

Projektová výuka na základních a středních školách

Irena Plucková, Jiří Šibor, Libuše Konečná

katedra chemie PdF, MU

„Nevěřte všemu, co se vám k věření předkládá: Zkoumejte vše a přesvědčujte se o všem sami!“

J. A. Komenský

Úvodní citát této kapitoly plně vystihuje princip a smysl projektového vyučování. Rádi bychom se tedy v následujících odstavcích pokusili přiblížit jak teoretickou stránku výuky pomocí projektů na základní a střední škole, tak stránku praktickou, kde žák či student zkoumá a zjišťuje, zda je skutečnost taková, jakou mu ji nastínil učitel, rodič či vychovatel a rozvíjí tak své dovednosti, schopnosti a vědomosti.

1. Proč projektové vyučování?

Současná škola a to jak základní tak střední, chce být moderní a perspektivní školou pro život. Pro dosažení tohoto cíle se snaží využívat nové, modernější a účelnější metody. Jednou z nich je také metoda projektového vyučování. I během historie, jak uvádí předchozí kapitoly, si zahraniční i domácí pedagogičtí myslitelé kladli za cíl přiblížit vyučování běžnému životu a propojovat učivo různých předmětů do ucelených oblastí. Jedním z velkých pedagogů zabývajících se např. ve svém díle *Škola hrou* myšlenkou projektového vyučování byl **J. A. Komenský**. Dalšími autory, kteří ve svých dílech zmiňují propojení života a školy byl i významný švýcarský pedagog **J. H. Pestalozzi**, který ve svém díle představuje ucelený a systematický přístup k výchově dítěte (*Jak Gertruda učí své děti /1801/*) a následně na přelomu 19. a 20. století myšlenku spojení školy se životem rozvíjí i americký filozof **J. Dewey** ve svém programovém spise *Škola a společnost*. Samozřejmě toto nejsou jediní známí pedagogičtí myslitelé, kteří ve svém díle zmiňují myšlenku propojení školy se životem. Avšak pro nástin toho, že se současné školství nesnaží o nic naprosto neobjeveného, jsou tyto příklady dostačující.

V posledních letech se do výuky v našich školách stále více vrací tvorba a realizace tzv. projektů. Současní učitelé tak navazují právě na tradici pragmatické pedagogiky předválečného období a vracejí do škol smysluplnost učení, zkušenost, vlastní zážitky, řešení problému, samostatnost žáků a jejich spoluzodpovědnost za řešení problému či úkolu. Ne vše, co je projektem nazýváno, skutečně projektem je. Abychom mohli projekt realizovat, musíme mu porozumět a nahlédnout do historie této vyučovací metody, což nám umožnily předchozí kapitoly této monografie.

2. Desatero projektového vyučování

Ze všech, nejen citovaných definic z předchozích kapitol monografie, můžeme vyvodit několik shodných myšlenek, které jsme se pokusili rozvést do jakéhosi **desatera projektové metody vyučování** a jež charakterizuje principy projektu:

1. Učivo všech nebo pouze vybraných předmětů je shrnuto do určitých celků spojených s běžným životem, které mají jasný konkrétní cíl popř. cíle.
2. Cílů projektu je možné dosáhnout prostřednictvím zadání konkrétních, jasných a výstižných úkolů a otázek.
3. Naplnění těchto úkolů (otázek) vyžaduje iniciativu, kreativitu a zájem žáků a studentů.
4. Zodpovědnost za plnění dílčích úkolů (otázek) je na žákovi či studentovi popř. skupině žáků a studentů.
5. Učitel se stává jakýmsi rádcem, koordinátorem a režisérem.
6. Výsledek projektu se vyvíjí, a tudíž jej nelze jednoznačně předvídat.
7. Žáci a studenti musí při zpracování projektu využít jak své intelektové, tak i praktické schopnosti a dovednosti.
8. Projektová výuka přináší možnosti kooperace a aktivní spolupráce v týmu resp. ve skupině, což je velmi důležitá dovednost pro praktický život.
9. Žáci či studenti při práci na projektu postupují vlastním tempem. Limitující je pro ně pouze přesné vymezení trvání projektu a tím i termín jeho ukončení.
10. Projekt má jasný a konkrétní výsledek – vlastní realizaci výuky pro jinou skupinu žáků či studentů, internetové stránky, konferenci, powerpointovou prezentaci, výstavu či poster.

Odvodili jsme si tedy deset bodů, které projektové vyučování charakterizují. K projektu patří i jeho přesné rozfázování. Jak je rovněž uvedeno v předchozích kapitolách monografie, proto, abychom mohli úspěšně realizovat projektovou výuku, musíme dodržet její jednotlivé fáze: **plánování, jeho samotnou realizaci, prezentaci projektu a hodnocení projektu**. Každá z těchto fází projektu je jeho důležitou součástí a měla by být před jeho započítím důkladně připravena.

2. 1. Výhody a nevýhody spojené s projektovou výukou

Doposud jsme zde hovořili pouze o výhodách projektové výuky, ale nepokusili jsme uvést negativa spojená s realizací této znovuobjevené vyučovací metody. Tento nedostatek se pokusíme napravit porovnáním výhod a nevýhod projektové metody vyučování.

Výhody projektové výuky:

- integruje poznatky jednotlivých oborů do uceleného syntetického pohledu na dané téma či problematiku
- při práci v týmech a skupinách učí žáky kooperaci a vzájemné názorové toleranci
- i přes práci v týmech či skupinách umožňuje projektová výuka dostatečnou individualizaci jednotlivých žáků
- vedle smyslového vnímání zapojují žáci do práce na projektu i emotivní stránku svojí osobnosti
- projektová výuka má výrazný motivační a aktivizující charakter
- rozvíjí a rozšiřuje žákovy studijní a pracovní kompetence
- projektová výuka vede nejen k mezipředmětové integraci, ale také k integraci reálného života do vzdělávání a naopak

Nevýhody projektového vyučování

- obrovská náročnost na přípravu učitele či týmu učitelů a na jejich didaktické schopnosti a dovednosti
- časté chyby učitelů s vedením takovéto výuky způsobené především malými zkušenostmi s touto vyučovací metodou
- při neúčelném využívání této vyučovací metody dochází k nedostatečným vědomostem žáků v rámci jednotlivých předmětů
- v rámci projektové výuky někdy nemusí být dostatek času a prostoru k procvičování a opakování získaných poznatků, z čehož pak může vyplývat i částečné neporozumění učivu některými žáky
- nedostatek vhodných učebních materiálů zohledňující tuto metodu výuky

Uvedená pozitiva i negativa jsou bezesporu objektivními důvody proč do běžné výuky na základních či středních školách zavádět či nezavádět projektové vyučování. Je však vždy na každém učiteli, zda se i přes některé obtíže pokusí žákům či studentům zprostředkovat realitu každodenního života prostřednictvím nových vyučovacích metod a naplní tak vize moderního vzdělávání na základních a středních školách.

3. Nejčastější typy realizovaných projektů na základních a středních školách

Na základních, ale i středních školách jsou realizovány především projekty krátkodobé a projekty menšího rozsahu. Často jsou realizovány projekty v rámci jednoho předmětu, neboť učitel, který se rozhodne projekt připravit, nemusí synchronizovat svoje plány a výuku s ostatními kolegy a

tím i do jisté míry příliš nezasahuje do celkového rozložení jednotlivých předmětů v rámci rozvrhu jednotlivých tříd.

Odlíšné jsou projekty organizované na 1. stupni ZŠ, neboť zde i ve čtvrtém a pátém ročníku ještě většinu předmětů vyučuje třídní učitel(ka). Rozdílnost projektové výuky na 1. a 2. stupni je především ve věku žáků a tím i jejich schopnostech samostatně pracovat.

Pokud je na 2. stupni ZŠ realizován projekt v rámci více předmětů, je jeho celkové plánování a organizace poměrně složitá. Projektová výuka na 2. stupni se často odehrává v rámci integrace a mezipředmětových vazeb mezi přírodovědnými předměty a pro tyto předměty má jejich propojení velmi pozitivní dopad. Např. chemie a fyzika zrovna nepatří mezi předměty nejoblíbenější, jejich integrace s přírodovědou a zeměpisem v rámci projektové nebo integrované tematické výuky jim vyloženě prospívá a žáci k nim pak nepřistupují s takovým odporem.

S realizací „projektů“ máme zkušenosti jak na prvním tak na druhém stupni ZŠ. V rámci studia na PdF MU v Brně se s projektovou výukou setkávají jak studenti učitelství pro první stupeň, tak studenti učitelství odborných předmětů pro stupeň druhý. Rádi bychom se s vámi o naše zkušenosti podělili.

4. Realizujeme skutečně projektovou výuku?

Když jsme asi před šesti roky začínali s realizací projektové výuky v rámci studia učitelství na PdF, položili jsme si v rámci týmu vyučujících z přírodovědných kateder PdF otázku, co přesně očekáváme od studentů v rámci projektové výuky a čím je projektová výuka charakterizována. Tato naše úvaha následně naučila studenty rozlišovat mezi **projektovým vyučováním** a **integrovanou tematickou výukou (ITV)**.

Projektová výuka je charakterizována především výše uvedeným desaterem. **Integrovaná tematická výuka** je chápána jako výuka na určité a předem specifikované téma. Jednotlivé dílčí úkoly a činnosti jsou detailně naplánovány vyučujícím. Ten je jednak poradcem, ale zároveň i celou výuku koordinuje a řídí. V rámci osvojovaného tématu si žák osvojí nejen dovednosti a schopnosti jako je tomu u projektové výuky, ale navíc i vědomosti.

Ani jedna z uvedených metod není lepší či horší. Ideální je, když se v rámci výuky na ZŠ i SŠ vyskytnou obě tyto metody výuky a žáci díky nim mohou sami objevovat a zkoumat reálný svět.

A jak tedy probíhá realizace a zařazení obou uvedených metod do výuky na PdF MU a zároveň do výuky na ZŠ? V rámci celosemestrální práce ve vybraném předmětu nastolí vyučující téma popř. otázku vztahující se k určitému tématu např. „Voda“, „Strom“, „Robinsonem na pustém ostrově“ „Šaty“ nebo „Domácnost aneb svět v malém“ atd. To zpracovávají skupiny studentů, které jsou vytvořeny nahodile ze studentů přírodovědných kateder popř. studentů oboru „Učitelství pro 1. stupeň ZŠ. Ti ve skupinách pracují na tématu jako na projektu a produktem jejich práce je Integrovaná tematická výuka na stanovené téma, kterou realizují v příslušném ročníku na ZŠ. Jeden

takový reálný příklad uvádíme v následujícím textu. Nahlédněme tedy „pod pokličku“ skutečně realizovaného projektu a integrované tematické výuky.

5. Příklad realizovaného projektu a ITV na téma „Domácnost aneb svět v malém“

Pro tuto ITV, kterou odučili na ZŠ v rámci svého projektu studenti pátého ročníku přírodovědných oborů a matematiky, bylo vytvořeno několik různorodých vyučovacích aktivit. Jednalo se o hry, pokusy, prezentace k danému tématu, přiřazovací kvízy, atd.

Jak již bylo uvedeno výše, pro studenty pedagogické fakulty, se jednalo o projekt přesněji řečeno o projektové vyučování. Měli dané téma výuky, ale oni sami byli nuceni připravovat aktivity pro produkt jejich projektu, kterým byla realizace ITV v osmém ročníku na vybrané ZŠ.

Při samotné realizaci ITV na základní škole bylo celé téma nejprve analyzováno a následně pak i syntetizováno pomocí pěti základních přírodovědných předmětů. Žáci byli rozděleni do skupin a podle předem stanoveného plánu navštěvovali jednotlivá stanoviště, kde jim každý z předmětů, kterými byli matematika, chemie, zeměpis, přírodopis a v neposlední řadě fyzika, ukázal svůj pohled na dané téma. Žáci se dozvídali nejdůležitější informace, které by jim v rámci tématu ITV mohly být užitečné.

Celá integrovaná tematická výuka byla zahájena úvodní prezentací, v rámci níž si žáci připomněli důležité informace o domácnosti, co všechno domácnost tvoří a jak se o ni dobře starat. V rámci úvodní prezentace nechybělo ani seznámení žáků s organizací celého dne. Každá skupinka dostala složku, ve které měla pracovní listy k jednotlivým předmětům a také rozpis, na kterém bylo kdy a na jaké stanoviště se mají dostavit. Součástí složky, kterou skupinky dostaly, bylo také hodnocení jednotlivých členů skupiny. Po zásluze, podle toho jak pracovali, reagovali a měli snahu spolupracovat, jim byly na každém stanovišti uděleny body. Ty pak sloužily pro běžné vyučující jednotlivých předmětů jako inspirace k zhodnocení ITV.

Jakmile všechny skupinky absolvovaly všech pět stanovišť s jednotlivými obory přírodovědného vzdělávání a matematiky, opět se shromáždily v místnosti, kde v úvodu dne probíhalo zahájení ITV. Zde bylo každému žákovi zadáno tzv. „Opáčko na závěr“, jež obsahovalo otázky k tématu „Domácnost aneb svět v malém“ a na něž zaznívaly odpovědi v průběhu celého dne při práci na jednotlivých stanovištích.

A co se dělo na jednotlivých stanovištích?

Chemie

Na stanovišti předmětu chemie byly pro žáky připraveny demonstrační pokusy, ale také několik pokusů žákovských, které si mohli sami vyzkoušet. Hned po úvodním přivítání si žáci osvěžili

paměť a společně dali dohromady základní informace o korozi. Následoval pokus *Koroze*, který byl dlouhodobějšího charakteru, takže děti dostaly za úkol ho v průběhu několika týdnů pozorovat a dělat si zápisky, co se s ocelovými plíšky ponořenými do vody děje. Od koroze se pozvolna přešlo k pokusu s bramborami, který se nazýval „*Příprava škrobu*“. Děti se dozvěděly něco o škrobu, jeho využití a rostlinách, ze kterých se škrob získává. Během tohoto pokusu pracovali převážně žáci. Další z pokusů „*Tajné písmo*“ byl čistě žákovský. Pro děti to byla naprosto bezkonkurenční atrakce. Pomocí kyseliny octové, kyseliny citronové a mléka si žáci napsali tajné vzkazy, které se následně pomocí plamene opět zjevily. Následovaly ještě pokusy nazvané „*Samonafukovací balonky*“, „*Hustota kapalín*“ a jako poslední byl pro každou skupinku připraven pokus „*Důkaz ethanolu ve víně*“. Jak je možné odvodit z názvu všech pokusů, týkaly se domácnosti, jejího provozu a fungování. No prostě taková „*kuchyňská chemie*“.

Matematika

V rámci matematiky se žáci proměnili v architekty a měli jedinečnou možnost vybrat si z nabídky bytů jeden, který se jim nejvíce líbil, tento byt si mohli sami navrhnout, vybrat barvu, kterou budou jednotlivé pokoje vymalovány nebo nábytek, který do místností použijí. Celou dobu byla ovšem každá skupina omezoována rozpočtem, takže bylo velmi důležité vše dobře propočítat. Děti si také musely vypočítat, jaká je plocha stěn v jednotlivých místnostech. Tento údaj byl velice důležitý pro jejich vymalování. Vždyť na vymalování místnosti přece nestačí vybrat barvu, ale je také nutné, umět si vypočítat, kolik barvy budu potřebovat a kolik to bude stát peněz. Díky těmto výpočtům si žáci osvěžili některé matematické výpočty a vzorce.

Zeměpis

V zeměpisné části integrované tematické výuky byla pro děti připravena prezentace s názvem „*Obydlí a krajina*“. V ní se žáci dozvěděli, která hlediska lidé zohledňují při zajišťování svého bydlení. Jaké materiály lidé volí pro stavbu svých obydlí a na čem je tato volba závislá, jaký je teplotní komfort člověka a jaká opatření pro jeho udržení činili a činí různí lidé ve všech regionech světa. Hlavní náplní prezentace byly otázky, které měly žákům napomoci pochopit vztahy mezi krajinou a obydlím.

Přírodopis

Stanoviště přírodopisu se stalo pro děti velkým lákadlem. Po návštěvě první skupinky se okamžitě rozkřiklo, že zde na ně čeká společenská hra, ve velké míře podobná hře *Člověče, nezlob se!*, a také velmi zajímavý pracovní list. Celá integrovaná výuka v tomto předmětu se zaměřila na rostliny a živočichy, kteří úzce souvisí s domácností. Úkolem hry bylo zábavnou formou procvičit některé domácí rostliny, určit, jak se rostliny jmenují a jestli jsou jedovaté. Velkou motivací bylo pro žáky také

to, že se směli splést pouze dvakrát. Ten kdo nepojmenoval správně ani třetí rostlinu, musel bohužel hru opustit. Pracovní list byl naopak celý zaměřený na domácí zvířectvo, škůdce a parazity. Na tomto úkolu pracovala celá skupinka a pracovní list vyplnili společnými silami.

Fyzika

Posledním předmětem byla fyzika. Otázka úspory energie, správného výběru spotřebičů nebo také souvislosti mycích a pracích prostředků s povrchovým napětím vody, ty všechny zazněly na stanovišti předmětu fyziky. V první části tohoto stanoviště si žáci mohli vyzkoušet dva pokusy, které souvisely s povrchovým napětím. První se jmenoval „*Politý, ale suchý ubrus*“ a druhý „*Kruhy na mléce*“. U prvního pokusu se žáci seznámili s pojmem povrchového napětí a během pokusu s mlékem se děti dozvěděly, jak ovlivňuje hustota kapaliny její povrchové napětí. V druhé části stanoviště na ně čekala spousta informací týkající se úspory energie v domácnosti, nákupu vhodných spotřebičů a s tím související pojem „Energetický štítek“.

Opáčko na závěr

Na závěr celého dne byl žákům zadán test „Opáčko na závěr“, který se skládal z jednadvaceti otázek. Tyto otázky shrnovaly ty nejdůležitější informace ze všech předmětů, které se žáci v průběhu pěti hodin projektové výuky dozvěděli, a tak syntetizoval získané poznatky ze zvoleného tématu ITV.

Tolik projektové a integrované tematické výuky na základní a částečně i vysoké škole. Nyní něco k tvorbě projektů a projektové výuce na školách středních.

6. Projektová výuka a její uplatnění na SŠ

V předchozím textu byla zevrubně popsána metoda projektového vyučování a ITV, především s důrazem na základní školství. Nebude jistě překvapením, že projekty mohou být, a snad ještě ve větší míře, využívány při osvojování znalostí, dovedností i návyků také na školách středních. V této části našeho tématu nastíníme právě možnosti využití projektové metody na střední škole. Vzhledem k věku žáků středních škol můžeme jejich získávanou gramotnost rozvíjet projektovou metodou v následujících oblastech, takto:

1. Projektová výuka umožní žákovi rozvoj jazykových kompetencí zkoumané oblasti. Získá přehled o základních termínech, vytvoří si tzv. vědecký slovník. S jeho pomocí dokáže dále studovat vědecké texty – rozvíjí si schopnost čtení a ve finále pak i rozvíjí psaní vědeckého textu, jelikož své závěry

zhodnotí v závěrečné zprávě o projektu. Orientuje se, podle tématu projektu, ve fundamentálních informačních zdrojích z oblasti vědy, techniky, společenských věd atp.

2. Projektová výuka ve středoškolském prostředí umožňuje, ve větší míře než na škole základní, rozvíjení vědeckého uvažování. Žák využívá (ve větší či menší míře) již vědeckých metod a vědeckého uvažování, kdy své závěry samozřejmě verifikuje s vyučujícím. Rozvíjí si kritické myšlení, stejně jako využívá omylů druhých – dokáže kriticky hodnotit.

3. Na základě získaných informací a jejich kritického zhodnocení dokáže efektivně uspořádat získané informace – rozvíjí si své znalosti. Může je zpracovat například do graficky uceleného a přehledného výstupu. Jindy zase využije takto zpracovaných informací pro analogické řešení svého problému. Vytvoří si strukturně a funkčně životaschopný model zkoumané problematiky, čímž zároveň rozvíjí celistvý pohled na ni. Takového modelu pak může využít i při prezentaci svých závěrů kolegům i učiteli.

4. Získaných znalostí žák využije pro řešení vlastního zadaného problému, přičemž, zpravidla bezděčně, využívá informací i struktury řešení na základě získaných zkušeností – viz body 1 až 3.

5. Žák dokáže pregnantně představit výsledky svého výzkumu ať již formou písemné prezentace, vizualizace, vytvořením hmotného objektu, plakátu, nástěnky, pokusem nebo myšlenkovým pokusem dokládajícím správnost závěrů. Nebo také hrou, například dramatizací pro ostatní.

Koncepce projektu na SŠ může být například následující

Název projektu:

Věková kategorie:

Typ:

- podle délky:
- podle prostředí: školní nebo mimoškolní
- podle počtu zúčastněných: společný (třídní, ročníkový i meziročníkový)
- podle organizace: jednopředmětový nebo víceředmětový
- podle navrhovatele: např. připravený uměle
- podle informačních zdrojů: nejčastěji kombinace volného i vázaného
- podle účelu: hodnotící

Smysl: co žáci zhodnotí

Výstup: podle charakteru projektu, například prezentace, plakát, výstava, dramatizace,...

Cíle projektu:

- Kognitivní: žáci:
 - pojmenují předmětné pojmy
 - navrhnou metody řešení
 - sestaví pojmové mapy pro následující diskusi
- Afektivní: žáci:
 - připravují a provádějí pokusy
 - zdůvodní význam zkoumaného tématu
 - vyvozují závěry
- Psychomotorické: žáci:
 - provádějí pokusy
 - sestaví pojmové mapy
 - vyrábí modely či výstavy
 - zpracovávají jednotlivá dílčí témata
 - prezentují výsledky
- Sociální: žáci:
 - spolupracují při práci ve skupině
 - komunikují s určenými osobami v souladu se společenskými normami
 - ocení vzájemně výsledky práce

Předpokládané činnosti:

- motivace – proč?, důležitost
- motivační rozhovor, *brainstorming*
- vyhledávání a třídění informací k zadanému tématu
- příprava pracoviště, volba experimentů
- tvorba jednotlivých pojmových map
- výtvarné ztvárnění předmětného tématu
- diskuse nad pojmovými mapami
- demonstrace pokusů
- orientační hra
- tvorba modelů a jejich prezentace
- prezentace výsledků
- společné zhodnocení, zpětná vazba

Organizace: individuální práce a práce ve skupinách, hromadná výuka

Předpokládané výukové metody:

- metody slovní – rozhovor, diskuze, vysvětlování, (popř. *brainstorming*)
- metody názorně demonstrační – předvádění činností
- metody praktické – grafické a výtvarné činnosti
- metody řešení problémů

Způsob prezentace:

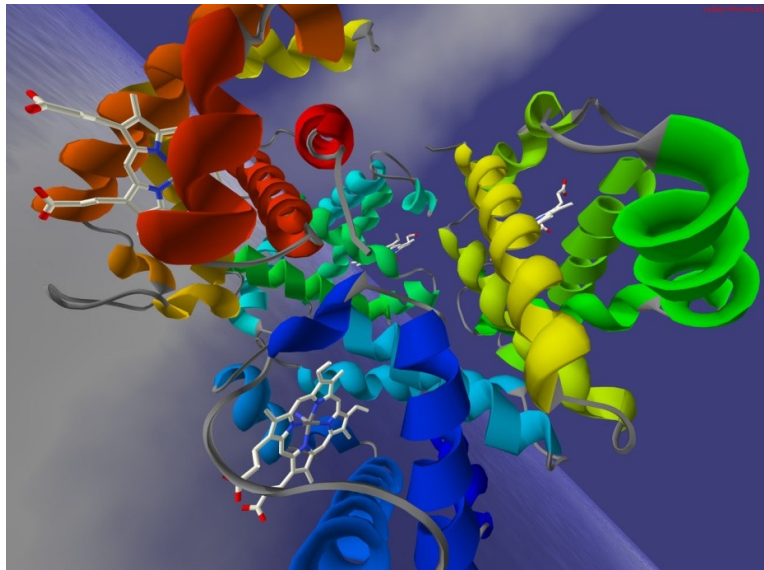
- výstava pojmových map
- vernisáž výtvarných a dalších výtvorů, které jsou součástí projektu
- sdělení důležitých informací k tématu

Způsob hodnocení:

- hodnocení v průběhu projektu i na závěr učitelem – co se zdařilo, jak se nám pracovalo a celkové pocity z projektu
- hodnocení žáků – jak se jim individuálně pracovalo, spolupracovalo, co je překvapilo, co nového se naučili, jaké vznikly obtíže či problémy a reakce žáků na vzniklé situace

Příkladem výsledku projektu na téma **Heterocyklické sloučeniny** může být pak například takováto prezentace, která je již na jiné úrovni, než tomu bývá na základní škole:

HETEROCYKICKÉ SLOUČENINY



Model lidského hemoglobinu (ilustrační obrázek)

Úvod: *Téměř dvě třetiny organických sloučenin lze klasifikovat jako **heterocyklické sloučeniny**. Jsou to četné přírodní a fyziologicky důležité látky pro rostliny i živočichy. Můžeme mezi ně zařadit významné sacharidy (furanosy, pyranosy), nukleové kyseliny (DNA, RNA) a některé aminokyseliny (tryptofan, histidin), peptidy a proteiny. Dusíkaté heterocykly obsahují ve svých molekulách i důležitá barviva (porfyrin, hemoglobin, chlorofyly,*

indigo), a také řada rostlinných sekundárních metabolitů – alkaloidů (*atropin, kokain, papaverin, morfin, kodein, kofein, nikotin, theobromin*).

Charakteristika, chemické vlastnosti

Heterocyklické sloučeniny jsou cyklické látky, jejichž kruh obsahuje kromě uhlíkových atomů jeden nebo více atomů jiného prvku, nejčastěji kyslíku, dusíku a síry.

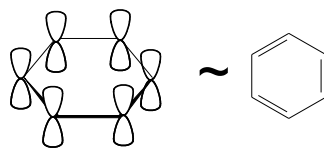
Heterocyklické sloučeniny můžeme dělit z různých hledisek, například:

- podle **počtu článků v cyklu** (pětičlenné, šestičlenné),
- podle **heteroatomů** (O, S, N),
- podle **počtu heteroatomů** (azoly, diaziny, triaziny, tetraziny),
- podle **stupně nenasycenosti** (pyrrol, pyrrolin, pyrrolidin),
- podle **počtu cyklů** (pyridin, chinolin, akridin).

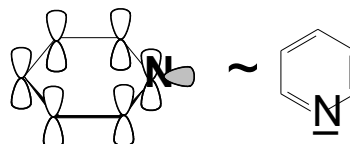
Aromatický charakter těchto látek si vysvětlujeme tím, že záměnou jedné nebo několika $-\text{CH}=\text{}$ skupin heteroatomem disponujícím volnými π -elektrony může zůstat aromatický charakter sloučeniny zachován (neporuší-li se planarita molekuly).

Aromatický charakter může mít i pětičlenný planární systém, splňuje-li tyto základní podmínky. Důsledkem přítomnosti heteroatomu je nerovnoměrné rozložení elektronových hustot v molekule. Stabilitu heteroaromátů můžeme odhadnout z hodnot jejich stabilizačních energií (E_{stab}). S ohledem na vyšší hodnotu stabilizační energie pyridinu ve srovnání s benzenem, budou podmínky provádění jeho nitrace, sulfonace a dalších reakcí náročnější, u thiofenu naopak snazší než u benzenu.

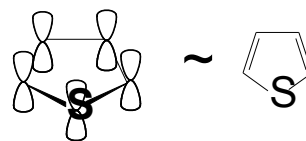
Nejdůležitější a také nejstálejší jsou heterocykly pětičlenné a šestičlenné. Jako u látek izocyklických existují i zde vedle systémů jednojaderných i kondenzované, často s benzenem nebo jiným heterocyklem. Vedle heterocyklů s dusíkem, sírou a kyslíkem byly připraveny také jednojaderné cykly s Si, P, As, Sb, Bi, Pb, Hg a jinými prvky.



benzen ($E_{\text{stab}} = 159,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)



pyridin ($E_{\text{stab}} = 180,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)



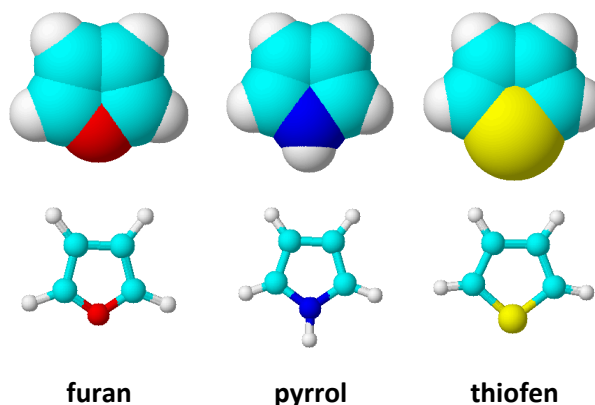
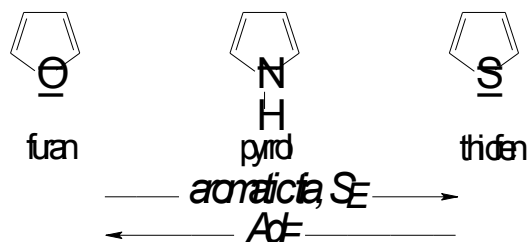
thiofen ($E_{\text{stab}} = 121,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Názvosloví heterocyklických sloučenin

Stále se nejčastěji používají triviální a polotriviální názvy. V názvech derivátů základních struktur se číslicí udává poloha substituentů a charakteristických skupin. Číslování začíná vždy od heteroatomů. Má-li heterocyklická sloučenina dva nebo více heteroatomů, čísluje se tak, aby heteroatomy měly co nejnižší čísla. Jsou-li zastoupeny různé heteroatomy, nejnižší číslo má ten, který má vyšší číslo skupiny v periodické soustavě prvků.

Pětičlenné heterocykly s jedním heteroatomem

Pětičlenné heterocykly lze odvodit od tří základních sloučenin:



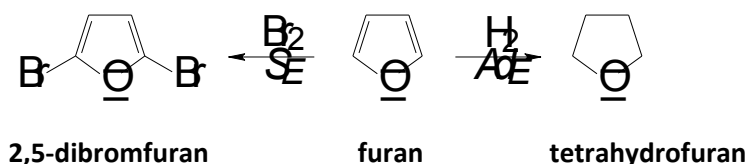
Kalotové (nahore) a kuličkové (dole) modely předních zástupců pětičlenných heterocyklů.

Z aromatického charakteru vyplývá preferovaný typ reakce – **elektrofilní substituce** – S_E (stejně jako u benzoidních aromátů). Při těchto reakcích budou elektrofilem přednostně obsazovány polohy 2 a 5, ve kterých je nejvyšší elektronová hustota. Naopak čím více se budou od aromatického stavu oddalovat, tím u nich budou lépe probíhat reakce typické pro nenasycené uhlovodíky, **adice elektrofilní** – Ad_E .

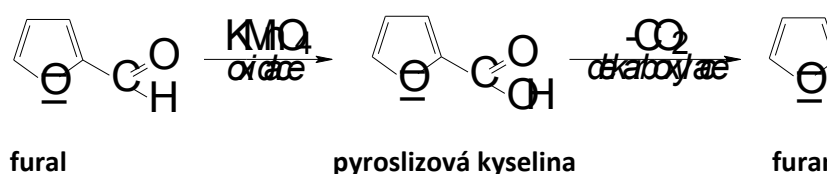


Furan (cyklický ether) je obsažen spolu se svým homologem 2-methylfuranem v dehtu z jedlového dřeva. Nejsnadněji se připraví z furalu (jeho aldehydu).

Furan je bezbarvá kapalina chloroformového zápachu o teplotě varu 32 °C. Chová se jako dien i jako látka aromatická (např. se bromuje na 2,5-dibromfuran).

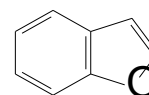


Fural (furfural) se snadno získává z ovesných otrub, které se destilují s koncentrovanou kyselinou sírovou; přitom vzniká fural ze sacharidů obsažených v otrubách, hlavně z pentóz, za vystoupení vody. Fural je bezbarvá kapalina časem hnědnoucí, t. v. 162 °C. Je nejsnadněji přístupným derivátem, a proto je výchozím materiálem pro přípravu většiny derivátů furanu. Oxidací manganistanem draselným přechází na kyselinu pyrosilizovou (furan-2-karboxylovou), kterou lze dekarboxylovat na furan.



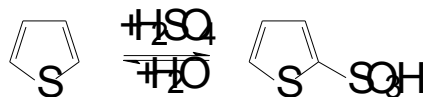
Furalu se užívá k výrobě plastických hmot.

Benzofuran neboli **kumaron** je kondenzovaným derivátem a je součástí černouhelného dehtu. Je to bezbarvá kapalina. Působením kyseliny sírové se polymeruje na pryskyřičné produkty používané při výrobě laků (kumaronové pryskyřice).



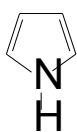
kumaron

Thiofen se nachází v černouhelném dehtu. Je to bezbarvá kapalina slabého zápachu, která se svými vlastnostmi velmi podobá benzenu, od něhož ji nelze fyzikálními metodami oddělit. Podaří se to třepáním s koncentrovanou kyselinou sírovou, protože se snadněji sulfonuje, a vytřepáním s vodou, v níž se benzen nerozpouští. Ze vzniklé kyseliny thiofen-2-sulfonové se dá získat čistý thiofen hydrolýzou horkou vodou. Benzen je nutno ve většině případů pečlivě zbavit thiofenu; např. v barvářství přítomnost thiofenu vyvolá v barvivech nežádoucí špinavě šedý tón. Thiofen má výrazně aromatický charakter a adiční reakce jsou pro něj netypické.



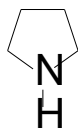
thiofen

thiofen-2-sulfonová kyselina

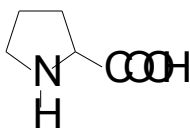


Pyrrol se nachází v černouhelném dehtu a v dehtu z kostí. Čistý pyrrol je bezbarvá kapalina chloroformové vůně, jedovatá, ve vodě špatně rozpustná. Hydrogenací přechází pyrrol přes 2-pyrrolin, popř. 3-pyrrolin na pyrrolidin. Mezi deriváty pyrrolidinu patří dvě důležité aminokyseliny: **prolin** (pyrrolidin-2-karboxylová kyselina) a **hydroxyprolin** (4-hydroxypyrrolidin-2-karboxylová kyselina).

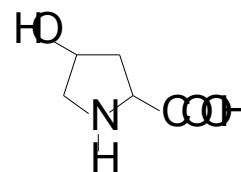
pyrrol



pyrrolidin



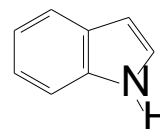
prolin



4-hydroxyprolin

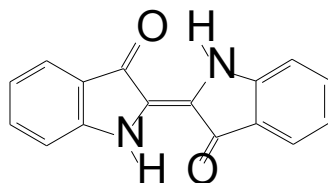
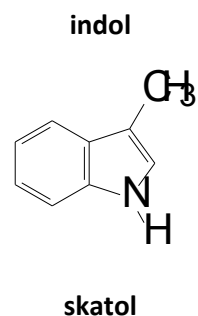
Z heterocyklických pětičlenných sloučenin jsou nejdůležitější právě deriváty pyrrolu. Pyrrolové jádro obsahují mnohé přírodní látky, jako např. přírodní barvivo **indigo**, některé bílkoviny (**tryptofan**) i rozkladné produkty některých bílkovin. Pyrrolidinové jádro je v tabákovém alkaloidu **nikotinu**, čtyři pyrrolové kruhy obsahují důležité látky, **hem** a **chlorofyl**, **žlučová barviva** a **vitamin B₁₂**.

Indol (benzopyrrol) má název po indigu, z něhož byl získán částečnou degradací. Nalézá se v menším množství také v jasmínové, růžové a pomerančové silici a v černouhelném dehtu. V těle vzniká pankreatickým



štěpením bílkovin a je obsažen spolu se svým methylderivátem skatolem ve střevním obsahu a ve výkalech.

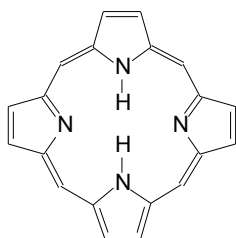
Indigo (Indomodř) bylo známé pro stálou krásnou modrou barvu i spolu se svým dibromderivátem (antický purpur) již ve starověku. Jeho chemický prekursor, glykosid indikan, se nachází v listech a větvíčkách indigonosných rostlin (*Indigofera tinctoria*). Indigo se vyskytuje v konfiguraci *trans* (z důvodu stabilizace vodíkovými vazbami). Indigem se vybarvuje zejména bavlna, ale v dnešní době je již toto barvivo nahrazeno syntetickými sloučeninami.



trans forma indiga

Krevní barviva a chlorofyly

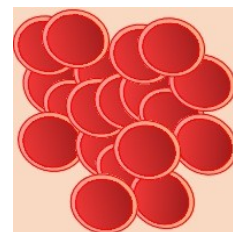
Fyziologicky neobyčejně důležitými deriváty pyrrolu jsou barviva krve, listů a vitamínu B₁₂. Jejich základem je kruhový systém porfinu, složený ze čtyř pyrrolových jader, spojených čtyřmi methinovými skupinami.



porfin

Porfin je krystalická látka tmavě červené barvy, způsobené konjugovanými dvojnými vazbami. Deriváty porfinu, v jehož molekule jsou vodíkové atomy pyrrolových jader nahrazeny organickými zbytky (methylem, vinylem), se nazývají podle barvy porfyriny; některé z nich mají červenou nebo červenohnědou barvu.

Mezi tato **krevní barviva** řadíme nebílkovinnou složku červeného krevního barviva hemoglobinu, kterou nazýváme hem. Hemoglobin tudíž patří ke složeným bílkovinám, jehož molekula obsahuje 96 % bílkoviny globinu a 4 % hemu. Hemoglobin má schopnost v plicích vázat zpětně na atomu železa elementární kyslík, který pak odevzdává tkáním. Má tedy zásadní význam pro přenos kyslíku v těle vyšších živočichů i člověka a pro proces tkáňového dýchání.



červené krvinky

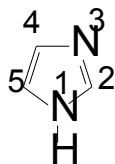
Hemoglobin má schopnost vázat i jiné plyny, zejména CO, CO₂, NO, H₂S, HCN. U mnohých bezobratlých (měkkýši, koryši) přejímá úlohu hemoglobinu hemocyanin, v jehož molekule je komplexně vázána měď. V játrech vzniká z hemoglobinu zelený biliverdin, který redukcí přechází

v červený bilirubin. Účinkem střevní mikroflóry se bilirubin redukuje na urobilin, který způsobuje hnědé zbarvení obsahu tlustého střeva a výkalů.

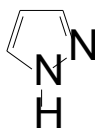
Chlorofyl, zeleň listová, se nalézá společně se žlutými barvivy karotenem a xanthofylem v chloroplastech rostlinných buněk, jež jsou obdobou krvinek. Chlorofyl vyšších rostlin obsahuje dvě složky: modrozelený chlorofyl a a žlutozelený chlorofyl b. Koordinačně vázaný kov v chlorofylu je hořčík.

Pětičlenné heterocykly se dvěma heteroatomy (azoly)

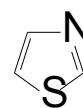
Mezi nejdůležitější pětičlenné heterocykly se dvěma heteroatomy patří **imidazol**, **pyrazol** a **thiazol**.



imidazol



pyrazol



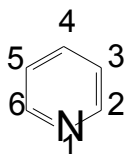
thiazol

Imidazol má oba atomy dusíku oddělené atomem uhlíku. Kondenzací s benzenem se vytvoří benzimidazol, jehož **molekula je součástí vitamínu B₁₂ nebo aminokyseliny histidinu**.

Pyrazol je izomer imidazolu se dvěma sousedními atomy dusíku. Pyrazol ani jeho deriváty se v přírodě nevyskytují. Pyrazol je krystalická látka, slabě zásaditá a výrazně aromatického charakteru; proto se dá snadno sulfonovat, nitrovat i kopulovat do polohy 4.

Thiazol je kapalina a vyskytuje se v černouhelném dehtu; fyzikálními i chemickými vlastnostmi se podobá pyridinu, obdobně jako thiofen benzenu. **Mezi deriváty thiazolu patří i některá antibiotika (strukturně jsou příbuzné i peniciliny)**.

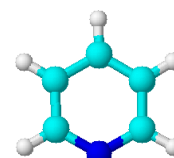
Šestičlenné heterocykly s jedním heteroatomem

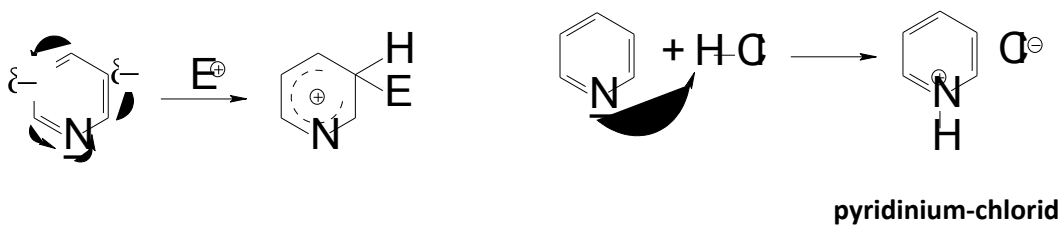


pyridin

Pyridin je základní látka této skupiny a z heterocyklických sloučenin je formálně nejpodobnější benzenu. Jeho vzorec se liší od benzenového pouze tím, že skupina methinová =CH je nahrazena atomem N. Pyridin je obsažen v černouhelném a hnědouhelném dehtu a v kostním oleji získaném z neodtučněných kostí destilací zasucha. Je to bezbarvá kapalina dokonale se mísící s vodou, nepříjemného zápachu, vroucí při 115 °C.

Projevují se ale u něj, vzhledem k benzenu, také některé odlišnosti. Atom dusíku v molekule pyridinu je elektronegativnější než atomy uhlíku, proto je na něm největší elektronová hustota z celé molekuly. Volným elektronovým párem ovšem zčásti přispívá atom dusíku (+M efektem) ke stabilizaci aromatického systému, proto se dají do pyridinu díky vyšší stabilizační energii zavést substituenty mnohem nesnadněji než u benzenu. Elektrofilní substituce proběhne do polohy 3- a 5-.

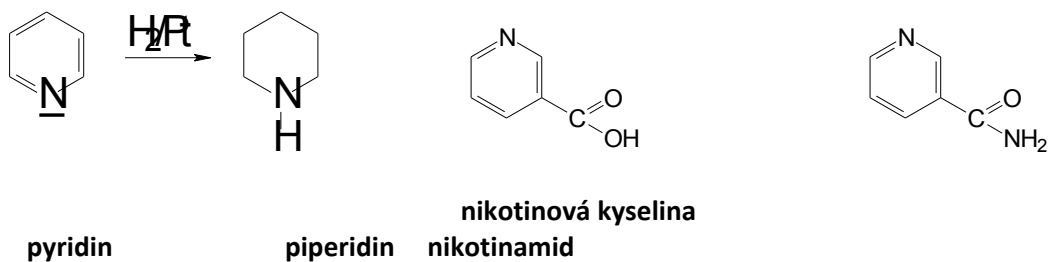




Pyridin má charakter terciárního aminu a díky volnému elektronovému páru se chová jako báze (zásada). S kyselinou chlorovodíkovou poskytuje dobře krystalující pyridinium-chlorid, následně s alkyhalogenidy produkty alkylace.

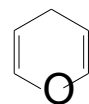
Pyridin se používá jako rozpouštědlo mnoha organických látek, k denaturaci lihu na pálení a k výrobě léčiv (sulfapyridin proti pneumokokům).

Piperidin je součástí alkaloidu piperinu, obsaženého v plodech pepře (*Piper nigrum*). Od piperidinu a pyridinu se odvozují alkaloidy koniinu a nikotin. Kruhový systém piperidinu mají také alkaloidy tropin, atropin, kokain a chinin. Piperidin se dá připravit z pyridinu redukcí vodíkem ve stavu zrodu nebo katalytickou hydrogenací.



Významným derivátem pyridinu je také kyselina nikotinová (3-pyridinkarboxylová) – niacin (vitamin PP) a její amid – nikotinamid. Deriváty nikotinamidu jsou některá léčiva.

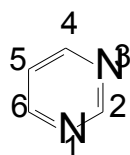
Pyridinu odpovídá kyslíkatá sloučenina nazývaná **pyran**. Nejdůležitější jsou jeho kondenzované deriváty, které jsou základními složkami některých rostlinných barviv (květů, kořenů a dřeva). Z hlediska rostlinné fyziologie jsou k nim v blízkém vztahu anthokyany, způsobující červené, fialové a modré zbarvení květů, plodů i jiných částí rostlin.



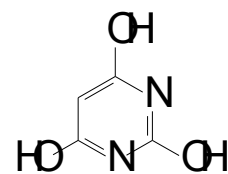
4H-pyran

Šestičlenné heterocykly se dvěma heteroatomy

Pyrimidin obsahuje v molekule šestičlenný kruh se dvěma terciárními dusíkovými atomy v poloze 1 a 3.



pyrimidin



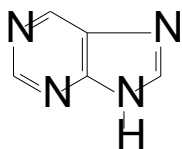
kyselina barbiturová

V přírodě se vyskytuje několik pyrimidinových derivátů jako součást nukleových kyselin: **uracil** (2,6-dihydroxypyrimidin), **cytosin** (2-hydroxy-6-aminopyrimidin) a **thymin** (2,4-dihydroxy-5-

methylpyrimidin). Pyrimidinové jádro obsahuje také **vitamin B₁** a **kyselina barbiturová**, která je základem hypnotik.

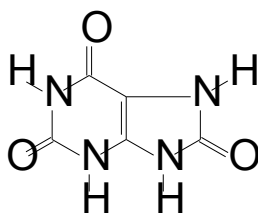
Sloučeniny purinu

Základní látkou této skupiny sloučenin je **purin**, synteticky připravený z kyseliny močové. Jeho molekula je kombinací jádra pyrimidinového a imidazolového.



purin

Purin se v přírodě nevyskytuje. Jeho deriváty jsou však velmi rozšířeny v tělech živočichů, rostlin a mikrobů, a mají fyziologický význam. Z dalších derivátů je důležitý **adenin** (6-aminopurin), **guanin** (2-amino-6-hydroxypurin), složky nukleových kyselin a jiných nukleotidů a **xanthin** (2,6-dihydroxypurin). Methylderiváty xanthinu vynikají svým farmakodynamickým účinkem na organismus. Proto se řadí také k alkaloidům.



kyselina močová

Theobromin je obsažen zejména v kakaových bobech a v čokoládě.

Kofein je v kávě a čaji. Povzbuzuje srdeční činnost.

Čajové listy obsahují také **theofylin**. Pro silné močopudné účinky se používají v lékařství jako diuretika.



kávovník

Kyselina močová se vyskytuje v malých množstvích v krvi a moči savců. Vylučována v krystalické formě je příčinou dny a některých druhů ledvinových kamenů.

U plazů a ptáků je konečným produktem přeměny bílkovin. Guáno se značným obsahem kyseliny močové, dříve velmi ceněné hnojivo, je trus mořských ptáků, kteří během staletí hnízili na několika jihoamerických ostrovech. Kyselina močová je bezbarvá, krystalická látka, ve vodě málo rozpustná.

Z uvedeného výstupu projektového úkolu Přírodní látky, dílčí úkol Heterocyklické sloučeniny, je zřejmé, že žáci získali dobrou gramotnost prezentovanou v úvodu této kapitoly, ba co víc výstupy jsou komplexnější a ucelenější než je při studiu těchto látek na středních školách obvyklé.

7. Závěr

Jak jsme se vám pokusili v rámci našeho textu nastínit, má projektové vyučování a integrovaná tematická výuka na základní i střední škole své klady i své zápory. Na konkrétních příkladech však uvádíme, že klady převládají s věkem žáků či studentů. To, že nějaká vyučovací metoda zažívá svoji renesanci, ještě nemusí znamenat, že je tou pravou a správnou, a jakmile ji ve školách budeme používat, povede k ideálnímu a dokonalému vzdělávání žáků a studentů. Na druhé straně si ale přiznejme, že má cenu zkoušet nové a neotřelé metody vzdělávání žáků a studentů, protože by přes ně mohla vést cesta k výchově a vzdělání „moudrého člověka“ v pravém smyslu tohoto slova.

Literatura:

JANOTKOVÁ, Ivona - ŠIBOR, Jiří. Grafové modely chemických pojmů. In *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie*. Vyd. první. Hradec Králové : Gaudeamus (Univerzita Hradec Králové), 2009. ISBN 978-80-7041-827-7, s. 196-204. 15.9.2009, Hradec Králové.

KONEČNÁ, Libuše. Učitel'ský námětník pro integrovanou výuku přírodovědných předmětů na ZŠ. *Diplomová práce*. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, katedra chemie, 2010. Vedoucí diplomové práce Mgr. Irena Plucková, Ph. D.

PLUCKOVÁ, Irena. Integrovaná přírodověda na 2. stupni ZŠ - skutečnost či pouhá teorie? In *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie - 2. část*. Vyd. první. Hradec Králové: nakladatelství Gaudeamus při Univerzitě Hradec Králové, 2009. od s. 447- 450, 4 s. ISBN 978-80-7041-839-0.

HLÁVKOVÁ, Barbora - PLUCKOVÁ, Irena. Projektová výuka v chemii? Navržený projekt na téma "Jsme to co jíme" pro žáky 9. tříd ZŠ obsahující průřezové téma ENvironmentální výchova. In *Příprava učitelů chemie na environmentální výchovu a výchovu k trvale udržitelnému rozvoji*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2007. od s. 44-47, 4 s. ISBN 978-80-210-4504-0.

PLUCKOVÁ, Irena - SVATOŇOVÁ, Hana. Integrace přírodovědných předmětů na ZŠ a její podpora z ESF. In *Aktuální aspekty pregraduální přípravy a postgraduálního vzdělávání učitelů chemie. Sborník přednášek z mezinárodní konference 29. září - 1. října 2010 v Trojanovicích*. Vyd. první. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě - Přírodovědecká fakulta, 2010. od s. 217 - 222, 6 s. ISBN 978-80-7368-426-6.

STANISLAV, Jan - ŠIBOR, Jiří. Heterocyclic Chemistry Teaching Interdisciplinary Relationships. In *The 11th Blue Danube Symposium on Heterocyclic Chemistry*. Vyd. 1. Brno : Department of Organic Chemistry, Masaryk University in Brno, Czech Republic, 2005. ISBN 80-210-3763-6, s. PO-105. 28.9.2005, Brno.

STANISLAV, Jan - ŠIBOR, Jiří. Heterocyclic Compounds: Illustration Collages for Pupils Education. In *The 11th Blue Danube Symposium on Heterocyclic Chemistry*. Vyd. 1. Brno : Department of Organic Chemistry, Masaryk University in Brno, Czech Republic, 2005. ISBN 80-210-3763-6, s. PO-101. 28.9.2005, Brno.

SVATOŇOVÁ, Hana - PLUCKOVÁ, Irena - MÍSAŘOVÁ, Darina - KOLEJKA, Jaromír - LNĚNIČKA, Libor - NAVRÁTIL, Vladislav - RUDA, Aleš - RYCHNOVSKÝ, Boris - HOFMANN, Eduard - SVOBODOVÁ, Jindřiška. *Integrovaná přírodověda 2 - Domácnost svět v malém*. 1. vyd. Brno : MUNI Press, 2010. 82 s. ISBN 978-80-210-5204-8. CZ.1.07/1.3.10/01.0013.

SVATOŇOVÁ, Hana - PLUCKOVÁ, Irena - MÍSAŘOVÁ, Darina - HOFMANN, Eduard. *Integrovaná přírodověda v české škole*. 2010. CZ.1.07/1.3.10/01.0013

ŠIBOR, Jiří. Projektová metoda jako prostředek k výchově k trvale udržitelnému rozvoji. In *Příprava učitelů chemie na environmentální výchovu a výchovu k trvale udržitelnému rozvoji*. Vyd. 1. Brno : Masarykova univerzita, 2007. ISBN 978-80-210-4504-0, s. 162-175. 2007, Šlapanice u Brna.

ŠULCOVÁ, Renata – PISOVÁ, Dana. *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*. Vyd. 1. Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2008. ISBN 978-80-86561-66-0.

ŠVECOVÁ Milada a kol. Školní projekt jako kreativní forma výuky přírodovědných předmětů na základní a střední škole. *Pedagogika*, 2003, roč. LIII, č. 4, s. 396-403. ISSN 0031-3815.