

Koncepce přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006

Oddělení mezinárodních výzkumů

Ústav pro informace ve vzdělávání

Praha 2006

Obsah

Úvod	3
Definice zkoumané oblasti	4
Přírodovědná gramotnost	6
Uspořádání oblasti	8
Situace a kontexty	9
Přírodovědné kompetence	12
Rozpoznání přírodovědných otázek	13
Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd	13
Používání vědeckých důkazů	13
Přírodovědné vědomosti	15
Vědomosti z přírodních věd	15
Vědomosti o přírodních vědách	16
Postoje k přírodním vědám	17
Hodnocení přírodovědné gramotnosti	20
Charakteristiky testu	20
Struktura testu přírodovědné gramotnosti	23
Škály pro prezentaci výsledků	24
Shrnutí	25
Literatura	27

Úvod

Ve výzkumu PISA 2006 má přírodovědná gramotnost zvláštní význam, protože je v tomto cyklu poprvé hlavní hodnocenou oblastí. Tato oblast prošla od předchozího šetření v roce 2003 značným vývojem, jehož výsledkem je především rozšířené pojetí toho, co je ve výzkumu hodnoceno. Současná koncepce představuje nejen podrobnější popis přírodovědné gramotnosti, ale také důležitou inovaci v přístupu k hodnocení, která ovlivní příští podobu celého výzkumu PISA. Hlavní hodnotící nástroje (testy) poprvé obsahují vedle otázek testujících kognitivní schopnosti a vědomosti žáků rovněž otázky zjišťující jejich postoje k tématům, jimiž se během testování zabývají. Zařazením těchto otázek je zdůrazněna důležitost postojových a motivačních aspektů, které jsou podstatné pro budoucí zaujetí žáků pro přírodní vědy. V předchozích cyklech výzkumu PISA se postojové otázky objevovaly pouze v dotazníku a byly formulovány v obecněji.

Porozumění přírodním vědám a technice je základním předpokladem připravenosti mladého člověka na život v moderní společnosti. Jedině tak se může plně začlenit do společnosti, v níž přírodní vědy a technika hrají významnou roli. Toto porozumění umožňuje lidem náležitě se zapojovat do veřejného rozhodování v případech, kdy věda a technika ovlivňuje naše životy. Porozumění přírodním vědám a technice významně obohacuje osobní, sociální, profesní a kulturní život všech lidí.

Velké množství situací, problémů a otázek, s nimiž se jednotlivci setkávají v každodenním životě, vyžaduje jistou obeznámenost s přírodními vědami a technikou, má-li jim člověk plně porozumět nebo má-li být vůbec schopen se jimi zabývat. Otázky související s vědou a technikou musejí lidé řešit na osobní, komunální, celostátní i globální úrovni. Politiky by proto mělo zajímat, nakolik jsou občané jejich země připraveni tyto otázky řešit. Významným indikátorem je to, jak na ně reagují mladí lidé na konci povinné školní docházky. Hodnocení žáků ve věku 15 let poskytuje prvotní náznak toho, jak mohou na různorodé situace obsahující prvky přírodních věd a techniky reagovat v dospělosti.

Při koncipování mezinárodního výzkumu patnáctiletých žáků se proto zdá být rozumné položit si následující otázku: „Co by občané měli znát, čeho by si měli cenit a co by měli být schopni dělat v situacích obsahujících prvky přírodních věd a techniky?“ Odpověď na tuto otázku vytváří základ pro hodnocení žáků, neboť jejich dnešní vědomosti, hodnoty a dovednosti mají vztah k tomu, co budou potřebovat v budoucnosti. Klíčovou součástí odpovědi jsou *kompetence*, které tvoří jádro definice přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006. Ptáme se, jak dobře žáci dokážou:

- rozpoznávat přírodovědné otázky,
- vysvětlovat jevy pomocí přírodních věd,
- používat vědecké důkazy.

Tyto kompetence vyžadují, aby žáci při setkání s problémy, které mají vztah k přírodním vědám, prokázali jak vědomosti či kognitivní schopnosti, tak postoje, hodnoty a motivaci.

Stanovit, co by občané měli znát, čeho by si měli cenit a co by měli být schopni dělat v situacích obsahujících prvky vědy a techniky, se zdá být jednoduché a přímočaré. Výzkum PISA je však

veden snahou hodnotit to, co občané skutečně potřebují. Jistě není třeba, aby ovládali všechny přírodovědné poznatky. *Jaké vědomosti jsou pro občany nejdůležitější?* Bezpochyby by měli znát základní pojmy hlavních přírodovědných oborů, ale především by je měli umět používat v kontextu každodenního života. Lidé se dále často dostávají do situací, které vyžadují určité porozumění vědě jako procesu, který produkuje poznatky a usiluje o vysvětlení světa přírody.¹ Také by si měli být vědomi komplementárních vztahů mezi přírodními vědami a technikou a toho, jak technika prostupuje život v moderní společnosti a ovlivňuje jeho povahu.

Čeho by si občané měli na přírodních vědách a technice cenit? Měli by oceňovat přínos vědy a techniky pro společnost a jejich význam v mnoha osobních, sociálních i globálních kontextech. Proto se zdá přiměřené očekávat, že žáci budou mít o přírodní vědy zájem, budou uznávat hodnotu vědeckého výzkumu a budou jednat odpovědně vůči přírodním zdrojům a životnímu prostředí.

Jaké přírodovědné dovednosti by měli ovládat? Lidé často musejí vyvozovat smysluplné závěry z faktů a informací, které jsou jim poskytnuty. Musejí posuzovat nároky, které na základě předložených faktů vznášejí jiní. A konečně by měli být schopni rozlišovat osobní názory od tvrzení podložených důkazy. Tyto důkazy se často opírají o vědecké poznatky, ale věda zde také vystupuje v obecnější rovině jako postup, který při porovnávání myšlenek a teorií s fakty využívá racionální uvažování. To samozřejmě nepopírá přítomnost kreativity a představivosti, které při rozvíjení lidského porozumění světu měly vždy klíčový význam.

Dokážou občané rozlišit, jaké nároky jsou vědecky podložené a jaké nikoli? Řadoví občané zpravidla nemusejí posuzovat hodnotu velkých teorií nebo potenciálních pokroků ve vědě. Musejí se však umět rozhodovat na základě skutečností uvedených v reklamních sděleních, důkazů v právních záležitostech, informací o jejich zdravotním stavu a v otázkách týkajících se jejich bezprostředního životního prostředí a přírodních zdrojů. Vzdělaný člověk by měl být rovněž schopen rozlišit, jaké typy otázek mohou být zodpovězeny prostřednictvím vědeckého výzkumu či jaké typy problémů mohou být vyřešeny s pomocí techniky, a jaké nikoli.

Definice zkoumané oblasti

Současné úvahy o očekávaných výstupech přírodovědného vzdělávání zdůrazňují přírodovědné vědomosti (včetně vědomostí o vědeckém přístupu ke zkoumání světa) a uznání přínosu přírodních věd pro společnost. Mají-li žáci těchto cílů dosáhnout, musejí rozumět důležitým přírodovědným pojmům a vysvětlením, ale také možnostem a mezím vědy ve světě. To předpokládá kritický postoj a reflexivní přístup k přírodním vědám (Millar a Osborne 1998).

Uvedené cíle představují směr, jímž by se mělo ubírat přírodovědné vzdělávání všech žáků (Fensham 1985). Kompetence hodnocené ve výzkumu PISA 2006 jsou široké a zahrnují aspekty, které mají vztah k osobnímu prospěchu, sociální odpovědnosti a vnitřní i vnější hodnotě přírodovědných poznatků.

Úvodní diskuse naznačuje hlavní orientaci přírodovědné části výzkumu PISA 2006: hodnocení by se mělo soustředit na kompetence, z nichž bude patrné, co patnáctiletí žáci znají, čeho si cení a co jsou schopni dělat v příslušných osobních, sociálních a globálních kontextech. Tato

perspektiva se liší od přístupu, který vychází výhradně z učebních osnov přírodovědných předmětů a svým rozsahem pokrývá pouze hlavní přírodovědné obory. Zároveň se však nevyhýbá problémům situovaným do vzdělávacích, ale také do odborných kontextů a přiznává podstatné místo vědomostem, metodám, postojům a hodnotám příznačným pro přírodovědné obory. Celkové zaměření toho, co je v přírodovědné části výzkumu PISA 2006 hodnoceno, nejlépe vystihuje výraz *přírodovědná gramotnost* (Bybee 1997b, Fensham 2000, Gräber a Bolte 1997, Mayer 2002, Roberts 1983, UNESCO 1993).

Přírodovědné vědomosti: terminologie používaná ve výzkumu PISA 2006

Výrazem „přírodovědné vědomosti“ jsou v rámci této publikace označovány jak vědomosti z přírodních věd, tak vědomosti o přírodních vědách. *Vědomosti z přírodních věd* označují vědomosti o světě přírody, které jsou součástí hlavních přírodovědných oborů, jako je fyzika, chemie, biologie, zeměpis², a technických oborů vycházejících z přírodních věd. *Vědomosti o přírodních vědách* zahrnují znalosti prostředků (vědecký výzkum) a cílů (vědecká vysvětlení) přírodních věd.

Snahou výzkumu PISA 2006 je hodnotit jak kognitivní, tak afektivní složky přírodovědné gramotnosti. Mezi kognitivní složky patří vědomosti a schopnost jejich efektivního používání při provádění kognitivních postupů charakteristických pro vědu a vědecký výzkum osobního, sociálního či globálního významu. Pro hodnocení přírodovědných kompetencí využívá PISA témata, k jejichž pochopení mohou přispět přírodovědné vědomosti a které po žácích vyžadují – buď nyní, nebo v budoucnosti – vykonání určitého rozhodnutí. Z hlediska přírodovědných kompetencí tato témata vyžadují porozumění příslušným přírodovědným vědomostem, schopnost vyhledávat a posuzovat informace, schopnost interpretovat fakta týkající se daného problému a schopnost rozpoznat jeho vědecké a technické aspekty (Koballa, Kemp a Evans 1997, Law 2002). PISA hodnotí také mimokognitivní složky přírodovědné gramotnosti: afektivní reakce žáků. Postojové složky jejich reakce na přírodovědné problémy vzbuzují a udržují jejich zájem a motivují je k jednání (Schibeci 1984). Tyto úvahy nás přivádějí k definici přírodovědné gramotnosti pro potřeby výzkumu PISA 2006.

Výraz *přírodovědná gramotnost* byl zvolen proto, že podle našeho názoru vyjadřuje cíle přírodovědného vzdělávání, které by měly platit pro všechny žáky, naznačuje jeho šíři a aplikovanou povahu, zahrnuje souvislou škálu přírodovědných vědomostí a kognitivních dovedností spojených s vědeckým výzkumem, sdružuje rozmanité dimenze a pokrývá také vztahy mezi přírodními vědami a technikou. Základem přírodovědné gramotnosti a jejího hodnocení ve výzkumu PISA 2006 jsou *přírodovědné kompetence* tvořící jádro její definice – záměrem výzkumu PISA je posoudit, nakolik jsou u žáků tyto kompetence rozvinuté (Bybee 1997a, Fensham 2000, Law 2002, Mayer a Kumano 2002).

Přírodovědná gramotnost ve výzkumu PISA 2006

Pro potřeby výzkumu PISA 2006 byly do přírodovědné gramotnosti³ zahrnuty tyto složky:

- přírodovědné vědomosti a jejich využívání k rozpoznávání otázek, získávání nových vědomostí, vysvětlování přírodovědných jevů a vyvozování podložených závěrů o tématech vztahujících se k přírodním vědám,
- znalost charakteristických rysů vědy jako formy lidského poznání a zkoumání,
- povědomí o tom, jak přírodní vědy a technika utvářejí naše materiální, myšlenkové a kulturní prostředí
- ochota zabývat se myšlenkami a tématy souvisejícími s přírodními vědami a přemýšlet o nich.

Uvedenou definici pomohou vyjasnit následující poznámky:

Přírodovědná gramotnost

Používání výrazu „přírodovědná gramotnost“ namísto označení „přírodní vědy“ zdůrazňuje význam, který PISA klade na aplikaci přírodovědných vědomostí v kontextu životních situací oproti prosté reprodukci tradičního školního učiva z oblasti přírodních věd. Funkční používání vědomostí vyžaduje uplatnění postupů příznačných pro přírodní vědy a vědecký výzkum (přírodovědné kompetence) a je vedeno zájmem, uznáním, hodnotami a činnostmi se vztahem k přírodním vědám. Do schopnosti žáka uplatnit přírodovědné kompetence se promítají jak vědomosti z přírodních věd, tak znalost charakteristických znaků vědy jako způsobu získávání poznatků (tj. vědomosti o přírodních vědách). Definice přírodovědné gramotnosti zohledňuje rovněž to, že schopnost uplatnit tyto kompetence závisí na žákovu postoji k přírodním vědám a jeho ochotě zabývat se tématy, která s nimi souvisejí. Mimokognitivní aspekty, jako například motivace, jsou považovány za specifický druh kompetencí.

Vědomosti a jejich využívání k rozpoznávání otázek, získávání nových vědomostí, vysvětlování přírodovědných jevů a vyvozování podložených závěrů

V této definici přírodovědné gramotnosti znamená výraz vědomosti mnohem více než jen schopnost vybavit si informace, fakta a názvy. Definice pokrývá vědomosti z přírodních věd (vědomosti o světě přírody) i vědomosti o samotných přírodních vědách. První typ vědomostí zahrnuje znalost základních přírodovědných pojmů a teorií, druhý znalosti o vědě jako lidské činnosti a povědomí o možnostech i mezích vědeckého poznání. Žák by měl být schopen rozpoznat otázky, které lze zodpovědět na základě vědeckého výzkumu. To vyžaduje jak vědomosti o přírodních vědách, tak specifické přírodovědné vědomosti o daném tématu. Uvedená definice dále zdůrazňuje, že lidé často musejí získávat nové vědomosti nikoli prostřednictvím vlastního vědeckého výzkumu, ale z jiných zdrojů, například z knihoven nebo z internetu. Vyvozování podložených závěrů vyžaduje znalost, vybírání a posuzování informací a dat při

vědomí toho, že často není k dispozici dostatečné množství informací, aby bylo možné dospět ke konečnému závěru. O informacích, které jsou dostupné, je proto třeba opatrně a vědomě spekulovat.

Charakteristické rysy vědy jako formy lidského poznání a zkoumání

Jak je zde uvedeno, přírodovědná gramotnost předpokládá, že žáci budou mít jisté povědomí o tom, jak vědci získávají data a navrhuji jejich vysvětlení, rozeznají podstatné rysy vědeckého výzkumu a typy odpovědí, které lze od vědy očekávat. Například data o objektech, organismech a událostech ve světě přírody vědci získávají prostřednictvím pozorování a experimentů. Tato data jsou používána při navrhování vysvětlení, která se mohou stát všeobecně známým poznatkem a mohou být využívána v nejrůznějších lidských činnostech. K podstatným rysům vědy patří například sběr a využívání dat (sběr dat je veden teoretickými myšlenkami a koncepčními představami – někdy formulovanými ve formě hypotéz – a je spojen s otázkami relevance, kontextu a přesnosti), dočasná povaha vědeckých poznatků, otevřenost kritickému posuzování, používání logických argumentů, povinnost odkazovat na současné i historické poznatky a informovat o metodách a postupech použitých při získávání důkazů.

Jak přírodní vědy a technika utvářejí naše materiální, myšlenkové a kulturní prostředí

V pozadí této složky přírodovědné gramotnosti stojí myšlenka, že věda je lidské snažení ovlivňující společnost i jedince, kteří v ní žijí. Podobným typem lidského snažení je i technický pokrok (Fleming 1989). Ačkoli se věda a technika od sebe liší co do účelu, používaných postupů i výsledků, zároveň spolu úzce souvisejí a v mnoha ohledech se doplňují. V tomto smyslu postihuje navržená definice přírodovědné gramotnosti podstatu vědy, techniky a jejich vzájemných vztahů. Jako jednotlivci se rozhodujeme pro veřejnou politiku, která ovlivňuje směřování vědy a techniky. Věda a technika hrají ve společnosti dvojznačnou roli, neboť navrhuji odpovědi na otázky a řešení problémů, ale zároveň mohou plodit nové otázky a problémy.

Ochota zabývat se myšlenkami a tématy souvisejícími s přírodními vědami a přemýšlet o nich

Význam této složky přírodovědné gramotnosti je širší než pouhé všímání si nebo nezbytné reagování. Naznačuje trvalý zájem o současná i budoucí témata související s přírodními vědami, utváření vlastních názorů na ně a aktivní účast při jejich projednávání. Předpokládá zájem o přírodovědná témata, přemýšlení o otázkách souvisejících s přírodními vědami, zaujetí pro problematiku techniky, přírodních zdrojů a životního prostředí a reflektuje důležitost vědy v osobním i celospolečenském pohledu.

Přírodovědná gramotnost nevyhnutelně navazuje na *čtenářskou a matematickou gramotnost* (Norris a Phillips 2003). Čtenářská gramotnost je například nezbytná pro porozumění přírodovědné terminologii. Podobně určité prvky matematické gramotnosti jsou zapotřebí při interpretaci dat. Průnikům s jinými oblastmi gramotnosti se při definování a hodnocení přírodovědné gramotnosti nelze vyhnout, jádrem každé úlohy by však měly být aspekty, které jednoznačně spadají do gramotnosti přírodovědné.

Ve srovnání s výzkumy PISA 2000 a PISA 2003 byla současná definice přírodovědné gramotnosti prohloubena a rozšířena. V předchozích dvou výzkumných cyklech, kdy byly přírodní vědy vedlejší hodnocenou oblastí, byla přírodovědná gramotnost definována takto:

Přírodovědná gramotnost je schopnost využívat přírodovědné vědomosti, klást otázky a z daných skutečností vyvozovat závěry, které vedou k porozumění světu přírody a pomáhají v rozhodování o něm a o změnách působených lidskou činností (OECD 1999, 2000, 2003a).

Východiska definice z roku 2000 a 2003 i té současné jsou v podstatě stejná, neboť obě definice kladou důraz na využívání přírodovědných vědomostí k vyvozování závěrů. Zatímco původní definice začlenila vědomosti z přírodních věd a vědomosti o přírodních vědách pod jeden pojem přírodovědné vědomosti, nová definice tuto složku přírodovědné gramotnosti rozděluje a rozpracovává přidáním formulace, která podtrhuje znalost charakteristických rysů vědy. Obě definice poukazují na používání přírodovědných vědomostí s cílem porozumět světu přírody a informovaně se o něm rozhodovat. Ve výzkumu PISA 2006 je tato část definice rozšířena přidáním výslovného odkazu na povědomí o vztazích mezi přírodními vědami a technikou – aspektu, který předchozí definice předpokládala, ale nijak nerozváděla. Věda a technika jsou v dnešním světě úzce provázané a často působí ve vzájemné součinnosti.

Na rozdíl od předchozích cyklů byla definice přírodovědné gramotnosti pro výzkum PISA 2006 obohacena o postoje aspekty žákovských reakcí na témata související s přírodními vědami a technikou. S výjimkou těchto postojových reakcí se současná definice pojmově shoduje s tou původní. O žákovských postojích však bude referováno samostatně, takže je zajištěna srovnatelnost kognitivní složky přírodovědné gramotnosti v průběhu času. Další změny, jako například rozpracování vědomostí o přírodních vědách a odkazy na techniku, vyjadřují pouze zvýšený důraz na určité aspekty, které byly v předchozí definici již obsaženy nebo alespoň předpokládány.

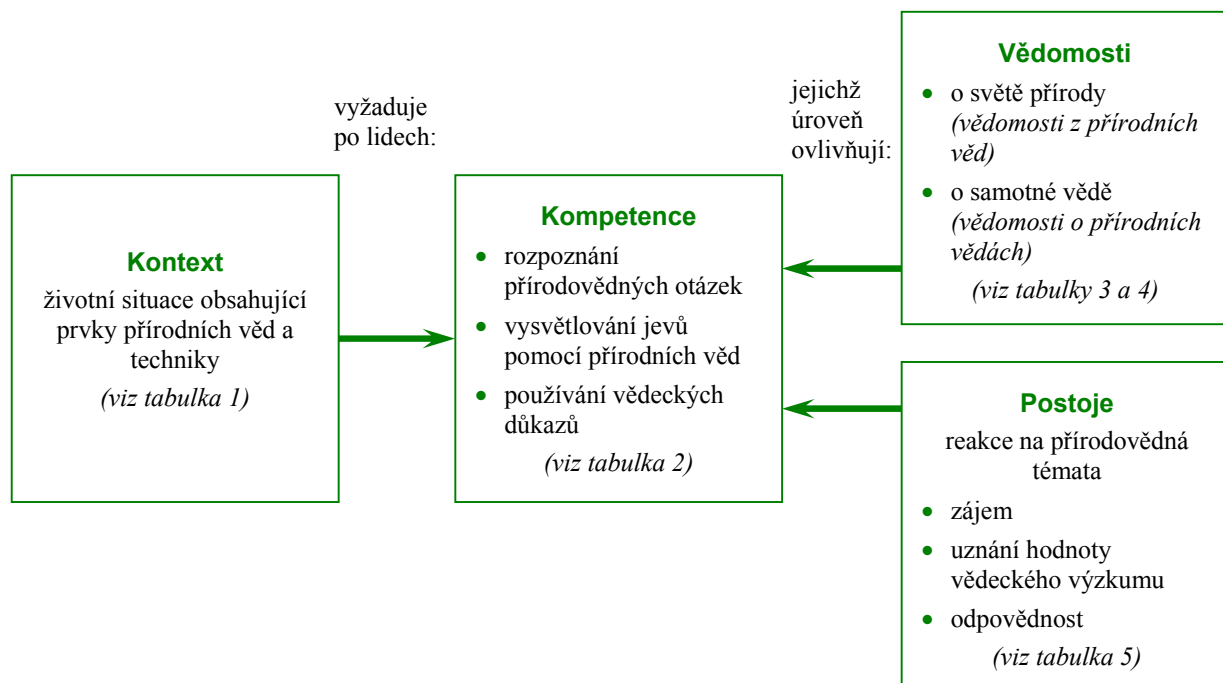
Uspořádání oblasti

Definice, kterou zde navrhuje, umožňuje přírodovědnou gramotnost vnímat jako kontinuum. Jedinci jsou tedy považováni za více či méně přírodovědně gramotné a nikoli buď za přírodovědně gramotné, nebo přírodovědně ngramotné (Bybee 1997a, 1997b). Žák s méně rozvinutou přírodovědnou gramotností může být například schopen si vybavit pouze jednoduché faktografické vědomosti a používat běžné přírodovědné vědomosti k vyvozování či posuzování závěrů. Žák s rozvinutější přírodovědnou gramotností dokáže vytvářet a používat koncepční modely k předvídání a vysvětlování jevů, analyzovat vědecké výzkumy, využívat data ke zdůvodňování, posuzovat různá vysvětlení téhož jevu a přesně sdělovat své závěry.

Pro účely výzkumu PISA 2006 lze v definici přírodovědné gramotnosti rozlišit čtyři vzájemně související složky:

- **kontext:** rozpoznání životních situací, které obsahují prvky přírodních věd a techniky,
- **vědomosti:** porozumění světu přírody prostřednictvím přírodovědných vědomostí, mezi něž patří jak vědomosti o světě přírody, tak vědomosti o samotných přírodních vědách,
- **kompetence:** prokázání kompetencí, k nimž řadíme rozpoznání přírodovědných otázek, vysvětlování jevů pomocí přírodních věd a vyvozování závěrů na základě vědeckých důkazů,
- **postoje:** vyjádření zájmu o přírodní vědy, uznání hodnoty vědeckého výzkumu a motivace jednat odpovědně vůči přírodním zdrojům a životnímu prostředí.

Obrázek 1: Schéma hodnocení přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006



Jednotlivé složky přírodovědné gramotnosti jsou podrobněji popsány v následujících kapitolách. Zdůrazněním těchto složek je zajištěno, že se hodnocení přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006 zaměří na výstupy přírodovědného vzdělávání jako celku. Při navrhování testových úloh bylo třeba zodpovědět několik otázek:

- Jaké *kontexty* budou vhodné pro hodnocení patnáctiletých žáků?
- Jaké *kompetence* můžeme rozumně očekávat od patnáctiletých žáků?
- Jaké *vědomosti* můžeme rozumně očekávat od patnáctiletých žáků?
- Jaké *postoje* můžeme rozumně očekávat od patnáctiletých žáků?

Situace a kontexty

Důležitou součástí přírodovědné gramotnosti je využívání přírodních věd v různorodých situacích. Při zacházení s přírodovědnými tématy je volba postupů a způsobů znázornění často závislá na tom, v jaké situaci se tato témata objevují.

Situace je část žákova světa, do níž jsou zasazeny úkoly. Testové úlohy výzkumu PISA 2006 jsou rámovány situacemi z běžného života a neomezují se jen na život ve škole. Situace, do nichž jsou úlohy zasazeny, se vztahují k osobnímu životu žáka, jeho rodině či vrstevnické skupině (situace

osobní), k obci a společnosti (*sociální*) a k životu v celosvětovém měřítku (*globální*). Další typ situací, vhodný pro určitá témata, jsou situace *historické* umožňující posoudit, jak žáci rozumějí vývoji vědeckého poznání.

Kontext úlohy je její specifické umístění v rámci situace. Tvoří jej všechny konkrétní údaje použité při formulaci otázky.

Ve výzkumu PISA 2006 jsou hodnoceny důležité přírodovědné vědomosti, které mají své místo v učebních plánech přírodovědných předmětů jednotlivých zúčastněných zemí, jejich volba však není omezena na společné prvky národních učebních osnov všech účastníků. Po žácích je požadováno, aby doložili, že jsou schopni s úspěchem využít přírodovědné kompetence v situacích odrážejících významné problémy současného světa a v souladu s pojetím přírodovědné gramotnosti ve smyslu výzkumu PISA. To vyžaduje jak aplikaci vybraných vědomostí o světě přírody, tak uplatnění vědomostí o samotných přírodních vědách, a zároveň i zhodnocení žákovských postojů k přírodovědným tématům.

Tabulka 1: Kontexty přírodovědných úloh ve výzkumu PISA 2006

	Osobní (žák, rodina, skupina)	Sociální (obec a společnost)	Globální (celý svět)
Zdraví	zachování zdraví, úrazy, výživa	snížování nemocnosti, přenos nemocí ve společnosti, výběr potravin, zdraví společnosti	epidemie, šíření infekčních chorob
Přírodní zdroje	osobní spotřeba materiálů a energie	zachování lidských populací, kvalita života, bezpečnost, produkce a distribuce potravin, zásobování energií	obnovitelné a neobnovitelné zdroje, přírodní systémy, populační růst, trvale udržitelné využívání druhů
Životní prostředí	ekologicky uvědomělé chování, používání a likvidace materiálů	rozmístění obyvatelstva, likvidace odpadů, dopad na životní prostředí, místní počasí	biologická rozmanitost, trvalá udržitelnost, kontrola znečištění, tvorba a mizení půdy
Rizika	rizika přírodní a rizika způsobená lidskou činností, rozhodování o výstavbě domů	náhlé změny (zemětřesení, bouřlivé počasí), pomalé a postupné změny (pobřežní eroze, usazování), posuzování rizik	změna klimatu, dopad novodobých válečných konfliktů
Hranice vědy a techniky	zájem o vědecká vysvětlení přírodních jevů, přírodovědné koníčky, sport a volný čas, hudba a osobní technická zařízení	nové materiály, zařízení a postupy, genetické modifikace, technika pro vojenské účely, doprava	vymírání druhů, výzkum kosmu, původ a struktura vesmíru

Tabulka 1 uvádí oblasti aplikace přírodních věd v rámci osobních, sociálních a globálních situací, které jsou ve výzkumu využívány především. To však nebrání použití jiných typů situací (např. technických či historických) a kontextů. Uvedené oblasti aplikace vycházejí z širokého spektra životních situací a obecně odpovídají kontextům zvoleným pro hodnocení přírodovědné gramotnosti ve výzkumných cyklech PISA 2000 a 2003. Oblastmi aplikace jsou zde *zdraví, přírodní zdroje, životní prostředí, rizika a hranice vědy a techniky*. Jde o oblasti, v nichž má přírodovědná gramotnost mimořádný význam pro jednotlivce i společnost z hlediska udržení či zlepšování kvality života nebo rozvoje veřejné politiky.

Hodnocení přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA není hodnocením kontextů. Při výběru kontextů je důležité mít na paměti, že účelem je otestovat přírodovědné kompetence, vědomosti a postoje, které si žáci osvojili do konce povinné školní docházky.

Kontexty použité v testových úlohách jsou rovněž vybírány tak, aby se dotýkaly života a zájmů žáků. Při vývoji úloh byly také brány v úvahu jazykové a kulturní odlišnosti zúčastněných zemí.

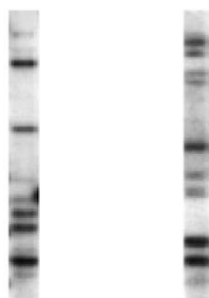
Ukázka 1: DOPADENÍ VRAHA

První ukázkou je část úlohy nazvané DOPADENÍ VRAHA. Úloha je uvedena novinovým článkem, který tvoří její kontext. Oblastí aplikace jsou zde „hranice vědy a techniky“ se sociálním zaměřením.

DNA – POMOCNÍK PŘI HLEDÁNÍ VRAHA

Horní Dolní, včera: Na čtené bodné rány včera zemřel muž v Horní Dolní. Policie mluví o stopách zápasu. Krev, kterou našla na místě činu, nepatřila oběti. Policisté mají podezření, že by mohla patřit vrahovi.

K nalezení vraha má pomoci otisk DNA, který kriminalisté zhotovili z nalezeného vzorku krve. Když byl tento otisk porovnán s otisky zločinců z počítačové databáze, žádnému z nich neodpovídal.



Osoba A

Osoba B

Toto je fotografie otisků DNA dvou různých lidí. Každý sloupec představuje část jejich DNA. Každá osoba má jiný vzorec sloupce. Tak jako s pomocí otisků prstů, tak i s pomocí těchto vzorců je možné identifikovat člověka.

Policie nyní zatkla místního občana, který se s obětí údajně téhož dne ráno hádal. Žádá jej o svolení k odběru vzorku DNA.

Nadporučík Novák, který v Horní Dolní vede vyšetřování, řekl: „Potřebujeme pouze udělat neškodný stěr z vnitřku tváře. Z něj pak mohou naši kriminalisté získat DNA a následně vytvořit takový otisk DNA, jaký je na obrázku.“

S výjimkou jednovaječných dvojčat existuje pouze 1 možnost ze 100 miliónů, že by dva lidé mohli mít stejný otisk DNA.

Otázka 1: DOPADENÍ VRAHA

Novinový článek se odvolává na látku DNA. Co je to DNA?

- A. Látka v buněčných membránách, která zabraňuje tomu, aby obsah buněk vytékal ven.
- B. Molekula, která obsahuje informace o stavbě lidského těla.
- C. Bílkovina, která se nachází v krvi a pomáhá přenášet kyslík do všech tkání.
- D. Hormon v krvi, který napomáhá udržovat hladinu cukru v tělesných buňkách.

Otázka 2: DOPADENÍ VRAHA

Kterou z následujících otázek nelze zodpovědět na základě vědeckých důkazů?

- A. Co bylo lékařskou či fyziologickou příčinou smrti?
- B. Na koho oběť myslela, když umírala?
- C. Je provedení stěru z tváře spolehlivou metodou odebrání vzorků DNA?
- D. Mají jednovaječná dvojčata naprosto stejný otisk DNA?

Přírodovědné kompetence

Hodnocení přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006 se přednostně zaměřuje na kompetence vyjmenované v tabulce 2. Patří k nim dovednost rozpoznat přírodovědné otázky, dále dovednost popsat, vysvětlit či předpovědět jevy na základě přírodovědných vědomostí, dovednost interpretovat důkazy a závěry a konečně dovednost používat vědecké důkazy k vyvozování a sdělování závěrů. Tyto kompetence vyžadují určité přírodovědné vědomosti – jak vědomosti z přírodních věd, tak vědomosti o přírodních vědách jako specifickém způsobu poznávání světa a přístupu k jeho zkoumání.

Tabulka 2: **Přírodovědné kompetence hodnocené ve výzkumu PISA 2006**

Rozpoznání přírodovědných otázek

- rozpoznání otázek, které je možno zodpovědět pomocí přírodních věd
- určení klíčových slov umožňujících vyhledání potřebných přírodovědných informací
- rozpoznání podstatných rysů vědeckého výzkumu

Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd

- uplatnění vhodných vědomostí z přírodních věd v dané situaci
- popisování či interpretování přírodovědných jevů a předpovídání změn
- rozpoznání vhodných popisů, vysvětlení a předpovědí

Používání vědeckých důkazů

- interpretování vědeckých důkazů, vyvozování a sdělování závěrů
 - určení předpokladů, důkazů či úvah, o něž se opírá určitý závěr
 - uvažování o možných důsledcích vědeckého a technického rozvoje pro společnost
-

Zvláštní význam pro přírodovědnou gramotnost mají i některé kognitivní procesy. V přírodovědných kompetencích se uplatňuje například induktivní a deduktivní uvažování, kritické a komplexní myšlení, převádění reprezentací (např. převádění dat do tabulek či tabulek do grafů), vytváření a sdělování argumentů a vysvětlení s využitím dat, uvažování na základě modelů a používání matematických operací.

Kompetence uvedené v tabulce 2 byly ve výzkumu PISA 2006 zdůrazněny proto, že jsou podstatné pro vědecký výzkum. Opírají se o logické myšlení, argumentaci a kritickou analýzu. Jednotlivé kompetence jsou podrobněji popsány níže.

Rozpoznání přírodovědných otázek

Je důležité, aby žáci dovedli rozpoznat přírodovědné otázky od jiných druhů otázek. Přírodovědné otázky musejí vést k odpovědím založeným na vědeckých důkazech. Součástí kompetence *rozpoznání přírodovědných otázek* je rozpoznání otázek, které je v dané situaci možné zodpovědět pomocí přírodních věd, a určení klíčových slov, která lze použít pro vyhledání přírodovědných informací o daném tématu. Patří do ní rovněž dovednost rozpoznat podstatné rysy vědeckého výzkumu – například které věci by se měly porovnávat, které proměnné by se měly měnit nebo kontrolovat, jaké dodatečné informace jsou zapotřebí nebo jakým způsobem by se měla sebrat potřebná data.

Aby žáci byli schopni rozpoznat přírodovědné otázky, musejí mít jisté vědomosti o přírodních vědách, ale také – v různé míře – vědomosti z přírodních věd. Například v otázce 2 z ukázkové úlohy DOPADENÍ VRAHA mají žáci za úkol určit, kterou otázku nelze zodpovědět pomocí přírodních věd. Správná odpověď na tuto otázku předpokládá, že žáci vědí, jaké typy otázek lze zodpovědět pomocí přírodních věd (vědomosti o přírodních vědách, kategorie „vědecký výzkum“), ale také určité znalosti z přírodních věd (kategorie „živé systémy“).

Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd

Kompetenci *vysvětlování jevů pomocí přírodních věd* žáci prokážou tím, že v dané situaci aplikují příslušné vědomosti z přírodních věd. Tato kompetence zahrnuje popisování či interpretování jevů a předpovídání změn a může zahrnovat i rozpoznání, které popisy, vysvětlení nebo předpovědi odpovídají dané situaci. Například rozpoznání vhodného popisu DNA v první otázce z ukázkové úlohy DOPADENÍ VRAHA vyžaduje aplikaci vědomostí z přírodních věd (kategorie „živé systémy“).

Používání vědeckých důkazů

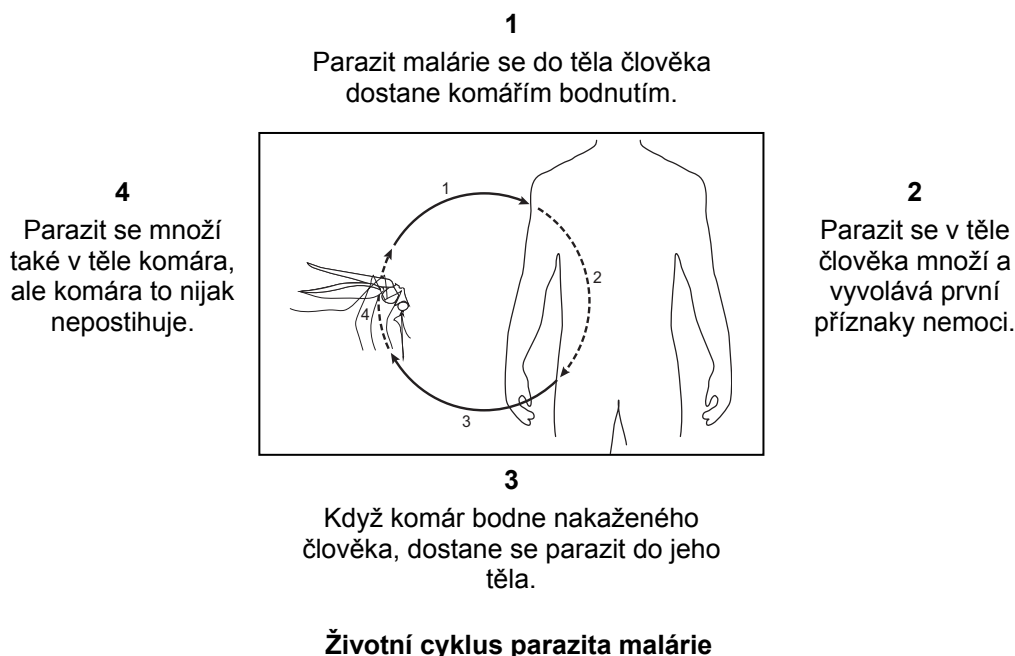
Kompetence *používání vědeckých důkazů* vyžaduje, aby žáci chápali, že vědecká zjištění jsou druhem důkazů, z nichž lze odvodit jisté nároky nebo závěry. Správná odpověď na otázky posuzující tuto kompetenci může vyžadovat vědomosti o přírodních vědách, vědomosti z přírodních věd nebo obojí. Otázka v následující ukázkové úloze MALÁRIE požaduje vyvození závěrů na základě předložených faktů o životním cyklu komára. Otázka zjišťuje hlavně to, zda žáci dokážou interpretovat standardní reprezentaci (model) životního cyklu – což je vědomost o přírodních vědách (kategorie „vědecká vysvětlení“).

Součástí kompetence *používání vědeckých důkazů* je získávání vědeckých informací, vytváření argumentů a vyvozování závěrů na základě vědeckých důkazů (Kuhn 1992, Osborne, Erduran, Simon a Monk 2001). Dále může zahrnovat vybírání vhodného závěru z několika možností s ohledem na fakta, uvádění důvodů pro prezentovaný závěr nebo proti němu na základě toho, jakým způsobem byl tento závěr vyvozen z poskytnutých dat, a určování předpokladů, o něž se daný závěr opírá. Dalším aspektem této kompetence je uvažování o důsledcích vědeckého a technického rozvoje pro společnost.

Po žácích může být požadováno, aby své důkazy a rozhodnutí sdělili vlastními slovy, prostřednictvím schémat nebo jiných reprezentací vhodných pro publikum uvedené v zadání otázky. Stručně řečeno, žáci by měli být schopni prezentovat jasné a logické souvislosti mezi fakty a závěry či rozhodnutími.

Ukázka 2: MALÁRIE

Malárie je každoročně příčinou úmrtí více než milionu lidí. Boj proti malárii v současné době prochází krizí. Komáři přenášejí parazita malárie z osoby na osobu. Komáři přenášející malárii se stali odolnými vůči mnoha prostředkům na hubení hmyzu. Rovněž léky proti malárii jsou stále méně účinné.



Otázka 1: MALÁRIE

V tabulce jsou uvedeny tři metody, kterými je možné zabránit šíření malárie.

Které ze stádií (1, 2, 3 a 4) životního cyklu parazita malárie **přímo** ovlivňuje každá z metod? U každé metody zakroužkuj příslušné stádium či stádía (jednotlivé metody mohou ovlivňovat více než jedno stádium).

Metoda, která může zabránit šíření malárie	Stádía životního cyklu parazita, která jsou metodou ovlivněna			
Spaní pod moskytiérou	1	2	3	4
Užívání léků proti malárii	1	2	3	4
Používání prostředků na hubení hmyzu proti komárům	1	2	3	4

Přírodovědné vědomosti

Jak již bylo uvedeno, přírodovědné vědomosti zahrnují jednak *vědomosti z přírodních věd* (vědomosti o světě přírody), jednak *vědomosti o přírodních vědách* samotných.

Vědomosti z přírodních věd

Jelikož ve výzkumu PISA 2006 může být posuzována pouze část přírodovědných vědomostí žáků, je důležité použít při jejich výběru jasná kritéria. Navíc cílem výzkumu je popsat, zda žáci dovedou své vědomosti aplikovat v kontextech, které mají vztah k jejich životu. V souladu s tím jsou hodnocené vědomosti vybírány z hlavních přírodovědných oborů (fyzika, chemie, biologie, zeměpis a technika⁴) podle následujících zásad:

- vybrané vědomosti by měly mít vztah ke skutečným životním situacím, neboť přírodovědné vědomosti se liší v míře své použitelnosti v životě jednotlivců,
- vybrané vědomosti by měly představovat důležité přírodovědné poznatky, a měly by být žákům dlouhodobě užitečné,
- vybrané vědomosti by měly odpovídat vývojové úrovni patnáctiletých žáků.

Tabulka 3: Vědomosti z přírodních věd hodnocené ve výzkumu PISA 2006

Neživé systémy

- struktura hmoty (např. model atomu, chemické vazby)
- vlastnosti hmoty (např. změny skupenství, tepelná a elektrická vodivost)
- chemické změny hmoty (např. chemické reakce, přenos energie, kyseliny a zásady)
- pohyb a síla (např. rychlost, tření)
- energie a její přeměna (např. zachování energie, disipace, chemické reakce)
- vzájemné působení energie a hmoty (např. světelné a radiové vlny, zvukové a seismické vlny)

Živé systémy

- buňky (např. struktura a funkce buněk, DNA, rostlinné a živočišné buňky)
- člověk (např. zdraví, výživa, nemoci, rozmnožování, soustavy: trávicí, dýchací, oběhová, vylučovací a jejich vztahy)
- populace (např. druhy, evoluce, biologická rozmanitost, genetické změny)
- ekosystémy (např. potravní řetězce, tok látek a energií)
- biosféra (např. význam ekosystémů, trvalá udržitelnost)

Systémy Země a vesmíru

- struktura systémů Země (např. litosféra, atmosféra, hydrosféra)
- energie v systémech Země (např. zdroje, globální klima)
- změny v systémech Země (např. tektonické pohyby, geochemické cykly, tvořivé a destruktivní síly)
- historie Země (např. fosílie, vznik a vývoj)
- Země ve vesmíru (např. gravitace, sluneční soustava)

Technické systémy

- role techniky (např. řešení problémů, uspokojování lidských potřeb a přání, plánování a provádění výzkumů)
 - vztah mezi vědou a technikou (např. přínos techniky k vědeckému pokroku)
 - pojmy (např. optimalizace, kompromisy, náklady, rizika, užitek)
 - důležité principy (např. kritéria, omezení, inovace, vynálezy, řešení problémů)
-

Jednotlivé kategorie vědomostí z přírodních věd, které splňují tato kritéria, jsou spolu s několika příklady uvedeny v tabulce 3. Tyto vědomosti jsou nezbytné k porozumění světu přírody i vlastním zkušenostem v osobních, sociálních a globálních situacích. Z těchto důvodů výzkum PISA neoznačuje hlavní oblasti výrazem „vědy“, ale „systémy“. Tím se chce zdůraznit, že občané musejí rozumět pojmům z jednotlivých přírodovědných oborů v nejrůznějších kontextech.

Příklady uvedené v tabulce 3 pouze přibližují význam zvolených kategorií. Nesnažili jsme podat úplný seznam všech vědomostí, které by bylo možné v rámci každé z nich zjišťovat. Pro ilustraci, otázka 1 v ukázkové úloze DOPADENÍ VRAHA hodnotí vědomosti žáků z přírodních věd v kategorii „živé systémy“.

Vědomosti o přírodních vědách

Tabulka 4 uvádí kategorie a příklady vědomostí o přírodních vědách. První kategorie, vědecký výzkum, se zaměřuje na výzkum jako hlavní vědecký postup a na jeho různé složky. Druhou kategorií, která má těsné vazby na první, jsou vědecká vysvětlení. Vědecká vysvětlení jsou výsledkem vědeckého výzkumu. Výzkum je možné považovat za prostředek vědeckého poznání (způsob, jak vědci získávají data) a vysvětlení za jeho cíl (způsob, jak vědci používají data). Příklady uvedené v tabulce opět pouze ilustrují obecný význam kategorií a nepředstavují úplný výčet všech vědomostí, které by do každé z nich mohly být zařazeny.

Tabulka 4: Vědomosti o přírodních vědách hodnocené v rámci výzkumu PISA 2006

Vědecký výzkum

- původ (např. zvědavost, výzkumné otázky)
- účel (např. poskytnout důkazy, které pomohou zodpovědět výzkumné otázky, ověřit nejnovější myšlenky, modely, teorie, poskytnout vodítko pro další výzkumy)
- experiment (např. různé typy otázek vyžadují různé výzkumné metody, plán experimentu)
- typ dat (např. kvantitativní – měření, kvalitativní – pozorování)
- měření (např. neurčitost spojená s měřením, opakovatelnost, variabilita, přesnost použitých nástrojů a postupů)
- povaha výsledků výzkumu (např. empirické, prozatímní, ověřitelné, falzifikovatelné, korigující sama sebe)

Vědecká vysvětlení

- druhy (např. hypotézy, teorie, modely, zákony)
 - vytváření (např. zobrazování dat, role dosavadních poznatků a nových důkazů, tvořivost a představivost, logika)
 - pravidla (např. vysvětlení musejí být logicky konzistentní, založená na důkazech, na historických a současných poznatech)
 - výsledky (např. nové poznatky, nové metody, nové technologie, nové otázky a nové výzkumy)
-

Třetí ukázková úloha nazvaná PITÍ MLÉKA je zasazena do historické situace a oblastí aplikace je zde zdraví. Obě otázky posuzují vědomosti žáků o přírodních vědách v kategorii „vědecký výzkum“. V otázce 1 mají žáci určit pravděpodobný účel výzkumu (kompetence rozpoznání přírodovědných otázek), kompetencí hodnocenou v otázce 2 je rovněž rozpoznání přírodovědných otázek (spíše než používání vědeckých důkazů), protože nejsamozřejmější

předpoklad (že se obě skupiny žáků v žádném podstatném aspektu významně nelišily) se vztahuje k plánu výzkumu.

Ukázka 3: PITÍ MLÉKA

V roce 1930 proběhl na školách ve Skotsku rozsáhlý výzkum. Po dobu čtyř měsíců dostávali někteří žáci zdarma mléko a někteří ne. Výběr žáků, kteří budou dostávat mléko, provedli učitelé. Výzkum proběhl následovně:

- 5000 školáků dostávalo každý vyučovací den určité množství nepasterizovaného mléka,
- dalších 5000 školáků dostávalo stejné množství pasterizovaného mléka,
- 10 000 školáků nedostávalo vůbec žádné mléko.

Všech 20 000 dětí bylo na začátku a na konci výzkumu zváženo a změřeno.

Otázka 1: PITÍ MLÉKA

Je pravděpodobné, že výzkum zkoumal následující otázky? V každém řádku zakroužkuj „Ano“ nebo „Ne“.

Je pravděpodobné, že výzkum zkoumal tuto otázku?	Ano nebo ne?
Jak se pasterizuje mléko?	Ano / Ne
Jaký vliv má na školáky pití školního mléka?	Ano / Ne
Jaký vliv má pasterizace mléka na růst dětí?	Ano / Ne
Jaký vliv má na zdraví školáků to, že žijí v různých oblastech Skotska?	Ano / Ne

Otázka 2: PITÍ MLÉKA

Děti, které během výzkumu dostávaly mléko, vyrostly a přibraly v průměru více než děti, které mléko nedostávaly.

Jeden z možných závěrů výzkumu proto je, že děti, které pijí hodně mléka, rostou rychleji než ty, které mléko moc nepijí.

Uveď alespoň jeden předpoklad, který musí být u obou skupin žáků ve výzkumu splněn, aby byl tento závěr důvěryhodný.

Postoje k přírodním vědám

Postoje lidí významně ovlivňují jejich zájem o přírodní vědy, pozornost, kterou jim věnují, jejich obecnou reakci na přírodní vědy a techniku a jejich specifickou reakci na problémy, které se jich dotýkají. Jedním z cílů přírodovědného vzdělávání je proto rozvinout u žáků postoje, které je budou motivovat k zájmu o přírodovědné otázky, a tím i k získávání a používání přírodovědných a technických vědomostí k osobnímu, sociálnímu a globálnímu prospěchu.

PISA 2006 hodnotí žákovské postoje novým způsobem. Kromě tradičních otázek v dotazníku zjišťujících názory žáků na přírodní vědy jako takové jsou žáci dotazováni i v průběhu vlastního testování na postoje k otázkám, na něž se zaměřují testové úlohy.

Pozornost věnovaná postojům vychází z přesvědčení, že nedílnou součástí přírodovědné gramotnosti jsou i určité postoje, názory, motivační orientace, důvěra ve vlastní schopnosti, hodnoty a rozhodné jednání. Zařazení postojů a dalších motivačních faktorů do výzkumu PISA 2006 navazuje na Klopferovo (1976) pojetí struktury afektivní složky přírodovědného vzdělávání a na uskutečněné výzkumy v oblasti postojů (např. Gardner 1975, 1984, Gauld a Hukins 1980, Blosser 1984, LaForgia 1988, Schibeci 1984).

Výzkum přírodovědné gramotnosti PISA 2006 hodnotí postoje žáků ve třech oblastech: *zájem o přírodní vědy*, *uznání hodnoty vědeckého výzkumu* a *odpovědnost vůči zdrojům a životnímu prostředí* (viz tabulka 5). Tyto oblasti byly vybrány proto, že umožňují utvořit si obrázek o tom, jak žáci z různých zemí oceňují hodnotu přírodních věd obecně, o jejich specifických postojích a hodnotách i o jejich odpovědnosti vůči přírodovědným problémům, které mají celostátní či mezinárodní dopad. Nejedná se o hodnocení žákovských postojů vůči školním přírodovědným předmětům či jejich učitelům. Výsledky tohoto šetření mohou poskytnout informace o jednom z aktuálních problémů přírodovědného vzdělávání, jímž je úbytek zájmu mladých lidí o studium přírodovědných oborů.

Zájem o přírodní vědy byl vybrán proto, že je prokázán jeho vztah s výsledky žáků, výběrem přírodovědných volitelných předmětů, volbou povolání a celoživotním učením. Vztah mezi (individuálním) zájmem o přírodní vědy a výsledky žáků je zkoumán již více než 40 let, ačkoli se stále vedou diskuse o kauzálních souvislostech (viz např. Baumert a Köller 1998, Osborne, Simon a Collins 2003). PISA 2006 zjišťuje zájem žáků o přírodní vědy otázkami na jejich zaujetí pro sociální problémy se vztahem k přírodním vědám, na jejich ochotu osvojovat si přírodovědné vědomosti a dovednosti a na zvažování volby povolání se vztahem k přírodním vědám.

Uznání hodnoty vědeckého výzkumu bylo do výzkumu PISA 2006 zařazeno proto, že je obecně považováno za jeden ze základních cílů přírodovědného vzdělávání. Je to podobný konstrukt jako „osvojení přírodovědných postojů“, navrhané Klopferem (1971). Uznání hodnoty vědeckého výzkumu a jeho podpora znamená, že žáci doceňují význam vědeckých metod shromažďování důkazů, tvořivého myšlení, racionálního uvažování, kritického posuzování a sdělování závěrů v životních situacích, které mají vztah k přírodním vědám. V rámci výzkumu PISA 2006 tato kategorie zahrnuje používání vědeckých důkazů (poznatků) při rozhodování a uznání důležitosti logiky a racionality při formulování závěrů.

Odpovědnost vůči zdrojům a životnímu prostředí je důležitá z mezinárodního hlediska a má i svůj ekonomický rozměr. Postoje v této oblasti jsou předmětem četných výzkumů již od 70. let 20. století (viz např. Bogner a Wiseman 1999, Eagels a Demare 1999, Weaver 2002, Rickinson 2001). V prosinci 2002 přijala Organizace spojených národů rezoluci 57/254 vyhlášující desetileté období počínaje 1. lednem 2005 za Dekádu OSN pro vzdělání za trvale udržitelný rozvoj (UNESCO 2003). Mezinárodní realizační plán (UNESCO, 2005) označuje životní prostředí za jednu ze tří oblastí trvalé udržitelnosti (dalšími jsou společnost včetně kultury a ekonomika), které by měly být součástí všech vzdělávacích programů usilujících o výchovu k trvale udržitelnému rozvoji.

Ve výzkumu PISA 2006 jsou informace o žákovských postojích zjišťovány jednak prostřednictvím otázek v žákovském dotazníku, jednak otázkami zařazenými přímo do testu a

zjišťujícími postoje žáků k tématům testových úloh, které těmto otázkám bezprostředně předcházely. Žákovský dotazník shromažďuje informace o postojích žáků ve všech třech kategoriích (zájem o přírodní vědy, uznání hodnoty vědeckého výzkumu a odpovědnost vůči zdrojům a životnímu prostředí) bez kontextu tvořeného konkrétními testovými úlohami. Dotazník dále obsahuje otázky týkající se zájmu žáků o přírodovědné předměty (např. otázky zjišťující důvěru žáků ve vlastní schopnosti, oblibu přírodovědných předmětů a mimoškolní činnosti se vztahem k přírodním vědám, jimž se žáci věnují), názorů žáků na význam přírodních věd v jejich vlastním životě (např. v dalším studiu a při volbě povolání) a v životě společnosti (např. s ohledem na jejich sociální a ekonomickou důležitost).

Otázky zařazené přímo do testu se soustředí na jeden aspekt zájmu o přírodní vědy (totiž zájem žáků získávat další informace o přírodních vědách) a na uznání hodnoty vědeckého výzkumu ve specifických osobních, sociálních a globálních kontextech. Tyto otázky zpřesňují hodnocení žákovských postojů, protože umožňují porovnat, zda se deklarované postoje žáků liší, jsou-li zjišťovány v konkrétním kontextu nebo v obecné rovině, zda se v různých kontextech mění a zda korelují s výsledky žáků v příslušné testové úloze. To je důležité zejména proto, že na základě dostupné literatury není možné učinit jednoznačný závěr o vztahu mezi postoji žáků a jejich výsledky.

Výsledky výzkumu PISA 2006 poskytnou důležité informace pro tvůrce vzdělávací politiky v zúčastněných zemích. Bohatá data spojující informace získané prostřednictvím dotazníku a postojových otázek začleněných přímo do testu by měla přinést nové poznatky o vztahu mezi postoji žáků a jejich výsledky v testu přírodovědné gramotnosti a o dispozicích žáků k přírodovědně gramotnému jednání. Další údaje získané z žákovského dotazníku, jako je například zájem žáků o přírodovědné předměty nebo četnost provozovaných činností souvisejících s přírodními vědami, budou rovněž zpracovány a uvedeny do souvislosti s výsledky žáků.

Tabulka 5: **Postoje k přírodním vědám hodnocené ve výzkumu PISA 2006**

Zájem o přírodní vědy

- zvědavost ve vztahu k přírodním vědám, přírodovědným otázkám a projektům
- zájem o získávání dalších přírodovědných vědomostí a dovedností s využitím nejrůznějších zdrojů a postupů
- ochota vyhledávat informace a neustálý zájem o přírodní vědy, včetně zvažování volby povolání se vztahem k přírodním vědám

Uznání hodnoty vědeckého výzkumu

- vědomí toho, že je důležité zohledňovat různé vědecké argumenty a pohledy na věc
- vědomí toho, že je třeba využívat faktické informace a racionální vysvětlení
- uznání hodnoty logických postupů a pečlivosti při vyvozování závěrů

Odpovědnost vůči zdrojům a životnímu prostředí

- smysl pro osobní odpovědnost za zachování trvale udržitelného životního prostředí
 - uvědomování si důsledků individuálního jednání pro životní prostředí
 - ochota jednat ve prospěch zachování přírodních zdrojů
-

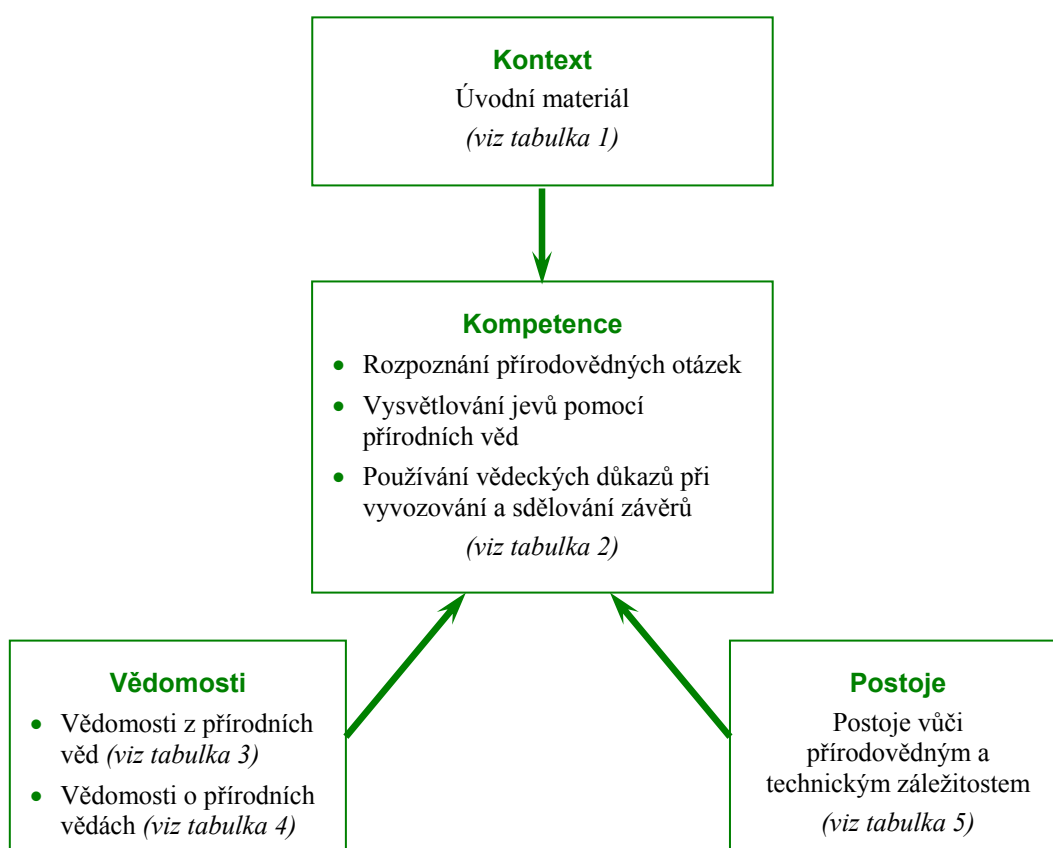
Hodnocení přírodovědné gramotnosti

Charakteristiky testu

V souladu s definicí přírodovědné gramotnosti vyžadují testové úlohy aplikaci přírodovědných kompetencí (viz tabulka 2) v určitém kontextu (viz tabulka 1). Žáci zároveň musejí uplatnit své přírodovědné vědomosti (viz tabulky 3 a 4) a jejich odpověď také odráží jejich postoje vůči přírodovědným záležitostem (viz tabulka 5).

Obrázek 2 představuje totéž co obrázek 1, ale základní složky přírodovědné gramotnosti znázorňuje tak, aby byl vidět vzájemný vztah mezi koncepcí jejího hodnocení a strukturou i obsahem testových úloh. V syntetickém pohledu může obrázek 2 pomoci při konstrukci testových úloh, v analytickém pohledu může usnadnit rozbor výsledků standardních testů. Východiskem při vytváření testových úloh by měla být úvaha nad tím, do jakého kontextu by mohla být úloha zasazena, jaké kompetence budou položené otázky vyžadovat a jaké vědomosti a postoje budou muset žáci v úloze prokázat.

Obrázek 2: Schéma pro konstrukci a analýzu testových úloh a otázek



Každá testová úloha obsahuje úvodní materiál, jímž může být krátký text nebo popisek k tabulce, grafu či schématu, a několik nezávisle hodnocených otázek různého typu, podobně jako je tomu v ukázkových úlohách DOPADENÍ VRAHA, MALÁRIE a PITÍ MLÉKA.

PISA používá tuto strukturu testových úloh zejména proto, že usnadňuje práci s kontexty, které mohou být opravdu realistické a dobře odrážet složitost skutečných životních situací, a zároveň efektivně využívá čas, který je na testování k dispozici. Zařazování situací, k nimž lze vymyslet několik otázek, spíše než kladení samostatných otázek zasazených do většího počtu různých situací, zkracuje celkový čas, který žáci potřebují k seznámení se zadáním každé otázky. Je však třeba dbát na to, aby jednotlivé otázky v rámci jedné úlohy byly na sobě nezávislé, tj. aby odpověď žáka na jednu z nich nepodmiňovala jeho další odpovědi. Jelikož tento přístup omezuje rozmanitost kontextů, je rovněž třeba zajistit, aby test obsahoval přiměřený rozsah kontextů, a tak minimalizoval zkreslení způsobené jejich výběrem.

Přírodovědné úlohy výzkumu PISA 2006 obsahují až čtyři testové otázky hodnotící kompetence žáků. Každá otázka vyžaduje použití převážně jedné z přírodovědných kompetencí a aplikaci vědomostí z přírodních věd či vědomostí o přírodních vědách. Ve většině případů je v rámci jedné úlohy různými otázkami hodnoceno několik kompetencí a vědomostí spadající do více než jedné kategorie.

Typy otázek

K hodnocení přírodovědných kompetencí a vědomostí vymezených v této koncepci se používají čtyři typy otázek. Zhruba třetinu otázek tvoří (prosté) *otázky s výběrem odpovědi*, v nichž mají žáci vybrat jedinou odpověď ze čtyř nabízených možností. Další třetina je tvořena *otázkami s tvorbou krátké odpovědi*, v nichž žáci odpověď nevybírají, ale sami vytvářejí (příkladem je otázka 1 v ukázkové úloze MALÁRIE), nebo *komplexními otázkami s výběrem odpovědi*, obsahujícími několik tvrzení, která žáci posuzují podle kritéria stanoveného v zadání a zpravidla volí buď odpověď ano, nebo ne (příkladem je otázka 1 v ukázkové úloze PITÍ MLÉKA). Zbývající třetinu představují *otevřené otázky s tvorbou odpovědi* (např. otázka 2 v ukázkové úloze PITÍ MLÉKA), které po žácích vyžadují vytvoření poměrně rozsáhlé slovní odpovědi, nakreslení grafu apod.

Otázky s výběrem odpovědi a otázky s tvorbou krátké odpovědi mohou být spolehlivě použity k hodnocení většiny kognitivních postupů uplatňujících se ve všech třech přírodovědných kompetencích. Otevřené otázky s tvorbou odpovědi poskytují možnost hodnotit dovednost žáků sdělovat vlastní názory či závěry.

Odpovědi žáků na většinu otázek jsou bodovány dichotomicky (tj. žák má možnost získat buď plný počet bodů, nebo nula bodů), odpovědi na některé komplexní otázky s výběrem odpovědi a některé otevřené otázky s tvorbou odpovědi však mohou být ohodnoceny i částečným počtem bodů v případě, že je správná pouze část odpovědi. Pro každou otázku tohoto typu je vypracován podrobný návod na vyhodnocování, obsahující jasná kritéria charakterizující „úplnou odpověď“, „částečnou odpověď“ a „nevyhovující odpověď“. Tyto tři kategorie odpovídají různým úrovním správnosti žákovských odpovědí, přičemž jako nevyhovující jsou označovány zcela nesprávné, nevhodné či chybějící odpovědi. Výraz „správná odpověď“ se ve výzkumu PISA nepoužívá, protože žák může dostat plný počet bodů i za odpověď, která z vědeckého hlediska nemusí být zcela přesná, ale splňuje všechna předem stanovená kritéria pro úplnou odpověď. Příkladem otázky, která umožňuje získání částečné odpovědi, je otázka 1 z ukázkové úlohy MALÁRIE. Návod na její vyhodnocování je uveden níže.

Ukázka 4: MALÁRIE – vyhodnocování otázky 1

Úplná odpověď

Kód 2: všechny tři řádky správně: [1 a 3]; [2] a [1, 3 a 4] v tomto pořadí

Částečná odpověď

Kód 1: dva řádky ze tří správně

NEBO

jedno (nebo více) stádium v každém řádku správně, **ale žádné špatně**

Nevyhovující odpověď

Kód 0: jiné odpovědi

Kód 9: nezodpovězeno

Většina nových úloh zařazených do přírodovědného testu výzkumu PISA 2006 obsahuje rovněž jednu či více otázek hodnotících *zájem dozvědět se více informací o přírodních vědách* nebo *uznání hodnoty vědeckého výzkumu*. Příklad takové otázky je uveden níže. Otázka hodnotí zájem žáků dozvědět se více informací o využití přírodních věd při odhalování trestných činů na základě jejich odpovědí vyjadřujících míru zájmu o tři vědecké postupy. Unipolární formát odpovědi („velký zájem“, „střední zájem“, „malý zájem“, „nemám zájem“) spíše než obvyklejší bipolární („rozhodně souhlasím“, „souhlasím“, „nesouhlasím“, „rozhodně nesouhlasím“) je v této otázce použit proto, aby se omezila snaha žáků prezentovat se v lepším světle.

Ukázka 5: DOPADENÍ VRAHA – postojová otázka

Jak velký zájem máš o následující informace? V každém řádku zaškrtni pouze jeden čtvereček.

	Velký zájem	Střední zájem	Malý zájem	Nemám zájem
Jak se využívá DNA při odhalování trestných činů.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
Jak se vytváří profil DNA.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
Jak může při odhalování trestných činů pomoci věda.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Ve skutečném testovém sešitě, který žáci dostanou do ruky, jsou postojové otázky zřetelně odlišeny šedě podbarveným rámečkem, který žákům připomíná, že by měli u každého tvrzení zaškrtnout čtvereček, který nejpřesněji vystihuje jejich názor. Obecné pokyny na začátku testového sešitu navíc obsahují tyto instrukce:

V sešitu jsou rovněž obsaženy otázky, které se ptají na tvé postoje a názory na určité problémy. Tyto otázky jsou vytištěny jinak než ostatní – nacházejí se v šedém rámečku. U tohoto typu otázek **NEEXISTUJE SPRÁVNÁ ODPOVĚĎ**. Je důležité, abys na ně odpověděl/a pravdivě. Odpovědi na tyto otázky se **NEZAPOČÍTÁVAJÍ** do tvého celkového výsledku.

Jelikož porozumění přírodovědným úlohám může být ovlivněno i čtenářskými dovednostmi žáků, byly úvodní materiály a otázky formulovány pokud možno jasně, jednoduše a stručně. Byl omezen počet pojmů uvedených v jednom odstavci a otázky, které hodnotí spíše čtenářskou nebo matematickou gramotnost, byly z testu vyloučeny.

Struktura testu přírodovědné gramotnosti

Je důležité, aby test obsahoval přiměřeně vyvážený podíl otázek hodnotících různé složky přírodovědné gramotnosti. Tabulka 6 znázorňuje ideální poměr mezi otázkami spadajícími do jednotlivých kategorií vědomostí z přírodních věd a vědomostí o přírodních vědách. Tento poměr je vyjádřen v procentech z celkového počtu bodů, které je možno v testu získat. Ideální rozdělení bodů pro přírodovědné kompetence je uvedeno v tabulce 7.

Tabulka 6: Ideální rozdělení bodů pro kategorie přírodovědných vědomostí

Vědomosti z přírodních věd	Procent bodů
Neživé systémy	15-20
Živé systémy	20-25
Systémy Země a vesmíru	10-25
Technické systémy	5-10
<i>Mezisoučet</i>	<i>60-65</i>
Vědomosti o přírodních vědách	
Vědecký výzkum	15-20
Vědecká vysvětlení	15-20
<i>Mezisoučet</i>	<i>35-40</i>
Celkem	100

Tabulka 7: Ideální rozdělení bodů pro přírodovědné kompetence

Přírodovědné kompetence	Procent bodů
Rozpoznání přírodovědných otázek	25-30
Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd	35-40
Používání vědeckých důkazů	35-40
Celkem	100

Kontexty otázek jsou rozděleny mezi osobní, sociální a globální situace zhruba v poměru 1:2:1. Při zohlednění výše stanovené rovnováhy mezi jednotlivými kategoriemi přírodovědných vědomostí a kompetencí byl použit široký výběr nejrůznějších oblastí aplikace.

Přibližně 60 % úloh obsahuje jednu či dvě postojové otázky hodnotící zájem žáků dozvědět se další informace o přírodních vědách a jejich uznání hodnoty vědeckého výzkumu. Odpovědi na tyto otázky zaujímají přibližně 11 % celkové doby určené k testování. Pro zajištění srovnatelnosti výsledků v čase jsou do testu zahrnuty i úlohy z předcházejících šetření výzkumu PISA, které postojové otázky neobsahují.

Škály pro prezentaci výsledků

Vytvoření škál pro prezentaci výsledků žáků je z hlediska cílů výzkumu PISA klíčové. Proces jejich tvorby musí být postupný. Východiskem jsou popisy škál založené na výsledcích pilotáže a předchozích výzkumných šetření PISA 2000 a 2003 a inspirované dřívějšími zkušenostmi z testování dovedností v oblasti přírodních věd i poznatky z výzkumu učení a kognitivního vývoje v přírodovědných předmětech. Až bude shromážděno více dat z výzkumu PISA 2006 i z budoucích šetření, projdou tyto popisy pravděpodobně dalšími úpravami.

Konstrukci škál usnadňuje zařazení testových úloh s různou úrovní obtížnosti. Obtížnost úloh ovlivňují zejména tyto faktory:

- obecná složitost kontextu,
- míra obeznámenosti žáků s uvedenými přírodovědnými myšlenkami, postupy a terminologií,
- délka sledu logických úvah potřebných k zodpovězení otázky, tj. počet kroků, které musí žák učinit, aby dospěl k požadované odpovědi, a míra závislosti každého kroku na předchozím postupu řešení,
- množství abstraktních přírodovědných myšlenek či pojmů nezbytných k vytvoření odpovědi,
- míra usuzování, vzhledu a zobecňování potřebných při posuzování, vyvozování závěrů a vysvětlování.

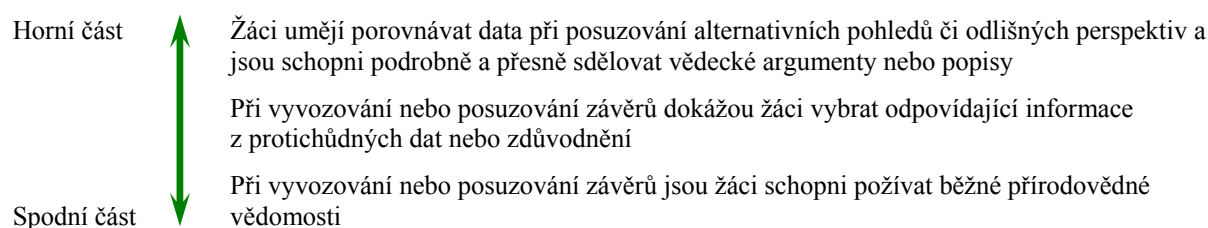
Ve výzkumném cyklu PISA 2000, kdy byla přírodovědná gramotnost vedlejší oblastí a na její testování byl vyhrazen pouze omezený čas, byly výsledky žáků prezentovány na škále s průměrem 500 a směrodatnou odchylkou 100. Na této škále nebyly definovány žádné úrovně způsobilosti, přesto však bylo možné zhruba popsat, jaké postupy (neboli přírodovědné kompetence) jsou schopni prokázat žáci nacházející se v různých částech škály (OECD 2001):

- Žáci s výsledkem v horní části škály přírodovědné gramotnosti (kolem 690 bodů) jsou schopni vytvářet nebo využívat koncepční modely, které jim umožňují předpovídat nebo vysvětlovat určité jevy nebo situace, umějí analyzovat vědecké výzkumy a na základě své analýzy například pochopit plán experimentu nebo určit, jaká myšlenka byla výzkumem ověřována, dále umějí porovnávat data při posuzování alternativních pohledů či odlišných perspektiv a jsou schopni podrobně a přesně sdělovat vědecké argumenty nebo popisy.
- Žáci s výsledkem kolem 550 bodů jsou schopni využívat své přírodovědné vědomosti k předpovídání nebo vysvětlování jevů, rozpoznají otázky, které mohou být zodpovězeny vědeckým výzkumem, umějí podrobně určit jednotlivé složky vědeckého výzkumu a při vyvozování nebo posuzování závěrů dokážou vybrat odpovídající informace z protichůdných dat nebo zdůvodnění.
- Žáci s výsledkem ve spodní části škály (kolem 400 bodů) si jsou schopni vybavit jednoduché faktografické vědomosti (např. názvy, fakta, terminologii, jednoduchá pravidla) a požívat běžné přírodovědné vědomosti při vyvozování nebo posuzování závěrů.

Ve výzkumu PISA 2003 byly výsledky žáků v oblasti přírodovědné gramotnosti prezentovány podobným způsobem jako v roce 2000 (OECD 2004). V šetření PISA 2006, kdy jsou přírodní vědy hlavní oblastí a je jí věnováno větší množství testovacího času, by vedle celkové škály přírodovědné gramotnosti mělo být možné vytvořit i škály dílčí, založené buď na jednotlivých přírodovědných kompetencích nebo na dvou typech přírodovědných vědomostí.

Ve výzkumných cyklech PISA 2000 a PISA 2003 byly schopnosti žáků popsány prostřednictvím přírodovědných kompetencí uvedených v tabulce 2. Na základě tohoto popisu je možné rámcově vymezit každou škálu, na níž budou prezentovány výsledky šetření PISA 2006. Například škála pro kompetenci „používání vědeckých důkazů“ může být z celkové škály odvozena tak, jak naznačuje obrázek 3.

Obrázek 3: Příklad dílčí škály pro kompetenci „používání vědeckých důkazů“



Alternativně by mělo být možné vytvořit dílčí škály pro dva typy přírodovědných vědomostí, tj. pro vědomosti z přírodních věd a vědomosti o přírodních vědách. V takovém případě budou prostřednictvím kompetencí na těchto škálách vymezeny jednotlivé úrovně způsobilosti. O tom, jaké dílčí škály budou nakonec použity, bude rozhodnuto až po analýze dat z testování.

Na základě dat z postojových otázek v testech a dotaznících by rovněž mělo být možné připravit spolehlivé škály pro *zájem o přírodní vědy* a *uznání hodnoty vědeckého výzkumu*. Škála pro *odpovědnost vůči zdrojům a životnímu prostředí* bude vytvořena pouze z dotazníkových dat.

Body za postojové otázky nebudou zahrnuty do celkového výsledku žáků v oblasti přírodovědné gramotnosti, postojové škály budou spíše představovat samostatnou složku profilu žáků v této oblasti.

Shrnutí

Ve výzkumu PISA 2006 jsou přírodní vědy poprvé hlavní testovanou oblastí. Definice přírodovědné gramotnosti byla proto ve srovnání s výzkumnými cykly PISA 2000 a PISA 2003 prohloubena a rozšířena. Hlavní změnou je zahrnutí žákovských postojů k přírodním vědám nejen do doprovodného dotazníku, ale také do doplňujících otázek zařazených přímo do testu. Tyto otázky zjišťují postoje ke konkrétním přírodovědným problémům a nacházejí se bezprostředně za testovými otázkami věnovanými stejným tématům. Kromě toho je položen větší důraz na zkoumání toho, jak žáci rozumějí povaze a metodám samotné vědy (vědomosti o přírodních vědách), a na roli techniky.

Východiskem pro definici přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006 je úvaha nad tím, co by patnáctiletí žáci měli znát, čeho by si měli cenit a co by měli být schopni dělat, aby byli dobře připraveni na život v moderní společnosti. Jádrem definice a hodnocení přírodovědné gramotnosti jsou kompetence charakteristické pro vědecké poznání a vědecký výzkum. Schopnost žáků provádět tyto kompetence závisí na jejich přírodovědných vědomostech, a to jak na vědomostech o světě přírody, tak na vědomostech o samotných přírodních vědách, a také na jejich postojích k tématům souvisejícím s přírodními vědami.

Tato koncepce popisuje a na příkladech demonstruje přírodovědné kompetence, vědomosti a postoje testované ve výzkumu PISA 2006 (viz tabulka 8), a kontexty testových úloh. Každá úloha obsahuje několik otázek a začíná úvodním materiálem, který představuje kontext jednotlivých otázek. V testu je použita kombinace různých typů otázek, některé z nich umožňují získání částečného počtu bodů za částečnou odpověď. Více než polovina úloh obsahuje rovněž postojové otázky, jejichž zodpovídání zabere přibližně 11 % testovacího času.

Tabulka 8: **Hlavní složky přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006**

Kompetence	Vědomosti	Postoje
Rozpoznání přírodovědných otázek	Vědomosti z přírodních věd:	Zájem o přírodní vědy ¹
Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd	Neživé systémy	Uznání hodnoty vědeckého výzkumu
Používání vědeckých důkazů	Živé systémy	Odpovědnost vůči zdrojům a životnímu prostředí ²
	Systémy Země a vesmíru	
	Technické systémy	
	Vědomosti o přírodních vědách:	
	Vědecký výzkum	
	Vědecká vysvětlení	

¹ Otázky začleněné přímo v testu hodnotí „zájem dozvědět se více informací o přírodních vědách“.

² Je hodnocena pouze otázkami v dotazníku.

Poměr mezi otázkami hodnotícími vědomosti z přírodních věd a otázkami hodnotícími vědomosti o přírodních vědách je přibližně 3:2. Na každou přírodovědnou kompetenci připadne alespoň 25 % otázek. Takováto struktura testu by měla umožnit vypracování dílčích škál se stanovenými úrovněmi způsobilosti pro jednotlivé kompetence nebo pro dva hlavní typy vědomostí. Mělo by být rovněž možné vytvořit škály pro postoje hodnocené otázkami zařazenými přímo do testu.

¹ Výraz „svět přírody“ v celé této koncepci zahrnuje i změny tohoto světa způsobené lidskou činností včetně „materiálního světa“ projektovaného a utvářeného technikou.

² Zeměpis – tímto pojmem je míněna zejména fyzická geografie

³ Pojem „gramotnost“, tak jak je používán ve výzkumu PISA, lze přirovnat k definici „kompetencí“ v projektu DeSeCo (OECD 2003b) v tom smyslu, že oba tyto pojmy zahrnují vedle vědomostí a dovedností také postoje a hodnoty.

⁴ Nejsou předpokládány vědomosti o konstrukci nebo o fungování strojů a technických zařízení (např. letadel, motorů, počítačů).

Literatura

- Baumert, J. a O. Köller (1998), „Interest Research in Secondary Level I: An Overview“ in L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renniger a J. Baumert (eds.), *Interest and Learning*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Blosser, P. (1984), „Attitude Research in Science Education“, ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus.
- Bogner, F. a M. Wiseman (1999), „Toward Measuring Adolescent Environmental Perception“, *European Psychologist* 4 (3).
- Bybee, R. (1997a), *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*, Heinemann, Portsmouth.
- Bybee, R. (1997b), „Toward an Understanding of Scientific Literacy“ in W. Gräber a C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Eagles, P. F. J. a R. Demare (1999), „Factors Influencing Children’s Environmental Attitudes“, *The Journal of Environmental Education*, 30 (4).
- Fensham, P. J. (1985), „Science for All: A Reflective Essay“, *Journal of Curriculum Studies* 17 (4).
- Fensham, P. J. (2000), „Time to Change Drivers for Scientific Literacy“, *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* 2, 9-24.
- Fleming, R. (1989), „Literacy for a Technological Age“, *Science Education* 73 (4).
- Gardner, P. L. (1975), „Attitudes to Science: A Review“, *Studies in Science Education* 2.
- Gardner, P. L. (1984), „Students’ Interest in Science and Technology: An International Overview“ in M. Lehrke, L. Hoffmann a P. L. Gardner (eds.), *Interests in Science and Technology Education*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Gauld, C. a A. A. Hukins (1980), „Scientific Attitudes: A Review“, *Studies in Science Education* 7.
- Gräber, W. a C. Bolte (eds.) (1997), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Klopfer, L. (1971), „Evaluation of Learning in Science“, in B. Bloom, J. Hastings a G. Madaus (eds.), *Handbook of Summative and Formative Evaluation of Student Learning*, McGraw-Hill, New York.
- Klopfer, L. E. (1976), „A Structure for the Affective Domain in Relation to Science Education“, *Science Education* 60.
- Koballa, T., A. Kemp a R. Evans (1997), „The Spectrum of Scientific Literacy“, *The Science Teacher* 64 (7).
- Kuhn, D. (1992), „Thinking as Argument“, *Harvard Educational Review* 62 (2).
- LaForgia, J. (1988), „The Affective Domain Related to Science Education and Its Evaluation“, *Science Education* 72 (4).
- Law, N. (2002), „Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise“, *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* 2, 151–176.

- Mayer, V. J. (ed.) (2002), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Mayer, V. J. a Y. Kumano (2002), „The Philosophy of Science and Global Science Literacy“, in V. J. Mayer (ed.), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Millar, R. a J. Osborne (1998), *Beyond 2000: Science Education for the Future*, King's College London, School of Education, London.
- Norris, S. a L. Phillips (2003), „How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy“, *Science Education* 87 (2).
- OECD (1999), *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*, OECD, Paris.
- OECD (2000), *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*, OECD, Paris.
- OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000*, OECD, Paris.
- OECD (2003a), *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, OECD, Paris.
- OECD (2003b), *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)*, Souhrn ze závěrečné zprávy „Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society“, OECD, Paris.
- OECD (2004), *Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003*, OECD, Paris.
- Osborne, J., S. Erduran, S. Simon a M. Monk (2001), „Enhancing the Quality of Argumentation in School Science“, *School Science Review* 82 (301).
- Osborne, J., S. Simon a S. Collins (2003), „Attitudes Towards Science: A Review of the Literature and its Implications“, *International Journal of Science Education* 25 (9).
- Rickinson, M. (2001), „Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence“, *Environmental Education Research* 7 (3).
- Roberts, D. (1983), *Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*, Science Council of Canada, Ottawa.
- Schibeci, R. A. (1984), „Attitudes to Science: An Update“, *Studies in Science Education* 11.
- UNESCO (1993), *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All: Final Report*, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2003), „UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015)“, *UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter*, vol. XXVIII, no. 1–2, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2005), *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*, UNESCO, Paris.
- Weaver, A. (2002), „Determinants of Environmental Attitudes: A Five-Country Comparison“, *International Journal of Sociology* 32 (1).