Univerzita Palackého
Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální fyziky

Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole

Disertační práce

2012 Tomáš Miléř

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Palackého v Olomouci má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V Brně 1. června 2012 .....

Rád bych na tomto místě poděkoval doc. RNDr. Petru Sládkovi, CSc. za vedení disertační práce a RNDr. Jindřišce Svobodové za sdílení nápadů a zkušeností. Také bych chtěl poděkovat vedení, učitelům a žákům ZŠ a MŠ Brno, Křídlovická 30b, kteří mi umožnili přípravu podkladů k disertační práci v rámci výuky Programu GLOBE.

Abstrakt

Disertační práce se zabývá problematikou začlenění tématu meteorologie a klimatu do výuky na 2. stupni základních škol s důrazem na fyzikální obsah vzdělávání. V úvodní části jsou diskutovány problematické pojmy a shrnut stav vědeckého poznání o změně klimatu. Dále je analyzován stav vzdělávání o klimatu ve světě a v ČR. Diskutován je koncept klimatické gramotnosti, miskoncepce o počasí, klimatu a změně klimatu, cíle vzdělávání a vymezení výuky o klimatu ve vzdělávacích standardech. Na základě analýzy obsahu mezioborové vědy o klimatu a jejímu postavení v systému věd byla navržena transformace vědy o klimatu do didaktického systému v rámci přírodovědných předmětů a integrované přírodovědy se zvláštním zaměřením na fyzikální témata. V rámci práce byl proveden výzkum znalostí českých učitelů o klimatickém systému. Bylo navrženo kurikulum pro výuku meteorologie a klimatu na 2. stupni základnách škol. Práce obsahuje také vzorové fyzikálně zaměřené školní aktivity k výuce meteorologie a klimatu. Pracovní listy k těmto aktivitám jsou v obrazové příloze disertační práce.

Klíčová slova: fyzika, didaktika, klimatická gramotnost, vzdělávání, kurikulum, pracovní listy

Abstract

This doctoral thesis deals with the integration of meteorology and climate theme into the upper primary school curriculum with an emphasis on physical content of education. In the first part we discuss a problematic terminology and summarize the state of the scientific knowledge of climate change. Furthermore, we analyze the state of education about the climate in the world and in the Czech Republic. We discuss the concept of climate literacy, misconceptions in weather, climate and climate change, defining the objectives of education and investigate the content of climate theme in the educational standards. Based on the analysis of the content of interdisciplinary climate science and its position in the system of sciences we propose a transformation of climate science system into the didactic system of school subjects with a special focus on physical issues. In the frame of this thesis we conducted a reseach on teachers' understanding of the climate system. We designed an extended upper primary school curriculum for teaching meteorology and climate. We also developed a set of sample school activities for meteorology and climate education. The document also contains a set of printable worksheets at the annex.

Keywords: physics, didactics, climate literacy, education, curriculum, worksheets

Obsah

1 Úvod **3**
1.1 Cíle práce . . . 3
1.2 Problémové zaměření disertační práce . . . 4
1.3 K technickému zpracování dokumentu . . . 4

2 Diskuze vybraných pojmů **5**

3 Stav vědeckého poznání **9**

4 Stav vzdělávání o klimatu ve světě a v ČR **12**
4.1 Koncept klimatické gramotnosti . . . 12
4.2 Miskoncepce . . . 16
4.3 Cíle vzdělávání . . . 23
4.4 Vzdělávání o změně klimatu . . . 27
4.5 Ochrana člověka za mimořádných událostí . . . 38
4.6 Problematika reflexe vědy o klimatu ve vzdělávacím systému . . . 39

5 Transformace systému věd o klimatu do didaktického systému **43**
5.1 Transformační proces . . . 50
5.2 Integrace přírodovědných předmětů . . . 55

6 Výzkum znalostí českých učitelů o klimatickém systému **63**
6.1 Metodologie . . . 64
6.2 Respondenti . . . 64
6.3 Ověření hypotéz . . . 69
6.4 Testové otázky použité ve výzkumu . . . 72
6.5 Rozšíření výzkumu o Dunning-Kruger efekt . . . 76

7 Návrh kurikula a vzorové aktivity **79**
7.1 Aktivity pro 7. ročník . . . 80
7.2 Aktivity pro 8. ročník . . . 90
7.3 Aktivity pro 9. ročník . . . 101

8 Závěr **110**

9 Reference **112**

Přílohy **122**

A Slovník **123**

B Přehled zkratek **126**

C Problémové oblasti didaktiky fyziky **128**

D Vybrané úlohy fyzikální olympiády **130**

E Obrazová příloha **134**

F Publikace autora **176**

1 Úvod

Disertační práce se zabývá problematikou výuky meteorologie a klimatologie na základní škole z hlediska *rozvoje fyzikálního myšlení*. Odbornou meteorologii lze chápat jako *aplikovanou fyziku* (měření fyzikálních veličin), a stále častěji se na mnoha univerzitách ve světě vyučuje fyzika klimatu. Antropogenní globální oteplování a změna klimatu je v současnosti předmětem rozsáhlého vědeckého výzkumu. Stále se prohlubuje propast mezi stavem vědeckého poznání a znalostmi laické veřejnosti v této oblasti. U laické veřejnosti se vyskytují miskoncepce a mýty v chápání vztahu počasí a klimatu, příčinách globálního oteplování a fungování klimatického systému. Proto je nutné usilovat o adekvátní vzdělání populace v oboru klimatu jakožto součásti širší přírodovědné gramotnosti. Neformální vzdělávání prostřednictvím médií a neziskových organizací má své problémy a limity. Systematické vzdělávání o změně klimatu je tedy nutné začlenit do stávajícího vzdělávacího systému. *Přestože jde o problematiku mezioborovou základní principy fungování klimatického systému jsou fyzikální*. Vyvstává tedy potřeba, aby nositelem kvalitních informací o klimatickém systému ve školách byl spolu s geografy, biology a chemiky také aprobovaný učitel fyziky. Vzdělávání ke klimatické gramotnosti je problém, který v České republice dosud nebyl systematicky řešen. Tato disertační práce popisuje aktuální situaci ve světě i u nás, a zkoumá možnosti vzdělávání o zemském klimatickém systému na 2. stupni ZŠ prostřednictvím fyzikálně orientovaných aktivit.

1.1 Cíle práce

Disertační práce „Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole“ má tři cíle:

1. Prozkoumat možnosti transformace mezioborové *vědy o klimatu* do *didaktického systému* se zaměřením na fyzikální vzdělávání.
2. Provést výzkum znalostí českých učitelů o klimatickém systému.
3. Navrhnout kurikulum pro výuku meteorologie a klimatu na 2. stupni ZŠ a připravit vzorové školní aktivity.

1.2 Problémové zaměření disertační práce

Podle J. Fenclové (nyní Brockmeyerové) lze v didaktice fyziky vymezit 8 problémových oblastí, ve kterých lze bádat a didaktiku fyziky tak dále rozvíjet [1]. (Popis problémových oblastí didaktiky fyziky podle Fenclové je v příloze.) Následující tabulka zobrazuje, kterých problémových oblastí didaktiky fyziky se tato disertační práce dotýká.
Znázornění má následující význam: • • • hodně, • • středně, • trochu, - vůbec.

	Cíl 1	Cíl 2	Cíl 3
Vědecký systém fyziky z hlediska didaktické komunikace	• • •	•	•
Didaktický systém fyziky	• • •	•	
Výukový projekt fyziky a jeho prostředky	•		• • •
Výukový proces fyziky			•
Výsledky výuky fyziky a jejich uplatnění		•	
Fyzikální vzdělání a jeho uplatnění	• •		
Výchova vzdělávání učitelů fyziky		• • •	
Metodologie a historie didaktiky fyziky	•		

1.3 K technickému zpracování dokumentu

Tento dokument byl zpracován v systémem LaTeX.
Textový soubor a samostatné obrázky jsou k dispozici na adrese:
<http://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy/DP>.

Přílohy této disertační práce jsou vloženy jako rastrové obrázky. Někdy se proto na obrazovce mohou zobrazovat poněkud rozmazaně (záleží na rozlišení a pdf prohlížeči), ale při tisku není kvalita výrazně zhoršená. Jednotlivé pracovní listy jsou k dispozici ke stažení ve formátu odt a pdf v repozitáři <http://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy/lessonplans>.

Pro výzkum znalostí učitelů o klimatickém systému byl použit elektronický formulář. Souhrn odpovědí učitelů na kompletní sadu testových otázek je dostupný z: <http://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy/test/vysledky>.

Disertační práce obsahuje množství hypertextových odkazů, je proto výhodou pracovat s její elektronickou verzí na počítači připojeném k internetu. Většina studií zde citovaných pochází z prestižního vědeckého tisku. Prameny dostupné na internetu mají v seznamu literatury uvedeny hypertextové odkazy, aby je čtenář mohl snadno dohledat. Je však pravděpodobné, že za několik let již některé odkazy nebudou funkční. Text je sestaven tak, aby v tištěné verzi obsahoval všechny podstatné informace.

2 Diskuze vybraných pojmů

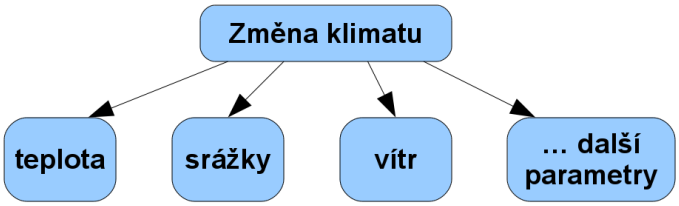
V procesu vzdělávání má správné zavedení pojmů zásadní význam, proto je třeba hned na úvod některé problematické pojmy používané v této práci vymezit. Základní pojmy jako *klima*, *klimatický systém* apod. jsou definovány ve slovníčku na konci publikace. V dlouhodobém měřítku klima není stabilní, ale dochází k jeho změně. Klimatotvorné faktory jsou astronomické, cirkulační, radiační, geografické a antropogenní. V současnosti dochází ke *globální antropogenní změně klimatu* (tj. celosvětové a lidmi způsobené).

V této kapitole hlouběji rozebereme pojmy *globální oteplování*, *změna klimatu*, *náhlá změně klimatu* a *rozvrat klimatu*, které mají ve vědeckém tisku jednoznačný význam. Pojmy *globální oteplování* a *změna klimatu* již zlidověly a jsou velmi často používány veřejností, v médiích a v politice. Laická veřejnost však vědecké pojmy často chápe zkresleně nebo ve špatném kontextu. Vědci proto musí volit vhodná slova pro komunikaci s veřejností tak, aby slovní označení bylo srozumitelné a výstižné. Jak se vyvíjí vědecké poznání, nutně dochází také k vývoji terminologie. Proto zde diskutujeme vybrané pojmy, u kterých by eventuálně mohlo dojít k špatné interpretaci nebo u kterých lze v blízké budoucnosti očekávat další vývoj.

Pro antropogenní ovlivňování klimatu se ve vědeckém tisku ještě začátkem 70. let 20. století používalo slovní spojení *neúmyslná modifikace klimatu* (inadvertent climate modification). Pojem *globální oteplování* se podle stránek NASA [2] poprvé objevil ve vědeckém tisku v článku „Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?“, který publikoval geochemik Wallace Broecker v časopisu Science roku 1975 [3]. V následujícím odstavci je překlad abstraktu tohoto článku:

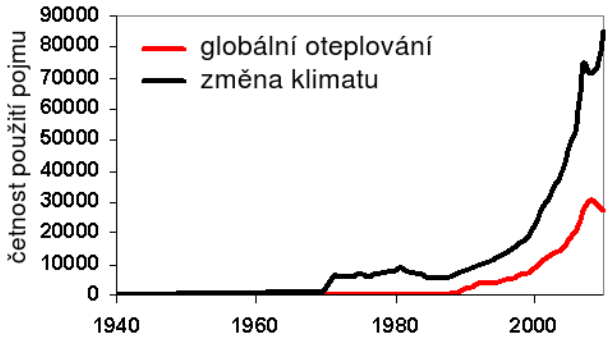
Klimatické změny: Jsme na pokraji výrazného globální oteplování?
Pokud antropogenní prach není nejvýznamnější příčinou klimatické změny, pak existují pádné důvody proč očekávat, že současný ochlazující trend bude přibližně za deset let nahrazen výrazným oteplováním způsobeným oxidem uhličitým. Analogicky jako při obdobných událostech v minulosti brzy skončí přirozené klimatické chlazení, které od roku 1940 více než kompenzovalo vliv oxidu uhličitého. Jakmile se to stane, exponenciální nárůst atmosférické koncentrace oxidu uhličitého bude mít tendenci stát se významným faktorem a již na počátku příštího století způsobí zvýšení průměrné teploty Země za hranice zkušenosti lidstva v posledních 1000 letech. [3]

V českých médiích se často objevuje kritika používání pojmu globální oteplování - pojem změna klimatu je prý správnější. Na stránkách Oddělení změny klimatu ČHMÚ, kapitola 11.1 [4], je vysvětlen rozdíl mezi změnou klimatu a globálním oteplováním takto: *Změna klimatu znamená obecný posun v jeho charakteru, včetně posunu v teplotách, srážkách, větru a dalších parametrů; míra tohoto posunu se může měnit region od regiónu. Globální oteplování (stejně jako ochlazování) se vztahuje pouze k jakékoliv změně průměrné přízemní teploty a je pouze jedním z projevů změny klimatu v planetárním měřítku. Často je pojem globální oteplování chybně vnímán tak, že k oteplování dochází na celé planetě homogenně. Ve skutečnosti však nárůst průměrné globální teploty planety vyvolává změny v globální cirkulaci, což způsobuje, že různé části planety se ohřívají různě; v některých oblastem může dojít i k ochlazení.* [4]



Obrázek 1: Změna klimatu zahrnuje posun v dlouhodobých průměrech sledovaných charakteristik atmosféry (teploty, srážek, větru atd.)

Ve studiích, jež se zabývají proměnami ekosystémů vlivem posunu klimatických pásů (např. Planting the forest of the future [5]) je správné používat pojem *změna klimatu*, jelikož pro ekosystémy jsou kromě teploty významné i srážky a další parametry. Studie tohoto typu navíc nemusí řešit příčiny změny klimatu, proto se v nich pojem globální oteplování obvykle vůbec nevyskytuje. Pojem *globální oteplování* není chybný, ale naopak velice dobře vyjadřuje, co vyjadřovat má. Při zvýšení koncentrace skleníkových plynů zemská atmosféra lépe tepelně izoluje a důsledkem je růst průměrné teploty zemského povrchu - globální oteplování. Proto ve studiích zabývajících se příčinami změny klimatu je i nadále správné používání pojmu globální oteplování. Příkladem může být studie „Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario“ (J. Hansen, PNAS 2000) [6], v jejímž abstraktu se píše: „...toto snížení skleníkových plynů jiných než CO_2 by mohlo vést ke zpomalení globálního oteplování a snížení rizika dramatické změny klimatu.“ Současná globální změna klimatu je tedy důsledkem globálního oteplování, ne naopak. Nelze obecně říct, že pojem změna klimatu je „správnější“ než globální oteplování. Oba pojmy mají ve vědě své místo a nelze je zaměňovat, protože jejich význam je odlišný. Pojem „změna klimatu“ se vyskytoval ve vědecké literatuře dříve než „globální oteplování“, jak dokládá graf na obr. 2. Graf také dobře ilustruje rychlý rozvoj vědeckého výzkumu dané problematiky v posledním desetiletí.



Obrázek 2: Četnost výskytu pojmů „změna klimatu“ a „globální oteplování“ ve vědeckých článcích od roku 1940 po současnost podle databáze Google Scholar (na základě [7]).

V geologické minulostí Země došlo mnohokrát k *náhlé změně klimatu* (abrupt climate change) a následnému rozvratu ekosystémů [8]. I současné antropogenní oteplování může způsobit vychýlení klimatického systému z metastabilního stavu, čímž se vyvolá série procesů, jež mají charakter pozitivní (zesilující) zpětné vazby. Po překročení prahové hodnoty globální teploty bude další oteplování nezastavitelné, a systém zahájí přechod z „teplého“ do „horkého“ stavu. Výsledkem by byla náhlá změna klimatu, která by způsobila rozvrat ekosystémů a masové vymírání druhů. K bodu zvratu již může klimatický systém dojít vlastní setrvačností, jak dokládá např. studie „On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead“. (V. Ramanathan, PNAS 2008) [9]. V posledních letech se proto stále častěji objevuje termín *rozvrat klimatu* (climate disruption), který velice dobře vystihuje situaci. Slovo „rozvrat“ se velice často objevuje ve vědeckých článcích zabývajících se dopadem změny klimatu na ekosystémy, korálové útesy apod. Slovní spojení rozvrat klimatu je ve vědeckém tisku méně časté (např. [10]), ale je možné, že v budoucnu ho bude častěji používat vědecká komunita i veřejnost. Pokud jde o dopady změny klimatu na společnost v politických, ekonomických, humanitárních a jiných souvislostech, často používaným slovním spojením je *klimatická krize* (climate crisis).

Navrhujeme uspořádat výše diskutované pojmy na základě jejich kauzálního vztahu následovně:

Obrázek 3: Schéma znázorňující kauzální vztah procesů, jež jsou označovány pojmy zavedenými ve vědě i ve společnosti.

Podle studie amerických psychologů z roku 2011 jsou pojmy *globální oteplování* a *změna klimatu* americkou veřejností vnímány s různou naléhavostí [11]. V provedeném výzkumu byly respondentům položeny totožné otázky, lišící se pouze použitými pojmy *global warming* nebo *climate change*. Bylo zjištěno, že volba pojmů má vliv na odpovědi respondentů. Ve výzkumech postojů lidí k dané problematice je proto velice důležité správně volit terminologii, aby ke zkreslení výsledků nedocházelo. V rámci této disertační práce byl proveden výzkum znalostí českých učitelů o klimatickém systému. Použité testové otázky byly vybrány a přeloženy z amerického výzkumu Yalské univerzity „Americans' Knowledge of Climate Change" [12]. V původním testu se vyskytují pojmy *global warming* i *climate change*, které pro potřeby výzkumu v českém prostředí byly důsledně doslovně překládány jako *globální oteplování* a *změna klimatu*. Ne vždy lze však zaručit, aby různojazyčné verze testových otázek vyvolávaly u respondentů stejné asociace. Jedno nevhodně přeložené slovo v testové otázce může ovlivnit výsledek výzkumu a znemožnit tak porovnání výsledků výzkumů v různých zemích.

Podle britského výzkumu z roku 2009 si lidé *globální oteplování* častěji asociují s [13]:

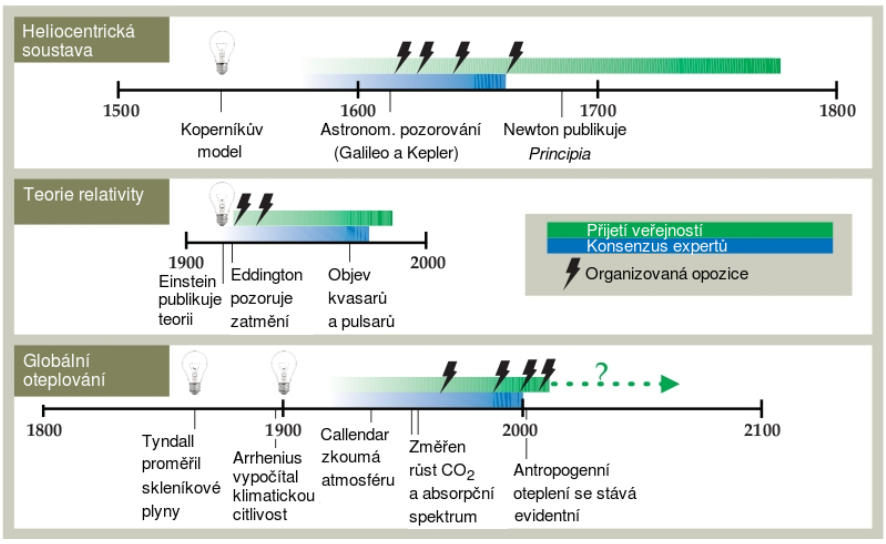
- dopady souvisejícími s horkem - především růst teploty, tání ker a ledovců
- lidskými vlivy včetně znečištění - CO_2 a jiné skleníkové plyny, freony, spotřeba fosilních paliv, výfukové plyny, nadměrné využívání nebo zneužívání zemských zdrojů
- zeslabení ozonové vrstvy a zvýšené pronikání UV záření atmosférou
- zadržení tepla nebo plynů atmosférou a „skleníkový efekt"

Pojem *změna klimatu* si Britové obvykle spojují s:

- nejrůznějšími dopady klimatu a počasí, včetně letních veder, vlhčí zimy, intenzivnější
- srážkami a suchy, dopady na zemědělství / zdroje potravin
- dopady, které již jsou pozorovány
- přirozenými vlivy

3 Stav vědeckého poznání

V historii vědy najdeme mnoho příkladů, kdy nová teorie byla po dlouhou dobu odmítána odborníky a ještě déle laickou veřejností [14]. Příkladem může být Koperníkova heliocentrická soustava, Einsteinova teorie relativity, Darwinova teorie o původu druhů, Wegenerova teorie kontinentálního driftu atd. Historie teorie antropogenního globálního oteplování sahá do 1. poloviny 19. století. V roce 1824 Joseph Fourier formuloval hypotézu, že zemská atmosféra obsahuje plyny absorbující IR záření (skleníkový jev). V roce 1859 John Tyndall laboratorně proměřil účinnost skleníkových plynů. Vědci si již tehdy uvědomovali, že spalováním uhlí lidé zvyšují atmosférickou koncentraci CO_2. Přelomovou práci publikoval Svante Arrhenius v roce 1896, kde vyčíslil, o kolik se zvýší teplota zemského povrchu při zdvojnásobení koncentrace CO_2 v atmosféře. Arrhenius se však na základě tehdejší rychlosti spalování uhlí ve světě domníval, že zdvojnásobení CO_2 by trvalo asi 3000 let [15].

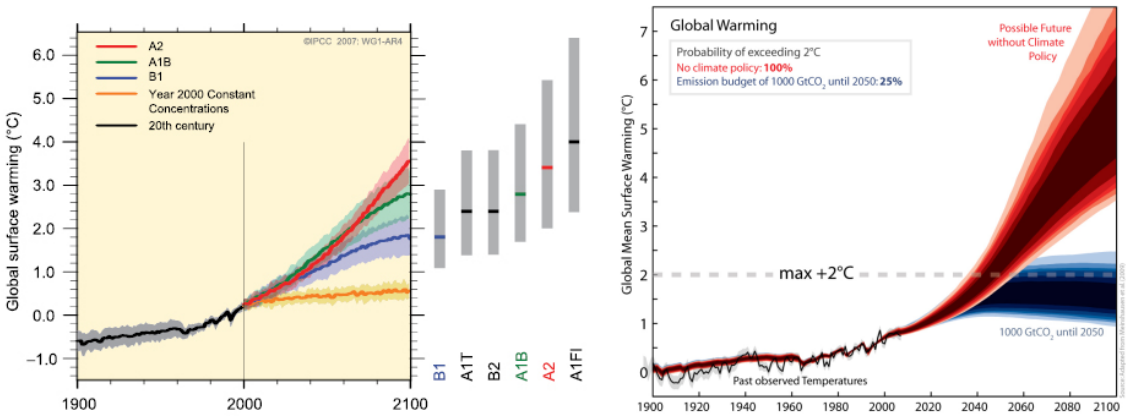


Obrázek 4: Časové osy znázorňující přijetí teorií odborníky a veřejností, podle [14]

Téma globálního oteplování není vůbec nové a vědci před jeho dopady aktivně varují veřejnost již nejméně půl století. Příkladem mohou být osvětové materiály k Mezinárodnímu geofyzikálnímu roku 1957-1958. Materiály obsahují mimo jiné vysvětlení skleníkového jevu a předpověď velkého tání ledu v polárních oblastech na přelomu 20. a 21. století. Na internetu je dnes k tomuto programu dostupná brožura: „Planet Earth: Mystery With 100,000 Clues“ [16] a film s animacemi skleníkového jevu „The Inconstant Air“ [17]. Přestože výzkum změny klimatu za půl století značně pokročil, tyto vzdělávací materiály jsou překvapivě stále aktuální. Kdybychom dnes připravovali 30 minutový vzdělávací dokument o atmosféře a skleníkovém jevu, na scénáři filmu „The Inconstant Air“ bychom nemuseli téměř nic měnit. Sekvence 12 snímků z filmu a jeho stručný scénář je v příloze (obr. 70).

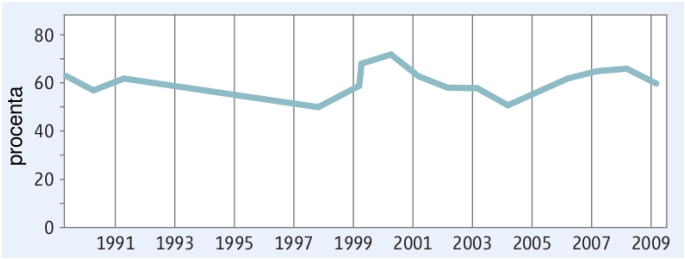
V současnosti je teorie antropogenního globálního oteplování a změny klimatu široce akceptována vědeckou obcí. Naomi Oreskes provedla rešerši 928 abstraktů článků v odborném tisku za období 1993-2003 obsahujících klíčová slova „změna klimatu“. Zjistila, že 75 % článků explicitně nebo implicitně akceptuje antropogenní změnu klimatu, 25 % z nich nezaujímá k antropogenní změně klimatu žádné stanovisko (protože řeší metody, paleoklima apod.). Ani jediný článek z 928 antropogenní příčiny probíhající změny klimatu nezpochybnil. Tyto výsledky byly publikovány v článku „The Scientific Consensus on Climate Change“ roku 2004 v Science [18] a dávají dobrou představu o tom, co vlastně znamená tvrzení, že o příčinách změny klimatu je v současnosti *vědecký konsenzus*. V souladu s prognózami pozorujeme růst globální teploty a zvýšenou extremitu počasí [19]. Přesto veřejnost stále váhá, a teorii antropogenního oteplování považuje za kontroverzní. Autorita vědců zapojených ve výzkumu změny klimatu je opakovaně zpochybňována v médiích [20]. Je nutné najít lepší způsoby, jak mají vědci komunikovat závěry svých výzkumů s médii a veřejností [21, 22]. Vzdělávání o příčinách a dopadech změny klimatu je problematické vzhledem k mnoha miskoncepcím žáků i dospělých a vzhledem ke složitosti a komplexnosti vědy o klimatu [23].

Výzkum změny klimatu se zakládá na pozemních a satelitních měřeních, rekonstrukci paleoklimatu a modelování na superpočítačích. Vědci se pokoušejí modelovat vývoj klimatu v 21. století i vzdálenější budoucnosti. Ve zprávě IPCC z roku 2007 [24] byly publikovány scénáře vývoje klimatu v závislosti na vývoji světové ekonomiky a energetiky. Tyto scénáře jsou v grafu na obr. 5 (vlevo) reprezentovány jediným parametrem - růstem globální teploty. Modely prezentované ve zprávě IPCC se zakládají především na fyzice atmosféry. Nezahrnují významné pozitivní zpětné vazby biosféry (např. zánik amazonského pralesa) a kryosféry (zhroucení velkého ledovce), protože načasování těchto vazeb je obtížné modelovat. Víme, že k nim dříve či později dojde a budou mít silný oteplující efekt, ale neumíme říct kdy. Při pohledu na graf IPCC by se mohlo zdát, že emise skleníkových plynů můžeme začít snižovat kdykoliv v 21. století a oteplování se okamžitě zpomalí. Klimatický systém ale takto jednoduše nefunguje. Realitu lépe vystihuje např. pozdější studie publikovaná v Nature roku 2009 (obr. 5) [25]. Při zohlednění nespojitých procesů v systému jsou možné v podstatě jen dva scénáře: buď zůstane globální teplota pod kritickou hodnotou, nebo se nastartuje proces oteplování, na které lidé již nebudou mít zásadní vliv. Klimatický systém má velkou setrvačnost [66], takže pokud bychom ze dne na den přestali vypouštět skleníkové plyny, přesto se bude oteplovat ještě několik desetiletí [9]. Ani v případě okamžitého radikálního omezení emisí není jisté, zda se globální teplota nepřehoupne přes prahovou hodnotu. Problematika modelování klimatu (včetně náhlé změny klimatu při překročení prahových podmínek) je diskutována v 8. kapitole zprávy IPCC z roku 2007 [24].



Obrázek 5: Grafy globální teploty: **1. podle IPCC** z roku 2007 [24] (žlutá, modrá, zelená a červená křivka - různé emisní scénáře, označení B1, A1T atd. - označení emisních scénářů, šedé pruhy vedle grafu značí rozmezí teplot v rámci nejistot), **2. Meinshausenova práce** publikovaná v Nature o dva roky později [25] (modrá - teplota pro emise omezené pod kritickou mez, červená - teplota bez omezování emisí skleníkových plynů.

V posledním desetiletí jsme byli svědky zrychleného tání arktického ledu a mnoha bezprecedentních extrémů počasí. Na základě pozorování těchto jevů jsou vědci znepokojeni, že jejich modely dobře nepopisují realitu a jsou příliš optimistické. Situaci dobře komentoval H. Schellnhuber v článku „Global warming: Stop worrying, start panicking?“ publikovaném v PNAS roku 2008 [26]. Přestože pokroky vědy o klimatu přinášejí stále více důvodů ke znepokojení [27], výzkumy veřejného mínění v USA ukazují, že veřejnost zvýšené obavy s vědci nesdílí (obr. 6). Naopak čím dál víc Američanů považuje varování vědců před globálním oteplováním za přehnané [28, 29]. Výzkumy ukazují, že větší obavy ze změny klimatu než Američané mají obyvatelé Evropy [30]. Výzkum Eurobarometer v roce 2011 dokonce odhalil, že Evropané považují změnu klimatu za větší problém než ekonomickou krizi [31].



Obrázek 6: Odpovědi Američanů na otázku „Jak moc se obáváte globálního oteplování?“ (How much do you worry about global warming?). Procenta v grafu vyjadřují souhrn odpovědí „Hodně se obávám.“ a „Trochu se obávám.“ (Great deal / Fair amount) [28].

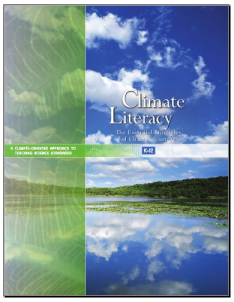
4 Stav vzdělávání o klimatu ve světě a v ČR

4.1 Koncept klimatické gramotnosti

Gramotnost si obvykle spojujeme se schopností člověka číst, psát a počítat. UNESCO definuje gramotnost jako „schopnost rozpoznat, pochopit, interpretovat, vytvářet, komunikovat, počítat a pracovat s tištěnými a psanými materiály v nejrůznějším kontextu. Gramotnost zahrnuje schopnost člověka učit se dosahovat svých cílů, rozvíjet své znalosti a potenciál a začleňovat se plně do komunity a širší společnosti.“ [32]

Aby člověk v dnešní společnosti obstál se základními znalostmi čtení, psaní a počítání nevystačí. Proto vznikají koncepty dalších specializovaných gramotností, vymezující požadavky na znalosti a dovednosti člověka v různých souvislostech. Mezi dobře teoreticky zpracované a dlouhodobě používané typy gramotností patří např. přírodovědná, sociální a environmentální gramotnost. Díky k rychlému rozvoji vědy o klimatu, mnoha zásadním objevům a pozorovaným projevům změny klimatu vznikl požadavek na vzdělávání populace o této problematice. Mezi stavem vědeckého poznání a povědomím veřejnosti vznikla propast, kterou je nutné překlenout. Tak vznikl v posledním desetiletí koncept klimatické gramotnosti.

V roce 2007 organizace NOAA uspořádala v americkém Boulderu třídenní seminář „Climate & Weather Literacy“ se zástupci odborné vědecké komunity a pedagogické komunity [33]. Výstupem z tohoto workshopu byl pokus o formulování definice klimatické gramotnosti a základních principů vzdělávání o klimatické vědě. Také byly vymezeny základní informace o klimatu, které by měl znát absolvent střední školy.



Obrázek 7: Titulní strana dokumentu „Climate Literacy: The Essential Principles of Climate Sciences, A Climate Oriented Approach to Teaching Science Standards“ z roku 2008 [33]

Definice: „Klimatická gramotnost je porozumění klimatickým vlivům na člověka a společnost a vlivu člověka na klima.“ [33]

Klimaticky gramotný člověk:

- *Rozumí základním principům* všech aspektů zemského klimatického systému ovlivňujících stav klimatu.
- *Umí shromažďovat informace* o klimatu a počasí, a rozpozná důvěryhodnost zdroje informací k danému tématu.
- *Komunikuje* o klimatu a klimatické změně smysluplným způsobem.
- *Dělá vědecky podložená a zodpovědná rozhodnutí* v situacích souvisejících s klimatem.

Tato disertační práce se zabývá primárně prvním bodem, tedy předáváním informací o fungování klimatickém systému směrem k žákům. Je to vhodné téma pro přírodovědné didaktiky včetně didaktiky fyziky, která má by měla zaštiťovat relativně nový obor *fyzika klimatu*. Druhý bod se týká mediální gramotnosti a souvisí nejen s přírodními vědami; na základních školách má být realizován prostřednictvím průřezovým tématem *mediální výchova*. Třetí bod - schopnost komunikovat patří mezi klíčové kompetence vymezené Rámcovým vzdělávacím programem [34]. Čtvrtý bod je nad rámec této práce, přesto je velice důležitý. Dobře informovaný člověk ještě nemusí adekvátně a zodpovědně jednat. Navíc se ukazuje, že environmentálně gramotní lidé často cestují a emitují proto více skleníkových plynů než ostatní občané [35]. Je to paradox obecnějšího charakteru, který zasluhuje hlubší pedagogicko-psychologický výzkum.

Témata vzdělávání ke klimatické gramotnosti:

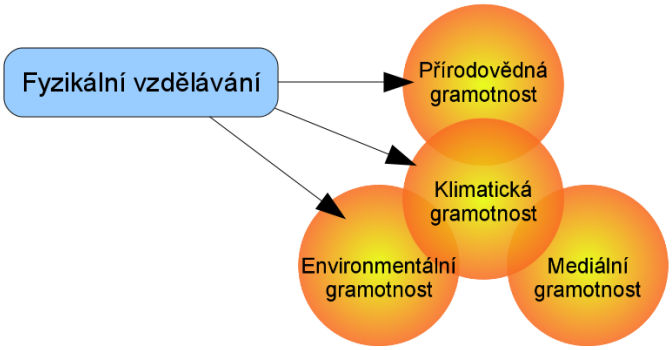
1. Slunce je hlavním zdrojem energie pro klimatický systém Země.
2. Klima je regulováno komplexními interakcemi mezi složkami zemského systému.
3. Život na Zemi závisí na klimatu, je jím formován a má vliv na klima.
4. Podnebí se mění v průběhu času a prostoru prostřednictvím přírodních i antropogenních procesů.
5. Naše porozumění klimatickému systému se zlepšuje prostřednictvím pozorování, teoretických studií a modelování.
6. Lidská činnost ovlivňuje klimatický systém.
7. Změna klimatu bude mít důsledky pro zemský systém a životy lidí.

Dupney-Giroux v článku z roku 2010 vymezuje 6 oblastí, které je třeba na cestě ke klimaticky gramotné společnosti řešit na úrovni formálního, neformálního i celoživotního vzdělávání [36]:

1. jazyk vědy o klimatu
2. role miskoncepcí
3. kurikulum
4. význam stylů učení
5. vzdělavatelé
6. role životní zkušenosti

Klimaticky gramotný člověk by měl rozumět základním principům klimatického systému. Přírodovědně gramotný člověk má zase dobré porozumění jevům a procesům z různých přírodovědných oblastí. Například přírodovědě gramotný člověk rozumí teplotní roztažnosti vody, ale klimaticky gramotný člověk ví i to, že se tento jev uplatňuje při zvyšování hladin oceánů. **Ke klimatické gramotnosti může fyzikální vzdělávání přispívat tím, že konkrétní témata probíraná v rámci vyučovacího předmětu fyzika bude dávat do souvislosti s klimatickým systémem**. Stejně je možné postupovat i v chemii, přírodopisu a zeměpisu. Souvislostí s klimatickým systémem si ale v první řadě musí být vědomi sami učitelé. **Aby bylo možné ve školách o klimatu vzdělávat žáky, klimaticky gramotní musí být v první řadě učitelé přírodovědných předmětů.**

Klimatická gramotnost souvisí s dalšími dříve zavedenými koncepty gramotnosti, především s přírodovědnou, environmentální a mediální gramotností [37]. Fyzikální vzdělávání by mělo přispívat k rozvoji přírodovědné, environmentální a klimatické gramotnosti (obr. 8). Disertační práce „Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole“ se zabývá průnikem přírodovědné a klimatické gramotnosti z pozice fyzikálního vzdělávání.



Obrázek 8: Diagram znázorňující vztah fyzikálního vzdělávání a souvisejících typů gramotností [37]

Z výzkumů v sociálních vědách bylo zjištěno, že: [35]

- environmentálně vstřícné chování není nutně podmíněno dobrými znalostmi o klimatickém systému, ani kladným postojem k životnímu prostředí,
- dobré znalosti o klimatickém systému nemají jednoznačný vliv na způsob chování lidí.

To nejsou příliš povzbudivá zjištění. Je taky sporné, nakolik uvědomělé chování jednotlivců k životnímu prostředí může přispět ke snižování emisí CO_2, jestliže jsou fosilní paliva masivně dotovaná a v současnosti se ve světě rychle rozvíjí těžba ropných písků a břidlicového plynu. Pro účinnou reakci společnosti na antropogenní globální oteplování je třeba udělat odvážná politická rozhodnutí v oblasti energetiky a ekonomiky. V demokracii však politické rozhodování vyžaduje podporu široké veřejnosti [38]. Proto je nutné zajistit jistou míru klimatické gramotnosti pro vedoucí představitele a veřejnost, včetně novinářů a učitelů.

4.2 Miskoncepce

Pojmy prekoncepce a miskoncepce mají v oboru pedagogiky a psychologie význačné postavení, jejich vymezení však dosud není ustálené. Mandíková a Trna [39] vymezují pojem prekoncepce následovně: „**Prekoncepce** jsou představy a interpretace objektů a jevů, které si člověk vytváří od raného dětství na základě bezprostředního vnímání a pozorování okolního světa, na základě manipulace s objekty tvořícími tento svět a na základě intuitivního zobecňování svých zkušeností.“ **Miskoncepce** jsou pak chybné prekoncepce, tzn. jsou v rozporu s vědeckými poznatky.

4.2.1 Dětské miskoncepce o počasí

Český překlad výčtu miskoncepcí o *koloběhu vody*, *fázových změnách vody* a *srážkách a oblačnosti* byl převzat z diplomové práce Andrey Šťastné (vedoucí DP: T. Miléř) [40].

Miskoncepce o koloběhu vody

1. Během tání ledu se atomy vody zvětšují. (Tato miskoncepce bývá často spojena se záměnou makroskopických vlastnosti do mikrosvěta.)
2. Koloběh vody zahrnuje tání a „zmrazení“ vody. (Žáci chápou pojmy mráz a var před pochopením kondenzace a odpařováním.)
3. Voda se do koloběhu dostává pouze odpařováním z jezer a moří. (V učebnicích bývá koloběh vody znázorněn pomocí diagramu, na kterém je odpařování vody znázorněno šipkou z velké vodní plochy.)

Miskoncepce o fázových změnách vody

1. Když se vaří voda, tak vznikají bubliny, které jsou ze vzduchu. (Děti vědí, že se voda skládá z vodíku a kyslíku, což jsou plyny. Uvnitř bublin není nic vidět a při kontaktu s okolním vzduchem zmizí, musí to být vzduchové bubliny.)
2. Bílá látka unikající z vařící vody je kouř.
3. Když pára není vidět, je to vzduch.
4. Pára je horký vzduch.

Miskoncepce o srážkách a oblačnosti

1. Dešťové kapky vypadají jako slzy. (Důvodem je umělecká reprezentace dešťové kapky jako slzy např. meteorologické mapy, ilustrace knih).
2. Déšť padá z nebe, když se mraky začnou vypařovat.

3. Déšť přichází z díry v oblacích. (Jako sůl padá ze solničky.)
4. Déšť nastane, když se mraky srazí.
5. Déšť nastane, když je mrak příliš těžký.
6. Mraky jsou houby, které obsahují vodu. (Důvodem je demonstrace pomocí varné konvice.)
7. Mraky se pohybují, když se pohybujeme my. Jdeme a mraky se pohybují s námi.
8. Mraky předpovídají déšť.
9. Blesk nikdy nezasáhne dvakrát stejné místo.
10. Hrom nastane, když se srazí dva mraky.

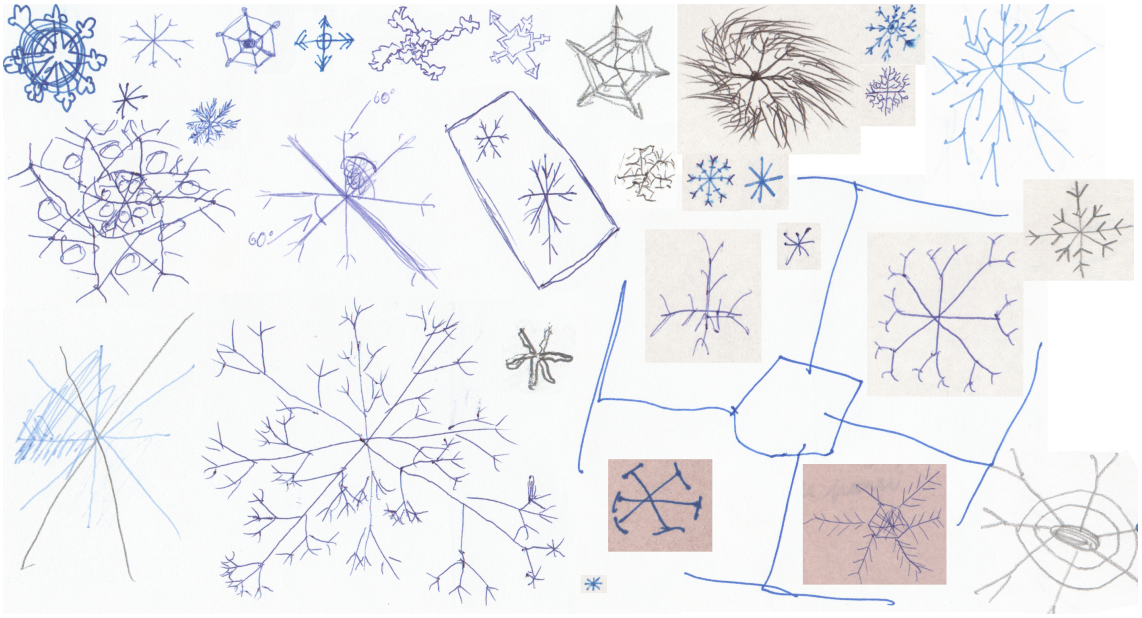
Tvar sněhové vločky

V rámci výzkumu miskoncepcí o počasí u žáků ZŠ Brno, Křídlovická 30b dostali žáci 7. a 8. ročníku za úkol nakreslit sněhovou vločku (obr. 9). Podařilo se identifikovat miskoncepci, která dosud nebyla (pokud je autorovi známo) v žádné literatuře popsána. Z 32 kreseb vloček jen 6 (19 %) mělo šesterečnou strukturu, což je základní symetrie vloček v přírodě. Nejvíce kreseb vloček mělo 8 ramen - celkem 19 vloček (59 %). Takový tvar vločky se v přírodě prakticky vůbec nevyskytuje. Tvar vloček je dán specifickými podmínkami (teplotou a vlhkostí) při jejich vzniku. Naprostá většina vloček má tvar pravidelného šestiúhelníku, který je z hlediska geometrie uspořádání molekul vody energeticky nejvýhodnější.

Vznik a tvar sněhové vločky je vhodné téma pro integrovanou výuku fyziky, chemie a matematiky na druhém stupni ZŠ. Učit lze např. následující jevy:

- *fyzika*: změna skupenství (desublimace), krystalizace, kondenzační jádro, povrchové napětí, rozptyl světla (Proč je sníh bílý?)
- *chemie*: molekula vody, vodíková vazba
- *matematika*: úhly, osová souměrnost, symetrie (šesterečná, resp. hexagonální)

Již na prvním stupni lze se žáky v hodině výtvarné výchovy vyrábět sněhové vločky z papíru, třeba v rámci přípravy vánoční výzdoby školy. Žáci mohou při vystřihování z přeloženého papíru improvizovat nebo obkreslí tvar podle šablony. Složitější šablony jsou k dispozici ke stažení na <http://www.papersnowflakes.com>. Efektní jsou i 3D papírové vločky: <http://www.wikihow.com/Make-a-3D-Paper-Snowflake>. Hravou formou se tak žáci již na prvním stupni mohou učit napodobovat přírodu. Jsou-li vhodné meteorologické podmínky, mohou žáci pozorovat skutečné vločky čerstvého sněhu, případně jejich tvar překreslovat na papír.



Obrázek 9: Koláž 32 sněhových vloček, jež nakreslili žáci 7. a 8. třídy ZŠ.

4.2.2 Miskoncepce o klimatu

Mezi miskoncepce o klimatu bývají často řazeny miskoncepce o globálním oteplování a změně klimatu, které zde prezentujeme odděleně. Mezi nezrozšířenější miskoncepce o klimatu patří následující dvě?

Příčiny ročních období

Děti i dospělí ve světě i u nás mají problém s chápáním příčiny střídání ročních období. Často si představují, že v létě je tepleji proto, že je Země Slunci blíž [39]. Pravou příčinou je však sklon zemské osy: v létě je severní polokoule přikloněná k Slunci, sluneční paprsky dopadají na její povrch pod menším úhlem a den je delší.

Nerozlišování počasí a klimatu

Této problematice se podrobně věnuje aktivita pro 9. ročník „Vztah počasí a klimatu“ v poslední kapitole disertační práce, proto se jí zde nebudeme zabývat.

4.2.3 Miskoncepce o globálním oteplování a změně klimatu

Žáci i dospělí mají o problematice globálního oteplování a změně klimatu určité představy (koncepce), které mohou ale nemusí být správné. Koncepcemi amerických studentů o této problematice se zabývala studie D. Sheppardsona z roku 2011 [41]. Autoři shrnují výsledky 15 mezinárodních studií z let 1993 až 2008 a prezentují výsledky vlastního výzkumu na 51 středních školách. Výstupem studie jsou i doporučení pro vylepšení stávajícího kurikula.

Za miskoncepce můžeme považovat námitky popíračů změny klimatu, které se mohou laikovi jevit jako vědecké, ve skutečnosti jsou však s vědou v rozporu. Níže uvádíme souhrn 37 nejběžnějších argumentů popíračů. Ne všechny zde uvedené formulace lze přímo označit za miskoncepce. Např. „Lidský vliv není tak významný, aby ovlivnil světové klima." je dobře formulovaná miskoncepce. Věta „Vodní pára je nejsilnější skleníkový plyn." je ale pravdivá. Miskoncepcí je však závěr, který z tohoto výroku někteří lidé dělají. Jiné argumenty jsou formulované jako legitimní otázky, které často vedou k chybným závěrům, jež jsou miskoncepcemi. Seznam je převzat ze stránek <`http://www.skepticalscience.com/translation.php?lang=1`> bez úprav. Vědecká vysvětlení těchto argumentů jsou velice dobře sepsána v češtině na uvedených stránkách (včetně odkazů na původní vědecké články), není proto třeba je zde diskutovat.

Argumenty popíračů antropogenní změny klimatu:

1. Co nám historické změny klimatu říkají o globálním oteplování?
2. Sluneční aktivita a klima: Je globální oteplování způsobeno Sluncem?
3. Mohou se živočichové a rostliny přizpůsobit globálnímu oteplování?
4. Přibývá v Antarktidě led nebo se ztrácí?
5. Jak citlivé je naše klima?
6. Míříme do nové doby ledové?
7. Jaká je spojitost mezi hurikány a globálním oteplováním?
8. Ledovce rostou nebo ustupují?
9. Mohou být kosmické paprsky příčinou globálního oteplování?
10. Je Středověká teplá perioda srovnatelná se současnými globálními teplotami?
11. Tání ledu je přirozený cyklus.
12. Vodní pára je nejsilnější skleníkový plyn.
13. Počet ledních medvědů roste.
14. Ekonomické dopady zpoplatnění emisí uhlíku.

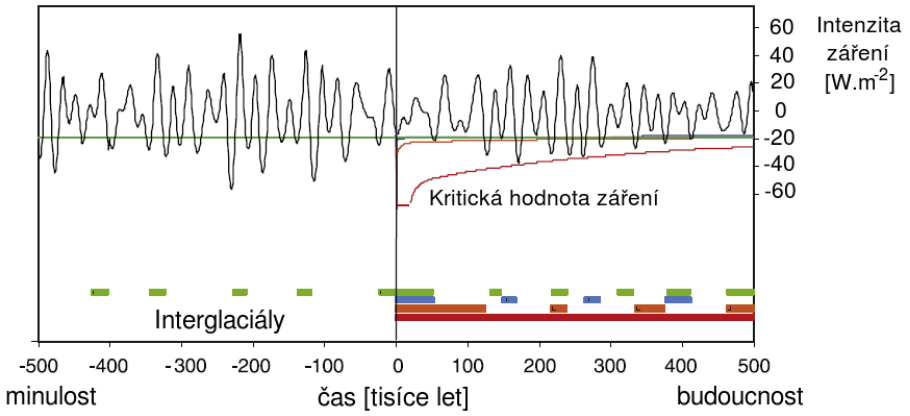
15. Jsou vysoké hladiny CO_2 v minulosti v rozporu s tvrzením, že CO_2 má oteplující vliv?
16. Globální ochlazování v roce 2007 – skončilo globální oteplování?
17. Globální oteplování a El Niño – Jižní oscilace.
18. Himalájské ledovce: Jak IPCC pochybil a co říká věda.
19. Byl skleníkový efekt vyvrácen?
20. Je věda jednotná?
21. Produkují sopky více CO_2 než lidé?
22. Grónský ledový příkrov se nemůže zhroutit.
23. Je efekt CO_2 nasycený?
24. 500 vědců vyvrací konsenzus.
25. Lidský vliv není tak významný, aby ovlivnil světové klima.
26. Mohlo by „globální vyjasňování“ vést ke globálnímu oteplování?
27. Je to střídání klimatických režimů.
28. Jde o ozonovou vrstvu.
29. Mohou obnovitelné zdroje zabezpečit elektřinu pro „základní zatížení“?
30. Oteplení bylo způsobeno poklesem sopečné aktivity.
31. Emise CO_2 neodpovídají jeho koncentracím v ovzduší.
32. Probíhá v posledních desetiletích ochlazování či oteplování Slunce?
33. Jaká je role stratosférické vodní páry v globálním oteplování?
34. Jde o freony.
35. Je dlouhodobý trend nárůstu CO_2 způsoben oteplováním oceánů?
36. Jde o mikrovlnné přenosy způsobené satelity.
37. Během průmyslové revoluce nedošlo k oteplení.

Rozbor desítek miskoncepcí o změně klimatu by vydal na samostatnou publikaci. Za všechny zde uvedeme alespoň jednu velice rozšířenou miskoncepci:

Miskoncepce: Jsme na prahu nové doby ledové.

Někteří čeští vědci opakovaně v médiích vyjadřují svůj názor, že Země by se měla v příštích desetiletích, stoletích nebo tisíciletích začít ochlazovat [1]. Takové názory jsou v rozporu se stavem vědeckého poznání resp. stavem klimatického systému. Sami propagátoři této vize své názory v impaktovaném vědeckém tisku nepublikují, ale šíří je prostřednictvím internetu, televize, časopisů a vlastních knih. Není proto divu, má-li česká veřejnost pocit, že se vědci neshodnou ani na tom, zda se bude oteplovat nebo ochlazovat. Ve vědeckém tisku se však tahle kontroverze nevyskytuje.

Argumentace pro ochlazování často vychází z pravidelnosti střídání dřívějších glaciálů a interglaciálů. Interglaciály obvykle trvají asi 10 000 let, z čehož někteří čeští vědci (např. geologové) usuzují, že i ten současný interglaciál už by měl „brzy“ skončit. K nastartování zaledňování ovšem musí existovat lepší důvod, než že už tu glaciál dlouho nebyl. V současnosti, blízké ani vzdálené budoucnosti ale žádné důvody pro zaledňování nelze očekávat. Jednak proto, že trajektorie Země je v současnosti velice blízká kružnici (mechanismus spouštění zaledňování je proto „vypnutý“), a především kvůli lidmi pozměněnému složení atmosféry. Mechanismus spouštění zaledňování níže stručně vysvětlíme s použitím článku D. Archera „A movable trigger: Fossil fuel CO_2 and the onset of the next glaciation“ z roku 2005 [42].



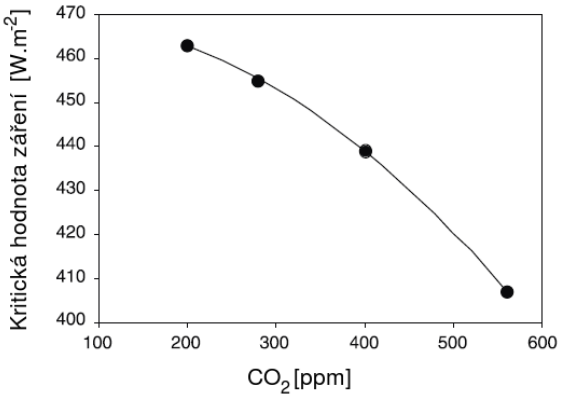
Obrázek 10: Graf intenzity slunečního záření v červnu na 65° s.š. (nahoře) a intervaly interglaciálů při různých koncentracích CO_2 (dole), podle [42]

Podmínky pro zaledňování jsou dány především kombinací astronomických parametrů (Milankovičovy cykly) a obsahu skleníkových plynů v atmosféře. Variace červnové intenzity slunečního záření dopadající na 65° severní šířky velice dobře korelují se začátky a konci dřívějších glaciálů. Odchylky od střední hodnoty intenzity záření jsou na

[1] Např. Jiří Svoboda: *Globální ochlazení nastoupí do několika let*. Ekolist, 2011, <http://goo.gl/dnREx>

obr. 10 vyznačeny černou křivkou (nahoře), dřívější i budoucí interglaciály za přirozených podmínek (bez lidského vlivu) jsou vyznačeny zeleným pruhem. Pokud by koncentrace CO_2 zůstala na předprůmyslové úrovni 280 ppm, mělo by se pozvolna ochlazovat ještě několik tisíc let. Hodnota letní intenzity by se pak přiblížila kritické hodnotě pro zaledňování. Podle některých modelů by se zaledňování nastartovalo, podle jiných nikoli. Tyto modely se liší nastavením hodnot, nikoliv principiálně. Podle Archerova modelu by za koncentrace CO_2 280 ppm hodnota intenzity záření musela klesnout pod 455 $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$. Zaledňování by nás tentokrát minulo a další příležitost by nastala až za 50 000 let (zelený pruh v grafu napravo od nuly).

Současná koncentrace CO_2 je však 393 ppm (květen 2012) a roste více než o 2 ppm za rok. Na obr. 11 je graf znázorňující kritickou intenzitu slunečního záření v závislosti na atmosférickém CO_2. Pro iniciaci zaledňování by tedy červnová hodnota záření na 65° s.š. musela klesnout pod 440 $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$.



Obrázek 11: Graf znázorňující kritickou hodnotu slunečního záření v červnu na 65° s.š. v závislosti na atmosférické koncentraci CO_2. Při záření pod kritickou hodnotou se spouští zaledňování, podle [42]

Archerův model dále ukazuje, že pokud lidstvo spalováním fosilních paliv vypustí do atmosféry více než 300 Gt uhlíku (což už se stalo), k zalednění v příštích 50 000 letech nedojde (modrý pruh). Pokud vypustíme více než 1000 Gt, zalednění se vyhneme nejméně dalších 130 000 let (oranžový pruh). V případě, že lidstvo spálí všechna dostupná fosilní paliva, zalednění nemůže nastat nejméně příštích 500 000 let (červený pruh)! Za současného složení atmosféry a světových emisí skleníkových plynů jsou tedy obavy z ochlazování nebo dokonce blízkého zaledňování naprosto liché.

4.3 Cíle vzdělávání

Obecně lze říci, že vzdělávání by mělo připravit člověka tak, aby obstál na úrovni osobních vztahů, v komunitě a ve společnosti. Vývoj společnosti vždy navazuje na kulturní dědictví a tradice. Vzdělávání dalších generací je prostředkem k uchování tohoto dědictví. Vzdělávání také transformuje a zprostředkovává aktuální stav vědeckého poznání.

V této kapitole shrnujeme, jak různí autoři vymezili *obecné cíle vzdělávání*, *cíle přírodovědného vzdělávání* a *cíle fyzikálního vzdělávání*. Uvádíme zde vybrané příklady soustav cílů, v literatuře lze však nalézt rozdělení cílů i podle jiných kritérií. Problematika klimatické gramotnosti je pro odbornou pedagogickou komunitu poměrně nové téma a *cíle vzdělávání o změně klimatu* dosud nebyly systematicky zpracovány. Uvádíme zde alespoň příklady deklarovaných cílů konkrétních programů NOAA, NASA, NSF zaměřených na podporu vzdělávání o změně klimatu a výsledky semináře BOSE věnovaným roli médií. Vždy jde o kombinací výchovně vzdělávacích cílů a cílů ve vztahu k potřebám společnosti.

1. Obecné cíle vzdělávání

Obecné cíle vzdělávání můžeme rozdělit podle různých kritérií - např. institucionální a výchovně vzdělávací cíle.

Institucionální cíle vzdělávání: (na základě [45])

1. Cíle v rámci školy (ve vztahu k jiným učebním předmětům)
2. Cíle v rámci vzdělávacího systému (ve vztahu k přípravě pro praktická povolání)
3. Cíle v rámci společnosti (ve vztahu k přípravě pro život)

S reformou školství a novou školskou legislativou v ČR nastal posun ve výchovně vzdělávacích cílech od striktního vzdělávacího obsahu ke kompetencím žáků a šířeji vymezeným oblastem vzdělávání. Rámcový vzdělávací program pro ZV [34] vymezuje 6 klíčových kompetencí, ke kterým by mělo základní základní vzdělávání směřovat:

1. kompetence k učení;
2. kompetence k řešení problémů;
3. kompetence komunikativní;
4. kompetence sociální a personální;
5. kompetence občanské;
6. kompetence pracovní.

Podle Kolářové (2006) [47] „**Při výuce fyziky** se rozvíjejí všechny klíčové komtepence podle RVP, ale zejména **kompetence žáků k učení, k řešení problémů a kompetence pracovní**. Při vhodné volbě metod, např. při skupinové a projektové formě výuky, se rozvíjejí i **kompetence komunikativní, sociální a personální i občanské**“

2. Cíle přírodovědného vzdělávání: [48]

1. Identifikace a správné užívání pojmu
2. Kvalitativní popis objektů, systémů a jevů a jejich klasifikace
3. Vysvětlení jevů
4. Předvídání jevů a určování kauzálních souvislostí
5. Pozorování, experimentování měření a odhady
6. Kvantitativní popis
7. Aplikace přírodovědných poznatků

3. Cíle fyzikálního vzdělávání

Lepil (1980) navrhl **soustavu cílů fyzikálního vzdělávání ve všeobecně vzdělávací škole** [45]. Níže uvádíme základní strukturu této soustavy, která je v původní Lepilově práci rozepsána detailněji.

1. Poznávací (informativní) cíle
   (a) Vytvořit soustavu fyzikálních vědomostí
   (b) Vytvořit základy polytechnického vzdělání
   (c) Rozvíjet vztahy fyziky k jiným učebním předmětům
   (d) Seznámit se se základy metodologie vědeckého poznávání
2. Činnostní (operační) cíle
   (a) Vytvořit dovednosti získávat informace pozorováním fyzikálních dějů
   (b) Vytvořit dovednosti získávat informace experimentální činností
   (c) Vytvořit návyky nutné pro pozorování, experimentální činnosti a zpracování informací o fyzikálních dějích
   (d) Vytvořit dovednosti zpracovávat informace racionálními operacemi
   (e) Rozvíjet dovednosti samostatně získávat vědomosti z mimoškolních pramenů

3. Emocionálně volní (hodnotové) cíle

   (a) Vytvořit vztah jednotlivce ke skutečnosti
   (b) Vytvořit vztah jednotlivce ke společnosti
   (c) Vytvořit vztah k práci a materiální výrobě
   (d) Rozvinout individuální složky osobnosti žáka

4. Cíle vzdělávání o vědě o klimatu

Dvě úrovně - všeobecné vzdělávání populace - příprava pro vědeckých pracovníků (rozšířené kurikulum pro gymnázia a nadané žáky)

Příklady cílů grantových programů NOAA, NASA a NSF

NOAA

NOAA iniciovala vznik dokumentu vymezující definici a základní principy klimatické gramotnosti [33], které již byly v předchozích kapitolách této disertační práci uvedeny a diskutovány. Tyto principy lze považovat za cíle vzdělávání z hlediska obsahu - co by měl klimaticky gramotný občan znát a umět. V dokumentu „Education Strategic Plan 2009-2029“ [49] NOAA deklaruje své úsilí podporovat vzdělávání k environmentální gramotnosti populace, zvláště v problematice změny klimatu. NOAA má v současnosti dva grantové programy související se vzděláváním o změně klimatu: 1. Environmental Literacy Grants (ELG) a 2. Bay Watershed Education and Training (B-WET) program.

NASA

V roce 2008 NASA zahájila program **NASA Innovations in Climate Education (NICE)** [50]. Cílem programu je zlepšení kvality národního vzdělávání STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), zlepšení klimatické gramotnosti studentů a učitelů zlepšit jejich porozumění globálním změnám v zemském systému od tříd základní školy po celoživotní vzdělávání. Byly poskytnuty granty na 71 projektů organizacím po celých Spojených státech. Forma vzdělávání má být inovativní a zábavná cílovou skupinou jsou studenti i veřejnost.

V roce 2008 NASA vypsala grant pro **Global Climate Change Education (GCCE)**, který byl poskytnut v letech 2008, 2009 a 2010. **Grant byl vypsán ve třech kategoriích dle vymezeného cíle**:

1. Zlepšit u středoškolských učitelů kompetence pro vzdělávání o globální změně klimatu.

2. Posílit výuku a vzdělávání o globální změně klimatu v rámci systému formálního vzdělávání.

3. Poskytnout vysokoškolským studentům a učitelům možnost aktivně se zapojit do výzkumu změny klimatu.

Specifické cíle GCCE jsou:

1. Zlepšit výuku a vzdělávání o globální změně klimatu v základních a středních školách, univerzitách a prostřednictvím celoživotního vzdělávání.
2. Zvýšit počet studentů (zvláště VŠ a SŠ), kteří využívají data NASA z průzkumu Země a modely Zemského systému ke zkoumání a analýzám problémů změny klimatu.
3. Zvýšení počtu vysokoškoláků připravených pro zaměstnání a/nebo postgraduální studium v technických oborech souvisejících se změnou klimatu.

NSF

V letošním roce (2012) National Science Foundation (NSF) vypsala grant pro The Climate Change Education Partnership (CCEP), který má následující dva cíle [51]:

1. Připravit novou generaci klimatických vědců, inženýrů, techniků schopných inovativního a kreativního přístupu k porozumění globální změně klimatu a zmírňování jejích dopadů.
2. Pomoci dnešním americkým občanům porozumět globální změně klimatu a jejím dopadům, aby byli schopni informovaného chování založeného na faktech a nalézat vhodná řešení.

BOSE: Climate Change Education Goals and Objectives Workshop

V roce 2010 uspořádal The Board on Science Education (BOSE) v New Yorku seminář s názvem „Climate Change Education Goals and Objectives Workshop“ [52] zaměřený na cíle vzdělávání veřejnosti o klimatu prostřednictvím mainstreamových médií. Závěry semináře lze shrnout následovně: Média by měla prezentovat krátké příběhy spíše než hodinové vzdělávací pořady, které mají malou sledovanost. Pochopení, že člověk je příčinou globální změny klimatu, je důležitým faktorem pro zaujetí diváka/posluchače/čtenáře danou problematikou. Primárním cílem médií ve snaze o klimatické vzdělávání by mělo být pochopení široké veřejnosti vztahu mezi spalováním fosilních paliv, skleníkovým plynem CO_2 a dopady klimatických změn.

Na konci kapitoly můžeme shrnout, že ***cíle vzdělávání o klimatu jsou ve shodě s dříve vymezenými obecnými cíli vzdělávání, cíli přírodovědného vzdělávání i specifickými cíli fyzikálního vzdělávání****. Podle Mandíkové (1993) je jedním z důležitých úkolů výuky fyziky na základní škole* ***pomoc žákům lépe se orientovat ve světě, který je obklopuje*** *[53] a jako příklad uvádí Newtonovy zákony. Každý žák však denně pociťuje i projevy počasí a výuka fyziky by měla přispět k tomu, že těmto projevům bude žák rozumět, bude umět vysvětlit rozdíl mezi počasím a klimatem, bude chápat, proč se klima mění, co může v budoucnu očekávat a jak se na to má připravit. Hlubší začlenění tématu meteorologie a klimatu do výuky navíc zesílí propojení*

školy s běžným životem žáků. Fyzikální přístup vzdělávání o dané problematice může ***podpořit rozvoj kompetencí žáků k učení, k řešení problémů a kompetencí pracovních****. Taky může u žáků nastartovat proces systematického celoživotního učení založeného na vědeckých postupech. Oproti běžné výuce fyziky je přidanou hodnotou požadavek na dlouhodobost a systematičnost meteorologických měření a výzkumu klimatu ve školních podmínkách (např. formou projektů nebo laboratorních prací). Téma je velice vhodné i pro rozvíjení kompetence komunikativní, sociální a personální i občanské, protože má velké přesahy do sociální sféry. Pro společnost má význam usilovat o realizaci formálního vzdělávání o klimatu za účelem vzdělávání populace o možnostech* ***mitigace*** *(zmírňování) změny klimatu a pro úspěšnou* ***adaptaci*** *na rychle se měnící životní podmínky. Také je třeba připravovat další generace vědeckých pracovníků, kteří budou pokračovat v započatém výzkumu.*

4.4 Vzdělávání o změně klimatu

4.4.1 UNFCCC - Rámcová úmluva OSN o změně klimatu

Rámcová úmluva OSN o změně klimatu z roku 1992 všem signatářům stanovuje dle **článku 6. Výchova, vzdělávání a osvěta**: [54]

Při uskutečňování svých závazků podle čl. 4 odst. 1 písm i) smluvní strany:

1. budou podporovat a usnadňovat na vnitrostátní a případně subregionální a regionální úrovni, a v souladu s vnitrostátními právními předpisy a v rámci svých schopností:

   (a) budou rozvíjet a realizovat vzdělávacích a osvětových programů pro veřejnost v oblasti změny klimatu a jejích dopadů,

   (b) umožní přístup veřejnosti k informacím o změně klimatu a jejích dopadů,

   (c) umožní účast veřejnosti při řešení změny klimatu a jejích dopadů a při vyvíjení odpovídajících protiopatření,

   (d) zajistí výchovu vědeckého, technického a řídícího personálu.

2. budou spolupracovat při podpoře na mezinárodní úrovni a kde je to vhodné, s využitím stávajících subjektů:

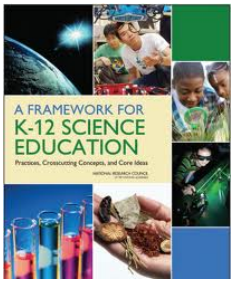
   (a) vývoj a sdílení ve vzdělávacích materiálů pro zvyšování povědomí veřejnosti o změně klimatu a jejích účinků, a

   (b) **rozvoj a realizace vzdělávacích a školících programů**, včetně posilování státních institucí, a výměny nebo poskytování pracovníků pro školení expertů v této oblasti, zejména pro rozvojové země.

4.4.2 USA

Národní kurikulum přírodovědného vzdělávání (National Science Education Standards)

V USA byl připraven a v červnu r. 2011 zveřejněn nový rámcový program přírodovědného vzdělávání „A Framework for K-12 Science Education“, který přináší inovované kurikulum pro úroveň základní a střední školy. Dokument vypracoval National Research Council (NRC). Jednotlivé americké státy mají svobodu individuálně se rozhodnout, zda nový standard budou akceptovat. [55]



Obrázek 12: Titulní strana dokumentu „A Framework for K-12 Science Education“ z roku 2011 [55].

Americký rámcový program přírodovědného vzdělávání „A Framework for K-12 Science Education“ explicitně obsahuje požadavek na vzdělávání o změně klimatu v kapitole 7 - Vědy o Zemi a vesmíru. Konkrétní výstupy (co má žák znát) jsou shrnuty v sekci ESS3.D - Globální změna klimatu. Překlad z [55].

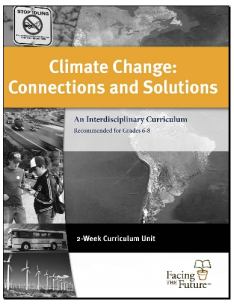
Koncem 5. ročníku
Jestliže se globální teplota Země bude nadále zvyšovat, životy lidí a dalších organismů budou ovlivněny mnoha různými způsoby.

Koncem 8. ročníku
Lidské činnosti, jako je uvolňování skleníkových plynů při spalování fosilních paliv, jsou hlavními faktory v současném růstu průměrné teploty zemského povrchu (globální oteplování). Snížení zranitelnosti člověka vlivem nejrůznějších následků klimatické změny závisí na porozumění člověka vědě o klimatu, jeho technických dovednostech a dalších znalostech (jako např. pochopení lidského chován) a na rozumném uplatňování těchto znalostí při rozhodování a jednání.

Koncem 12. ročníku
Globální klimatické modely jsou často používány k pochopení procesu klimatických změn, protože tyto změny jsou komplexní a mohou probíhat pozvolna z pohledu historie Země. Ačkoliv dopady lidských činností jsou dnes větší, než kdy byly, stejně tak jsou větší schopnosti lidí modelovat, předvídat a čelit současným a budoucím dopadům. Prostřednictvím počítačových simulací a jiných studií, vznikají důležité objevy o tom, jak oceán, atmosféra a biosféra interagují a mění se v důsledku na lidských činností, a jak reagují na změny lidské činnosti. Proto věda a technika bude mít zásadní význam pro pochopení možných dopadů globální změny klimatu a na informovaná rozhodnutí o tom, jak zmírnit rychlost změny klimatu a její následky pro lidstvo i pro zbytek planety.

Vzdělávací materiály Facing the Future

Nezisková organizace Facing the Future v Seattle vydala roku 2007 publikaci „Climate Change: Connections and Solutions, An Interdisciplinary Curriculum, Recommended for Grades 6-8“ [56]. Jde o vzdělávací materiály pro 2-týdenní integrovanou výuku tématu změny klimatu na „middle school“, což je typ školy odpovídající našemu 2. stupni základní školy. Publikace má 127 stran a obsahuje 9 lekcí, 5 studijních textů a testy (vstupní, po 1. týdnu, po 2. týdnu a souhrnný).



Obrázek 13: Titulní strana dokumentu „Climate Change: Connections and Solutions, An Interdisciplinary Curriculum“ z roku 2007 [56]

Lekce

1. *Spojitost s uhlíkem* - Žáci hrají role v modelu koloběhu uhlíku. Žáci demonstrují skleníkový jev a jeho roli v globální změně klimatu.
2. *Trendy oxidu uhličitého* - Podle tabulky s daty za posledních 45 let žáci zpracují graf atmosférické koncentrace CO_2 , aby zjistili trend. Na základě grafu předpoví budoucí koncentrace. Aktivita končí diskusí o způsobech omezení emisí CO_2.

3. *Dopady změny klimatu pro živé organismy* - V malých skupinách se žáci učí o možných dopadech změny klimatu na živé organismy v různých ekosystémech. Žáci pak své závěry prezentují zbytku třídy.

4. *Moje uhlíková stopa* - Žáci dávají dohromady informace o svých každodenních životech a počítají svou uhlíkovou stopu pomocí aplikace na internetu. Porovnají své výsledky s průměrnou uhlíkovou stopou v jiných zemích světa. Žáci také objevují způsoby snížení jejich uhlíkové stopy.

5. *Využívání energie* - V malých skupinách žáci čtou o různých zdrojích energie pro produkci elektřiny. Žáci u zdrojů energie porovnávají pro a proti, určitý zdroj obhajují nebo vystupují proti jeho využití.

6. *Spojování se změnou klimatu* - Ve dvojicích žáci čtou o dopadech změny klimatu na životy lidí v různých oblastech na Zemi. Ve třídě žáci diskutují jak tyto dopady změny klimatu souvisejí.

7. *Kolik uhlík stojí?* - Žáci začnou hrou, aby zjistili omezení environmentálních regulací. Porovnají 2 možnosti regulace emisí CO_2 a potom hrají hru na zjištění nejefektivnějšího způsobu snižování emisí.

8. *Nakupování hřeje* - Žáci zjišťují, jak jsou rozděleny zdroje a jak jsou využívány různě bohatými lidmi. Důraz je kladen na environmentální a sociální dopady využívání zdrojů.

9. *Energetické politiky pro skvělou/chladnou budoucnost* - Žáci porovnají spotřebu energie a emise CO_2 na osobu v rozvojových a rozvinutých zemích. Diskutují a navrhnou směřování politiky ve vztahu k využívání zdrojů energie a změně klimatu pro mezinárodní jednání o změně klimatu.

Studijní texty

1. *Co je klima a jak se mění*

2. *Jaká je tvá uhlíková stopa?*

3. *Šetři energii*

4. *Klimatická spravedlnost*

5. *Co se tam děje?* (politika, průmysl, lokální iniciativy)

Vzdělávací materiály „Climate Change: Connections and Solutions“ jsou kvalitně připravené a prezentované aktivity byly ověřovány ve školách. Tématicky je výuka orientována hlavně na společenské souvislosti. Přírodovědným otázkám změny klimatu jsou věnovány první tři lekce.

Snahy o popírání vědy o klimatu v americkém školství

Conference of State Legislatures (NCSL)

Ředitelka National Conference of State Legislatures (NCSL) Eugenie Scott v rozhovoru pro New Scientist uvedla, že ve Spojených státech je často učitelům bráněno ve vzdělávání o klimatických změnách, podobně jako ve vzdělávání o evoluci [57]. Stává se, že jakmile učitel začne mluvit o změně klimatu, nějaký žák odejde ze třídy nebo si na něj následně stěžují rodiče. V několika amerických státech došlo k pokusu o prosazení legislativní změny, jejíž cílem byla povinnost učit i opačné strany „kontroverzních" témat (klimatu a evoluce). Američtí učitelé a vedení škol si často nejsou vědomi silného vědeckého konsensu v těchto tématech. Americká ústava zakazuje propagovat náboženství ve státních školách. Pokud někdo chce učit o kreacionismu pro vyvážení tématu evoluce, může být žalován. Tento nástroj však nelze použít v případě popírání vědy o klimatu, protože žádný zákon nezakazuje ve školách prezentovat vědecky nepodložené názory. Důvody pro popírání evoluce jsou náboženské, pro popírání vědy o klimatu jsou důvody ekonomické a politické.

National Center for Science Education (NCSE)

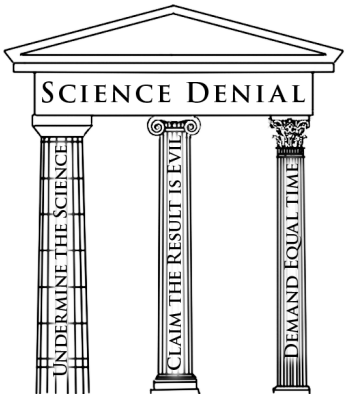
Organizace National Center for Science education (NCSE) monitoruje případy, kdy popírání změny klimatu narušilo vzdělávání, a nabízí poradenství všem, kteří se nátlakem bránícím klimatickému vzdělávání setkají. Podle NCSE se útoky proti vzdělávání o změně klimatu často odehrávají [44]:

- na úrovni jednotlivých tříd s učiteli dobrovolně popírajícími změny klimatu se nebo kteří podlehli nátlakům popíračů klimatických změn ve společnosti,
- na úrovni okresu, ve kterém se škola nachází, s účelovou politikou bránící vzdělávání o změně klimatu,
- na úrovni státní správy s právními předpisy nebo státními vzdělávacími standardy speciálně určenými nebo zneužívanými k podrývání vzdělávání o změně klimatu,
- v neformálním vzdělávání v muzeích, zoologických zahradách a parcích, které podlehly nátlaku popíračů klimatických změn ve společnosti nebo se obávají nátlaku ze strany politiků.

NCSE na svých stránkách uvádí, že v roce 2010 Jižní Dakota přijala rezoluci, ve které byly zastoupeny všechny tři pilíře popírání klimatických změn: [58]

1. Rezoluce označuje změnu klimatu za „vědeckou teorii spíše než ověřenou skutečnost" a uvádí údajné důkazy proti globálnímu oteplování.
2. Rezoluce tvrdí, že vědecký konsenzus o změně klimatu je důsledkem „politických a filozofických postojů, které komplikují a ovlivňují vědecké zkoumání fenoménu globálního oteplování".

3. Rezoluce požaduje „vyváženou výuku o globálním oteplování ve státních školách v Jižní Dakotě“.



Obrázek 14: Pilíře popírání klimatické vědy: 1. Věda o změně klimatu je špatná, 2. Přijetí změny klimatu je radikální ideologií a vede k nežádoucím sociálním důsledkům 3. Je poctivé připustit vědecký spor změně klimatu, převzato z [58].

Podobné strategie byly uplatňovány v kampani popírající škodlivost kouření a dodnes jsou požívány různými zájmovými skupinami v USA v kampani proti evoluci. Problematikou financování kampaně proti vědě o klimatu a strategiemi jejího popírání se zabývá např. komentář v Nature 2011 „The sceptic meets his match“ od J. Tollefsona [43].

4.4.3 Evropa

Evropská unie doporučuje zavádět vzdělávání o změně klimatu v rámci vzdělávání pro trvale udržitelný rozvoj (TUR). V dokumentu „Závěry Rady o úloze vzdělávání a odborné přípravy při provádění strategie Evropa 2020“ z roku 2011 je vzdělávání pro TUR vymezeno následovně: [59]

RADA EVROPSKÉ UNIE UZNÁVÁ, ŽE:

1. Evropská unie čelí na počátku 21. století značnému množství vzájemně propojených výzev, jež zahrnují ekonomické a sociální dopady světové finanční a hospodářské krize, **změnu klimatu**, úbytek vodních a energetických zdrojů, zmenšující se biologickou rozmanitost, ohrožení v oblasti zabezpečení potravin a zdravotní rizika;

2. v neustále se měnícím světě by všichni evropští občané měli být vybaveni znalostmi, dovednostmi a postoji potřebnými k tomu, aby chápali výzvy a složitosti moderního života a dokázali se s nimi vypořádat a aby zároveň brali náležitě v úvahu environmentální, sociální, kulturní a hospodářské důsledky a přijímali globální odpovědnost.

RADA EVROPSKÉ UNIE VYZÝVÁ PROTO ČLENSKÉ STÁTY, ABY:

- na příslušné úrovni odpovědnosti – místní, regionální či celostátní – přijaly vhodná opatření s cílem zajistit, že vzdělávání pro udržitelný rozvoj bude dále rozvíjeno a začleňováno do systému vzdělávání a odborné přípravy na všech úrovních, do neformálního a informálního učení stejně jako do učení formálního.

4.4.4 Česká republika

Počasí a klima ve školské legislativě

V koncepčním dokumentu **Národní program rozvoje vzdělávání v ČR (Bílá kniha), 2001** [61] se pojem *klima* vyskytuje jen ve smyslu *klima školy*, pojem *podnebí* se v něm nevyskytuje vůbec. Bílá kniha explicitně požadavek na vzdělávání o změně klimatu nestanovuje. Deklaruje však vzdělávání pro udržitelný rozvoj, kam změna klimatu také patří: „Objeví se dále řada nových témat – jako jsou např. témata evropské integrace, multikulturní výchovy, *environmentální výchovy* (tj. výchovy k tvorbě a ochraně životního prostředí a pro *trvale udržitelný rozvoj*) a výchovy ke zdravému životnímu stylu.“

V rámcových vzdělávacích programech pro základní školy a gymnázia se téma počasí, klimatu a změny klimatu vyskytuje následovně:

RVP ZV (2007) [34]

- Člověk a jeho svět (1. stupeň) ⇒ Rozmanitost přírody ⇒ Učivo ⇒ Životní podmínky ⇒ **počasí a podnebí**
- Člověk a příroda ⇒ Přírodopis ⇒ Neživá příroda ⇒ Očekávané výstupy ⇒ Žák uvede na základě pozorování význam vlivu **podnebí a počasí** na udržení života na Zemi
- Člověk a příroda ⇒ Přírodopis ⇒ Neživá příroda ⇒ Učivo ⇒ **Podnebí a počasí ve vztahu k životu**
- Environmentální výchova ⇒ Základní podmínky života ⇒ ovzduší (význam pro život na Zemi, ohrožování ovzduší a **klimatické změny**, propojenost světa, čistota ovzduší u nás)
- Přírodopis ⇒ Základy ekologie ⇒ Učivo ⇒ Ochrana přírody a životního prostředí **- globální problémy a jejich řešení**
- Člověk a příroda ⇒ Fyzika ⇒ Energie ⇒ Očekávané výstupy ⇒ Žák zhodnotí výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí
- Člověk a příroda ⇒ Fyzika ⇒ Energie ⇒ Učivo ⇒ obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie
- Slovo se základem *meteo* se nevyskytuje.

RVP G (2007) [60]

Environmentální výchova

- Jaké jsou příčiny rychlého růstu lidské populace a jaký vliv má tento růst na životní prostředí
- Jaké jsou prognózy globálního rozvoje světa na podkladě současného environmentálního jednání lidstva
- Jaké jsou nástroje a možnosti řešení globálních ekologických problémů (např. legislativní, dobrovolné/občanské, institucionální, technologické) a jaké jsou možnosti zapojení jednotlivce do jejich řešení

„V době, kdy jsme svědky rychlého zhoršování stavu globálních životodárných systémů z hlediska podmínek trvale udržitelného rozvoje, stala se environmentální výchova důležitým tématem. **Problémy, jež z větší části zapříčinil člověk** (úbytek stratosférického ozónu, znečištění životního prostředí, **nastupující změna klimatu**, vyčerpání přírodních zdrojů, destrukce přírodních ekosystémů, rychle rostoucí lidská populace, vznik nových epidemií a onemocnění), vyžadují k řešení a prevenci „environmentálně“ vzdělaného občana.“

Člověk a příroda ⇒ Geografie
- objasní mechanismy globální cirkulace atmosféry a její důsledky pro vytváření klimatických pásů

Pojmy podnebí a počasí se nevyskytují, klima jen v jiných významech.

V České republice je téma globální změny klimatu zmíněno v Rámcových vzdělávacích programech pro základní školu a pro gymnázia a je součástí průřezového tématu environmentální výchovy. Přístup k výuce klimatických změn je v ČR nesystémový. Téma lze učit i v rámci stávajících předmětů, konkrétní fragmenty vědy o klimatu lze nalézt v kurikulu i učebnicích především přírodovědných předmětů. Bohužel žák sám není schopen zvládnout syntézu jednotlivých poznatků, aby si utvořil ucelený obraz klimatického systému Země. Také na knižním trhu zcela chybí kvalitní učebnice o globálním oteplování a změně klimatu. Zatím jedinou cestou ke komplexnějšímu vzdělávání o zemském systému je mezinárodní Program GLOBE, ve kterém je v současnosti zapojeno 112 zemí světa a 142 českých škol.

Program GLOBE

V roce 1995 byl zahájen mezinárodní projekt GLOBE (The Global Learning and Observations to Benefit the Environment) zaměřený na sledování životního prostředí na místní i globální úrovni, kterého se účastní 111 zemí světa. Deklarovaným cílem Programu GLOBE je **podpořit přírodovědné vzdělávání a zlepšit environmentální gramotnost**. Od samého počátku na programu aktivně participuje Sdružení TEREZA <http://www.terezanet.cz>, které je koordinátorem Programu GLOBE pro Českou republiku. Sdružení TEREZA spolupracuje s NASA na vývoji metodik pro učitele, provádí školení učitelů, organizuje každoroční soutěž škol GLOBE Games <http://www.globegames.cz>, poskytuje školám metodickou podporu, případně zajišťuje základní vybavení pro práci žáků v terénu.

V Programu GLOBE žáci základních a středních škol provádějí praktická měření v oblasti meteorologie, hydrologie, biometrie, fenologie, pedologie a dálkového průzkumu Země. Nově zapojené školy obvykle pracují v oboru meteorologie a hydrologie, protože na tato témata bývá zaměřen vstupní seminář. Naměřená data ze školních meteorologických stanic, data získaná měřením vlastností vody v řece apod. odesílají žáci prostřednictvím internetu do databáze v USA. Data jsou všem přístupná na stránkách <http://classic.globe.gov> a jsou sdílena a využívána žáky ke zpracování vlastních odborných prací. Sdružení TEREZA každým rokem vypisuje ústřední téma (např. fenologie, meteorologie, výzkum klimatu), na svých stránkách zveřejňuje instrukce pro učitele a pracovním listy, a práci jednotlivých škol koordinuje.

V roce 2009 proběhla v českých školách **evaluace Programu GLOBE**. Učitelé rozdali žákům standardizované vědomostní testy, na jejichž vypracování měli žáci celou vyučovací hodinu. Pro výzkum byly stanoveny následující čtyři hypotézy: [62]

- H1: Výstupy žáků v oblasti znalostí a dovedností pozitivně korelují s mírou jejich zapojení do programu.
- H2: Žáci ze škol, které se kromě meteorologie zabývají také hydrologií, mají lepší výsledky v dovednostech než žáci ze škol, které se zabývají pouze meteorologií.
- H3: Žáci, kteří se účastní GLOBE Games, mají lepší výsledky ve znalostech i dovednostech než žáci ze škol, které realizují program, ale kteří se GLOBE Games neúčastní.
- H4: Nejméně 90 % žáků zapojených do programu GLOBE alespoň jednou prezentovalo výsledky své práce v GLOBE.

Žádná ze stanovených hypotéz se nepotvrdila. Na základě zjištění byla dána doporučení pro zvýšení efektivnosti realizace programu.

Program GLOBE je v ČR jediný program s akreditací MŠMT, který se soustavně a systematicky věnuje **vzdělávání o fungování zemského systému formou praktických měření a pozorování žáků**. Poučeni z evaluace se organizátoři v současnosti ještě více zaměřují na rozvoj schopností žáků **vědecky pracovat**.

AMO - „Jak učit o změně klimatu?“

Asociace pro mezinárodní otázky (AMO) v roce 2011 provedla průzkum stavu výuky o změně klimatu na čtyřletých gymnáziích. Projekt byl podpořen Ministerstvem životního prostředí. Závěry průzkumu jsou následující: [63]

- Klimatické změny jsou probírány paralelně v několika předmětech. Téma si proto vyžaduje interdisciplinární přístup a ucelený učební materiál, který umožní jeho komplexní pochopení.
- Učitelé považují látku za důležitou, ale zároveň velmi komplikovanou a časově náročnou na přípravu.
- Více než tři čtvrtiny učitelů považují současné učebnice za nedostatečné. Vytýkají jim zastaralost a uvítali by nové, ucelené zpracování tématu. V učebnicích postrádají praktické ukázky ze světa i z ČR, doplňující grafy a data pro lepší názornost a samostatná cvičení.
- 87 % respondentů si samo vyhledává doplňkové materiály. Mnoho z nich postrádá dostatek komplexních informací v českém jazyce.
- Naprostá většina pedagogů přednáší o klimatických cyklech, vlivech člověka na klima a scénářích dopadů klimatických změn na svět. Více jak polovina se také věnuje mezinárodním jednáním. Méně než polovina respondentů vysvětluje veřejnou debatu o problematice a její názorové póly.
- Studenti se o problematiku aktivně zajímají, což klade zvýšený tlak na učitele a vyžaduje větší propracovanost hodin.

V návaznosti na provedený průzkum a diskusi s odborníky a zástupci různých názorových proudů AMO zveřejnila v roce 2012 publikaci „Jak učit o změně klimatu?“. Dokument má 102 stran a obsahuje studijní texty, „pro oživení“ doplňující informace v rámečcích: *Případové studie* (konkrétní příklady) a *K zamyšlení* (kontroverzní témata). V závěru každé kapitoly je několik kontrolních otázek a doporučené zdroje informací. Každá kapitola obsahuje také několik modelových aktivit.

Názvy kapitol, podkapitol a školních aktivit

1. Země a změna klimatu
   (a) Obecné informace
   (b) Změna klimatu jako environmentální problém
   - Vědecký kvíz
   - Spočítejte si vlastní uhlíkovou stopu
   - Klimatické asociace

- Jak se změní oblíbené turistické destinace?

2. Změna klimatu a politika

   (a) Mezinárodní systém jednání
   (b) Emise a jejich snižování

   - Porovnejte uhlíkové stopy států
   - Energetičtí lobbisté
   - Společné a rozdílné zájmy

3. Změna klimatu a Česká republika

   (a) Česká republika a dopady změny klimatu
   (b) Česká republika jako producent emisí
   (c) Politika ochrany klimatu
   (d) Veřejná diskuze o změně klimatu

   - Naše město a ochrana klimatu
   - Průzkum názorů ve vaší třídě
   - Změna klimatu a veřejné mínění v ČR a v Evropě
   - Co říkají klimatičtí skeptikové?

Hlavní slabinou materiálu „Jak učit o změně klimatu?“ je přehnaná snaha o vyvážené sdělení „hlavních sporných bodů vědecké i politické debaty“. V textu se tak objevují vědecky nepodložené názory (např. nesouhlas s tím, „že koncentrace CO_2 vyšší než 280 ppm je způsobena především člověkem“. V doporučených odkazech jsou stránky <http://klimaskeptik.cz> s komentářem „nejpřehlednější stránky věnované klimatickému skepticismu v ČR“. To je stejný prohřešek, jako bychom v materiálu „Jak učit o evoluci?“ učitele odkazovali na stránky <http://www.creationism.org> coby „nejpřehlednější stránky věnované kreacionismu“ nebo jako bychom učitelům zeměpisu doporučovali stránky <http://theflatearthsociety.org>, aby čerpali informace z „nejpřehlednějších stránek o teorii ploché Země“. Metodické materiály pro učitele by vždy měly odrážet stav vědeckého poznání, což o „Jak učit o změně klimatu?“ bohužel říct nelze. Dokument je spíše ukázkou toho, jak o změně klimatu neučit.

4.5 Ochrana člověka za mimořádných událostí

S klimatickými změnami jsou spojeny stále častější a intenzivnější extrémy počasí, na které bude nutné se adaptovat (vlny veder, záplavy, vítr, tornáda...). Na významu proto získává výuka ochrany člověka za mimořádných událostí. Žáci na základních školách by se měli seznamovat s pravidly, jimiž by se člověk v ohrožení měl řídit. Tato problematika je v současnosti řešena Generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru a MŠMT. Výuka ochrany člověka za mimořádných událostí je postupně zaváděna na základní školy a pedagogické fakulty, vznikají také příslušné výukové materiály [64].

V Rámcovém vzdělávacím programu pro základní školu je problematika ochrany člověka za mimořádných událostí předepsána ve dvou oblastech:

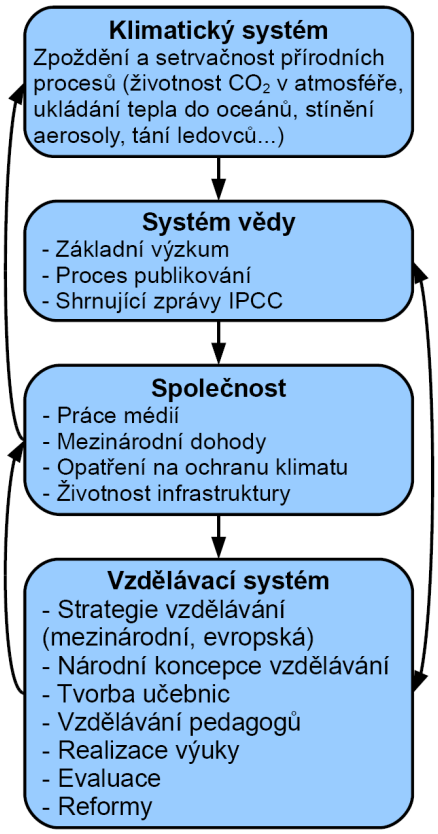
- Člověk a příroda ⇒ Zeměpis ⇒ **Ochrana člověka při ohrožení zdraví a života – živelní pohromy; opatření, chování a jednání při nebezpečí živelních pohrom v modelových situacích**
- Člověk a zdraví ⇒ Výchova ke zdraví ⇒ **Ochrana člověka za mimořádných událostí - živelní pohromy, terorismus**

Problematiku živelních pohrom a ochrany člověka je žádoucí začlenit i do výuky předmětu fyzika.

- Ochrana před bleskem - elektrický proud a napětí, vedení el. proudu v plynech, krokové napětí, náboj v mracích, vyprošťování, Faradayova klec, výpočet vzdálenosti bouřkového mraku z časového intervalu mezi bleskem a hromem
- Vlny veder - měření teploty, efekt tepelného ostrova, albedo, výpar, index horka (kombinace teploty a vlhkosti vzduchu; při vysoké teplotě a vlhkosti se člověk méně chladí vypařováním potu)
- Chlad - vznik omrzlin (tvorba krystalů ledu v tkáni)
- Povodně - měření srážek, objem vody, průtok, rychlost toku, kulminace, vznik bleskových povodní (intenzita srážek, suchá půda hůř vsakuje)
- Vítr - měření rychlosti větru, Beaufortova stupnice, pocitová teplota (kombinace větru a chladu)
- Tornádo - měření rychlosti postupu a rotace, savé víry, tlak (resp. podtlak), tornádo nabírá na síle s výškou - nutno ukrýt se co nejníže
- Hurikán (tropický cyklón) - podmínky vzniku hurikánu, ničivé účinky (vítr a záplavy), slábnutí hurikánu nad pevninou (chybí zdroj energie, brzdí se třením), směr postupu (stáčení vlivem Corriolisovy síly)

4.6 Problematika reflexe vědy o klimatu ve vzdělávacím systému

Zavádění nových témat do výuky je vždy složité a mezi vědeckým objevem jeho reflexí ve vzdělávacím systému vzniká velká **časová prodleva**. V mnoha případech není toto zpoždění velkým problémem, v případě změny klimatu je však situace odlišná. Pokud totiž společnost nezareaguje na problém včas, může dojít k nevratným změnám v zemském systému se závažnými důsledky pro civilizaci a život na Zemi vůbec. Společnost musí na vzniklou situaci reagovat i osvětou a vzděláváním populace pro mitigaci (zmírňování) změny klimatu a adaptaci občanů na její dopady. Pro případ procesu zavádění výuky o poznatcích vědy o klimatu navrhujeme blokové schéma (viz. obr. 15). Schéma sestává ze čtyř systémů: *klimatického systému*, *systému vědy*, *společnosti* a *vzdělávacího systému*, přičemž každý z nich vykazuje svá **specifická zpoždění**.



Obrázek 15: Schéma - vztah systémů z hlediska jejich vnitřního zpoždění a setrvačnosti.

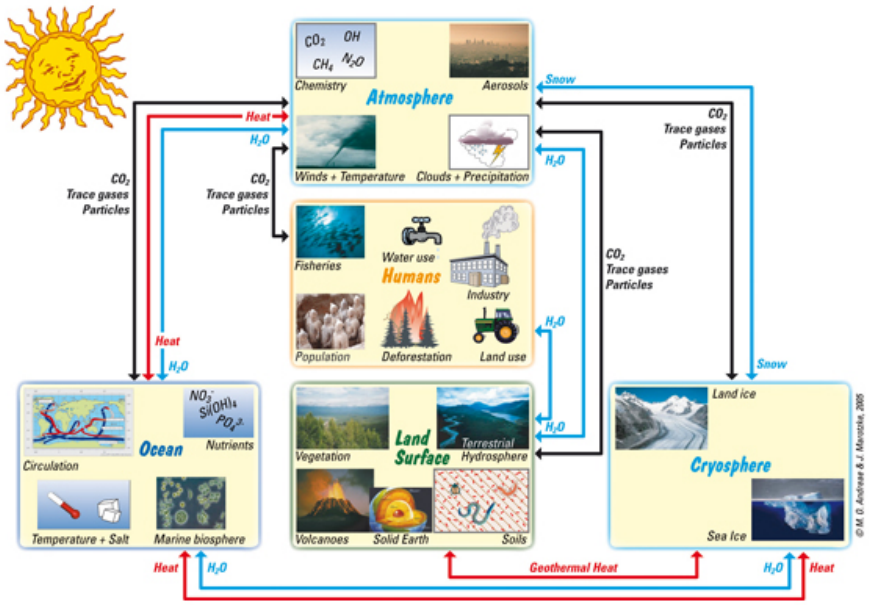
Na obr. 15 propojení krátkými šipkami směrem dolů znázorňují proces vědeckého zkoumání klimatického systému, akceptování vědeckého výzkumu společností a požadavek na inovaci vzdělávacího systému. Zpětně pak vzdělávací systém ovlivňuje společnost a chování společnosti působí na klimatický systém. Kromě toho systém vědy a vzdělávací systém se vzájemně ovlivňují.

Dále podrobněji diskutujeme specifika zpoždění jednotlivých systémů:

4.6.1 Klimatický systém

Klimatický systém se projevuje mnoha způsoby, jeho projevy umíme pozorovat a měřit. Nastartované procesy v klimatickém systému budou i nadále dále probíhat. Díky tepelné setrvačnosti oceánů je oteplení atmosféry zpožděno nejméně o desetiletí [65]. Oteplování je také maskováno (kompenzováno) aerosoly, které rozptylují sluneční záření, čímž Zemi ochlazují. Věda dokáže dát předpovědi budoucího vývoje klimatu s jistou pravděpodobností, ale společnost snáze přijímá a reaguje až na konkrétní projevy. Pokud ale společnost vědecké předpovědi neakceptuje, bude v budoucnu na reakci pozdě, protože to už bude klimatický systém za bodem zvratu.

Na obr. 16 je zjednodušené schéma klimatického systému, sestávající z atmosféry, oceánů, zemského povrchu, kryosféry a civilizace. Šipkami jsou znázorněny energetické toky, transport vody, skleníkových plynů a aerosolů.



Obrázek 16: Zjednodušené schéma klimatického systému [69]

4.6.2 Systém vědy

Systém vědy má za sebou dlouhý historický vývoj. Práci a komunikaci vědců dnes velmi urychlují vyspělé informační a komunikační technologie, přesto základní výzkum vyžaduje dlouhodobou systematickou práci vědců. Jakmile výzkum přinese výsledky, je třeba

je zpracovat a publikovat. V nejlepších vědeckých časopisech obvykle recenzní řízení trvá 1-3 roky, takže když článek vyjde, už nemusí být aktuální v konfrontaci s realitou. V procesu vědeckého výzkumu a publikování výsledků vzniká několikaleté zpoždění vůči pozorovaným dopadům zrychlující změny klimatu.

4.6.3 Společnost

Laická veřejnost a vedoucí političtí představitelé obvykle vědecký tisk nesledují. K výzkumu změny klimatu vychází každoročně velké množství vědeckých prací, takže je pro laiky obtížné zachytit nejpodstatnější informace. Tento problém řeší **Mezinárodní panel pro změnu klimatu (IPCC)** [24] zřízený roku 1988 Organizací spojených národů (OSN) a Světovou meteorologickou organizací (WMO). IPCC sleduje pokroky v oblasti vědy o klimatu, provádí rešerši, důležité objevy zpracovává a publikuje. V jiných vědních oborech než věda o klimatu dosud podobná instituce neexistuje. IPCC dosud publikoval souhrnné zprávy v letech 1990, 1995, 2001 a 2007. Příští zpráva je plánována na rok 2014. Samotná zpráva má vždy několik tisíc stran, proto IPCC vydává i několika stránkové shrnutí pro politické představitele. Český překlad shrnutí zprávy z roku 2007 je k dispozici na stránkách MŽP: <http://www.mzp.cz/cz/ippc_ctvrta_hodnotici_zprava>.

Roku 1992 v New Yorku byla Organizací spojených národů přijata konvence na ochranu klimatu **Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**. Byl v ní vytyčen cíl „dosáhnout stabilizace koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na takové úrovni, aby nedošlo k nebezpečnému antropogennímu narušení klimatického systému. Tato úroveň by měla být dosažena v časovém měřítku dostatečném pro přirozenou adaptaci ekosystémů na změnu klimatu, aby nebyla ohrožena produkce potravin a udržitelný ekonomický rozvoj.“ [2] [99]

Nástrojem na snižování antropogenních emisí skleníkových plynů se měl stát tzv. *Kjótský protokol*, který vznikl pod záštitou OSN v roce 1997. Státy, jež protokol ratifikovaly, se zavázaly ke snížení emisí skleníkových plynů v období 2008-2012 o nejméně 5 % vzhledem k hodnotám emisí před rokem 1990. Kjótský protokol však příliš úspěšný nebyl a státům OSN se dosud nepodařilo vyjednat dohodu, která by na Kjótský protokol po jeho vypršení navázala.

Realizace opatření na změnu klimatu je možná až po překonání překážek v procesu politických vyjednávání a důsledné mezinárodních implementaci dohod. Problém je však i v dosud existující infrastruktuře. Uhelné elektrárny, automobily atd. mají určitou životnost, takže budou ještě po mnoho let emitovat skleníkové plyny, které přispějí k dalšímu růstu globální teploty. [67]

[2] Teprve před několika lety vědci na základě analýzy paleoklimatu dospěli k závěru, že bezpečná koncentrace CO_2 není vyšší než 350 ppm (hodnota z roku 1987). Paradoxně tak v době přijetí UNFCCC již cíl konvence nemohl být splněn. Bezpečná hodnota sice již překročena byla, ale záleží také na tom, *o kolik* a *jak dlouho* bude překročena. [98]

Obrázek 17: Obrázek znázorňující strukturu vědeckých, ekonomických, sociálních, právních a politických aspektů problematiky změny klimatu. [68]

K osvětě a vzdělávání populace o změně klimatu se zavázaly státy OSN v úmluvě UNFCCC již v roce 1992, jak jsme již rozebírali na počátku kapitoly „Vzdělávání o změně klimatu“. I po 20 letech má zavádění této problematiky do školské legislativy, vzdělávacích standardů a programů po celém světě stále velké překážky.

4.6.4 Vzdělávací systém

Proces inovace kurikula ve vzdělávacím systému vyžaduje několik let příprav, zavádění a ověřování. Pro formální vzdělávání ke klimatické gramotnosti na základních a středních školách je nutné připravit učitele na pedagogických fakultách. K přípravě učitelů je nutné zavést na pedagogických fakultách speciální vzdělávací programy, což představuje další zpoždění. Reforma kurikula bývá provázena diskuzí a připomínkováním odborné i laické veřejnosti. V evropských státech je vzdělávání o změně klimatu nesystémové, téma často zcela v národních kurikulech chybí nebo je zastoupeno okrajově [35]. Učitelé si také stěžují na nedostatek vzdělávacích materiálů.

Z výše uvedených skutečností můžeme konstatovat: Ať už se současné generaci podaří globální teplotu stabilizovat pod kritickou hodnotou či nikoliv, příští generace budou muset žít s nulovou či spíše zápornou uhlíkovou stopou. Budoucí emise budou mít vliv na rychlost oteplování a tedy i šanci lidí na adaptaci. **Má tedy smysl zavádět do škol vzdělávací kurikula pojednávající o adaptačních i mitigačních opatřeních.**

5 Transformace systému věd o klimatu do didaktického systému

Systém vědy do jisté míry reflektuje a systematizuje přírodní procesy. Stav vědeckého poznání je třeba transformovat do takového systému poznatků, aby mu byli schopni porozumět lidé, kteří se výzkumu nikterak neúčastnili. Každé vědecké téma lze transformovat do didaktického systému různých úrovní. Např. téma „sluneční soustava“ je předmětem vědeckého výzkumu, ale i učivem ZŠ, SŠ a VŠ. **Didaktický systém musí zprostředkovat vědecké poznání vzhledem k vyspělosti a schopnostem jednotlivců.** Vědecký systém však nesmí být zredukován natolik, aby se vytratila podstata sdělení. Cílem je optimalizace sdělení i vzhledem k časové dotaci pro výuku, formám a metodám výuky. Kromě samotných informací o přírodě musíme také sdělit, jak byly tyto informace získány. V didaktickém systému je proto třeba vytvořit i obraz postupů a metod vědeckého výzkumu. Obecné postupy vědeckého bádání by si žáci také měli osvojit.

Věda o klimatu se dynamicky vyvíjí, proto její didaktický systém musí být maximálně flexibilní. Je třeba didaktický systém navrhnout tak, aby se jeho struktura nemusela v budoucnosti zásadně měnit, ale aby bylo možné jeho obsah průběžně aktualizovat. Fyzika procesů v klimatickém systému se zřejmě již zásadním způsobem měnit nebude, budou se však zpřesňovat určité parametry (jako např. hodnota klimatické citlivosti). Dynamický vývoj pozorujeme i v oblasti informačních a komunikačních technologií (ICT) a výuku tohoto odvětví se podařilo úspěšně integrovat do vzdělávacího systému. Učebnice ICT velice rychle zastarávají proto je praktičtější využívat elektronický přístup k informacím. Obsah vzdělávání o ICT je průběžně aktualizován přímo učiteli ve školách. **Tento přístup (využívaní ICT a přenesení aktualizace obsahu výuky na učitele) by mohl být vhodný i v případě vzdělávání o klimatu.**

D. Nezvalová ve studii „Didaktika fyziky v České republice: trendy, výzvy a perspektivy“ [82] zabývá mj. poznatky o PCK (Pedagogical Content of Knowledge). V této souvislosti shrnuje: *„Očekáváme, že učitelé fyziky rozumějí tomu, čemu vyučují. Učitel fyziky by měl pochopit, jak předávaný obsah souvisí s didaktickým obsahem. Učitel fyziky transformuje obsahové znalosti do formy, které jsou didakticky účinné a pochopitelné pro učícího se. Proces transformace je základem kvality vzdělávání v přírodovědných předmětech.“* Pedagogické/didaktické znalosti obsahu (PCK) jsou klíčové i v případě výuky vědě o klimatu. Pokud učitel problematice změny klimatu sám nerozumí, nemůže systém poznatků kvalifikovaně předávat žákům. Je proto třeba vytvořit didaktický systém vědy o klimatu nejen pro základní a střední školy, ale v první řadě pro pedagogické fakulty připravující budoucí učitele. Problematické je, pokud pedagogické fakulty samy nemají vlastní odborníky, kteří by výuku vědy o klimatu pro učitele mohli garantovat. Systematické vzdělávání v této oblasti dosud neexistovalo a není na co navázat. Akademičtí pracovníci přírodovědných kateder mohou znát jednotlivé fragmenty, z nichž se věda o klimatu skládá. Pokud ale z vlastního zájmu průběžně nesledují odborný vědecký tisk k tématu globálního oteplování a změny klimatu, jejich informace nemusí být aktuální a celistvé.

Příprava didaktického systému pro pedagogické fakulty bude tedy vyžadovat spolupráci didaktiků s odbornou vědeckou obcí. Bez kvalitní přípravy pedagogů by vzdělávání ve vědě o klimatu bylo kontraproduktivní a mohlo by vést k dalšímu šíření mýtu a prohloubení kontroverze daného tématu v očích veřejnosti.

5.0.5 Vědecký systém

Ve vědě můžeme pozorovat současně dva protichůdné trendy - diferenciační a integrační. Vědní obory se postupem času stále více drobí na specializovanější odvětví. Jak se rozšiřují obzory našeho poznání vznikají stále nové vědní obory, které se věnují úzké oblasti bádání (např. nanotechnologie). Vznikají také vědy na rozmezí jiných, tradičních věd (biogeologie, astrobiologie apod.). Příroda však lidmi stanovené hranice věd nerespektuje, proto je k popisu složitých přírodních systémů potřeba spolupráce vědců z různých oborů. Země je jeden z nejsložitějších systémů jaký si dovedeme představit. Dochází v něm k dynamické interakci zemských sfér (atmosféry, hydrosféry, litosféry, pedosféry, biosféry a antroposféry). Všechny vědy, které nějak přispívají k poznání o tom, jak funguje Země jako systém, lze sdružit pod označení *věda o Zemi*. **Věda o klimatu zkoumající klimatický systém Země je pak součástí vědy o Zemi**.

Příklad tradičních oborů

- Meteorologie ⇒ aplikovaná fyzika (fyzika atmosféry)
- Klimatologie ⇒ integruje především fyziku (fyzika klimatu) a geografii

Integrované vědní obory

- Věda o Zemi (Earth science)
- Věda o klimatu (Climate science ⇒ Climate scientist)

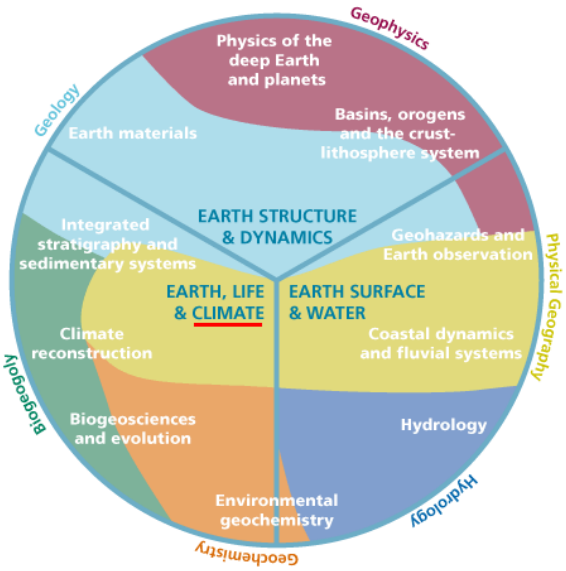
Z hlediska vymezení oborových didaktik (v našem případě didaktiky fyziky) je vhodné analyzovat postavení vědního oboru (fyziky) v systému integrované vědy o Zemi. K tomu nám mohou pomoci schématická znázornění systému vědy o Zemi. Níže uvádíme dva příklady. (Schéma struktury vědy o klimatu se nám nepodařilo nalézt.)

Na obr. 18 je schéma znázorňující oblasti působení a vztahy jednotlivých věd o Zemi. Schéma je převzato z webových stránek univerzity v Utrechtu [70]

Celá oblast schématu je rozdělena na 3 části:
Zemská struktura a dynamika; Zemský povrch a voda; Země, život a klima

Barevně je označeno 6 vědních disciplín:
geofyzika (fialová), fyzická geografie (žlutá), hydrologie (tmavě modrá), geochemie (oranžová), biogeologie (zelená), geologie (světle modrá)

Bíle je vypsáno 10 oblastí bádání:
fyzika nitra Země a planet; horotvorba a systém kůry-litosféry; živelní pohromy a zemská pozorování; pobřežní dynamika a říční systémy; hydrologie; environmentální geochemie; bio-geovědy a evoluce; rekonstrukce klimatu; integrovaná stratigrafie a systémy sedimentace; zemské složení

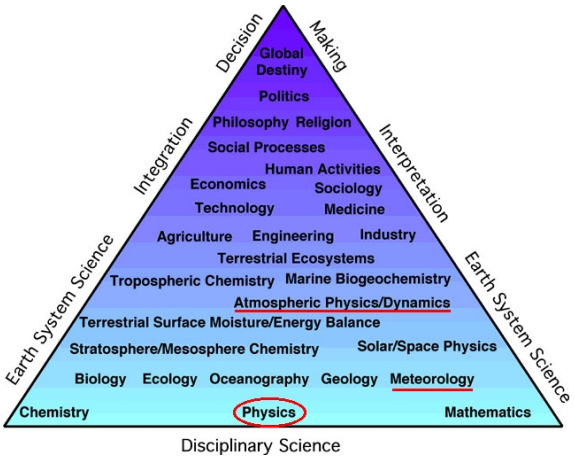


Obrázek 18: Věda o Zemi [70]

Přestože schéma je poměrně komplikované, zdaleka není dostatečně detailní. Dalo by se vytknout, že hydrologie v grafu nezasahuje do oblasti *Země, život a klima*. Atmosféra není explicitně zmíněna, ale zřejmě je z větší části zahrnuta pod pojmem klima.

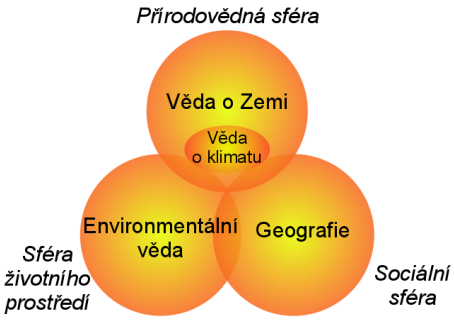
Na následujícím obrázku 19 je schéma znázorňující *strukturu vědy o Zemi* z hlediska hierarchie souvisejících věd. V základech stojí vedle fyziky (označena červeně) také chemie a matematika. Ve vyšším patře pyramidy jsou další přírodní vědy, aplikované a specializované obory (včetně meteorologie a atmosférické fyziky). Výš postupujeme přes technické a ekonomické obory ke společenským vědám a politice. Vrcholem pyramidy vědy o Zemi jsou řídící mechanismy dle společenských cílů. Změna klimatu není jen doménou přírodních věd, ale i sociálních. Začlenění *ekonomie* je nezbytné, protože světové emise CO_2 korelují s HDP [71]. *Psychologie* má co říct k fenoménu popírání změny klimatu [72]. Psychologové jsou často vysíláni do oblastí postižených záplavami. Ministerstvo vnitra v roce 2010 zveřejnilo doporučení psychologů pro občany v oblastech zasažených povodněmi [73]. V Austrálii zase vzrůstá počet sebevražd zemědělců, kterým sucho opakovaně pustoší úrodu [74]. Extrémů počasí bude i nadále přibývat, proto je třeba psychologii vymezit a rozvíjet ve vztahu ke změně klimatu. *Historie* je do jisté míry součástí didaktik přírodních věd. Mnoho objevů a událostí souvisejících s výzkumem změny klimatu lze zařadit do historie fyziky. Vývoj lidstva byl utvářen klimatickými podmínkami. Vznik

zemědělství, rozvoj civilizace a populační růst byl umožněn díky konci zalednění a neobvykle dlouhému interglaciálu. Růst globální teploty působí na civilizaci již nyní, a při oteplení o několik stupňů ke konci 21. století bude nepochybně změna klimatu dominantním faktorem pro běh dějin. K problematice změny klimatu má vztah také *medicína*, *sociologie*, *etika* atd.



Obrázek 19: Schéma - pyramida věd, na nichž věda o Zemi staví. Převzato z [83]

Máme-li zredukovat systém všech věd zkoumajících změnu klimatu na minimum, pak nejvýznamnější je jistě *věda o Zemi* zastupující všechny dotčené přírodní vědy, dále *environmentální věda* (*environmentalistika*) zkoumající vztah člověka a životního prostředí. Sociální oblast snad dostatečně zastoupí *geografie*, která má také velice široký záběr a stojí na pomezí přírodních a sociálních věd. Nesmí zde chybět už kvůli jejímu podoboru *fyzická geografie*, jež má k problematice klimatu velmi blízko. Vztah vědy o klimatu a zmíněných tří věd je znázorněn schématem na obr. 20.



Obrázek 20: Věda o klimatu je součástí vědy o Zemi, ale úzce souvisí s environmentální vědou a geografií. Inspirováno schématem v prezentaci ke vzdělávání o vědě o Zemi (snímek 12) dostupné online [83]

5.0.6 Didaktický systém

Změna klimatu dnes představuje rozsáhlou oblast vědeckého bádání. Má-li vzdělávání reflektovat stav vědeckého poznání, nelze téma změny klimatu ignorovat. Otázka nestojí, *zda* o změně klimatu učit, ale *jak*. Věda o klimatu (climate science) je multioborový systém. Stávající oborové didaktiky dostatečně nereflektují integrační tendence systému vědních oborů. Dosud neexistuje *didaktika vědy o klimatu*, která by problematiku výuky o změně klimatu systematicky řešila. Vybraných témat se mohou oficiálně ujmout jednotlivé oborové didaktiky. Pod *didaktiku fyziky* by tedy spadala fyzika klimatu (fyzikální základy fungování klimatického systému), *didaktika chemie* by se zabývala koloběhy látek (především uhlíku), okyselováním oceánů atd., *didaktika biologie* ztrátou biodiverzity, migrací živočichů a rostlin atd., *didaktika geografie* posunem klimatických pásů, migrací lidí atd. Do jisté míry tento systém již funguje, ale v nedostatečné míře a nekoordinovaně.

V mnoha zemích ve světě je dlouhodobě realizována výuka integrované přírodovědy (např. Velká Británie), která lépe vystihuje jednotnou podstatu přírody. Je možně vést spory o tom, který přístup je lepší, a zda přechod od tradičního systému diferencovaných předmětů k výuce sjednocené přírodovědy nepovede k zhoršení výsledků žáků. Rámcový vzdělávací program v ČR dal zelenou integraci přírodovědných předmětů zavedením vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*. Mezipředmětové vazby lze navíc posilovat výukou průřezových témat, z nichž se změnou klimatu nejvíce souvisí *Environmentální výchova*.

Vlivem zhoršující se ekonomické situace a úsporných opatření na některých pedagogických fakultách sílí tlak na slučování kateder. Integrace přírodovědných oborů tak možná bude vynucena ze strany efektivní přípravy pedagogů, kteří budou získávat pro integrovanou přírodovědu aprobaci. Pro kvalitní přípravu učitelů přírodovědy by bylo užitečné konstituovat *didaktiku přírodovědy*. Touto problematikou se zabýval J. Trna [80]. Konstituovat v současnosti *didaktiku vědy o klimatu* jako samostatnou disciplínu by byl odvážný a kontroverzní počin. Vhodnější řešení se nabízí takové, že by problematiku transformace a výuky vědy o klimatu řešila nově vznikající didaktika přírodovědy[3]

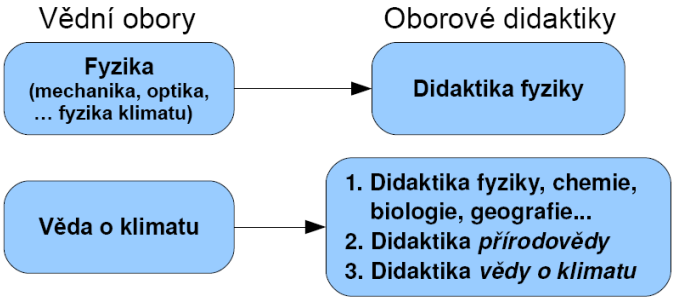
Vzdělávání o změně klimatu může být chápáno jako:

- jedno z témat integrované přírodovědy,
- obor zahrnující část integrované přírodovědy a témata věd humanitních.

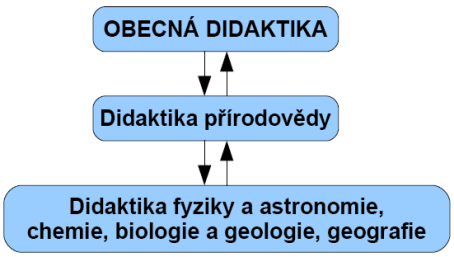
J. Trna navrhuje konstituovat didaktiku přírodovědy jako mezioborovou didaktiku [80]. Didaktika přírodovědy by tak měla překlenout pole působení mezi obecnou didaktikou a diferencovanými didaktikami přírodovědných oborů. Podle O. Lepila [46] „Pro formování vědecké disciplíny je důležité, aby vznikly publikace, které by zachycovaly základní koncepce disciplíny a staly se východiskem pro další diferencovanou publikační

[3]Didaktiku přírodovědy zde chápeme jako integrovanou (mezioborovou) didaktiku přírodních věd, nikoliv jako předmětovou didaktiku prvostupňového předmětu „přírodověda“.

tvorbu v daném oboru.“ V didaktice fyziky se takovými základními publikacemi staly 1. Kašpar, E.: Didaktika fyziky - obecné otázky (1978) a 2. Fenclová, J.: Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky (1982). Publikace vymezující didaktiku přírodovědy v českém prostředí dosud čekají na své autory.



Obrázek 21: Schéma znázorňující vztah vědních oborů a oborových didaktik. Didaktika fyziky je teorií výuky fyzice. Teorií výuky vědě o klimatu se mohou v současnosti zabývat existující diferencované didaktiky přírodních věd. V budoucnu by věda o klimatu měla být v kompetenci didaktiky přírodovědy nebo didaktiky vědy o klimatu.



Obrázek 22: Vztahy mezi oborovými přírodovědnými didaktikami, didaktikou přírodovědy a obecnou didaktikou, podle [80].

Podle J. Trny [80] v problematice výuky integrované přírodovědy není dosud zodpovězeno několik důležitých otázek:

1. Jsou integrovaná témata dostatečně vyřešena odborníky jednotlivých oborů?
2. Jak tato integrovaná témata didakticky zpracovat (transformovat)?
3. Je třeba stanovit garanci oboru (předmětu) nad integrovaným tématem? Podle jakého kritéria bude tato případná garance stanovena?

4. Jak má vypadat celá didaktická struktura integrované přírodovědy pro určitý stupeň a typ školy, do níž je možno integrovaná a didakticky transformovaná témata sestavit?

Komentář k otázkám výše z hlediska vzdělávání o klimatu:

Ad. 1:

Vědu o klimatu rozhodně nelze považovat za uzavřenou - právě naopak. Poměrně dobře jsou známy fyzikální základy fungování klimatického systému, příčiny a průběh klimatických změn v geologické minulosti Země. Velkou neznámou je rychlost, jakou bude změna klimatu ve 21. století probíhat. Důvodem je nejasná reakce lidstva a načasování pozitivních zpětných vazeb (např. Arktida v létě bez ledu), které další oteplování urychlí. Vědu o klimatu tedy čeká zpřesňování modelů na základě pozorování reakcí klimatického systému a biosféry na nové podmínky. S transformací vědy o klimatu do didaktického systému však nelze otálet, protože budoucí generace se budou muset adaptovat a vzdělávací systém by jim v tom měl pomoci.

Ad. 2:

Integrovaná přírodověda musí kromě vědy o klimatu obsahovat i jiná témata. Transformaci systému vědy o klimatu na integrovanou přírodovědu proto nelze řešit samostatně, ale ve vztahu k dalším tématům přírodovědného kurikula. K systematizaci transformace vědy o klimatu do didaktického systému lze využít pojmové mapy, např. mapy zpracované v rámci Projektu 2061 [84].

Ad. 3:

Věda o klimatu je mezioborová její transformaci nemůže garantovat žádná z oborových didaktik odděleně. Je třeba obsah vědy o klimatu tematicky rozdělit podle příslušnosti mezi stávající oborové didaktiky. Druhou možností je konstituovat didaktiku integrované přírodovědy, která zaštítí teorii výuky vědě o klimatu jako celek.

Ad. 4:

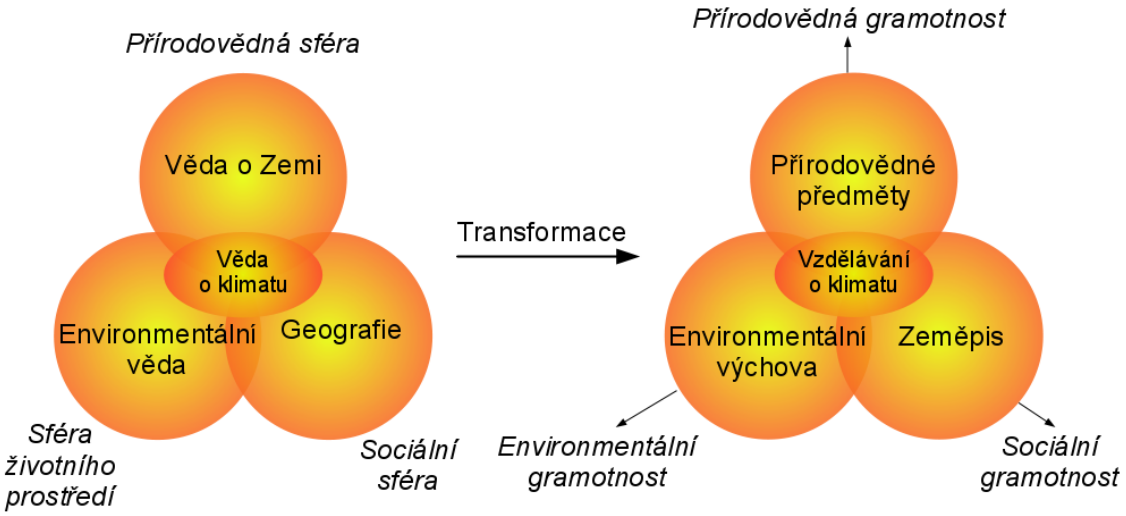
Nesmíme zapomenout, že je třeba vytvořit didaktický systém vědy o klimatu i pro vzdělávání budoucích učitelů na pedagogických fakultách.

5.1 Transformační proces

Systém vědy o klimatu můžeme do didaktického systému transformovat dvěma způsoby:

1. Diferenciační přístup

Obsah systému vědy o klimatu navrhujeme transformovat do didaktického systému pro výuku na ZŠ následovně: 1. Oblast vědy o zemi zastoupí na ZŠ přírodovědné předměty fyzika, chemie a biologie, 2. Oblast environmentální vědy zastoupí průřezové téma environmentální výchova, a 3. Geografie zahrnující sociální sféru dané problematiky bude na ZŠ realizována prostřednictvím předmětu zeměpis.



Obrázek 23: Schéma - transformace vědy o klimatu do didaktického systému pro podmínky současného školství.

Možné rozdělení učiva do přírodovědných předmětů:

Fyzika

- Klimatický systém
- Meteorologie

Chemie

- Chemie atmosféry, oceánů a půdy
- Antropogenní znečištění

Přírodopis

- Evoluce a podmínky života
- Fenologie

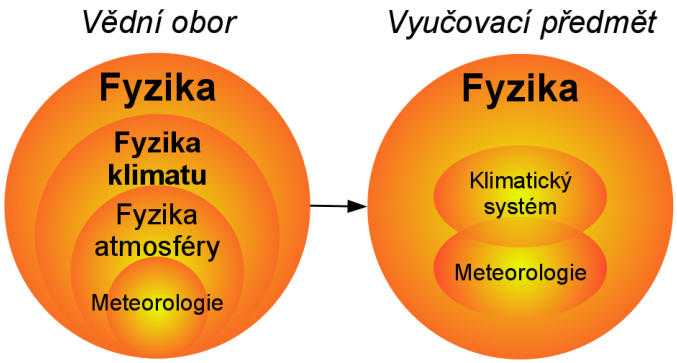
Zeměpis

- Zemské sféry
- Společnost

Společná témata

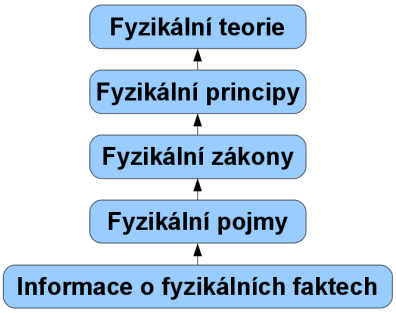
- Koloběhy látek
- Metody zkoumání
- Adaptace a mitigace

Při rozdělení obsahu vědy o klimatu do tradičních vyučovacích předmětů by fyzika měla garantovat výuku meteorologie a fyzikální aspekty klimatického systému (resp. obsah fyziky klimatu a fyziky atmosféry).



Obrázek 24: Schéma - transformace fyzikálního obsahu vědy o klimatu do vyučovacího předmětu fyzika.

Logickou strukturu fyziky lze uspořádat od nejjednoduššího článku ke složitějším (obr. 25). Toto uspořádání se nevyskytuje jen ve fyzice, ale je společné přírodním vědám.



Obrázek 25: Logická struktura fyziky, podle Mechlové [111].

V organizaci poznatků vědy o klimatu lze postupovat podle stejného schématu. Např. pro objasnění *teorie sněhové koule*[4] je třeba začít od informací o faktech (např. ledovce na rovníku, složení atmosféry, sluneční záření), postupovat přes pojmy (jako albedo, zpětná vazba, skleníkový jev, uhlíkový cyklus) a dále přes zákony (zákon zachování energie). Teorie pak sestává z jednotlivých článků nižší úrovně. Aby žáci porozuměli určité komplexní teorii, je nutné, aby znali mnoho informací, pojmů a zákonů. Jiné teorie jsou poměrně jednoduché a srozumitelné. Např. *teorie kontinentálního driftu* byla dlouho vědci odmítána, ale dnes je potvrzena mnoha přesvědčivými důkazy včetně satelitních měření. Vědci dosud přesně neumí popsat mechanismus posunu kontinentů, což není překážkou k všeobecnému přijetí této teorie. K pochopení teorie kontinentálního driftu žáci nemusí znát mnoho informací. Naopak *teorie antropogenního globálního oteplování* sestává z mnoha informací, pojmů, zákonů a teorií (např. teorie sněhové koule, Milankovičova teorie).

Průnik fyzikálního vzdělávání a vzdělávání o klimatu přináší výhody v těchto oblastech:

- *aplikace fyzikálních poznatků* - jestliže se žák seznámí s fyzikálním jevem/zákonem/-teorií, měl by znát také konkrétní příklady, kde se uplatňují. Odkazováním na meteorologii a klimatický systém může učitel pomoci žákovi najít uplatnění pro jeho fyzikální znalosti.
- *rozvoj fyzikálního myšlení* - praktická měření meteorologických prvků a studium klimatického systému mohou pomoci žákům hlouběji pochopit fyzikální jevy. (Viz. aktivita „Ladovy pohlednice“.)
- *řešení problémů* - klimatický systém je složitý a příčina nějakého děje nemusí být na první pohled zřejmá. Přesto nic se neděje bez příčiny a problém vybízí k hledání

[4]Tato teorie je podrobněji vysvětlena v kapitole „Návrh kurikula a vzorové aktivity“ (aktivita „Sněhová koule“ pro 8. ročník), proto ji na tomto místě nevysvětlujeme.

řešení. Příkladem problémové úlohy může být paradox globálního zalednění. Jak je možné, že led pokrývající Zemi až k rovníku vůbec roztál, když bílá barva většinu světla odráží? (Viz. aktivita „Sněhová koule“.)

- *mezioborové přesahy* - klimatický systém nerespektuje lidmi vymezené hranice vědních oborů. Při studiu klimatického systému žáci poznávají hranice oboru fyziky a vazby fyziky na ostatní přírodní vědy.

Obsah vědy o klimatu ve vztahu oborům fyzika, geografie, chemie a biologie

Níže předkládáme v tabulce seznam jevů a procesů tvořících základní kameny klimatického systému. Ve spodní části tabulky jsou příslušné výzkumné metody. Tečkou je označena příslušnost témat k oborům (resp. vyučovacím předmětům) fyzika, geografie, chemie a biologie.

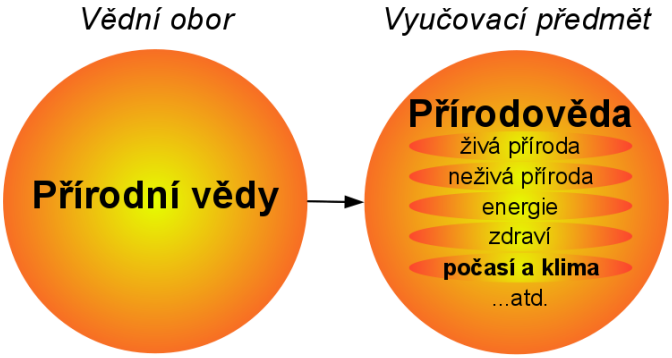
Všechna témata lze diskutovat z geografického hlediska, jelikož je můžeme vztáhnout k určitému místu na Zemi. Fyzická geografie také řeší konkrétní procesy klimatického systému. Pro každý ze tří přírodovědných oborů je možné najít nějakou spojitost s každým tématem v seznamu. Označeny jsou však pouze jednoznačné vztahy z hlediska mechanismu klimatického systému. Např. voda je jistě chemická látka nezbytná pro život, ovšem *koloběh vody* ve vztahu ke klimatickému systému má význam z hlediska změny skupenství, energetických toků, skleníkového efektu vodní páry, odrazivosti sněhu apod., což jsou procesy fyzikální. Proto je koloběh vody přiřazen k fyzice, nikoliv k chemii a biologii. Podobně *aerosoly* z hlediska jejich vzniku přísluší k chemii i biologii, ovšem pro klimatický systém je podstatný jejich vliv na energetickou bilanci Země (oxidy síry stíní sluneční záření, saze zadržují IR záření). V případě mechanismu cirkulace atmosféry nebo oceánských proudů je fyzikální podstata zřejmá. *Teplotní a slanostní stratifikaci oceánů* zase vysvětluje Archimédův zákon. Některá témata nelze přiřadit jednoznačně k tomu či onomu oboru. Zpracovanou tabulku 1 je třeba chápat jako výchozí návrh pro rozdělení učiva o klimatickém systému do přírodovědných předmětů.

	F	**G**	**Ch**	**B**
skleníkový jev	•	•	•	
okyselování oceánů	•	•	•	•
příčiny střídání ročních období	•	•		
rozdíl mezi počasím a klimatem	•	•		
extrémy počasí	•	•		
příčiny klimatických změn v minulosti	•	•		
uhlíkový cyklus	•	•	•	•
koloběh vody	•	•		
toky energií v zemském systému	•	•		
základní podmínky života	•	•	•	•
sluneční záření (energie, spektrum)	•	•		•
odrazivost povrchů (albedo)	•	•		
ozónová díra	•	•	•	
fosilní zdroje energie	•	•	•	•
složení atmosféry	•	•	•	•
aerosoly	•	•		
proudění vzduchu	•	•		
oceánské proudy	•	•		
tání ledovců	•	•		
růst hladiny oceánů	•	•		
zpětné vazby, body zvratu, domino efekt	•	•	•	•
teplotní a slanostní stratifikace oceánů	•	•		
ekosystémy		•		•
biomy		•		•
populační růst		•		•
využívání a degradace půdy	•	•	•	•
odlesňování		•		•
biodiverzita		•		•
meteorologická měření	•	•		
fenologická pozorování		•		•
dálkový průzkum Země	•	•		
rekonstrukce paleoklimatu	•	•	•	•
modelování	•	•	•	•

Tabulka 1: Tabulka - Klíčová témata vědy o klimatu (z hlediska transformace) a jejich příslušnost k oborům fyzika, geografie, chemie a biologie.

2. Integrační přístup

Druhá možnost transformace spočívá v zachování vědy o klimatu jako systému a přenesení jejího obsahu na vyučovací předmět přírodověda. Více se tématu integrované přírodovědy z hlediska výuky o počasí a klimatu věnujeme v následující kapitole.



Obrázek 26: Schéma - transformace přírodních věd do vyučovacího předmětu přírodověda.

5.2 Integrace přírodovědných předmětů

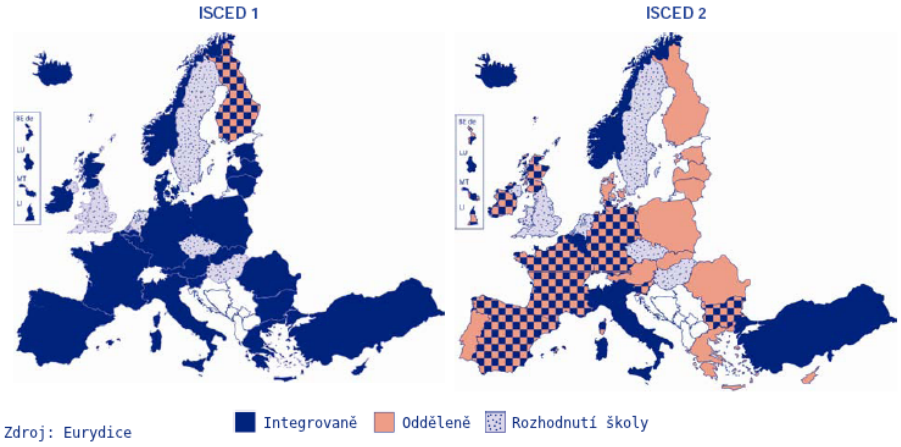
NOAA v dokumentu vymezujícím principy klimatické gramotnosti uvádí [33]:
Klima je ideální mezioborové integrující téma pro vzdělávání. Téma začíná jednoduchými koncepty a pozorováními počasí a vody, a postupně rozvíjí komplexní zkoumání do fyzikální, chemické, biologické, geografické, sociální, historické a dokonce i technologické dimenze klimatu. Studenti a občané mají příležitost lépe obsáhnout provázanost tohoto důležitého tématu a využít nabyté znalosti ve svých životech ve svých komunitách.

Přírodovědné předměty lze ve školách integrovat na třech úrovních [81]:

1. koordinovaná (interdisciplinární) výuka (koordinace obsahová, metodická, časová, didaktická kooperace),
2. kombinovaná výuka (dvě fáze výuky: výuka přírodovědy se později rozdělí do jednotlivých předmětů nebo opačný postup - výuka začne rozdělenými předměty a naváže se integrovanou přírodovědou),
3. sjednocená výuka (hranice učebních předmětů zcela zmizí).

5.2.1 Integrovaná výuka v Evropských zemích

Výuka přírodovědných předmětů na základních školách v Evropě probíhá s různým stupněm integrace. Na obr. 27 jsou dvě mapy Evropy graficky znázorňující způsob výuky přírodovědných předmětů na 1. (vlevo) a 2. (vpravo) stupni základní školy. Podle International Standard Classification of Education (ISCED) odpovídá v ČR 1. stupeň ZŠ standardu ISCED 1 (primary) a 2. stupeň ZŠ má označení ISCED 2 (lower secondary). V ČR je od zavedení RVP ZV v roce 2007 způsob výuky na rozhodnutí školy, ale běžná praxe je taková, že na 1. stupni je přírodověda integrovaná a na 2. stupni diferencovaná.



Obrázek 27: Výuka přírodních věd na základních školách v Evropě [96]

5.2.2 Příklad kurikula přírodovědného vzdělávacího projektu „Počasí a podnebí“ z Německa, převzato z [112]

Sedlákovy moudrosti

Slavnostní a svaté
Lidé jsou závislí na počasí
Počasí a ty

Počasí a zdraví

Všichni mluví o počasí
Mnozí by chtěli teplo - jiní ne
Počasí za fénu
Lázně a léčivé koupele
Pokojové a venkovní rostliny

Extrémní podnebí: sauna
Počasí a smysly

Pozorování počasí

Vlhkost vzduchu a teplota
Thermo-hydro-graf
Různé stupnice
Vítr
Nízký tlak

Předpověď počasí

Vědět, jaké bude počasí
Německá meteorologická služba
Meteorologické satelity
Vysoko a hluboko
Déšť, sníh, kroupy, jinovatka
Meteorologická mapa

Nebezpečí pro počasí i podnebí: skleníkový efekt

Skleníkový efekt = více tepla
Hamburg hlásí: země je pod vodou
Je to již změna podnebí?
Skleníkový efekt č. 1: oxid uhličitý
Kdo za to může?

Hustý vzduch

Oheň = znečištění vzduchu?
Staré a nové škodlivé látky ve vzduchu
Teplotní inverze: předpoklad vzniku smogu
Škody na zdraví a přírodě
Ozón - nahoře málo, dole moc
Na škody je třeba upozorňovat

Počasí u nás a jinde

Podnebí střední Evropy
Golfský proud: tepelný zdroj pro Evropu
Tropy a subtropy
Polární oblasti

Tropické bouře
Tornáda

Přizpůsobování se podnebí

Přizpůsobování se prostředí
Šaty a móda
Ochrana před teplem a chladem
Zimní kožich nebo „dovolená na jihu“
Volný čas a turistika
Topit - ale správně!
Slunce jako dodavatel energie

Klima ve městě

Kdo může, opouští město
Test obsahu prachu ve vzduchu
Mapování lišejníků
Městská zeleň
Městský ekologický průzkum

Vyrobíme si jednoduché přístroje k pozorování počasí

Měříme jako na meteorologické stanici?
Větrný pytel
Borová šiška - hygrometr
Teploměr
Vodní barometr
Měřič síly a směru větru
Dešťoměr a svodná nálevka

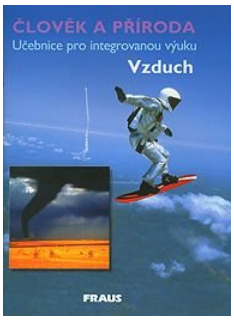
5.2.3 Integrovaná výuka v ČR - učebnice Fraus

V ČR jistou integraci umožňují průřezová témata v RVP. Přírodovědné předměty lze pak integrovat především v průřezovém tématu *environmentální výchova*, které lze realizovat i formou volitelného předmětu.

Na českém knižním trhu dosud nejsou učebnice pro integrovanou přírodovědu běžné. Jako první uvedlo na trh nakladatelství Fraus sadu učebnic „Člověk a příroda. Učebnice pro integrovanou výuku.“[114] přeložené z německého originálu „Naturwissenschaften (Cornelsen Verlag, Berlin, 1998)“. Učebnice neobsahují kompletní látku integrované přírodovědy, jsou spíše doplňkovým materiálem pro školní výuku či pro školní projekty na 2. stupni ZŠ a gymnáziích. Kromě přírodních věd učebnice zpracovávají také přesahy

do věd sociálních. Kladně lze hodnotit množství návodů pro školní experimenty. Sada učebnic Fraus sestává ze 6 dílů:

1. Vzduch
2. Voda
3. Půda
4. Zdraví
5. Energie
6. Informace a komunikace.



Obrázek 28: Titulní strana učebnice pro integrovanou výuku Člověk a příroda - Vzduch od nakladatelství Fraus [114]

K problematice počasí, klimatu a změny klimatu existují souvislosti se všemi šesti integrovanými tématy. Nejvíce je však počasí a klima obsaženo v titulu Vzduch. Níže je podrobný obsah této publikace:

- *Atmosféra Země* - struktura atmosféry Země, složky vzduchu, důkazy důležitých složek vzduchu, složení, tlak, teplota a vlhkost vzduchu, kyslík a dusík – vlastnosti a příprava, vzácné plyny, oxid uhličitý
- *Vzduch a život* - dýchání a dýchací orgány člověka, dechová frekvence, vitální kapacita plic, hrudní a břišní dýchání, dýchání a fotosyntéza rostlin, život a atmosféra, přeměna látek a energie u živočichů a rostlin
- *Vzduch a počasí* - měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, meteorologické jevy a prvky, sluneční záření, počasí, meteorologické fronty, meteorologické stanice, předpověď počasí, biopředpověď, meteorologické mapy, meteorologické družice
- *Využití vzduchu v každodenním životě a v technice* - získávání energie pomocí vzduchu, spalování fosilních paliv, spalovací motory, vzduch jako zdroj surovin, získávání kovů pomocí vzduchu, vzduch v čističce odpadní vody

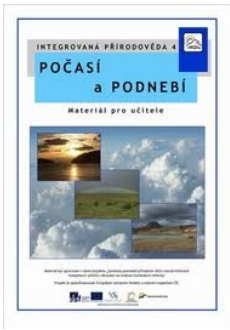
- *Znečištění a ochrana ovzduší* - emise a imise, přirozené a antropogenní emise, působení škodlivin na člověka, rostliny a živočichy, kyselé deště, skleníkový efekt, smog, odstraňování škodlivin ze vzduchu, alternativní zdroje energie

5.2.4 Učebnice „Integrovaná přírodověda“ (PdF MU)

Na pedagogické fakultě Masarykovy univerzity v Brně v rámci projektu „Syntézou poznatků přírodních věd k rozvoji klíčových kompetencí učitelů s důrazem na realizaci kurikulární reformy“ vznikla série 6 učebních opor k pro integrovanou přírodovědu. Jednotlivé tištěné publikace s přiloženým CD shrnují tato témata [113]:

1. Jezdíme autem
2. Domácnost - svět v malém
3. Město a venkov
4. Počasí a podnebí
5. Šaty dělají člověka
6. Robinsonem dnes aneb co dělat když ...

Autorský tým byl složen ze zástupců kateder geografie, fyziky, biologie a chemie na PdF MU. Tyto učebnice nemají za cíl integrovat učivo tradičních přírodovědných předmětů, ale mohou sloužit učitelům jako inspirace k uplatňování mezipředmětových vazeb. Učebnice obsahuje kromě teorie také konkrétní aktivity, metodické a pracovní listy pro školní výuku. Jeden díl byl věnován tématu *Počasí a podnebí*. Učebnice se zabývá daným tématem z různých úhlů pohledu. Problematice globální změny klimatu je však věnováno velice málo prostoru. Čtenář (učitel) se mnoho nedozví o paleoklimatu, o mechanismech klimatického systému, ani nejsou vysvětleny běžné miskoncepce o globálním oteplování a změně klimatu.



Obrázek 29: Titulní strana 4. dílu „Integrované přírodovědy“ s názvem *Počasí a podnebí* [113].

Díl *Počasí a podnebí* obsahuje např. tyto okruhy:

- Jak se rodí počasí
- Předpověď počasí
- Chemické složení atmosféry
- Klimatotvorní činitelé
- Znečištění atmosféry lidskou činností
- Ozonová vrstva
- Vliv podnebí na migraci

5.2.5 Příklad kurikula integrované přírodovědy v Keni

Keňa bývala až do 60. let 20. století kolonií Velké Británie, která se i nadále v Keni angažuje mj. právě v oblasti vzdělávacího systému. V Keni je na základní škole realizována integrovaná přírodověda, na středních školách jsou již předměty diferencované. Předmět Přírodověda (Science) je v učebnici Understanding Science rozdělen na 12 témat. Všechna témata nejsou obsažena v každém z 8 ročníků, ale jednotlivé ročníky obsahují kombinaci asi 5 vybraných témat.

1. Lidské tělo
2. Zvířata
3. Rostliny
4. Potraviny a výživa
5. Zdraví
6. Počasí a obloha
7. Životní prostředí
8. Voda
9. Půda
10. Energie
11. Vlastnosti látek
12. Ulehčování práce (mechanika)

Ve všech 8 ročnících je obsaženo integrované téma Energie, které se dále dělí do kapitol:

1. Světlo, Zvuk, Zvířata dělají různé zvuky, Další zdroje zvuku
2. Světlo a zvuk, Stín, Vytváření zvuku
3. Odraz světla, Šíření zvuku, Význam některých zvuků
4. Využití světla, Způsoby osvětlení v domácnosti, Zdroje tepla, Využití tepla
5. Hluk, Vliv hluku na zvířata, Přenos tepla, Dobré a špatné vodiče tepla
6. Šíření světla, Světlo při dopadu na různé materiály
7. Elektřina, Jednoduchý obvod, Dobré a špatné elektrické vodiče, Elektrické spotřebiče a jejich využití, Bezpečnost při využití elektřiny, Osvětlení a bezpečnostní opatření
8. Význam energie, Různé druhy energie, Přeměna energie, Způsoby úspor energie

Téma Počasí a obloha je realizováno v 1. až 5. ročníku:

1. Počasí se mění, Oblaky, Déšť, Vítr
2. Stavy počasí, Symboly počasí, Počasí se mění a jaké nosíme oblečení
3. Počasí s mění, Vliv změn počasí na zemědělské aktivity
4. Obloha, Obloha v průběhu dne a noci, Typy oblaků
5. Meteorologické přístroje, Různé meteorologické přístroje a jejich využití, Výroba a využití různých meteorologických přístrojů

6 Výzkum znalostí českých učitelů o klimatickém systému

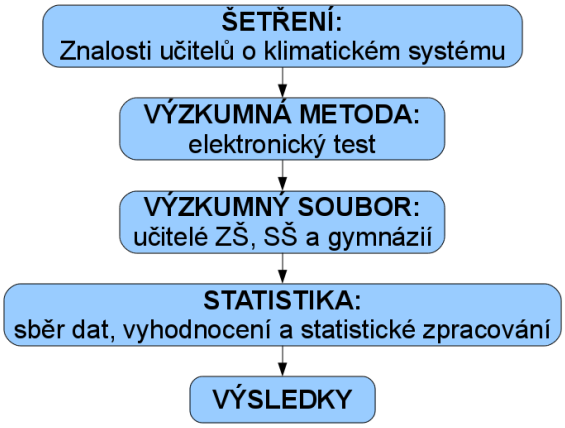
Cílem výzkumu bylo ověřit následující 3 hypotézy:

1. Aprobovaní učitelé fyziky lépe rozumí fungování klimatického systému než učitelé jiných předmětů.
2. Gymnaziální učitelé mají lepší znalosti o klimatu než učitelé na základních školách.
3. Učitelé, kteří se obávají globálního oteplování, mají lepší znalosti o fungování klimatického systému než učitelé, kteří se neobávají.

V rámci disertační práce proběhl v roce 2011 sběr dat pro výzkum znalostí českých učitelů o problematice změny klimatu.

Odpovědi všech respondentů s příslušnými grafy jsou k dispozici na webové adrese: <http://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy>.

První výsledky tohoto výzkumu byly prezentovány formou plakátu na konferenci European Geosciences Union General Assembly 2011 ve Vídni [89].



Obrázek 30: Schéma postupu výzkumu znalostí učitelů o klimatickém systému

6.1 Metodologie

Sběr dat probíhal v období 2.-16. března 2011 pomocí elektronického formuláře GoogleDocs přístupného na internetu. Žádost o vyplnění dotazníku s webovou adresou formuláře byla rozeslána třem skupinám potenciálních respondentů:

1. prostřednictvím Sdružení TEREZA celkem 111 školám zapojených v Programu GLOBE,
2. asi 30 učitelům, kteří se účastní projektu Heuréka [91],
3. všem absolventům oborů učitelství fyziky, zeměpisu, biologie a chemie na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity, kteří ukončili studium v letech 2006-2011.

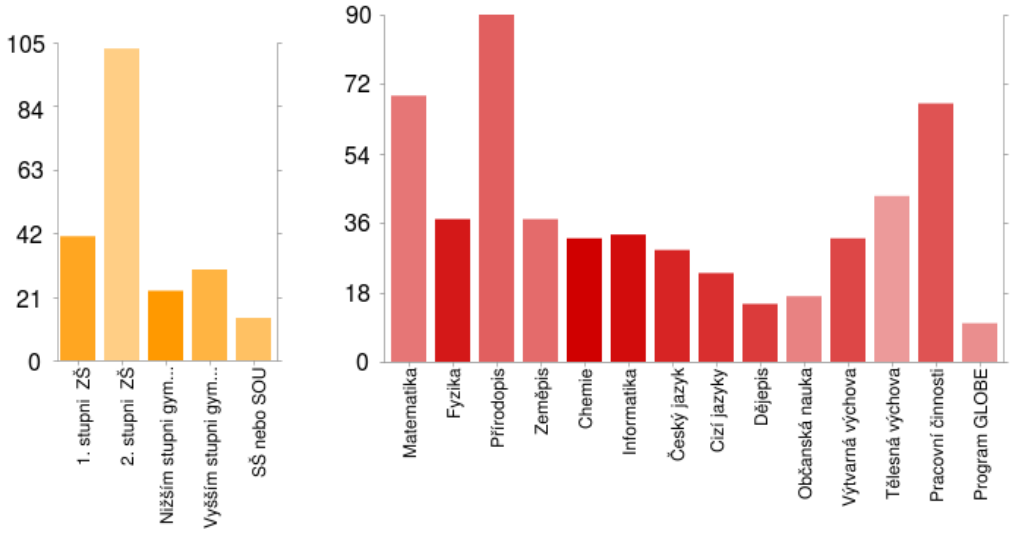
Dotazník vyplnilo celkem 179 učitelů, z toho 134 žen a 45 mužů. Dva respondenti po spuštění testu vyplnili jen pohlaví, nezodpověděli žádnou otázku, byli proto z databáze vyřazeni. Dva respondenti vyplňování přerušili a odeslali test nadvakrát (nejprve první část a po chvíli druhou), proto byla dvojitá odeslání sloučena. Celkem bylo tedy 183 spuštění testu, k dispozici jsou ale data od 179 respondentů. Z toho 8 respondentů zodpovědělo jen asi polovinu otázek. Jejich odpovědi týkající se postojů ke globálnímu oteplování v úvodní části dotazníku byly přínosné, ale započítání velkého množství jejich nezodpovězených odpovědí jako „nevím“ (tedy špatná odpověď) by mohlo ovlivnit výsledky výzkumu, proto pro fázi ověřování hypotéz byli tito respondenti vyřazeni. K ověřování hypotéz tedy byla zpracována data od 171 respondentů. Doba potřebná k vyplnění testu byla asi 20-30 minut. Účast respondentů byla anonymní a dobrovolná, za vyplnění testu nebyla nikomu poskytnuta odměna.

Test obsahoval převážně vědomostní otázky, na něž existuje jednoznačná odpověď dobře podložená publikovanými vědeckými výzkumy [12]. Pro ověření hypotéz bylo vybráno 38 otázek, za každou správnou odpověď bylo možné získat 1 bod. Škála odpovědí z dané nabídky byla pro zpracování dat překódována na 1 (správně) a 0 (špatně). Za špatnou odpověď bylo považováno i „nevím“ a nezodpovězení otázky. Odpovědi „určitě ano“ a „spíš ano“ byly vyhodnoceny jako ANO, a odpovědi „určitě ne“ a „spíš ne“ byly vyhodnoceny jako NE. Odpovědi „hodně“, „významně“ a „trochu“ byly vyhodnoceny jako ANO, pouze odpověď „vůbec“ byla vyhodnocena jako NE. Důvodem byla snaha o eliminaci subjektivity v odpovědích respondenta. V některých případech totiž může být správnost odpověď „hodně“, „významně“ a „trochu“ sporná, zatímco odpověď „vůbec“ znamená jasné NE. Ke statistické analýze byl použit nepárový t-test [92]. Pro kontrolu byl u všech tří hypotéz proveden také Mann-Whitney U test [93], který dal stejné závěry statistické významnosti jako t-test, přestože v některých případech se hodnota významnosti P mírně lišila. Statistická významnost byla standardně počítána pro hladinu významnosti $\alpha = 0{,}05$.

6.2 Respondenti

Nejvíce respondentů (103 osob) učí na 2. stupni základní školy. V otázce na typ školy bylo možné zaškrtnout více políček. Ukázalo se, že 30 respondentů učí současně na dvou

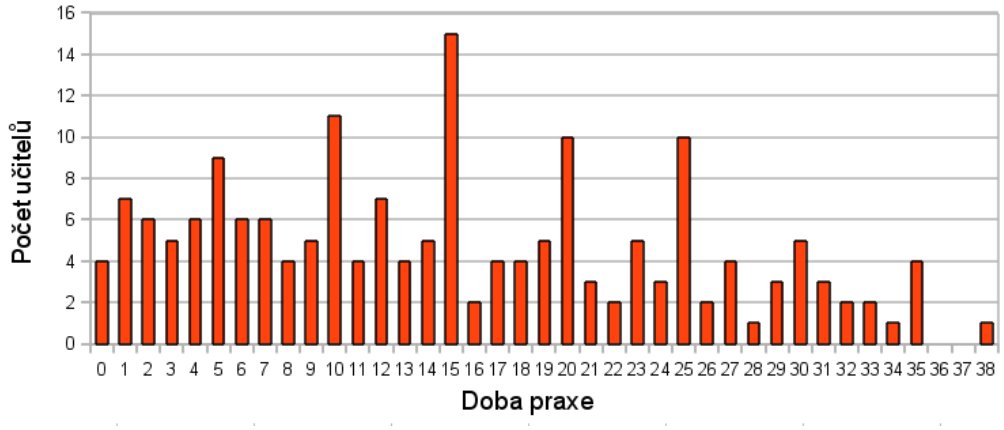
nebo třech typech škol. Nejčastější kombinace byla nižší a vyšší stupeň gymnázia (18 osob) a oba stupně základní školy (8 osob). Dva respondenti současně učí na obou stupních gymnázia a střední škole, jeden na obou stupních gymnázia a ZŠ, jeden respondent učí na 2. stupni ZŠ a střední škole. Jeden respondent s aprobací zeměpis-francouzština neučí na žádné škole (nulová praxe). Další 3 respondenti, kteří uvedli 0 let praxe, uvedli také typ školy a vyučované předměty, zřejmě tedy v březnu 2011 učili prvním rokem. Jeden respondent s aprobací biologie-zeměpis neučí ve škole, ale ve středisku ekologické výchovy.



Obrázek 31: Typy škol na kterých respondenti působí (vlevo) a jimi vyučované předměty (vpravo).

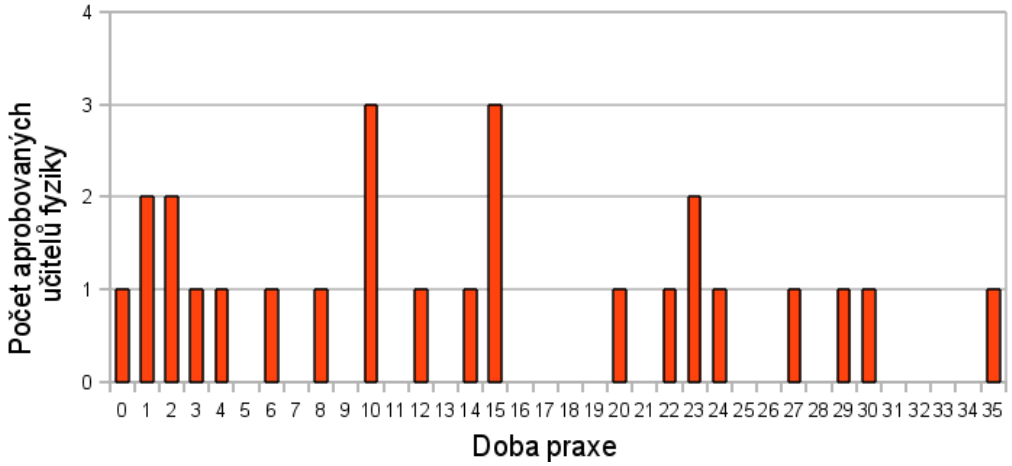
Nejvíce respondentů učí přírodopis (90), matematiku (69) a pracovní činnosti (67). Mimo předměty v dané nabídce respondenti uvedli, že učí tyto předměty: environmentální výchova, přírodovědný seminář, výchova ke zdraví, ekologická praktika, ekologie, základy ekologie, ekologický seminář, přírodopisné praktikum, přírodovědná praktika, biologický seminář, biologické praktikum, práce s laboratorní technikou, prvouka, hudební výchova, přírodověda, vlastivěda, mediální výchova, psaní na PC, anglický jazyk, německý jazyk, speciální pedagog – zvláštní škola, speciální pedagogika - všechny předměty, všechny předměty (waldorfský učitel), životní styl, volba povolání, člověk a svět práce, seminář z pracovních činností, VP - Práce s materiály, APS, ZPV, pedagogika, specializace z výtvarné výchovy, etická výchova, hospodářský zeměpis, zeměpis cestovního ruchu, cestovní ruch, společenskovědní seminář, pěstování rostlin, praxe, pracovní předměty, nauka o lese, chov zvířat, zoologie, hydrologie. Je překvapivé, že pouze 10 učitelů explicitně uvedlo výuku Programu GLOBE vzhledem k velkému počtu oslovených GLOBE škol. Pravděpodobné vysvětlení je, že některé školy provozují tento program v rámci předmětů s názvy jako ekologická praktika, přírodovědný seminář apod.

Fyziku učí 37 respondentů (20 mužů, 17 žen), přičemž 26 z nich má pro fyziku aprobaci. Všech 26 aprobovaných fyzikářů také fyziku aktivně učí. Kombinaci fyzika-matematika vystudovalo 18 učitelů, další mají kombinace s chemií, biologií, technickou a informační výchovou, výchovou ke zdraví, tělesnou výchovou a hudební výchovou. Neaprobovaní fyzikáři vystudovali v různých kombinacích obory: pracovní činnosti, biologie, chemie, přírodopis, zeměpis, tělesná výchova, občanská výchova, ruský jazyk.



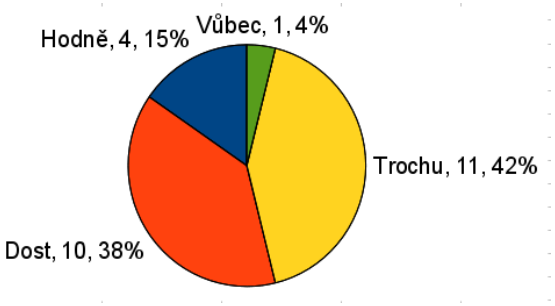
Obrázek 32: Průměrná doba učitelské praxe všech respondentů byla 15 let (od 0 do 38 let).

Skupina aprobovaných fyzikářů uvedla dobu praxe od 0 do 35 let (průměr 14 let). Ze skupiny 26 fyzikářů jich 7 má méně než 5 let praxe, většinu lze považovat za zkušené učitele.

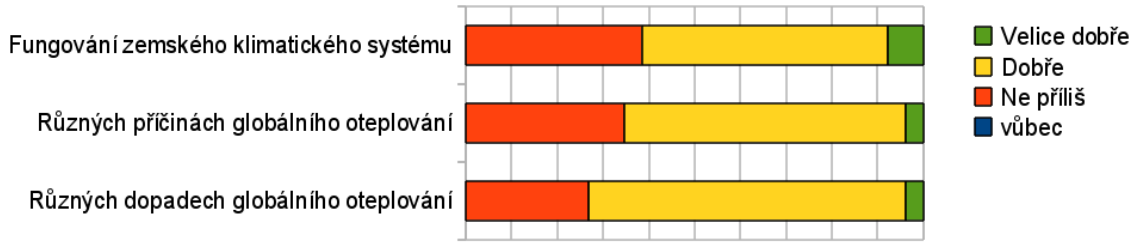


Obrázek 33: Doba praxe skupiny 26 učitelů fyziky.

Následuje 5 grafů charakterizujících skupinu fyzikářů z hlediska praxe, informovanosti a postojů ke globálnímu oteplování (dále jen GO):

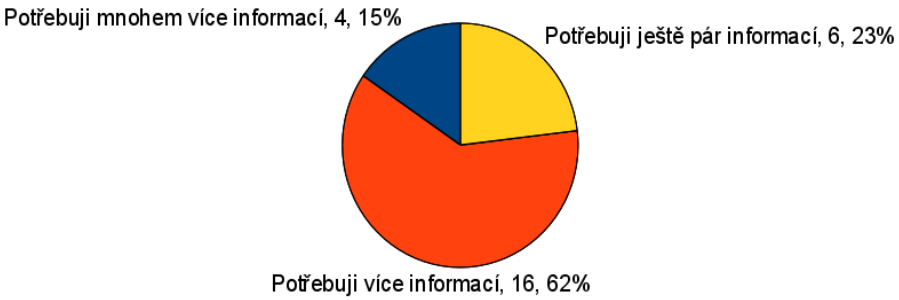


Obrázek 34: Odpovědi fyzikářů na otázku „Jak moc jste dosud přemýšlel o globálním oteplování?“ Škála: hodně, dost, trochu, vůbec



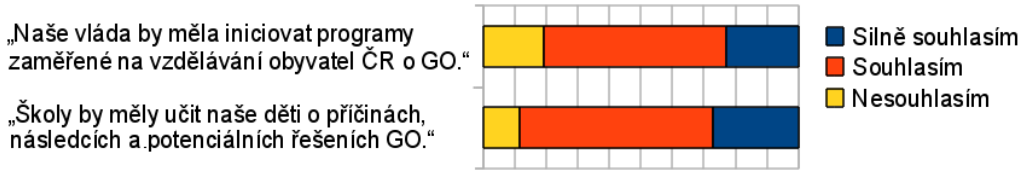
Obrázek 35: Odpovědi fyzikářů na otázku „Jak dobře se Vy osobně cítíte být informovaný o ... “ Škála: velice dobře, dobře, ne příliš, vůbec

Pokud byste se chtěl dozvědět více o GO, na který zdroj informací byste se obrátil? Bylo možné vybrat libovolný počet odpovědí z dané nabídky. z 26 učitelů fyziky by se jich nejvíce obrátilo na internet (23), dále pak knihy a časopisy (18), oficiální webové stránky organizací NASA a NOAA (10), ekologické organizace (7), televizní programy (6), předpovědi počasí (3), noviny (3), a školy (3).



Obrázek 36: Odpovědi fyzikářů na otázku „Lidé obvykle mají pocit, že k některým tématům již získali dostatek informací potřebných k tomu, aby si utvořili vlastní názor. k jiným tématům by rádi nejprve shromáždili více informací. Jak dobře informován se cítíte být ohledně GO?“

S tvrzením: „Naše vláda by měla iniciovat programy zaměřené na vzdělávání obyvatel ČR o GO.“ více či méně souhlasí 81 % fyzikářů, a s tvrzením: „Školy by měly učit naše děti o příčinách, následcích a potenciálních řešeních GO.“ souhlasí celkem 88 % fyzikářů. Nikdo z dotazovaných fyzikářů (dokonce ani nikdo z celkového počtu 179 respondentů) u těchto dvou tvrzení nezvolil možnost „silně nesouhlasím“.



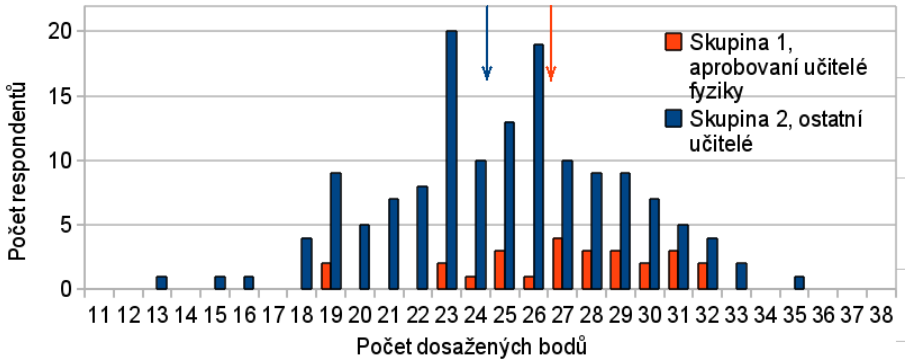
Obrázek 37: Stanovisko fyzikářů ke vzdělávání o GO.

6.3 Ověření hypotéz

Hypotéza 1

„Aprobovaní učitelé fyziky lépe rozumí fungování klimatického systému než učitelé jiných předmětů.“

Primární skupinou, na kterou se výzkum zaměřuje, je 26 aprobovaných učitelů fyziky. Jako referenční skupina slouží všichni ostatní respondenti nemající aprobaci pro výuku fyziky (145 osob). **Cílem bylo zjistit, zda aprobovaní fyzikáři mají lepší znalosti a pochopení fyzikálních procesů klimatického systému.** Dá se předpokládat, že lidé, kteří studovali didaktiku fyziky nebo odbornou fyziku, a mají praxi v učitelství fyziky, mají dobře rozvinuté fyzikální myšlení. Měli by tedy mít dobrý odhad v otázkách souvisejících s fyzikálními procesy klimatického systému.



Obrázek 38: Bodové skóre skupin zkoumaných pro hypotézu č. 1. Šipky označují průměr dosažených bodů srovnávaných skupin.

	Skupina 1. aprobovaní učitelé fyziky	Skupina 2. ostatní učitelé
Počet respondentů	26	145
Průměr dosažených bodů	27,1	24,9
Směrodatná odchylka	3,5	4,0

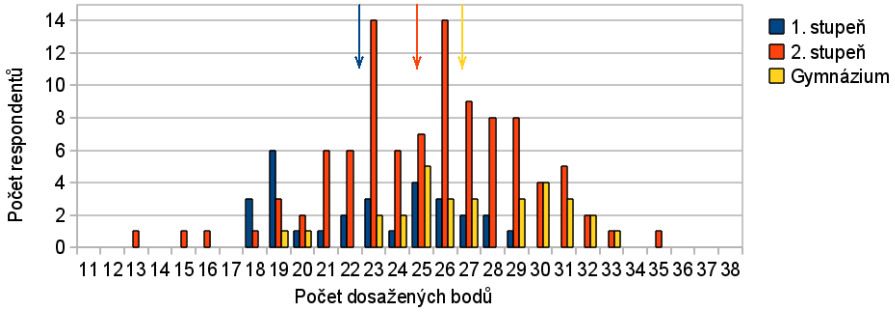
Tabulka 2: Číselné výsledky testu hypotézy č. 1. (P = 0,0100, t = 2,6803, df = 169)

Rozdíl ve výsledcích obou skupin je statisticky významný. Hypotéza č. 1., že učitelé fyziky lépe rozumí klimatickému systému než ostatní učitelé, byla potvrzena.

Hypotéza 2

„Gymnaziální učitelé mají lepší znalosti o klimatu než učitelé na základních školách.“

V disertační práci se primárně zabývám výukou na 2.stupni ZŠ, proto jsem doplňkově porovnal výsledky učitelů 2. stupně ZŠ také s učiteli 1. stupně ZŠ, přestože to nebylo předmětem hypotézy. Data byla rozčleněna podle typu škol na 3 skupiny: 1. stupeň ZŠ, 2. stupeň ZŠ, gymnázia. Odpovědi učitelů SŠ a SOU nebyly předmětem výzkumu. Jelikož mnoho učitelů působí současně na více typech škol, bylo potřeba je rozdělit do skupin podle určitého klíče. Prioritu měla příslušnost k vyššímu stupni školy. Respondenti vyučující na obou stupních ZŠ byli zařazeni mezi učitele 2. stupně ZŠ. Většina gymnaziálních učitelů vyučuje na vyšším i nižším stupni. Jen 3 respondenti učí pouze na nižším stupni gymnázia, nebylo proto možné z nich sestavit samostatnou skupinu a byli zařazeni do jedné skupiny společně s učiteli vyššího gymnázia. Jedna osoba učící na obou stupních gymnázia a 2. stupni ZŠ byla zařazena mezi gymnaziální učitele. Jeden respondent učící na 2. stupni ZŠ a střední škole byl zařazen do skupiny 2. stupně ZŠ, jelikož střední školy jsme nesrovnávali.



Obrázek 39: Bodové skóre tří zkoumaných skupin. Šipky označují průměr dosažených bodů srovnávaných skupin.

	Skupina 1. učitelé 1. st. ZŠ	Skupina 2. učitelé 2. st. ZŠ	Skupina 3. učitelé gymnázií
Počet respondentů	29	100	30
Průměr dosažených bodů	22,9	25,3	27,1
Směrodatná odchylka	3,5	3,9	3,6

Tabulka 3: Číselné výsledky testu hypotézy č. 2.

V jednom t-testu byly mezi sebou porovnány výsledky skupiny 1 a 2 ($P = 0{,}0034, t = 2{,}9832, df = 127$) a ve druhém výsledky skupiny 2 a 3 ($P = 0{,}0223, t = 2{,}3135, df = 128$).

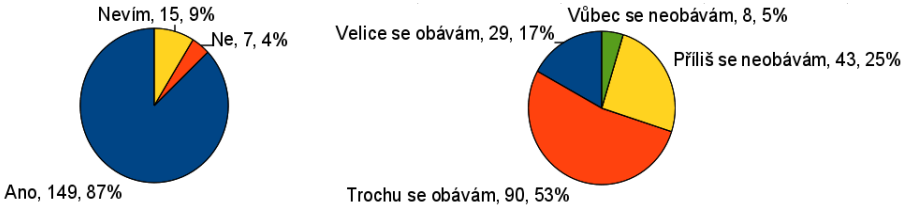
Výsledky prvního testu ukázaly, že **učitelé 2. stupně ZŠ mají lepší znalosti o fyzikálních aspektech klimatickém systému než učitelé 1. stupně ZŠ, a tento rozdíl je velice statisticky významný**. Výsledky druhého testu ukázaly, že **gymnaziální učitelé mají lepší znalosti o fyzikálních aspektech klimatickém systému než učitelé 2. stupně ZŠ, a tento rozdíl je statisticky významný. Tímto byla hypotéza č. 2 potvrzena**.

Hypotéza 3

„Učitelé, kteří se obávají globálního oteplování, mají lepší znalosti o fungování klimatického systému než učitelé, kteří se neobávají.“

K vymezení zkoumané skupiny, byly použity následující dva dotazy: 1. Mohl jste si všimnout, že v poslední době se v médiích objevuje téma globálního oteplování (dále jen GO). GO znamená, že průměrná teplota Země za posledních 150 let vzrostla, a bude se dále zvyšovat i v budoucnosti, což by mohlo způsobit globální změnu klimatu. Myslíte si, že GO probíhá? (Možnosti: ano, ne, nevím), 2. Jak moc se obáváte GO? (Možnosti: velice se obávám, trochu se obávám, příliš se neobávám, vůbec se neobávám)

Velká většina (87 %) respondentů se domnívá, že globální oteplování probíhá. Globálního oteplování se velice obává 29 % respondentů, 53 % se obává trochu. Kritérium pro sestavení 1. skupiny, bylo vymezeno kladnou dopovědí na 1. otázku (GO probíhá) a současně odpovědí „velice se obávám“ na 2. otázku.



Obrázek 40: Odpovědi na otázku 1 (vlevo) a otázku 2 (vpravo)

	Skupina 1.	Skupina 2.
Počet respondentů	27	144
Průměr dosažených bodů	25,4	25,2
Směrodatná odchylka	3,9	4,0

Tabulka 4: Číselné výsledky testu hypotézy č. 3. (P = 0,7420, t = 0,3298, df = 169)

Porovnáním výsledků obou skupin byl zjištěn jen velice malý rozdíl v bodovém průměru, který není statisticky významný. **Hypotéza č. 3., že respondenti obávající se globálního oteplování mají lepší znalosti o klimatickém systému, se nepotvrdila.**

Byl proveden ještě jeden kontrolní test, kdy v první skupině byli respondenti, kteří odpověděli na 1. otázku kladně a současně na 2. otázku odpověděli „velice se obávám“ nebo „trochu se obávám“. První skupina měla 110 osob a bodový průměr $25{,}0$, druhá skupina měla 61 osob a průměr $25{,}6$. Ani v tomto testu nebyl rozdíl ve výkonu obou skupin statisticky významný ($P = 0{,}2986$).

6.4 Testové otázky použité ve výzkumu

Pro výzkum byly použity vybrané otázky z výzkumu Yalské univerzity „Americans' Knowledge of Climate Change“ z roku 2010. Formulace otázek nebyla nijak změněna, aby výsledky tohoto testu bylo možné porovnat s americkým výzkumem. Odkazy na původní vědecké studie podporující fakta jsou k dispozici ve shrnutí výsledků amerického výzkumu [12]. Možnosti volby jsou níže označeny P – pravda a N – nepravda.

1. Jak moc mohou následující jevy ovlivnit průměrnou teplotu Země?

Možnosti: hodně, významně, trochu, vůbec, nevím

- Oblaky (P)
- Změny v oběhu Země kolem Slunce (P)
- Fáze měsíce (N)
- Množství prachu v atmosféře (P)
- Sluneční skvrny (P)
- Skleníkové plyny v atmosféře (P)
- Zemětřesení (N)
- Zda je zemský povrch světlý nebo tmavý (P)
- Sopečné erupce (P)

2. Které z následujících plynů v atmosféře dobře zachycují tepelné záření zemského povrchu?

Možnosti: kyslík, metan, hélium, vodní pára, oxid uhličitý, vodík, nevím
Za správnou odpověď byl vyhodnocen výběr právě tří plynů: oxid uhličitý, metan, vodní pára. Neúplný výběr byl vyhodnocen jako špatná odpověď.

3. Myslíte si, že následující výroky jsou pravdivé?

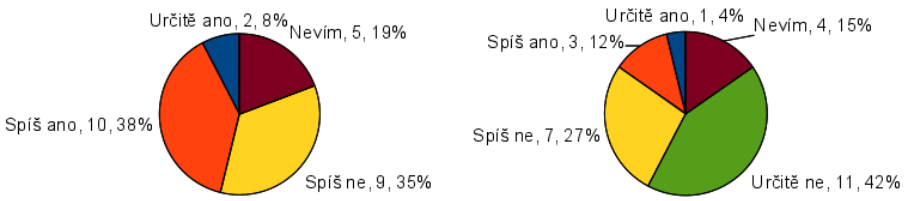
Možnosti: určitě ano, spíš ano, spíš ne, určitě ne, nevím

- Oceánské proudy transportují teplo z rovníku směrem k pólům. (P)
- Atmosféra transportuje teplo od severního a jižního pólu směrem k rovníku. (N)

4. Myslíte si, že následující výroky jsou pravdivé?

Možnosti: určitě ano, spíš ano, spíš ne, určitě ne, nevím

- V minulosti rostoucí koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře způsobovaly nárůst globální teploty. (P)
- V minulosti rostoucí globální teplota způsobovala nárůst oxidu uhličitého v atmosféře. (P)



Obrázek 41: Odpovědi respondentů na dotaz, zda jsou pravdivé výroky: 1. „V minulosti rostoucí koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře způsobovaly nárůst globální teploty.“ (vlevo), 2. „V minulosti rostoucí globální teplota způsobovala nárůst oxidu uhličitého v atmosféře.“ (vpravo)

5. Lidé se dohadují, jak klimatický systém Země funguje. Následující obrázky znázorňují pět různých modelů, ve kterých se klimatický systém chová jako míč na ploše. Každý z těchto klimatických systémů reaguje jinak na lidmi zapříčiněné GO. Který z pěti obrázků nejlépe odpovídá tvé představě, jak klimatický systém funguje?

- Postupná reakce (Zemský systém se pomalu mění. GO postupně povede k nebezpečným projevům.)
- Vratká poloha (Zemský systém je jemně vyvážený. Malé oteplení povede k náhlým a katastrofickým projevům.)
- Stabilní poloha (Zemské klima je velice stabilní. GO bude mít malé nebo žádné důsledky.)

- Prahové umístění (Zemské klima je stabilní v určitých mezích. Jestliže je globální oteplení malé, klima se vrátí do stabilní polohy. Je-li oteplení velké, povede k nebezpečným důsledkům.) (P)
- Náhodný stav (Zemské klima je náhodné a nepředpověditelné. Nevíme, co se stane.)

6. Které z následujících položek označujeme jako „fosilní paliva“?

Možnosti: ano, ne, nevím

- Dřevo (N)
- Ropa (P)
- Zemní plyn (P)
- Vodík (N)
- Uhlí (P)
- Energie ze Slunce (N)

7. Který z grafů nejlépe reprezentuje Vaši představu, jak se změnilo množství oxidu uhličitého v atmosféře v posledních 500 letech?

- Beze změny (Oxid uhličitý nijak neroste ani neklesá v závislosti na čase)
- Lineární nárůst (Oxid uhličitý lineárně roste s časem)
- Lineární pokles (Oxid uhličitý má lineární pokles v závislosti na čase)
- Exponenciální nárůst (Oxid uhličitý má exponenciální nárůst v závislost na čase) (P)
- Exponenciální pokles (Oxid uhličitý má exponenciální pokles v závislost na čase)

8. Kolik oxidu uhličitého bylo přibližně v atmosféře v roce 1850?

Možnosti: 150 ppm, 290 ppm (P), 390 ppm, 450 ppm, nevím

9. Kolik oxidu uhličitého je přibližně v atmosféře dnes?

Možnosti: 150 ppm, 290 ppm, 390 ppm (P), 450 ppm, nevím

10. Jak moc přispívají následující faktory ke GO?

Možnosti: hodně, významně, trochu, vůbec, nevím

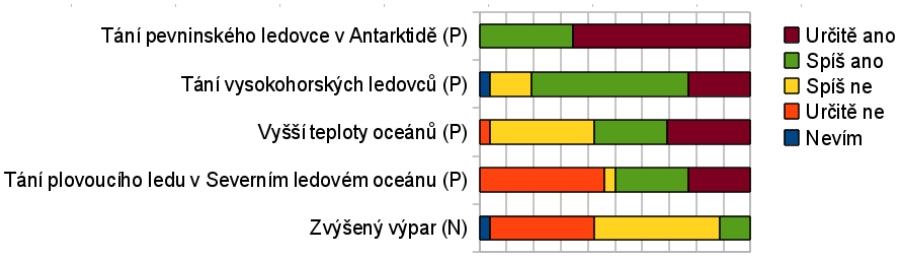
- Spalování fosilních paliv pro vytápění a výrobu elektřiny (P)
- Odlesňování (P)
- Díra v ozónové vrstvě (N)
- Toxické odpady (N)
- Dobytek (P)
- Osobní a nákladní automobily (P)
- Kyselé deště (N)
- Vesmírný program (N)

11. Myslíte si, že následující výroky jsou pravdivé?

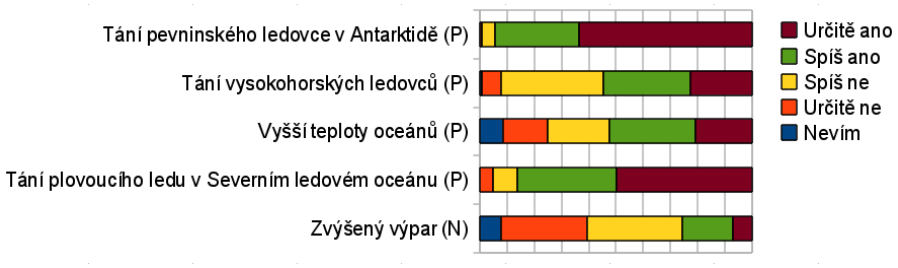
Možnosti: určitě ano, spíš ano, spíš ne, určitě ne, nevím

- GO je způsobováno především Sluncem. (N)

12. Myslíte si, že následující faktory mohou způsobit vzestup hladiny oceánů?



Obrázek 42: Odpovědi skupiny 26 fyzikářů na otázku „Myslíte si, že následující faktory mohou způsobit vzestup hladiny oceánů?“



Obrázek 43: Odpovědi skupiny učitelů (145 osob) bez aprobace pro fyziku na otázku „Myslíte si, že následující faktory mohou způsobit vzestup hladiny oceánů?“

6.5 Rozšíření výzkumu o Dunning-Kruger efekt

V roce 2009 psychologové Cornellovy univerzity Justin Kruger a David Dunning publikovali výsledky výzkumu provedeném na univerzitních studentech [94]. Autoři zkoumali vztah sebehodnocení studentů a jejich skutečných výsledků. Zjistilo se, že studenti se slabými výsledky v testu mají o svých znalostech a schopnostech vysoké mínění, a svůj odhad počtu získaných bodů přestřelili až o 50 %. Naproti tomu studenti, kteří v testech uspěli velice dobře, své výsledky vzhledem k průměru odhadovali skromně. Tento efekt byl v rámci studie prověřován a potvrzen v případě sebehodnocení smyslu pro humor, schopnosti logického uvažování a znalostí gramatiky. I v pozdějších studiích byl tzv. Dunning-Kruger efekt prokázán. Neschopní lidé neumí své omezení rozpoznat a mají velkou sebedůvěru. Platí to však i naopak. Autoři v článku citují Thomase Jeffersona: „Ten, kdo hodně ví, sám ví nejlépe, jak málo ví.“

Dunning-Kruger efekt bývá často zmiňován v souvislosti znalostí lidí o problematice změny klimatu a způsobu jejich vystupování [95]. Ověření Dunning-Kruger efektu původně nebylo cílem výzkumu znalostí učitelů o klimatickém systému v rámci této disertační práce. Přesto jsme se dodatečně pokusili zjistit, zda se efekt i v případě skupiny našich 171 respondentů potvrdí. V testu respondenti nebyli explicitně požádáni o odhad vlastního výsledku vzhledem ke skupině (formou percentilu) ani o odhad svého bodového hodnocení. Proto bylo vybráno 8 otázek testu, které nemají vědomostní charakter, ale cílí na sebereflexi respondenta. K odpovědím z dané škály 4 možností byly přiřazeny bodové hodnoty 0 až 3. Respondent, který si je svými znalostmi jistý, cítí se být dobře informovaný a myslí si, že nepotřebuje žádné další informace, mohl získat až 24 bodů. Procentuální vyjádření zisku bodů v těchto 8 otázkách označujeme jako míru sebejistoty respondenta.

Otázky a kódované odpovědi

1. Jak dobře se Vy osobně cítíte být informovaný o fungování zemského klimatického systému? *Velice dobře - 3, Dobře - 2, Ne příliš - 1, Vůbec - 0*

2. Jak dobře se Vy osobně cítíte být informovaný o různých příčinách GO?
   Velice dobře - 3, Dobře - 2, Ne příliš - 1, Vůbec - 0

3. Jak dobře se Vy osobně cítíte být informovaný o různých dopadech GO?
   Velice dobře - 3, Dobře - 2, Ne příliš - 1, Vůbec - 0

4. Jak dobře se Vy osobně cítíte být informovaný o způsobech, kterými můžeme zmírnit GO? *Velice dobře - 3, Dobře - 2, Ne příliš - 1, Vůbec - 0*

5. Lidé obvykle mají pocit, že k některým tématům již získali dostatek informací potřebných k tomu, aby si utvořili vlastní názor. K jiným tématům by rádi nejprve shromáždili více informací. Jak dobře informován se cítíte být ohledně GO?
   Nepotřebuji žádné další informace - 3, Potřebuji ještě pár informací - 2, Potřebuji více informací - 1, Potřebuji mnohem více informací - 0

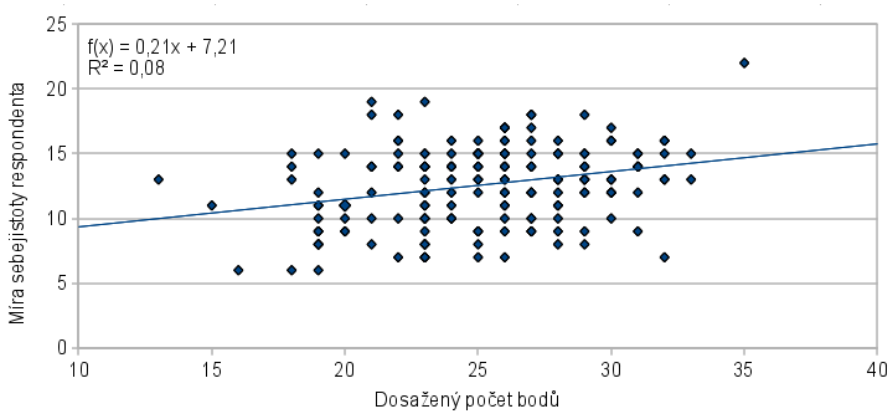
6. Zodpovězte následující otázky: Jak moc jste dosud přemýšlel o GO?
   Hodně - 3, Dost - 2, Trochu - 1, Vůbec - 0

7. Mohl bych lehce změnit svůj názor na GO.
   Silně nesouhlasím - 3, Nesouhlasím - 2, Souhlasím - 1, Silně souhlasím - 0

8. Jak moc jste si jistý, že GO probíhá či neprobíhá?
   Naprosto jistý - 3, Velice jistý - 2, Trochu jistý - 1, Vůbec si nejsem jistý - 0

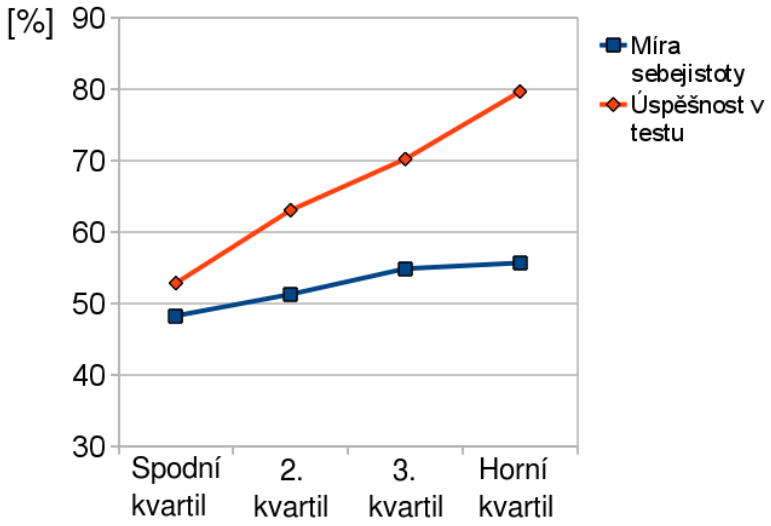
Výsledky

A) V rámci celé skupiny 171 respondentů bylo zjištěno, že sebejistí respondenti mají sklon mít lepší výsledky.



Obrázek 44: Rozšíření výzkumu o Dunning-Kruger efekt: Míra sebejistoty respondenta a počet dosažených bodů v testu. Lineární regrese je počítána pro 171 bodů. Ne všechny body jsou v grafu viditelné, protože se překrývají.

B) Respondenti byli následně rozděleni podle výsledků v testu na 4 skupiny podle kvartilu. Skupina s nejlepšími výsledky (horní kvartil) měla 42 osob, další 3 skupiny obsahují po 43 osobách. Vzhledem k velkému počtu respondentů lze vliv jedné chybějící osoby v horním kvartilu na výsledek šetření zanedbat. Procentuální vyjádření míry sebejistoty a úspěšnosti v testu pro jednotlivé kvartily je zobrazeno v následujícím grafu:



Obrázek 45: Rozšíření výzkumu o Dunning-Kruger efekt: Míra sebejistoty respondenta (modrá) a úspěšnost v testu (červená). Maximální sebejistotě odpovídá zisk 24 bodů (tj. 100 %). Ve vědomostním testu bylo možné získat maximálně 36 bodů (100 %).

Graf vykazuje náznak efektu, který byl zjištěn v práci Dunning a Krugera. Učitelé s nejlepšími znalostmi o klimatickém systému svou informovanost o dané problematice hodnotí střízlivěji než učitelé s horšími výsledky. **Uvádíme zde toto rozšíření výzkumu jako námět pro další zkoumání v této oblasti.**

7 Návrh kurikula a vzorové aktivity

Po dobu 4 let (2007-2011) byla na fakultní základní škole v Brně realizována výuka přírodovědného volitelného předmětu se zaměřením na meteorologii, klima a zemský systém. Předmět byl vyučován v 7., 8. a 9. ročníku, s časovou dotací 1 hodina týdně a průměrným počtem 15 žáků ve třídě. Výuka sloužila ke sběru dat pro tuto disertační práci. Byly zkoumány miskoncepce žáků, jejich schopnosti, znalosti a dovednosti. Ve školní meteorologické stanici žáci měřili základní meteorologické prvky. Důraz byl kladen na práci s daty a grafy. Byla ověřována vhodnost určitých témat a aktivit vzhledem k vyspělosti žáků a vazbám na učivo probírané v ostatních předmětech. Na základě této práce vznikl systematický kurz přenosný na jiné základní školy a nižší gymnázia, který má za cíl přispět ke klimatické gramotnosti žáků. Těžištěm kurzu jsou aktivity a úlohy zaměřené na fyzikální aspekty klimatického systému.

Návrh kurikula s tématem meteorologie a klimatu pro 2. stupeň ZŠ

7. ročník
• *Hlavní téma*: **Meteorologie a hydrologie**
• *Učivo*: pranostiky, atmosféra, teplota, oblaky, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, vodní cyklus
• *Vzorové aktivity*: Pranostiky, Ladovy pohlednice, Měření teploty, Denní chod teploty a průměrná denní teplota, Měření tlaku, Modely meteorologických přístrojů, Školní meteorologická stanice, Meteorologická stanoviště GLOBE škol, Druhy oblaků, Dokumentární filmy.

8. ročník
• *Hlavní téma*: **Klima**
• *Učivo*: klimadiagramy, biomy, tropické cyklóny, kryosféra, skleníkový jev, paleoklima, klimatické změny, klimatické změny v médiích
• *Vzorové aktivity*: Obyvatelná zóna, Klimadiagramy, Köppenova klasifikace klimatu, Stopování hurikánů, Měření albeda, Sněhová koule, Měření úbytku ledu v Arktidě, Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší?, Okyselování oceánů, „Kuličkový model“ klimatického systému, Masová vymírání druhů.

9. ročník
• *Hlavní téma*: **Uhlíkový cyklus, zdroje energie, globální změna**
• *Učivo*: vlastnosti a formy uhlíku, fosilní paliva, biomasa, zdroje energie, ukládání uhlíku, uhlíková stopa, mezinárodní dohody o změně klimatu, mitigace a adaptace
• *Vzorové aktivity*: Vztah počasí a klimatu, Zdroje energie, Využití měřící stanice Vernier, Uhlí a jeho hustota, Biouhel, Globální indikátory.

7.1 Aktivity pro 7. ročník

V 6. ročníku se ve fyzice žáci učí látky, změny skupenství, veličiny a jednotky, základy měření. Jsou tedy dostatečně vybaveni pro praktická měření v meteorologické budce, čímž své dosavadní vědomosti a dovednosti upevní a rozšíří.

7.1.1 Pranostiky

Na úvod do meteorologie je vhodné připomenout lidové pranostiky a jejich význam pro život našich předků (především v zemědělství). Žáci dostanou za úkol sledovat, zda určité vybrané pranostiky stále ještě platí. Svá pozorování si zapisují do sešitu, po čase učitel výsledky zhodnotí a okomentuje. Pranostiky téměř pro každý den lze nalézt např. na stránkách <http://pranostiky.wz.cz>. Nejznámější pranostiky jsou často spojeny se svátky - Vánocemi a Velikonocemi. Pranostika by měla být zvolena tak, aby byla žákům srozumitelná a aby bylo možné jednoznačně určit, zda se naplnila. Např. u pranostiky „Svatý Martin přijíždí na bílém koni.“ budou žáci pozorovat, zda na Martina (dne 11. listopadu) sněžilo, případně o kolik dní se pranostika minula.

V úvodních hodinách můžeme také připomenout zajímavé historické souvislosti vzniku a vývoje oboru meteorologie. Dobrým zdrojem je např. kniha Meteorologie skoro detektivní [104] nebo Když padají trakaře [105]. Pro motivování žáků lze zadat referáty na různá témata spojená s meteorologií nebo počasím, čímž žáci (alespoň ti aktivnější) se začnou o obor zajímat a získají k němu osobní vztah.

7.1.2 Ladovy pohlednice

Aktivitu ověřování pranostik je vhodné kombinovat s fyzikálním rozborem Ladových pohlednic. Připravené zmenšeniny dvou motivů jsou v příloze (Tři králové - obr. 71 a Ponocný - obr. 72). Učitel obrázky vytiskne, rozdá žákům a ti si je vlepí do sešitu. Úkolem žáků je obrázek si pečlivě prohlédnout, odhadnout roní dobu a stav počasí. Často lze z obrázků přibližně určit některé meteorologické prvky - oblačnost, teplotu vzduchu, srážky, rychlost větru, dohlednost. Dále žáci mají za úkol nalézt na obrázku co nejvíce fyzikálních jevů (např. stopy ve sněhu - tlaková síla) a zapsat je do sešitu. Aktivita napomáhá žákům v rozvoji fyzikálního myšlení a vyjadřování pozorovaného jevu pomocí fyzikální terminologie.

7.1.3 Měření teploty

Pracovní listy v příloze viz obr. 73, 74 a 75.

Měření teploty a druhy teploměrů se žáci učili již v 6. ročníku ve fyzice. Pro meteorologická měření je třeba zopakovat zásady čtení na stupnici kapalinového teploměru (dívat se na stupnici z kolmého směru, nesahat a nedýchat na něj), rozsah stupnice, odchylku měření. Nový je pro žáky princip minimo-maximového teploměru. Pro potřeby

školní meteostanice nepotřebujeme profesionální vybavení, ale stačí zahrádkářský min-max teploměr s trubicí ve tvaru „U“, který se dá pořídit za cenu do 500 Kč.

7.1.4 Denní chod teploty a průměrná denní teplota

Cílem této aktivity je výpočet průměrné denní teploty třemi různými způsoby. Žáci si procvičí práci s daty a konstrukci grafu. Pro samostatnou práci žáci potřebují sadu dat teplot vzduchu měřených v hodinových intervalech. Každý žák by měl dostat svou jedinečnou sadu dat (každý zpracuje data pro jiný den), aby bylo možné jejich výsledky porovnat. Všechny práce můžeme nakonec vystavit na školní nástěnce. Je potřeba pracovat s reálnými daty, nelze si hodnoty jednoduše vymyslet. V ideálním případě bychom měli pracovat s daty poblíž místa školy nebo nejlépe ze školní meteorologické stanice. Škola by ovšem musela provozovat automatickou meteorologickou stanici umožňující kontinuální měření. V Programu GLOBE žáci měří klasickými přístroji jen jednou denně v pravé poledne. Český hydrometeorologický ústav neposkytuje data ze svého archivu bezplatně. Na internetu jsem na stránkách <http://pocasi.divoch.cz> nalezl archiv dat z různých míst České republiky. Teploty v hodinových intervalech jsou zaokrouhleny na celé Celsiovy stupně. Pro účel školní aktivity to stačí, ale je dobré děti upozornit, že v meteorologických stanicích se teplota sleduje s přesností na desetiny stupňů.

Postup – instrukce pro žáky

1. Otevřete na internetu stránku <http://pocasi.divoch.cz>
2. Vyberte libovolné město na svislé liště vpravo.
3. Vybrat datum na svislé liště vpravo.
4. Zaznamenejte nebo uložte data denního chodu teplot.
5. Vypracujte graf na milimetrovém papíře.
6. Nalezněte a zapište minimální a maximální denní teplotu.
7. Vypočítejte průměrnou denní teplotu třemi různými způsoby.
8. Porovnejte, jak významně použitý vzorec ovlivní výslednou hodnotu průměrné teploty.

Algoritmy výpočtu průměrné denní teploty

Pro výpočet průměrné denní teploty použijeme následující tři algoritmy:

$$T_a = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} \tag{1}$$

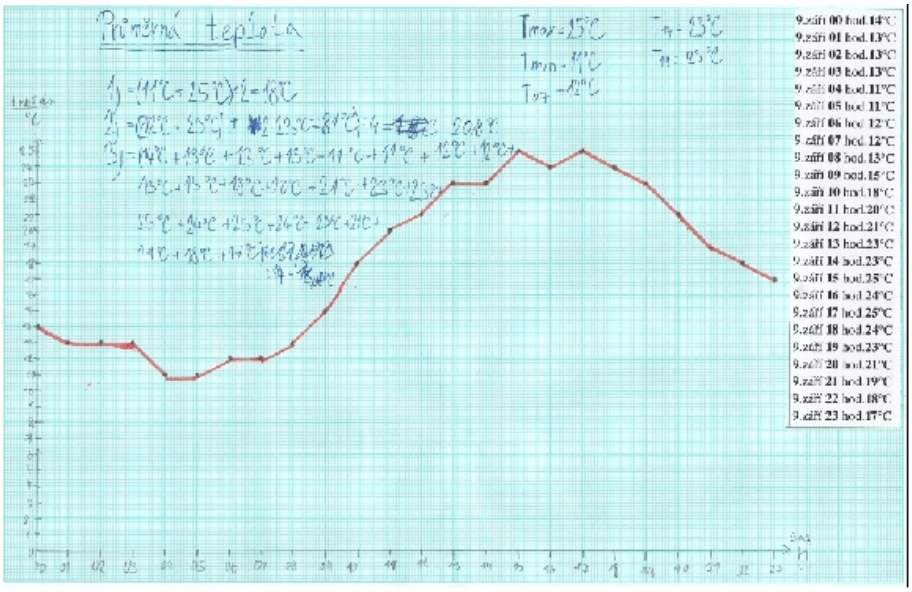
kde $T_{\min}$ je nejnižší změřená denní teplota a $T_{\max}$ je nejvyšší teplota. Tento algoritmus je používán v Programu GLOBE k výpočtu průměrné denní teploty z dat změřených ve školních meteorologických stanicích [106]. Metoda vyžaduje jen jedno měření denně (vždy ve stejnou dobu). Volby doby měření může ovlivnit naměřené hodnoty minimální a maximální denní teploty. GLOBE školy provádí měření v pravé astronomické poledne.

$$T_b = \frac{T_{07} + T_{14} + 2T_{21}}{4} \tag{2}$$

kde dolní indexy 07, 14, a 21 jsou hodiny místního času. Např. T_7 je tedy hodnota teploty změřená v 7 h ráno. Tento algoritmus výpočtu průměrné denní teploty je standardně používán v českých meteorologických stanicích a je běžný i ve většině evropských zemí.

$$T_c = \frac{T_{00} + T_{02} + \ldots + T_{23}}{24} \tag{3}$$

kde dolní indexy 00 až 23 jsou opět hodiny místního času. Algoritmus tedy počítá aritmetický průměr teplot změřených v hodinových intervalech. Hodnota získaná tímto způsobem se nejvíce blíží střední hodnotě denní teploty. Výpočet na základě 24 denních měření (nebo alespoň 4 měření po 6 hodinách) proto doporučuje Světová meteorologická organizace [107].



Obrázek 46: Ukázka žákovské práce - Graf denního chodu teploty a výpočet průměrné denní teploty třemi různými způsoby

Australský výzkum vyčíslil odchylku průměrné denní teploty v závislosti na použitém algoritmu [107]. Největší odchylky byly zjištěny v pobřežních oblastech. Při změně metodiky výpočtu (přechodu na jiný algoritmus) by mohlo dojít ke skokové změně a narušení kontinuity dat. Proto je potřeba každou takovou změnu metodiky pečlivě připra-

vit a evidovat. Průměrné denní teploty změřené v pozemních meteorologických stanicích jsou totiž základem pro výpočet globální teploty (průměrné teploty Země). Globální teplotu počítá několik specializovaných center na světě (např. NASA-GISS), a jejich metodiky se poněkud liší. Důležité je si uvědomit (a upozornit na to žáky), že globální teplota je sice často používaný parametr, ale jeho význam by se neměl přeceňovat. Růst globální teploty je jen jedním z mnoha dokladů globálního oteplování, důležitý je i růst teploty oceánů, zvyšování hladiny oceánů teplotní roztažností vody nebo tání kontinentálních a plovoucích ledovců.

7.1.5 Měření tlaku

Instrukce pro učitele

1. Žáci si zhotoví jednoduchý barometr, se kterým doma provádějí měření jednou denně (vždy ve stejnou hodinu) po dobu jednoho týdne. Jako stupnici lze použít pravítko, tlak výchylka je pak udávána v milimetrech.

2. Je nutné zajistit pokud možno konstantní teplotu, takže vedle barometru se umístí ještě teploměr. Žáci zaznamenávají čas měření, tlak [mm] a teplotu [°C].

3. Naměřené hodnoty vynesou do grafu a společně vyhodnotíme.

Při měření barometrem se podařilo zachytit příchod tlakové níže, jež byla spojena se silnou vichřicí (příloha, obr. 76). Dokládám také pečlivou práci žáka 7. třídy, který z vlastní iniciativy doma zaznamenával výchylku několikrát denně. Jeho záznamy a grafy jsou v příloze na obr. 77.

7.1.6 Modely meteorologických přístrojů

Měřit atmosférické prvky lze nejen profesionálním zařízením, ale jednoduché měřící přístroje si mohou žáci vyrobit sami z běžně dostupných materiálů. Nejsou sice zdaleka tak přesné (někdy dávají jen kvalitativní výsledky), ale žáci se při jejich výrobě mnohému naučí. Příkladem je barometr z předchozí úlohy, ale žáci jsou schopni vyrobit i jednoduché teploměry, vlhkoměry nebo zařízení indikující rychlost a směr větru. Na ZŠ Křídlovická jsme se žáky vytvořili modely meteorologických přístrojů, které byly prezentovány veřejnosti na GLOBE Games v rámci festivalu na náměstí v Bystřici nad Pernštejnem. Návštěvníci stánku měli za úkol uhodnout, k čemu které zařízení slouží.

Modely meteorologických přístrojů se podrobně zabývá bakalářská práce Andrey Šťastné „Meteorologie na ZŠ“, která vznikla pod mým vedením na PdF MU v roce 2009 a je dostupná online [40].

Obrázek 47: Prezentace modelů meteorologických přístrojů na GLOBE Games 2008 v Bystřici nad Pernštejnem žáky ZŠ Křídlovická.

Postup – instrukce pro žáky

1. Nejdříve je třeba vybrat na stránkách GLOBE stanici, která má k dispozici fotografie do čtyř světových stran. K datům se dostanete přímo kliknutím na zkrácenou webovou adresu: <`http://goo.gl/uCkT7`> nebo delší cestou: <`http://classic.globe.gov`> ⇒ For students ⇒ Maps graphs ⇒ Special Visualizations ⇒ Globe Site Photos.

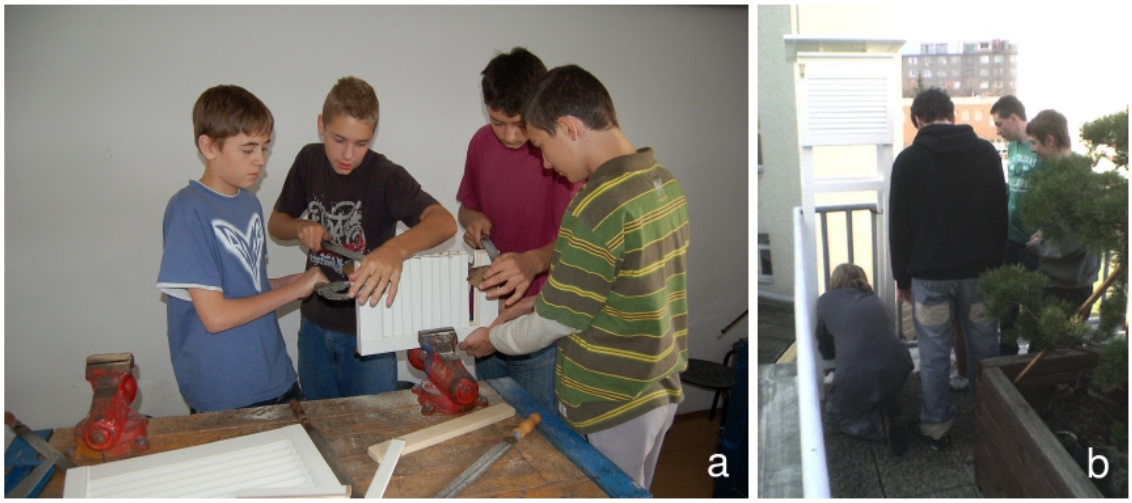
2. Mapku s polohou stanice najdeme podle souřadnic třeba na stránkách <`http://atlas.mapquest.com/maps`> Např. pro ghanskou školu Kanton stačí do vyhledávacího pole zadat zeměpisnou délku šířku (latitude) a délku (longitude) ve formátu: „10.521 -1.585“.

3. Na mapě je poloha stanice označena ikonou. Nastavíme přiblížení tak, aby poloha stanice byla zřejmá v kontextu kontinentu. Vyfotíme obrazovku přes tlačítko PrintScreen a mapku ořízneme v libovolném grafickém programu.

7.1.7 Školní meteorologická stanice

Pro výuku meteorologie na základních školách je nanejvýš potřebné, aby školy provozovaly vlastní meteorologické stanice. Žáci pak mohou prakticky aplikovat nabyté poznatky. Každodenní meteorologická měření vedou žáky k systematické a pečlivé práci. Má-li škola vlastní dlouhodobou kolekci dat, žáci je pak mohou zpracovávat. Výstupem několikaletých měření může být třeba klimadiagram dané školy. Žáci mohou sdílet a porovnávat své výsledky s jinými školami. Základní vybavení meteostanice je minimomaximový teploměr a srážkoměr, podle možností školy lze budku vybavit i vlhkoměrem a barometrem. Aktivita, která školu nic nestojí, je poznávání druhů oblaků, kondenzačních čar a odhad pokrytí oblohy oblačností. Protokol meteorologických měření používaný na ZŠ Křídlovická v Brně je v příloze (obr. 82, 83).

Vlastní meteorologickou budku mohou žáci vyrobit v rámci pracovních činností ve školní dílně. Meteorologická budka má stěny ze žaluzií, aby jimi mohl volně procházet vzduch a musí být natřena bílou barvou, aby se nepřehřívala. Správně by měla být nad travnatým povrchem, výška teploměru 2 m nad zemí. Umístění budky bývá často problém, protože ne každá škola disponuje vhodným pozemkem a nebo dochází k opakovanému vykrádání budky a poškozovámí vandaly. Není-li jiná možnost, budku lze umístit např. na školní terase. Naměřená data při dlouhodobém měření přesto mohou mít vypovídací hodnotu. Především žáci musí mít možnost pravidelných měření, aby se měřit naučili.



Obrázek 48: Výroba meteorologické budky ve školní dílně (a) a její instalace na terase (b)

Meteorologická budka musí být orientována tak, aby při otevření dvířek sluneční paprsky nikdy nemohly dopadnout na měřící přístroje. Na severní polokouli tedy dvířka směřují na sever a na jižní k jihu. Zajímavý problém však vzniká na rovníku, kde Slunce v průběhu roku svítí jednou ze severní a jindy z jižní strany. Meteorologické budky na

rovníku mají proto dvířka z obou stran. Půl roku se používají jedny dvířka, pak se přístroje otočí a používají se druhá dvířka (obr. 49).

Obrázek 49: Profesionální meteorologická stanice v Kakamega, Keňa

V roce 2007 jsme v západní Keni zřídili školní meteorologickou stanici. Škola nechala vyrobit jednoduchou meteorologickou budku pro minimo-maximový teploměr. Použité plány na konstrukci meteorologické budky navržené pro Program GLOBE jsou zde: <http://globe.gov/sda/tg/atinst.pdf>. Téma počasí a základy meteorologických měření jsou součástí osnov integrovaného předmětu Science. V nejběžnějších učebnicích „Understanding Science“ jsou obrázky meteorologických přístrojů, ale učitelé je často nikdy na vlastní oči neviděli. Proto než jsme svěřili měření žákům, museli se napřed naučit měřit teplotu a srážky samotní učitelé (obr. 50).

Obrázek 50: Učitelé venkovské základní školy v západní Keni se učí měřit teplotu (a) a srážky (b)

Některé kvalitní střední školy v Keni provozují vlastní meteorologické stanice, kde jsou pravidelná měření prováděna studenty školy. Dobrým příkladem je meteorologická stanice Kisumu Boys High School (obr. 51). Meteorologická měření mohou částečně suplovat laboratorní práce v přírodovědných předmětech (především ve fyzice). Většina keňských škol nemá prostředky na vybavení laboratoří a zřízení meteorologické stanice může být dokonce levnější investice. Monitorování počasí a změny klimatu m velký význam, protože keňské zemědělství je odkázáno na přirozené zavlažování deštěm.

Obrázek 51: Školní meteorologická stanice Kisumu Boys High School v západní Keni. Na snímku je kromě met. budky také srážkoměr, výparoměr a Wildova korouhev s anemometrem

7.1.8 Meteorologická stanoviště GLOBE škol

Cílem této aktivity je vypracovat dokument formátu A4 s fotografiemi meteorologického stanoviště a mapkou. Pro práci s daty na serveru projektu GLOBE je vhodné, aby žáci chápali, že zobrazovaná data jsou reálná z existujících míst a naměřená skutečnými lidmi. Aktivita je vhodná také do hodin informatiky, protože si žáci procvičí vytváření textového dokumentu včetně zpracování jednoduché grafiky. Žáci vytvoří dokument na základě vzoru (např. přiložený dokument Ghana). Vzor dokumentu pro žákovskou práci je v příloze jako obr. 84.

7.1.9 Druhy oblaků

Pracovní listy v příloze viz obr. 78 až 79

7.1.10 Dokumentární filmy

Výklad učitele a praktická měření žáků jsou pro výuku meteorologie na ZŠ nejdůležitější. Některé atmosférické jevy však nelze žákům zprostředkovat přímo, protože k nim dochází za výjimečných okolností nebo na exotických místech Země. V takových případech jsou nezastupiteln dokumentární filmy. O počasí existuje mnoho kvalitních dokumentů na DVD, které lze použít jako motivační prvek nebo doplněk výuky. Velice kvalitní a poutavá je čtyřdílná série *Rozmary počasí* z produkce BBC. Jednotlivé díly jsou tématicky zaměřené na vítr, mráz, vodu a vedra. Dokument představuje reálné události, k nimž ve světě dochází, ale také kvalitní animace (např. vznik krystalů ledu, pád dešťové kapky). V pořadu vystupuje kaskadér, kterého filmaři vystavují nejrůznějším extrémům (chladu, větru, povodni, ...) a sledují při tom jeho reakce, což je pro žáky velice aktivní. I v dnešní době, kdy jsou žáci přesyceni záplavou audio-vizuálních informací z médií, je dokument Rozmary počasí dokáže zaujmout.

Obrázek 52: Obálky DVD dokumentu Rozmary počasí z produkce BBC. Seriál u náš vyšel v edici Lidových novin.

Je vhodné dokument nechat promítnout v případě, když v hodině supluje nekvalifikovaný učitel. Aby žáci nebyli jen pasivními diváky, dostanou pracovní listy s otázkami na informace, které musí v dokumentu zachytit. Níže předkládám připravené otázky k dílům 1 a 3 série Rozmary počasí.

Kontrolní otázky k dokumentu Rozmary počasí 1 - Vichřice, orkány, tornáda

1. Jak se snižuje teplota vzduchu v závislosti na výšce?
2. Jaká teplota je ve výšce 8 km?
3. V rovníkové oblasti vzduch stoupá nebo klesá?
4. Kolik stupňů m Beaufortova stupnice?
5. Tropické bouře se na severní polokouli otáčejí po směru nebo proti směru hodinových ručiček?
6. Jaká je nejmenší rychlost větru, od které začínáme tropickou bouři označovat jako hurikán?
7. Ve které části hurikánu je největší rychlost větru?
8. Jaká je rychlost tryskového proudění?

Kontrolní otázky k dokumentu Rozmary počasí 3 - Záplavy, tsunami, tropické deště

1. Kolik procent povrchu Země pokrývá voda?
2. Jak často prší v Norsku?
3. Jak dlouho trvá cesta kolem světa vodě v termohalijním výměníku?
4. Nakresli tvar padající dešťové kapky:
5. Jak dlouho trvá běžná bouřka?
6. V které oblasti vznikají hurikány?
7. Kde vzniká Golfský proud?
8. Doplň větu: „Hlavní nebezpečí není v tom, kolik srážek spadne, ale .....“

7.2 Aktivity pro 8. ročník

7.2.1 Obyvatelná zóna

Podrobný popis aktivity s instrukcemi pro učitele je v příloze - obr. 85 až 87.

7.2.2 Klimadiagramy

Na základních školách se v 6. ročníku žáci učí o počasí ve fyzice a o klimatu v hodinách zeměpisu. Pro různé klimatické pásy se v učebnicích seznamují s klimadiagramy znázorňujícími charakteristický roční chod teploty a měsíční úhrny srážek pro danou oblast. Data pro klimadiagramy jsou výsledkem dlouhodobých měření v meteorologických stanicích. Hodnoty teplot a srážek jsou typicky zprůměrovány za období 30 roků, dobře tedy popisují charakteristický režim počasí v dané oblasti. Při pohledu na klimadiagram člověk může okamžitě získat představu o klimatických podmínkách. Podle chodu teploty lze určit na jaké polokouli se dané místo nachází a přibližně i jeho zeměpisnou šířku. Podle rozložení srážek se pak dají snadno identifikovat pouště, monzunové oblasti apod. Klimadiagramy jsou spojovacím můstkem mezi meteorologickými měřeními a klimatem. Důkladné probrání klimadiagramů (co znázorňují a jak se tvoří) na základních školách by mohlo přispět k lepšímu porozumění žáků rozdílu mezi klimatem a počasím. V praxi však učitelé zeměpisu obvykle nemají dostatek času na procvičení této látky.

K procvičení klimadiagramů má sloužit pracovní list (v příloze obr. 88), kde žáci mají za úkol interpretovat data klimadiagramu Nairobi a na základě tabulky dat sestavit klimadiagram meteostanice Brno-Tuřany, vypočítat roční úhrn srážek a průměrnou roční teplotu vzduchu. Jde o jednoduchou úlohu pro samostatnou práci žáků v lavicích.

Druhá úloha na téma klimadiagramy je navržena pro jednu celou vyučovací hodinu v učebně informatiky. Žáci mají podle předlohy vytvořit jednostranný dokument obsahující klimadiagram zvoleného místa, mapu, ilustrační fotografii a základní geografické informace, které se váží k danému místu. Cílem aktivity je, aby si žáci dokázali spojit data zobrazená v klimadiagramu s konkrétním místem na Zemi, získali konkrétnější představu o jeho klimatických podmínkách. Nejtěžší částí úlohy je vytvoření kombinovaného grafu s křivkou teplot, sloupci srážek a dvojitou svislou osou v tabulkovém procesoru. Pro zjednodušení práce a úsporu času je možné dát žákům jako šablonu hotový dokument v tabulkovém procesoru (např. s daty z meteostanice Brno-Tuřany). Oni jen zamění data v tabulce a graf se automaticky překreslí. Šablona v programu Open Office Calc je k dispozici online zde: <`http://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy/lessonplans/2_KLIMA/klimadiagram`>. Žáci si procvičí práci s textovým editorem, tabulkovým procesorem, zpracování obrázků a vyhledávání na internetu. Má-li aktivita zabrat jen jednu vyučovací hodinu měli by žáci již tyto práce na PC mít probrané. Aktivitu tedy může využít např. učitel informatiky k procvičování. Na začátku hodiny žáci dostanou následující instrukce:

Klimadiagram – instrukce pro žáky

1. Zvolte si meteostanici na stránkách <http://www.worldclimate.com> a stáhněte data průměrných měsíčních srážek a teplot. (Je třeba vybrat takovou stanici, která poskytuje data o srážkách i teplotách.)
2. Vytvořte tabulku v tabulkovém procesoru (obvykle Calc nebo Excel).
3. Vytvořte klimadiagram.
4. Zkopíruj název a souřadnice meteostanice.
5. Najdi na internetu bližší informace o daném místě včetně mapky a fotografie.
6. Vytvoř dokument o jedné straně A4 podle vzoru (v příloze obr. 89).

Z hlediska fyzikálního vzdělávání má tato aktivita přispět k lepšími porozumění (alespoň intuitivnímu) žáků pojmům *teplota*, *průměrná teplota* vzduchu, *objem* vody (resp. výška sloupce vody na plochu 1 m^2), ale i fyzikálním a astronomickým vlivům na lokální klimatické podmínky (sluneční záření, albedo povrchu, změna skupenství, tepelná kapacita oceánů atd.). V ne poslední řadě má význam procvičování práce s daty, tvorba grafů a diagramů.

7.2.3 Köppenova klasifikace klimatu

Pracovní listy včetně řešení jsou v příloze na obrázcích 90 až 95.

Jakkoliv se tato aktivita na první pohled může jevit náročná, podle naší zkušenosti nedělá žákům 8. ročníku větší potíže, spíše je dokáže zaujmout.

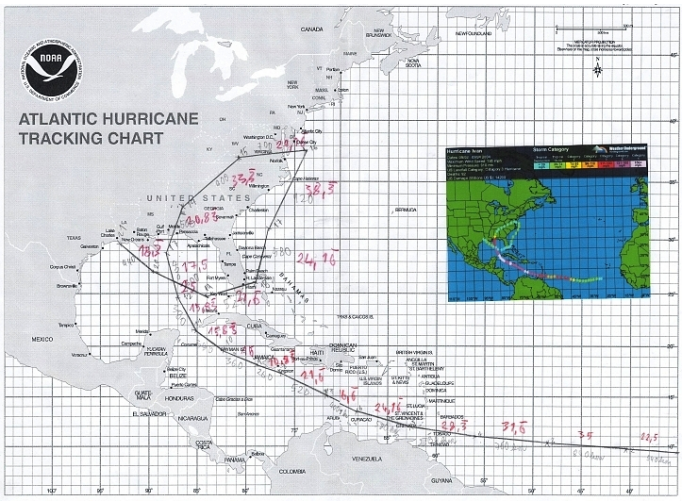
7.2.4 Stopování hurikánů

Aktivita propojuje učivo zeměpisu, fyziky a matematiky. Pro větší motivaci je vhodné aktivitu zařadit do výuky v hurikánové sezóně, když se tímto tématem zabývají média. Práce žáků můžeme vystavit na školní nástěnce.

Postup – instrukce pro učitele

1. Nachystejte listy s daty o poloze a kategorii hurikánu pro skupiny po cca třech žácích. Data jsou k dispozici online na stránkách <http://www.wunderground.com/tropical>, kde kliknete na „Hurricane Archive“.
2. Pro každou skupinu vyberte a vytiskněte mapu západního Atlantiku. Vhodné mapy jsou k dispozici na stejné adrese nebo zde: <http://weather.about.com/od/hurricaneformation/qt/tracking_charts.htm>.

3. Žáci mají za úkol zaznamenat polohu hurikánu ve stejných časových intervalech (obvykle po 3 nebo 6 hodinách).
4. V horním rohu mapy je měřítko, podle kterého žáci zjistí, kolika kilometrům ve skutečnosti odpovídá jeden milimetr na mapě. Změřením délky jednotlivých úseků na mapě žáci zjistí průměrnou rychlost pohybu hurikánu. (Míle je potřeba přepočítávat na kilometry.)
5. Po vypracování žáci pro kontrolu dostanou barevný snímek s vyznačenou trajektorií pohybu hurikánu.
6. Při závěrečné diskuzi probereme se žáky podmínky vzniku hurikánu, odkud čerpají energii (teplý povrch oceánu, nad pevninou ztrácejí intenzitu), jaká je typická trajektorie (stáčení doprava, Corriolisova síla), dopady na společnost atd.



Obrázek 53: Ukázka žákovské práce: Stopování hurikánů

7.2.5 Měření albeda

Luxmetr je cenově poměrně dostupný měřící přístroj, který může výuku fyziky na základních školách obohatit. Můžeme například nechat žáky změřit osvětlení v učebnách, na chodbách, toaletách a nechat je porovnat naměřené hodnoty s hygienickými normami. Ve vztahu ke klimatu lze luxmetr využít pro měření albeda (poměru záření dopadajícího ku záření odraženému od povrchu). Albedo je tedy bezrozměrná veličina s hodnotou od 0 pro dokonale absorbující (černé) povrchy po 1 pro dokonale odrazivé (bílé) povrchy. Po vynásobení stem můžeme albedo vyjadřovat v procentech.

Albedo venkovních povrchů (trávníku, písku, asfaltu, dlažby, sněhu atd.) měříme pokud možno za jasného dne. Když zrovna přes sluneční kotouč přechází mrak, je lepší

počkat, protože v té chvíli se osvětlení rychle mění. Čidlo luxmetru uchytíme na konec tyče a při měření stojíme čelem ke Slunci, aby námi vržený stín nedopadal na čidlo ani na měřený povrch země. Měříme čidlem ve vodorovné poloze a ve výšce asi 30 cm nad povrchem. Změříme dopadající sluneční záření (čidlo míří k zenitu) a potom záření odražené (čidlo otočíme směrem k zemi). Měření albeda je pro žáky základní školy pochopitelné a snadno realizovatelné. Mohou pracovat ve dvojici, kdy jeden žák pracuje s luxmetrem a druhý zapisuje výsledky (obr. 54).

Obrázek 54: Měření albeda venkovních povrchů pomocí luxmetru

Současně s měřením albeda žáci změří také teploty povrchů IR teploměrem (bezkontaktně) nebo půdním teploměrem (obr. 55).

Obrázek 55: Měření teploty osluněných ploch půdním teploměrem

Tato aktivita je velice vhodná pro rozvíjení schopností žáků vědecky pracovat. Necháme je napřed odhadnout, které povrchy budou mít větší albedo než jiné a jaké budou teploty osluněných povrchů. Žáci stanoví své hypotézy, které měřením ověří. Měli by

své očekávání taky fyzikálně zdůvodnit. Pravděpodobně bude pro žáky překvapením, pokud naměří u některých povrchů s velkým albedem vyšší teploty než u pohltivějších povrchů. Např. trávník může být tmavší než beton, pohlcuje tedy více světla, přesto jeho teplota bude výrazně nižší než u betonu. Došlo k porušení zákona zachování energie? Správné vysvětlení souvisí s výparem. Je však na žácích, aby dokázali nalézt řešení této „záhady", zformulovat nové hypotézy a navrhnout experiment k jejich ověření.

Volbou světlých povrchů v zástavbách (bílé střechy) lze významně ovlivnit mikroklima měst a zmírnit tak negativní dopady vln veder na obyvatele. Zvyšování albeda měst by mohlo mít i globální význam pro zmírnění oteplujícího vlivu antropogenních skleníkových plynů [117].

V roce 2011 jsme se žáky realizovali měření albeda povrchů v okolí školy ZŠ Křídlovická v Brně. Dále jsme zjišťovali změnu využití půdy v okolí školy (vegetace na zástavbu) srovnáním historických map a současných satelitních snímků. Žáci připravili k danému tématu prezentaci, se kterou vystoupili na studentské konferenci ve GLOBE Games ve Vsetíně. Prezentace je k dispozici zde: <`http://amper.ped.muni.cz/miler/globe/GLOBE_Games_2011/prezentace`>.

Velká část slunečního záření je odrážena ledovými polárními čepičkami. Plovoucí led v Arktidě však velice rychle taje. Voda bez ledu sluneční záření dobře pohlcuje, čímž se zahřívá a tání ledu se urychluje. V návaznosti na aktivitu měření albeda doporučujeme vysvětlit žákům tuto důležitou pozitivní zpětnou vazbu v klimatickém systémů.

Luxmetr lze využít i pro další školní aktivity, např. pro *měření změny barevného složení slunečního světla během dne* [121]. Účinnost rozptylu slunečního záření v atmosféře závisí nepřímo úměrně na čtvrté mocnině vlnové délky světla. V poledne, když je Slunce vysoko na obloze, záření prochází tenčí vrstvou atmosféry než ráno a večer. Když je Slunce nízko nad obzorem, krátkovlnná oblast světelného spektra je z velké části rozptýlena, a pozorujeme červený sluneční kotouč. Tento efekt můžeme se žáky proměřit s využitím luxmetru a dvou barevných filtrů (červeného a modrého).

7.2.6 Sněhová koule

Albedo Země má velký význam pro celkovou energetickou bilanci a tedy i pro globální klima. Satelity změřily průměrné albedo Země $29\,\%(\pm 2\,\%)$ [116]. Země však prošla i globálním zaledněním, kdy ledovce zasahovaly až do rovníkové oblasti, o čemž svědčí dostatek geologických důkazů. V oblastech, které byly v době globálního zalednění poblíž rovníku, byly nalezeny balvany zavlečené ledovci. Při tání plovoucího ledu se balvany uvolňovaly a padaly na oceánské dno. Tento mechanismus lze ve škole demonstrovat experimentem v akváriu (obr. 56).

Teorie globálního zalednění označovaná jako *teorie sněhové koule* (Snowball Earth) měla od počátku mezi vědci mnoho odpůrců. Pokud by Země byla celá pokryta ledem, odrážela by tolik slunečního záření, že by nikdy nemohla roztát. Víme však, že

Obrázek 56: Experiment v akváriu demonstrující zavlečení balvanů ledovci do rovníkové oblasti. Snímek z dokumentu National Geographic, ukázka dostupná z: <http://www.youtube.com/watch?v=mX3pHD7NH58>.

tyto masivní ledovce roztály, jinak bychom zde nebyli. Vysvětlení tohoto paradoxu bylo nalezeno a potvrzeno díky složení hornin ve vrstvách zformovaných v následujícím období. Sopky byly aktivní i v době globálního zalednění a jimi produkovaný oxid uhličitý se v chladné a suché atmosféře akumuloval. Výsledný skleníkový efekt byl tak silný, že ledovce roztály a Země velice rychle přešla do horkého stavu, kdy na ní neexistoval vůbec žádný led. Teorii sněhové koule považuji svým významem za srovnatelnou s teorií kontinentálního driftu. Je důležitá k pochopení významu oxidu uhličitého pro světové klima. O teorii sněhové koule byly natočeny kvalitní dokumentární filmy z produkce BBC Horizon <http://www.youtube.com/watch?v=ydLNrTzMIgc> a National Geographics <http://www.youtube.com/watch?v=mX3pHD7NH58>. Celé filmy nebo jejich pasáže lze taky ve výuce použít.

7.2.7 Měření úbytku ledu v Arktidě

Cílem aktivity je změřit změnu rozlohy arktického ledu od roku 1979 a vypočítat průměrný roční úbytek. Žáci se naučí jednoduchou metodu měření plochy a procvičí si práci s grafy.

Postup – instrukce pro učitele

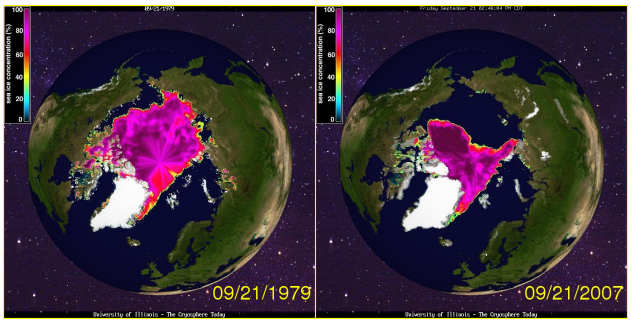
1. Na stránkách <http://igloo.atmos.uiuc.edu/cgi-bin/test/print.sh> vyberte obrázky znázorňující zaledněnou plochu Severního ledového oceánu v určitých časových intervalech (např. pětiletých: 1983, 1988, 1993, 1998, 2003, 2008). Je vhodné použít mapy ze září, kdy obvykle zalednění dosahuje ročního minima. Obrázky barevně vytiskněte a zalaminujte, aby při práci žáků nedošlo k jejich poškození a mohli jste je použít i v příštím roce.

2. Na průhledné fólie natiskněte čtvercovou síť s mezerami 5 mm (stačí ofotit čtverečkovaný papír). Rozdělte děti do dvojic (nebo malých skupin), přičemž každá dvojice dostane jeden laminovaný obrázek Arktidy a fólii s čtvercovou sítí.

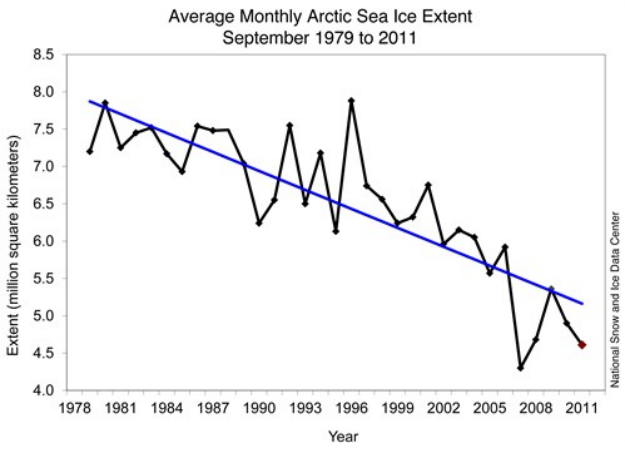
3. Děti připnou fólii k obrázku kancelářskými sponkami (nebo ji přilepí izolepou) a spočítají, kolik čtverečků vyplňuje plocha s barvami ve škále od žluté po tmavě fialovou (40 % - 100 % zalednění). Jeden žák může počítat čtverečky a hlásit počty v jednotlivých řádcích, druhý žák zapisuje, potom hodnoty sečtou. Žáci nahlásí výsledky učiteli, který je zapíše na tabuli do tabulky.

4. Ze získaných hodnot žáci sestaví graf na milimetrovém papíru nebo v tabulkovém procesoru.

5. Žáci dostanou na lístečku vytištěný graf skutečné rozlohy plovoucího ledu v Severním ledovém oceánu. Graf je k dispozici zde: <`http://nsidc.org/images/arcticseaicenews/20111004_Figure3_thumb.png`>. Z počátku a konce regresní přímky zjistí, kolik km^2 ledu ubylo od roku 1979 a vypočítají průměrný roční úbytek. Výsledek porovnají s rozlohou České republiky.



Obrázek 57: Zalednění Arktidy v letech 1979 a 2007 [102]



Obrázek 58: Průměrné měsíční zalednění Arktidy, září 1979 až 2011 v milionech km^2 [103]

Náměty na diskuzi se žáky

1. Jak a proč se mění rozloha ledu v průběhu roku (na severní a jižní polokouli)?
2. Kam až zasahovaly ledovce v období posledního glaciálu?
3. Proč je důležité sledovat nejen plochu ledu, ale i jeho objem a stáří?
4. Které faktory přispívají k ubývání ledu? (skleníkové plyny, saze z průmyslu a dieselových motorů ztmavují povrch ledu...)
5. Proč ubývání arktického ledu zrychluje? (globální oteplování zrychluje, tenký led se láme, kladná zpětná vazba: Led odráží většinu dopadajícího slunečního záření, zatímco voda většinu záření pohlcuje, čímž se ohřívá, a tání ledu se ještě zrychlí.)
6. Co se děje s vodou z roztátých ker? (neklesá – teplotní a slanostní stratifikace (rozvrstvení), Archimédův zákon)
7. Kdy může být Arktida v létě zcela bez ledu?
8. Proč je arktický led důležitý pro stabilitu klimatu?
9. Jak lze zpřesnit měření plochy pomocí čtvercové sítě? (jemnější síť, více měření, praxe)
10. Proč není správné určovat dlouhodobý trend jen podle počáteční a koncové hodnoty?

7.2.8 Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší?

V příloze naleznete pracovní list (obr. 96, 97) a jeho řešení (obr. 98, 99) pro výpočet tloušťky vrstvy CO_2 vyprodukovaného v ČR za rok a rozprostřeného na plochu ČR.

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez zápachu. Než začneme se žáky provádět různé výpočty s CO_2, měli by s ním mít nějakou praktickou zkušenost. Můžeme třeba provést jednoduchý experiment s přeléváním CO_2 z jedné sklenice do druhé a zhášení svíčky na dně sklenice. Tyto pokusy možná žáci znají z fyziky 6. ročníku (tekutiny), ale neškodí je v úvodu hodiny připomenout. Jako zdroj CO_2 použijeme sifonovou bombičku nebo efektnější způsob je vyvinout ho smícháním octa a jedlé sody.

Koncentrace skleníkového plynu CO_2 v atmosféře je aktuálně (jaro 2012) asi 393 ppm (tj. 0,0393 %), vlivem spalování fosilních paliv a odlesňování roste o více než 2 ppm za rok. Ve srovnání s obsahem dusíku (78 %) a kyslíku (21 %) by se mohlo zdát, že tak nepatrné množství je zanedbatelné CO_2 a jeho drobná změna nemůže mít na klima pozorovatelný vliv. Nezáleží ovšem na procentuálním množství CO_2 vůči dalším plynům, ale na jeho absolutním množství. Pro lepší představu o atmosférickém množství CO_2 můžeme spočítat tloušťku vrstvy, kterou by plynný CO_2 vytvořil na povrchu Zeměkoule,

kdybychom ho nechali rovnoměrně rozprostřít. Před počátkem průmyslové éry by tato vrstva byla asi 2,5 m vysoká, dnes by tvořila asi 3,5 m. Tloušťku vrstvy CO_2 můžeme přirovnat k peřině. Určitě pocítíme rozdíl, jestli si vezmeme na spaní peřinu tenkou nebo tlustou. Je-li peřina příliš tlustá, pohodlně se nevyspíme.

7.2.9 Okyselování oceánů

Pracovní listy v příloze viz obr. 100 až 101.

Obrázek 59: Experiment s okyselením vody v důsledku absorpce CO_2. Snímky zachycují počátek experimentu (a), stav po 1 hodině (b) a po dvou hodinách (c).

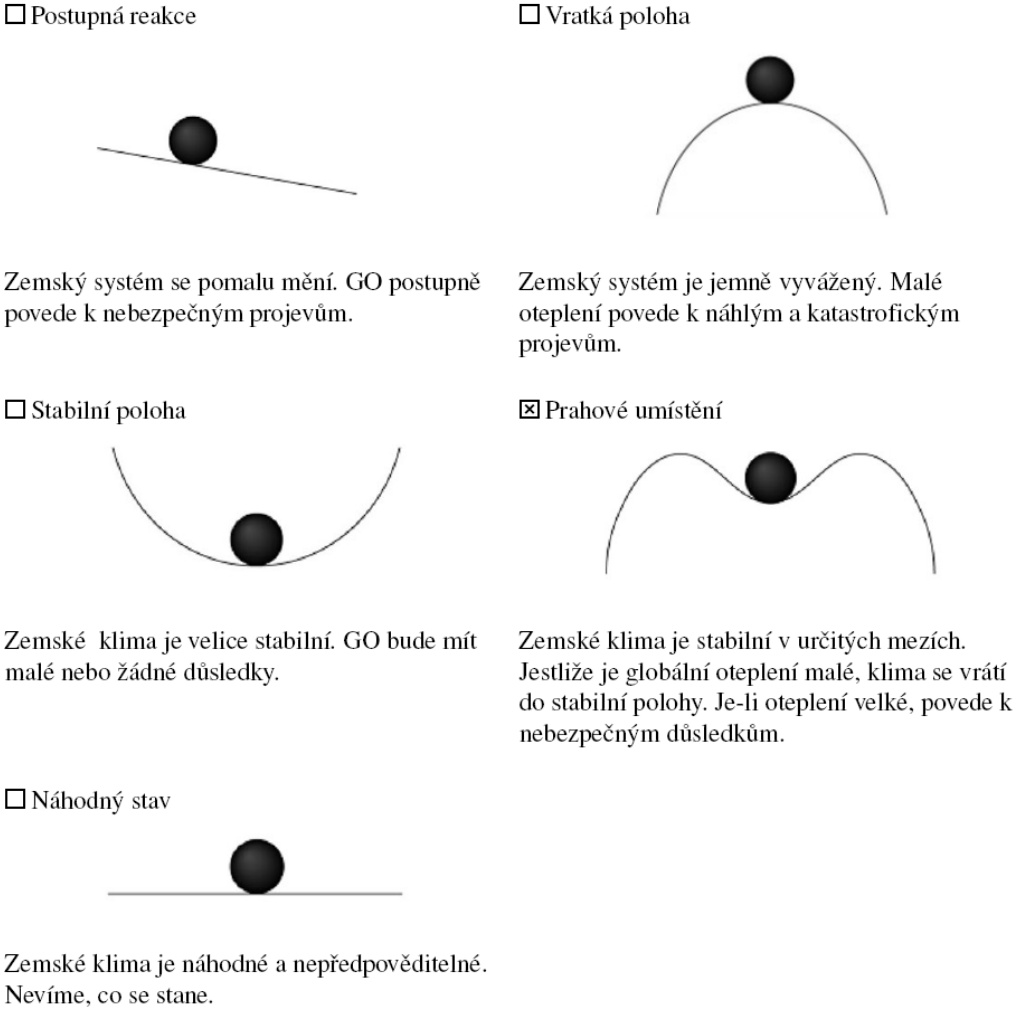
Obrázek 60: Experiment s okyselením vody v důsledku absorpce CO_2. Šipka označuje hladinu vody, kde nejdříve (asi po 30 minutách) můžeme pozorovat odbarvení.

Obrázek 61: Experiment s okyselením vody v důsledku absorpce CO_2. Pohled na sklenici shora. Při ohřívání stěn sklenice okolím vzniká ve vodě konvekce a odbarvená voda klesá středem sklenice ke dnu.

7.2.10 „Kuličkový model“ klimatického systému

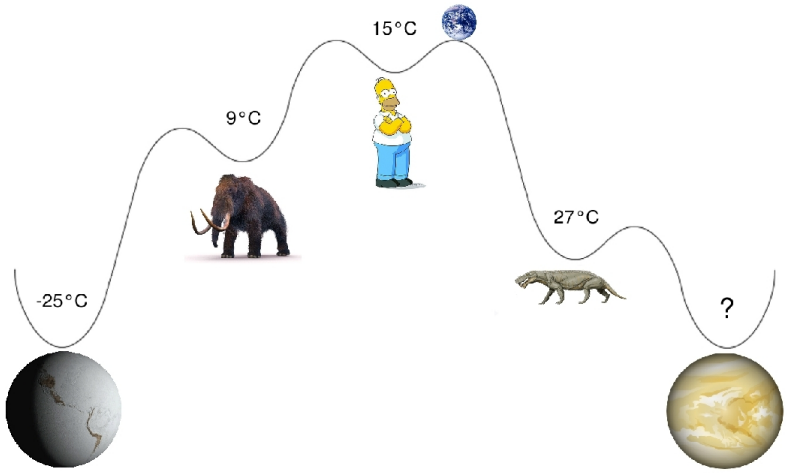
Zjednodušeně můžeme celý klimatický systém Země znázornit obrázkem 63. Nápad pro znázornění klimatického systému pomocí kuličky na nakloněné rovině byl převzat z testové otázky výzkumu Yalské univerzity „Americans′ Knowledge of Climate Change“ v roce 2010 [12].

Zadání: „Lidé se dohadují, jak klimatický systém Země funguje. Následující obrázky znázorňují pět různých modelů, ve kterých se klimatický systém chová jako míč na ploše. Každý z těchto klimatických systémů reaguje jinak na lidmi zapříčiněné GO. Který z pěti obrázků nejlépe odpovídá tvé představě, jak klimatický systém funguje?“



Obrázek 62: „Kuličkový model“ klimatického systému

Globální klima se může nacházet v několika metastabilních stavech. Země v minulosti prošla nejméně dvakrát stavem globálního zalednění, kdy ledovce zasahovaly do rovníkové oblasti (teorie sněhové koule). V posledních 10 milionech let Země díky Milankovičovým cyklům přecházela mezi glaciály (chladné období) a interglaciály (teplé období). Díky skleníkovým plynům ze sopečné činnosti a tání hydrátů metanu Země prošla také stavy, kdy na jejím povrchu neexistoval led (horké období). Teoreticky je možný ještě pátý stav, který dosud nenastal, ale byl by pro vývoj života na Zemi konečný. Fyzik a astronom Dr. James Hansen se v 60. a 70. letech 20. století zabýval zabýval atmosférou Venuše, poté přešel k výzkumu zemské atmosféry. Od roku 1981 je ředitelem GISS a hlavním klimatologem NASA. James Hansen považuje Venušin syndrom za velmi reálnou hrozbu. Ve své knize Bouře mých vnoučat napsal: „...jestliže spálíme všechny zásoby ropy, plynu a uhlí, je značná šance, že nastartujeme překotné oteplování. Jestliže vytěžíme i ropné písky a břidlice, věřím, že Venušin syndrom rozhodně nastane.“ [100]. Před Venušiným syndromem varuje také teoretický fyzik a popularizátor vědy Stephen Hawking [101] dobře známý českým čtenářům např. knihou Stručná historie času.



Obrázek 63: Analogie klimatického systému: kulička setrvá v určité poloze, dokud není vychýlena o kritickou mez. V tom případě zaujme novou pozici v jiném metastabilním stavu, dokud není opět nadměrně vychýlena.

7.2.11 Masová vymírání druhů

Pracovní listy v příloze viz. obr. 102 až obr. 104.

Masová vymírání druhů v historii Země většinou souvisela se změnou klimatu. Často náhlé zvýšení koncentrace CO_2 způsobilo změnu klimatu provázenou masovým vymíráním druhů na souši i v oceánech [109]. Dosud bylo potvrzeno jediné vymírání způsobené kolizí Země s kosmickým tělesem (označované K-T, způsobilo vymření dinosaurů). Současné masové vymírání má potenciál stát se dosud největším masovým vymíráním druhů v historii Země [110].

7.3 Aktivity pro 9. ročník

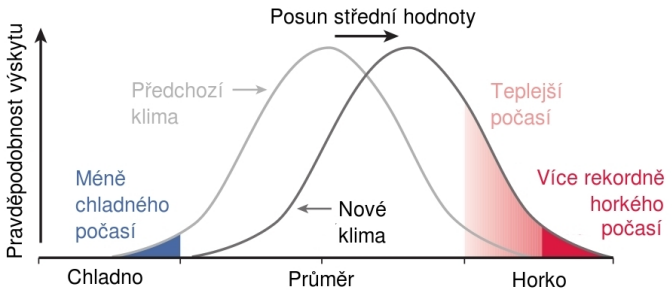
7.3.1 Vztah počasí a klimatu

Jakmile se vyskytnou extrémní teploty, srážky nebo vítr, novináři se často obracejí na klimatology s otázkou, zda za to může být projevem globálního oteplování. Obvyklá odpověď, kterou klimatologové opakují jako mantru, je taková, že žádnou konkrétní událost nelze jednoznačně označit za projev klimatické změny. Vlna veder, blesková povodeň apod. je důsledkem stavu atmosféry v určitém krátkém čase, jde tedy o projev počasí. Klima je naopak definováno jako dlouhodobý režim počasí v určité oblasti. Taková interpretace často vede laickou veřejnost k chybnému závěru, že změna klimatu není příčinou extrémních projevů počasí. Vztah počasí a klimatu má statistickou povahu, což laická veřejnost nechápe, a v interpretaci pojmů počasí a klima tápe.

Příkladem nepochopení rozdílu mezi počasím a klimatem může být výrok Václava Klause, který pronesl 12. září 2007 na náměstí ve Velkém Meziříčí: „Já jsem byl v pátek na konferenci v Itálii, kde jsem na toto téma mluvil. Já jsem říkal, že jsem přijel z Prahy, kde jsem byl před několika hodinami, teď jsem tady na Lago di Como a rozdíl teploty je neskonale větší než jakékoli globální oteplení, které by za sto nebo tisíc let vůbec mohlo nastat. A teď, když chci vtipkovat, tak jsem říkal, podívejte, já jsem to přežil. Teplota za posledních sto let - já nevím, jestli to všichni víte nebo tušíte - se zvýšila o $0{,}6\ ^{\circ}\mathrm{C}$. Kdo máte vůbec doma teploměr, který to pozná...“ [78]

Jak správně chápat vztah počasí a klimatu, a jak změna klimatu poznamená režim počasí? V určitém klimatu existuje jisté pravděpodobnostní rozložení výskytu událostí, např. různých denních teplot v průběhu roku. Když si vyneseme do grafu počty dní s určitou teplotou, získáme Gaussovu křivku. Největší počet dnů má průměrné teploty, zatímco extrémně vysokých nebo nízkých teplot je mnohem méně, a v grafu se nachází na okrajích Gaussovy křivky. Při změně klimatu do teplejšího stavu dojde k posunu střední hodnoty k vyšším teplotám. Jak můžeme vidět na obrázku 64, při malém posunu střední hodnoty se počet dnů s průměrnou teplotou zvýší jen málo, počet teplých dní se však zvýší několikrát (plocha pod pravou částí křivky). Navíc ze začnou objevovat i nové extrémně vysoké teploty, jejichž výskyt byl v původním klimatu velice nepravděpodobný. Dojde nejen k posunu střední hodnoty směrem k vyšší teplotám, ale taky se změní tvar Gaussovy křivky, která se roztáhne přes větší interval teplot. Přibudou sice extrémně horké dny, ale stále se mohou vyskytnout i extrémně chladné dny.

Užitečnou pomůcku na objasnění vztahu klimatu a počasí vymyslel Dr. James Hansen - hlavní klimatolog NASA a ředitel GISS, kde mimo jiné analyzují data z meteorologických stanic a počítají globální teplotu Země. Hansen byl v roce 2008 oceněn Americkou meteorologickou společností za to, jak prezentuje veřejnosti vědecké poznatky o klimatu. V roce 1988 svědčil před americkým kongresem o globálním oteplováním, čímž se na tento problém připoutala pozornost laické veřejnosti. Hansen si tehdy uvědomil, že lidé často zaměňují klima a počasí. Jestliže se někdy objeví neobvykle chladný den, lidé dělají ukvapený závěr, že žádné globální oteplování není. Změna globální teploty je relativně malá ve srovnání se změnami denní teploty na určitém místě. Proto je třeba sledovat četnost, s jakou se vyskytují dny teplé, dny chladné a dny s normální teplotou. J. Han-



Obrázek 64: Znázornění pravděpodobnosti výskytu teplot vzduchu při změně klimatu, na základě [19]

sen se to pokusil vysvětlit pomocí dvou hracích kostek. Jedna kostka představuje počasí v třicetiletém období 1951-1980. Kostka má dvě bílé strany pro dny s normální teplotou, dvě modré strany pro chladné dny a dvě červené strany pro teplé dny. Posun klimatu při oteplení reprezentuje druhá kostka. Ta má podle původní klasifikace jednu stranu bílou pro normální teplotu, jednu modrou pro chladné dny a čtyři červené strany pro dny teplé. Když druhou kostkou hodíme, může padnout normální nebo chladný den, ale výskyt teplých dní je mnohem pravděpodobnější [79]. Hansenovy kostky lze využít jako učební pomůcku pro vysvětlení vztahu *klimatu* a *počasí* a významu *změny klimatu*. Vystřihovánka Hansenových kostek je v příloze (obr. 105).

Obrázek 65: Dr. James Hansen [79]

Analogii hracích kostek použili také Coumou a Rhamstorf ve svém článku shrnujícím významné extrémní události uplynulého desetiletí a zaměřili se na vztah extrémních událostí ke globálnímu oteplování [108]. Článek uzavírají následujícím textem:

... Po výskytu extrémní události mnoho vědců (nás nevyjímaje) odpovídají na dotazy médií rutinní frází, že určitou událost nelze přímo vztahovat ke globálnímu oteplováním. To je často špatně pochopeno veřejností ve smyslu, že ona událost s globálním oteplováním nesouvisí, ačkoliv souviset může - jen si nemůžeme být jisti. Jestliže hodíme falešnou (zatíženou) kostkou a padne šestka, nelze říci, že tento konkrétní výsledek vznikl díky manipulaci - takto otázka nestojí. Můžeme ale říct, že počet šestek hozených falešnou kostkou je větší (možná i mnohem větší). Zrovna tak počet určitých typů extrémů počasí vzrůstá v oteplujícím se klimatu (možná i hodně). Vztah není „ano nebo ne", jak očekávají média, ale je to otázka pravděpodobnosti. Je velice pravděpodobné, že několik bezprecedentních extrémů posledního desetiletí by nenastalo bez antropogenního globálního oteplování. Detailní analýza může dát konkrétní čísla (procenta) pro určité typy extrémů, jak jsme diskutovali výše. V roce 1988 James Hansen ve svém slavném projevu pro Kongres řekl: „Je na čase přestat mlžit a říct, že jsou zde velice jasné doklady o přítomnosti skleníkového efektu." My nyní uzavíráme, více než 20 let po té, máme jasné doklady, že lidmi způsobené bezprecedentní extrémy veder a dešťů jsou zde - a způsobují lidem intenzivní utrpení.

Výše popsanou analogii lze také využít ve výuce. Dané vysvětlení je poměrně srozumitelné, takže není nezbytné házení kostkami skutečně realizovat. Z pedagogického hlediska by bylo samozřejmě lepší, kdyby žáci dostali falešnou a poctivou kostku, zkusili několik hodů a výsledky vyhodnotili. Učitel se však vystavuje riziku obvinění, že děti učí podvádět při hře v kostky.

7.3.2 Zdroje energie

Téma energetických zdrojů je důležité z hlediska příčin globálního oteplování (oxidace fosilního uhlíku) tak z hlediska opatřen na ochranu klimatu (přechod na nízkouhlíkové zdroje). Žáci základních škol by se měli orientovat v pojmech fosilní zdroje, obnovitelné a neobnovitelné zdroje, biomasa apod. Měli by také umět zařadit konkrétní zdroj energie podle jeho původu nebo obnovitelnosti. K ověření znalostí žáků v oblasti energetických zdrojů test v příloze na obr. 106 a jeho řešení na obr. 107.

Pozn.: Někdy bývá uran řazen mezi fosilní zdroje, přestože jeho původ nesouvisí s fosilizací tkání rostlin a živočichů. Zrovna tak se běžně používá označení „fosilní voda" pro podzemní rezervoáry vody utvořené před tisíci let. V ukázkovém testu řadíme mezi fosilní zdroje jen uhlí, ropu a zemní plyn na základě jejich původu a procesu vzniku.

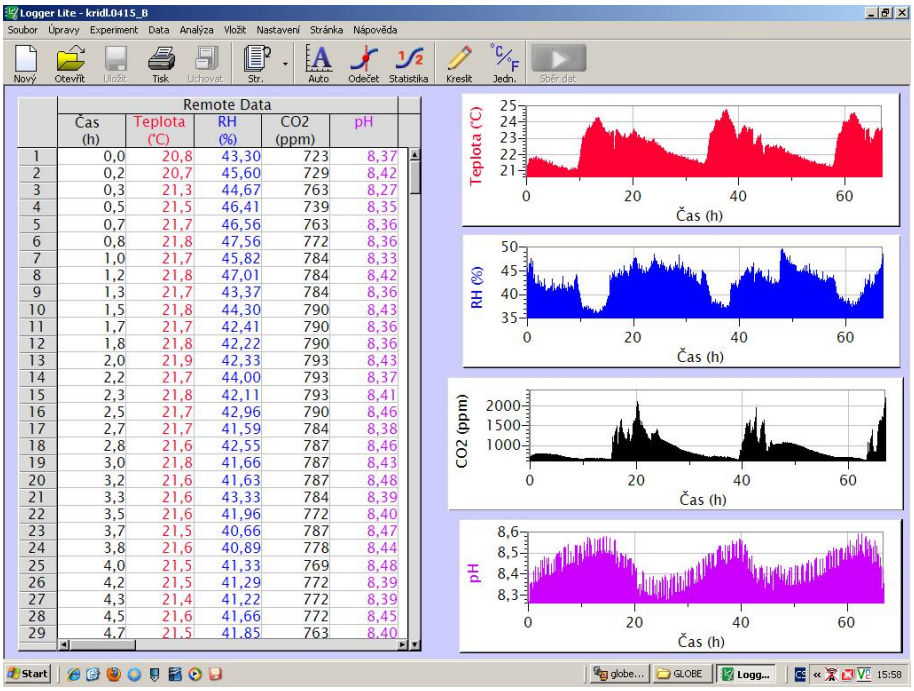
7.3.3 Využití měřící stanice Vernier

Měřící stanice Vernier je mezi českými učiteli fyziky oblíbená, o čemž svědčí i počet příspěvků na Veletrzích nápadů učitelů fyziky []. Zařízení umožňuje kontinuální měření až 4 veličin současně a je proto vhodné pro studování jejich vzájemného vztahu. Např. u plynů se nabízí zkoumání stavové rovnice (teplota, objem a tlak). Stanice umožňuje připojení k počítači a zobrazování průběhu měření v reálném čase, takže celá třída může experiment sledovat na dataprojektoru. Díky nenáročné obsluze učitel šetří čas a může zvýšit efektivitu výuky v hodinách fyziky, biologie nebo chemie. Žáci českých škol zao-

stávají ve výsledcích srovnávacích výzkumů v dovednostech řešení problémů a využití vědeckých postupů []. Stanice Vernier nám může tento stav napravit. Je možné dát žákům k dispozici sadu senzorů a nechat je samotné navrhnout a realizovat experiment. Tímto způsobem vznikly následující dva experimety: Revolta rostlin a Okyselování oceánů. Ve školních podmínkách se podařilo demonstrovat globální jevy související s antropogenními emisemi CO_2 a změnou klimatu.

Experiment 1. - Monitorování fotosyntézy aneb Revolta rostlin

Pomocí stanice Vernier jsme se žáky 8. a 9. ročníku realizovali experiment monitorování fotosyntézy v uzavřeném boxu. Do dřevěné bedny žáci nainstalovali luxmetr, teploměr, vlhkoměr a CO_2 senzor. Všechna čidla byla propojena se stanicí Vernier. Do bedny žáci umístili rostlinu, čelní stěnu bedny zakryli průhlednou fólií a všechny okraje vzduchotěsně přelepili izolepou. Bedna byla umístěna v učebně na parapetu okna orientovaného jižním směrem. Měření bylo spuštěno v pátek odpoledne a probíhalo kontinuálně po celý víkend.



Obrázek 66: Výsleky experimentu monitorování fotosyntézy

Výsledky měření jsou zachyceny ve čtyřech grafech na obrázku 66. Na vodorovné ose je opět čas společný všem čtyřem měřeným veličinám. Osvětlení rostliny Sluncem (v horním grafu) dosáhlo maximální hodnoty 60 klux v sobotu odpoledne. Teplota vzduchu v bedně velice dobře koreluje s osvětlením, a na teplotu jsou zase silně navázány změny relativní vlhkosti. Prvních 24 hodin podle očekávání velice dobře zachycuje proces fotosyntézy (spodní graf). S poklesem osvětlení ustává pohlcování CO_2 rostlinou a začíná

proces respirace, kdy rostlina CO_2 vydává. V sobotu ráno se s přibývajícím světlem fotosyntéza obnovila a vzdušný CO_2 začal ubývat. Pak se ale stalo něco neplánovaného. Sluneční záření bylo tak intenzivní, že teplota v boxu dosáhla hodnoty 60 °Ca relativní vlhkost klesla z 80 % na 40 %. Při těchto extrémních mikroklimatických podmínkách začala rostlina usychat. Rostlina se tak stala se zdrojem CO_2, jehož koncentrace v bedně se vyšplhala až na 9000 ppm. Vysoká koncentrace CO_2 se v boxu udržela do pondělního rána, kdy byl experiment ukončen.

Obrázek 67: Rostlina po experimentu

Pomocí stanice Vernier jsme tak ve třídě se žáky modelovali další z globálních jevů, který má významné lokální důsledky. Díky klimatickým změnám dochází ve světě k výskytu stále častějších a intenzivnějších letních vln veder. Za extrémních klimatických podmínek dochází k tzv. „revoltě rostlin“ [75], kdy vegetace přestává fotosyntetizovat, ale naopak se stává zdrojem CO_2. V Evropě k tomu došlo při letní vlně veder v roce 2003. kdy vegetace vydala více CO_2 než absorbovala [76]. Za takových podmínek stromy usychají a zvyšuje se riziko lesních požárů. Mikroklimatické podmínky zásadně ovlivňují rostliny, a při překročení bezpečných mezí může dojít k selhání ekosystému. To má samozřejmě závažné důsledky pro životy lidí, kteří jsou na lokálním ekosystému závislí. Popsaný experiment tak dobře demonstruje nejen samotnou fotosyntézu ale i její limity.

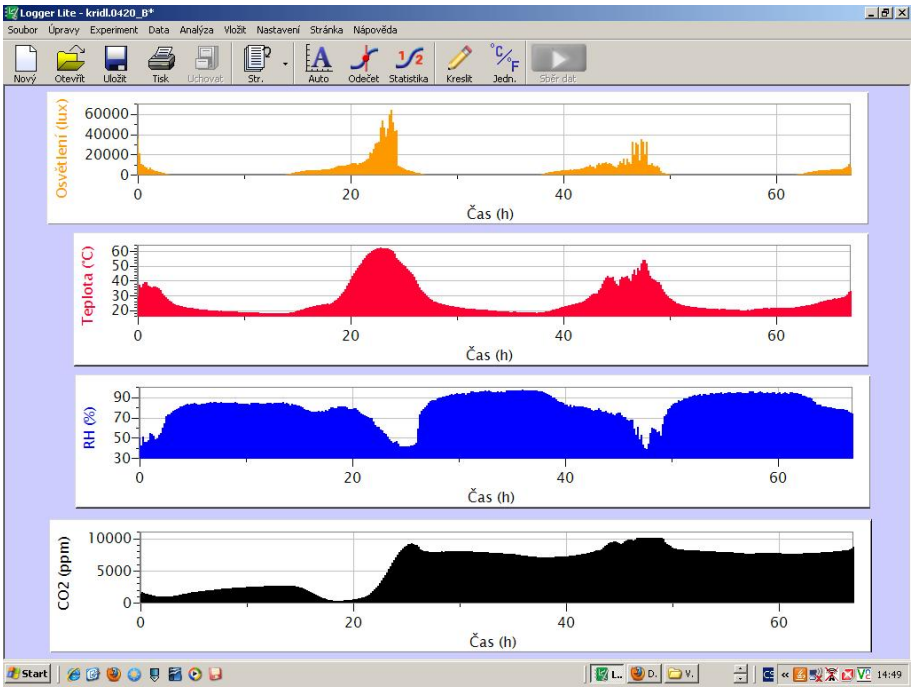
Experiment 2. - Okyselování oceánů

Na obrázku 68 jsou výsledky třídenního měření mikroklimatu ve třídě: vlevo je tabulka s daty a vpravo jsou grafy. Na vodorovné ose všech čtyř grafů je čas společný pro všechny měřené veličiny. Grafy zachycují vývoj teploty vzduchu [°C], vlhkosti vzduchu [%], koncentrace CO_2 [ppm] a pH vody v Petriho misce. Čidla byla instalována v rohu učebny s kapacitou pro 32 žáků. Data se průběžně ukládala do paměti stanice Vernier. Měření bylo spuštěno odpoledne po vyučování a probíhalo po následující tři dny (úterý – čtvrtek, březen 2010). V době měření probíhala v učebně běžná výuka, počet přítomných žáku byl proměnlivý. Po spuštění měření teplota ve třídě po celé odpoledne a noc

pozvolna klesala z 22 °C na 21 °C. Protože měření probíhalo v topném období, teplota začala narůstat 2 hodiny před začátkem vyučování po sepnutí centrálního vytápění a dosáhla hodnoty 24 °C po příchodu žáků do třídy. Relativní vlhkost vzduchu s růstem teploty poklesla z 42 % na 36 %, a znovu vzrostla na původní hodnotu po příchodu žáků. Koncentrace CO_2 po skončení vyučování zvolna klesala až do příchodu žáků druhého dne ráno. Na grafu CO_2 vidíme, že hodnoty rostou z 390 ppm až na 2000 ppm. Na křivce CO_2 je patrné každé vyvětrání. Teplota i vlhkost vzduchu se po tři dny mření pohybovala v rozmezí stanoveném vyhláškou. Ve třídě plné žáků roste koncentrace CO_2 velice rychle, a v době měření několikrát překročila 1500 ppm. Po nárazovém vyvětrání otevřením oken se množství CO_2 vždy snížilo na přípustných 1000 ppm.

Monitorování mikroklimatu jsme rozšířili o originální experiment. Čtvrtým čidlem připojeným ke stanici Vernier byl pH metr, který měřil kyselost vody v Petriho misce. Sledovali jsme vliv vzdušného obsahu CO_2 na změnu kyselosti vody, ve které se vzdušný CO_2 rozpouští. Vzniká tak kyselina uhličitá (H_2CO_3) a pH vody klesá. Proces je vratný a při snížení množství CO_2 v ovzduší se kyselost vody opět snižuje. Zjistili jsme velice dobrou korelaci mezi vzdušným CO_2 a kyselostí vody, která kolísala v rozsahu 8,3 pH - 8,6 pH. Tento experiment nemá velký význam z hlediska monitorování mikroklimatu ve třídě, ale podařilo se tak ve školních podmínkách modelovat globální jev okyselování oceánů. Oceány totiž pohlcují celou čtvrtinu CO_2 produkovaného lidmi spalováním fosilních paliv a odlesňováním. Okyselování je stokrát rychlejší, než jakékoliv změny pH oceánů v posledních 20 milionech let. Tempo okyselování nedává šanci na adaptaci mnoha mořským organismům, které jsou na počátku potravního řetězce [77]. Učit o těchto jevech jen teoreticky nemusí být efektivní, výše popsaný experiment vede k lepšímu porozumění žáků. Skupina čtyř žáků dokonce byla schopna prezentovat výsledky měření na studentské konferenci. Jejich prezentace je přístupná zde: <http://amper.ped.muni.cz/miler/globe/GLOBE_Games_2011/prezentace>.

S využitím stanice Vernier jsme provedli experimenty zkoumající globální jevy ve školních podmínkách. Zařízení se v žákovských experimentech velmi osvědčilo díky uživatelsky nenáročné obsluze a názornosti zobrazení naměřených dat.


Logger Lite - kridl.0420_B*
Soubor Úpravy Experiment Data Analýza Vložit Nastavení Stránka Nápověda
Nový Otevřít Uložit Tisk Uchovat Str. Auto Odečet Statistika Kreslit Jedn. Sběr dat
Osvětlení (lux)
60000
40000
20000
0
0 20 40 60
Čas (h)
Teplota (°C)
60
50
40
30
20
0 20 40 60
Čas (h)
RH (%)
90
70
50
30
0 20 40 60
Čas (h)
CO2 (ppm)
10000
5000
0
0 20 40 60
Čas (h)
Start
14:49

Obrázek 68:

7.3.4 Uhlí a jeho hustota

Pracovní list v příloze viz. obr. 109 a řešení obr. 110.

Elektřina je v ČR ze dvou třetin produkována při spalování uhlí. Přesto málo kdo z dnešních žáků držel uhlí v ruce. Spalování fosilního uhlíku je hlavní příčinou zesíleného skleníkového jevu a globálního oteplování. Je důležité, aby se žáci neučili o uhlí jen teoreticky, ale aby s ním získali osobní zkušenost. Navrhli jsme proto aktivitu, ve které žáci měří hustotu různých forem uhlíku - kamenného uhlí, dřevěného uhlí a dřeva. Žáci by měli znát postup měření objemu s odměrným válcem již ze 6. třídy, ale je třeba, aby i v 9. ročníku tuto dovednost uměli použít. Aktivita je součástí vzdělávání o uhlíkovém cyklu. Žáci by měli umět rozlišovat mezi krátkodobým a dlouhodobým uhlíkovým cyklem. Krátkodobý cyklus (fotosyntéza, biomasa, hoření nebo rozklad, atmosféra atd.), udržuje koncentraci CO_2 v atmosféře ve stavu dynamické rovnováhy. Fosilizací biomasy byl z atmosféry po dlouhou dobu odstraňován uhlík, díky čemuž se horká Země bez ledu mohla ochladit na současnou úroveň. V závěru aktivity mají žáci vyřešit problém, proč se někdy udává hustota hnědého uhlí $0,7\,\mathrm{g}\cdot\mathrm{cm}^3$ a černého uhlí $0,9\,\mathrm{g}\cdot\mathrm{cm}^3$. Kdyby tomu tak bylo, mělo by uhlí ve vodě plovat, což žáci při měření nepozorovali. Řešení spočívá v tom, že tyto nízké hodnoty hustoty platí pro uhlí na hromadě nebo nasypané v nádobě, tedy i se vzduchovými mezerami mezi jednotlivými kusy. Podobně bývají nízké hustoty dřeva uváděny pro palivové dřevo (s mezerami mezi poleny), aby si zákazník mohl spočítat, jaký objem dřeva naloží a jakou bude mít hmotnost. Porovnáním hustoty dřeva a dřevěného uhlí mohou žáci spočítat, kolik uhlíku suché dřevo obsahuje. Na aktivitu měření hustoty je vhodné navázat odhadováním obsahu (hmotnosti) uhlíku u konkrétních stromů v okolí školy. Dále lze vypočítat, kolik plynného CO_2 by vzniklo spálením konkrétního stromu.

7.3.5 Biouhel

Oxid uhličitý má v atmosféře dlouhou životnost (až několik století) [118]. Vědci hledají cesty, jak snížit tento skleníkový plyn z atmosféry odebírat a bezpečně ukládat. Existuje jedna velice nadějná metoda, na kterou není potřeba žádná sofistikovaná technologie ani nadměrné úsilí. Když biomasu (třeba zbytky ze zemědělské produkce) místo zaorání nebo spálení zuhelnatíme a vzniklý jemnozrnný uhel zaoráme, obsažený uhlík tak zůstane trvale izolovaný od atmosféry [119]. Navíc se zlepší fyzikální vlastnosti půdy, zvýší se její úrodnost a odolnost vůči suchu. Uhel vzniklý pyrolýzou[5] biomasy se nazývá *biouhel*. Při pyrolýze se navíc uvolňuje teplo, které lze využít pro energetické účely. Jednoduchá kamna na produkci biouhlu lze vyrobit z plechovek [120].

Se žáky 8. a 9. ročníku jsme připravili vzorky zuhelnatělé biomasy a prezentovali jsme je na festivalu GLOBE Games ve Svitavách. Návštěvníci stánku ZŠ Křídlovická měli za úkol uhodnout, jaká biomasa byla původním zdrojem vystavených vzorků biouhlu

[5]Pyrolýza je proces zuhelnatění při ohřevu na cca 500 °C bez přístupu kyslíku.

(např. modřínová šiška, burské a lískové oříšky, vzorky měkkého a tvrdého dřeva). Stánek jsme nazvali „Vraťmě uhlík zemi“.

Obrázek 69: Prezentace výroby biouhlu (a) a vzorků biouhlu (b) na festivalu GLOBE Games ve Svitavách r. 2010

Biouhel bude zřejmě v budoucnu důležitým nástrojem odstraňování uhlíku z atmosféry a nápravy půd poškozených intenzivním zemědělstvím. Zavedením tématu biouhlu do výuky se žáci učí především o uhlíkovém cyklu, fotosyntéze, energetických zdrojích a degradaci půd. Téma hoření a pyroplýzy lze využít k integraci fyziky a chemie, téma fotosyntézy a fyziologie rostlin v hodinách přírodopisu a historickou zkušenost s přidáváním biouhlu do půdy v Amazonii v hodinách zeměpisu a dějepisu. Biouhlová kamna z plechovek mohou žáci vyrábět ve školní dílně. Ve světě již bylo realizováno několik školních projektů na výzkum vlivu biouhlu na růst rostlin [122]. Biouhel je skvělé téma pro žákovské výzkumné projekty, mohou se tak přirozeně učit vědeckým postupům. Český překlad metodiky provádění pokusů s biouhlem je zde: <http://amper.ped.muni.cz/gw/uhel>

7.3.6 Globální indikátory

Pracovní list v příloze na obr. 109 a jeho řešení na obr. 110.

Úloha spočívá v dosazení správných popisů k 16 grafům z dané nabídky možností. Všechny grafy zobrazují exponenciální růst indikátorů *globální změny* (počet lidí, růst HDP, ztráta biodiverzity atd.), která v systému Země s rozmachem civilizace probíhá.

8 Závěr

Disertační práce „Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole“ má tři hlavní cíle. Níže shrnujeme stav jejich naplnění a podstatné závěry disertační práce.

1. Prozkoumat možnosti transformace mezioborové *vědy o klimatu* do *didaktického systému* se zaměřením na fyzikální vzdělávání.

Na základě analýzy struktury vědy o klimatu a stavu vzdělávacího systému v ČR jsou možné dva přístupy:

1. Transformovat obsah vědy o klimatu do stávajících oborových didaktik přírodovědného zaměření. Výuku na základních školách je možné realizovat v rozšířením kurikulu přírodovědných předmětů (fyziky, chemie, přírodopisu a zeměpisu) a průřezového tématu environmentální výchovy. Aby nedocházelo k dublování učiva je nezbytná dobrá koordinace výuky a spolupráce učitelů. Didaktika fyziky by mohla zajišťovat téma fyzikálních procesů v klimatickém systému a meteorologii. Vedle tradičních odvětví (mechanika, optika, termika...) by se didaktika fyziky měla též zabývat *fyzikou klimatu*.
2. Transformovat obsah vědy o klimatu jako celek do integrovaného předmětu *přírodověda*. Integrovaná výuka přírodovědy na 2. stupni ZŠ je možná, ale v praxi se na českých školách většinou neuplatňuje. Otevřenou otázkou zůstává garance předmětu přírodověda, jelikož *didaktika přírodovědy* dosud nebyla konstituována.

2. Provést výzkum znalostí českých učitelů o klimatickém systému.

Byl proveden výzkum formou online testu. Po vyřazení neúplných formulářů byla zpracována data od 171 respondentů - učitelů ZŠ a gymnázií.

Pro potřeby výzkumu byly stanoveny 3 hypotézy:

- H1 - „Aprobovaní učitelé fyziky lépe rozumí fungování klimatického systému než učitelé jiných předmětů.“
- H2 - „Gymnaziální učitelé mají lepší znalosti o klimatu než učitelé na základních školách.“
- H3 - „Učitelé, kteří se obávají globálního oteplování, mají lepší znalosti o fungování klimatického systému než učitelé, kteří se neobávají.“

Po statistickém zpracování můžeme konstatovat, že **hypotézy H1 a H2 byly potvrzeny, zatímco hypotéza H1 nikoliv**.

3. Navrhnout kurikulum pro výuku meteorologie a klimatu na 2. stupni ZŠ a připravit vzorové školní aktivity.

Bylo navrženo kurikulum pro výuku problematiky meteorologie a klimatu pro 2. stupeň ZŠ. Kurikulum bylo po 4. roky vyvíjeno a ověřováno na pilotní základní škole v rámci volitelného předmětu s časovou dotací 1 hodina týdně. Dále bylo připraveno 27 školních aktivit, přičemž pro většinu z nich jsou k dispozici pracovní listy v obrazové příloze disertační práce.

Návrh kurikula s tématem meteorologie a klimatu pro 2. stupeň ZŠ

7. ročník
• *Hlavní téma*: **Meteorologie a hydrologie**
• *Učivo*: pranostiky, atmosféra, teplota, oblaky, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, vodní cyklus
• *Vzorové aktivity*: Pranostiky, Ladovy pohlednice, Měření teploty, Denní chod teploty a průměrná denní teplota, Měření tlaku, Modely meteorologických přístrojů, Školní meteorologická stanice, Meteorologická stanoviště GLOBE škol, Druhy oblaků, Dokumentární filmy.

8. ročník
• *Hlavní téma*: **Klima**
• *Učivo*: klimadiagramy, biomy, tropické cyklóny, kryosféra, skleníkový jev, paleoklima, klimatické změny, klimatické změny v médiích
• *Vzorové aktivity*: Obyvatelná zóna, Klimadiagramy, Köppenova klasifikace klimatu, Stopování hurikánů, Měření albeda, Sněhová koule, Měření úbytku ledu v Arktidě, Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší?, Okyselování oceánů, „Kuličkový model“ klimatického systému, Masová vymírání druhů.

9. ročník
• *Hlavní téma*: **Uhlíkový cyklus, zdroje energie, globální změna**
• *Učivo*: vlastnosti a formy uhlíku, fosilní paliva, biomasa, zdroje energie, ukládání uhlíku, uhlíková stopa, mezinárodní dohody o změně klimatu, mitigace a adaptace
• *Vzorové aktivity*: Vztah počasí a klimatu, Zdroje energie, Využití měřící stanice Vernier, Uhlí a jeho hustota, Biouhel, Globální indikátory.

9 Reference

[1] FENCLOVÁ, J. *Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky*. SPN. Praha 1982.

[2] CONWAY, Erik. *What's in a Name? Global Warming vs. Climate Change.* [online]. 12.5.2008 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/climate_by_any_other_name.html>.

[3] BROECKER, Wallace S. *Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?.* Science. 1975, č. 189, s. 460-463. Dostupné z: <http://blogs.ei.columbia.edu/files/2009/10/broeckerglobalwarming75.pdf>.

[4] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Oddělení změny klimatu ČHMÚ* [online]. 27.7.2007 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://old.chmi.cz/cc/inf/>.

[5] MARRIS, Emma. *Planting the forest of the future*. Nature, Vol. 459, 906-908, 2009. Dostupné také z WWW: <http://www.torreyaguardians.org/bc-forestry.pdf>.

[6] HANSEN, J. *Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario*. PNAS, Vol. 97, no. 18, 9875–9880, 2000. Dostupné také z WWW: <http://stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF_Papers/Hansen.pdf>.

[7] *Global warming vs climate change*. Skeptical Science [online] [cit. 2012-03-19]. Dostupný z WWW: <http://www.skepticalscience.com/climate-change-global-warming.htm>.

[8] Alley, R. B. *Abrupt Climate Change*. Science, Vol. 299, 2003. Dostupné také z WWW: <http://nordhaus.econ.yale.edu/acc_science_280303.pdf>.

[9] RAMANATHAN, V., FENG, Y. *On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead*. PNAS, Vol. 105, no. 38, 2008. Dostupné také z WWW: <http://www.pnas.org/content/early/2008/09/16/0803838105.full.pdf>.

[10] LENTON, Tim. *2 °C or not 2 °C ? That is the climate question*. Nature. Vol. 473. 2010. Dostupné také z WWW: <http://www.nature.com/news/2011/110504/full/473007a.html>.

[11] SCHULDT, Jonathan P., KONRATH, Sara H., SCHWARZ, Norbert *„Global Warming" or „Climate Change"? Whether the Planet is Warming Depends on Question Wording*. Public Opinion Quarterly. Vol. 75, 115-124, 2011. Dostupné také z WWW: <http://poq.oxfordjournals.org/cgi/reprint/nfq073?ijkey=YcGpwzhzykOYkl7&keytype=ref>.

[12] *Yale Project on Climate Change Communication* [online]. 12.10.2010 [cit. 2011-12-20]. Publications and Reports: Americans' Knowledge of Climate Change. Dostupné

z WWW: <http://environment.yale.edu/climate/publications/knowledge-of-climate-change>.

[13] NISBET, Matthew C. *Study: Do the Terms „Global Warming" versus „Climate Change" Matter to Public Perceptions?*. ScienceBlogs. 30.7.2009 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://scienceblogs.com/framing-science/2009/06/study_do_the_terms_global_warm.php>.

[14] SHERWOOD, Steven. *Science controversies past and present* : Blackwell Physics today. 2011 Dostupný také z WWW: <http://physicstoday.org/resource/1/phtoad/v64/i10/p39_s1?bypassSSO=1>.

[15] UPPENBRINK, Julia. *Arrhenius and Global Warming* Science, 272, s. 1122. 1996. Dostupný také z WWW: <http://voh.chem.ucla.edu/vohtar/winter03/classes/14B-1/pdf/14b12R4.pdf>.

[16] *Planet Earth: Mystery With 100,000 Clues.* USA: National Academy of Sciences, 1958. Dostupný z: <http://www7.nationalacademies.org/archives/IGYPlanetEarthPosters.html>.

[17] *The Films of the International Geophysical Year 1957-1958*. Laboratory for Atmospheric and Space Physics [online]. [cit. 2012-02-05]. Dostupný z: <http://lasp.colorado.edu/igy_nas>

[18] ORESKES, Naomi. *The Scientific Consensus on Climate Change* : Science. 2004. Dostupný také z WWW: <http://www.sciencemag.org/content/306/5702/1686.full>.

[19] SCHIERMEIER, Quirin. *Climate and weather: Extreme measures* : Nature. 8.9.2011, 477, s. 148-149. Dostupn také z WWW: <http://www.nature.com/news/2011/110907/full/477148a.html>.

[20] TOLLEFSON, Jeff. *An Erosion of Trust?* : Nature. 466. 2010. Dostupný také z WWW: <http://www.nature.com/news/2010/100630/full/466024a.html>.

[21] SOMERVILLE, Hassol. *Communicating the science of climate change* : Physic today. 2011. Dostupný také z WWW: <http://www.physicstoday.org/resource/1/phtoad/v64/i10/p48_s1?bypassSSO=1>.

[22] *Reach out about climate*. Editorial. Nature. 481. 2012. Dostupný také z WWW: <http://www.nature.com/nature/journal/v481/n7379/full/481005a.html>.

[23] McCAFFREY, Mark S., BUHR, Susan M. *Toward a Climate-Literate Society* ERL News & Analyses. Environmental Law Institute, Washington, 2008. Dostupný také z WWW: <http://www.elr.info/articles/vol38/38.10838.pdf>.

[24] *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis*. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change [online]. [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspm-projections-of.html>.

[25] MEINSHAUSEN, Malte, MEINSHAUSEN, Nicolai, HARE, Willim. *Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2* °C Nature. 458, 1158-1162, 2009. Dostupné z: <http://primap.org>.

[26] SCHELLNHUBER, Hans J. *Global warming: Stop worrying, start panicking?* PNAS. Vol. 105 no. 38 14239-14240, 2008. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/105/38/14239.full.pdf>.

[27] SMITH, Joel B. *Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) „reasons for concern"*. PNAS. 2008. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/early/2009/02/25/0812355106.full.pdf>.

[28] KERR, Richard A. *Amid Worrisome Signs of Warming, 'Climate Fatigue' Sets In*. Science. Vol. 326. 2009. Dostupné z: <http://lunar.colorado.edu/~jaburns/astr4800/files/Climate%20Fatigue.Science.13Nov09.pdf>.

[29] JONES, Jeffrey M. *In U.S., Concerns About Global Warming Stable at Lower Levels*. Gallup Politics [online]. 14.3.2011 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.gallup.com/poll/146606/concerns-global-warming-stable-lower-levels.aspx>.

[30] CRAMPTON, Thomas. *More in Europe worry about climate than in U.S., poll shows - Health Science - International Herald Tribune.* The New York Times [online]. 2007 [cit. 2012-05-27]. Dostupné z: <Dostupnéz:http://www.nytimes.com/2007/01/04/health/04iht-poll.4102536.html?_r=1>.

[31] *Special Eurobarometer 372: Climate change* European Commission. 2011. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/clima/news/articles/news_2011100702_en.htm>.

[32] *The Plurality of Literacy and its Implications for Policies and Programmes* UNESCO Education Sector, Position Paper, 2004. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001362/136246e.pdf>.

[33] *Climate Literacy: The Essential Principles of Climate Science*. NOAA. Global Change Research Program. 2009. Dostupné z: <http://www.cpo.noaa.gov/index.jsp?pg=/education/edu_index.jsp&edu=literacy>.

[34] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 126 s. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z WWW: <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf>.

[35] UHEREK, Elmar, SCHÜPBACH, Eva. *European Efforts in Earth Science and Climate Change Education*. Physical Geography. Vol. 29., 545-560. 2008.

[36] DUPIGNY-GIROUX, Lesley-Ann L. *Exploring the Challenges of Climate Science Literacy: Lessons from Students, Teachers and Lifelong Learners*. Geography Compass 4/9, 1203–1217, 2010. Dostupné také z WWW: <http://www.uvm.edu/~vtstclim/Documents/pdfs/GeoCompass_literacy_article.pdf>.

[37] MILÉŘ, Tomáš, SLÁDEK, Petr. *The Climate Literacy Challenge*. Procedia Social and Behavioral Sciences, Elsevier Ltd., 12, 11.3.2011, s. 150-156, ISSN 1877-0428. 2011.

[38] COOPER, Caren B. *Media Literacy as a Key Strategy Toward Improving Public Acceptance of Climate Change Science*. BioScience. Vol. 61, s. 231-237, 2011.

[39] MANDÍKOVÁ, Dana, TRNA, Josef. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky.* Brno: Paido, 2011. ISBN 978-80-7315-226-0.

[40] ŠŤASTNÁ, Andrea. *Meteorologie na ZŠ*. Bakalářská práce, PdF MU. Dostupné z: <http://theses.cz/id/1lj3gi/>.

[41] SHEPARDSON, Daniel, NIYOGI, Dev, CHOI, Soyoung, CHARUSOMBAT, Umarporn. *Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change*. Climatic Change. Vol.104, s. 481-507. 2011. Dostupné z: <http://iclimate.org/ccc/Files/A1.pdf>.

[42] ARCHER, David, GANOPOLSKI, Andrey. *A movable trigger: Fossil fuel* CO_2 *and the onset of the next glaciation* Geochemistry - Geophysics - Geosystems. American Geophysical Union, Geochemical Society. 2005. ISSN: 1525-2027. Dostupné z: <http://melts.uchicago.edu/~archer/reprints/archer.2005.trigger.pdf>.

[43] TOLLEFSON, Jeff. *The sceptic meets his match* : Nature. 475. 2011. Dostupný také z WWW: <http://www.nature.com/news/2011/110727/full/475440a.html>.

[44] *Defending climate change education*. National Centre for Science Education. 5.1.2012 [cit. 2012-03-21] Dostupné z: <http://ncse.com/climate/taking-action/defending>.

[45] LEPIL, Oldřich. *Příspěvek k teorii cílů fyzikálního vzdělávání*. Katedra fyziky a didaktiky fyziky přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. 1980.

[46] LEPIL, Oldřich. *K vývoji didaktiky fyziky jako vědecké disciplíny*. Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc. 2008.

[47] KOLÁŘOVÁ, Růžena, HEJNOVÁ, Eva, LIŠÁKOVÁ, Eva, KAMARÁDOVÁ, Zdeňka. *Příručka učitele fyziky na základní škole s náměty pro tvorbu ŠVP*. Prometheus. Vyd. 1., Praha, 2006. ISBN 80-7196-336-4

[48] KOLÁŘOVÁ, Růžena, MACHÁČEK, Martin, ROJKO, Milan, JANÁS, Josef, BOHUNĚK, Jiří, ČIPERA, Jan, BANÝR, Jiří, ČÍŽKOVÁ, Věra, RŮŽKOVÁ, Ivana, KOUBEK, Petr. *Co by měl žák základní školy umět z fyziky, chemie a přírodopisu. Návrh evaluačních kritérií přírodovědného vzdělávání na základní škole*. Prometheus. Vyd. 1., Praha, 1998. ISBN 80-7196-110-8

[49] *Education Strategic Plan 2009-2029*. NOAA. Climate Program Office [online]. 21.10.2010 [cit. 2012-01-09]. Dostupné z: <http://www.noaa.gov/climateliteracy.html>.

[50] *NASA Innovations in Climate Education*. NASA Education [online]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/offices/education/programs/descriptions/NASA_Innovations_in_Climate_Education.html>.

[51] *Climate Change Education Partnership (CCEP) Program*. NSF [online]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.nsf.gov/pubs/2012/nsf12523/nsf12523.htm>.

[52] *Climate Change Education: Goals, Audiences, and Strategies: A Workshop Summary*. BOSE, BECS [online]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13224&page=R1>.

[53] MANDÍKOVÁ, D. *Intuitivní představy ve fyzice*. Matematika - Fyzika - Informatika, roč. 3, č. 2., s. 80-84, 1993.

[54] *Communicating, teaching and learning about climate change*. UNFCCC. [online]. 18.5.2012 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://unfccc.int/cooperation_and_support/education_and_outreach/items/2529.php>.

[55] *A Framework for K-12 Science Education*. BOARD ON SCIENCE EDUCATION. [online]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www7.nationalacademies.org/bose/Standards_Framework_Homepage.html>.

[56] *Climate Change: Connections and Solutions, An Interdisciplinary Curriculum, Recommended for Grades 6-8*. Facing the Future. 2007. Dostupné také z WWW: <https://www.facingthefuture.org/Curriculum/PreviewandBuyCurriculum/tabid/550/CategoryID/4/List/1/Level/a/ProductID/15/Default.aspx>.

[57] SCOTT, Eugenie, ALDHOUS, Peter. *Education campaigner wants to expel climate denial*. New Sientist. 2012, č. 2848. Dostupné z: <http://www.newscientist.com/article/mg21328480.300-education-campaigner-wants-to-expel-climate-denial.html>.

[58] *Climate Change Denial Is Affecting Education*. National Center for Science Education [online]. 5.1.2012 [cit. 2012-03-22]. Dostupné z: <http://ncse.com/climate/denial/denial-affecting-education>.

[59] *Závěry Rady o úloze vzdělvání a odborné přípravy při provádění strategie Evropa 2020*. European Commission C 327/11-14. 2010. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/policy-framework_en.htm>.

[60] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 100 s. [cit. 2012-05-21]. ISBN 978-80-87000-11-3. Dostupné z WWW: <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf>.

[61] *Národní program rozvoje vzdělávání v ČR (Bílá kniha)*. MŠMT, Ústav pro informace a vzdělávání, Tauris, 2001. ISBN 80-211-0372-8. Dostupné z WWW: <http://goo.gl/qccC7>.

[62] ČINČERA, Jan, MAŠKOVÁ, Veronika. *GLOBE in the Czech Republic: a program evaluation*. Environmental Education Research. Roč. 17, 2011, n. 4, s. 499-517.

[63] KOPECKÝ, Václav, EBERLE, Jakub. *Jak učit o změně klimatu?*. AMO, 2011. ISBN 978-80-87092-16-3. Dostupné z <http://www.amo.cz/publikace/jak-ucit-o-zmene-klimatu.html>.

[64] *Začlenění tématik „Ochrana člověka za mimořádných událostí, péče o zdraví a dopravní výchova“ do studijních programů pedagogických fakult*. Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. 1.11.2011 [cit. 2012-01-09]. Dostupné z WWW: <http://goo.gl/jVaJJ>

[65] MADDEN, Roland A. Madden, RAMANATHAN, V. *Detecting Climate Change due to Increasing Carbon Dioxide* Science. Vol. 209, no. 4458, pp. 763-768, 1980. Dostupné z <http://www.sciencemag.org/content/209/4458/763.abstract?sid=4c7f39e2-d885-4e91-abf3-2bd4a3284ca4>.

[66] WIGLEY, T. M. L. *The Climate Change Commitment* Science. Vol. 307 no. 5716 pp. 1766-1769. 2005. Dostupné z <http://www.sciencemag.org/content/307/5716/1766.abstract?sid=61f0363c-7549-4d28-a2f2-7f4bc76d52de>.

[67] DAVIS, Steven J., CALDEIRAL, Ken, MATTHEWS, H. Damon. *Future* CO_2 *Emissions and Climate Change from Existing Energy Infrastructure* Science. Vol. 329, s. 1330-1333, 2010. Dostupné z <http://www.sciencemag.org/content/329/5997/1330.abstract>.

[68] *Diplo's Climate Building Illustration.* Diplo's Climate Change Community [online]. Version 3.0 2010 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://climate.diplomacy.edu>.

[69] *International Max Planck Research School on Earth System Modelling.* The aims of the research school. [online]. [cit. 2012-03-20] Dostupné z: <http://www.earthsystemschool.mpg.de/The-Aim-of-Imprs.216.0.html>.

[70] *Earth, Life and Climate.* Universiteit Utrecht. [cit. 2012-03-21] Dostupné z: <http://www.uu.nl/university/international-students/EN/programmes/mastersprogrammes/ELC/Pages/default.aspx?refer=/programmes/ELC>.

[71] *Global Warming: New Research Blames Economic Growth.* ScienceDaily. [online]. 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.sciencedaily.com/releases/2012/05/120501134327.htm>.

[72] *Psychology and Global Climate Change: Addressing a Multi-faceted Phenomenon and Set of Challenges*. American Psychological Association. 2009. Dostupné z: <http://www.apa.org/science/about/publications/climate-change.aspx>.

[73] *Povodně - doporučení psychologů Ministerstva vnitra*. Portál MVČR [online]. 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/zpravodajstvi-povodne-doporuceni-psychologu-ministerstva-vnitra.aspx>.

[74] BRYANT, Nick. *Australia drought sparks suicides*. BBC News [online]. 19.10.2006 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/6065220.stm>.

[75] *Šest stupňů, které mohou změnit svět* [DVD]. National Geographic, 2008. Dostupné z: <http://natgeotv.com/cz/sest-stupnu/informace>.

[76] BLACK, Richard. *Heatwave makes plants warm planet.* BBC NEWS [online]. 2005 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4269066.stm>.

[77] BROWN David. *Oceans are 30 percent more acidic than before fossil fuels*. National Geographic. [online]. 2009 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2009/12/15/acidification>.

[78] *Prezident ČR Václav Klaus ve Velkém Meziříčí - dotazy.* YouTube [online]. 16.09.2007 [cit. 2011-12-20]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=xFXqFTDkhrY>.

[79] REWKIN, Andrew. *NASA's Hansen: Humans Still Loading Climate Dice.* The New York Times [online]. 2008 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://dotearth.blogs.nytimes.com/2008/06/23/nasas-hansen-humans-still-loading-climate-dice>.

[80] TRNA, Josef. *Didaktika přírodovědy a rámcové vzdělávací programy.* In Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2. Rámcové vzdělávací programy. Plzeň : Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-418-X, s. 160-166. 28.4.2005, Srní. Dostupné také z WWW: <http://www.kof.zcu.cz/ak/trendy/2/sbornik/trna/srnitrna.doc>.

[81] LEPIL, Oldřich. *Jsou projekty integrované přírodovědy cestou vývoje fyzikálního vzdělávání v 21. století?* Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc. 2006. Dostupné z: <http://www.science.upol.cz/clanky/Lepil.pdf>.

[82] NEZVALOVÁ, Danuše. *Didaktika fyziky v České republice: trendy, výzvy a perspektivy.* Pedagogická orientace. roč. 21, č. 2, s. 171-192, 2011.

[83] RUZEK, Martin. *Earth System Science Education*. Prezentace. Conference for Principal Investigators. 2008. Dostupné z: <http://www.qem.org/NASA-NSFConfPresentations/%20Thurs%20130/ruzek22feb07reva.ppt.pdf>.

[84] *Communicating and Learning About Global Climate Change: An Abbreviated Guide for Teaching Climate Change, from Project 2061 at AAAS*. AAAS Project 2061: AAAS Publication Services. 2007. Dostupné z: <http://goo.gl/FruWQ>.

[85] *NSDL Science Literacy Maps: Weather and Climate*. [online]. 2007 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://strandmaps.nsdl.org/?id=SMS-MAP-1698>.

[86] SHEPHERD, Jessica. *Climate change should be excluded from curriculum, says adviser* : The Guardian [online]. 12. 6. 2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.guardian.co.uk/education/2011/jun/12/climate-change-curriculum-government-adviser>.

[87] WARD, Bob. *Is Climate Change Science Too Trendy for School Lessons?* : Huffington Post [online]. 18. 8. 2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.huffingtonpost.co.uk/bob-ward/is-climate-change-science_b_929920.html>.

[88] WARD, Bob. *Climate change education can still be part of a slimmed-down curriculum* : The Guardian [online]. 13. 6. 2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.guardian.co.uk/environment/2011/jun/13/curriculum-climate-change-education>.

[89] MILÉŘ, Tomáš, SVOBODOVÁ, Jindřiška.*Climate literacy for upper primary teachers*. In European Geosciences Union General Assembly 2011.

[90] MILÉŘ, Tomáš. *Měření slunečního záření*. Diplomová práce, PdF MU. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/80022/pedf_m/>.

[91] *Projekt Heuréka* [online]. 2012 [cit. 2012-05-27]. Dostupné z <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka>.

[92] *Unpaired (two sample) t-test*. StatDirect Statistical Software [online]. [cit. 2012-01-10]. Dostupné z: <http://www.statsdirect.co.uk/help/statsdirect.htm#parametric_methods/utt.htm>.

[93] *Mann–Whitney U*. Wikipedie [online]. 24.11.2011 [cit. 2012-01-13]. Dostupné z <http://en.wikipedia.org/wiki/Mann%E2%80%93Whitney_U>.

[94] KRUGER, Justin, DUNNING, David. *Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments*. Journal of Personality and Social Psychology Vol. 77, No. 6., 121-1134, 1999. Dostupné z <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.64.2655&rep=rep1&type=pdf>.

[95] COOK, John. *The Dunning-Kruger effect and the climate debate*. Skeptical Science [online]. 2010 [cit. 2012-05-27]. Dostupné z <http://www.skepticalscience.com/the-dunning-kruger-effect-and-the-climate-debate.html>.

[96] *Science Education in Europe: National Policies, Practices a Research*. Eurydice, European Commission, 2011. ISBN 978-92-9201-218-2. Dostupné z <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133EN.pdf>.

[97] *CarboSchools: Partnerships between climate researchers and secondary school teachers*. [online]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z <http://www.carboeurope.org/education>.

[98] HANSEN, James E., SATO, Makiko, KHARECHA, Pushker, BEERLING, David, BERNER, Robert. *Target Atmospheric CO_2: Where Should Humanity Aim?*. Open Atmos. Sci. J., 2, 217-231, 2008. Dostupné také z WWW: <http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ha00410c.html>.

[99] *Summaries of EU legislation - Tackling climate change*. Dostupné také z WWW: <http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/index_en.htm>.

[100] HANSEN, James E. *Storms of my grandchildren: the truth about the coming climate catastrophe and our last chance to save humanity*. 1st U.S. ed. New York: Bloomsbury USA, 2009, 304 s. ISBN 16-081-9200-8. Dostupné také z WWW: <http://books.google.cz>.

[101] Hawking, S. *Earth could become like 'sister planet' Venus due to global warming*. YouTube [online]. 7.11.2009 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=weHr1aTC5-o>.

[102] *Compare Daily Sea Ice*. The Cryosphere Today. Dostupné z: <http://igloo.atmos.uiuc.edu/cgi-bin/test/print.sh>.

[103] National Snow & Ice Data Center. Dostupné z: <http://nsidc.org/>.

[104] MUNZAR, Jan, PEJML, Karel, KRŠKA, Karel. *Meteorologie skoro detektivní.* Praha: Horizont, 1990. ISBN 80-701-2037-1.

[105] DENNIS, Jerry. *Když padají trakaře: záhady a zajímavosti oblohy v průběhu čtyř ročních období* Vyd. 1. Praha: Brána, 1999, 261 s. ISBN 80-724-3033-5.

[106] *Max/Min/Current Air Temperature protocol* [online]. The GLOBE Program, 2005 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://classic.globe.gov/tctg/maxmin.pdf?sectionId=13&rg=n&lang=EN>.

[107] TREWIN, Blair. *Effects of changes in algorithms used for the calculation of Australian mean temperature*. [online]. Australian Meteorological Magazine, 2004, č. 53, s. 1-11 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.bom.gov.au/amoj/docs/2004/trewin.pdf>.

[108] COUMOU, Dim, RHAMSTOR, Stefan. *A decade of weather extremes*. Nature Climate Change 1452, 2012. Dostupné z: <http://sciences.blogs.liberation.fr/files/10-ans-dextremes-climatiques.pdf>.

[109] RETALLACK, Gregory J. *Carbon dioxide and climate over the past 300 Myr*. Philosophical Transaction of the Royal Society - Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 360, 659-673, London, 2002. Dostupné z: <http://goo.gl/jwT7x>.

[110] ŞENGÖR, A. M. Cetâl. *A scale of greatness and causal classification of mass extinctions: Implications for mechanisms*. PNAS. Vol.105, 13736 –13740, 2008. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/105/37/13736.full.pdf>.

[111] MECHLOVÁ, Erika. *Didaktika fyziky 1*. Vyd. 1. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, 2004. ISBN 80-7042-982-8.

[112] BÍLEK, Martin. *Integrovaná výuka přírodovědných předmětů*. Vyd. 1. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-1881-0. Dostupné z: <http://esfmoduly.upol.cz/publikace/bilek2.pdf>.

[113] SVATOŇOVÁ, Hana, PLUCKOVÁ, Irena, HOFMANN, Eduard, KOLEJKA, Jaromír, LNĚNIČKA, Libor, MÍSAŘOVÁ, Darina, NAVRÁTIL, Vladislav, RUDA, Aleš, RYCHNOVSKÝ, Boris, SVOBODOVÁ, Jindřiška. *Integrovaná přírodověda 4 - Počasí a podnebí*. Vyd. 1. Brno : MUNI Press, 2011. 86 s. ISBN 978-80-210-5545-2.

[114] *Člověk a příroda. Učebnice pro integrovanou výuku. - Vzduch*. DITRICH, V., MEDEROW, G., BERGSTEDT, Ch., LIEBERS, K. s. 64, ISBN 80-7238-338-8 Dostupné z: <http://ucebnice.fraus.cz/ucebnice-pro-integrovanou-vyuku>.

[115] BOHUNĚK, Jiří, HEJNOVÁ, Eva *Tématické prověrky z učiva fyziky základní školy*. Vyd. 1. Praha: PROMETHEUS, 2005. ISBN 80-780-7196-290-2.

[116] RAMANATHAN, V. *Why is the Earth's Albedo 29% and was it always 29%?*. ILEAPS Newsletter, No. 5 (April), pp. 18-20, 2008. Dostupné z: <http://ramanathan.ucsd.edu/files/brt23.pdf>.

[117] AKBARI, Hashemm, MENON, Surabi, ROSENFELD, Arthur. *Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset* CO_2. Climatic Change Vol. 95, issue 3-4, 2008. Dostupné z: <http://www.energy.ca.gov/2008publications/CEC-999-2008-020/CEC-999-2008-020.PDF>.

[118] ARCHER, David, EBY, Michael, BROVKIN, Victor. *Atmospheric Lifetime of Fossil Fuel Carbon Dioxide* Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2009. 37 : 117–34. Dostupné z: <http://forecast.uchicago.edu/Projects/archer.2009.ann_rev_tail.pdf>.

[119] LEHMANN, Johannes. *A handful of carbon*. Nature. Vol 447, 10. 2007. Dostupné z: <http://www.biochar.info/index.cfm?view=52.3&lan=en&file=Handful_of_Carbon__Nature_10.May.07.pdf>.

[120] MILÉŘ, Tomáš. *Dřevoplynová kamna z plechovky*. 1. vyd. : PROMETHEUS, 2011. 292 s. Dílny Heuréky 2009-2010, Sborník konferencí projektu Heuréka (CD). ISBN 978-80-7196-424-7

[121] MILÉŘ, Tomáš. *Sluneční záření a atmosféra*. Diplomová práce, PdF MU, Brno. 2007. Dostupné z: <>.

[122] *K-12 Programs: Biochar in Schools*. INTENATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. [online]. 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.biochar-international.org/teachers/schools>.

[123] DEARING, J. A., BATTARBEE, R.W. Battarbee, DIKAU, R. *Human–environment interactions: learning from the past*. Regional Environmental Change, 2006. Dostupné z: <http://www.pages-igbp.org/products/specialissues/Dearing2006_RegEnvCha_Editorial.pdf>.

[124] *Fyzikální olympiáda - Archiv zadání a řešení* [online]. 2012 [cit. 2012-05-24].. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/archiv/zadani-a-reseni>.

A Slovník

adaptace	přizpůsobení se novým podmínkám
aerosoly	pevné a kapalné částice v atmosféře. Některé aerosoly odstiňují sluneční záření, čímž maskují skleníkový jev, jiné (hlavně saze) zadržují IR záření a přispívají tak k oteplování Země.
albedo	podíl dopadajícího a odraženého světla.
antropocén	současné geologické období, ve kterém je lidská činnost dominujícím faktorem (změna krajiny, ztráta biodiverzity, narušení biogeochemických cyklů, regulace vodních toků atd.)
antropogenní	lidmi způsobený
antroposféra	oblast Země pod vlivem lidské činnosti
atmosféra	vzdušný obal Země
atmosférické prvky	meteorologické veličiny (okamžitá, minimální a maximální denní teplota, relativní vlhkost vzduchu, srážky, rychlost a směr větru apod.)
biosféra	oblast Země, kde se vyskytuje život
biouhel	zuhelnatělá biomasa
didaktika	teorie vzdělávání, věda o vzdělávání
globální stmívání	globální jev snížení množství slunečního záření dopadajícího na zemský povrch vlivem znečištění atmosféry
globální teplota	průměrná teplota zemského povrchu
globální změna	celková změna zemského systému vlivem lidské činnosti
Hypotéza Gaia	hypotéza britského vědce J. Lovelocka, podle které je Země živým superorganismem, jenž si udržuje vhodné podmínky k životu (má homeostázi)
klima	dlouhodobý stav ovzduší
klimatická citlivost	veličina vyjadřující o kolik se zvýší globální teplota při zdvojnásobení koncentrace CO_2
klimatický systém	Klimatický systém je vysoce komplexní systém skládající se z pěti hlavních složek: atmosféry, hydrosféry, kryosféra, zemského povrchu a biosféry, a interakcemi mezi nimi. Klimatický systém se vyvíjí v čase pod vlivem své vlastní vnitřní dynamiky, vlivem vnějšího radiačního působení, jako jsou sopečné erupce, sluneční variace a antropogenní radiační působení (např. změna složení atmosféry a změny ve využívání půdy).

kryosféra	oblast Země, kde se vyskytuje led
meteorologie	věda zabývající se atmosférou
mitigace	zmírňování dopadů změny klimatu aktivním působením na klimatický systém (snižováním emisí skleníkových plynů nebo sazí, zvyšováním albeda povrchu apod.)
okyselování oceánů	globální zvyšování kyselosti oceánů vlivem rozpouštění vzdušného CO_2
paleoklima	klima v prehistorických epochách
permafrost	trvale zmrzlá půda
počasí	okamžitý stav ovzduší na určitém místě
podnebí	stejný význam jako *klima* (v této práci se nepoužívá)
Program GLOBE	mezinárodní vzdělávací program s podporou NASA
Projekt 2061	projekt společnosti AAAS na podporu přírodovědné gramotnosti
pyrolýza	proces zuhelnatění ohřevem bez přístupu kyslíku
skleníkové plyny	plyny absorbující a emitující IR záření

Více pojmů z meteorologie a klimatu v angličtině lze dohledat ve slovníku zprávy IPCC z roku 2007: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/518.htm>

B Přehled zkratek

Zkratka	Název
AAAS	The American Association for the Advancement of Science <http://www.aaas.org>
AGU	American Geophysical Union <http://www.agu.org>
AMO	Asociace pro mezinárodní Otázky <http://www.amo.cz>
AMS	American Meteorological Society <http://www.ametsoc.org>
B-WET	Bay Watershed Education & Training (grantový program NOAA) <http://www.oesd.noaa.gov/grants/bwet.html>
BBC	British Broadcasting Corporation <http://www.bbc.co.uk>
BOSE	The Board on Science Education <http://www7.nationalacademies.org/bose>
CCEP	The Climate Change Education Partnership (grantový program NSF) <http://www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10542/nsf10542.htm>
CSRES	Climate Science Research for Educators and Students <>
ČMeS	Česká meteorologická společnost <http://www.cmes.cz>
EACEA	Education, Audiovisual and Culture Executive Agency <http://eacea.ec.europa.eu>
EGU	European Geoscience Union <http://www.egu.eu>
ELG	Environmental Literacy Grants (grantový program NOAA) <http://www.oesd.noaa.gov/grants/elg.html>
EMS	European Meteorological Society <http://www.emetsoc.org>
EU	Evropská unie <http://europa.eu>
GCCE	Global Climate Change Education (grantový program NASA) <http://esseacourses.strategies.org/module.nasa.html>
GIFT	Geophysical Information for Teachers - vzdělávací program pro učitele pořádaný EGU v Evropě <http://www.egu.eu/media-outreach/gift> a AGU-NESTA v USA <http://www.windows2universe.org/teacher_resources/2011_AGU-NESTA_GIFT_Workshop.html>
GISS	Goddard Institute for Space Studies <http://www.giss.nasa.gov>
GLOBE	Global Learning nad Observations to Benefit the Environment <http://globe.gov>
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav <http://www.chmi.cz>
IGCCE	Innovations in Global Climate Change Education <https://nice.larc.nasa.gov>

Zkratka	Název
IPCC	International Panel on Climate Change <http://www.ipcc.ch>
ISCED	International Standard Classification of Education <http://goo.gl/EFlOF>
NASA	National Aeronautics and Space Administration <http://www.nasa.gov>
NCSE	National Center for Science Education <http://ncse.com>
NCSL	National Conference of State Legislatures <http://www.ncsl.org>
NESTA	National Earth Science Teachers Association <http://www.nestanet.org>
NGSS	Next Generation Science Standards <http://www.nextgenscience.org>
NICE	NASA Innovations in Climate Education <https://nice.larc.nasa.gov>
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration <http://www.noaa.gov>
NRC	National Research Council <http://www.nationalacademies.org/nrc>
NSES	National Science Education Standards, USA <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962>
NSTA	National Science Teachers Association <http://www.nsta.org>
NSF	National Science Foundation <http://www.nsf.gov>
OSN	Organizace spojených národů <http://www.osn.cz>
PCK	Pedagogical Content of Knowledge <http://www.csun.edu/science/ref/pedagogy/pck>
PISA	Programme for International Student Assessment <http://www.pisa.oecd.org>
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences <http://www.pnas.org>
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study <http://nces.ed.gov/timss>
UCSUSA	Union of Concerned Scientists USA <http://www.ucsusa.org>
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization <www.unesco.org>
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change <http://unfccc.int>
WMO	World Meteorological Organization <http://www.wmo.int>

C Problémové oblasti didaktiky fyziky

Podle Fenclové [1] lze vymezit problémové oblasti didaktiky fyziky následově:

1. **Vědecký systém fyziky z hlediska didaktické komunikace**
   Zahrnuje celé poznání ve fyzice, jeho systém, metody i současné a prognostické pojetí. Toto poznání zkoumá didaktika fyziky z hlediska jeho sdělitelnosti a možnosti přenosu. Patří sem např. problémy různého matematického vyjadřování fyzikálních poznatků, vytváření různých modelů přírodních dějů i myšlenkových struktur fyzikálního poznatku, systémy veličin a jednotek a další.

2. **Didakticky systém fyziky**
   Sem patří otázky smyslu a pojetí fyziky jako předmětu výuky a vzdělání vůbec, struktura obecných a specifických cílů výuky, problematika obsahu výuky fyziky. Tvorba didaktického systému předpokládá znalost nebo zkoumání vazeb k dalším prvkům výchovné sféry a určení vstupních hodnot příslušných prvků. Teprve pak mohou byt cíle a obsah spojeny v přiměřené učivo v určitém uspořádání vzhledem k vyučování a učení. Tvorba didaktického systému předpokládá vyjasnění povahy fyzikálních poznatků z hlediska náročnosti jejich osvojení. Didaktický systém fyziky je klíčovou otázkou didaktiky fyziky. Volbou příslušného modelu je ovlivněn cely přenos fyzikálního poznání. Je to také otázka nejobtížnější, protože zde překračuje didaktika hranici dvou věd a musí hledat logický, strukturální, gnozeologický a metodologicky vztah didaktického a vědeckého systému fyziky.

3. **Výukový projekt fyziky a jeho prostředky**
   Výukový projekt má být realizací didaktického systému fyziky v učebních plánech, osnovách, učebnicích, pomůckách i jejich kombinacích. Předmětem didaktiky fyziky je teorie tvorby těchto materiálů a pomůcek, hledání jejich vzájemných vztahů a jejich funkce a činnosti v procesu výuky. Problematika výukových projektů fyziky se nevztahuje jen ke školní výuce dětí a mládeže, ale rovněž k vysokoškolskému studiu a různým formám výchovy a vzdělávání.

4. **Výukový proces fyziky**
   Jedním z nejvýznamnějších problémů didaktiky fyziky je výukový proces specificky uzpůsobený pro komunikaci fyzikálních poznatků. Týká se všech forem výuky, výchovy mimo výuku i sebevzdělávání ve fyzice. Při tomto klasickém didaktickém problému nejde jen o staticky popis a metodické návody, ale o soubor strukturálních vztahů mezi cíli, obsahy, organizací, prostředky a metodami výuky v konkrétně podmíněných výukových situacích chápaných jako interakce.

5. **Výsledky výuky fyziky a jejich hodnoceni**
   Jde o objektivní zjišťování a hodnoceni výsledků výuky v kterékoli její fázi i výsledků konečných, výsledků příslušného didaktického systému a projektu. Používané metody mohou být současně metodami. které užívá didaktika fyziky k vlastnímu bádání.

6. **Fyzikální vzdělání a jeho uplatnění**
   Sem spadá problematika fyzikálního vzdělání veřejnosti, přínos fyziky ke světovému názoru občana a k rozmanitým potřebám jednotlivce a společnosti. Didaktika fyziky v teto souvislosti zkoumá celkové uplatnění fyzikálního vzdělání mimo vlastni sféru výchovy.

7. **Výchova a vzdělávání učitelů fyziky**
   Do celého procesu předávání fyzikálních poznatků je většinou významně zapojen jeho živý článek, to je učitel fyziky. Jeho činností je proces výuky často výrazně ovlivněn. Proto je třeba zkoumat jeho vlastnosti, přípravu a další vzdělávání, a to zejména vzhledem k jeho činnostem i celkovým cílům výuky.

8. **Metodologie a historie didaktiky fyziky**
   Vědecká disciplína musí současně s řešením jednotlivých problémů řešit svoji metodologii, hledat předmět i metody svého bádání. Musí si byt také vědoma historické kontinuity a souvislostí ve společenském systému, aby mohla chápat dílčí výsledky svých bádání v širších souvislostech objektivní reality.

D Vybrané úlohy fyzikální olympiády

FO49EF5, Ledovcová pokrývka Grónska [124]

Grónský pevninský ledovec se vytvořil koncem třetihor a je starý asi tři milióny let. Dnes pokrývá asi $85\,\%$ povrchu pevniny, tj. přibližně $1\,800\,000\,\mathrm{km}^2$. V centrální části má tloušťku asi $3200\,\mathrm{m}$, k okrajům se tloušťka ledu snižuje až na $100\,\mathrm{m}$. Celková průměrná tloušťka je asi $1500\,\mathrm{m}$. V roce 2006 bylo zjištěno, že nevratným způsobem za rok roztálo $240\,\mathrm{km}^3$ ledu o hustotě $920\,\mathrm{kg\,m}^{-3}$. Tím se grónský ledovec zmenšuje.

1. Urči objem ledu, který tvoří grónský ledovec.
2. Urči hmotnost a objem vody, která vznikla nevratným táním Grónského ledovce v roce 2006.
3. O kolik se v roce 2006 zvýšila hladina oceánů na Zemi? Oceány představují asi $70\,\%$ povrchu Země. Představuje toto zvýšení hrozbu pro lidstvo?
4. O kolik by se zvýšila hladina oceánů, kdyby roztál všechen pevninský led v Grónsku? Jaké by to mělo důsledky např. pro Dánsko a Nizozemí, popř. severní část Německa a Polska? Své tvrzení podlož prací s mapou nebo s internetovou stránkou `www.googleearth.com`.
5. Popiš, proč je pro lidstvo nebezpečné tzv. globální oteplování.

Řešení:

1. Objem ledu $2\,700\,000\,\mathrm{km}^3$. Hmotnost $2{,}5 \cdot 10^{15}\,\mathrm{kg}$, což představuje objem vody $2{,}5 \cdot 10^{12}\,\mathrm{m}^{-3}$.
2. Deficit $240\,\mathrm{km}^3$ ledu je 221 000 000 tun vody po roztátí.
3. Povrch Země je 510 miliónů km^2, oceány mají 357 miliónu km^2, zvýšení hladiny je 0,62 mm, což nelze stanovit.
4. Kdyby roztál všechen led v Grónsku, pak zvýšení hladiny oceánů je 7,0 m. Byla by zatopena velká přímořská území pevniny.
5. Globální oteplení vede k tání mořských ledovců (hladina oceánu se nezmění) a kontinentálních ledovců (hladina stoupne).

FO50EF7: Arktický led [124]

Největší plochu mořského ledu představuje ledový příkrov v Arktidě, který dosahuje koncem léta hodnoty $9\,000\,000\,\mathrm{km}^2$ a tloušťku $3\,\mathrm{m}$, koncem zimy $12\,000\,000\,\mathrm{km}^2$ a tloušťku $5\,\mathrm{m}$. V našem modelovém případě dále předpokládejme, že led bude převážně sladkovodní a že při jeho tání je třeba dodat teplo $330\,\mathrm{kJ\,kg}^{-1}$. V rámci globálního oteplování předpokládají někteří glaciologové, že asi za pět let může ledová pokrývka kolem severního pólu zcela roztát.

1. Odhadni, jaký je objem a jaká je hmotnost arktického ledu koncem zimy i koncem léta.
2. Urči, kolik tepla musí být dodáno ledu koncem zimy nebo koncem léta, aby zcela roztál.
3. Odhadni, o kolik by stoupla hladina světových moří, kdyby zcela roztál arktický ledový příkrov. Své tvrzení podrobně zdůvodni.

Řešení:

1. Objem ledu v létě je $27 \cdot 10^{12}\,\mathrm{m}^3$ jeho hmotnost je $24{,}8 \cdot 10^{15}\,\mathrm{kg}$. V zimě je objem ledu $60 \cdot 10^{12}\,\mathrm{m}^3$, jeho hmotnost je $55{,}2 \cdot 10^{15}\,\mathrm{kg}$
2. Potřebné teplo k roztátí ledu $8{,}2 \cdot 10^{21}$ J, $18{,}2 \cdot 10^{21}$ J.
3. Led je udržován na hladině hydrostatickou vztlakovou silou, kterou působí voda na led o menší hustotě; roztátím zaplní vzniklá voda právě objem ponořené části ledu (má-li stejnou hustotu tato voda jako je hustota okolní mořské vody), výška hladiny se nezmění

FO52EF7: Atmosféra se ohřívá [124]

Když na zemský povrch dopadá sluneční záření, atmosféra se na přivrácené straně ke Slunci ohřívá, ale současně Země vyzařuje z celého povrchu tepelné záření do svého okolí. V případě dlouhodobé rovnováhy může být průměrná teplota vzduchu přibližně stálá. Zemi v poslední době ohrožuje globální oteplování, spočívající ve zvyšování teploty atmosféry.

1. Odhadni hmotnost zemské atmosféry z atmosférického tlaku.
2. Kolik tepla by bylo třeba pro zvýšení průměrné teploty atmosféry ze současných asi $10\,^\circ\mathrm{C}$ na teplotu o $1\,^\circ\mathrm{C}$, popř. o $2\,^\circ\mathrm{C}$ vyšší? Měrná tepelná kapacita vzduchu je $1000\,\mathrm{J\,kg^{-1}\,^\circ C^{-1}}$.
3. Odborná literatura odhaduje, že na povrch Země dopadá záření, které popíšeme výkonem asi $1370\,\mathrm{W\,m^{-2}}$. Jak dlouho by trvalo, než by celé toto záření zvýšilo teplotu zemské atmosféry? Uvažuj, že záření dopadá na plochu terče o poloměru rovném poloměru Země.

Řešení:

1. Známe-li tlak při povrchu Země, potom hmotnost atmosféry je $5{,}1 \cdot 10^{18}\,\mathrm{kg}$.
2. Na ohřátí celé atmosféry o $1\,^\circ\mathrm{C}$ je třeba teplo $5{,}1 \cdot 10^{21}$ J, o $2\,^\circ\mathrm{C}$ asi $10{,}2 \cdot 10^{21}$ J.
3. Kdyby se teplo způsobené celým dopadajícím zářením ze slunce projevilo při zahřátí atmosféry, potřebovali bychom na to $30\,000\,\mathrm{s}$, tj. asi $8{,}3\,\mathrm{h}$.

FO47EF8: Tepelná elektrárna [124]

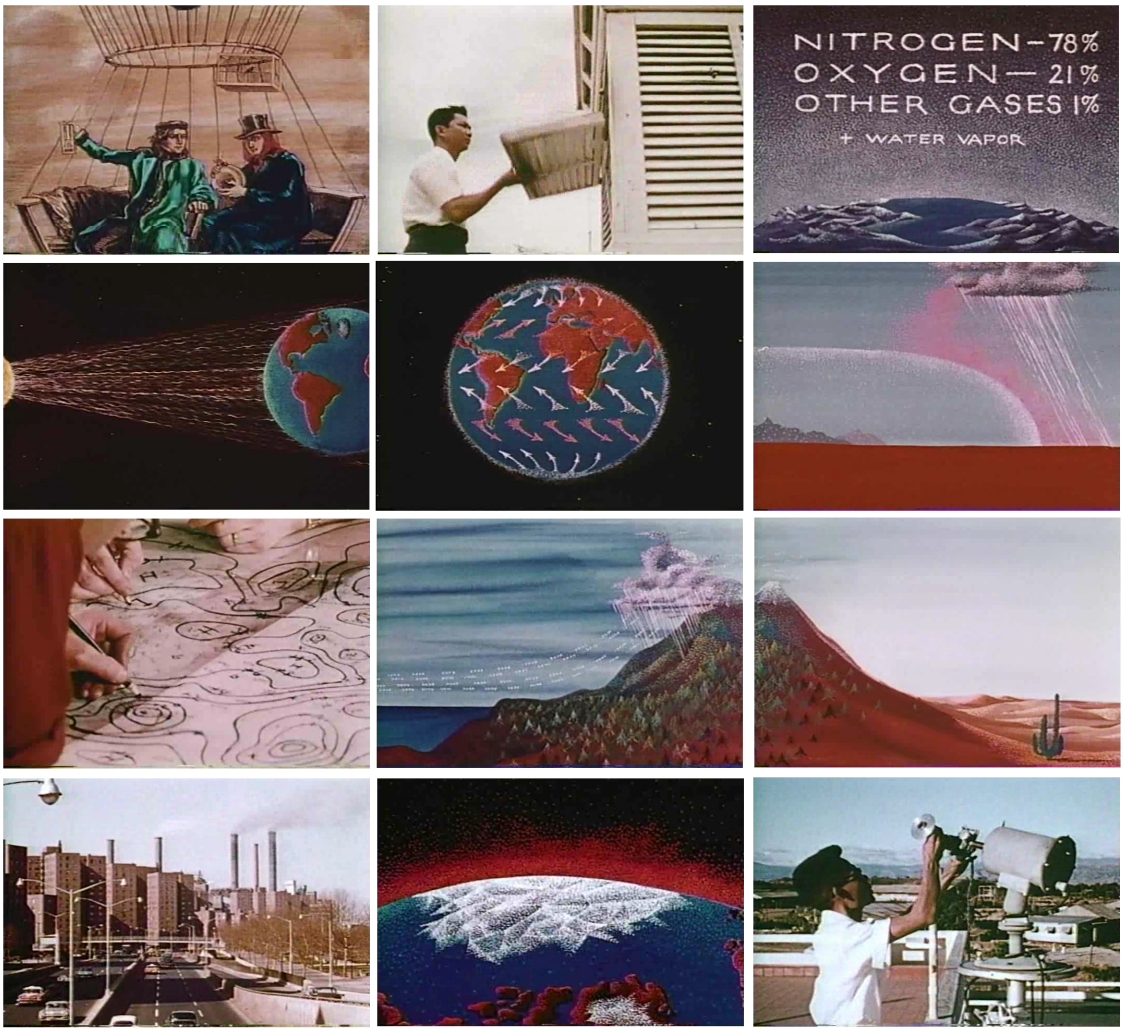
Tepelná elektrárna má pět turbín, každou o výkonu $110\,\mathrm{MW}$. Spaluje méně kvalitní uhlí o výhřevnosti $12\,\mathrm{MJ\,kg^{-1}}$, účinnost spalování a následného využití tepla je $36\,\%$.

1. Urči denní spotřebu uhlí pro tuto elektrárnu.
2. Odhadni, kolik uhlí uspoříme užitím atomové elektrárny o celkovém výkonu $2200\,\mathrm{MW}$.
3. Při spalování uhlí vznikají plyny, popílek a zbytky (popel). Popiš, jak tepelná elektrárna přispívá k znečištění životního prostředí a ke globálnímu oteplování. K odpovědi prostuduj vhodnou literaturu anebo užij informací z internetu.

Řešení:

1. Celkový výkon elektrárny je $550\,\mathrm{MW}$, teplo nutné dodat denně $47\,500\,\mathrm{MJ}$, vzhledem k účinnosti $36\,\%$ je nutno dodat $132\,000\,\mathrm{MJ}$, je třeba spálit $11\,000\,\mathrm{t}$ uhlí na vagón se vejde $40\,\mathrm{t}$ uhlí, tedy nutno zajistit 275 vagónů, tj. pět vlaků po 55 vagónech
2. Provoz jaderné elektrárny ušetří $44\,000\,\mathrm{t}$ uhlí
3. (Za uvedení údaje maximálně 3 body)

E Obrazová příloha



Obrázek 70: Sekvence snímků z filmu „The Inconstant Air“ z roku 1958. [17]

Stručný scénář vzdělávacího filmu „The Inconstant Air“ z roku 1958 - popis k obr. 70. Celý film je dostupný z: <http://lasp.colorado.edu/igy_nas>

- vztah dávných civilizací k počasí a mytologie (bohové slunce, blesku, moře, deště, větru),
- historie meteorologie (vynález teploměru - Galileo, barometru - Torriceli, využití balónů k meteorologickým měřením, B. Franklin, H. W. Brandes),
- zpracování dat a předpověď počasí, měření v met. budce, mezinárodní spolupráce, met. balóny,
- sluneční energie, složení atmosféry, UV záření a ozónová vrstva,
- infračervené záření a absorpce skleníkovými plyny,
- propustnost atmosféry pro viditelné záření,
- odrazivost povrchů,
- skleníkový efekt,
- vodní cyklus (výpar, kondenzace, srážky, odtok),
- chemická analýza srážek,
- distribuce sluneční energie na Zemi,
- globální cirkulace atmosféry, Corriolisova síla,
- atmosférické hmoty, izobary, atm. fronty, synoptické mapy,
- technologická revoluce ve zpracování dat, proces předpovdi počasí, problematika předpovědí tornád,
- laboratorní modely atm. proudění,
- proudění vzduchu přes horu a důsledky pro lokální klimatické podmínky,
- výzkum v Antarktidě (analýza ledu, měření slunečního záření, význam pro výzkum klimatu),
- změny klimatu v minulosti, teorie vlivu variací sluneční aktivity na klima,
- emise CO_2 a antropogenní oteplování,
- předpovědi důsledků oteplování (tání polárního ledu, rozšíření semitropických oblastí, zvýšená oblačnost),
- nové metody ve studiu oblaků, experimenty s přidáváním kondenzačních jader do mraků,
- nové technologie - balónové a satelitní měření a snímkování.

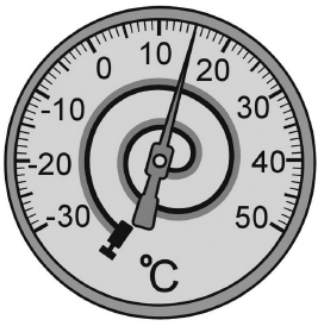
Obrázek 71: Ladovy pohlednice - Tři králové

Obrázek 72: Ladovy pohlednice - Ponocný

Jméno: Třída: Datum:

Měření teploty - skupina A

1. Z obrázku přečti a zapiš



   a) Jaké změně teploty ve °C odpovídá jeden dílek na stupnici teploměru?

   b) Jaký je měřící rozsah stupnice teploměru?

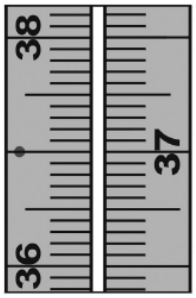
   c) Jakou teplotu ukazuje teploměr?

   d) Jaká je odchylka měření teploměru?

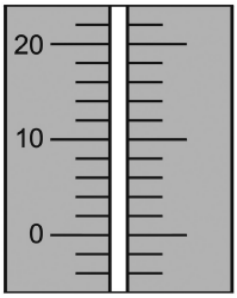
   e) O jaký druh teploměru se jedná?

2. Dokresli sloupce rtuti na teploměrech podle uvedených teplot.

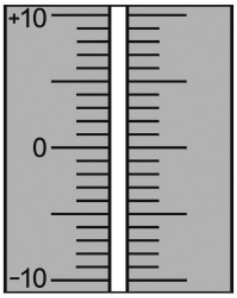
a) t = 37,4 °C



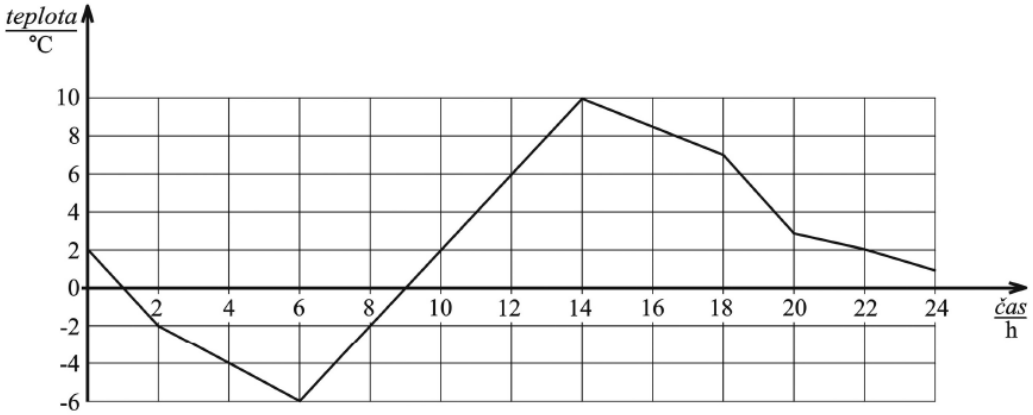
b) t = 8 °C



c) t = -2 °C



3. Z grafu, který znázorňuje průběh teploty vzduchu během jednoho dne, urči:



   a) Jaká je nejnižší teplota, kterou graf ukazuje?

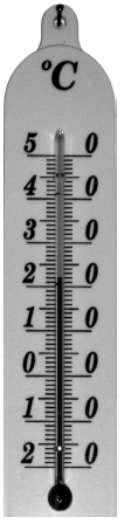
   b) V kolik hodin byla tato teplota naměřena?

   c) O kolik vzrostla teplota vzduchu od 8 h do 12 h?

Obrázek 73: Test měření teploty - skupina A. Úlohy včetně obrázků převzaty z Bohuňkovy knihy Tématické prověrky z učiva fyziky základní školy [115]

Jméno: Třída: Datum:

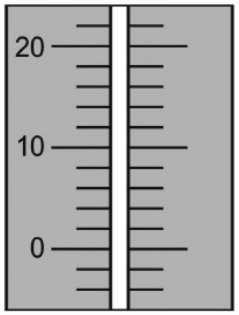
Měření teploty - skupina B



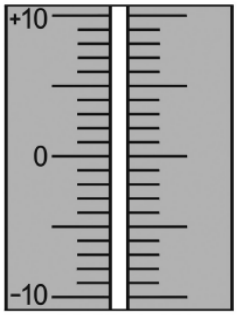
1. Z obrázku přečti a zapiš
   a) Jaké změně teploty ve °C odpovídá jeden dílek na stupnici teploměru?
   b) Jaký je měřící rozsah stupnice teploměru?
   c) Jakou teplotu ukazuje teploměr?
   d) Jaká je odchylka měření teploměru?
   e) O jaký druh teploměru se jedná?

2. Dokresli sloupce rtuti na teploměrech podle uvedených teplot.

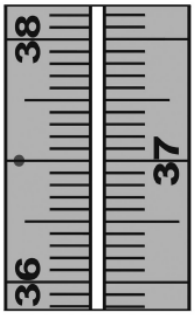
a) t = 16 °C



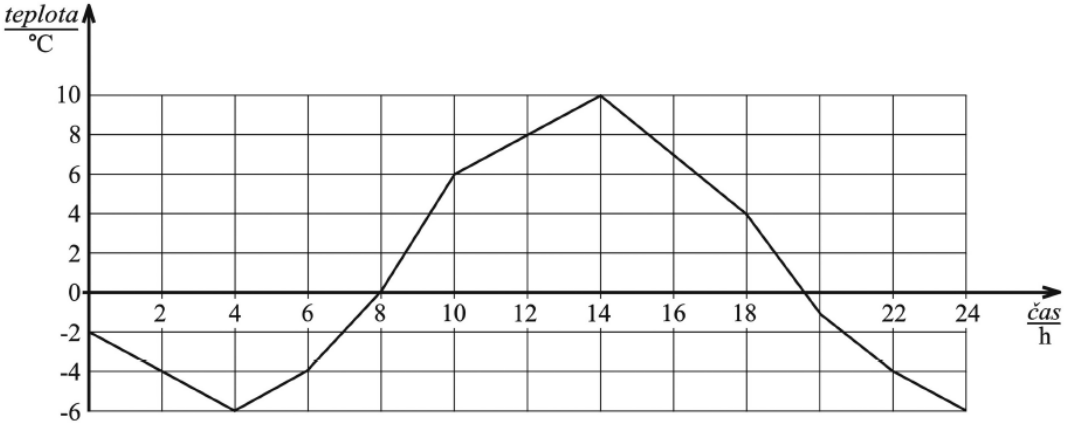
b) t = -4 °C



c) t = 36,8 °C

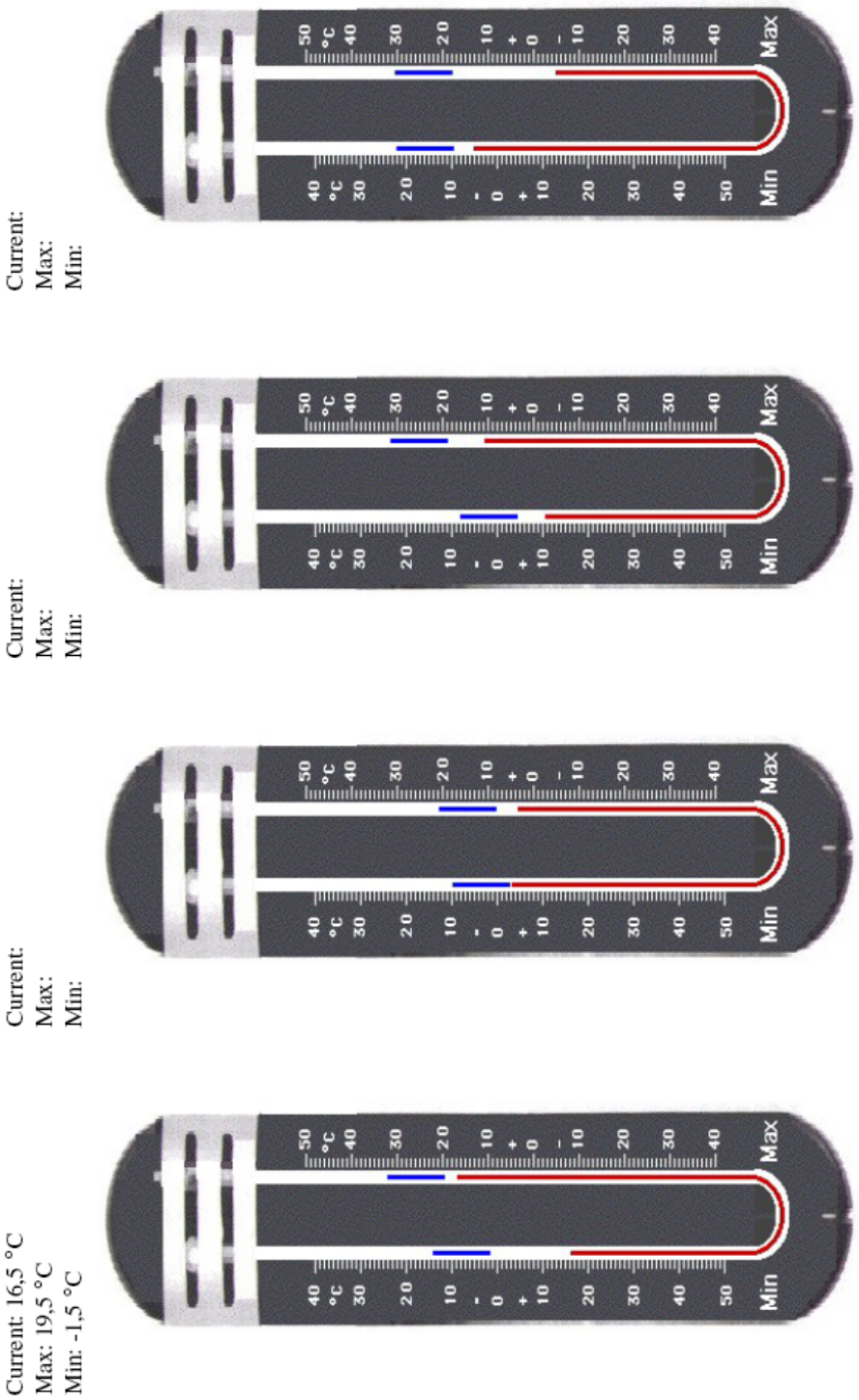


3. Z grafu, který znázorňuje průběh teploty vzduchu během jednoho dne, urči:

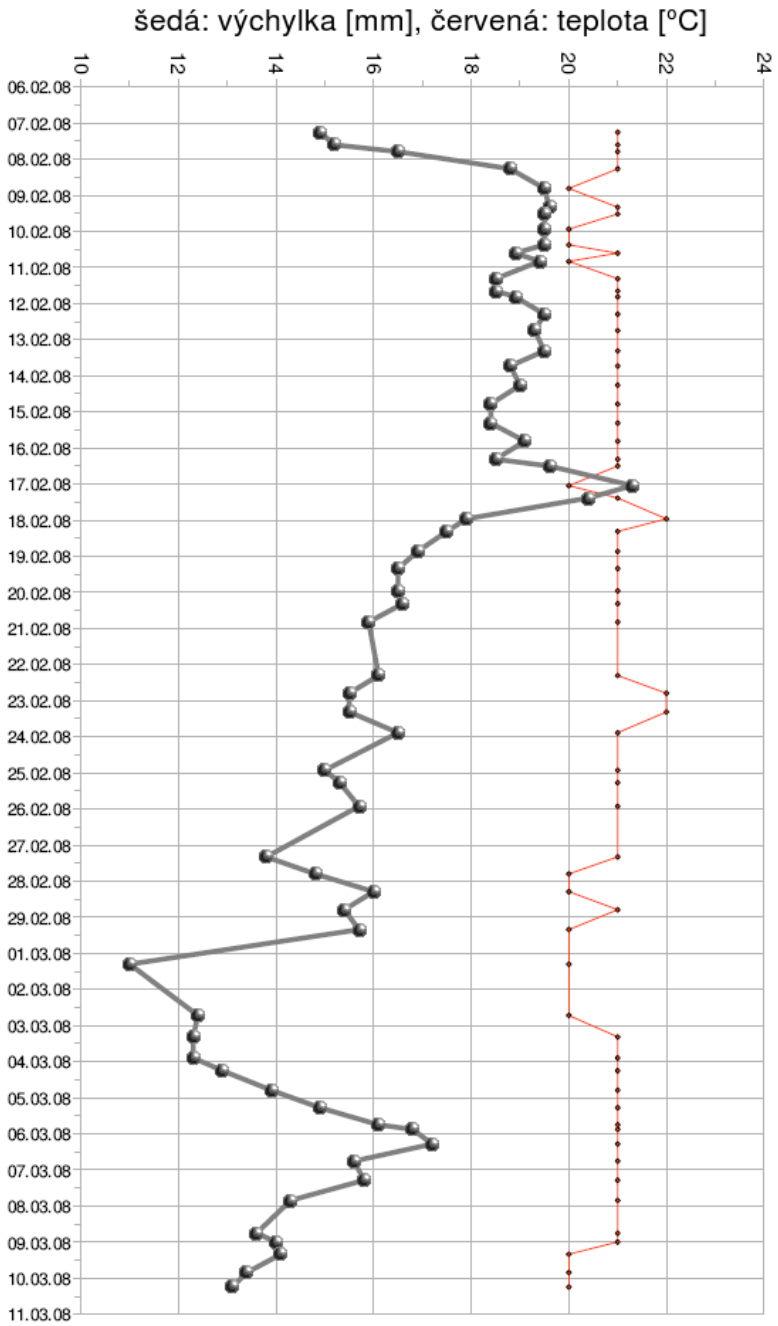


   a) Jaká je nejnižší teplota, kterou graf ukazuje?
   b) V kolik hodin byla tato teplota naměřena?
   c) O kolik vzrostla teplota vzduchu od 6 h do 10 h?

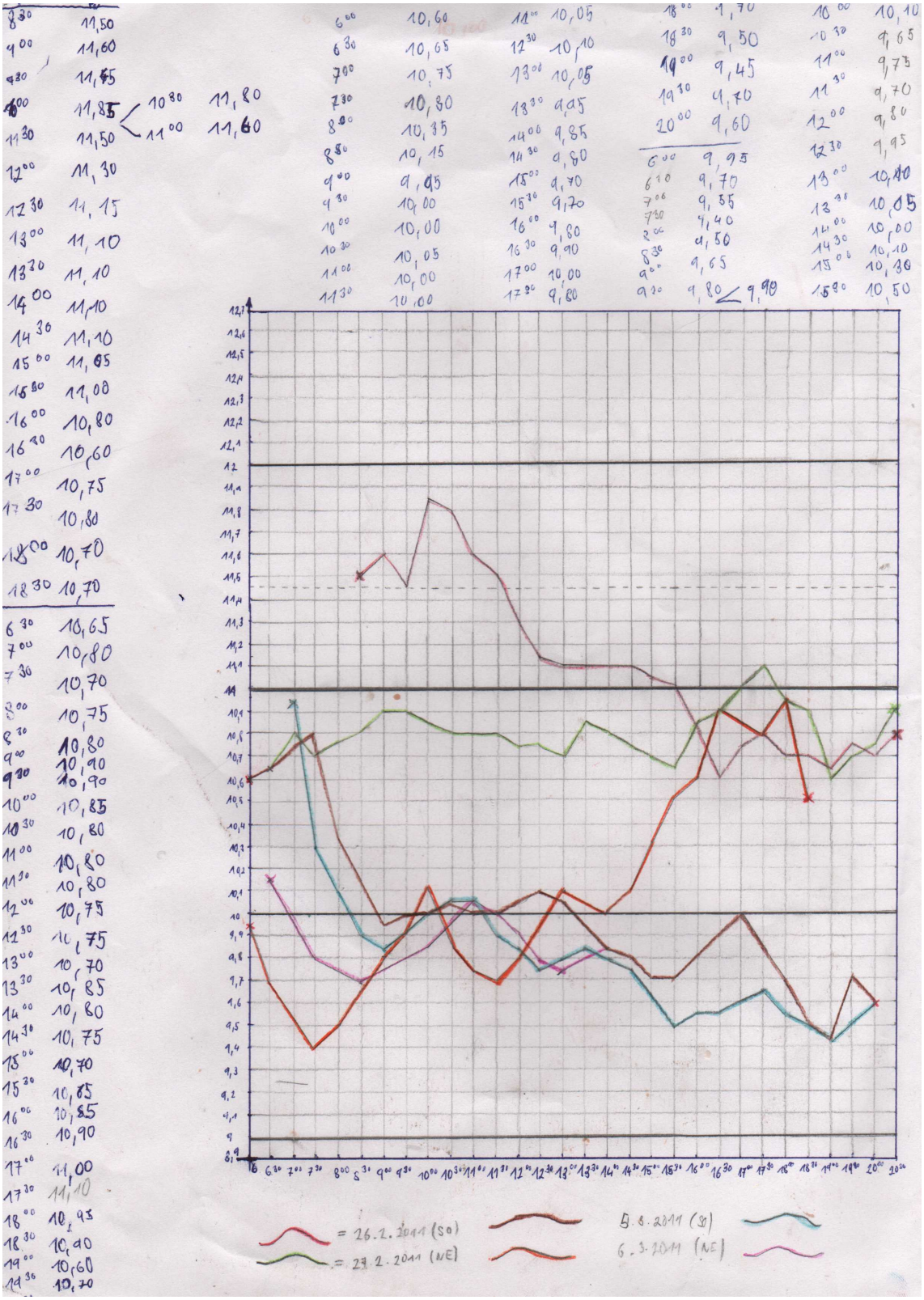
Obrázek 74: Test měření teploty - skupina B. Úlohy včetně obrázků převzaty z Bohuňkovy knihy Tématické prověrky z učiva fyziky základní školy [115]



Obrázek 75: Pracovní list k procvičování měření minimální, maximální a okamžité teploty. Obrázky byly převzaty z online testu Programu GLOBE <`http://globe.gov/viz-bin/thermometer.cgi?l=jp&b=g&rg=n`>



Obrázek 76: Ukázka měření atmosférického tlaku jednoduchým barometrem (sklenice, balónek a špejle). Prudký pokles tlaku ze dne 29.2. na 1.3.2008 souvisí s příchodem vichřece Ema.



Obrázek 77: Ukázka měření atmosférického tlaku zpracované žákem 7. ročníku ZŠ. K měření byl použit jednoduchý barometr ze sklenice, balónku a špejle.

Jméno: Třída: Datum:

Druhy oblaků – A

1. Spoj čarou latinské názvy základních druhů oblaků s jejich zkratkami a příslušnými českými názvy.

Cc	cumulus	vyvýšená kupa
St	altocumulus	řasová kupa
Cu	cumulonimbus	kupa
Ac	cirrocumulus	dešťová kupa
Cb	stratus	sloha

2. Propojte číselná a slovní označení oblačnosti:

Osminy	**Slovní označení**
0 až 1	malá oblačnost
2	skoro zataženo
3	zataženo
4	skoro jasno
5 až 6	jasno
7	oblačno
8	polojasno, polooblačno

3. Propojte anglická slova s jejich českými překlady:

English	**Česky**
hail	počasí
cloud	vzduch
air	deštník
weather	atmosféra
atmosphere	kroupy
umbrella	sníh
snow	mrak

Obrázek 78: Druhy oblaků, test skupina A - list 1/4

Jméno: Třída: Datum:

Druhy oblaků – B

1. Spoj čarou latinské názvy základních druhů oblaků s jejich zkratkami a příslušnými českými názvy.

Sc	altostratus	řasová sloha
Ci	cirrus	slohová kupa
Cs	stratocumulus	vyvýšená sloha
As	nimbostratus	řasa
Ns	cirrostratus	dešťová sloha

2. Propojte číselná a slovní označení oblačnosti:

Osminy	**Slovní označení**
0 až 1	skoro jasno
2	zataženo
3	polojasno, polooblačno
4	skoro zataženo
5 až 6	jasno
7	oblačno
8	malá oblačnost

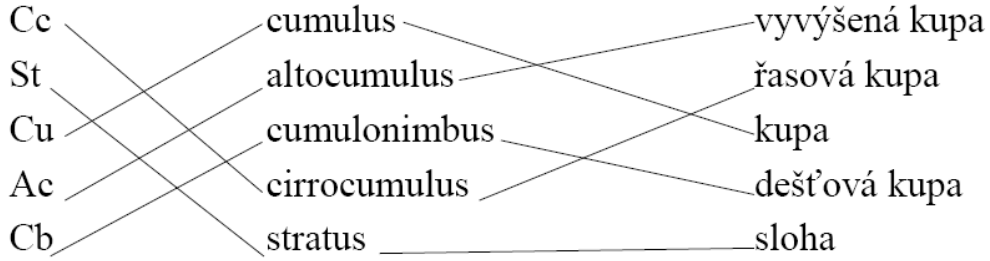
3. Propojte anglická slova s jejich českými překlady:

English	**Česky**
precipitation	bouře
fog	kaluže
sleet	déšť
storm	meteorologie
puddles	srážky
rain	mlha
meteorology	déšť se sněhem

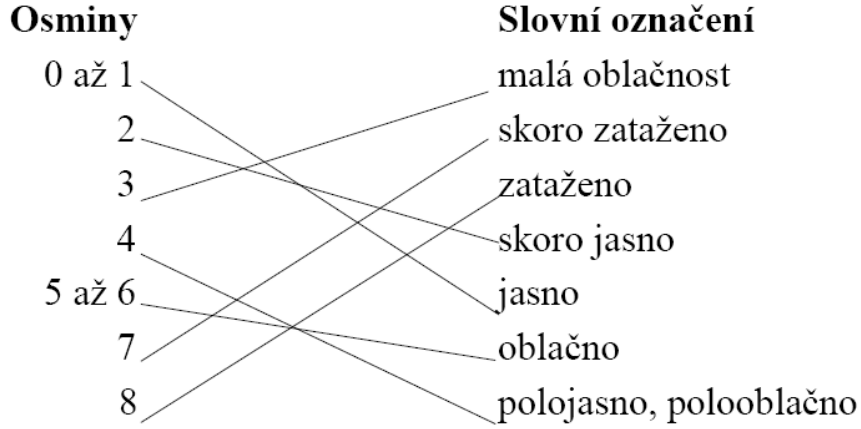
Obrázek 79: Druhy oblaků, test skupina B - list 2/4

Druhy oblaků – řešení A

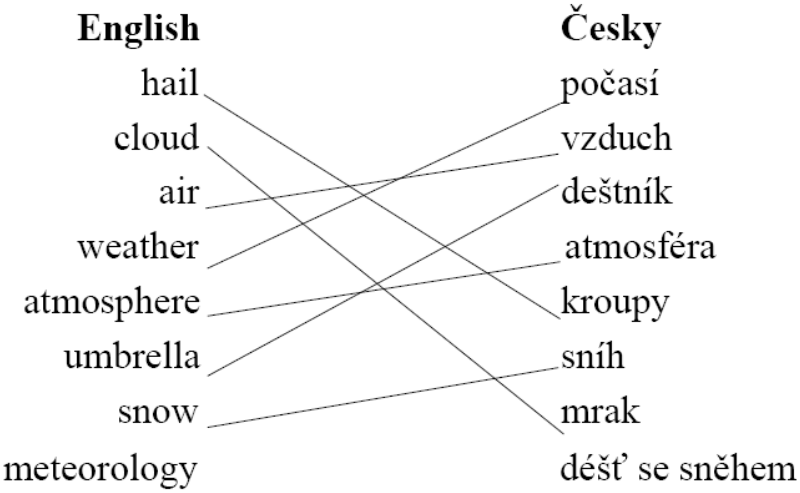
1. Spoj čarou latinské názvy základních druhů oblaků s jejich zkratkami a příslušnými českými názvy.



2. Propojte číselná a slovní označení oblačnosti:



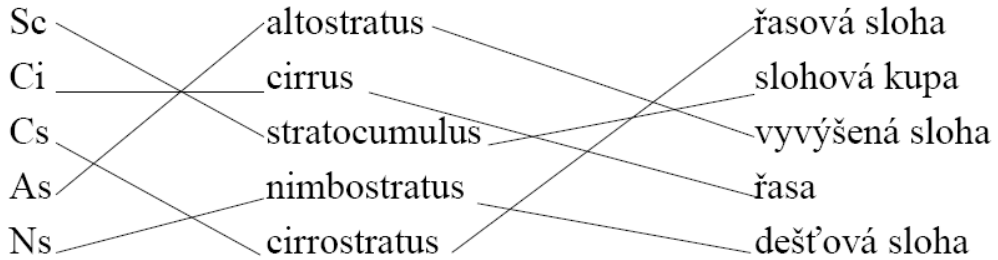
3. Propojte anglická slova s jejich českými překlady:



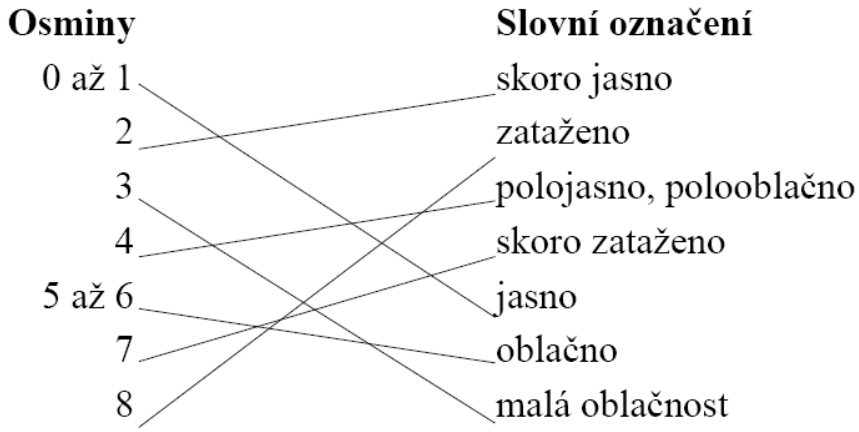
Obrázek 80: Druhy oblaků, řešení skupina A - list 3/4

Druhy oblaků – řešení B

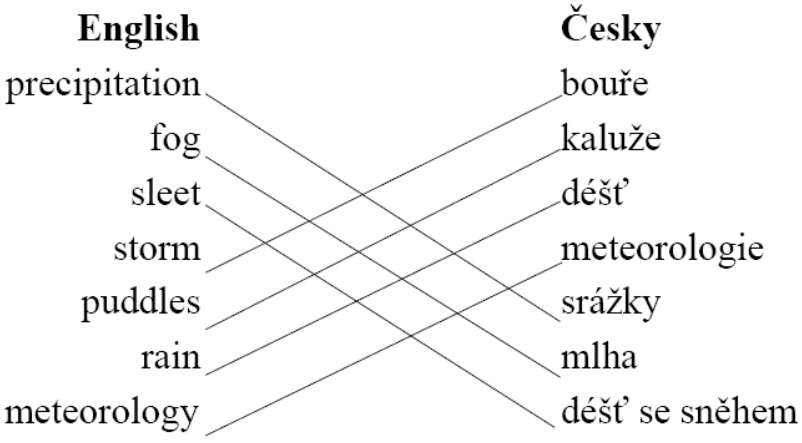
1. Spoj čarou latinské názvy základních druhů oblaků s jejich zkratkami a příslušnými českými názvy.



2. Propojte číselná a slovní označení oblačnosti:



3. Propojte anglická slova s jejich českými překlady:



Obrázek 81: Druhy oblaků, řešení skupina B - list 4/4

Meteorologická měření

Integrované 5-denní výsledky

Rozpis měření

pondělí: úterý: středa: čtvrtek: pátek:

Den v týdnu	pondělí	úterý	středa	čtvrtek	pátek
Datum					
Místní čas					
GMT					
Jména pozorovatelů					

Digitální teploměr a vlhkoměr

Okamžitá teplota [°C]					
Relativní vlhkost [%]					

Poznámka: Tento teploměr neresetuj, pouze přečti a zapiš hodnoty.

Minimo-maximový teploměr

Okamžitá teplota [°C]					
Maximální teplota [°C]					
Minimální teplota [°C]					

Poznámka:

- *Při odečítání teploty se dívej na teploměr kolmo.*
- *Teplotu odečítej s přesností na ½ stupně.*
- *Měříme minimální a maximální teplotu za posledních 24 hodin. Pokud min. a max. teplota nebyla zjištěna předchozí den, nemůžeš ji nyní změřit, pouze zmáčkni resetovací tlačítko.*

Srážky

Srážky [mm]					
Počet dnů akumulace					

Poznámka:

- *Pokud nepršelo, zapiš **0**.*
- *Srážky odečítej s přesností na 0,5 mm. Po zaznamenání hodnoty vodu ze srážkoměru vždy vylij.*
- *Jsou-li srážky menší než 0,5 mm, zapiš písmeno **T** a vodu vylij.*
- *Pokud se srážky akumulovaly déle než 7 dní, není možné je změřit. V tom případě zapiš písmeno **M** a vodu vylij.*

Obrázek 82: Protokol pro školní meteorologická měření a pozorování - list 1/2

Typy oblaků

Cirrus					
Cirrocumulus					
Cirrostratus					
Altostratus					
Altocumulus					
Cumulus					
Nimbostratus					
Stratus					
Stratocumulus					
Cumulonimbus					

Oblačné pokrytí

Bez mraků 0%					
Jasno 0-10%					
Ojedinělá oblačnost 10-25%					
Oblačno 25-50%					
Protrhávaná oblačnost 50-90%					
Zataženo 90-100%					

Typy kondenzačních čar objevujících se za letadly

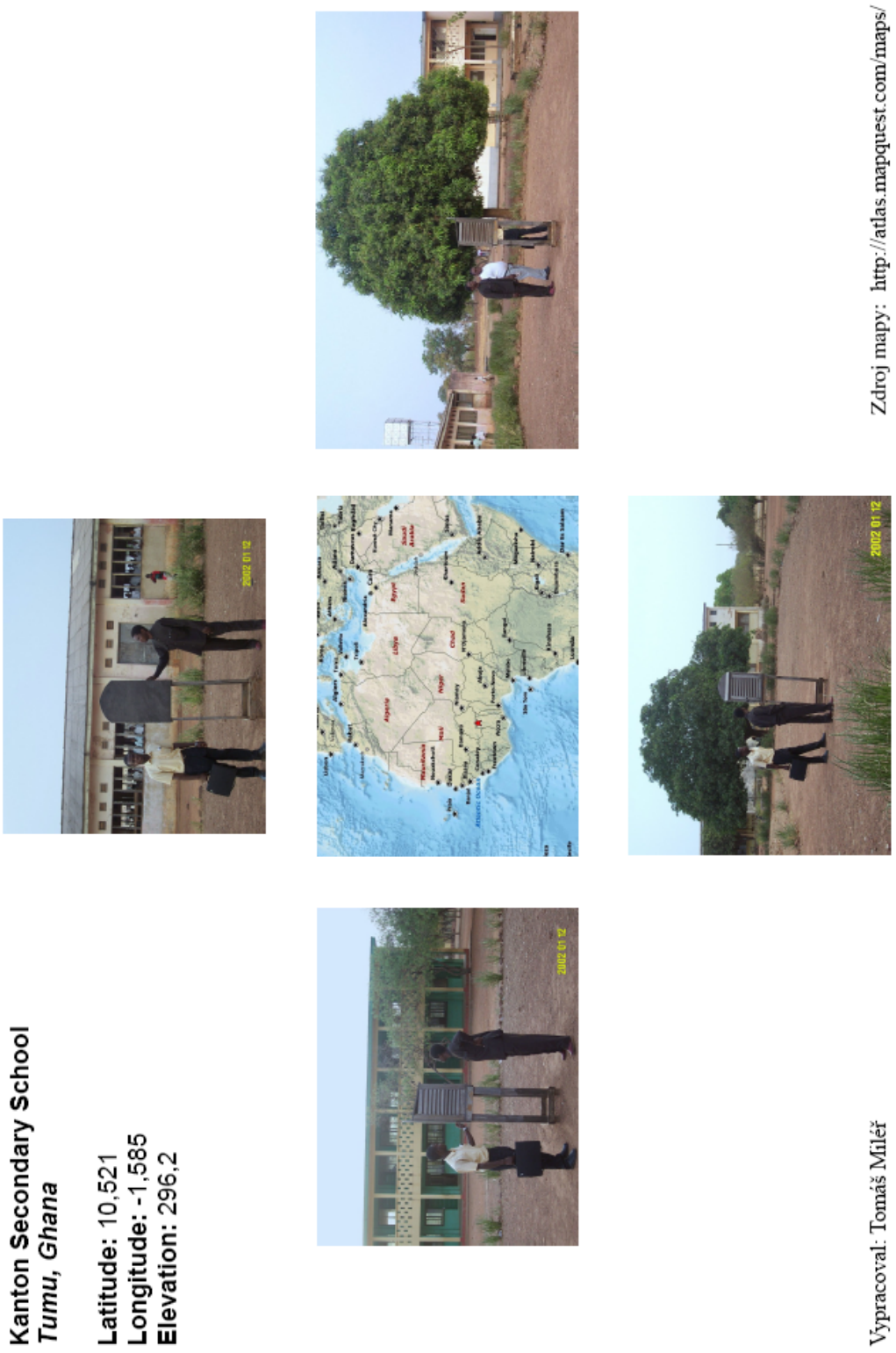
Krátkodobé, rychle mizící					
Trvalejší úzká stopa, brzy mizí					
Trvalejší stopa, rozšiřuje se					

*Poznámka: Zapiš **počet** kondenzačních čar na obloze.*

Oblačné pokrytí kondenzačními čarami

Žádné					
0-10%					
10-25%					
25-50%					
>50%					

Obrázek 83: Protokol pro školní meteorologická měření a pozorování - list 2/2



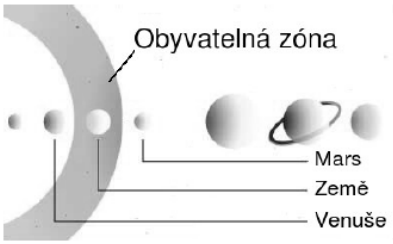
Obrázek 84: Poznej meteorologické stanice GLOBE - Vzorový dokument pro samostatnou práci žáků v učebně informatiky. Na snímku je školní met. stanice v Ghaně focená směrem na 4 světové strany. Uprostřed je mapa s označenou polohou meteostanice.

Obyvatelná zóna – instrukce pro učitele

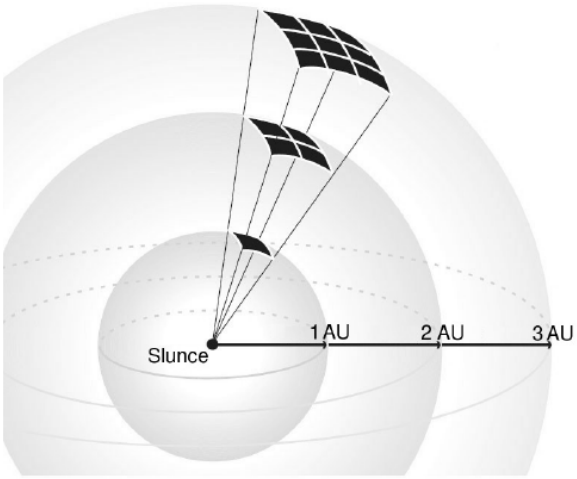
Úvod

Aktivita „obyvatelná zóna“ slouží k rozšíření a procvičení tématu „sluneční soustava“ v učivu fyziky. Zabývá se otázkou, zda na jiných planetách může být voda v kapalném skupenství (resp. zda jsou tam podmínky pro život). Vědci předpokládají, že kapalná voda je pro život nutnou podmínkou. V knihách o astronomii nalezneme informaci, že na Marsu je teplota -63 °C, voda je zde proto ve formě ledu, zatímco na Venuši je teplota 464 °C, takže kapalná voda by se ihned odpařila. Jediná planeta, kde existuje voda ve všech třech skupenstvích, je Země s průměrnou povrchovou teplotou 15 °C.

Země se nachází v oblasti, kde je slunečního záření právě akorát. Blíže Slunci je příliš horko a ve větší vzdálenosti je příliš chladno. Oblast sluneční soustavy, kde jsou vhodné podmínky pro existenci života, nazýváme *obyvatelná zóna* (z angl. habitable zone).



Klíčem k pochopení této skutečnosti, je pokles *intenzity slunečního záření I* [W.m^{-2}] s rostoucí vzdáleností od Slunce *r* [AU]. Jednotka AU je střední vzdálenost Slunce - Země a nazývá se *astronomická jednotka* (z angl. Astronomical Unit). Intenzita záření ve vzdálenosti $r = 1$ AU má hodnotu $I_0 = 1367$ W.m^{-2}, a nazývá se *solární konstanta*. Pokud se přemístíme do vzdálenosti 2 AU, energie záření se rozprostře na 4 krát větší plochu, tzn. že intenzita záření zde bude 4 krát menší než ve vzdálenosti 1 AU. Ve zdálenosti 3 AU se intenzita sníží 9 krát, ve zdálenosti 4 AU se sníží 16 krát atd. Intenzita záření dopadajícího na plochu kolmou k paprskům tedy klesá se čtvercem vzdálenosti od Slunce:

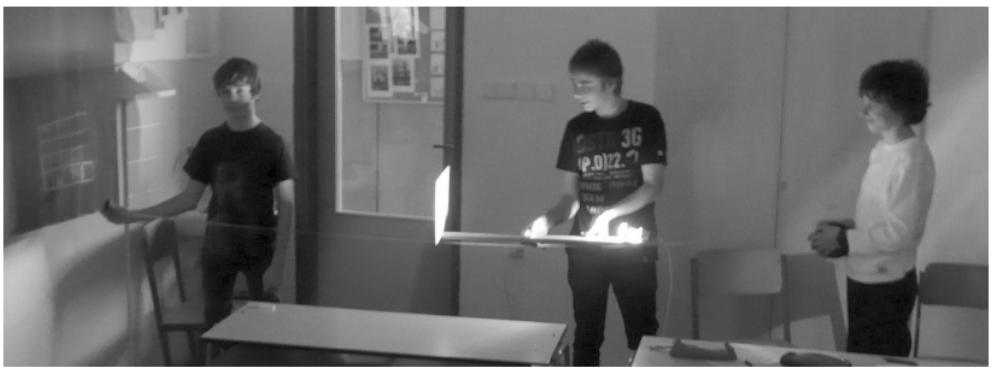


$$I = \frac{I_0}{r^2}$$

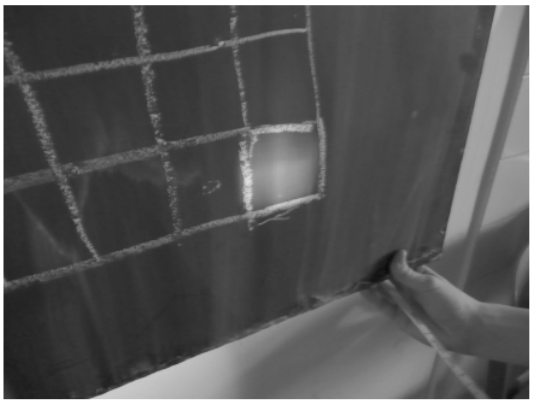
Obrázek 85: Obyvatelná zóna - instrukce pro učitele, list 1/3

Experiment

Úbytek záření v závislosti na vzdálenosti od zdroje lze demonstrovat jednoduchým experimentem. Na dřevěnou tyč (cca 1 m) upevníme na jednom konci stínítko s malým čtvercovým otvorem (cca 1 cm^2) a na druhém konci upevníme zdroj světla (např. žárovka v objímce na pohyblivém přívodu). Na tabuli předkreslíme čtvercovou síť. Experiment v zatemněné učebně mohou provádět společně 3 žáci, jak ilustruje fotografie níže.



Jeden žák drží počátek měřícího pásma u tabule, druhý žák drží pásmo napnuté ve vzdálenosti 3-4 m od tabule. Třetí žák přiloží k pásmu zdroj světla tak, aby světlo po průchodu otvorem ve stínítku osvětlilo právě jeden čtverec ve čtvercové síti na tabuli.



Změříme vzdálenost stínítka od čtvercové sítě na tabuli. Potom zdroj přemístíme do dvojnásobné vzdálenosti od tabule, kde světlo vyplní 4 čtverce, následně do trojnásobné vzdálenosti, čímž dojde k osvětlení 9 čtverců. S rostoucí vzdáleností mohou být okraje osvětlené plochy rozostřené. Zatemnění místnosti musí být proto dostatečné, aby i při 9 násobnému poklesu intenzity byl rozdíl mezi osvětlenou a neosvětlenou plochou patrný.

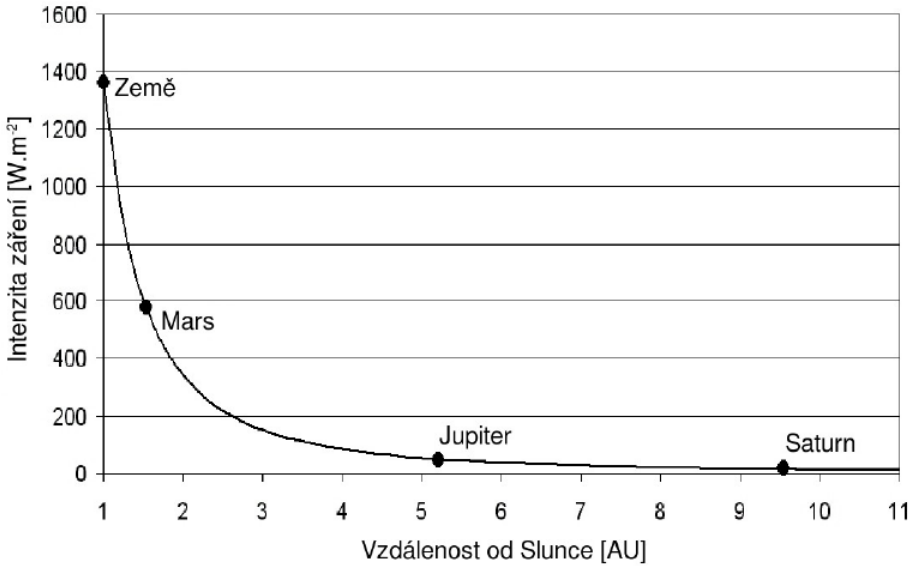
Obrázek 86: Obyvatelná zóna - instrukce pro učitele, list 2/3

Graf

Na základě experimentálního ověření zkoumaného jevu provedeme výpočet intenzity slunečního záření pro ostatní planety sluneční soustavy. Žákům zadáme solární konstantu a vzdálenosti planet, a necháme je doplnit do tabulky příslušné intenzity záření.

Planeta	**Vzdálenost od Slunce [AU]**	**Intenzita záření [W.m^{-2}]**
Merkur	0,39	
Venuše	0,72	
Země	1	1366
Mars	1,5	
Jupiter	5,2	
Saturn	9,5	
Uran	19,2	
Neptun	30,1	

Následně necháme žáky narýsovat graf závislosti intenzity záření na vzdálenosti od Slunce pro planety Země, Mars, Jupiter, Saturn. Graf lze nakreslit i pro další planety, ale je nutné zvolit vhodné měřítko.



Zajímavost

Kosmické sondy letící k Jupiteru a Saturnu nemohou pro nedostatek slunečního záření používat solární panely, ale elektroniku je nutné napájet jinými zdroji elektřiny.

Zdroje:

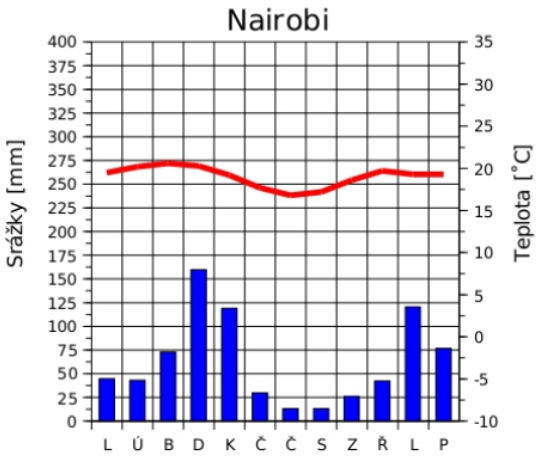
http://nai.arc.nasa.gov/library/downloads/ERG.pdf

Obrázek 87: Obyvatelná zóna - instrukce pro učitele, list 3/3

Jméno: Třída: Datum:

Klimadiagram – pracovní list

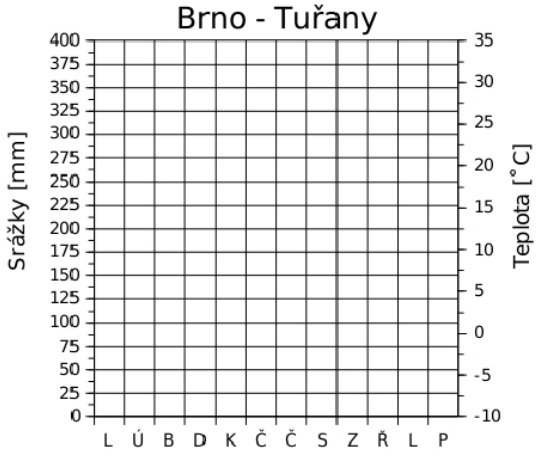
1. Podle grafu zjisti, kolikrát v roce mají v Nairobi období dešťů: .....
2. Ve kterých třech měsících obvykle spadne nejvíce srážek? .....
3. Zjisti, které dva měsíce jsou v Nairobi nejteplejší, a vysvětli proč: .....
   .....



Měsíc	Srážky [mm]	Teplota [°C]
L	44,6	19,5
Ú	43,0	20,2
B	72,7	20,6
D	159,8	20,3
K	119,1	19,2
Č	29,8	17,7
Č	13,3	16,8
S	13,2	17,2
Z	26,1	18,6
Ř	42,2	19,7
L	120,5	19,3
P	76,6	19,3

Roční úhrn srážek [mm]	Průměrná roční teplota [°C]
760,3	19,0

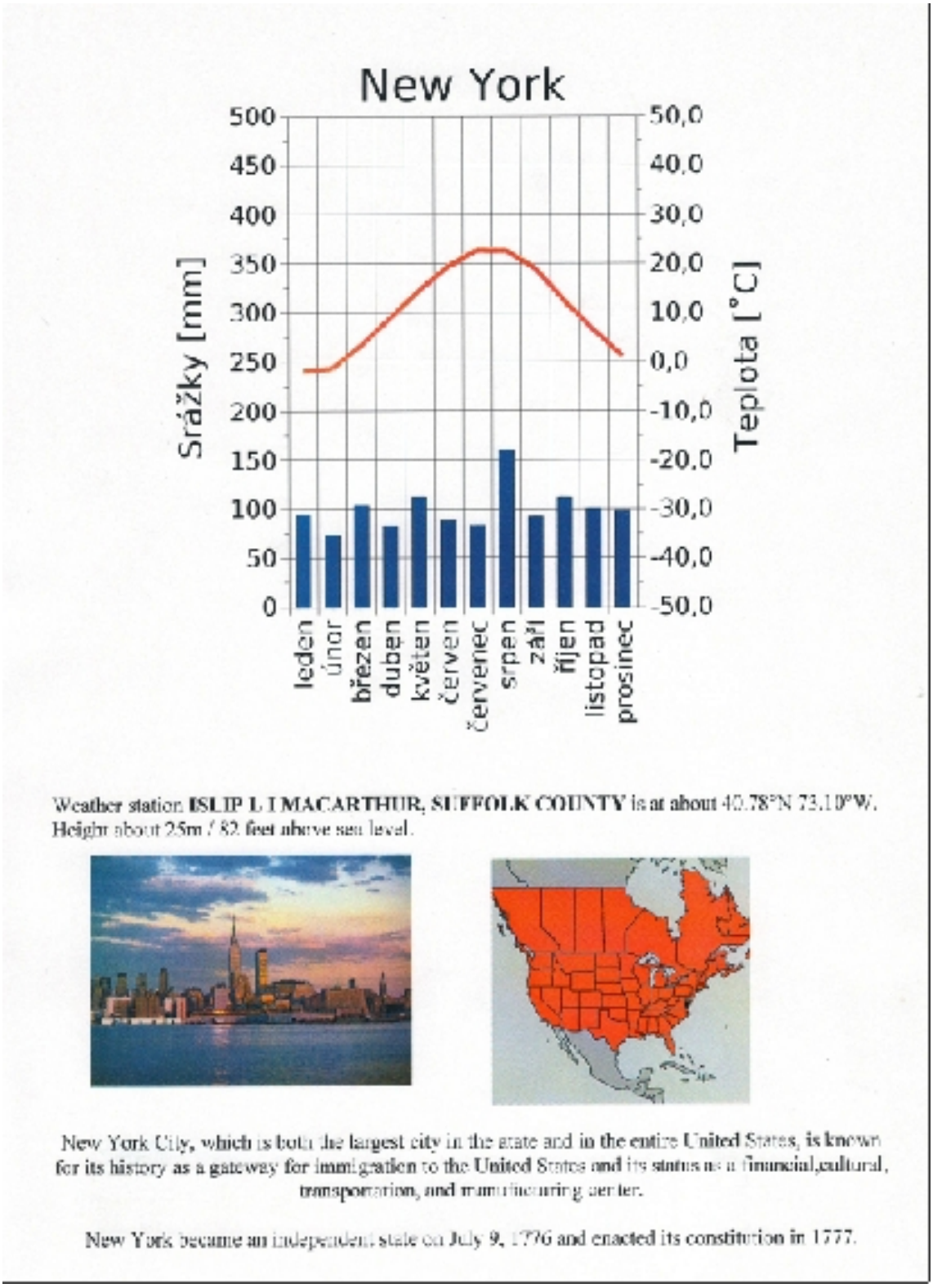
4. Podle údajů změřených v meteostanici Brno - Tuřany narýsuj klimadiagram.
   Doplň roční úhrn srážek a průměrnou roční teplotu.



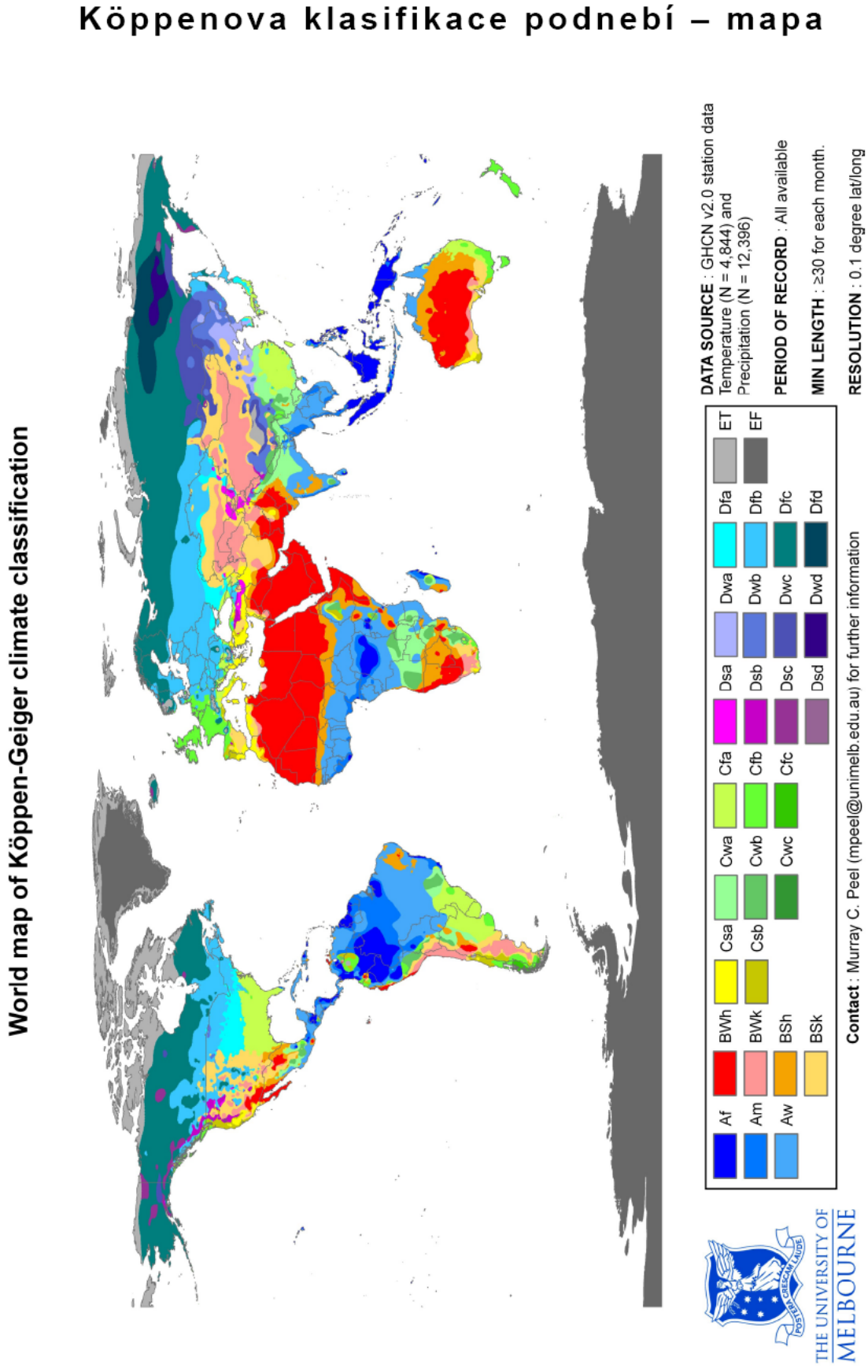
Měsíc	Srážky [mm]	Teplota [°C]
L	24,7	-2,2
Ú	23,0	-0,5
B	24,2	3,6
D	32,5	8,8
K	56,9	13,8
Č	77,7	17,0
Č	69,1	18,6
S	57,0	18,1
Z	37,8	14,2
Ř	30,5	9,1
L	34,5	3,6
P	29,2	-0,1

Roční úhrn srážek [mm]	Průměrná roční teplota [°C]

Obrázek 88: Klimadiagram



Obrázek 89: Klimadiagram pro New York - Ukázka žákovské práce, kterou lze použít jako vzor dokumentu pro samostatnou práci žáků.



Obrázek 90: Köppenova klasifikace klimatu - mapa, list 1/6

Köppenova klasifikace podnebí – klíč

– je utvořena podle rozložení teplot vzduchu a atmosférických srážek ve vztahu k vegetaci.

1. písmeno: Klimatické pásy

A – pás vlhkého tropického klimatu (průměrná teplota každého měsíce je 18 °C, bez zimního období, velké srážky, převažující výpar)
B – pás suchého klimatu (výpar větší než srážky, bez přebytku vody)
C – pás mírně teplého klimatu (omezen izotermou 18 °C nejteplejšího a -3 °C nejchladnějšího měsíce, sezonalita)
D – pás mírně studeného (boreálního) klimatu (omezen izotermou 10 °C nejteplejšího a -3 °C nejchladnějšího měsíce)
E – pás polárního klimatu (teplota nejteplejšího měsíce pod 10 °C)

2. písmeno: Klimatické typy

S – stepní
W – pouštní
f – vlhké
w – suché období v zimě
s – suché období v létě
m – monzunové deště

Kombinací obou skupin Köppen vymezil 12 různých klimat:
Af – klima tropického deštného lesa
Am – monzunová verze Af
Aw – klima tropických savan
BS – klima stepí
BW – klima pouští
Cf – mírně teplé klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku
Cw – mírně teplé klima se suchou zimou
Cs – mírně teplé klima se suchým létem
Df – mírně studené klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku
Dw – mírně studené klima se suchou zimou
ET – klima tundry
EF – klima stálého mrazu

3. písmeno: Teplotní režim

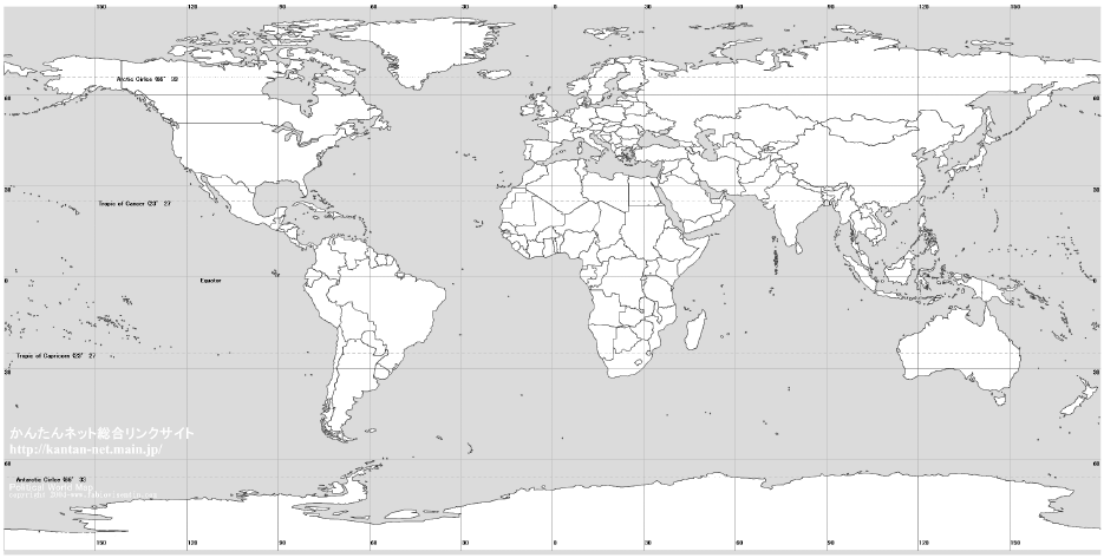
a – horké léto
b – mírné léto
c – krátké a chladné léto
d – velmi chladná zima
h – sucho a horko
k – sucho a chladno

Obrázek 91: Köppenova klasifikace klimatu - klíč kódů, list 2/6

Jméno: Třída: Datum:

Köppenova klasifikace podnebí – pracovní list

1. S pomocí školního atlasu označ na mapě světa:
   Darwin, New Orleans, Londýn, Řím, Barrow, Plateau station



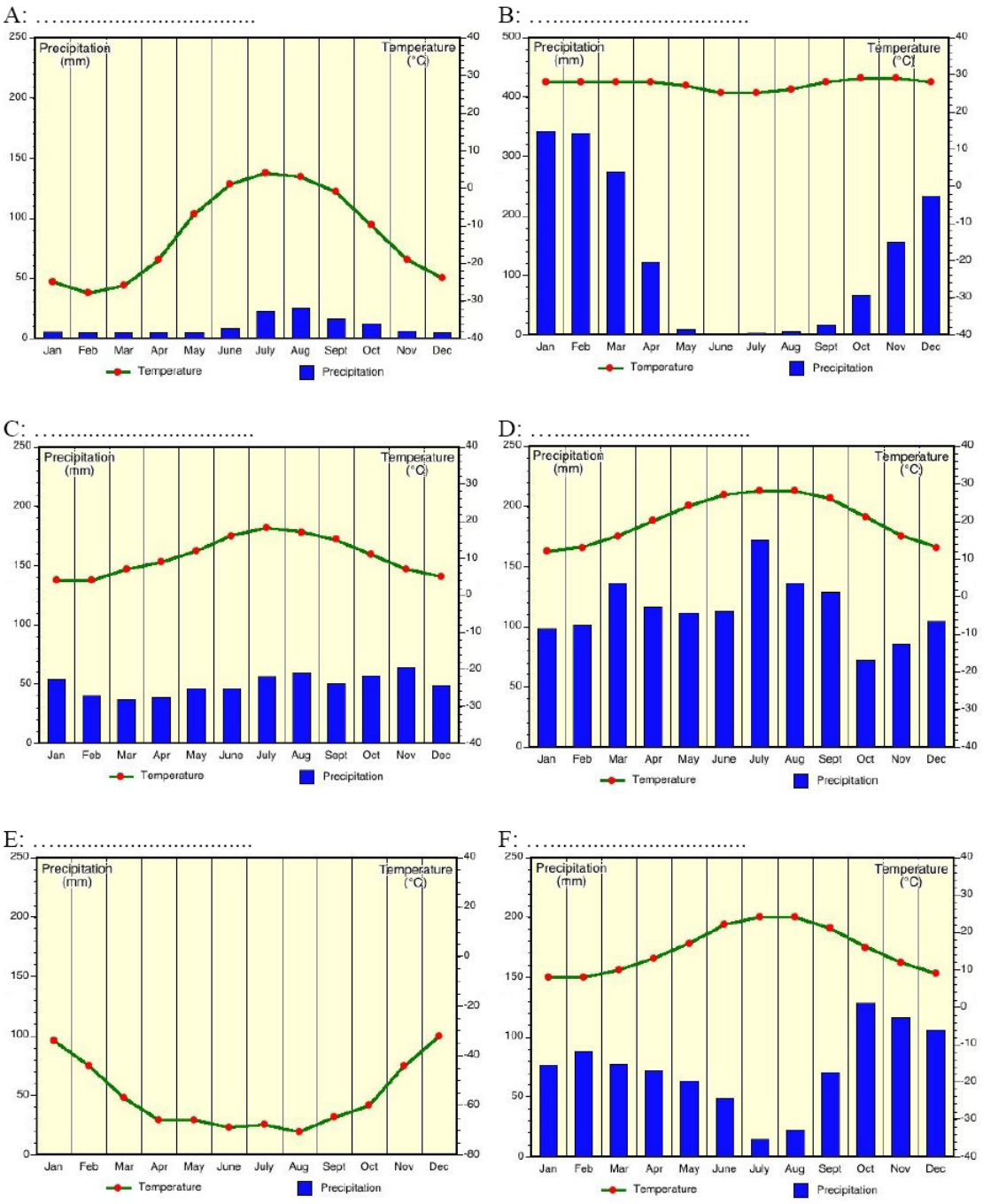
2. Doplň do tabulky zemi, kód podle Köppenovy klasifikace a slovní popis klimatu:

Město	Země	Kód	Popis klimatu
Darwin			
New Orleans			
Londýn			
Řím			
Barrow	Aljaška		
Plateau station			

3. Jaké klima podle Köppenovy klasifikace je v České republice?

Obrázek 92: Köppenova klasifikace klimatu - pracovní list 3/6

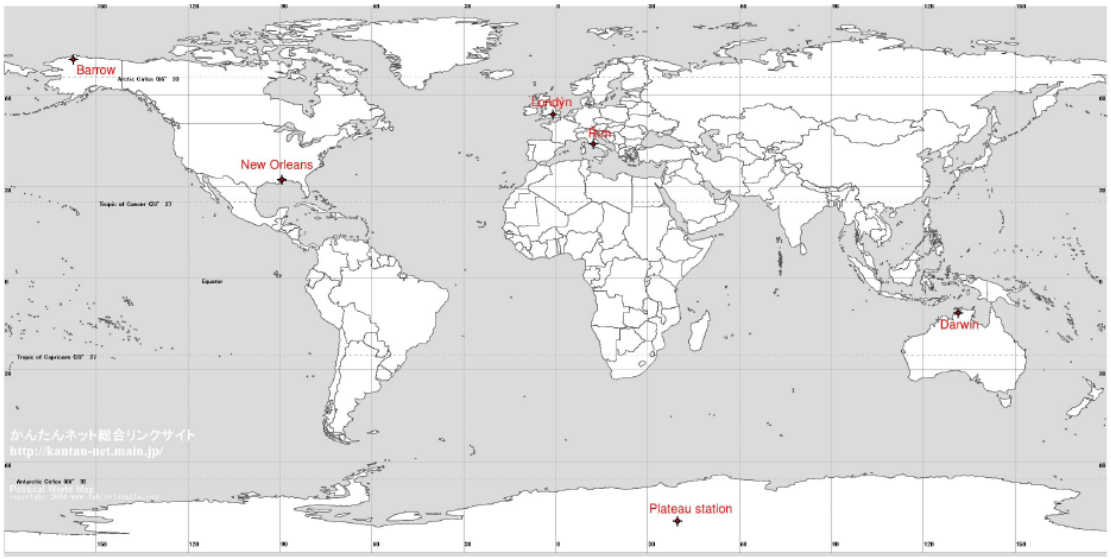
4. Přiřaď k daným klimadiagramům následující lokality:
Darwin, New Orleans, Londýn, Řím, Barrow, Plateau station



Obrázek 93: Köppenova klasifikace klimatu - pracovní list 4/6

Köppenova klasifikace podnebí – řešení

1. S pomocí školního atlasu označ na mapě světa:
   Darwin, New Orleans, Londýn, Řím, Barrow, Plateau station



2. Doplň do tabulky zemi, kód podle Köppenovy klasifikace a slovní popis klimatu:

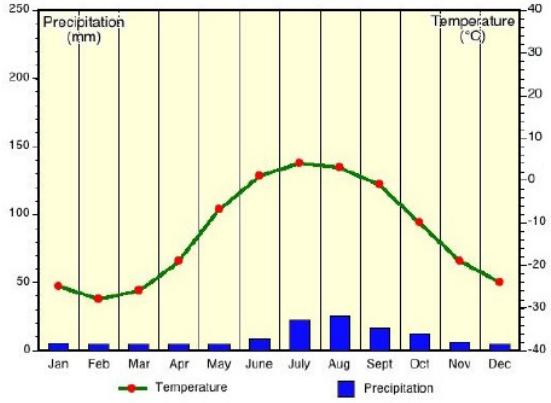
Město	Země	Kód	Popis klimatu
Darwin	Austrálie	Aw	klima tropických savan
New Orleans	USA	Cf	mírně teplé klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku
Londýn	VB	Cf	mírně teplé klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku
Řím	Itálie	Cs	mírně teplé klima se suchým létem
Barrow	Aljaška	ET	klima tundry
Plateau station	Antarktida	EF	klima stálého mrazu

3. Jaké klima podle Köppenovy klasifikace je v České republice?
   Df – mírně studené klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku
   b – mírné léto

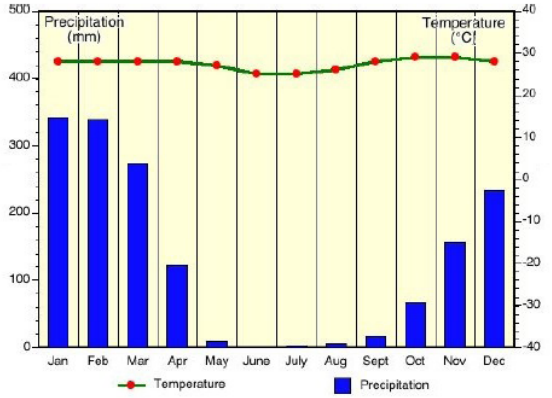
Obrázek 94: Köppenova klasifikace klimatu - řešení, list 5/6

4. Přiřaď k daným klimadiagramům následující lokality:
Darwin, New Orleans, Londýn, Řím, Barrow, Plateau station

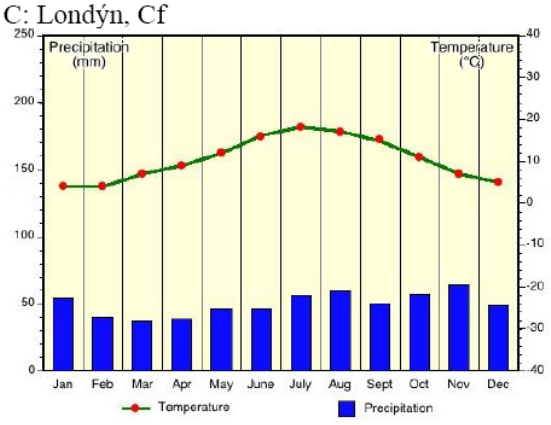
A: Barrow, ET



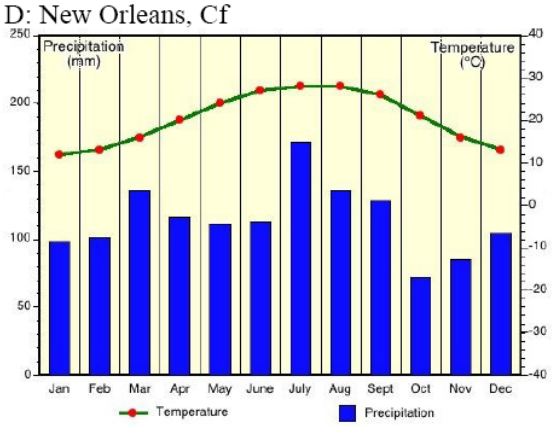
B: Darwin, Aw



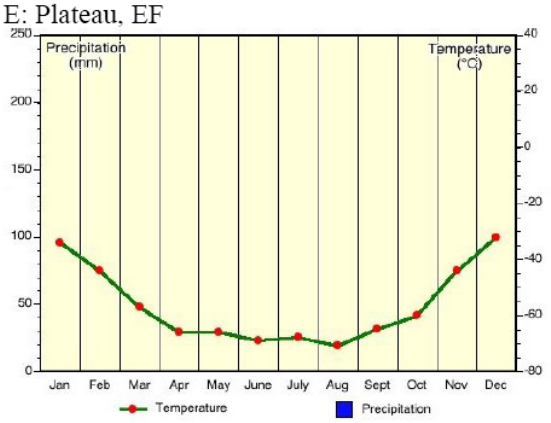
C: Londýn, Cf



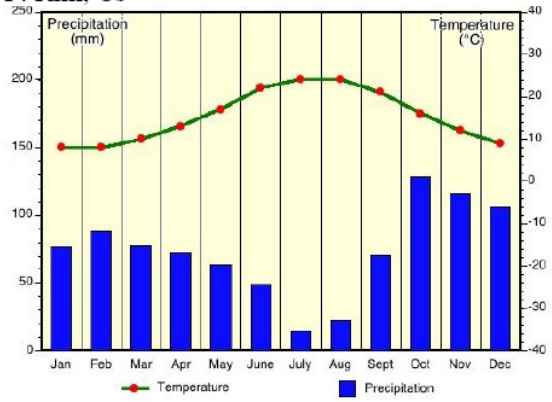
D: New Orleans, Cf



E: Plateau, EF



F: Řím, Cs



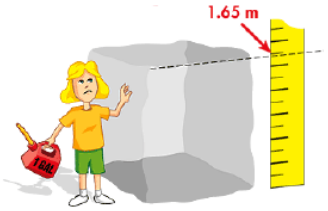
Zdroje:
http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html
http://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
http://www.haimenonline.com/world/world-map-printable.html

Obrázek 95: Köppenova klasifikace klimatu - řešení, list 6/6

Jméno: Třída: Datum:

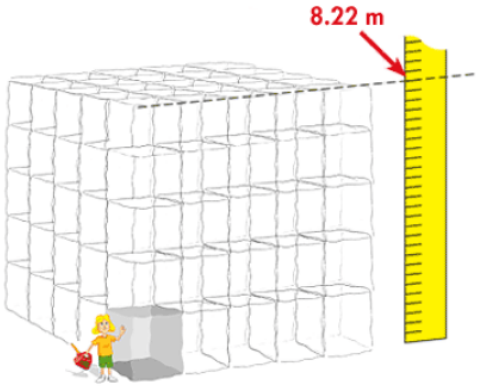
Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší?

1. Při spálení 1 galónu benzínu (v USA se pro objem používá jednotka galón, 1 gal = 3,785 l) vznikne plynný oxid uhličitý, který by vyplnil krychli o hraně 1,65 m. Jaký je objem této krychle?



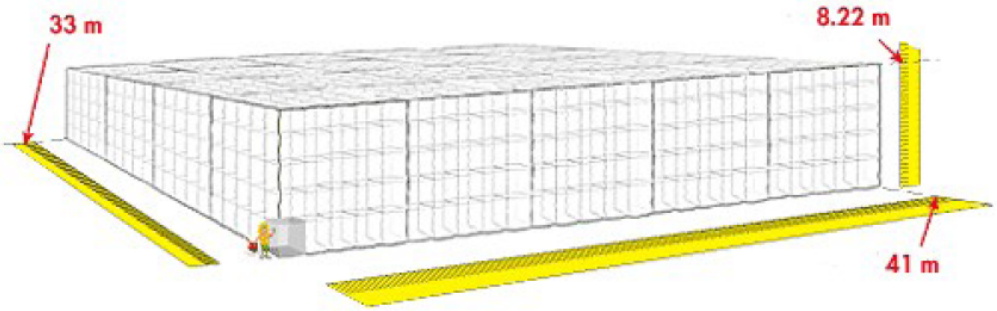
V_1 = ... m^3

2. Oxid uhličitý o hmotnosti 1 t vyplní krychli o hraně 8,22 m. Jaký je objem 1 t CO_2?



V_2 = ... m^3

3. Následující obrázek znázorňuje, jaký objem CO_2 vypustí ročně každý průměrný Američan. Vyjádři toto množství CO_2 v tunách.



m_{USA} = ... t

Obrázek 96: Pracovní list - Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší? - list 1/4

4. Když celkové množství CO_2 vypouštěné všemi Američany podělíme rozlohou USA, oxid uhličitý by pokryl území USA vrstvou 30 cm vysokou.

Nyní proveď obdobný výpočet pro Českou republiku. Jak vysoká by byla vrstva oxidu uhličitého vypouštěného všemi občany ČR za jeden rok, pokud by se CO_2 rovnoměrně rozprostřel na celé naše území?

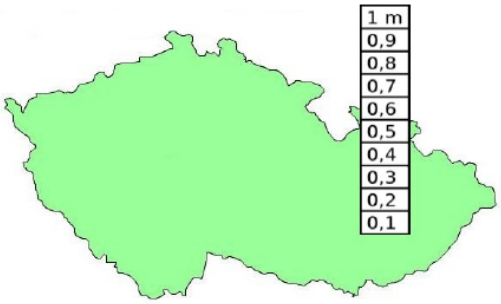
Roční emise CO_2 na jednoho občana ČR: **12 t**
Počet obyvatel ČR: **10,5 milionů**
Rozloha ČR: **78 370 km^2**

Celkové roční emise CO_2 v ČR v tunách:

Objem ročních emisí CO_2 v ČR v m^3:

Rozloha ČR v m^2:

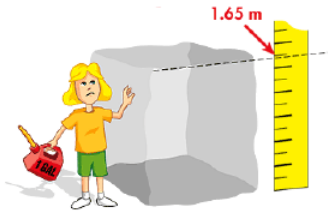
Výška vrstvy:
(vypočítej a označ v obrázku)



Obrázek 97: Pracovní list - Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší? - list 2/4

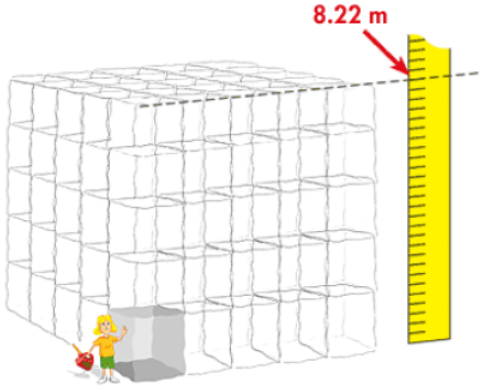
Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší? - výsledky

1. Při spálení 1 galónu benzínu (v USA se pro objem používá jednotka galón, 1 gal = 3,785 l) vznikne plynný oxid uhličitý, který by vyplnil krychli o hraně 1,65 m. Jaký je objem této krychle?



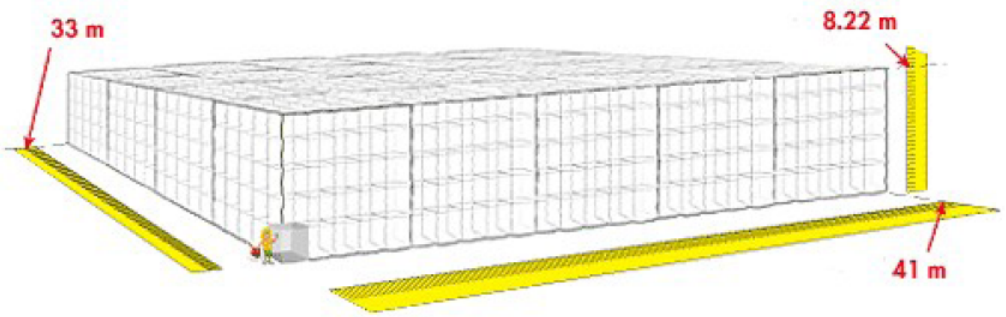
$V_1 = 4{,}5\ m^3$

2. Oxid uhličitý o hmotnosti 1 t vyplní krychli o hraně 8,22 m. Jaký je objem 1 t CO2?



$V_2 = 555{,}4\ m^3$

3. Následující obrázek znázorňuje, jaký objem CO_2 vypustí ročně každý průměrný Američan. Vyjádři toto množství CO_2 v tunách.



$m_{USA} = 20\ t$

Obrázek 98: Výsledky pracovního listu - Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší? - list 3/4

4. Když celkové množství CO_2 vypouštěné všemi Američany podělíme rozlohou USA, oxid uhličitý by pokryl území USA vrstvou 30 cm vysokou.

Nyní proveď obdobný výpočet pro Českou republiku. Jak vysoká by byla vrstva oxidu uhličitého vypouštěného všemi občany ČR za jeden rok, pokud by se CO_2 rovnoměrně rozprostřel na celé naše území?

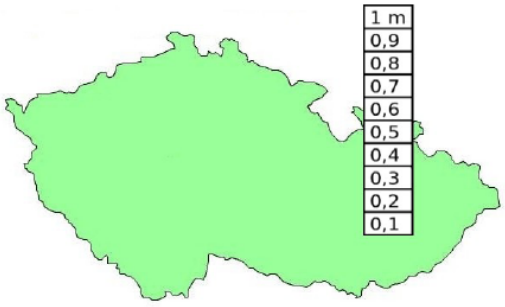
Roční emise CO_2 na jednoho občana ČR: **12 t**
Počet obyvatel ČR: **10,5 milionů**
Rozloha ČR: **78 370 km²**

Celkové roční emise CO_2 v ČR v tunách: 126 000 000 t

Objem ročních emisí CO_2 v ČR:
126 000 000 x 555,4 = 70 000 000 000 m^3

Rozloha ČR v m^2: 78 370 000 000 m^2

Výška vrstvy: 0,9 m



Zdroje:
International Carbon Bank and exchange, Carbon for Kids,
Dostupné z WWW: http://www.icbe.com/carbonforkids

Obrázek 99: Výsledky pracovního listu - Kolik CO_2 vypouštíme do ovzduší? - list 4/4

Jméno: Třída: Datum:

Okyselování oceánů – pracovní list

Zadání: Změř změnu kyselosti vody v důsledku pohlcování CO_2.

Pomůcky: kádinka, digitální pH metr, roztok fenolftaleinu v lihu, granule NaOH, slámka na pití

ÚLOHA 1

Atmosféra obsahuje 0,04 % oxidu uhličitého, zato v tvém výdechu je ho asi 5 %.
Použij svůj dech jako zdroj CO_2 pro okyselení vody v kádince.

Do čisté kádinky naber 50 ml vody a změř její kyselost digitálním pH metrem.
Kyselost čisté vody: ..... pH

Foukej do vody slámkou asi 1 minutu a znovu změř kyselost.
Kyselost vody s rozpuštěným CO_2: ..... pH

O kolik se změnila kyselost vody?
Změna kyselosti .....pH

ÚLOHA 2

Pokus zopakujeme s použitím kapalného indikátoru kyselosti. Fenolftalein se zbarví fialově v zásaditém prostředí v rozsahu pH 8,2-9,8. Protože čistá voda má pH o něco málo nižší, rozpustíme v ní louh (hydroxid sodný NaOH).

Do čisté kádinky naber 200 ml vody a změř její kyselost digitálním pH metrem.
Kyselost čisté vody: ..... pH

Kápni do vody indikátor kyselosti fenolftalein a rozpusť v ní granuli NaOH. Změř kyselost.
Kyselost zabarvené vody: ..... pH

Odlij asi 50 ml fialové vody do jiné kádinky a foukej do ní brčkem, dokud se zcela neodbarví.
Kyselost odbarvené vody: ..... pH

Kontrolní otázka: Při rozpouštění CO_2 ve vodě se kyselost vody zvyšuje nebo snižuje?

Obrázek 100: Okyselování oceánů - list 1/2

ÚLOHA 3

Analýzou usazenin v oceánském dně se podařilo rekonstruovat kyselost oceánů v minulosti. V současnosti roste koncentrace CO_2 v atmosféře rychlostí 2 ppm za rok. Asi čtvrtina emisí CO_2 z fosilních paliv a odlesňování se rozpouští v oceánech, takže jejich kyselost rychle roste. V následujícím grafu je zachycen i předpokládaný nárůst kyselosti oceánů do konce 21. století.

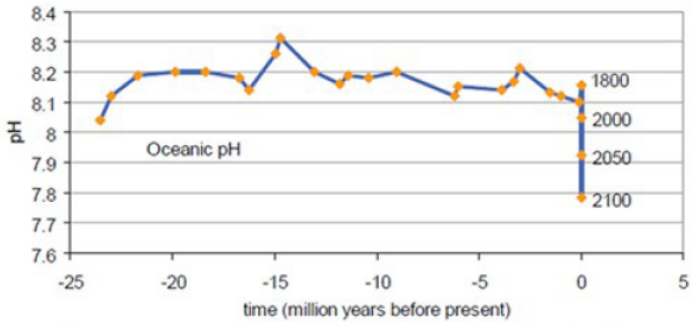


Figure 1. Past and contempory variability of marine pH. Future predictions are model derived values based on IPCC mean scenarios (from Turley *et al*, 2006. Cambridge University Press, 8, 65-70).

Odhadni, jaká byla průměrná kyselost oceánů za posledních 23 milionů let: .....

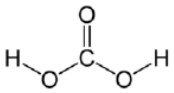
Kdy asi klesne průměrné pH oceánů pod 8,0? .....

Kdy naposledy byly oceány stejně kyselé jako nyní?.....

ÚLOHA 4

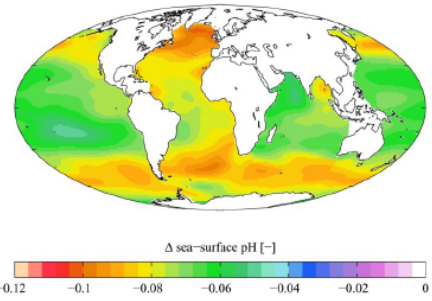
Pohlcováním CO2 ve vodě vzniká **kyselina uhličitá H_2CO_3**.

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$$



Tato reakce je vratná a její rovnováha se dá snadno ovlivnit teplotou (s rostoucí teplotou klesá tvorba kyseliny uhličité).

V současnosti oceány pohlcují asi polovinu antropogenních emisí CO_2. V rozmezí let 1800 až 2005 se do oceánů na celém světě dostalo 142 miliard tun uhlíku.
Na obrázku vpravo jsou znázorněny změny pH povrchové vrstvy moří v důsledku rozpouštění vzdušného CO_2 mezi lety 1700 a 1990.



Je CO_2 pohlcován více v rovníkové oblasti nebo ve vyšších zeměpisných šířkách? Vysvětli proč:

Obrázek 101: Okyselování oceánů - list 2/2

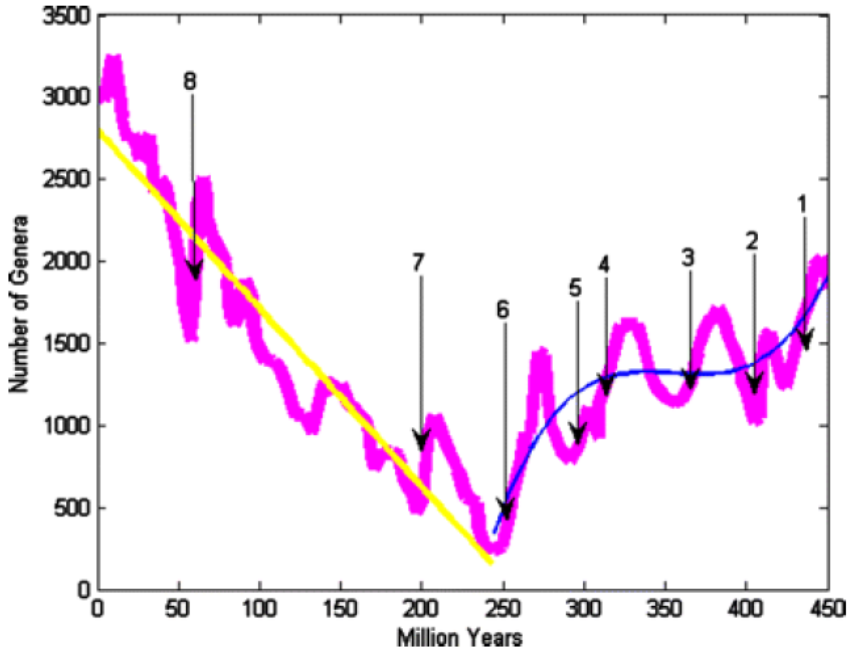
Masová vymírání druhů – pracovní list

Největších pět vymírání (Big five)

- Cretaceous–Tertiary extinction event (K-T extinction) – 65 Ma
- Triassic–Jurassic extinction event – 199.6 Ma
- Permian–Triassic extinction event – 251 Ma
- Late Devonian extinction – 360-375 Ma
- Ordovician–Silurian extinction event – 440-450 Ma

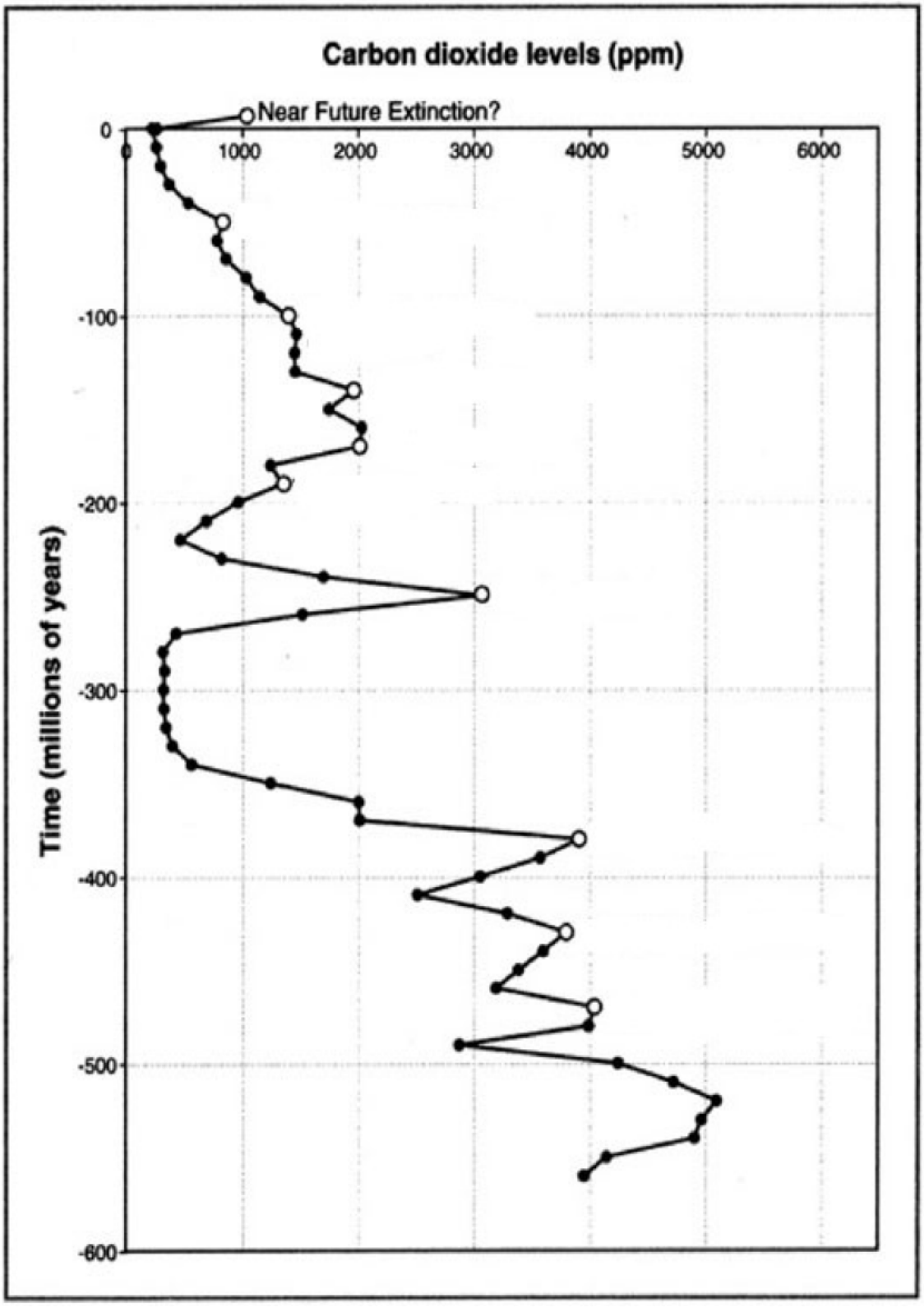
Menší vymírání

- Middle Miocene disruption cca – 14.5 Ma
- Paleocene–Eocene Thermal Maximum – 55.8 Ma
- Cenomanian-Turonian – 100 Ma
- Jurassic-Cretaceous – cca 145 Ma
- Toarcian turnover – cca 183 Ma
- End Carboniferous – cca 300 Ma
- Middle Carboniferous – cca 320 Ma
- Ireviken event – cca 428 Ma
- Cambro-Ordovician extinction event – cca 488 Ma
- End Botomian – cca 517 Ma
- End-Ediacaran extinction – cca 542 Ma



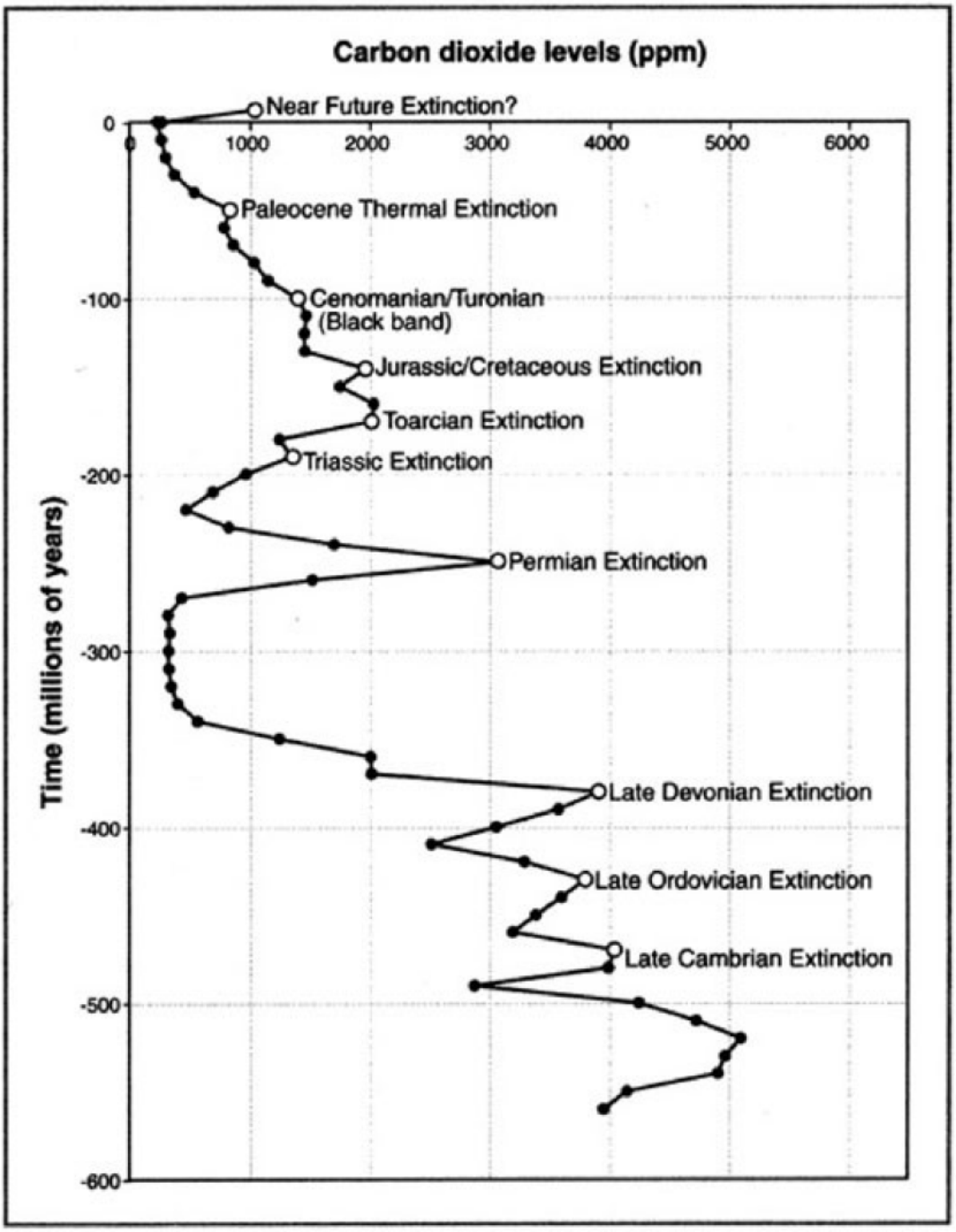
Obrázek 102: Masová vymírání druhů - list 1/3

Doplň názvy období vymírání druhů k bílým kroužkům v grafu.

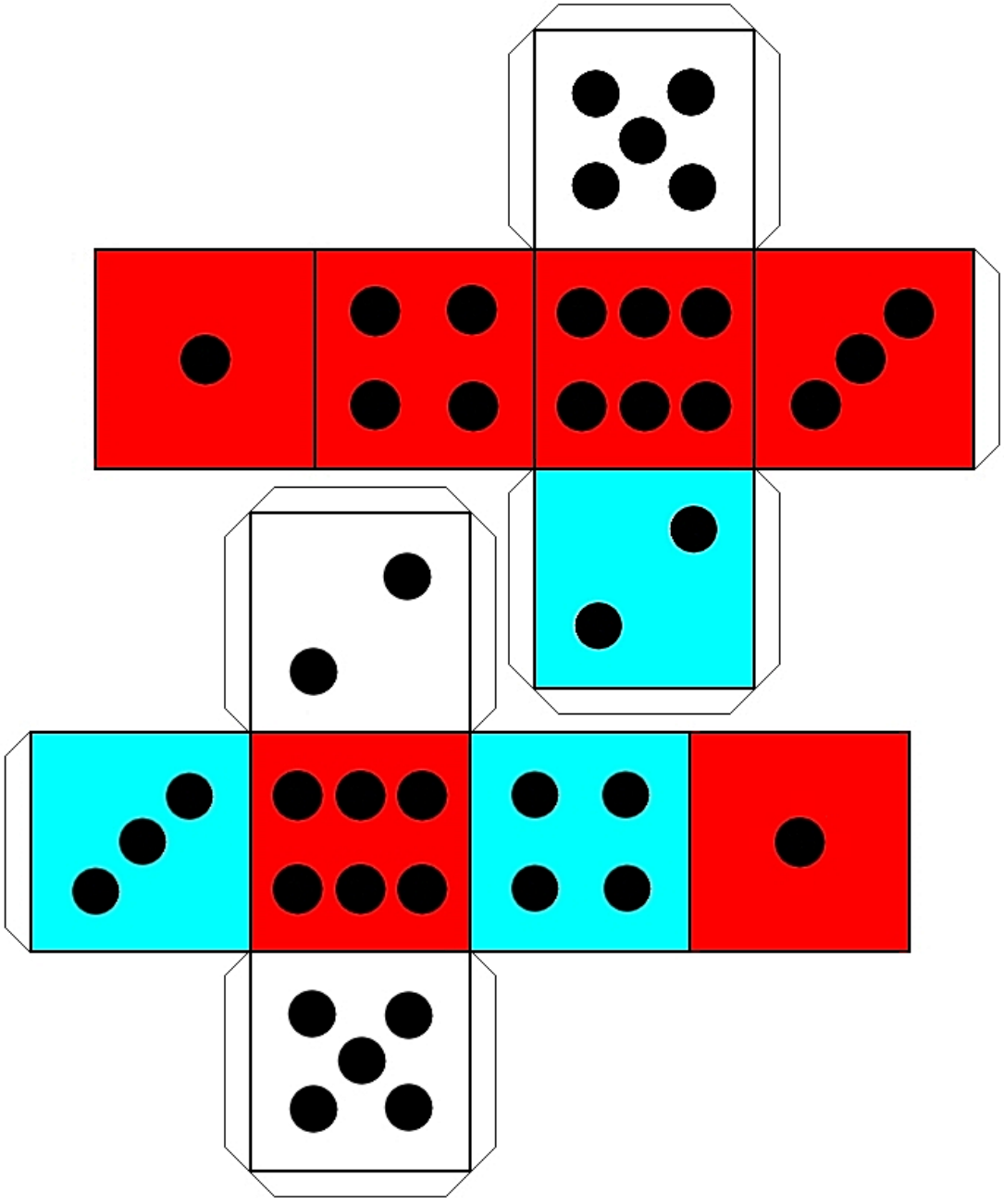


Obrázek 103: Masová vymírání druhů - list 2/3

Řešení úkolu 2:



Obrázek 104: Masová vymírání druhů - list 3/3



Obrázek 105: Hansenovy kostky (vystřihovánka) - učební pomůcka pro objasnění rozdílu mezi počasím a klimatem a pro vysvětlení významu změny klimatu.

Jméno: Třída: Datum:

Zdroje energie - test

1. Doplň chybějící slova ve větách (nápověda je v rámečku):

Biomasa je jakýkoliv ..... , který byl ještě nedávno součástí živých organizmů.
Biomasa je ..... zdroj energie, protože můžeme vypěstovat nové rostliny.
Většinou ..... biomasu za účelem vytápění domů.
Při spalování odpatků v některých ..... současné vyrábíme elektřinu.
Když biomasa zetleje, vznikne ..... zvaný ..... , který můžeme využít jako zdroj energie.
..... lze vyrobit zkapalněním biomay.
Většina biomasy, kterou využíváme jako palivo, je ..... .
Rostliny ..... energii ze Slunce ve svých kořenech a listech.
Uhlí označujeme jako ..... zdroj, protože vzniklo přeměnou odumřelých rostlin před miliony let.
Uhlí je ..... zdroj energie, protože ho nelze vytvořit v krátkém čase.

dřevo	spalovnách	neobnovitelný	materiál	ethanol	
fosilní	obnovitelný	methan	ukládají	spalujeme	plyn

2. Které zdroje energe označujeme jako obnovité a které jako neobnovitelné?

	obnovitelný	neobnovitelný
biomasa	☐	☐
geotermální	☐	☐
sluneční záření	☐	☐
uhlí	☐	☐
vítr	☐	☐
zemní plyn	☐	☐
ropa	☐	☐
jaderná energie	☐	☐

3. Které zdroje energe označujeme jako fosilní?
☐ biomasa , ☐ geotermální , ☐ sluneční záření , ☐ uhlí, ☐ vítr, ☐ zemní plyn, ☐ ropa, ☐ uran

4. Energie fosilních paliv má svůj původ v:
☐ fosilizované zbytky dinosaurů , ☐ fotosyntéza rostlin po miliony let , ☐ uran v zemské kůře

5. Který plyn vzniká při spalování fosilních paliv?
☐ kyslík , ☐ vodík , ☐ oxid uhličitý , ☐ hélium

6. Který typ elektrárny produkuje v ČR nejvíce elektřiny (> 60 %)?
☐ vodní, ☐ solární, ☐ jaderné, ☐ paroplynové, ☐ parní-uhelné, ☐ větrné, ☐ geotermální

Obrázek 106: Zdroje energie - list 1/2

Zdroje energie – správné odpovědi

1. Doplň chybějící slova ve větách:

Biomasa je jakýkoliv *materiál*, který byl ještě nedávno součástí živých organizmů.
Biomasa je *obnovitelný* zdroj energie, protože můžeme vypěstovat nové rostliny.
Většinou *spalujeme* biomasu za účelem vytápění domů.
Při spalování odpatků v některých *spalovnách* současně vyrábíme elektřinu.
Když biomasa zetleje, vznikne *plyn* zvaný *methan*, který můžeme využít jako zdroj energie.
Ethanol lze vyrobit zkapalněním biomasy.
Většina biomasy, kterou využíváme jako palivo, je *dřevo*.
Rostliny *ukládají* energii ze Slunce ve svých kořenech a listech.
Uhlí označujeme jako *fosilní* zdroj, protože vzniklo přeměnou odumřelých rostlin před miliony let.
Uhlí je *neobnovitelný* zdroj energie, protože ho nelze vytvořit v krátkém čase.

2. Které zdroje energe označujeme jako obnovité a které jako neobnovitelné?

	obnovitelný	neobnovitelný
biomasa	☒	☐
geotermální	☒	☐
sluneční záření	☒	☐
uhlí	☐	☒
vítr	☒	☐
zemní plyn	☐	☒
ropa	☐	☒
jaderná energie	☐	☒

3. Které zdroje energe označujeme jako fosilní?
☐ biomasa , ☐ geotermální , ☐ sluneční záření , ☒ uhlí, ☐ vítr, ☒ zemní plyn, ☒ ropa, ☐ uran

4. Energie fosilních paliv má svůj původ v:
☐ fosilizované zbytky dinosaurů , ☒ fotosyntéza rostlin po miliony let , ☐ uran v zemské kůře

5. Který plyn vzniká při spalování fosilních paliv?
☐ kyslík , ☐ vodík , ☒ oxid uhličitý , ☐ hélium

6. Který typ elektrárny produkuje v ČR nejvíce elektřiny (> 60 %)?
☐ vodní, ☐ solární, ☐ jaderné, ☐ paroplynové, ☒ parní-uhelné, ☐ větrné, ☐ geotermální

Obrázek 107: Zdroje energie - list 2/2

Jméno: Třída: Datum:

Uhlí a jeho hustota

1. Přiřaď hustoty příslušným látkám:

Hustota [g/cm^3]	Látka
0,2	černé uhlí
0,5	suché smrkové dřevo
1,1 – 1,6	diamant
1,4 – 1,7	hnědé uhlí
2,2	dřevěné uhlí
3,5	grafit

2. Změř hustotu fosilního uhlí, dřevěného uhlí a suchého smrkového dřeva.
   Pomůcky: vzorky uhlí a dřeva, laboratorní váhy, odměrný válec

Proveď měření a vyplň následující tabulku:

Měření č.	1	2	3
Látka	Fosilní uhlí	Dřevěné uhlí	Smrkové dřevo
Hmotnost měřeného tělesa [g]			
Odměrný válec: - nejmenší dílek - měřící rozsah - odchylka měření			
Objem vody ve válci [ml]			
Objem vody s tělesem [ml]			
Objem měřeného tělesa [ml]			
Hustota látky [g/cm^3]			
Hustota látky [kg/m^3]			

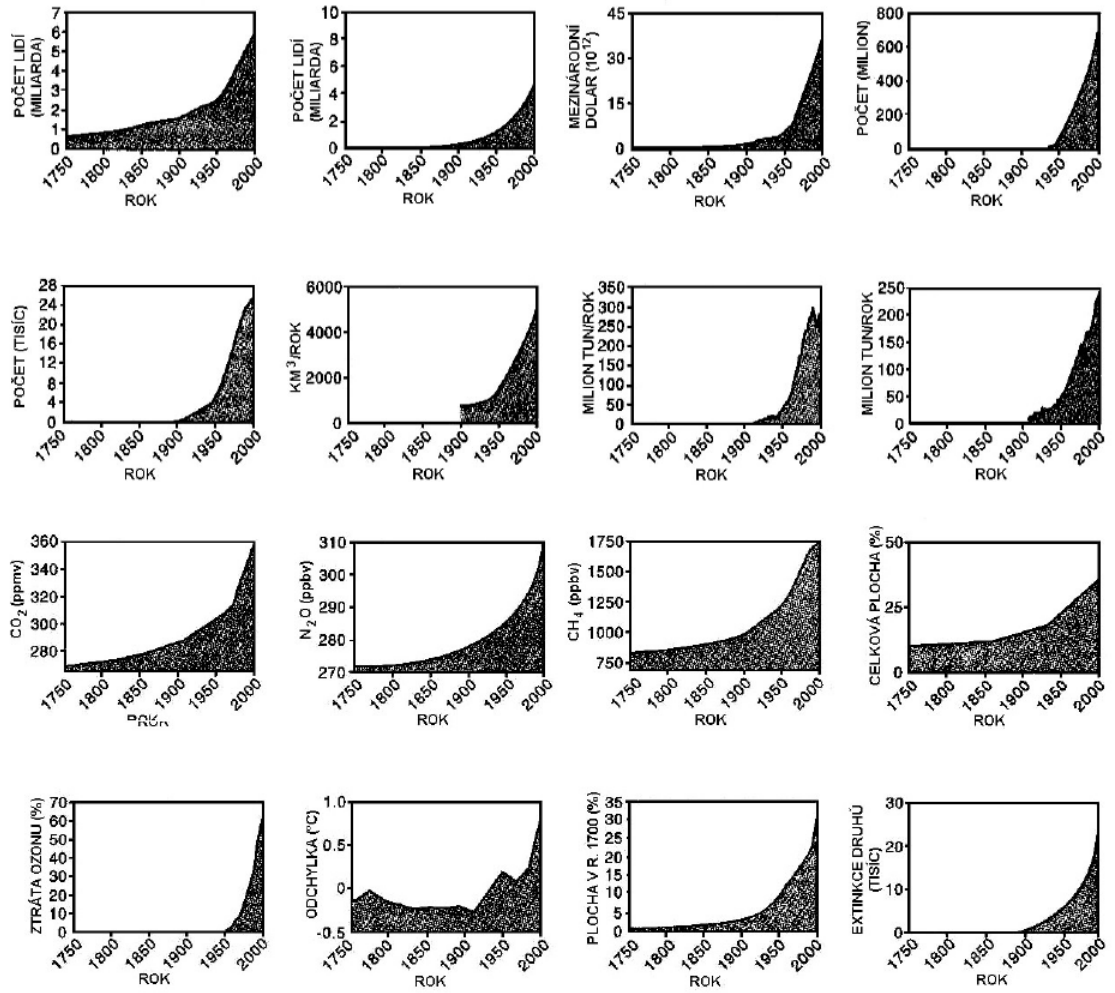
3. Někdy se v tabulkách uvádí hustota hnědého uhlí 0,7 g/cm^3 a černého uhlí 0,9 g/cm^3.
   Napadá tě, v jakém případě může mít hustota uhlí takové hodnoty?

Obrázek 108: Uhlí a jeho hustota - pracovní list

Jméno: Třída: Datum:

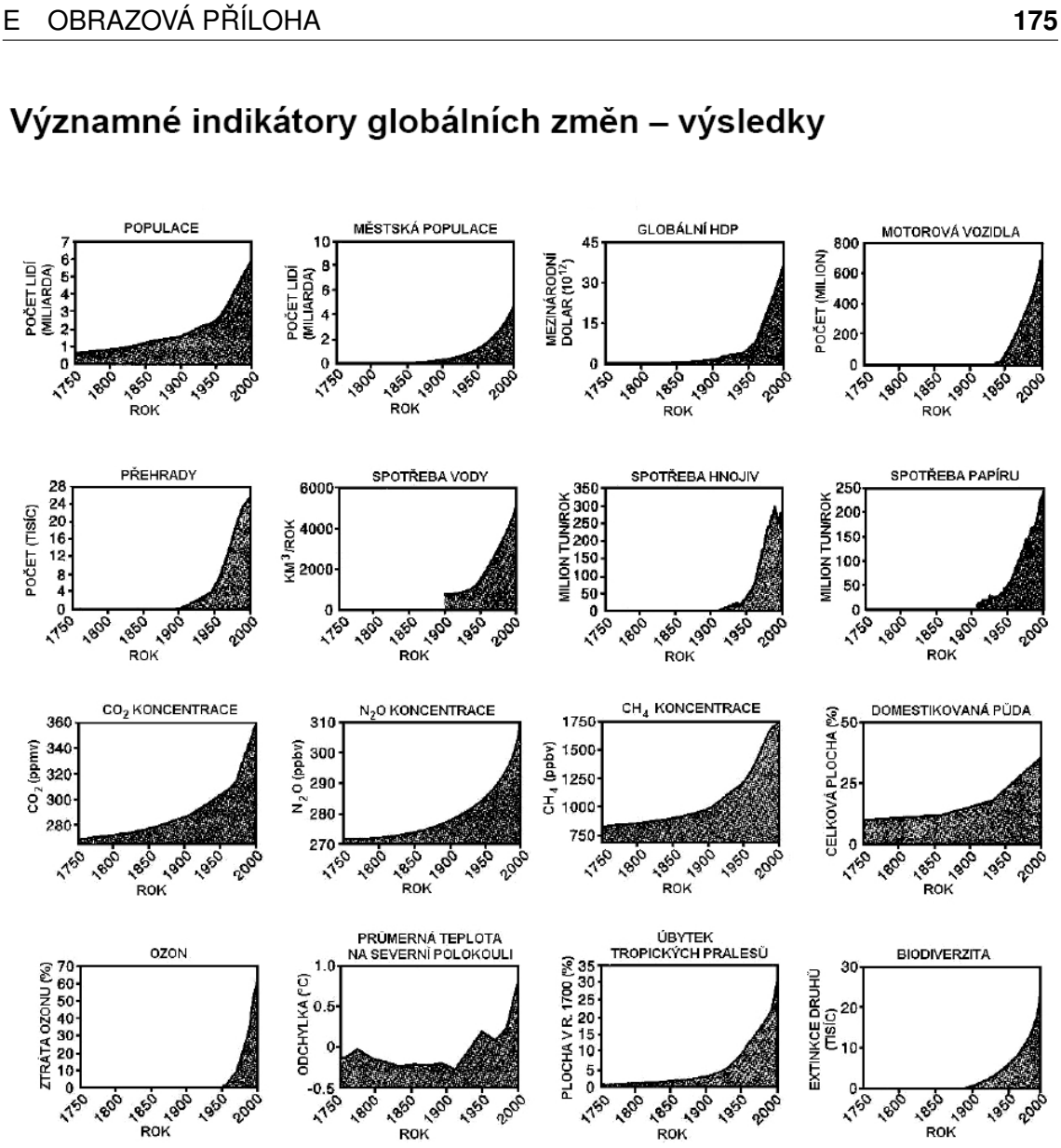
Významné indikátory globálních změn – pracovní list

Úkol: Přiřaď ke grafům příslušné nadpisy vypsané dole v rámečku.



spotřeba vody – populace – CH_4 koncentrace – spotřeba papíru – přehrady – biodiverzita úbytek tropických pralesů – průměrná teplota na severní polokouli – spotřeba hnojiv městská populace – domestikovaná půda – globální HDP – CO_2 koncentrace – ozon motorová vozidla – N_2O koncentrace

Obrázek 109: Globální indikátory - list 1/2, na základě [123]



Obrázek 110: Globální indikátory - list 2/2, na základě [123]

F Publikace autora

1. Miléř, Tomáš, Svobodová, Jindřiška. Climate literacy for upper primary teachers. In European Geosciences Union General Assembly 2011. 2011.

2. Miléř, Tomáš. Exponenciální růst v reálném světě. 1. vyd. Brno : XXIX. Mezinárodní kolokvium o řízení vzdělávacího procesu, 2011. s. 38-42. ISBN 978-80-7231-779-0.

3. Sládek, Petr, Miléř, Tomáš, Bednárová, Renáta. How to increase students' interest in science and technology. Procedia Social and Behavioral Sciences, Elsevier Ltd., 12, 11.3.2011, od s. 168-174, 7 s. ISSN 1877-0428. 2011.

4. Sládek, Petr - Bednárová, Renáta - Miléř, Tomáš. On some aspects of teaching hearing-handicapped students in standard courses. Procedia Social and Behavioral Sciences, Elsevier Ltd., 12, 11.3.2011, od s. 145-149, 5 s. ISSN 1877-0428. 2011.

5. Miléř, Tomáš, Sládek, Petr. Sledování mikroklimatu ve třídě během vyučování. In 7, konference s mezinárodní účastí ŠKOLA a ZDRAVÍ 21. 2011. ISBN 978-80-210-5532-2.

6. Miléř, Tomáš, Sládek, Petr. The climate literacy challenge. Procedia Social and Behavioral Sciences, Elsevier Ltd., 12, 11.3.2011, od s. 150-156, 7 s. ISSN 1877-0428. 2011.

7. Miléř, Tomáš. Využití měřící stanice Vernier pro školní experimenty, 1. vyd. Olomouc : Veletrh nápadů učitelů fyziky XI, 2011. od s. 179-184, 269 s. ISBN 978-80-244-2894-9.

8. Miléř, Tomáš. Vzdělávání v době ropného vrcholu. 1. vyd. : UJEP v Ústí nad Labem, 2011. ISBN 978-80-7414-353-3.

9. Miléř, Tomáš. Dřevoplynová kamna z plechovky. 1. vyd. : PROMETHEUS spol.s r.o., 2011. 292 s. Dílny Heuréky 2009-2010, Sborník konferencí projektu Heuréka (CD). ISBN 978-80-7196-424-7

10. Miléř, Tomáš. Klimatická gramotnost. In XXVIII. mezinárodní kolokvium o řízení vzdělávacího procesu. Brno : Univerzita obrany, 2010. ISBN 978-80-7231-722-6.

11. Dvořák, Ladislav, Miléř, Tomáš, Novák, Petr, Vaculová, Ivana. Educational video from the textile sector as a resource for teaching physics. In Moderní trendy v přípravě učitelů 4. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2009. od s. 91-93, 3 s. ISBN 978-80-210-5022-8.

12. Miléř, Tomáš. Challenges and Opportunities of Science Technology Education in Kenya. In Strategie technického vzdělávání v reflexi doby. Ústí nad Labem : FVTM UJEP, 2009. 68 s. ISBN 978-80-7414-126-3.

13. Pecina, Pavel, Sládek, Petr, Vaculová, Ivana, Bednárová, Renáta, Kawuloková, Denisa, Šibor, Jiří, Dvořák, Ladislav, Miléř, Tomáš, Novák, Petr. Metodika pro tvorbu a aplikaci didaktických prostředků propagujících vědu a techniku a profesní kariéru v rámci stávajících předmětů fyzika, chemie a technická výchova na základních školách. 1. vydání. Brno : PdF MU, 2009. 72 s. Pd -55/09-02/58. ISBN 978-80-210-5088-4.

14. Vaculová, Ivana, Svobodová, Marta, Sládek, Petr, Benešovský, Petr, Bednárová, Renáta, Dvořák, Ladislav, Kawuloková, Denisa, Miléř, Tomáš, Novák, Petr, Pecina, Pavel, Šibor, Jiří. Metodika tvorby a využívání didaktických prostředků propagujících vědu, techniku a profesní kariéru: Tvorba výukových pořadů a pracovních listů a jejich následné využití při výuce na ZŠ. 1. vyd. Olomouc : Masarykova univerzita, 2009. 129 s. Neuveden. ISBN 978-80-210-5089-1.

15. Miléř, Tomáš. Přírodovědné a technické vzdělávání v Keni. In XXVII. mezinárodní kolokvium o řízení vzdělávacího procesu. 2009. Příspěvek na CD. ISBN 978-80-7231-650-2.

16. Miléř, Tomáš. Sample classroom activities based on climate science. In 9th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM). 2009.

17. Miléř, Tomáš. Combating Deforestation in Kenya by Proper Firewood Management. In Geosciences Information For Teachers (GIFT). 2008.

18. Miléř, Tomáš. Integrace přírodovědných předmětů na základní škole prostřednictvím úloh z meteorologie a klimatologie. In Nové metody propagace přírodních věd mezi mládeží aneb věda je zábava. SCIENCE IS FUN. 2008.

19. Miléř, Tomáš, Sládek, Petr. Potenciál využití sluneční energie v Keni. In Sborník příspěvků ze 3. České fotovoltaické konference. 2008. vyd. Rožnov pod Radhoštěm : Czech RE Agency, o.p.s., 2008. od s. 46-49, 3 s. ISBN 978-80-254-3528-1.

20. Miléř, Tomáš. Sluneční vařiče. In Dílny Heuréky 2008-2009. Náchod : Heuréka, 2008. od s. 1-6, 6 s. Sborník v elektronické formě na CD.

21. Dvořák, Ladislav, Miléř, Tomáš, Novák, Petr, Sládek, Petr, Vaculová, Ivana. Využití textilních materiálů ve výuce fyzice. In XXVI. mezinárodní kolokvium o řízení vzdělávacího procesu zaměřené k aktuálním problémům vědy, výchovy, vzdělávání a rozvoje tvůrčího myšlení. Brno : Univerzita obrany, 2008. od s. 55-60, 6 s. ISBN 978-80-7231-511-6.

22. Miléř, Tomáš. Meteorologie jako integrující učivo na základní škole. 1. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 54-57. ISBN 978-80-244-1786-8.

23. Sládek, Petr, Miléř, Tomáš. Sluneční záření a atmosféra - jednoduché experimenty. In XXV International Colloquium of the Management of Education Process. Brno : Univerzita obrany, 2007. s. 55-60. ISBN 978-80-7231-228-3.

24. Sládek, Petr, Miléř, Tomáš. Vliv úhlu dopadu slunečního záření a stavu atmosféry na účinnost FV panelů. In 2. česká fotovoltaická konference. 1. vyd. Praha : CZ REA, 2006. s. 100-104. ISBN 80-239-7361-4.

25. Sládek, Petr, Miléř, Tomáš. Možnosti využití fotovoltaických střešních systémů na školních budovách v ČR. In International Colloquium on the Acquisition Process Management. 2005. vyd. Brno : Univerzita obrany, 2005. s. 47-52. ISBN 80-85960-92-3.

Příspěvky ve sbornících z konferencí jsem také aktivně prezentoval.