovratu (21. června), kdy je severní polokoule přikloněna ke Slunci, které je v nadhlavníku nad obratníkem Raka (23,5° severní šířky).

Směr stínu kolíku se každý den mění, protože při pozorování ze Země v konkrétním čase se Slunce pohybuje po obloze přibližně po osmičce (dáno sklonem zemské osy a excentricitou dráhy Země).



MĚŘENÍ, AKTIVITA	POMŮCKY
Všechna měření	pracovní listy (zápisník), tužka, hodinky na určení času měření
Definování, popis a dokumentace stanoviště	GPS, fotoaparát, buzola, klinometr, pásmo
Typy oblaků	klíč k určování oblaků
Oblačnost	kategorie oblačnosti
Kondenzační čáry za letadly	kategorie kondenzačních čar
Maximální, minimální a okamžitá teplota	meteorologická budka, max-min teploměr, kalibrační teploměr
Relativní vlhkost	meteorologická budka, vlhkoměr
Srážky kapalné	srážkoměr, odměrný válec
Srážky sněhové	sněhoměrná deska, sněhoměrná lať, sněhoměrný kůl, pravítko, odměrný válec
pH srážek	umělohmotný srážkoměr na zachytávání srážek, pH papírky nebo pH metr a pufrý na jeho kalibraci, sůl a solná karta, lžička, destilovaná voda pro vymytí srážkoměru, 3x kádinka 100 ml
Tlak vzduchu	barometr
Aerosoly	sluneční fotometr, teploměr, vlhkoměr, kategorie oblačnosti a klíč k určování oblaků, (barometr)
Přízemní ozon	stojan s krytem na zavěšení ozonového papírku, pomůcka na určení směru větru, ozonové papírky, optický scanner, vlhkoměr
Směr a rychlost větru	praporek na tyčce, buzola, anemometr
Teplota zemského povrchu	infračervený bezdotykový teploměr, kategorie oblačnosti a klíč k určování oblaků



Meteorologické stanoviště

Výběr stanoviště

Stanoviště pro meteorologická pozorování doporučujeme umístit v blízkosti školy vzhledem ke každodennímu odečítání dat. Nebudete se tak zdržovat cestováním a zároveň budete mít přístroje více pod kontrolou.

Věnujte, prosím, výběru stanoviště dostatek času, protože vaše meteorologické stanoviště by mělo sloužit dlouhodobě a není vhodné ho měnit. Pokuste se vybrat místo, které je na otevřeném prostranství, není obklopeno vzrostlými stromy a budovami a je z něj vidět podstatná část oblohy.

Součástí vašeho meteorologického stanoviště bude:

- meteorologická budka,
- srážkoměr,
- sněhový kůl,
- místo, ze kterého budete pozorovat oblohy.

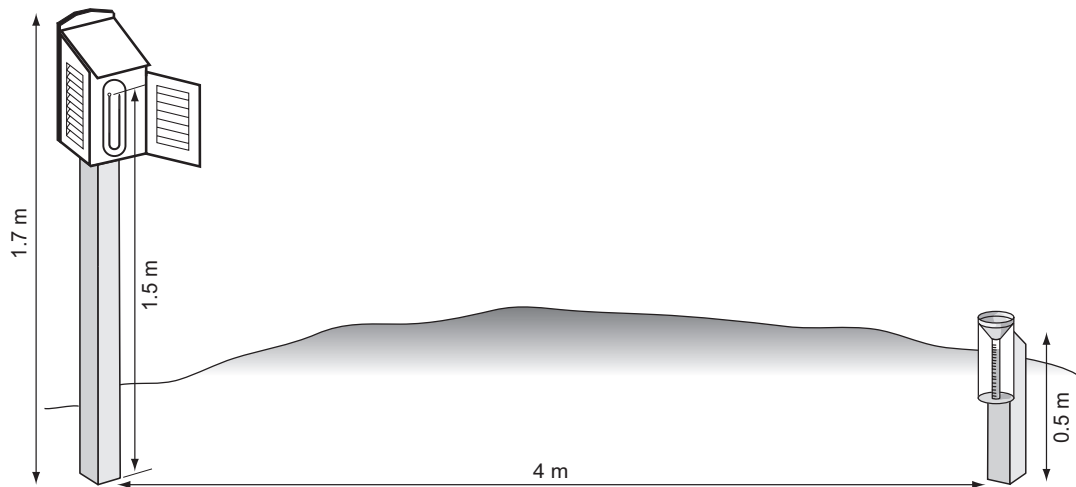
Kritéria pro výběr stanoviště:

Meteorologickou budku umístěte na **volné prostranství s přírodním povrchem** (nejlépe travnatým).

- Jestliže je to možné, budka by měla být od okolních objektů (stromy, ploty, budovy) vzdálená alespoň na čtyřnásobek jejich výšky (pokud je nějaký objekt blíže, zapište ho do poznámek při definování stanoviště – jednoduše určitelné klinometrem – viz pracovní list). Pokud nebude možné vyhnout se přechodnému zastínění budky, mělo by k němu docházet po co nejkratší dobu a zásadně mimo dobu měření.
- Asfaltové a betonové plochy by měly být co nejdále od budky (některé, zejména tmavé povrchy absorbují více slunečního záření, mohou pak ovlivňovat teplotu).
- Budka by neměla být v prudkém svahu či v terénní prohlubni.
- Budku je třeba umístit na pevný sloupek (aby se předcházelo otřesům způsobeným větrem) tak, aby teploměr v ní byl přibližně 150 cm nad zemí.

Srážkoměr je vhodné umístit co nejnižší, aby srážky byly co nejméně unášeny větrem (čím výše, tím větší vítr).

- Vršek srážkoměru umístěte cca 0,5 m nad zemí a pokud možno do vzdálenosti alespoň 4 m od vaší meteorologické budky. Budka tak nebude bránit srážkám při cestě do srážkoměru.
- Srážkoměr je třeba upevnit, aby nedošlo k převrácení či odfouknutí větrem. Vršek srážkoměru by měl převyšovat vršek sloupku, aby sloupek neovlivňoval srážky.
- Pro správné měření udržujte srážkoměr ve vodorovné poloze. Polohu můžete zkontrolovat přiložením truhlářské vodováhy k otevřené horní části srážkoměru ve dvou navzájem kolmých směrech. Pokud horní část není v obou směrech vodorovná, upravte polohu srážkoměru.
- Nízký porost v okolí srážkoměru není na závadu, spíše naopak – srážky nejsou „odfoukávány“ silným větrem mimo nádobu.



Sněhový kůl umístěte na relativně rovném podkladu, kde výška sněhu nejčastěji reprezentuje průměrnou výšku sněhu v okolí. Pokud je okolí kopcovité, vyberte co nejmírnější severní svah, kde je sníh méně ovlivněn slunečním zářením.

- Okolí kůlu nesmí být obklopeno stromy, budovami a jinými vysokými překážkami, které ovlivňují proudění větru nebo způsobují tání sněhu v blízkosti tyče.
- Nízké křoví bez listů nebo jiné malé překážky blízko kůlu pomáhají zamezit tvoření závějí.
- Země u základny kůlu by měla být bez křoví, vysoké trávy a podobných překážek, které mohou ovlivnit výšku sněhové pokrývky nebo překážet při odečítání výšky sněhu v bezprostředním okolí kůlu.
- Nulová výška na kůlu by měla být totožná s povrchem země, v husté trávě musí být „nula“ přibližně na úrovni odpovídající výšce trávy, kde se začíná usazovat padající sníh.
- Kůl může být připevněn svorníkem ke kovovému nebo dřevěnému stojanu, který musí stát rovněž kolmo a být zajištěn v zemi.

Místo pro pozorování oblaků (a aerosolů) nemusí být hned u budky (pokud by bylo dále než 100 m, zaznamenejte ho jako jiné stanoviště). Nutný je dobrý výhled na pokud možno celou oblohu.

Pokud byste se chystali měřit i vlhkost a teplotu půdy, počítejte s tím, že stanoviště pro toto měření by mělo být ideálně do 100 m od vašeho meteorologického stanoviště. Tedy aby v okolí bylo možné vykopat sondu, odebrat vzorky půdy a umístit půdní teploměr.





Výběr stanoviště

POMŮCKY: klinometr (viz Vegetační pokryv, str. 16), případně pásma pro přeměření vzdáleností budov a stromů

POSTUP:

Stručný přehled kritérií k výběru stanoviště najdou žáci v připraveném pracovním listu. Dejte jim chvíli času na prostudování kritérií, vysvětlete si případné nejasnosti. Poté žáci mohou navrhnout konkrétní místa, kde by mohlo meteorologické stanoviště být. Nápadů запиšte a postupně projděte vhodnost jednotlivých míst. Kromě GLOBE kritérií uvažujte i nad praktickými možnostmi navrhovaných míst (dostupnost, bezpečnost, možnost umístění budky apod.). Pokud je to možné, vyrazte na některá z navržených míst rovnou do terénu a ověřte váš výběr.

Popis stanoviště

Bližší informace o vašem stanovišti jsou důležité především pro vás, ale mají význam i pro vědce a studenty z jiných škol, kteří by chtěli s vašimi daty pracovat. Usnadňují zejména správnou interpretaci dat. Vedle základních informací, jako jsou zeměpisné souřadnice, typ používaných měřicích přístrojů apod., je vhodné doplnit údaje komentáři, fotografiemi či mapkou (viz pracovní list).



Popis stanoviště

POMŮCKY: GPS, metr (příp. i pásma), klinometr (viz Vegetační pokryv, str. 16) a buzola (pokud je třeba určit sklon a směr svahu), fotoaparát

POSTUP: viz pracovní list

Pro definování stanoviště potřebujete znát tyto údaje:

- zeměpisnou polohu vašeho stanoviště a jeho nadmořskou výšku (zjistíte ideálně pomocí GPS),
- překážky v blízkosti vašeho stanoviště,
- budovy vzdálené do 10 m od vašeho stanoviště,
- sklon svahu (v případě, že vaše stanoviště není umístěno na rovině),
- výšku srážkoměru nad zemí,
- výšku teploměru nad zemí
- typ používaného teploměru,
- pokryv půdy v okolí meteorologické budky.



Dokud nezaložíte a přesně nepopíšete své meteorologické stanoviště, nemůžete odesílat naměřená data do databáze GLOBE. Pokud by se v budoucnosti podmínky v okolí vašeho stanoviště změnily, nezapomeňte je upravit také v on-line popisu stanoviště.



Maximální, minimální a okamžitá teplota / Maximum, Minimum and Current Temperature



METEOROLOGIE

Teplota vzduchu je meteorologický prvek, který popisuje okamžitý tepelný stav ovzduší. Patří mezi základní veličiny, které meteorologie používá.

Její „normální“ průběh bývá často ovlivněn dalšími jevy. Vítr během dne odnímá část tepla zemskému povrchu, proto je maximální hodnota o něco nižší než při bezvětřném počasí. Významnou roli hraje také vlhkost – vlhčí vzduch se ohřívá pomaleji než suchý. S ní je spojena také tvorba oblačnosti, která brání dalšímu ohřevu (během dne, zatímco v noci naopak zabraňuje ochlazování zemského povrchu, tzv. radiačnímu vyzařování), takže vlhkost vlastně ovlivňuje teplotu hned nadvakrát.

V programu GLOBE měříme **okamžitou** teplotu vzduchu, **minimální** a **maximální teploty vzduchu za 24 hodin**. K těmto měřením používáme **maximo-minimální teploměr**. Aby teploměr skutečně měřil teplotu vzduchu, je potřeba ho umístit tak, aby měření nebylo zkresleno různými vlivy.

Teploměr musí být umístěn:

- ve stínu, aby se vyloučil vliv přímého slunečního záření;
- na volném prostranství, aby se vyloučily místní vlivy;
- na místě chráněném před deštěm a sněhem (prší-li na teploměr, voda, která na něm ulpí, se odpařuje a odnímá mu teplo, takže teploměr ukazuje méně, než je skutečná teplota).

Pro dodržení těchto podmínek bude potřeba umístit teploměr do **meteorologické budky**.

Pro měření teploty se většinou používal maximo-minimální teploměr s trubicí ve tvaru U plněný kapalinou (více o něm na dalších stranách). Ukazuje se však, že jeho měření mohou být nepřesná kvůli chybné funkci magnetu, který ovlivňuje postavení plováčků. Až tedy budete pořizovat nový teploměr, zvolte raději digitální.

TIP

Výroba pomůcek

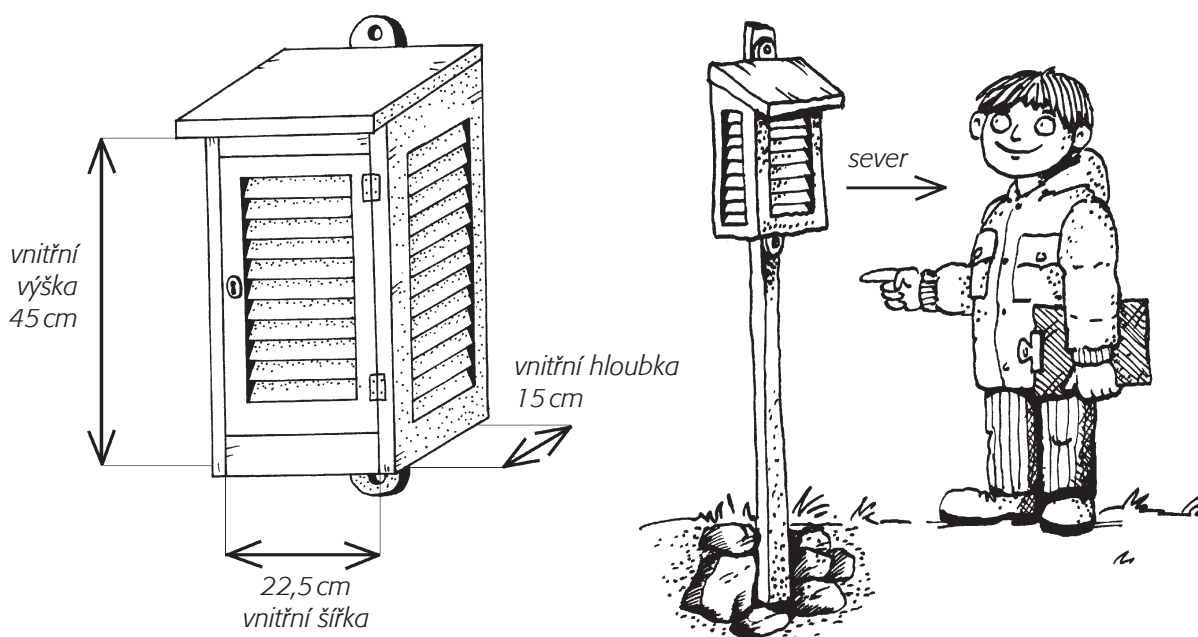
Meteorologická budka



Profesionální meteorologická budka je poměrně drahá záležitost, ale pro potřeby programu GLOBE si můžete budku vyrobit dle následujícího postupu (přesné rozměry a podrobnější postup stahujte na globe-czech.cz).

Rozměry jsou doporučené, neměla by být menší, ale může být větší, aby se do ní vešly všechny přístroje (maximo-minimální teploměr, kalibrační teploměr, vlhkoměr). Než začnete budku vyrábět, zkuste se spojit s nejbližším meteorologickým pracovištěm a zeptat se, jestli nemají nějakou starší budku vyřazenou, která by vám ještě dobře posloužila. Určitě se najde ve vašem okolí šikovný pan školník, tatínek, dědeček či studenti ze střední truhlářské školy, kteří by vám s výrobou budky pomohli. Případně se obraťte na koordinátora GLOBE v TEREZE, můžeme vám koupit budky zprostředkovat.





Budka musí mít na dveřích a bočních stranách **průduchy** tak, aby dobře zajišťovaly volný průchod vzduchu, ale zároveň aby dovnitř nepronikl déšť či sníh. Otvory pro podporu proudění vzduchu musí být i na dně budky. **Budku vyrobte ze dřeva, natřete na bílo**, a když začne nátěr oprýskávat, nezapomeňte ho obnovit. Vnitřek budky občas oprašte suchým hadrem.

Budku připevněte na **sloupek** a ten **zapustíte pevně do země**, abyste co nejvíce ztlumili případné vibrace způsobené větrem či dopravou. **Dvířka budky** musí směřovat **k severu**, což snižuje při odečítání teploty působení přímého slunečního záření.

Na dveře budky dejte zámek a ke stanovišti můžete dát informaci, k čemu slouží, s prosbou, aby vám ho nikdo neničil. Zajímavé bude přidat výsledky vašich měření v podobě mapek či grafů či odkaz na vaše webové stránky, kde jsou výsledky k dispozici.

Instalace teploměru:

Maximo-minimální teploměr umístíte svisle do meteorologické budky tak, že čidlo bude ve výšce cca 1,5 m nad zemí (nebo 0,6 m nad průměrnou výškou sněhové pokrývky, pokud je tato vyšší). Teploměr připevněte pomocí šroubů (nedotažených) blízko středu budky. Snažte se dosáhnout toho, aby se teploměr nedotýkal jakékoliv části budky.



Proč je budka bílá?

V průběhu této aktivity mají žáci možnost uvědomit si základní principy, které ovlivňují měření teploty. Předem si promyslete, jak s aktivitou budete pracovat (např. kolik máte času, zda se chcete na nějaký princip zaměřit, jaké pomůcky máte k dispozici)

POMŮCKY: meteorologická budka (či alespoň její fotka), fotka meteorologického stanoviště, pomůcky k ověření důležitých vlastností



POSTUP:

Na začátku aktivity seznámte žáky s meteorologickou budkou a ideální podobou meteorologického stanoviště. Poté žáci samostatně vyplní tabulku v pracovním listu (s mladšími žáky se od začátku můžete zaměřit jen na některé principy a již v této fázi určit, kterými řádky tabulky se nemusí zabývat).

Po vyplnění tabulky se žáci mohou rozdělit do skupin dle vlastnosti, na kterou se dále zaměří, nebo můžete v rámci celé třídy řešit třeba jen několik zvolených.

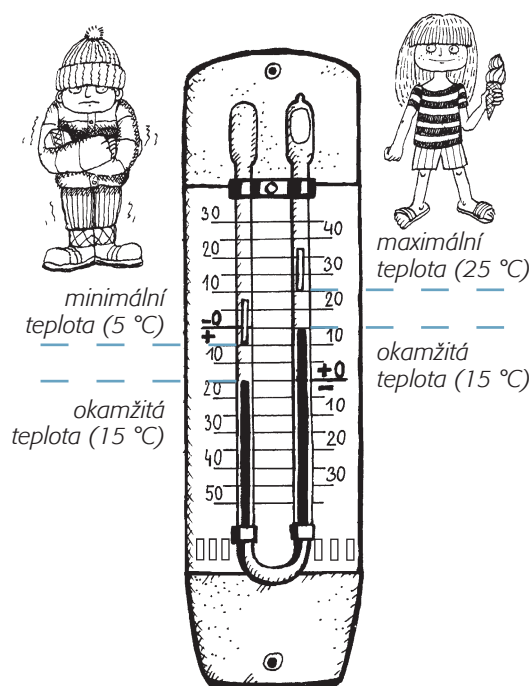
Před plánováním reálného ověření sdělte žákům, s jakými omezeními musí počítat (např. jaké pomůcky mají k dispozici, kolik času mají na přípravu a realizaci ověření apod.). Ověřování může proběhnout v další hodině, do té doby si žáci mohou některé pomůcky sami přinést či vyrobit (např. krabice na testovací budky). Pokud si žáci s ověřením nevědí rady, můžete jim navrhnout takový postup, že si vyrobí dvě testovací budky (např. z krabic od bot), které se budou lišit jen v ověřované vlastnosti (jsou tedy stejné, ale např. jednu umístíte nad trávnik, druhou nad beton; nebo jedna bude černá, druhá bílá; nebo budou obě bílé, ale jedna bude mít otvory a druhá ne). Při takovém pokusu nezáleží na tom, zda budou testovací budky správných rozměrů, ale aby obě byly pokud možno stejné. Každá skupina by pak měla dostat dva teploměry (které ve třídě ukazují stejnou teplotu). Tyto teploměry umístí do svých testovacích budek a zaznamenávají teplotu každých pět minut, dokud se teplota neustálí (tedy bude stejná po dvou následujících odečtech).

Na samotné provedení pokusů je vhodný slunečný den, může lehce foukat. Po skončení měření nechte žákům dostatek času na zpracování výsledků a předem se domluvte, jakým způsobem budou své závěry prezentovat.

Měření teploty vzduchu

Jak pracuje maximo-minimální teploměr?

Maximo-minimální teploměr je tvořen trubicí ve tvaru písmene U naplněnou kapalinou. Nejvyšší teplota je registrována tzv. ukazatelem maxima (spodním okrajem plováčku) pohybujícího se nad sloupcem teploměrné kapaliny v pravém rameni teploměru. Při stoupaní teploty je plováček vytlačován kapalinou nahoru a dojde-li k poklesu teploty, zůstává stát v poloze, do které byl vytlačen. Nejnižší teplota je měřena tzv. ukazatelem minima (spodním okrajem plováčku) pohybujícím se v kapiláře nad sloupcem kapaliny v levém rameni teploměru. Při snižování teploty je plováček vytlačován nahoru a dojde-li k nárůstu teploty, zůstává stát v poloze, do které byl vytlačen. Stupnice v levém sloupci je obrácená – tj. minusové teploty jsou nahoře a plusové dole. Okamžitá teplota – horní okraj sloupce kapaliny – by se měla v obou ramenech teploměru shodovat.





Kalibrace teploměru / Thermometer Calibration

POMŮCKY: kádinka, 100ml vody (lépe destilované) a 400ml drceného ledu

POSTUP:

Maximo-minimální teploměr musí být nakalibrován (přezkoušen, zda přesně měří) před zahájením měření v programu GLOBE a potom vždy po půl roce. V případě, že máte k dispozici kalibrační teploměr, přesvědčte se nejdříve o jeho přesnosti (viz pracovní list), poté ho umístěte do budky a porovnejte naměřené hodnoty s vaším běžně používaným maximo-minimálním U teploměrem (viz postup v pracovním listu). V případě, že je odchylka větší než 1 °C a váš teploměr je ještě v záruce, pokuste se ho reklamovat.

Jestliže nevlastníte kalibrační teploměr, úplně postačí, když si maximo-minimální teploměr necháte jedenkrát za půl roku přezkoušet ve vašem nejbližším meteorologickém pracovišti. Obraťte se přímo na něj nebo na TEREZU, která vám poradí, jestliže ve vašem okolí o žádném takovém pracovišti nevíte.



Zaznamenávání teplot / Maximum, Minimum and Current Temperature

POMŮCKY: meteorologická budka, maximo-minimální teploměr, tužka a záznamový list

POSTUP:

- Otevřete opatrně meteorologickou budku tak, abyste se nedotkli teploměru nebo nestáli příliš blízko a neovlivnili teplotu svým tělesným teplem či dechem. (Tato podmínka je důležitá hlavně za chladnějšího počasí.)
- Snažte se, abyste se na sloupec s kapalinou dívali vodorovně. Jinak může dojít ke zkreslení odečítaných údajů.
- Jako první odečítejte okamžitou teplotu na pravém sloupci teploměru a zaokrouhlete na nejbližší půl stupeň Celsia.
- Pokračujte odečtením maximální teploty na spodní základně plováčku v pravém sloupci a zaokrouhlete na nejbližší půl stupeň Celsia.
- Jako poslední odečítejte minimální teplotu na spodní základně plováčku v levém sloupci a zaokrouhlete na nejbližší půl stupeň Celsia. Nezapomeňte, že stupnice v levém sloupci je obrácená – záporné teploty jsou nahoře a kladné v její spodní části.
- Nastavte teploměr pro další měření: stiskněte tlačítko uprostřed teploměru a plováčky sjedou do výchozí polohy. (Některé teploměry jsou místo tlačítka opatřeny magnetem, kterým stáhnete plováčky dolů, aby byly usazeny na vršku rtuťového sloupce.)

POZNÁMKA:

V případě, že **vynecháte měření** (např. v sobotu a v neděli nebo o prázdninách), **zaznamenávejte další den pouze okamžitou teplotu** a zároveň nastavte u teploměru plováčky pro maximální a minimální teplotu do základní polohy. Maximální ani minimální teplotu nemůžete měřit, protože by to nebyla teplota za 24 hodin, ale vztahovala by se k vašemu poslednímu měření před vynecháním. Druhý den již můžete zaznamenat všechny tři teploty.





Interpretace dat



Nenechávejte si svá data jen pro sebe

POMŮCKY: řada dat z vlastních měření, data z jiných škol či Českého hydrometeorologického ústavu pro porovnání, počítač pro zpracování dat

POSTUP:

Poskytněte vaše data prostřednictvím webových stránek školy, uveřejněním v místním tisku či formou nástěnky občanům vašeho města. Sestavte z nich grafy, průměrné denní a měsíční teploty.

Pro studium klimatu jsou nejzajímavější průměrné teploty v různých časových periodách. Přibližnou průměrnou denní teplotu vypočteme zprůměrováním maximální a minimální teploty v daném dni. Výzkumy potvrdily, že takto získaná průměrná teplota se většinou liší jen o 0,1 °C od skutečné průměrné teploty.

Průměrná denní teplota se (v našem klimatickém pásmu) počítá podle vzorce:

$$t_d = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4}$$

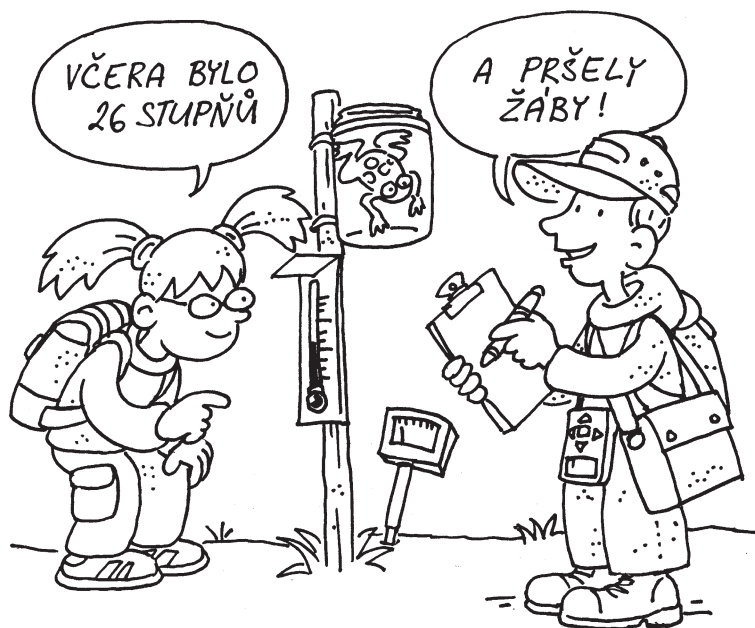
t_d je průměrná denní teplota,

t_7, t_{14}, t_{21} jsou teploty naměřené v termínech 7, 14, a 21 hod. tzv. místního času.

Průměrnou měsíční teplotu získáme tak, že zprůměrujeme všechny průměrné denní teploty za celý měsíc.

Průměrné hodnoty můžete porovnávat např. s údaji z minulých let, které jsou pro jednotlivé kraje dostupné on-line na webu Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz) pod záložkou Historická data – Počasí – **Měsíční data**.

Porovnejte vaše data s daty nejbližších GLOBE škol nebo s profesionálními měřicími stanicemi. Přemýšlejte s žáky nad důvody, proč se data z přibližně stejných míst mohou lišit (tedy co ovlivňuje teplotu – např. nadmořská výška, umístění teploměru, pozor na porovnávání odpovídajících dat, např. okamžitá teplota x průměrná).



Srážky / Precipitation

Srážkami rozumíme všechnu vodu v kapalném nebo tuhém skupenství, která vypadává z různých druhů oblaků a dopadá na zem. Srážky mohou být tedy kapalné, či tuhé (pevné). Kapalné (tekuté) srážky zahrnují déšť a mrholení. Pevné srážky tvoří sníh, ledové krupky a krystalky, kroupy a zmrzlý déšť. V některých případech se mohou vyskytovat srážky v obou skupenstvích současně.

Aby mohly z oblaků srážky ve formě kapiček nebo krystalků vypadávat, musí být rychlost jejich pádu větší než rychlost vzestupných pohybů vzduchu tvořících oblaky. To znamená, že kapičky či krystalky musí být dostatečně hmotné a velké.

K měření množství kapalných srážek vám poslouží srážkoměr. Srážkoměr patří k nejstarším a nejjednodušším meteorologickým přístrojům. Zprávy o množství srážek v různých částech Indie jsou již v díle Kautiliově ze 4. stol. př. n. l. U nás měřil poprvé srážky Josef Stepling v pražském Klementinu v r. 1752.



Množství srážek udává výška vodního sloupce v mm.

1 mm srážek odpovídá 1 litru vody spadlé na plochu 1 m².

Pro přepočítání srážek z ml na mm platí následující vztah:

$$\text{množství srážek v mm} = \frac{1000}{\pi r^2} \times \text{množství srážek v ml}$$

r – poloměr srážkoměrné nádoby v mm



Co jsou to srážky

POMŮCKY: pracovní list pro každého žáka

POSTUP:

Nechte žáky postupně odpovídat na otázky v pracovním listu – nejdříve mohou pracovat samostatně, poté diskutujte ve skupinách. Není cílem zodpovědět zcela detailně všechny otázky, spíše žákům ukázat, že srážky jsou široké a důležité téma.



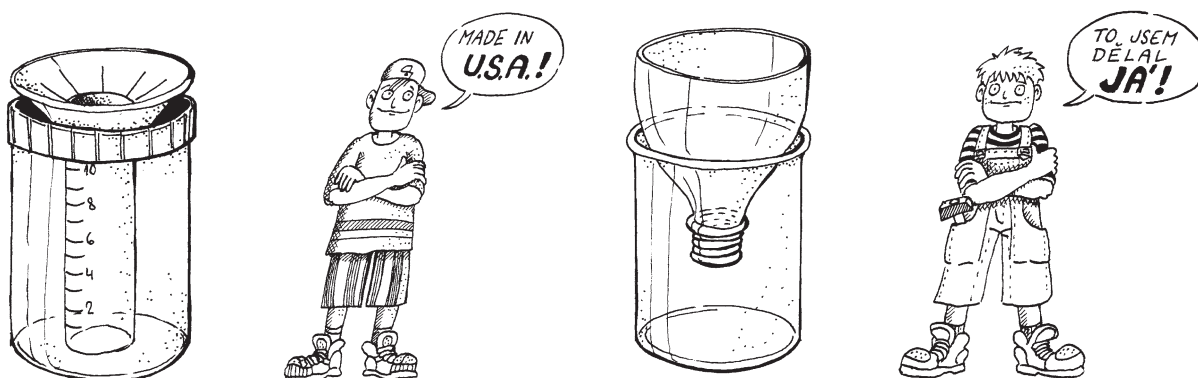
Výroba pomůcek

K měření kapalných i pevných srážek nepotřebujete žádné drahé přístroje, pomůcky si můžete vyrobit sami.

SRÁŽKOMĚŘ

Nejjednodušší měření je pomocí kalibrovaného srážkoměru, kdy odečítáte na stupnici množství srážek přímo v mm. Originální kalibrovaný srážkoměr pro program GLOBE má průhledný vnější válec o průměru 102 mm a uprostřed menší válec pro sběr vody. Většina účastníků GLOBE v České republice však takový srážkoměr nemá, proto studenti trénují matematiku a přepočítávají množství srážek v ml na množství srážek v mm.

Jako srážkoměr vám postačí nádoba s průměrem cca 150 mm. V krajním případě je možné použít uříznutou PET lahev, ale meteorologové v ČR doporučují větší průměr nádoby. Pro výpočet srážek pak potřebujete znát poloměr vašeho srážkoměru a množství srážek v ml (zjistíte přelitím do odměrného válce). Do protokolu je pak třeba poznamenat, že používáte nekalibrovaný vlastní srážkoměr.



SNĚHOMĚRNÁ DESKA

Sněhoměrná deska (u nás se používá i název sněhoměrné prkénko) nám poslouží každý den jako základna pro změření vrstvy nově napadaného sněhu. Používáme ji také při určování vodního ekvivalentu nových srážek.

Sněhoměrná deska může být zhotovena z tenkého dřevěného nebo jiného lehkého materiálu, který nesmí klesat vlastní vahou do sněhu, ale nesmí být zase tak lehký, aby ho odvál silný vítr. Měla by být právě tak velká, aby umožnila odebrání více než jednoho vzorku sněhu z této desky. Doporučuje se délka hrany alespoň 40 cm. Deska musí být bíle natřena.

SNĚHOMĚRNÁ LAŤ (TYČ)

Jako sněhoměrná lať se používá tyčka o průměru asi 1,3 cm (nebo podobná pomůcka, např. pravítko). Používá se současně s již popsanou sněhoměrnou deskou k měření výšky nového sněhu, který napadl na předchozí sněhovou pokrývku.



SNĚHOVÝ KŮL

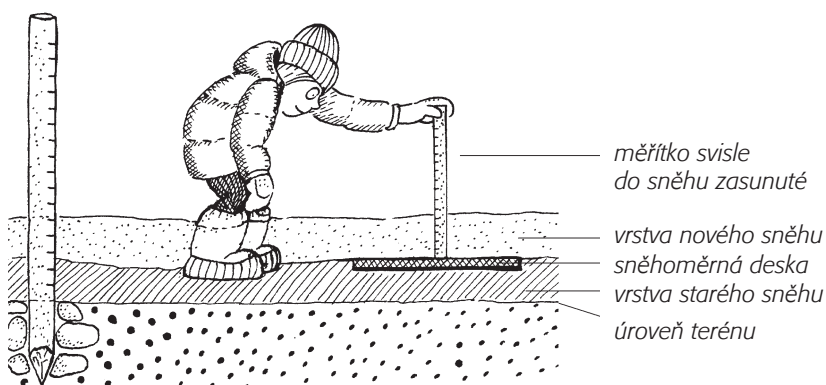
Sněhový kůl je také jednou z pomůcek pro určení výšky vrstvy sněhu. Používá se v oblastech s vysokou sněhovou pokrývkou k určení výšky sněhu nad zemí. Měl by to být asi 4 cm silný hranatý kůl, bíle natřený, aby nedocházelo k jeho ohřívání sluncem a následně k tání sněhu v bezprostředním okolí.

Po celé výšce kůlu je potřeba vyznačit stupnici. Číslovky by měly být použity k indikaci po desítkách cm – např. „10“ = 10 cm, „20“ = 20 cm atd., případně můžete ke kůlu připevnit dlouhé pravítko či jiné měřidlo.

Nulová výška na kůlu by měla být totožná s povrchem země. V husté trávě musí být „nula“ přibližně na úrovni odpovídající výšce trávy, kde se začíná usazovat padající sníh.

Kůl může být připevněn svorníkem ke kovovému nebo dřevěnému stojanu, který musí stát rovněž kolmo a být zajištěn v zemi.

upevnění sněhového kůlu a práce se sněhoměrnou deskou



Měření srážek

Pro ekosystém je zásadní, kolik srážek celkově během roku přijímá a jak jsou rozloženy. Při měření je proto možné zadávat data za několik dní najednou, aby ztráta informací byla co nejmenší, i když nemůžete měřit každý den. Na začátku každého měření poznamenejte, kolik dní uběhlo od posledního měření srážek či sněhové pokrývky (v databázi zadáte jako Days of accumulation). Srážky můžeme měřit za období maximálně 7 dní, samozřejmě je mnohem přesnější zaznamenávat data denně.

Při zadávání dat do GLOBE databáze vybíráte u každého měření srážek další důležité informace charakterizující stav měření:

Measurable – měření proběhlo, bylo možné zaznamenat hodnotu větší než 0,5 mm nebo hodnotu nulovou (nepršelo, nesněžilo), měření nebylo nijak znehodnoceno.

Trace – měření nebylo možné provést, protože napadlo pouze stopové množství srážek či sněhu (do 0,5 mm, poprašek).

Missing – měření nemohlo být provedeno, např. vítr odfoukl srážkoměr, voda ze srážkoměru byla vylita před odečtením, sníh na sněhoměrné desce roztál před měřením, někdo manipuloval se sněhoměrnou deskou před měřením apod.



Kapalné srážky / Rainfall

POMŮCKY: srážkoměrná nádoba, odměrný válec, kalkulačka, zápisník, tužka

POSTUP:

V případě, že máte k dispozici kalibrovaný srážkoměr, odečtete množství srážek přímo v mm na stupnici. Pokud používáte jinou srážkoměrnou nádobu, postupujte dle návodu v pracovním listu.



Celková sněhová pokrývka / Total Snowpack

POMŮCKY: sněhoměrná lať, sněhoměrný kůl, zápisník, tužka

POSTUP:

Měření je vhodné provádět, i když od minulého měření nesněžilo – můžete sledovat rychlost tání a odpařování sněhu. Postupujte dle návodu v pracovním listu.

POZNÁMKA:

V některých místech sněhová pokrývka během zimy dosahuje trvale do výšky 1 m a výše. V těchto případech bude obtížné měřit celkovou výšku sněhu zasouváním měřicí tyče na několika místech. Proto je možné zvolit stálou měřicí tyč (sněhový kůl) a měřit jen na jednom místě.



Nová sněhová pokrývka / New Snowfall

POMŮCKY: sněhoměrná deska, sněhoměrná lať či pravítko, zápisník, tužka, praporek (či jiné označení)

POSTUP: Postupujte dle návodu v pracovním listu.



Vodní ekvivalent pevných srážek / Rain Equivalent of New Snow or Snowpack

POMŮCKY: sněhoměrná deska, srážkoměrná nádoba pro odběr vzorku o průměru cca 15 cm, zápisník, tužka, tenká plastová destička (s hranou min. dle průměru srážkoměrné nádoby)

POSTUP:

Vodní ekvivalent vzorku pevných srážek určíte změřením kapalného objemu rozpuštěného vzorku pevných srážek. Postupujte dle návodu v pracovním listu.

pH srážek / Precipitation pH

Srážky a jejich pH ovlivňují území, na které dopadají. Kyselé srážky působí na vegetaci, budovy, sochy, a mění pH povrchových vod či půdy.

V rámci programu GLOBE budete zjišťovat pH dešťových i sněhových srážek. Hodnotu pH dešťových srážek změříte pokaždé, když zachytíte nejméně 30 ml dešťových srážek ve své srážkoměrné nádobě. Hodnotu pH nových sněhových srážek změříte pokaždé, když napadne dostatek nového sněhu, abyste mohli odebrat vzorek, který se nebude přímo dotýkat sněhoměrné desky. Hodnotu pH celkové vrstvy sněhových srážek změřte pokaždé, když můžete odebrat vzorek sněhu tak, abyste se odběrnou nádobou nedotýkali země. Když vámi odebrané vzorky sněhu roztají, měli byste z každého získat nejméně 30 ml vody.





pH srážek / Precipitation pH

POMŮCKY: pH papírky nebo pH metr, kalibrační roztoky, srážkoměrná nádoba, 3x kádinka 100 ml, sněhoměrná deska, kuchyňská sůl, solná karta, destilovaná voda

POSTUP: Postupujte dle návodu v pracovním listu.
Podrobný návod na měření pH kapalin pomocí pH indikátorových papírků i pH metru včetně kalibrace najdete v kapitole Hydrologie, pracovní listy str.19–20.

V případě, že používáte plechovou srážkoměrnou nádobu, budete potřebovat na měření pH ještě jednu plastovou (např. uříznutou PET lahev). Plechová nádoba by mohla ovlivnit hodnotu pH. Budete tedy mít dvě nádoby – jednu plastovou na zjišťování pH a jednu plechovou na zjišťování množství srážek.

Většina srážek má nízkou konduktivitu, a proto je potřeba věnovat měření zvláštní pozornost. PH papírky ani pH metr neměří přesně při nízkých hodnotách konduktivity. Přidáním krystalů soli zvýšíte konduktivitu na vhodnou úroveň – můžete použít kuchyňskou sůl. Dále budete potřebovat tzv. salt card – solnou kartu, podle níž si připravíte množství kuchyňské soli, které budete do vody přidávat. Solnou kartu si vyrobíte jednoduše sami: Na papír namalujete dvě kolečka. První o průměru 4 mm – to použijte pro odměření soli, kterou přidáte do srážkové vody o objemu mezi 30 až 40 ml. Druhé kolečko o průměru 5 mm použijte pro odměření soli, kterou přidáte do srážkové vody o objemu mezi 40 až 50 ml. Pro odměření potřebného množství pokryjete kolečko soli v jedné vrstvě.

POZNÁMKA:

Alespoň 1x za týden srážkoměrnou nádobu vypláchněte **destilovanou vodou, a to nehleďe na to, jestli pršelo. Nepoužívejte k vymývání žádné saponáty a mýdla, mohly by ovlivnit vaše měření pH.**

Při **odběru vzorku sněhu pro zjištění pH sněhových srážek** postupujte opatrně. Sněhoměrná deska, kterou používáte pro měření výšky vrstvy nového sněhu, může být připravena venku poměrně dlouho, než na ni opravdu napadne sníh. Tak se stane, že pod sněhem jsou na desce listy, prach či hlína. Vzorek sněhu, který odebíráte pro zjištění vodního ekvivalentu pevných srážek, se dostane do kontaktu s těmito materiály, nebo může přímo reagovat se sněhoměrnou deskou, a pH by tak mohlo být ovlivněno. Pro nás je důležité, abychom změřili pH jen samotného vzorku sněhu, který nebude ovlivněn okolním materiálem. Proto pro zjištění pH odeberte druhý vzorek sněhu pomocí plastové či skleněné nádoby. Při odběru postupujte tak, abyste se nedotkli sněhoměrné desky. Sníh může měnit své pH v závislosti na době padání, proto odebírejte vzorek do hloubky, a ne jen seškrábnutím vrchní vrstvy sněhové pokrývky. Chceme totiž získat průměrné pH sněhových srážek. Když už máte vzorek odebraný, vezměte ho dovnitř, přikryjte a nechte roztát při pokojové teplotě. Pak již můžete postupovat stejně jako při měření pH dešťových srážek.

Interpretace dat

Běžné pH srážek je 5,6, tedy mírně kyselé, a to i v poměrně neznečištěných oblastech – především kvůli rozpuštěnému CO_2 a oxidům síry a dusíku. Lidé svojí činností (spalováním fosilních paliv) tyto plyny do atmosféry intenzivně dodávají, proto na mnoha místech pH srážek významně klesá. To se nemusí vztahovat jen na oblasti se zdrojem znečištění, protože tyto plyny (a následné kyselé srážky) mohou být unášeny na dlouhé vzdálenosti, než dopadnou na zem. Záleží také na tom, kde se oblačnost tvoří – zda





nad oblastmi s výraznými zdroji emisí, nebo oblastmi bez emisí. Na přední straně oblaku či před frontou jsou totiž znečišťující částice vynášeny vzhůru do výšek, kde oblaky teprve vznikají, nebo jsou nasávány do již existujících.

pH srážek je ovlivňováno také částicemi půdy, mořskými aerosoly apod. Nezvykle vysoké či nízké pH srážek může být způsobeno např. lesním požárem, písečnou bouří, ale také chybně nakalibrovaným pH metrem.

Sněhové srážky jsou oproti dešťovým většinou kyselější. Příčinou je schopnost vloček absorbovat více znečišťujících látek díky většímu povrchu v porovnání s kapkami.

Při vyhodnocování vlastních naměřených dat je třeba zvažovat mnoho souvislostí. Inspirujte se příkladem ze školy:

ZŠ Větrný Jeníkov

V měsíci listopadu žáci 8. třídy pravidelně měřili množství srážek a jejich pH:

- pH naměřených srážek bylo skoro vždy 4,5 – v minulých letech patřil Větrný Jeníkov k místu s mírně až středně znečištěným ovzduším, kyselost ovzduší se v posledních letech mírně zhoršila;
- směrem na jihovýchod, asi 10 km od Větrného Jeníkova (v Jihlavě), se nachází firma na výrobu dřevotřísek, laminátových podlah apod., která je kyselým zdrojem.

Komentář meteorologa

Je překvapující, že v místě s tak málo zdroji znečištění byly naměřeny poměrně kyselé srážky – pH okolo 4,5. Může jít o přenos znečištění na dlouhé vzdálenosti; uvedená firma v Jihlavě není tak významná, pH se nijak neliší ani při větru z opačné strany.

Jedním z možných vysvětlení by mohlo být lokální vytápění. Bylo by zajímavé zjistit nejen směr, ale i sílu větru ve dnech, kdy se srážky vyskytly. Pokud byl slabý, je tato možnost dosti pravděpodobná.



Jak se mění pH srážek

POMŮCKY: vlastní řada dat pH srážek, data z dalších zdrojů

POSTUP:

Nechte žáky nad otázkami v pracovním listu nejdříve individuálně přemýšlet, poté společně diskutujte odpovědi. Sporné otázky mohou být inspirací pro další zjišťování informací či vlastní návrhy, jak dané skutečnosti ověřit nebo vyvrátit.



Oblaky a oblačné pokrytí

Tvorba oblaků je výsledkem vzájemného působení především dvou faktorů – **teploty a vlhkosti**. Čím větší ohřev a vyšší vlhkost, tím více oblačnosti může vzniknout. Když je teplota dostatečně velká, začnou se tvořit vzestupné proudy vzduchu. V určité výšce, v tzv. kondenzační hladině, dochází k maximálnímu nasycení vzduchu vodními parami a vznikají oblaka. Čím méně vlhkosti je v atmosféře, tím musí vzduch stoupat výš, aby došlo k tvorbě oblačnosti.

K maximálnímu vývoji oblačnosti dochází nejčastěji v odpoledních hodinách – je nutno počítat s určitou „setrvačností“ vzestupných proudů. Proto je např. nejvyšší četnost výskytu bouřek okolo 15. hodiny.

Spolupůsobícím faktorem při vzniku oblačnosti je vítr. Je-li dostatečně silný, dokáže slibně se vyvíjející oblačnost „roztrhat“ a přerušit vzestupné proudy. Vítr se podílí nejen na formování oblačnosti, ale také na přenosu oblaků často i daleko od místa jejich vzniku.

Oblak je viditelné seskupení nepatrných částecek vody nebo ledu, případně obojího, ve volné atmosféře. Rozptýlené částice ledu či vody v atmosféře nevidíme, když se jich ale nahromadí dostatek na jednom místě a vzduch je vodními parami stoprocentně nasycen, vzniká oblak.

Oblaky ovlivňují, kolik slunečního světla dopadne na zem, ale také kolik tepla se ze Země uvolní skrz atmosféru zpět do vesmíru. Hrají proto velkou roli nejen v rámci aktuálního vývoje počasí, ale také při dlouhodobém sledování klimatu.

Obláčné pokrytí oblohy / Cloud Cover

Oblačnost (neboli stupeň pokrytí oblohy oblaky) se udává v ploše (v desetínách či osminách, v procentech) oblohy, která je zakrytá oblaky. Oblačnost charakterizuje určitý ráz počasí, propouští k zemi určité množství slunečního světla, a tím ovlivňuje tepelnou bilanci Země.



Jak vznikají oblaka

POMŮCKY: velká sklenice, horká voda, kousek plechu (víčko od sklenice), kostky ledu, aerosolový sprej (osvěžovač vzduchu, lak na vlasy apod.)

POSTUP:

Tento pokus žákům ukáže, jak se vytvářejí oblaky, když dochází k ochlazení teplého vzduchu. Postupujte dle pracovního listu. Žáci uvidí vznikající oblak ve sklenici – teplý vzduch ve sklenici stoupá, led ho ochlazuje, vodní pára obsažená ve vzduchu se sráží na kapičky díky přítomným aerosolům a tvoří oblak. Předem doporučujeme vyzkoušet, jak horkou vodu použít (měla by mít alespoň 60 °C).

Podobně se vodní pára sráží např. při sprchování na studeném povrchu zrcadla, na brýlích při přechodu z chladu do tepla, obláčky páry se tvoří v zimě při vydechování do chladného vzduchu apod.





Trénink odhadu oblačného pokrytí

POMŮCKY: bílý a modrý papír pro každého žáka (velikosti A4), lepidla

POSTUP:

Odhad oblačného pokrytí může být náročný i pro zkušeného pozorovatele, proto je užitečné, když mohou žáci tuto dovednost trénovat. Odhad oblačného pokrytí si vyzkouší díky jednoduché pomůcce, kterou si sami vyrobí. Nechte žáky postupovat podle pracovního listu (pracují samostatně či ve skupinách). Domluvte se, jak označí svoji oblohu a v jakém uspořádání budou ve třídě procházet oblohy ostatních. Před odhadováním oblačnosti od žáků vyberte zbývající části bílých papírů.

Na tabuli připravte tabulku, která poslouží kontrole správných odpovědí a společnému vyhodnocení. Nejprve do ní zaznamenejte skutečné oblačné pokrytí jednotlivých skupin, nechte žáky vyhodnotit jejich vlastní odhady a zodpovědět otázky. Poté proveďte vyhodnocení ve třídě – žáci se mohou hlásit podle toho, jak odhadli pokrytí a kategorii. Diskutujte nad otázkami, na které předtím žáci odpovídali samostatně. Společně byste měli vyvodit závěr, jak ideálně postupovat při určování oblačného pokrytí v terénu, kde navíc situaci komplikuje 3D rozvrstvení oblaků a slévání se obrazu směrem k horizontu.

Označení skupiny	Skutečné % pokrytí	Skutečná kategorie	Počet žáků se správným odhadem % pokrytí	Počet žáků, kteří nadhodnotili % pokrytí	Počet žáků, kteří podhodnotili % pokrytí	Počet žáků se správně určenou kategorií



Oblačné pokrytí oblohy / Cloud Cover Protocol

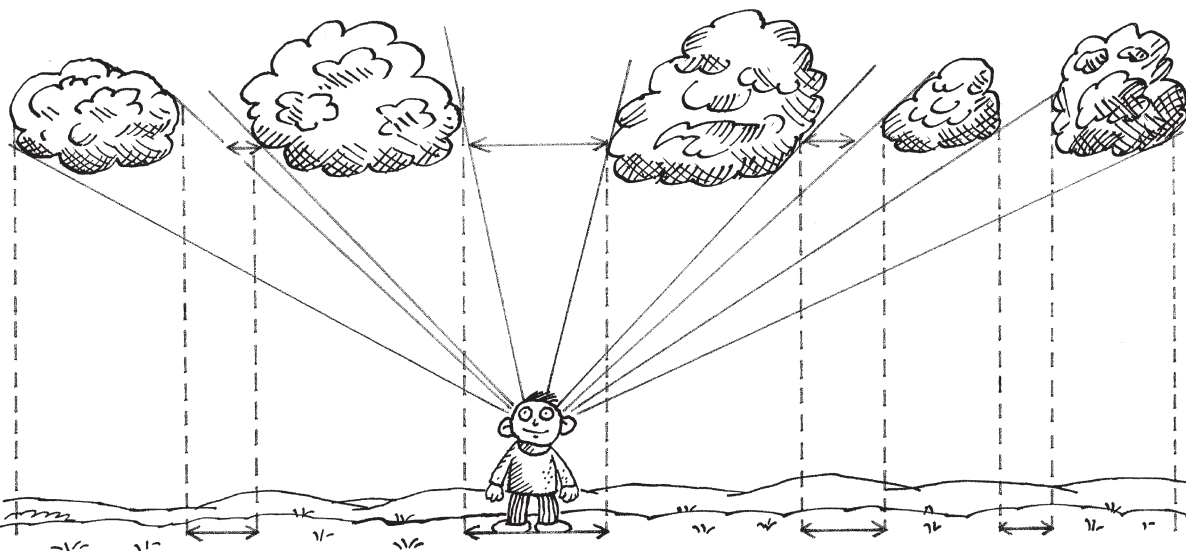
POMŮCKY: kategorie oblačnosti, přehled příčin zastřené oblohy

POSTUP:

Rozdělte studenty do čtyř skupinek. Každá skupina pozoruje jednu čtvrtinu oblohy a studenti se musí shodnout na společném výsledku za svoji část oblohy. Pozorování studentů ze všech skupinek zprůměrujte. Určete kategorii oblačnosti pomocí tabulky v pracovním listu.

Uvědomte si, že oblaky mají svoji tloušťku – proto čím více se díváme k horizontu, tím více se nám může zdát, že je oblačnost větší. Přímou nad hlavou vidíme nejlépe, jaký mají oblaky tvar a kolik je mezi nimi vidět oblohy. Většinou můžeme předpokládat, že podobně jako nad námi to vypadá i blíže k horizontu. Obecně máme při pozorování oblačnosti tendenci oblačné pokrytí přeceňovat – je vhodné s žáky schopnost realistického odhadu trénovat.





Občas se vyskytne situace, kdy oblaky nemůžeme dobře pozorovat, protože nejsou vidět. Pokud se tak stane na více než $\frac{1}{4}$ oblohy, v databázi zaškrtnete okénko „obscured“ a k tomu si vyberete jednu či více příčin:

MLHA (Fog) – vzniká, když vodní pára kondenzuje či mrzne nízko nad zemí. Vytváří se, když relativní vlhkost dosáhne 100% (vlastně jde o „oblak na zemi“).

KOUŘ (Smoke) – kouř z lesních požárů nebo jiných zdrojů. Od mlhy či oparu ho odlišíme charakteristickým zápachem a nižší relativní vlhkostí.

OPAR (Haze) – je způsoben souborem velmi malých kapek či aerosolů (např. částičky znečištění z lidské činnosti nebo prach). Tyto částice zbarvují oblohu do červena, hněda, žluta či do bíla. Patří sem také smog. Většinou jsou během výskytu oparu oblaky stále pozorovatelné, proto tuto kategorii vybírejte skutečně jen tehdy, když přes opar nejsou oblaky vidět.

SOPEČNÝ POPEL (Volcanic Ash) – velké snížení viditelnosti vlivem sopečné erupce je většinou doprovázené i spadem popílku.

PRACH (Dust) – vítr často zvedá prach (částičky půdy) a přenáší ho na velké vzdálenosti. V některých oblastech mohou prachové bouře snížit viditelnost natolik, že obloha není vidět.

PÍSEK (Sand) – písečná bouře vyžaduje silnější vítr než prachová, ale viditelnost snižuje podobně.

SPREJ (Spray) – tento jev vzniká poblíž velkých vodních ploch, kdy vítr zdvihá kapičky vody, je typický pro oblasti mořských pobřeží.

SILNÝ DÉŠŤ (Heavy Rain) – pokud v čase měření silně prší, může být obloha obtížně viditelná. I když to vypadá, že je zataženo, měli byste určit stav jako zastřenou oblohu s příčinou silného deště.

SILNÉ SNĚŽENÍ (Heavy Snow) – obloha není vidět skrz silné sněžení.

VÁNICE (Blowing Snow) – silný vítr zvedá již napadaný sníh. Pokud zároveň sněží, uveďte obě kategorie (silné sněžení i vánice).

Pozorované oblaky na zbytku oblohy můžete zapsat do poznámek (jako metadata).



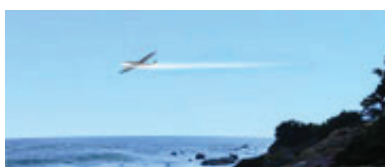
Kondenzační čáry za letadly / Contrail Cover and Contrail Type

Za určitých podmínek (vhodná kombinace teploty a vlhkosti vzduchu) se za letadly vytváří kondenzační čára. Jde o lineární oblak, který se tvoří díky tomu, že výfukové plyny letadel obsahují určité množství vodní páry a dalších aerosolových částic – ty fungují jako kondenzační jádra pro tvořící se ledové krystaly.

V některých oblastech mohou tyto čáry zakrývat část oblohy, proto bylo zařazeno jejich pozorování do GLOBE měření. Toto měření provádíme pouze v případech, že obloha není zastřena. Při určování pokrytí oblohy kondenzačními čarami postupujte stejně jako při určování oblačného pokrytí.

Další informace o kondenzačních čarách nabízí NASA na svém vzdělávacím portálu <http://science-edu.larc.nasa.gov/contrail-edu/>.

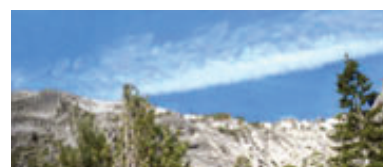
V programu GLOBE určujeme **typy kondenzačních čar** dle následující charakteristiky:



Short-lived
krátkodobá kondenzační čára
– čára za letadlem rychle mizí;



Persistent Non-spreading
**trvalejší úzká kondenzační čára,
která se nerozšiřuje**
(je široká maximálně na jeden
prst při natažené paži);



Persistent Spreading
**trvalejší kondenzační čára,
která se rozšiřuje.**

Typy oblaků / Cloud Type

V programu GLOBE určujeme **deset základních typů oblaků**. K tomuto počtu se dospělo dlouhodobým systematickým pozorováním. Pro místní předpovědi je dobré tuto základní desítku znát, protože každý z nich charakterizuje určité počasí. Můžeme je přirovnat k jakémusi „desateru“ pro meteorologa – amatéra. Jednotlivé typy oblaků nám mohou pomoci předpovídat počasí v krátkodobém měřítku. Je k tomu potřeba jen trocha zkušenosti a znalost základních charakteristik deseti typů oblaků a jevů s nimi souvisejících.



Začínáme s oblaky

POMŮCKY: papíry, pastelky, pomůcka na určování oblaků (např. plakát či laminovaný průvodce, příp. GLOBE Cloude Chart – ke stažení na globe.gov), větší plakátové papíry



POSTUP:

Než žáky seznámíte s typy oblaků, dejte prostor jejich vlastnímu průzkumu – každý si může vytvořit svůj přehled oblaků, který mu pak pomůže při určování. Pro aktivitu je nutné vybrat vhodný den, kdy je na obloze ideálně několik typů oblaků (pokud žáci nemalují oblaky jako domácí úkol).

Zadejte žákům za úkol namalovat a popsat všechny druhy oblaků, které venku uvidí. Aktivitu můžete zařadit do hodiny nebo mohou žáci pozorovat oblaky během týdne samostatně. U každého oblaku zaznamenají datum a čas pozorování a co nejpřesnější slovní popis (velikost, tvar, barva, charakteristické vlastnosti apod.). Každý oblak by měl být na nové stránce, aby k němu mohli později dopisovat další pozorování.

Žáci pracují ve skupinách po 3–4. V každé skupině se zabývají nejdříve jedním druhem oblaku, který všichni (většina z nich) pozorovali. K tomuto druhu vybírají ze svých poznámek taková slova popisu, která ho podle nich nejlépe vystihují. Svůj druh oblaku načrtnou na plakát a popíší ho. Tento plakát pak prezentují před třídou, ostatní žáci je mohou doplnit. Skupina může zpracovat i více druhů oblaků. V závěru prezentací byste měli mít několik plakátů s nákresem a charakteristikou různých typů oblaků.

Společně se na plakáty podívejte a zeptejte se žáků, zda by podle nich mohly některé oblaky tvořit určité skupiny (a podle čeho jsou tyto skupiny vytvořené) – žáci chvíli diskutují v menších skupinách, navrhnou možnosti třídění a poté své názory sdílejí v rámci celé třídy.

Představte žákům systém třídění (viz níže) dle tvaru, výšky a srážek. Odpovídá nějak tento systém tomu, co navrhovali žáci? Jaké typy oblaků zaznamenali a jaké vynechali? Jaký slovní popis žáci uváděli pro jednotlivé skupiny oblaků (cirry, cumuly, straty a nimby)? Doplněte odborné názvy oblaků na plakáty.

Dejte žákům prostor vrátit se k jejich původním záznamům oblaků – mohou si doplnit odborné názvy a vhodná slova popisu, která jim pomohou daný oblak příště lépe poznat. Motivujte žáky, aby pozorovali oblaky i nadále, a když uvidí nějaký nový, aby si ho poznamenali k ostatním. Za určitou dobu se můžete k nově zachyceným druhům společně vrátit. Žáci mohou své záznamy doplnit také fotografiemi.

Určování oblaků lze trénovat pomocí jednoduchých pomůcek:

- Pexeso s názvem a obrázkem či fotografií oblaku (žáci mohou několik sad vyrobit například během výtvarné výchovy či na počítači). Použijte pro různé sady odlišné fotografie, aby si žáci zvykali, že stejný oblak může vypadat i trochu jinak.
- Obloha na tabuli – stejné kartičky jako na pexeso můžete použít na magnetické tabuli, kde zároveň načrtnete výškový horizont. Umisťováním kartiček na tabuli žáci trénují výšku umístění oblaků na obloze, jejich tvar i názvy.

TIP

Určování typů oblaků

Oblaka můžeme rozdělit **podle tvaru** do tří základních skupin:

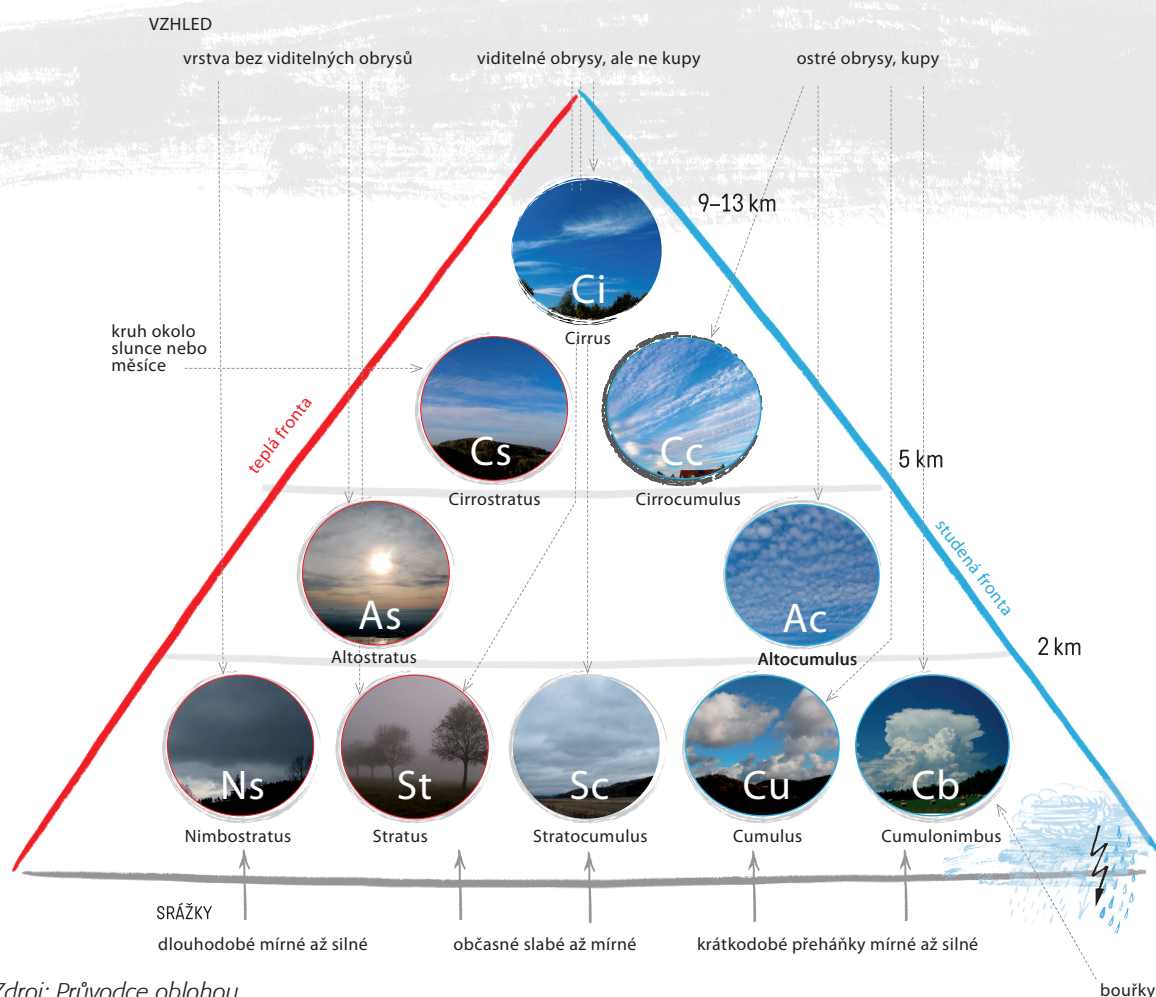
CIRRUS	řasa	– hedvábné, jemné oblaky;
CUMULUS	kupa	– oblaka kupovitá;
STRATUS	sloha, vrstva	– vrstevnaté oblaky.



Podle výšky dělíme oblaky na vysoké, střední a nízké:

Vysoká oblaka 6 až 13 km nad zemí	Střední oblaka 2,5 až 6 km nad zemí	Nízká oblaka do 3 km nad zemí
Cirrus	Alto cumulus	Strato cumulus
Cirrocumulus	Altostratus	Stratus
Cirrostratus		Cumulus
	Nimbostratus	
Cumulonimbus		

METODIKA



Zdroj: Průvodce oblohou

TIP

Jak žákům představit typy oblaků: využijte trojúhelníkové uspořádání – stáhněte si prezentaci na globe-czech.cz, kterou můžete rovnou použít či se v ní inspirovat pro kreslení vlastního trojúhelníku.





CIRRUS – Ci (řasa) – oddělená oblaka ve tvaru bílých jemných vláken nebo proužků. Mají vzhled vlasových vláken nebo zářícího hedvábného závoje.



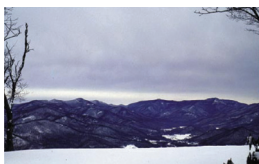
CIRROCUMULUS – Cc (řasokupa) – tenké bílé obláčky, rozptýlené nebo ve vrstvě, nevrhající stín, složené z velmi malých částecek ve tvaru zrn, vlánek apod., spojených či oddělených, více nebo méně pravidelně uspořádaných. Většina z nich je zřetelně široká méně než 1 stupeň, tj. přibližně šířka malíčku natažené ruky.



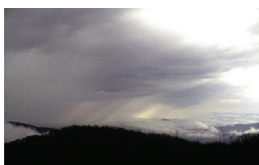
CIRROSTRATUS – Cs (řasosloha) – průsvitný, bělavý závoj vláknitého nebo hladkého vzhledu, zcela nebo částečně pokrývající oblohu. Slunce či měsíc přes něj prosvítá, často vytvářejí tzv. halové jevy (duhový kruh kolem slunce nebo měsíce). Obvykle se nachází níže než cirrus.



ALTOCUMULUS – Ac (vyvýšená kupa) – patří mezi oblaka středního patra (od 2 do 5 km, někdy se uvádí až 7 km). Je tvořen drobnými vodními kapkami, ve vyšších částech nebo při nízkých teplotách ledovými částicemi. Vzhledem k jejich velikosti můžeme srážky z tohoto oblaku pozorovat jen výjimečně. Mívá bílou, šedobílou nebo šedou barvu. Může mít tvar oddělených nebo částečně spojených valounů, dlaždic nebo polštářů, typické jsou „beránky“. Většina z uspořádaných malých elementů má zřetelnou šířku mezi 1 až 5 stupni (5 stupňů = přibližně šířka tří prstů natažené ruky). Je dostatečně hustý na to, aby vrhal stín na zemský povrch. Většinou částečně nebo zcela zakrývá slunce či měsíc.



ALTOSTRATUS – As (vyvýšená sloha) – vrstevnatý oblak, nacházející se ve výškách od 2 do 5 (někdy až 7) km. Má podobu šedavého až modravého závoje, kterým většinou jen matně prosvítá slunce nebo měsíc. Může mít i vláknitou nebo žebrovitou strukturu. Je tvořen drobnými kapkami vody, v zimě ledovými částicemi. Výjimečně z něho mohou vypadávat slabé srážky. Je podobný cirrostratu, ale nevytváří halové jevy.



NIMBOSTRATUS – Ns (dešťová sloha) – souvislý oblak nízkého patra. Je složen z vodních kapek (někdy přechlazených), ledových krystalků a sněhových vloček. Má matný šedý, tmavošedý až tmavý vzhled. Bývá vyvinutý do výšky několika kilometrů a je tak hustý, že nelze rozeznat polohu slunce nebo měsíce. Typickým znakem jsou déletrvající srážky. Těmito vlastnostmi se liší od světlejšího a někdy průsvitného altostratu, který navíc není zdrojem trvalejších srážek. Podobný je také stratocumulus, ten však má vzhled valounů a střídají se v něm tmavší a světlejší místa.

Pod nimbostratem se často vyskytují roztrhané cáry oblačnosti druhu stratus, které se někdy mohou spojit do souvislé bělavé vrstvy. Potom usuzujeme na přítomnost (zakrytého) nimbostratu podle srážek (ze stratu vypadává jen ojediněle slabé mrholení, v zimě ledové jehličky nebo sněhová zrna).

(Pozn.: označení „nimbus“ se používá jako předpona nebo přípona a je upřesňující charakteristikou, znamená „dešťový“ ve smyslu intenzivních srážek.)



STRATOCUMULUS – Sc (slohokupa) – šedavě bílý nebo šedý, někdy i tmavší jednotlivý oblak nebo skupina oblaků, částečně oddělených světlejšími místy, ve tvaru dlaždic, valounů či oblázků, které mohou a nemusí být spojeny. Většina pravidelně uspořádaných malých částí je zřetelně širší než 5 stupňů (viz altocumulus). Má neostré rozplývavé a potrhané kraje. Podle ročního období je tvořen kapičkami a většími kapkami vody, případně sněhovými krupkami, krystaly nebo vločkami. Patří mezi nízká oblaka, mohou z něho vypadávat většinou jen slabé dešťové nebo sněhové srážky. Může vzniknout rozpadem oblačnosti jiného druhu, např. cumulus, cumulonimbus, altocumulus, nejčastěji po přechodu studené fronty či ve večerních hodinách. Může být průsvitný, takže lze určit polohu slunce, ale také jej zcela zakrýt. Občas se vyskytuje ve dvou vrstvách v odlišné výšce.



STRATUS – St (sloha) – řadíme mezi nízká vrstevnatá oblaka, ze kterých mohou někdy vypadávat slabé srážky. Nejčastěji má podobu bělavé nebo šedé vrstvy, skrze niž (v závislosti na tloušťce oblaku) prosvítá nebo neprosvítá slunce (měsíc). Podle ročního období je tvořen drobnými kapkami vody či ledovými částicemi.

Za určitých podmínek (slabý vítr, vysoká relativní vlhkost) se může vyskytnout při zemi v podobě mlhy. Lze jej pozorovat také na teplé nebo studené frontě, především během srážek z oblaku, který je nad ním, nebo po těchto srážkách; v takovém případě mívá tvar roztrhaných bělavých nebo tmavošedých cárů, letících několik desítek či stovek metrů nad zemí. Ke vzniku tohoto oblaku (mimo teplou nebo studenou frontu) je nutný slabý vítr a 100% vlhkost. Tyto podmínky nastávají většinou v noci, kdy se vzduch ochlazuje od zemského povrchu a vodní pára v něm začíná kondenzovat. Většinou se tak děje v údolích, v blízkosti vodních ploch nebo lesů, které jsou zásobárnou vody. Naopak při silnějším větru a v oblastech bez vegetace či jiného zdroje vlhkosti se většinou stratus netvoří.



CUMULUS – Cu (kupa) – patří mezi nízká oblaka. Většinou se vyznačuje ostře ohraničenými obrysy ve tvaru naspaných valů, kopulí nebo věží, z nichž se vydouvá horní část, podobná kvěťáku. Jedná se převážně o osamocené nebo jednotlivé oblaky, s výrazným vertikálním vývojem. Části ozářené sluncem bývají zářivě až oslnivě bílé, naproti tomu základna oblaku bývá poměrně tmavá a téměř vodorovná. Skládá se především z vodních kapiček, ve výškách se zápornými teplotami (většinou hluboko pod 0 °C) se vyskytují ledové krystalky.

Okraje oblaku mohou být někdy vlivem větru roztrhané a rychle se měnící. Pro cumulus jsou typické krátkodobé srážky (přeháňky) různé intenzity, která závisí na tloušťce (vertikální mohutnosti) oblaku. Tento druh oblačnosti vzniká nejčastěji na studené frontě nebo při zahřívání spodní vrstvy atmosféry od zemského povrchu (podmínkou je dostatečná vlhkost vzduchu) a následnou kondenzací vodních par.





CUMULONIMBUS – Cb (bouřkový oblak) – mohutný kupovitý oblak s velmi tmavou základnou, vertikálně značně vyvinutý. Má vzhled hor nebo obrovských věží. Jeho horní hranice je často zploštělá a rozšířená do tvaru kovadliny. Pod ním se většinou vyskytují roztrhané cáry oblaků typu stratus. Je složen z vodních kapek a ledových krystalů, někdy obsahuje i kroupy. Je spojený s intenzivními srážkami, případně krupobitím, a jako jediný oblak s bouřkou.

Vzniká většinou z cumulů, může se však vytvořit také skrytý ve vrstevnaté oblačnosti. Vyskytuje se buď osamoceně, nebo v souvislé řadě připomínající zedř. Rozpadající se cumulonimbus zůstává na obloze v podobě cirrů nebo cirrocumulů.

Pokud pokrývá většinu oblohy, vzhledově může být podobný nimbostratu; v takovém případě záleží na charakteru srážek. Jedná-li se o přeháňku, tedy o krátkodobé srážky (ohraničené srážkové pásmo, viditelné pruhy), určíme oblak jako cb, v případě dlouhotrvajících srážek (zpravidla několik hodin) jde o ns. Jednoznačným důkazem cb je bouřka (blesky nebo hřmění, případně obojí).

Celkem běžně se může vyskytovat více než jen jeden druh těchto oblaků.

Co může pomoci při určování různých druhů kupovité oblačnosti: Když natáhnete ruku k obloze a jednotlivé kupky jsou menší než vztyčený palec, jde s největší pravděpodobností o cirrocumulus. Pokud je kupa větší než pěst, půjde nejspíš o cumulus. Altocumulus bývá o velikosti mezi palcem a pěstí. Stratocumulus bude také větší než pěst a zároveň o dost širší než vysoký (a často jich je také hodně v řadě).

Co může pomoci při určování různých druhů vrstevnatých oblaků: cirrostratus jako jediný vytváří halový jev (kolo obklopující slunce či měsíc). Altostratus vytváří dojem lehce zastřeného slunce a často je spíše šedý než bílý. Stratus je obvykle tmavě šedý a velmi nízko nad zemí.



Další pomůcky k určování oblaků stahujte na globe-czech.cz.

TIP

Podrobněji vás s druhy oblaků nejlépe seznámí zkušený meteorolog.

Vztah oblačnosti a srážek

Při pozorování počasí lze využít vzájemnou souvislost mezi různými meteorologickými jevy, především mezi typem oblačnosti a druhem srážek. **Základních 10 typů oblaků se totiž vyznačuje vlastnostmi, které ovlivňují druh i množství případných srážek;** z některých vypadávají dlouhotrvající srážky, pro jiné jsou typické krátkodobé přeháňky a z dalších nevypadávají vůbec nic.

Vysoká, tedy **cirovitá oblačnost** je tvořena ledovými krystalky tak lehkými a natolik rozptýlenými, že **o nějakých srážkách nemůže být ani řeč.**

Trochu jiné podmínky nastávají v případě, že jde o střední oblačnost – **altocumulus** a **altostratus**. První z nich je tvořen ledovými krystalky, případně vodními kapkami, které jsou však tak malé, že se vypaří dříve, než dosáhnou zemského povrchu. Altostratus má obsah vody o něco větší, z této oblačnosti **lze pozorovat srážky v podobě slabého deště, v zimě sněžení.**





Zvláštní postavení má **nimbostratus**, oblak typický pro teplou frontu a **doprovázený dlouhotrvajícími srážkami** (minimálně několik hodin). Tento oblak může být klasifikován jako střední i jako nízká oblačnost. Vytrvalost srážek je způsobena délkou oblačného pásma a pomalým postupem teplé fronty.

Nejvíce srážek se vyskytuje v případě nízké oblačnosti. Zde se nejvíce uplatňuje vliv charakteru oblaků, tedy zda se jedná o vrstevnatou, nebo kupovitou oblačnost. Oproti vrstevnaté, roztažené do šířky, má kupovitá oblačnost větší vertikální rozsah, takže srážkové pásmo je mnohem menší; tvoří se srážky krátkodobého charakteru – přeháňky.

Čím vyvinutější je kupovitá oblačnost, tím jsou přeháňky intenzivnější. Přechodem mezi vrstvou a kupou je nepříliš vertikálně vyvinutý **stratocumulus**, ze kterého vypadává **slabý občasný déšť**, někdy zaměňovaný za přeháňky.

Za určitých podmínek dosáhnou kupovitá oblaka značného vertikálního vývoje, kdy dosáhnou bouřkového stadia: v takovém případě neváháme a zapisujeme oblačnost typu **cumulonimbus**. **Tento zcela výjimečný oblak může existovat bez viditelných (či slyšitelných) bouřkových projevů, ale ne naopak – při jiném druhu oblačnosti se prostě bouřka nevyskytuje.** Bouřkový oblak však má jednu nepříjemnou vlastnost: za určitých podmínek se může vyskytovat i při dlouhotrvajících srážkách a „skrývá se“ v husté vrstevnaté oblačnosti, tudíž nemůžeme vidět jeho typický ostře ohraničený „květákovitý“ vzhled ani tmavou základnu, a pak se divíme, když z vrstevnatých oblaků zaslechneme hřmění, ale nevidíme blesky. Samozřejmě i v tomto případě do kolony typu oblačnosti zaškrtneme cumulonimbus.

Atmosférické fronty

Změny počasí jsou doprovázeny charakteristickým sledem oblačných druhů. Nejbohatší oblačnost najdeme na atmosférických frontách. **Fronta je rozhraní vzduchových hmot s odlišnými vlastnostmi.** Projevy a intenzita meteorologických jevů záleží především na rozdílu teplot před a za frontou.

Na **studené frontě** se těžší studený vzduch tlačí pod lehčí teplý vzduch a nutí jej vystupovat vzhůru. Tím dojde k ochlazení a zvýšení vlhkosti, a tedy i vzniku oblaků. Pro tuto frontu je typická kupovitá oblačnost s přeháňkami či bouřkami. Na **teplé frontě** se naopak teplý vzduch nasouvá nad studený, avšak mnohem pomaleji, takže oblačnost se rozlévá do vrstvy a srážky mají trvalejší charakter. Před přechodem teplé fronty se většinou snižuje viditelnost, popř. vzniká mlha. Po jejím přechodu se většinou otepluje.



Interpretace dat



Oblačná hlídka

POMŮCKY: pomůcka k určování typů oblaků

POSTUP:

Žáci budou pozorovat oblačnost a vývoj počasí během pěti dní a hledat souvislosti.

Po úvodní úvaze nad souvislostí oblačnosti a počasí se s žáky domluvíte, jak bude týdenní pozorování probíhat. Zvolte si vhodnou dobu k pozorování (může být i pro každého jiná) tak, aby mohlo probíhat každý den přibližně ve stejnou dobu. Pokud žáci nejsou v určování typů oblaků zkušení, dejte jim k dispozici nějakou určovací pomůcku – mohou také oblaky zakreslovat, fotit a popisovat více než jen odborným názvem.

Po týdenním pozorování zhodnoťte nalezené souvislosti ve společné diskusi. Dále doporučujeme navázat aktivitou Předpovídáme počasí.

Pokud žáci budou pozorované oblaky také fotit, vytvořte si společný „atlas oblaků“ na nástěnkou ve třídě. Fotky vytiskněte a přiřaďte k jednotlivým typům oblaků – žáci tak budou mít před očima různé podoby stejného oblaku, což jim pomůže ho v budoucnu lépe poznat.

TIP



Předpovídáme počasí

POMŮCKY: přístup k profesionální předpovědi počasí (on-line, TV,...), pomůcky k vlastnímu meteorologickému pozorování

Předpovědi počasí se lidé zabývali již od pradávna. Snažili se proniknout do tajů počasí, aby mohli předpovídat, kdy je potřeba sklídit úrodu, kdy mohou vyplout na moře na rybolov a kdy se mají vrátit, aby je nezastihla bouře, kdy se mají vydat na dalekou cestu. Předpověď počasí lidem pomáhala při každodenních činnostech. I dnes chtějí lidé znát stále podrobnější a co nejpřesnější údaje o tom, jaké bude počasí.

Předpověď počasí je důležitá pro piloty letadel, zemědělce, stavaře, řidiče, lékaře, sportovce či turisty. Každý den se ptáme, jak bude, abychom lépe odhadli, co si máme obléci na sebe. Meteorologové mají k dispozici mnoho přesných a drahých přístrojů, kterými měří tlak vzduchu, směr a sílu větru, teplotu, vlhkost apod. Ze svých měření a satelitních údajů sestavují krátkodobé i dlouhodobé předpovědi počasí.

Pojďte se s žáky podívat, jak tyto předpovědi počasí vychází, a především, jak sami můžeme počasí předpovídat s využitím GLOBE měření i dalšího pozorování nejen oblohy.

POSTUP:

Po úvodních otázkách pracovního listu se s žáky domluvíte, jak bude průběžný průzkum probíhat. Mohou si práci různě rozdělit, pracovat ve skupinách apod. Sdílejte předem, jaké informace budou zjišťovat, co všechno si zapisovat a z jakých zdrojů.

K vlastní předpovědi využijte informace v pracovním listu a informace uvedené níže (typy předpovídání počasí se vztahují k území České republiky).



Jak můžeme předpovídat počasí

1. PODLE VĚTRU

Severovýchodní, východní a jihovýchodní přináší většinou **suché počasí**.

Jižozápadní, západní a severozápadní bývá příčinou **vlhkého a deštivého počasí**.

Směr větru určíte podle světové strany, ze které vane. Jestliže vane vítr např. ze severu, je severní. Při určování směru větru si všimněte terénu a různých překážek, které mohou jeho směr podstatně ovlivnit.

Čím je vítr silnější, tím rychleji se změní počasí. To platí hlavně pro zlepšení počasí.

Vidíme-li např. kouř z komína při bezvětrném nebo slabě větrném počasí stoupat vzhůru a potom se rozlévat do stejnoměrné vrstvy, může dojít ke zhoršení počasí, nebo se velmi pravděpodobně vytvoří inverze (inverzní vrstva). Inverzní vrstva zadržuje stoupající vodní páru, takže se v určité výšce začne tvořit souvislá inverzní oblačnost zpravidla velkých plošných rozměrů.

2. PODLE ČERVÁNKŮ

Večerní i ranní červánky znamenají zvýšené množství vodní páry nebo prachu v atmosféře. Vývoj počasí se dá odhadnout podle uspořádání barev, zvláště po západu slunce.

POŘADÍ BAREV (počínaje od obzoru)

Červená – oranžová – žlutá znamená proudění vlhkého mořského vzduchu a zhoršení počasí se srážkami (odborně řečeno jde o přibližování teplé fronty). Zhoršení počasí signalizuje také **načervenalá barva** spodní základny nízkých oblaků, pokud se objeví při východu slunce, mělo by ještě téhož dne pršet.

Při **jasně žlutém zabarvení** těsně nad horizontem, které postupně přechází do zelena, můžeme očekávat ochlazení, v zimě mrazivé počasí, v létě však s dostatkem slunečního svitu. Jeho vlivem se bude studený vzduch rychle prohřívát.

Pokud se dlouho po západu slunce udržuje na jasné obloze **purpurová červeň** nebo **stříbřitá zář**, jde o poměrně spolehlivou předzvěst pěkného počasí.

3. PODLE ROSY

Přítomnost rosy ráno na trávě a na zemském povrchu vůbec svědčí o pěkném počasí. To však nemusí trvat dlouho, odpoledne může přijít frontální systém a s ním i zhoršení počasí.

V zimě se namísto rosy tvoří jinozatka nebo zmrzlá rosa.

4. PODLE TLAKU VZDUCHU

Rychlý pokles tlaku vzduchu většinou znamená příchod studené fronty a změnu počasí.

Čím rychlejší je změna tlaku, tím rychleji se bude počasí měnit, a naopak.

5. PODLE DOBY TRVÁNÍ URČITÉHO POČASÍ

Pokud slunečné počasí nastoupilo po delším čase nepohody, většinou se i ono udrží delší dobu a bude se vyznačovat (hlavně zpočátku a v chladnější části roku) ochlazením a silnými větry. Zpravidla se jedná o přísun chladnějšího suššího vzduchu.



6. PODLE MĚSÍCE

Jasný měsíc je v zimě příznakem mrazu. Kruhy okolo měsíce nebo slunce vznikají ohybem a lomem světelných paprsků v jemných řasových oblačích, jinak nepostřehnutelných, a jsou příznakem deštivého počasí do tří dnů.

7. PODLE HVĚZD

Pokud hvězdy mihotají a je dobře vidět jejich třpyt, udrží se pěkné počasí.

V případě, že mihotání hvězd není vidět, nastane změna počasí obvykle k horšímu.

8. PODLE CHOVÁNÍ ŽIVOČICHŮ (viz pracovní list)

9. PŘEDPOVĚĎ POČASÍ PODLE OBLAČNOSTI S POUŽITÍM KLÍČE „PRŮVODCE OBLOHOU“

- Vysoká oblaka typu *cirrus* a *cirrostratus*, která houstnou a postupně zatahují oblohu, znamenají přibližující se teplou frontu a zhoršení počasí během příštích 24 hodin. Někdy tvoří „kruh“ okolo slunce nebo měsíce či způsobují jejich zamlžení.
- Přibývající (po předchozích *cirrech*) a houstnoucí slohovitá střední oblačnost typu *altostratus* rovněž dokazuje příchod teplé fronty a deště. Obdobně jako u *cirru* a *cirrostratu* se postupně ztrácejí obrysy slunce či měsíce a dochází k celkovému zakalení.
- Když se tvoří kupovitá oblačnost – *cumuly* – nad jihozápadním, západním nebo severozápadním obzorem, můžeme předpokládat příchod studené fronty a zhoršení počasí.
- Oblaka typu *altocumulus* (druh *lenticularis* nebo *floccus* – čokovitý vzhled, nejčastěji pokud mají tmavou spodní základnu) nebo zakončená v horní části „věžičkami“ (druh *castellanus*) svědčí o labilitě vyšších vrstev atmosféry a signalizují pravděpodobný výskyt bouřek během příštích 2–3 hodin.
- Vysoko se vytvářející a málo vyvinutá oblačnost typu *cumulus* (druh *humilis*) svědčí o malé vlhkosti a dostatečné stabilitě atmosféry a znamená pěkné počasí.
- Pokud mají vyvíjející se kupovitá oblaka roztrhané vrcholky, které jsou nachýleny ve směru větru, nemusíme se obávat bouřek.
- Jestliže se už dopoledne vytváří velmi rychle oblačnost typu *cumulus*, která v poledních hodinách dosahuje značných rozměrů, můžeme očekávat přeháňky a bouřky. Pravděpodobnost bouřek se zvyšuje, když se jednotlivé „věže“ oblaků spojují a nad jejich vrcholky se začíná rozprostírat „kovadlina“ – *cumulonimbus*. Oblak dosáhl hranice tropopauzy, tedy maximálního vývoje, nemůže dále růst, a roztahuje se proto do šířky.
- V předpovědi počasí často slyšíme, že se blíží **fronta**. Znamená to, že počasí bude deštivé a s velkou oblačností. Po přechodu teplé fronty dojde obvykle k oteplení a po přechodu studené fronty k celkovému ochlazení.
- Někdy může (zvláště na podzim a v zimě) dojít k situaci, kdy se za teplou frontou ochladí. Jde o jev způsobený vyšší vlhkostí teplejšího vzduchu, a tedy i větší, zpravidla vrstevnatou oblačností (někdy inverzního charakteru), což znamená méně slunečního svitu. Někdy se také může po přechodu studené fronty oteplít. To nastane, jestliže silnější vítr a nižší vlhkost za studenou frontou „vyčistí“ ovzduší. Oblačnost, která se vytvoří, je převážně kupovitá a slunečního svitu je více.



Lovci oblaků

POMŮCKY: digitální fotoaparát (ideálně s funkcí time-lapse), stativ (či jiná pevná podpora fotoaparátu), program na sestavení snímků ve video, podrobnější návod s dalšími tipy, odkazy stahujte na globe-czech.cz.

Vývoj oblačnosti během dne či dní často nevykazuje moc velké změny. Při trochu jiném (rychlejším) pohledu však můžeme sledovat např. dramatické změny odehrávající se nad našimi hlavami.

Podívejte se např. zde: **Plocha 403** nebo **Bučina** (autor Josef Bruna).

Na Youtube.com či Vimeo.com najdete spoustu podobných videí (zadejte např. Clouds Time lapse).

Vytvořit podobná videa zvládnou i vaši žáci. Prostřednictvím fotoaparátů se mohou stát lovci oblaků a své úlovy sestavit dle jednoduchého návodu do videa.

Jak lovit oblaky aneb Jak vyfotit podklady pro video

Pro jakékoliv video bez použití kamery budete potřebovat velké množství fotografií (stovky až tisíce, podle délky videa). Alternativně můžete použít kameru s pomalým nahráváním. Na 1 vteřinu záznamu potřebujete ideálně alespoň 10 snímků. Jak je budete pořizovat, záleží na vašem uvážení a sledovaném jevu. Pokud chcete sledovat zajímavou rychlou změnu – například tvorbu oblaků nad rybníkem, bude třeba fotit zhruba každých 5–30 vteřin. Pokud chcete sledovat dlouhodobější změny, můžete fotit třeba každou hodinu, několikrát denně, nebo třeba jen jednou denně v době GLOBE měření. Pak bude záznam krátký, ale můžete takto fotit třeba celý rok.

CO BUDETE POTŘEBOVAT:

Digitální fotoaparát – vhodné snímky lze pořídit s téměř jakýmkoliv fotoaparátem, ideální je takový, který podporuje časosběrnou fotografii – „time-lapse“ a má možnost upevnění na stativ. Pokud váš fotoaparát časosběrnou fotografii nepodporuje, potřebujete časovou spoušť, případně dálkovou spoušť. Jestliže nemůžete využít žádnou z uvedených možností, postačí vám šikovné prsty.

Stativ – jde to i bez něj, ale je třeba fotoaparát nějak jinak stabilizovat – u větších lze použít například podložení plátěným pytlíkem s fazolemi či rýží.

Nabité baterky a dostatek místa na paměťové kartě (není třeba fotit v plném rozlišení, plně postačí rozlišení cca 1–2 MPix). Pravidelné snímání hodně spotřebovává baterie, vypněte proto přebytečné funkce – např. náhled na display apod.

Program na sestavení videa – je možné použít různé programy, podrobný návod je připraven k programu Movie Maker (Windows Live Movie Maker).



POSTUP:

Pusťte žákům některé z videí jako motivaci pro jejich vlastní práci. Dle možností techniky a zájmu žáků vytvořte pracovní skupiny a naplánujte pozorování.

Tipy pro dosažení nejlepších výsledků:

- Fotoaparát instalovat napevno a během snímání s ním nijak nehýbat.
- Zaměřte se na zajímavou část oblohy, kde se opravdu něco děje, a ověřte nejbližší předpověď, ať nefotíte zbytečně. Pokud má následovat stálé zataženo nebo stálé jasno, patrně mnoho zajímavých oblaků neulovíte.
- Stanovte si časový plán focení – jak dlouho / jak často budete fotit a kdo se bude o snímání starat. Pokud budete fotit např. každých 15 vteřin ručně, je dobré střídat pravidelně dobrovolníky, abyste zamezili chybám. Pokud fotíte po delších intervalech, vypínejte mezi snímky fotoaparát, abyste ušetřili baterie.
- Pokud nefotíte ze stativu, nebo musíte fotoaparát mezi snímky uklízet, vytiskněte si první snímek a označte si umístění fotoaparátu/stativu a jeho pozici, abyste věděli, co vše máte v záběru.
- Zkontrolujte, že první snímky jsou ostré na správných místech a expozice je vyvážená, vyhněte se úhlům a směrům, které by v průběhu doby vedly k focení proti slunci.

Sestavení videí by se mohla hodit i do hodin výpočetní techniky.

Svá videa nezapomeňte sdílet a propagovat, jistě zaujmou i širší veřejnost.



Ve vzduchu se prakticky vždy nachází menší nebo větší množství vodních par. Dostávají se tam odparem ze všech vodních ploch, z půdy, rostlin. Množství vodních par má vliv na formování oblaků a množství srážek. Díky vysoké tepelné kapacitě vody ovlivňuje obsah vodních par také zahřívání a ochlazování vrstev vzduchu – proto se např. na poušti (kde je velmi nízká relativní vlhkost) v noci velmi rychle ochladí oproti pomalejším změnám teploty ve vlhčích oblastech.

VLHKOST VZDUCHU MŮŽE BÝT VYJÁDŘENA RŮZNÝMI ZPŮSOBY:

Napětí vodních par – udává tlak par v ovzduší. Při jeho překročení páry zkondenzují a nastane stav nasycení. Napětí par se měří v jednotkách hPa. V ČR bývá kolem 10 hPa.

Stav nasycení – množství vody, které je přítomno ve vzduchu při jeho konečném nasycení. Se zvýšením teploty může vzduch přijmout více par.

Relativní vlhkost – je to poměr skutečného množství vodních par ku množství vodních par při stavu nasycení. Může činit maximálně 100%. U nás dosahuje průměrně 84%.

Absolutní vlhkost – udává skutečnou hmotnost par v g/m^3 . U nás bývá průměrně 5 g/m^3 .

Teplota rosného bodu – teplota, při které se vzduch s určitou absolutní vlhkostí stane nasyceným. Když teplota klesne na tuto hodnotu, dochází ke kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu (vzniká např. rosa, mlha). Při relativní vlhkosti vzduchu menší než 100% je teplota rosného bodu vždy nižší než teplota vzduchu, při 100% vlhkosti jsou obě teploty stejné.

Tabulka ukazuje závislost teploty vzduchu a relativní vlhkosti, která se mění, i když obsah vodní páry ve vzduchu zůstává stejná.

Teplota vzduchu (°C)	Absolutní vlhkost (obsah vodní páry ve vzduchu) (g/m^3)	Stav nasycení (obsah vodní páry při nasycení) (g/m^3)	Relativní vlhkost
30	9	30	$(9 \div 30) * 100 = 30\%$
20	9	17	$(9 \div 17) * 100 = 53\%$
10	9	9	$(9 \div 9) * 100 = 100\%$





Grafy ukazují závislost relativní vlhkosti na teplotě – za jasného bezvětřného dne má křivka relativní vlhkosti opačný průběh než teplota, protože s teplotou se mění stav nasycení.

Vlhkost vzduchu závisí na teplotě a větru. Za jasného bezvětřného dne má křivka relativní vlhkosti opačný průběh než teplota, protože s teplotou se mění stav nasycení. Navíc vodní pára stoupá během dne společně se zahřátým vzduchem vzhůru, v noci naopak klesá k zemi, kde se za určitých podmínek usazuje (důkazem je např. rosa nebo mlha). Vítr způsobuje promíchávání vzduchu, čímž snižuje vlhkost (při silnějším větru se mlhy tvoří spíše výjimečně).

Vlhkost vzduchu je významným ukazatelem při předpovídání počasí. Např. pokud je rosný bod blízko venkovní teploty v pozdním odpoledni, při dalším večerním ochlazení lze čekat mlhu. Aktuální hodnoty relativní vlhkosti a rosného bodu najdete na webu Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz) – v záložce Počasí zvolte pod mapou rubriku Přehled počasí v ČR, pak vedle zobrazené mapy můžete zvolit zobrazení Rosný bod či Relativní vlhkost vzduchu.



Měření relativní vlhkosti vzduchu

POMŮCKY: digitální vlhkoměr, teploměr, meteorologická budka, zápisník, tužka

POSTUP: Postupujte dle návodu v pracovním listu.

Většina digitálních vlhkoměrů by neměla zůstat v meteorologické budce, když je ovzduší plně nasyceno vodními parami a dochází k jejich kondenzaci (srážky nebo mlha) – může dojít ke kondenzaci uvnitř přístroje, čímž se zničí. Proto je potřeba, abyste vlhkoměr umístili do budky cca 30 minut před měřením a po ukončení ho opět vzali s sebou do třídy či kabinetu. V případě, že prší nebo je mlha, vlhkoměr do budky nedávejte. V tomto případě zaznamenejte hodnotu relativní vlhkosti 100% (ačkoli v případě deště nemusí vlhkost dosahovat 100%) a do poznámek v databázi GLOBE napište, že pršelo či byla mlha (condensation occurring, rain, fog).



Relativní vlhkost v souvislostech

POMŮCKY: vlastní data z meteorologických i jiných pozorování, případně data jiných škol, digitální vlhkoměr, teploměr, meteorologická budka, zápisník, tužka

POSTUP:

Pracovní list nastiňuje několik oblastí, které s vlhkostí vzduchu úzce souvisí. Předem promyslete, kterým částem se budete chtít věnovat, a připravte potřebná data.

Teplota – pokud je to možné, nechte žáky zrealizovat navržený pokus, jak během dne sledovat teplotu a vlhkost. Pak můžete provést srovnání podobné úvodním grafům.

Vodní plochy – závislost nemusí být úplně zřejmá, velký vliv může mít v tomto případě vítr (a samozřejmě teplota).

Oblačné pokrytí – přibližně platí, že čím více nízkých oblaků, tím větší relativní vlhkost. Oblaky pro své vytvoření potřebují 100% relativní vlhkost, my však neměříme přímo na jejich základně, ale dále od nich.



Tlak vzduchu / Barometric Pressure

Všechny částice v atmosféře mají svoji hmotnost, působí na ně gravitace Země, jsou tedy přitahovány k planetě. Atmosférický (či barometrický) tlak je pak **síla, kterou tlačí vzduchový sloupec v daném místě na danou plochu** (povrch Země). Tlak vzduchu je ovlivněn teplotou vzduchu (rozdílá např. v rámci různých vzduchových vrstev), obsahem vodní páry, nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou, rotací Země, vlastnostmi povrchu apod.

Většinou se atmosférický tlak měří v Pascalech (Pa; 1 Pa je síla 1 N působící na plochu 1 m²) a jejich násobcích (1 hPa = 100 Pa) – průměrná hodnota atmosférického tlaku u hladiny moře je 1013,25 hPa (tzv. normální atmosférický tlak, průměrný tlak při mořské hladině na 45° severní šířky, při 15 °C a přitažlivosti $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$). Setkat se můžeme také s tlakem měřeným v milibarech (1 mb = 1 hPa). Tlak můžeme uvádět přímo takový, jaký naměříme na daném místě. S vyšší nadmořskou výškou se ale zmenšuje tloušťka sloupce vzduchu, tedy klesá i tlak vzduchu. Přibližně tlak klesá o 1300 Pa na 100 m výšky (platí do 3 000 m n. m., pak se pokles zpomaluje, v 5 500 m je hodnota tlaku zhruba poloviční než u hladiny moře). Pro větší přehlednost a porovnatelnost dat se tlak většinou přepočítává na úroveň hladiny moře.



Měření atmosférického tlaku vzduchu / Barometric Pressure Protocol

POMŮCKY: barometr

POSTUP:

Tradiční rtuťové barometry jsou velmi přesné, ale také hodně drahé. Fungují na základě Torricelliho pokusu. Jedná se o spojené nádoby, v nichž na jedné straně svojí vahou působí celý sloupec zemské atmosféry nad přístrojem a na druhé straně jej svojí hmotností vyvažuje sloupec rtuť. Jednodušší a pro GLOBE měření dostatečný je aneroid (aneroidní barometr), který funguje na základě prohýbání pružného víka kovové vzduchoprázdné krabičky. V nadmořských výškách větších než 500 m se doporučuje využít spíše tlakový výškoměr (altimetr).

Postupujte dle pracovních listů. Pokud by se při kontrole přesnosti barometru ukázalo, že je třeba nakalibrovat, proveďte opatrně seřízení ukazatele pomocí šroubku na zadní straně přístroje (dle návodu k přístroji). Přesnost je třeba kontrolovat minimálně jednou za půl roku.

Již stovky let se vědci snaží vypořádat souvislost změn tlaku s vývojem počasí. Obecně platí, že zvyšování tlaku přináší spíše pěkné počasí, klesání znamená zhoršení počasí. Co ukážou vaše data?





V posledních letech se hodně mluví a píše o tom, jak člověk ovlivňuje klima planety. Pečlivě se sleduje, co všechno do vzduchu vypouštíme. Vědci všude na světě zkoumají, jak tyto látky ovlivňují děje v atmosféře a jak nakonec ovlivní klima Země. Dnes již není pochyb, že jedním z vlivných hráčů na poli klimatických změn jsou aerosoly. Navíc dokážou přímo zhoršovat zdravotní stav lidí i dalších organismů. Vlastním pozorováním můžeme přispět k osvětlení některých otázek, které zkoumání aerosolů provázejí.

- Jak člověk ovlivňuje koncentraci aerosolů v atmosféře?
- Jaká je souvislost mezi znečištěním ovzduší a aerosoly?
- Jak souvisí aerosoly s počasím či podnebím?
- Jsou aerosoly ve vzduchu i u nás?

Aerosoly jsou kapalné či pevné částice rozptýlené v ovzduší (například prach, pyl, bakterie, sůl, led, kapičky vody, různé znečišťující látky apod.). Jejich velikost se pohybuje od několika nanometrů až po stovky mikrometrů. Mají různý tvar a chemické složení.

Některé aerosoly vznikají přirozeně sopečnou činností, z mořské vodní třeště, unášením písku nebo větrnou erozí povrchu půdy. Další aerosoly jsou výsledkem lidské činnosti, např. prach ze zemědělské činnosti, kouř ze spalování biomasy či částice uvolňující se při automobilové dopravě (emise, prach).

Většina aerosolů zůstává v přízemní vrstvě troposféry (do 100 m), některé se dostávají i mnohem výše, např. sopečné erupce mohou vymrstit aerosoly a plyny až do spodních vrstev stratosféry (do výšky 15–20 km). Ve stratosféře mohou aerosoly zůstat i několik let, zatímco v troposféře je srážky a interakce se zemským povrchem odstraní během několika dní až měsíce.

Jak působí v atmosféře

Aerosoly jsou příliš malé na to, aby byly jednotlivě viditelné, nicméně jejich vliv pozorovat můžeme. Způsobují, že obloha vypadá zamlženě, jakoby špinavě, zapříchňují jasně oranžové zbarvení oblohy při západu či východu slunce apod. **Aerosolové částice odrážejí a rozptylují sluneční záření** (rozsah, v jakém ovlivňují sluneční světlo, závisí na vlnové délce světla a velikosti aerosolů). Mají tedy vliv na to, **kolik slunečního světla dosáhne povrchu Země**, a tím ovlivňují počasí i podnebí. Například aerosoly ze sopečné činnosti mohou na několik let změnit teplotu vzduchu na povrchu Země na různých místech světa. Spalování fosilních paliv či biomasy vyvolává velká lokální zvýšení koncentrace aerosolů, která mohou ovlivnit počasí v regionech.

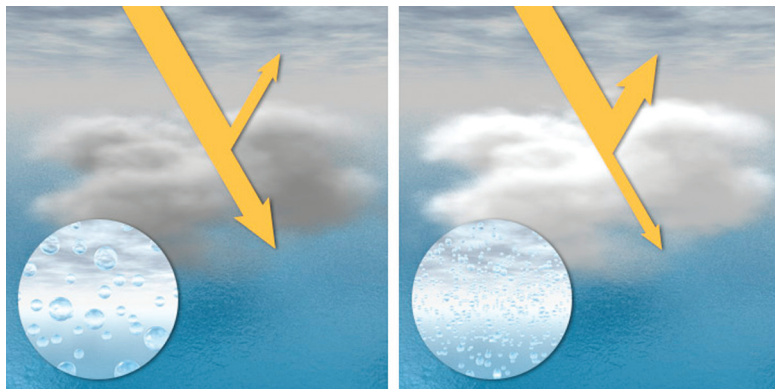
ZÁKLADNÍ INFORMACE O AEROSOLECH V ATMOSFÉŘE:

Složení	pevné a kapalné částice v atmosféře
Velikost	1 nm – 100 μm
Zdroje	přírodní: sopečná činnost, mořská hladina, větrná eroze, ... vlivem lidské činnosti: spalování fosilních paliv, doprava, ...
Jak působí v atmosféře	odrážejí, rozptylují a absorbují sluneční záření, fungují jako kondenzační jádra oblaků – ovlivňují, kolik záření dosáhne povrchu Země
Co ovlivňují	klima Země (ochlazující efekt), zdraví lidí (dýchací problémy, srdeční onemocnění, zvýšená nemocnost i úmrtnost), počasí (např. vliv na velikost kapek v oblacích)



Částice aerosolů fungují v atmosféře jako **kondenzační jádra oblaků** – kolem částic se tvoří drobné kapky, které pozorujeme jako oblaky. Když tyto oblaky obsahují více aerosolů, tvoří se drobnější kapičky, než jaké by vznikly v neznečištěném prostředí. Více těchto drobných kapiček odráží mnohem více světla než „čistý“ oblak.

Na levém obrázku se za nízké přítomnosti aerosolů (tedy menšího počtu kondenzačních jader) tvoří větší kapky, které odrážejí méně světla, tedy ho více propouštějí na zem. Vpravo je situace při větší koncentraci aerosolů – kolem většího počtu kondenzačních jader se tvoří více malých kapiček. Celkově je v takovém oblaku více plošek, které odrážejí světlo – méně světla se dostane až k zemi.



Zdroj: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Aerosols/>

Koncentrace aerosolů se významně mění v závislosti na místě a čase. Dochází k denním i sezónním výkyvům a nepředvídatelným změnám v důsledku událostí jako velké písečné bouře, sopečné erupce či rozsáhlé požáry. V dlouhodobějším měřítku však **koncentrace aerosolů stoupá** – kvůli vyšším koncentracím aerosolů je v některých částech světa menší dohlednost, než tomu bylo před jedním nebo dvěma stoletími, a to nejen ve městech, ale i na venkově.

Vliv na klima Země

Částice aerosolů jsou velmi různé, proto se jejich působení v atmosféře může lišit. Některé z nich (především ty světlejší) sluneční záření odrážejí, tím snižují množství dopadajícího světla na zem – mají tedy ochlazující efekt. Ten podporuje také tvorba oblaků kolem aerosolových částic, které brání dopadu záření na zem. Některé částice (spíše tmavší) záření pohlcují, a tím se podílí na ohřívání atmosféry. Vliv různých aerosolových částic v atmosféře se intenzivně zkoumá a převažuje názor, že **celkový efekt aerosolů je ochlazující**.

Vliv na lidské zdraví

Účinek aerosolových částic závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení (např. alergenní pyly, jedovaté těžké kovy). Velikost částic je rozhodující pro **průnik a ukládání v našem dýchacím traktu**, nejméně částice pronikají až do plicních sklípků. Částice obsažené ve vdechovaném vzduchu dráždí sliznici dýchacích cest, omezují přirozenou samočisticí schopnost sliznice dýchacích cest a usnadňují vznik infekce. Opakované záněty způsobují závažné zdravotní problémy (mohou vést až k přetěžování srdce a selhávání oběhu krve). Studie z posledních dvaceti let potvrzují, že tyto drobné částice způsobují **nárůst nemocnosti**.

Měření aerosolů

Obsah aerosolů v atmosféře se měří ze satelitů, letadel i pozemních stanic různými způsoby. Nás budou zajímat především přístroje, které měří množství záření dopadajícího na zem. Hlavní údaj, který poskytují, je **aerosolová optická tloušťka** (Aerosol optical thickness – AOT, někdy nazývaná jako optická hloubka – aerosol optical depth – AOD), která vyjadřuje, **do jaké míry aerosoly ovlivňují průchod slunečního světla atmosférou**.



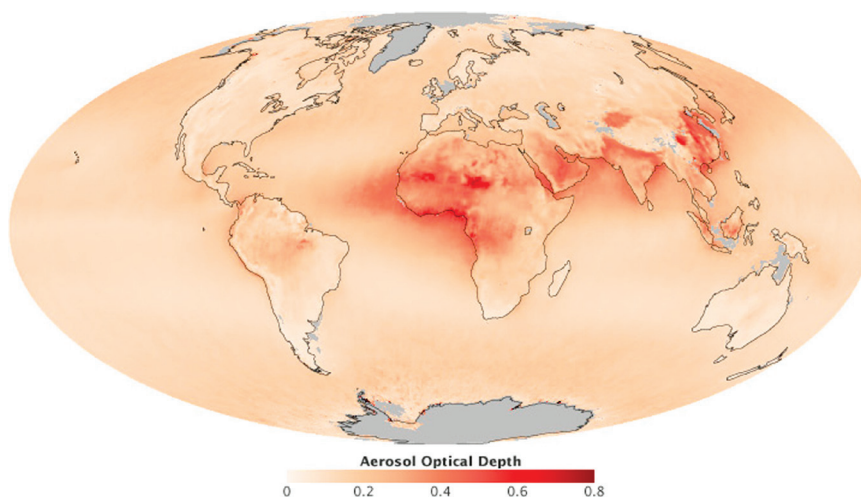
Čím vyšší je optická tloušťka na určité vlnové délce, tím méně světla této vlnové délky dosáhne povrchu Země. Konkrétně to znamená, že když je naměřená hodnota menší než 0,05, dosáhne zemského povrchu 95 % slunečního záření (jasná obloha), při zaměřenější obloze naměříme více než 1, tedy na zem dopadne méně než 40 % světla (viz podrobnější informace v rámečku). Měření aerosolové optické tloušťky na různých vlnových délkách může poskytnout cenné informace o koncentraci, velikosti, distribuci a proměnlivosti aerosolů v atmosféře.

Družice obíhající Zemi dnes nesou moderní zařízení k monitorování aerosolů, která pracují na základě různých principů měření a zobrazování (například MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, CALIPSO – Cloud Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observer). Data ze satelitů se srovnávají s pozemními přístroji (např. síť slunečních fotometrů AERONET). Každý jednotlivý naměřený údaj může přispět k lepšímu pochopení, jak aerosoly ovlivňují klima Země.

PODROBNĚJŠÍ INFO K AOT

Optická tloušťka (nebo také optická hloubka) vyjadřuje, kolik světla prochází přes určitý materiál. Množství propouštěného světla může být velmi malé (méně než zlomek 1 %), nebo značné (téměř 100 %). Čím větší je optická tloušťka, tím méně světla přes daný materiál prochází. V případě atmosféry aerosolová optická tloušťka (AOT) vyjadřuje, jak moc aerosoly brání přímému šíření (prostupu) slunečního světla určité vlnové délky atmosférou. Při velmi jasné obloze může AOT dosahovat hodnot 0,05 (cca 95% prostup) či méně. Za přítomnosti mlhy či kouře na obloze mohou hodnoty AOT přesahovat 1,0 (zhruba 39% prostup). Hodnoty AOT ovlivňují také oblaka, proto je měření nutné provádět při bezoblačné obloze.

$$\text{prostup (\%)} = 100 \times e^{-AOT}$$



Průměrná AOT od června 2000 do května 2010.

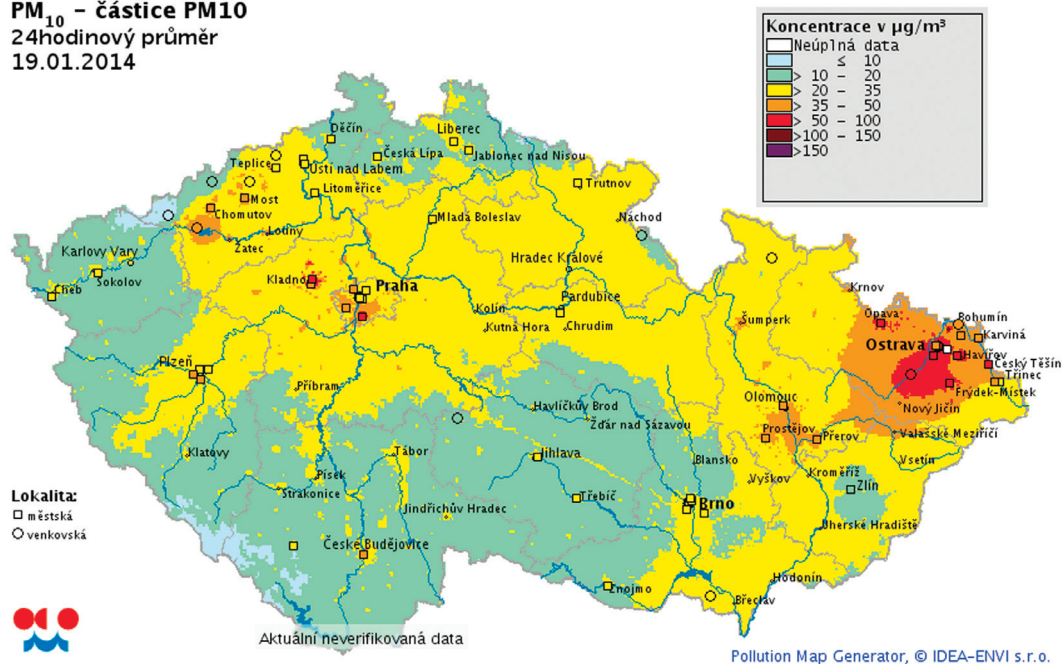
Podrobnější celosvětové přehledy např. na webu <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov> pod záložkou Atmosphere – **Aerosol Optical Thickness**, animace vývoje AOT dle měření MODIS (od roku 2005) na <http://earthobservatory.nasa.gov> pod záložkou Global Maps – **Aerosol Optical Depth**.

Zdroj: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Aerosols/>



Na pozemních meteorologických stanicích se u nás většinou neměří aerosolová optická tloušťka, ale konkrétní obsah pevných částic ve vzduchu. Tyto částice se označují PM_x (Particulate Matter), většinou se měří hodnoty PM₁₀ – tedy částice atmosférického aerosolu menší než 10 mikrometrů. Aktuální údaje naleznete na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu v úseku Ovzduší (www.chmi.cz). Tyto údaje ukazují koncentraci některých aerosolových částic blízko povrchu Země. Na stejném místě najdete také aktuální informace o sezónní pylové složce aerosolů.

PM₁₀ – částice PM₁₀ 24hodinový průměr 19.01.2014



Zdroj: <http://pr-asv.chmi.cz/IskoPollutionMapView/faces/pollutionmapvw/viewMapImages.jsf>

Jak můžeme k poznávání aerosolů sami přispět měřením ve škole?

Pravidelným sledováním aerosolů a dalších meteorologických jevů můžete vysledovat různé sezónní závislosti koncentrace aerosolů a objevovat jejich zdroje v blízkém i dalekém okolí.

Odesláním svých měření můžete vědcům poskytnout údaje, které jim pomohou dozvědět se více o globální distribuci aerosolů. Vaše měření je cenné zejména pro porovnání údajů o aerosolové optické tloušťce (AOT) měřené ze zemského povrchu s obdobnými údaji měřeními ve stejnou dobu ze satelitů. S pomocí přenosného slunečního fotometru zjistíte jednoduše aerosolovou optickou tloušťku i na vašem stanovišti. Slunečním fotometrem zjišťujeme množství slunečního světla určitých vlnových délek, které proniklo k zemskému povrchu skrze atmosféru. Naměřené hodnoty přístroj zobrazuje právě jako AOT – čím větší je hodnota AOT, tím více slunečního záření bylo při průchodu atmosférou pohlceno aerosoly.



Měření aerosolů / Aerosols Protocol



Měření aerosolové optické tloušťky AOT

POMŮCKY: sluneční fotometr

POSTUP:

Kde měřit: poblíž meteorologické budky

Logickým místem k měření hodnot pomocí slunečního fotometru je totéž místo, kde provádíte ostatní meteorologická pozorování. Pokud byste měření prováděli na nějakém jiném místě, je třeba toto místo nadefinovat jako dodatečné meteorologické stanoviště.

Kdy měřit: dopoledne

Měření aerosolů je ideální provádět dopoledne, kdy je elevační úhel slunce, který udává výšku slunce nad horizontem, alespoň 30 stupňů (viz dále *Relativní tloušťka vrstvy vzduchu*). To proto, že dopoledne je vzduch zpravidla méně turbulentní (méně větrno) než kolem poledne, kdy je slunce vysoko na obloze, nebo odpoledne, zejména za teplého letního počasí. Čím méně je vzduch turbulentní, tím spolehlivější jsou získané údaje. Elevační úhel slunce 30 stupňů odpovídá hodnotě 2 relativní tloušťky vzduchové vrstvy, což je doporučená hraniční hodnota pro měření. V zimních obdobích v mírném pásmu a našich vyšších zeměpisných šířkách bude relativní tloušťka vrstvy vzduchu na vašem stanovišti vždy větší než 2. V takovém případě provádějte měření co nejbližší slunečnímu poledni. Ačkoliv je na místě snažit se provádět měření za optimálních podmínek, je v pořádku měřit a zaznamenávat hodnoty na jakémkoliv místě, které vám vyhovuje a kde nic nebrání výhledu na slunce. Nejpohodlnější může být provádět měření ve stejnou dobu, kdy shromažďujete ostatní data o atmosféře.



Pokud měření slunečním fotometrem provádíte za účelem ověření (tzv. „ground validation“) satelitních měření, pak čas měření vychází z času, kdy satelity přelétají nad vaším pozorovacím místem. V případě zájmu o podrobnější informace o této činnosti prosím kontaktujte vědecký tým GLOBE.

V blízkosti slunce nejsou žádné oblaky

Hodnoty naměřené slunečním fotometrem lze použít pouze tehdy, pokud slunce není zastíněno oblaky. To neznamená, že obloha musí být úplně jasná, pouze to, že oblaky nesmí být v blízkosti slunce. To nemusí být vždy snadné určit. Lze sice poměrně snadno zjistit, zda se v blízkosti slunce vyskytují oblaky v nízké či střední výšce, řasovité oblaky (cirry) však mohou představovat problém. Tyto oblaky jsou mnohdy řídké a může se zdát, že neblokují významné množství slunečního světla. Nicméně i velmi řídké cirry mohou ovlivnit měření slunečním fotometrem. Proto pokud dříve či později v den, kdy provádíte měření, pozorujete řasovité oblaky (cirry), uveďte to prosím do poznámky na vašem záznamovém listu. Když zaznamenáváte hodnoty naměřené slunečním fotometrem, měli byste zaznamenat i další informace o obloze, včetně oblačnosti, typu oblaků, barvy oblohy a vlastního posouzení, jak jasno či zamlženo právě je. Barva a jasnost oblohy jsou subjektivní hodnoty, ale s trochou praxe se naučíte tyto věci posuzovat vždy stejně (pro trénování doporučujeme pracovní list *Viditelnost a barva oblohy*). Například se můžete



snadno naučit rozpoznat jasně modrou oblohu spojenou s nízkou aerosolovou optickou tloušťkou. S rostoucí koncentrací aerosolů se pak barva oblohy mění na světleji modrou. Může vypadat spíše jako mléčně zbarvená než průzračná. Na některých místech, zejména poblíž měst, může být obloha v důsledku znečištění ovzduší (zejména pevnými částicemi a NO_2) zbarvena do hněda či do žluta.

Pokud existují zjevné důvody pro vysoké hodnoty aerosolové optické tloušťky, je třeba, aby o tom vědci věděli. Proto je potřeba, abyste do poznámky uvedli, proč je podle vašeho názoru obloha zamlžená. Důvodem může být například znečištění ovzduší ve městě, sopečná erupce, prach ze zemědělské činnosti apod.

Další problematická situace může nastat za typického letního počasí, zejména v blízkosti velkých měst. V tomto prostředí velmi zamlžená obloha a teplé, vlhké počasí mnohdy vedou k tomu, že lze jen těžko rozeznat hranice oblaků. Takové podmínky mohou vést k relativně vysokým hodnotám aerosolové optické tloušťky (jakákoliv hodnota vyšší než 0,3–0,5), které nemusí nutně odrážet skutečný stav atmosféry. Je důležité tyto podmínky popsat, kdykoliv zaznamenáváte měření.

Abyste získali lepší představu o tom, kde jsou obrysy oblaků, můžete oblohu pozorovat přes oranžové nebo červené sluneční brýle, či přes průsvitnou oranžovou nebo červenou plastovou fólii. Tyto barvy odfiltrují modré sluneční světlo a oblaky půjdou lépe rozeznat. Dejte však pozor, abyste se ani skrz barevné brýle či stínítka nedívali přímo do slunce, abyste si nepoškodili zrak.

Dalším možným problémem je mlha, kdy obloha může vypadat podobně zamlžená. Ale mlha (zejména stratus na úrovni země) není totéž jako zamžení atmosféry díky aerosolům. Podmínky, kdy slunce svítí skrz mlhu, byť lehkou, nejsou vhodné pro měření slunečním fotometrem. V mnoha oblastech se mlha během dopoledne rozptýlí, a nebude tedy vaše měření ovlivňovat.

Pokud máte jakékoli pochybnosti o vhodnosti podmínek k měření slunečním fotometrem, vždy to pečlivě zaznamenejte společně s naměřenými údaji.

Co zaznamenat společně s měřením aerosolů:

Aerosoly úzce souvisí s dalšími meteorologickými měřeními, proto společně zaznamenávejte vždy teplotu, relativní vlhkost, tlak, případné srážky, směr větru apod.

Čas

Čas uvádějte v UT, a pozor, musí být uveden **s přesností alespoň na 30 sekund**. Je třeba nařídit si na hodinkách apod. přesný čas – je k dispozici na www.time.gov nebo například <http://presnycas.eu/>. Univerzální čas uvádí také GPS přijímač či fotometr Calitoo.

Teplota

Elektronika ve vašem slunečním fotometru GLOBE je citlivá na teplotu. To znamená, že výstup se bude za stejných světelných podmínek měnit, jak se sluneční fotometr bude zahřívat či chladnout. Je proto velmi důležité, abyste svůj přístroj udržovali přibližně v pokojové teplotě. Aby byli vědci upozorněni na možné problémy s teplotou, požadujeme, abyste spolu s hodnotami naměřenými slunečním fotometrem uváděli také teplotu vzduchu.

Pokud provádíte měření slunečním fotometrem ve stejnou dobu jako ostatní meteorologická měření, použijte hodnotu okamžité teploty. Jinak musíte teplotu vzduchu změřit zvlášť – nejlépe opět v meteorologické budce. Další možností je získat tuto hodnotu z on-line zdroje nebo pomocí teploměru, který nemusí nutně splňovat standard GLOBE: hodnoty teploty jiné než naměřené podle GLOBE by měly být na *listu pro záznam údajů* uvedeny jako tzv. metadata, tedy ne přímo v políčku pro údaje o teplotě vzduchu.



Pro fungování přístroje není relevantní vnější teplota, ale teplota vzduchu uvnitř krytu slunečního fotometru. Novější sluneční fotometry GLOBE mají zabudovaný senzor, který monitoruje teplotu vzduchu uvnitř přístroje. Pokud váš sluneční fotometr tento prvek má, na *listu pro záznam údajů* je místo, kam vnitřní teplotu zaznamenáte. Ideálně by teplota měla být něco přes 20 stupňů.

Existuje několik kroků, kterými můžete minimalizovat problémy související s citlivostí přístroje na teplotu. Uchovávejte sluneční fotometr uvnitř, v pokojové teplotě, a vezměte jej ven, až když jste připraveni provést měření. V zimě jej přenášejte na místo pozorování například pod kabátem, abyste jej udrželi v teple. Za velmi horkého nebo velmi chladného počasí můžete přístroj zabalit do izolačního materiálu, jako je např. utěrka, ručník či kousek molitanu. V létě chraňte přístroj před přímým sluncem, pokud právě neprovádíte měření.

Relativní vlhkost

Údaje o relativní vlhkosti jsou další užitečnou doplňující informací (tzv. metadata) k protokolu *Aerosoly*. Vysoké (nebo nízké) hodnoty relativní vlhkosti jsou totiž často spojovány s vysokou (nebo nízkou) hodnotou aerosolové optické tloušťky. Pro toto měření využijte vlhkoměr v budce, lze použít i údaje z on-line zdroje získané během jedné hodiny od vašeho měření slunečním fotometrem. Hodnoty získané z on-line zdroje by měly být uvedeny pouze jako metadata v poznámce.

Barometrický tlak

Na rozdíl od ostatních hodnot popsaných výše v tomto oddíle je tlak na stanovišti naměřený na vašem pozorovacím místě nezbytný pro výpočet aerosolové optické tloušťky. Přístroj Calitoo hodnotu tlaku na stanovišti zaznamenává sám. Dalším zdrojem údajů o barometrickém tlaku jsou hodnoty získané on-line nebo z vysílání pro vaši příslušnou oblast. Pokud máte vlastní barometr a pravidelně ho kalibrujete tak, aby udával tlak přepočtený na hladinu moře, můžete využít i tato měření.

Dále je třeba zaznamenat: oblačnost, typy oblaků, kondenzační čáry za letadly a jejich pokrývnost, podmínky na obloze (barva, viditelnost).

POSTUP MĚŘENÍ – viz návod v pracovních listech

ÚDRŽBA PŘÍSTROJE CALITOO:

- Správné fungování slunečního fotometru je závislé na optických senzorech v horní části přístroje. Otvory vedoucí k senzorům musí zůstat zcela čisté, proto dodáváme přístroj s otvory přelepenými lepicí páskou. Před použitím ji nezapomeňte odstranit. Po použití velmi doporučujeme otvory opět přelepit.
- Fotometr obsahuje 4 AA baterie, je možné použít nabíjecí.

STAŽENÍ DAT DO POČÍTAČE:

Před prvním připojením fotometru k počítači je nutné nainstalovat soubor, který pomůže rozpoznat připojení přístroje – bližší informace viz příbalový leták u přístroje.



Interpretace dat



Co znamenají naměřené hodnoty AOT

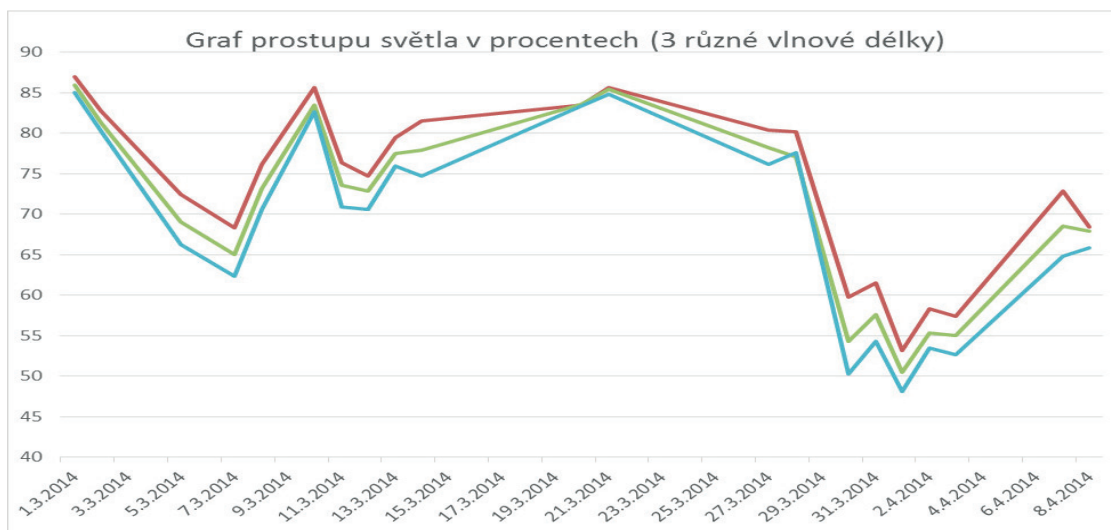
POMŮCKY: naměřené hodnoty AOT za určité období (společně s dalšími údaji o stavu atmosféry během daných měření), přístup k počítači, případně kalkulačka

POSTUP:

Interpretace naměřené aerosolové optické tloušťky může být poměrně náročná, protože ji ovlivňuje mnoho dalších jevů. Jednou z možností je podívat se na naměřená data v grafu a hledat, co mohlo způsobit výrazné výkyvy hodnot.

Nechte žáky (ideálně elektronicky) zpracovat hodnoty AOT a vytvořit graf prostupnosti atmosféry (viz pracovní list). Společně hledejte možná odůvodnění výrazných změn v hodnotách AOT.

Příklad ze školy: Ve SPŠ Otrokovice vyhodnotili měření na jaře 2014: „Zjistili jsme závislost mezi množstvím aerosolů a barvou oblohy. S vyšším množstvím aerosolů je barva oblohy světlejší. Nejvíce nás zaujal velký pokles prostupnosti světla ve dnech 29. 3. – 2. 4. 2014. Domníváme se, že tyto hodnoty souvisí s přítomností jemných částic písku z oblasti Sahary, jehož přítomnost potvrdili i odborníci z ČHMÚ.“



Relativní tloušťka vrstvy vzduchu / Relative Air Mass

POMŮCKY: pásmo, zhruba metrová tyč, olovnice (provázek se závažím)

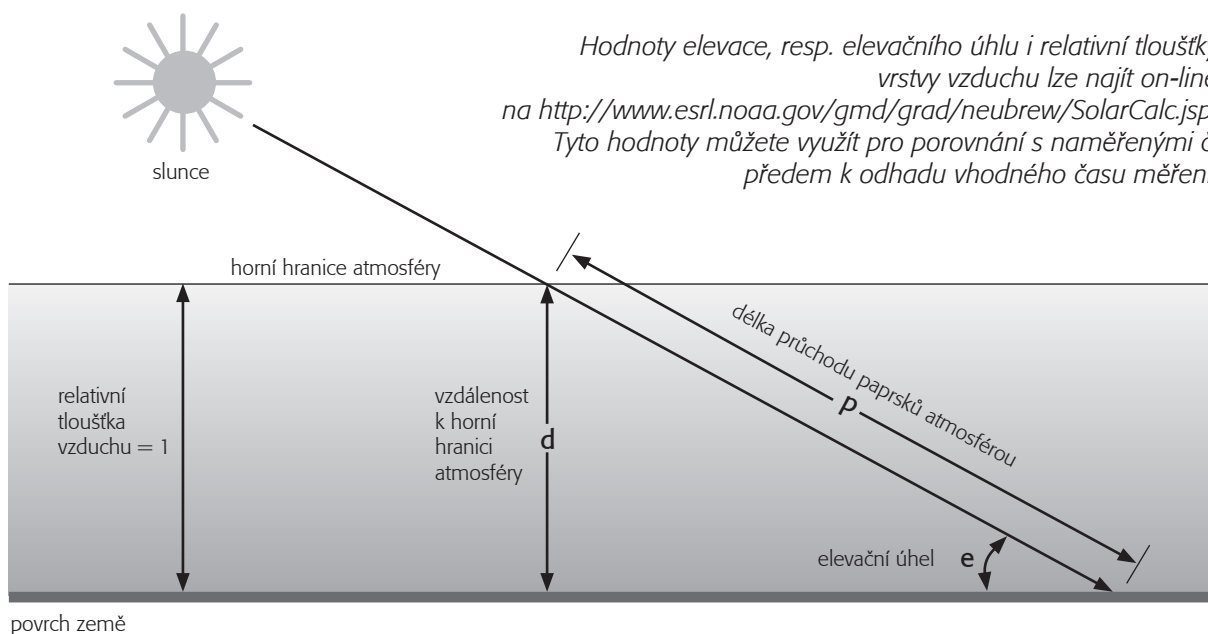
POSTUP: přesný postup viz pracovní list

Intenzita slunečního záření se během dne mění podle toho, jak tlustou vrstvu atmosféry musí paprsky překonat.

Relativní tloušťka vrstvy vzduchu (m) je ukazatel množství atmosféry, kterým prochází paprsek slunečního světla. Ve všech lokalitách a nadmořských výškách se relativní tloušťka vrstvy vzduchu rovná 1, když je slunce přímo v nadhlavníku ve sluneční poledne (úhel 90°). Když je slunce 30° nad horizontem, záření prochází dvakrát takovou vrstvou atmosféry, relativní tloušťka vrstvy vzduchu je 2. V zeměpisných šířkách (severních či jižních) překračujících $23,5$ stupně není slunce nikdy přímo v nadhlavníku, a proto nikdy nemůže být pozorováno skrz relativní tloušťku vrstvy vzduchu rovnající se 1.



Zjednodušený vzorec relativní tloušťky vrstvy vzduchu je následující: $m = 1/\sin(\text{elevace})$, kde elevace je úhel slunce nad horizontem. Tento výpočet je dostatečně přesný pro relativní tloušťky vrstvy vzduchu do hodnoty cca 2. Vyšší hodnoty vyžadují složitější vzorec, který zohledňuje zakřivení povrchu Země. Další vzorce pro výpočet a návod na měření v terénu najdete v pracovním listu.



Žákům pomůže k pochopení problematiky náčrtek na tabuli, na kterém si mohou přijít přeměřit, že část paprsků procházející atmosférou je různě dlouhá při různé výšce slunce nad horizontem.

Sluneční záření se v atmosféře odráží a rozptyluje rozdílně dle vlnových délek. Světlo v modré vlnové délce se rozptyluje nejúčinněji, proto obloha přes den získává modrý nádech. Nejméně jsou rozptylovány červené paprsky. Při západu či východu slunce prochází paprsky nejtlustší vrstvou atmosféry, jsou tedy rozptylovány více (prochází atmosférou delší dobu). Modrá barva se rozptylem téměř ztratí a obloha může být do oranžova až červená, protože díky ztrátě modrého záření vidíme přes den mnohem méně rozptýlené paprsky červené. Podrobněji například na <http://astro.arms.cz/obloha.htm>



Viditelnost a barva oblohy / Visibility and Sky Color

Atmosféra obsahuje různé látky, které rozptylují procházející světlo. Plyny v atmosféře (dusík, kyslík) nejvíce odrážejí světlo z modré části viditelného spektra, proto čistou jasnou oblohu vidíme jako modrou. V atmosféře jsou však i částice pevné a kapalné (aerosoly). Když jich je málo, obloha je modrá a vzdálené objekty vidíme ve stejných barvách, jako kdybychom stáli u nich. Protože částice aerosolů jsou větší než částice plynů, rozptylují světlo v celém viditelném spektru – obloha pak vypadá méně modrá, spíše šedobílá (či nahnědlá, nažloutlá). Vzdálené objekty jsou vybledlé či mohou zmizet úplně. Zamlženost oblohy samozřejmě kromě aerosolů ovlivňují srážky (v jakékoli podobě – různé částice ledu, sněhu, vody).



Míru obsahu těchto pevných a kapalných částic můžeme pozorovat v podobě barvy oblohy a viditelnosti (viz terminologická poznámka). Většina pozorování popsanych v pracovním listu je subjektivní, je třeba je trénovat a odhad zařazení na škále upřesňovat. Pro správný odhad barvy oblohy a viditelnosti je potřeba pozorování vyzkoušet za různých podmínek (jasný i zamlženější den).

TERMINOLOGICKÁ POZNÁMKA:

Viditelnost (visibility), tak jak s ní pracujeme v těchto materiálech, vychází z amerického GLOBE manuálu (včetně způsobu zaznamenávání a kategorií). V české meteorologii se používají pojmy dohlednost a viditelnost pro různý způsob určení vzdálenosti, na jakou jsme schopni rozlišit určité objekty (tedy jak daleko za daných podmínek dohlédneme).

- Viditelnost vyjadřujeme vodorovnou vzdáleností, na kterou lze spatřit objekty nebo zdroj světla – úzce souvisí s průhledností atmosféry a můžeme ji zaznamenávat dle stupnice v pracovním listu, škály vlastních bodů (odhad v kilometrech) či porovnáváním fotografií v počítači. Vždy je potřeba mít výhled na nejlépe několik různě vzdálených objektů.
- Barva oblohy může být v jejích různých částech odlišná. Blízko horizontu je často světlejší, protože se díváme pouze skrz přízemní vrstvu (kde je více aerosolů než ve vyšších vrstvách atmosféry), kdežto při pohledu vzhůru se díváme i do vrstev nad touto přízemní vrstvou. Nejtmavší část oblohy je většinou v polovině vzdálenosti od horizontu do nadhlavníku ve směru od slunce – proto je nejlepší sledovat barvu oblohy tak, že máte svůj stín před sebou.

POMŮCKY: pastelky, případně fotoaparát

POSTUP: viz pracovní list



Vliv aerosolů na prostup světla

POMŮCKY: luxmetr, fotometr, 2 tabulky skla (alespoň 10 × 10 cm), svíčka, sirky

POSTUP: Přesný postup měření viz pracovní list.

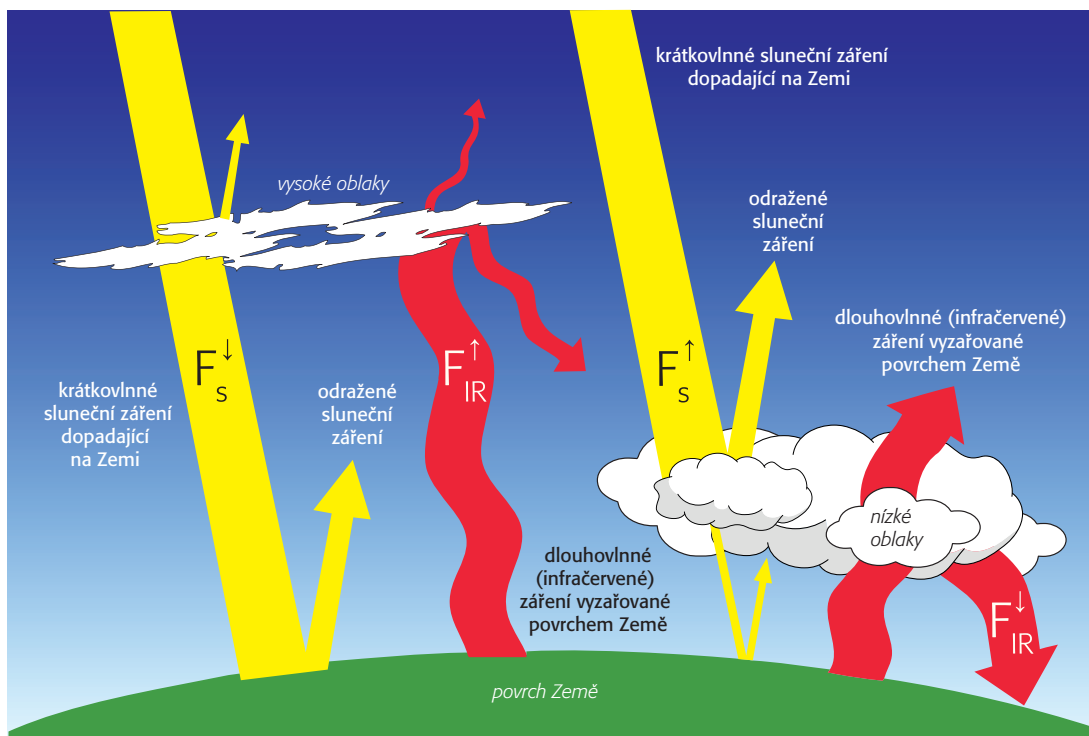
Jednoduchým pokusem demonstřujete vliv sazí (pevného aerosolu) na prostupnost světla atmosférou. Před prací s luxmetrem se podrobně seznámte s návodem přiloženým v krabičce přístroje. Druhá část pracovního listu předpokládá, že žáci již pracovali s fotometrem dle návodu v Měření aerosolové optické tloušťky.



Na čem všem závisí teplota zemského povrchu? (určení radiční bilance zemského povrchu a povrchového albeda)

POMŮCKY: luxmetr, bezdotykový teploměr

Energetická bilance je poměr mezi příjmem a výdajem energie, což ovlivňuje teplotu. Pozitivní energetická bilance znamená, že vrstva ovzduší, vody či půdy dostává více energie než vydává, a díky tomu se otepluje. Naopak se ochlazuje, když více energie vydává. Proto je znalost energetické bilance zásadní pro pochopení časových změn v teplotním rozsahu minut, dnů i let. Určovat energetickou bilanci je náročné, ale se studenty se můžete pustit do zkoumání její součásti – radiční bilance.



Radiační bilance v atmosféře: žlutá barva označuje sluneční záření dopadající na Zemi a odrážející se od povrchu Země a oblaků; červená barva označuje infračervené záření vyzařované povrchem Země a oblaky.

Součástí radiační bilance zemského povrchu: hlavním zdrojem je sluneční záření, část se ho odráží zpět do vesmíru (tedy počítáme jen to, co se neodrazí, ale je zemským povrchem pohlceno); dalším zdrojem je zemský povrch, který vyzařuje energii ve formě neviditelného infračerveného záření. Část tohoto záření uniká do vesmíru, část je odražena atmosférou zpět k Zemi. Radiační bilanci zemského povrchu můžeme popsat takto:

$$B = F_s^{\downarrow} + F_{IR}^{\downarrow} - (F_s^{\uparrow} + F_{IR}^{\uparrow})$$

Radiační bilance se mění během dne i roku. V noci je v důsledku nepřítomnosti slunečního záření záporná, přes den dosahuje maximálních hodnot kolem poledne.

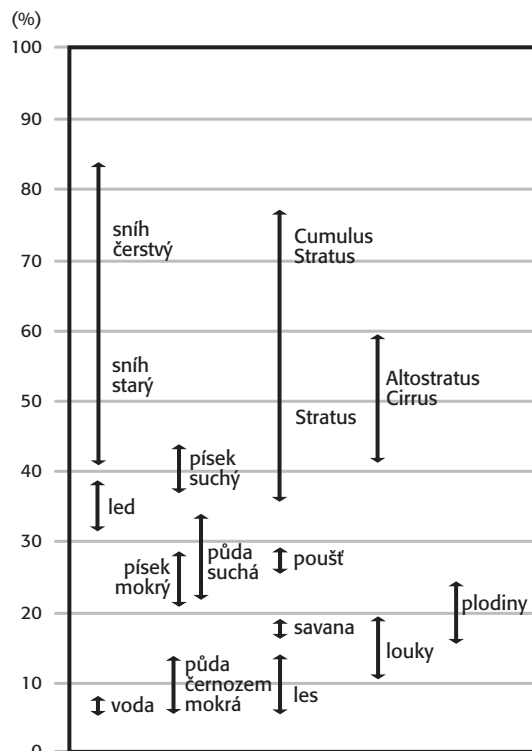
Radiační bilanci ovlivňují také oblaka a druh pokryvu zemského povrchu. Různý druh povrchu různě odráží či pohlcuje sluneční záření. Tomuto poměru mezi zářením odraženým a dopadajícím se říká albedo. Nejčastěji se vyjadřuje procenty dle vzorce:

$$A = \frac{F_s^{\uparrow}}{F_s^{\downarrow}} \cdot 100\%$$



POSTUP:

Žáci budou pracovat s bezdotykovým teploměrem a luxmetrem, ujistěte se, že umí s přístroji správně zacházet (dbejte na pokyny uvedené v návodech). Otázky v pracovním listu je vhodné s žáky vždy po vyplnění jedné z nich sdílet a vysvětlit si, jak daný jev funguje. V první otázce je třeba dojít k tomu, že největší vliv má sluneční záření. V druhé otázce žáci nejdříve sami doplňují náčrtek, nakreslete si ho poté společně. Podle náčrtku si odvoďte radiační bilanci – co nejdůležitějšího je potřeba brát v úvahu. Dále nechte žáky přemýšlet, jak bychom se mohli přesvědčit, že to vše takhle skutečně funguje. Žáci sdílí návrhy možností ověření. Představte jim bezdotykový teploměr a luxmetr jako pomůcky, které máte při měření k dispozici – seznamte žáky s tím, co dokážou změřit. Zeptejte se žáků, jak byste je mohli použít. Na základě obrázku a odvozené radiační bilance nechte žáky navrhnout průběh měření. Přesný postup měření je uveden v pracovních listech.



Albedo různých povrchů



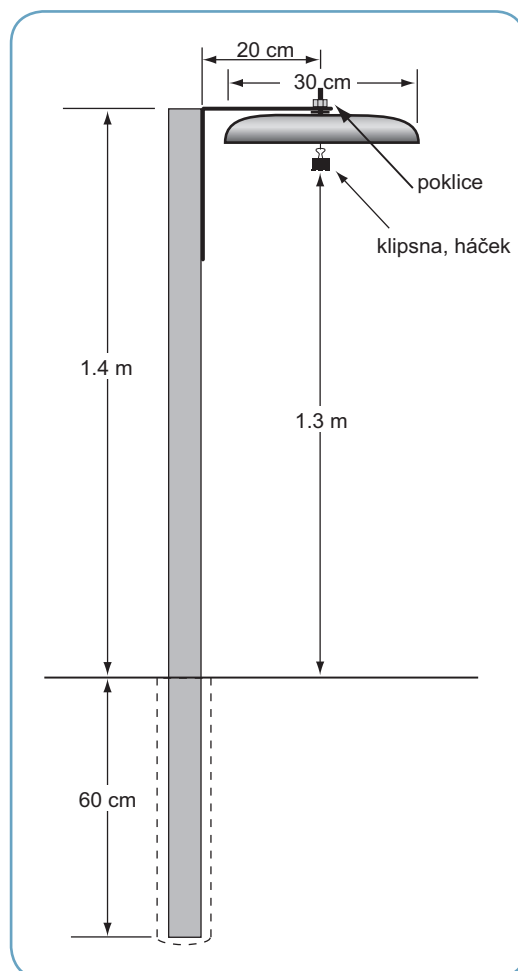
Ozon (O_3) vzniká v atmosféře fotochemickými reakcemi, nejčastěji reakcemi výfukových zplodin (uhlovodíky, oxidy dusíku) s molekulami atmosférického kyslíku. V souvislosti s rostoucím automobilovým průmyslem je ozon stále významnější škodlivinou. Poškozuje vegetaci (narušuje chlorofylové barvivo), významně snižuje výnosy zemědělských plodin, při dlouhodobých účincích poškozuje dýchací soustavu a plíce, dráždí sliznice (pálení očí, v krku), způsobuje bolesti hlavy, poškozuje umělé materiály (např. zpuchření gumy). Je hlavním plynem tzv. fotochemického smogu, který se vyskytuje v létě nejvíce v oblastech s hustým silničním provozem.

V programu GLOBE měříme přízemní ozon pomocí chemicky citlivého proužku papíru, který po vystavení vzduchu mění barvu dle koncentrace ozonu. Přesnou změnu barvy zjišťujeme optickým scannerem. Výskyt ozonu závisí na slunečním svitu, proto zaznamenáváme společně s měřením ozonu také stav oblohy (oblačnost, typy oblaků), vliv může mít také teplota a směr větru.

Stanice na měření přízemního ozonu

Přízemní ozon měříme **v blízkosti meteorologické budky**, kde zároveň s měřením ozonu zjišťujeme další ukazatele. Pro měření ozonu si zhotovíme speciální stanici – na stojan zhruba 140 cm vysoký (po zaražení do země) zavěsíme vodorovně světlou, nejlépe umělohmotnou poklici asi o 30 cm v průměru, pod kterou umístíme klipsnu, kolíček nebo háček, do kterého při měření upevníme měřicí proužek.

Stanice by měla být umístěna ve volném prostoru, určitě ne pod stromem nebo těsně při zdi, nejlépe na volné travnaté ploše (obdobně jako meteorologická budka).



Určení směru větru

Pro určení směru větru stačí jednoduchá pomůcka: do podložky upevněný cca 1 m vysoký stojánek s praporkem (proužkem igelitu, látky), který vlaje a ukazuje, odkud fouká. Směr větru určíme buzolou. Pozor, **směr větru určujeme podle strany, odkud fouká** (tzn. severozápadní vítr fouká ze severozápadu apod.).





Měření přízemního ozonu / Surface Ozone Protocol

POMŮCKY: indikátorový proužek, optický scanner, pomůcka na zaznamenávání oblačnosti a typu oblaků, pomůcka k určování směru větru, buzola, přístup do meteorologické budky (teploměr)

POSTUP:



Podrobný návod k obsluze optického scanneru a postupu měření stahujte na webu globe-czech.cz. Žáci mohou po seznámení s přístrojem postupovat dle pracovních listů.

Měření je třeba dobře naplánovat. Ideální je měřit každý den ve stejnou dobu ± 1 hodina od solárního poledne. Vlastní měření sice zabere jen cca 10 minut, ale je potřeba provést dvakrát s hodinovou pauzou na expozici měřicího papírku.

Prozkoumejte, jak množství ozonu souvisí s dalšími atmosférickými jevy. Sledujte vývoj množství ozonu během měsíce i celého roku. Pro inspiraci doporučujeme článek s výstupy výzkumu, který prováděl tým vědců z NASA v úzké spolupráci s GLOBE školami (především českými a americkými). Článek v anglickém originále i českém překladu naleznete ke stažení na webu globe-czech.cz.

TIP

Směr a rychlost větru



METEOROLOGIE

Vítr je proudění vzduchu v atmosféře, které je vyvoláno rozdíly v teplotě a tlaku vzduchu.

Směr větru ovlivňuje globálně rotace Země a lokálně členitost terénu. Povrch země je velmi rozmanitý a některé jeho části se zahřívají rychleji a výrazněji než jiné. Atmosféra se pak od povrchu zahřívá a vznikají v ní místa s rozdílnou teplotou, a tím pádem i fyzikálními vlastnostmi (studený vzduch je těžší než teplý). Následně dochází k vyrovnávání těchto rozdílů a proudění vzduchu pozorujeme jako vítr.

Směrem větru se rozumí směr, odkud vítr vane. Udává se obvykle v úhlových stupních (např.: 90° = východní vítr, 180° = jižní vítr, 270° = západní vítr, 360° = severní vítr, 0° = bezvětří atp.). Směr větru se určuje pomocí větrných směrovek, které se umísťují na stožárech ve výšce 10 metrů nad zemským povrchem. V této výšce je rušivý vliv místních překážek a terénu výrazně menší než v těsné blízkosti povrchu.

Rychlost větru je vzdálenost, kterou urazí pohybující se vzduch za jednotku času, nejčastěji se udává v metrech za sekundu ($1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$). Rychlost větru se měří pomocí anemometru. Rychlost větru můžeme odhadovat bez použití přístrojů pomocí Beaufortovy stupnice síly větru.

V programu GLOBE se směr větru dle protokolů měří pouze v souvislosti s přízemním ozonem. **Pravidelné pozorování směru a rychlosti větru však může doplnit všechna meteorologická měření** a přinést vašim datům zajímavé souvislosti. Vlastní pozorování je dobré srovnávat s blízkou profesionální měřicí stanicí, protože vaše data získaná blízko povrchu země mohou být více ovlivněna členitostí terénu.



Směr a rychlost větru

POMŮCKY: tyčka, praporek, buzola

POSTUP:

Sledování rychlosti a směru větru (ideálně doplněné údaji z blízké profesionální stanice) můžete využít pro sledování souvislostí mezi jednotlivými meteorologickými jevy. Především při řešení kvality a znečištění ovzduší může být směr větru zásadní pro hodnocení vlivu místních a vzdálenějších zdrojů znečištění.



Výroba vlastního anemometru

POMŮCKY: krabice od bot, lepicí páska, slabá lepenka, pletací jehlice, úhломěr, plastická folie, tenký permanentní fix

POSTUP:

Postupujte dle návodu v pracovním listu. Počítejte s tím, že tento způsob měření rychlosti větru je velmi přibližný – můžete jej použít pro porovnávání vlastních měření, ne však pro záznam do databáze či srovnávání s daty z jiných zdrojů.



Teplota zemského povrchu / Surface Temperature

Energie v podobě tepla neustále proudí mezi atmosférou, zemí a vodou. Tento energetický cyklus je zásadní pro chápání Země jako systému. K předávání této energie dochází vždy na hranici dvou systémů – povrch země je proto klíčovým rozhraním.

Když měříme teplotu zemského povrchu, zjišťujeme, **kolik tepla povrch vyzařuje**. Každý předmět vyzařuje elektromagnetické vlny dle své teploty (čím teplejší objekt, tím kratší vlny). Záření zemského povrchu se pohybuje v oblasti infračerveného spektra (kolem 10 μm). Infračervený teploměr tedy měří tyto vlny a ukazuje je přepočítané na teplotu.

Teplota zemského povrchu se mění během dne (nejteplejší je většinou 1–2 hodiny po solárním poledni), v různých částech roku, v závislosti na vegetaci a vlhkosti (v místech s nízkou vlhkostí – např. poušť, chodník – nedochází téměř k odparu, povrch se neochlazuje a jeho teplota je o to vyšší). Změny teploty zemského povrchu jsou součástí energetické a radiační bilance Země – podrobněji se jimi zabývá aktivita v části Aerosoly (str. 58, Na čem závisí teplota zemského povrchu?)

Běžně meteorologové teplotu zemského povrchu neměří – existují satelitní data, ale jen málo pozemních měření. GLOBE školy tak mohou svými záznamy významně přispět vědcům při různých klimatických studiích a porozumění globálních energetických cyklů. Pro žáky budou naměřené hodnoty zajímavé ve spojitosti s údaji o teplotě vzduchu a půdy.

Infračervený bezdotykový teploměr

Pro GLOBE měření můžete využít jakýkoli infračervený bezdotykový teploměr, který je přesný $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$, v rozmezí $-32\text{ }^\circ\text{C}$ až $72\text{ }^\circ\text{C}$. Pokyny pro žáky případně přizpůsobte podle návodu k vašemu konkrétnímu typu přístroje. Každoročně je třeba zkontrolovat přesnost přístroje. Pro kalibraci si připravte mísu s vodou a ledovými kostkami, změřte teplotu vody ze vzdálenosti cca 5 cm – teploměr by měl ukazovat $0\text{ }^\circ\text{C}$ (-2 až $2\text{ }^\circ\text{C}$ jsou v pořádku, pokud ukazuje jinak, zkuste vyměnit baterie či vyčistit čočku na senzoru – když to nepomůže, kontaktujte výrobce).

Tyto teploměry většinou neukazují správně, pokud se rychle ochladí či ohřejí. Pokud se teplota v místě uskladnění teploměru a v místě měření liší o více než $5\text{ }^\circ\text{C}$, je potřeba nechat přístroj přizpůsobit se nové teplotě alespoň 30 minut či ho použít v ochranné rukavici.



Výroba ochranné rukavice infračerveného teploměru

POMŮCKY: infračervený bezdotykový teploměr, ostré nůžky, vteřinové lepidlo (či jiné vhodné tekuté), slabší gumičky, froté kuchyňská chňapka

POSTUP: Postupujte dle pracovního listu.



Jak se liší teplota různých povrchů

POMŮCKY: infračervený bezdotykový teploměr (a případně jeho ochranná rukavice)

POSTUP:

Žáci se mohou díky jednoduchému pokusu zamýšlet nad tím, co vše ovlivňuje teplotu povrchů. Záleží na zvědavosti a stáří žáků, na jaké zákonitosti narazíte. Žáci mohou uvažovat např. nad barvou, materiálem, vlivem odparu vody (vliv rostlin) apod. Na základě výsledků pozorování mohou zjišťovat další informace.

Měření se dají opakovat také na stejných površích za různých podmínek – na přímém slunci a ve stínu, na větrném místě a v závětví, mezi budovami a mezi zelení, během slunného dne a když je pod mrakem apod.



Výběr a definování stanoviště pro měření teploty zemského povrchu

POMŮCKY: pásma, metr, GPS (pokud zakládáte nové stanoviště)

POSTUP:

Ideální je vybrat několik míst (alespoň dvě) s různým povrchem, aby se měření dala porovnávat.

Výběr místa měření záleží na tom, co dále budete s daty dělat:

- Jakékoli vlastní měření a porovnávání dat – dle cíle a průběhu zamýšleného projektu.
- Souvislost s meteorologickými jevy či vlastnostmi půdy – místo, kde běžně studujete meteorologii a pedologii.
- Souvislost s vegetačním pokryvem:
 - Pro záznam do protokolu (Land Cover Sample Site Protocol) by místo nemělo mít vegetaci vyšší než 1 m a stejnou charakteristiku na území 90 x 90 m.
 - Jiné, co největší homogenní místo nezastíněné stromy (ani např. auty, když jde o zpevněnou plochu).
- Porovnání se satelitními údaji – nutné rozlehlejší homogenní otevřené místo. Kdy nad vaším místem přelétají satelity, zjistíte pro Landsat 8 <http://publiclab.org/notes/show/8960>, pro další satelity na stránkách NASA – LaRC Satellite Overpass Predictor.





Měření teploty zemského povrchu / Surface Temperature Protocol

POMŮCKY: infračervený bezdotykový teploměr (a případně jeho ochranná rukavice), metr či pravítko (pokud je sníh), hodinky

POSTUP: Postupujte dle pracovního listu.

Motivujte žáky zkoumat i další souvislosti:

- Rozdíly teploty mezi místem na slunci a ve stínu – je rozdíl, jestli stín je od stromu, keře či mraku?
- Jak odpovídá teplota povrchu okamžité teplotě vzduchu? Jak teplotě půdy v 5 a v 10 cm?
- Rozdíly dle typu povrchu (např. nezarostlá půda, kratší a delší tráva, beton, asfalt, písek, lesní opad...) – platí to stejně během slunečného i zataženého dne?

TIP



- Aerosolová optická tloušťka (AOT)** – vyjadřuje, do jaké míry brání aerosoly průchodu slunečního světla určité vlnové délky atmosférou
- Aerosoly** – pevné a kapalné částice v atmosféře
- Albedo** – procentní vyjádření, jak který povrch pohlcuje či odráží sluneční záření
- Anemometr** – přístroj na měření rychlosti větru
- Atmosféra** – vrstva plynů nad zemským povrchem dosahující výšky přibližně 100 km, k Zemi připoutána gravitační silou
- Barometr** – přístroj na měření tlaku vzduchu
- Cirry** – řasovitá oblaka – hedvábné, jemné oblaky vysoko na obloze
- Cumuly** – kupovitá (nížká, v jednotlivých variantách také střední nebo vysoká) oblačnost
- Elevace (elevační úhel slunce)** – výška slunce nad horizontem
- Exosféra** – vnější, nejvyšší zředěná vrstva zemské atmosféry přibližně od výšky 500 km nad zemským povrchem
- Fronta** – rozhraní vzduchových hmot s odlišnými vlastnostmi
- Infračervený bezdotykový teploměr** – měří teplotu povrchu na základě vyzařovaného infračerveného vlnění
- Kalibrace** – přezkoušení, že daný přístroj funguje správně
- Kondenzační čáry za letadly** – lineární oblak, který se tvoří díky tomu, že výfukové plyny letadel obsahují určité množství vodní páry a dalších aerosolových částic – ty fungují jako kondenzační jádra pro tvořící se ledové krystaly
- Konduktivita** – měrná elektrolytická vodivost, popisuje schopnost vody vést elektrický proud (viz Hydrologie str. 23)
- Luxmetr** – přístroj na měření množství dopadajícího světla
- Meteorologie** – věda, která studuje složení, stavbu, vlastnosti, jevy a děje probíhající v atmosféře
- Mezosféra** – část atmosféry, vyznačuje se silným poklesem teplot až na $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Mlha** – vzniká, když vodní pára kondenzuje či mrzne nízko nad zemí. Vytváří se, když relativní vlhkost dosáhne 100% (vlastně jde o „oblak na zemi“)
- Oblačnost** – stupeň oblačného pokrytí, tedy jaká část oblohy je pokryta oblaky
- Oblak** – viditelné seskupení nepatrných částic vody nebo ledu, případně obojího, ve volné atmosféře
- Opar** – je způsoben souborem velmi malých kapek či aerosolů (např. částičky znečištění z lidské činnosti či prach); tyto částice zbarvují oblohu do červena, hněda, žluta či do bíla; patří sem také smog
- PM10** – aerosolové částice menší než 10 mikrometrů



- Počasí** – stav atmosféry v daném místě a čase, charakterizovaný souhrnem okamžitých hodnot všech meteorologických prvků. Je časově i prostorově velmi proměnlivé. Zkoumáním počasí se zabývá meteorologie
- Podnebí (klima)** – dlouhodobý režim počasí, charakterizovaný průměrnými a extrémními hodnotami jednotlivých prvků, vypočítanými za delší časové období (nejméně 10, zpravidla 30 až 50 let). Studium podnebí se zabývá klimatologie
- Relativní tloušťka vrstvy vzduchu** – množství atmosféry, kterým musí sluneční paprsky projít, než se dostanou na zem
- Relativní vlhkost** – poměr skutečného množství vodních par ku množství vodních par při maximálním nasycení vzduchu vodními parami
- Sluneční fotometr** – přístroj na měření aerosolové optické tloušťky
- Sluneční poledne** – čas, kdy je slunce nejvýše na obloze (přesně uprostřed mezi východem a západem)
- Stratosféra** – část atmosféry, teplota vzduchu s přibývajícím výškou vzrůstá v průměru o 0,3 °C na 100 m, nachází se zde ozonová vrstva
- Straty** – slohy, vrstevnatá (nízká, v jednotlivých variantách také střední nebo vysoká) oblačnost
- Termosféra** – část atmosféry, teplota zde dosahuje stovek stupňů Celsia (ale jde o míru kinetické energie molekul vzduchu, ne o klasickou teplotu)
- Troposféra** – nejspodnější vrstva atmosféry, probíhá v ní většina povětrnostních procesů a dějů (počasí), teplota klesá s přibývajícím nadmořskou výškou v průměru o 0,65 °C na každých 100 m výšky
- Turbulentní vzduch** – větrno, nárazový měnící se vítr



AOT (aerosol optical thickness)	– aerosolová optická tloušťka	Paved	– zpevněný povrch
Air	– vzduch	Persistent	– trvalý
Asphalt	– asfalt	pH Paper	– pH papírky
Bare ground	– holá země	Precipitation	– srážky
Barometric Pressure	– tlak vzduchu	Rain Equivalent	– vodní ekvivalent
Barren land	– nezarostlá půda	Rain Gauge	– srážkoměr
Blowing Snow	– sněhová vánice	Rain	– déšť
Clear	– čistý, jasný	Rainfall	– kapalně srážky
Cloud	– oblak	Relative Humidity	– relativní vlhkost
Cloud Type	– typ oblaku	Roof	– střecha
Cloudy	– oblačno	Sand	– písek
Concrete	– beton	Short-lived	– krátkodobý
Contrail	– kondenzační čára za letadlem	Shrubs	– keře
Coordinates	– zeměpisné souřadnice	Site	– stanoviště
Covered	– pokryto, zakrytí	Sky	– obloha
Current	– současný, okamžitý	Sky Clarity	– viditelnost
Direction	– směr	Sky Color	– barva oblohy
Dry	– sucho	Slope angle	– sklon svahu
Dust	– prach	Smoke	– kouř
Dwarf shrubs	– nízké keříky	Snow Depth	– hloubka sněhu
Elevation	– nadmořská výška	Snow	– sníh
Fog	– mlha	Soil	– půda
Grass	– tráva	Spray (sea)	– mořský sprej
Haze	– opar	Spreading	– rozšiřující se
Heavy Snow	– silné sněžení	Surface	– povrch, přizemní
Instrument shelter	– meteorologická budka	Temperature	– teplota
Latitude	– zeměpisná šířka	Thermometr	– teploměr
Longitude	– zeměpisná délka	Total Snowpack	– celková sněhová pokrývka
Measurable	– měřitelné množství	Trace	– stopové množství
Measurement	– měření	Visible	– viditelný
Missing	– chybějící data	Volcanic Ash	– sopečný popel
New Snowfall	– nová sněhová pokrývka	Wet	– mokro
Obscured (Sky)	– zastřená obloha	Wind	– vítr
Observation	– pozorování	Hygrometer	– vlhkoměr
Obstacle	– překážka		



Použitá a doporučená literatura

- BEDNÁŘ, J.: *Meteorologie*. Praha: Portál, 2003.
- BROŽKOVÁ, R.: *Předpověď počasí a modely atmosféry*. In: Počasí. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2002.
- BUCKLEY, B., a kol.: *Velký obrazový průvodce: Počasí*. Praha: REBO productions, 2006.
- BURROUGHS, W. J., a kol.: *Počasí*. Praha: Nakladatelství Václav Svojtka & Co., 1999.
- DVOŘÁK, P.: *Atlas počasí*. Cheb: Svět křidel, 2003.
- KOBZOVÁ, E.: *Počasí*. Olomouc: Rubiko, 1998.
- KOVÁŘ, L.: *Jasná zpráva o počasí*. Ostrava: Montanex a.s., 2000.
- LÍPA, K.; VOTÁPKOVÁ, D.: *Průvodce oblohou*. Praha: Sdružení TEREZA, 2010
- MÍKOVÁ, T.; KARAS, P.; ZÁRYBNICKÁ, A.: *Skoro jasno*. Praha: Česká televize, 2007.
- TOLASZ, R., a kol.: *Atlas podnebí Česka*. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého, 2007.

Použité a doporučené webové stránky

- www.globe-czech.cz
- www.globe.gov
- www.chmi.cz
- <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie>
- <http://metmladez.wz.cz/metdeti>