# Úvod

„Mezi matematické pojmy, které se vyvinuly z potřeb praxe lidí ve společnosti, nutno bezesporu zařadit např. pojmy úsečka a její délka, geometrický útvar a jeho obsah, těleso a jeho objem.“ (Kouřim, Kuřina, Šedivý, 1985, s. 72) Název geometrie vychází z řeckých slov gé čili země a metrein – měřit. V antickém Řecku a Římě se geometrie zabývala především „měřením země“. Řekům se podařilo nalézt způsob, jak uchopit a popsat prostor kolem sebe a využít této techniky při řešení problémů běžného života, ať už se jednalo o dláždění cest, stavbu domů nebo kupříkladu o výměry pozemků. Ukázalo se, že hledání velikosti (míry) geometrických útvarů je pro lidstvo důležitou dovedností napomáhající rozvoji evropské kultury.

Otázkou ovšem zůstává, zda o této spojitosti s reálným světem, poměrně velké bohatosti geometrie a její důležitosti pro život vědí i žáci na základních školách. Proč se pro mnoho dětí stává tato oblast největším „strašákem“ matematiky? Z jakého důvodu dětem mnohdy chybí geometrická představivost? Proč se leckdy tak důležitá oblast matematiky omezuje ve výuce na základních školách pouze na systém vzorců a vyžadované znalosti geometrických pojmů? Proč právě v oblasti míry ukazují výsledky mezinárodních šetření na nedostatečné znalosti českých žáků?

Tvrdím, že žákům je obvykle dán malý prostor pro manipulaci, tvoření, kreativitu a objevování. Navíc si myslím, že rozmanitost geometrických problémů v oblasti míry se často redukuje pouze na dosazování do předem neprozkoumaných vztahů. Faktem je, že většina lidí se alespoň jednou v životě s řešením nějakého praktického geometrického problému setká, ať už je to dlaždičkování koupelny, koupě pozemků, stěhování nábytku nebo obyčejné balení vánočního dárku. Není tedy právě v těchto případech geometrie vhodným prostředkem k tomu, aby žáci pochopili užitečnost matematiky v osobním životě?

Nejen z těchto důvodů je tato diplomová práce věnována právě oblasti geometrie, konkrétně didaktice obsahů základních geometrických obrazců - rovnoběžníku a trojúhelníku, které spolu úzce souvisí a které považuji za klíčové pro pochopení objemů a povrchů těles. Prakticky ve všech útvarech, které nás v životě obklopuji, můžeme nalézt právě trojúhelníky. Nejen z vlastní zkušenosti studia na gymnáziu, na základě absolvovaných praxí na školách a výsledků mezinárodních testování zveřejněných Českou školní inspekcí, ale také na základě mé dvouleté učitelské praxe musím však konstatovat, že tématika obsahů je ve školních vzdělávacích programech dlouhodobě podceňována a také aplikačně velice vzdálena od základní podstaty tohoto oboru. Za vysloveně kritickou ji označili i autoři Vondrová, Rendl ve své publikaci *Kritická místa matematiky základní školy v řešeních žáků* (2015).

Proč se s tím tedy nepokusit něco udělat a nezkusit navrhnout jednu z možných koncepcí didaktiky tohoto tématu, která by eventuálně mohla posloužit jako zdroj inspirace pro další učitele. Kromě samotného návrhu plánu výuky je dle mě klíčové popsat přístup k výuce samotné, tedy zaměření na žákův pojmotvorný proces, jeho myšlenkové pochody a způsob nabývaní poznatků v oblasti matematiky. Některé koncepty se v lidské mysli vyvíjely po několik staletí, proč tedy my, učitelé máme pocit, že vše se dá pojmout za „dvě hodiny“? Žákova mysl je něco živého a stále se vyvíjejícího a některé úvahy vyžadují větší množství času na jejich vykrystalizování, „zesítění“, a začlenění do mentální struktury. Už Descartes v 17. století ve své Rozpravě o metodě tvrdil, že myšlenky mají být vyvozovány v pořadí, závisejícím na jednoduchosti předmětu, a to od nejjednodušších a nejsnáze poznatelných k nejsložitějším. I proto mi jsou blízké myšlenky konstruktivismu, kde předmětem vzdělávacího procesu není učitel předávající hotové informace, ale žák, který si buduje strukturu ve své vlastní mysli od jednotlivých poznatků až k abstraktním celkům. Celá práce i proto vychází především z úvah profesora Hejného a jeho *teorie generických modelů*, pramenící právě z myšlenek konstruktivismu.

Cílem diplomové práce je tedy nejprve představit charakteristiky a specifika výuky matematiky orientované na žáka, čili podnětné výuky, a též přiblížit podrobněji fungování žákova pojmotvorného procesu. Velký vliv na učební proces mají samozřejmě i využívané didaktické materiály, které slouží učitelům jako inspirace, proto je další část zaměřena na analýzu učebnic využívaných na prvním stupni. Následně na základě teoretických poznatků je ve druhé části cílem ukázat navržené a po provedení experimentu aktualizované výukové plány pro výuku obsahů rovnoběžníků a trojúhelníků vyzkoušené v praxi v 7. ročníku na základní škole ve dvou třídách s odlišnou zkušeností s výukou matematiky na prvním stupni. V závěru na základě analýzy pre-testu, nahrávek z experimentu a z post-testu představím odlišný vývoj pojmotvorného procesu a také to do jaké míry si žáci probíranou látku osvojili v rámci jednotlivých tříd a nakolik byla výuka úspěšná.

# Teoretická část

Budování žákovských poznatků a míra zapojení žáků do procesu učení jsou hlavní témata, která budou předmětem části práce věnované především charakteristikám a specifikům podnětné výuky a žákova poznávacího procesu. Vzhledem k zaměření a tématu této práce bude představeno didaktické zpracování tematického celku *obsah*, v němž bude podrobněji popsán žákův poznávací proces, tedy postupné budování poznatků o obsazích útvarů při studiu na ZŠ. Dále v práci budou nastíněny konkrétní obtíže v této oblasti zjištěné zejména na základě výsledků mezinárodních šetření TIMMS a PISA. Předmětem zkoumání budou též dvě používané řady učebnic[[1]](#footnote-1) matematiky pro první stupeň. Provedeno bude jejich srovnání z několika hledisek, jako jsou například: míra zaměření na geometrii, způsob prezentace daného tématu, pojmotvorný proces a typy úloh. Závěrem stanovíme metodologii výzkumu, jehož průběh a výsledky budou prezentovány v následující kapitole.

## Podnětná výuka

Učitel může mít hned několik přístupů k vyučování. V první řadě může přistupovat k učení formou transmisivní, tedy tak, že se snaží přenést informace nebo víceméně hotové poznatky ze svého myšlenkového světa, učebních materiálů nebo tabule do žákovy myšlenkové struktury. Problémem tohoto způsobu přenosu informací ovšem je, že je založený zejména na paměti, reprodukci bez hlubšího pochopení dané problematiky a bez větší míry zapojení žáka. Žák je v tomto procesu pasivním přijímačem učitelových signálů. Transmise velice často vede k tzv. formálnímu poznání, tedy k poznání, které není opřeno o konkrétní hlubší poznatek nebo žákovu zkušenost. Žák se velice často učí matematiku jako telefonní seznam a nevidí hlubší souvislosti mezi určitými poznatky. Například pokud se žák seznamuje s řešením rovnic pouze jako se souborem pravidel a pouček, tak v případě zapomenutí některého z nich ztrácí aparát na jejich vyřešení. František Kuřina ve svém článku *Geometrie jako příležitost k rozvoji žákovských kompetencí* (2006) transmisi nazývá tzv. „přeléváním“ a přirovnává ji k encyklopedickému pojetí školy (kdo se kdy narodil a co napsal…). (Kuřina, 2006)

Další formou přístupu k vyučování je forma instruktivní. Jak již význam slova instrukce napovídá, jedná se o formu vzdělávání řízenou pomocí návodů, předpisů nebo pouček. Nejsnadněji se tato organizace výuky dá přirovnat k vaření podle kuchařky, dělání pokusu pomocí návodu nebo k reprodukci algoritmu např. pro písemné sčítání. Leckdy se tato forma překrývá s formou transmisivní vzhledem k tomu, že oporami obou metod jsou paměť, reprodukce a trénink. Orientace je především na kvantitu a výkon. Kuřina tvrdí: „Vidí-li učitel jako hlavní výsledek své pedagogické práce přípravu žáků na zkoušky orientované „encyklopedicky a výkonnostně“, bude v jeho třídách převládat transmisivní a instruktivní styl: taková jsou fakta, takto řeš daný úkol, to si zapamatuj…“ (Kuřina, 2006, s. 5)

Třetí způsob, konstruktivismus, je zaměřený především na aktivní roli žáka v poznávacím procesu a na budování poznatků v jeho vědomí formou konfrontace nově získaných informací s jeho dosavadními znalostmi v dané oblasti. Tedy je kladen důraz na práci s prekoncepty. Na rozdíl od předchozích dvou teorií hraje učitel v tomto učebním procesu roli facilitátora, tedy toho, kdo učení zprostředkovává a ne toho, kdo předává poznatky již hotové. Cílem tohoto přístupu není učit žáky učivo pouze odříkat, ale naopak porozumět mu a využít ho v praxi. V rámci toto přístupu jsou výukové metody jako didaktické hry, dramatizace, kooperativní výuka, kritické myšlení, brainstorming, problémové vyučování apod. (Zormanová, 2012, s. 10-12)

Myšlenky konstruktivismu ve světě jsou spojeny se jmény Jean Piaget a John Dewey. První jmenovaný tvrdil, že neexistuje *„*žádné poznání, které by bylo výsledkem pouhého zaznamenávání pozorovaného a jež by nebylo strukturováno aktivitou subjektu*“* (Piaget, 1979, cit. v Hejný, Kuřina, 2009, s. 192). Dewey kladl důraz na učení zkušeností a kultivaci individuality a je iniciátorem tzv. problémové a projektové výuky. Společně s Piagetem jsou označování jako představitelé tzv. *kognitivního konstruktivismu*. V literatuře je možné najít i jiné přívlastky k tomuto směru jako *sociální* nebo *radikální* *konstruktivismus*. (Cachová, Vondrová, 2006, s. 3-4)

V českých zemích se v 50. letech 20. století zmiňoval o aktivním zapojení žáků do výuky např. matematik Eduard Čech ve spojitosti s vyučováním geometrie. Tvrdil, že „vyučování je nutno vést tak, aby co nejvíce dávalo příležitost k vlastní aktivní činnosti žáků. Touha po aktivní činnosti je v tomto věku něco nezadržitelného.“ (Čech, 1955) Nejvýznamnějšími představiteli tzv. didaktického konstruktivismu v našem prostředí jsou autoři Milan Hejný a František Kuřina, kteří ve své knize *Dítě, škola, matematika* shrnuli poznatky o konstruktivistických přístupech k vyučování a formulovali tzv. desatero didaktického konstruktivismu, ze kterého bude práce v následujících úvahách vycházet (Hejný, Kuřina, 2009, s. 194-195, zásady jsou kráceny):

1. Matematika je chápána jako specifická lidská aktivita, ne jen jako její výsledek.
2. Podstatnou složkou matematické aktivity je hledání souvislostí, řešení úloh a problémů, tvorba pojmů, zobecňování tvrzení, jejich prověřování a zdůvodňování.
3. Poznatky jsou nepřenosné, vznikají v mysli poznávajícího člověka.
4. Tvorba poznatků se opírá o zkušenosti poznávajícího.
5. Základem matematického vzdělávání je vytváření prostředí podně­cujícího tvořivost.
6. K rozvoji konstrukce poznatků přispívá sociální interakce ve třídě.
7. Důležité je použití různých druhů reprezentace a strukturální budo­vání matematického světa.
8. Značný význam má komunikace ve třídě a pěstování různých jazy­ků matematiky.
9. Vzdělávací proces je nutno hodnotit minimálně ze tří hledisek: po­rozumění matematice, zvládnutí matematického řemesla, aplikace matematiky.
10. Poznání založené na reprodukci informací vede k formálnímu po­znání.

Vondrová (2014) zmiňuje pojem podnětná výuka, kterým označuje veškeré vyučování založené na konstruktivistickým přístupech. V této práci bude tento pojem využíván v témže smyslu.

V rámci podnětného vyučování je kladen velký důraz na motivaci. Pokud má žák zkoumat a poznávat něco nového (tedy ne pouze přijímat pasivně informace), je třeba, aby byl nejen motivován praktickým využitím matematiky, ale také by měl zažít pocit úspěchu. Žákům jsou předkládány různé podnětné úlohy a problémy, u jejichž řešení mohou využít své dosavadní matematické poznatky. V průběhu jejich řešení dochází k budování nových poznatků a souvislostí v rámci světa matematiky. Učitel by měl vždy podporovat aktivní přístup žáka k řešení zadaného problému. Schopnost samostatného a kritického myšlení je jedním z dalších principů podnětné výuky. S velkou pravděpodobností se setkáme ve výuce se situací, kdy žák v průběhu svého zkoumání nebo řešení úlohy udělá chybu. Učitel by ji v této situaci neměl vnímat jako nežádoucí. Žáci by měli být vedeni k tomu, aby sami odhalili, kde jejich postup nebyl zcela korektní. Pedagog by měl tuto informaci brát jako jistou fázi vývoje žákova chápání dané problematiky. (Vondrová, 2014, s. 11-13)

Podnětné vyučování je charakterizováno velkým prostorem věnovaným diskusi mezi učitelem a žákem, ale zejména diskusi mezi žáky samotnými. Aby tyto debaty sledovaly a plnily výukové cíle a zároveň rozvíjely komunikativní kompetence obsažené v Rámcově vzdělávacím programu (dále jen RVP), musí být založené na řešení konkrétního matematického problému a hledání jeho podstaty. Učitel by se měl zaměřovat na diagnostiku porozumění, aby nedocházelo k formálnímu poznání. Uzavřené otázky nebo jen opakování formulací zapsaných v sešitě nepomáhá odhalit porozumění látce. Učitel by měl naopak zadávat nestandardně formulované problémy nebo úlohy s více řešeními. (Vondrová, 2014, s. 13-15)

V rámci podnětné výuky je též nezbytné umět klást „dobré“ otázky a to převážně otevřené, na které lze odpovědět jinak než ano/ne nebo např. pouze krátkou jednoslovnou naučenou odpovědí, kterou učitel od žáka očekává. Žáci by otázkami měli být směrováni, ale toto směrování by nemělo vést k omezení okruhu odpovědí. V zahraniční literatuře se objevují dva důležité termíny, které úzce souvisí právě s formou kladení otázek. Jedná se o tzv. *funneling pattern* a *focusing pattern* (Eisenmann, Breyfogle, 2005).

V prvním případě se jedná o způsob, kdy učitel pokládá žákům sérii otázek, která by měla žáky směrovat a vést k nalezení požadovaného řešení. Žáci zde ale paradoxně nemají žádný velký prostor pro své vlastní úvahy, protože pouze odpovídají na pokládané otázky. Pedagog nevědomky v tuto chvíli přebírá kognitivní činnost za žáky a úlohu za ně fakticky řeší. Během tohoto učitelova „směrování“ se navíc otázky stále více zužují a i přesto, že většina ze třídy odpovídá na konkrétní dílčí otázky, neznamená to, že mezi otázkami vidí logickou spojitost. Vondrová ve své publikaci (Vondrová, 2014, s. 54) tento proces nazývá „trychtýřování.“

Druhý způsob, *focusing pattern* (nasměrování), označuje takovou interakci mezi učitelem a žáky, kdy učitel pokládá otázky nebo pokyny, které umožňují žákům nad daným problémem ze široka přemýšlet. Kladení otázek tedy spíše směruje a umožňuje případně sledovat věc z jiného úhlu pohledu. Dotazování též napomáhá žákům zaměřit se na konkrétní fakta nezbytná pro samostatné nalezení řešení. Učitel by měl odpovědi žáků pozorně poslouchat, podporovat je v jejich řešitelských strategiích a zároveň by měl být obezřetný, aby se ze „směrování“ nestalo „trychtýřování“ (Eisenmann, Breyfogle, 2005).

Ze zde nastíněných principů podnětné výuky, tedy výuky založené na konstruktivistických přístupech, bude vycházet nejen plán experimentu, ale i výuka samotná. Videonahrávky budou podrobeny hodnocení zejména na základě kritérií vycházejících z výše uvedených charakteristik.

## Žákův poznávací proces

Další důležitou proměnnou ve vyučování matematiky, se kterou by měl být každý učitel matematiky obeznámen, je způsob, jakým u žáka dochází nebo mělo docházet k osvojování poznatků v matematice. K pochopení následující teorie jsou klíčové myšlenky konstruktivismu představené v předchozí části, z nichž plyne zejména fakt, že učení by nemělo být pouze pamětné, ale mělo by být podpořeno pochopením a konkrétní zkušeností se zkoumaným jevem. Právě převaha pamětného učení, velká míra neporozumění látce a z toho vyplývající snaha najít řešení tuto situaci změnit vedla Víta Hejného v letech 1942-1977 k položení základu tzv. *teorie generického* (*univerzálního[[2]](#footnote-2)*) *modelu* (dále jen TGM). Podle něj je totiž znalost poznávacího procesu a jeho zákonitostí nezbytná pro zefektivnění vyučování matematiky. (Hejný, 2014, s. 39)

TGM byla dále rozpracovávána a etapizována až do současné podoby, která je představena v knize Milana Hejného (Hejný, 2014) vycházející z knihy *Dítě, škola a matematika* (Hejný, Kuřina, 2009). Poznávací proces žáka je zde rozdělen do pěti etap dle tabulky 2.1 (Hejný, 2014).

Tabulka 2.1 - schéma poznávacího procesu (Hejný, 2014, s. 40)

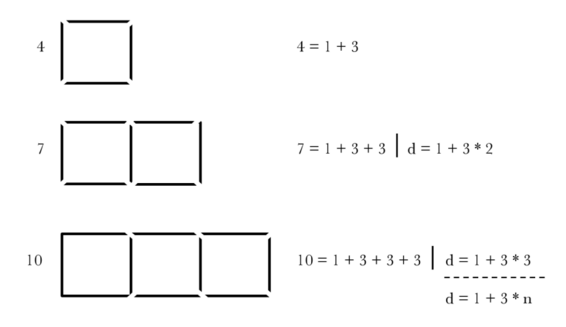
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| motivace | → | izolované modely | 1→ | **generický model**  **procesuální** →  **konceptuální** | 2→ | abstraktní poznatek | → | krystalizace |

Vše začíná fází *motivace*. Tato fáze je považována za jednu z nejdůležitějších z celého poznávacího procesu. V případě, že žák není dostatečně motivován, ale pouze stimulován, nedochází ve většině případů k hlubšímu poznávání. V tomto stadiu se jedná o přirozenou potřebu dítěte dozvídat se nové věci, jinak řečeno dochází zde k rozporu mezi žákovým „nevím“ a „chci vědět“. Zdárně vyřešená přiměřená úloha, tedy taková, která není příliš snadná, ale ani příliš složitá, je považována za jeden z nejefektivnějších způsobů motivace žáků k poznávání. (Hejný, 2014, s. 40-47)

Další nezbytnou a neopomenutelnou hladinou poznávacího procesu je fáze tzv. *izolovaných* (*separovaných*) *modelů*. Žáci se zde setkávají s konkrétními případy budovaného poznatku a jeho různými reprezentacemi. Vyjasňují si, které modely do dané problematiky spadají a které ne. Velkou roli zde hraje i hledání vazeb mezi nimi a jejich shlukování a strukturování na základě možných souvislostí. Dostatečné a hluboké studium *izolovaných modelů* by mělo vést žáka k porozumění, ke kterému žák dochází leckdy zcela spontánně. (Hejný, 2014, s. 47-50)

Při takovém zkoumání má žák možnost objevovat něco nového, hledat nové závislosti a souvislosti, zobecňovat. Právě procesem *zobecnění* se poznávací proces přesouvá z hladiny *izolovaných* *modelů* do hladiny tzv. *generických* (*univerzálních*) *modelů* (v tabulce 2.1 je přechod označen 1→). Tento přechod je také nazýván *prvním abstrakčním zdvihem*. Jak již bylo nastíněno, *zobecnění* probíhá víceméně spontánně a je doprovázeno jevem, který Hejný ve své knize nazývá AHA-efektem, tedy „náhlým uzřením společné podstaty série izolovaných modelů.“ (Hejný, 2014, s. 51) Proč právě abstrakční zdvih? Žák již tedy neřeší každý případ (izolovaný model) zvlášť, izolovaně, ale danou závislost chápe v širších souvislostech a je schopen ji řešit obecně. Přechází tedy od jednotlivého k obecnému. Nalezení g*enerického modelu* pro danou skupinu izolovaných modelů je tedy jinak řečeno nalezení obecného principu, algoritmu, vztahu, popisu situace apod. (Hejný, 2014)

*Generické* (*univerzální*) *modely* jsou podle Hejného dvojího (eventuálně trojího) typu. V první řadě se jedná o *generický model procesuální*, který se dá nejlépe popsat jako každé jednotlivé žákovo poznání vedoucí k nalezení obecné zákonitosti. *Procesuální model* tedy může platit jen pro určitou podmnožinu izolovaných modelů nebo udávat závislost pouze částečnou, s některými omezeními. Jedná se velice důležitý mezikrok před nalezením obecné zákonitosti, získávaný empiricky např. opakováním určitého postupu nebo konkrétní manipulativní činností. Z důvodu nepraktičnosti, nebo dokonce neproveditelnosti tohoto získaného postupu se může ukázat, že tento model není zcela vhodný a efektivní. Řešitel tedy cítí potřebu naleznout závislost obecnější. Nalezení takového pravidla, které je aplikovatelné na všechny poznané i budoucí izolované modely, nese označení *generický model konceptuální*. Může být například zapsán formou věty nebo pomocí jednoduché rovnice či schématu. Žák zde již pracuje s „proměnnými“. Je třeba dodat, že v některých případech může nastat i situace, že žáci pro nalezení *konceptuálního modelu* nebudou potřebovat *modelu procesuálního*. Učitel by měl s touto variantou též počítat. *Generický model* dále slouží jako zárodek pro tzv. *abstraktní poznání*. (Hejný, 2014)



Obrázek 2.1: Cesta k procesuálnímu a konceptuálnímu generickému modelu (Slavík, Chrz, Štěch, 2013, s. 75)

Na obrázku 2.1 je představen modelový průběh žákova poznávacího procesu řešícího motivační otázku: „Jestliže k sestavení čtverce potřebujeme čtyři dřívka, kolik dřívek je potřeba na sestavení 2,3, …, *n* čtverců v řadě těsně za sebou?“ Hledání odpovědi by mělo být zahájeno sestavováním konkrétních *izolovaných modelů*, žák si zapisuje konkrétní spotřebu dřívek a snaží se hledat souvislosti. Při tomto experimentování jsou odhalovány společné vlastnosti, jako například ta, že pro vznik následujícího útvaru je potřeba přidat vždy tři dřívka. Po dostatečném zkoumání zde dochází k abstrakčnímu zdvihu a žák již nepotřebuje sestavovat další útvary a zjišťuje, že součet se dá zapsat jako *1 + určitý počet přičtení čísla tři*. V tomto případě se toto jednoduché pravidlo dá považovat za *generický model procesuální*. Je zde ale vidět, že pokud bychom žákovi zadali větší číslo *n* např. *n* = 19, přičítání trojky by již nebylo praktické a celkově by počítání bylo velice zdlouhavé, proto přechází žák od *generického modelu procesuálního* ke *generickému modelu konceptuálnímu*, ten je již zapsán jako obecná závislost, platící pro všechny izolované modely. Ve fázi generického modelu se můžeme setkat i se zápisy typu *dřívka = 1 + 3 krát počet kroků* apod. (Hejný, 2014)

*Druhým abstrakčním zdvihem* se z hladiny generického modelu žák dostává k tzv. a*bstraktnímu poznání*. Poznatek je chápán již ve své obecnosti. Žák je schopný tento poznatek zapsat například pomocí jazyka písmen, v němž je každé písmeno ve funkci obecného čísla. Právě změna jazyka může být jeden z hlavních indikátorů abstraktního poznání. Poznatek není ve vědomí žáka ukotven jako pouhá informace (formální poznatek). (Hejný, 2014)

„Podstata rozdílu mezi generickým modelem a abstraktním poznáním spočívá v tom, že generický model má stejnou úroveň abstrakce, jako mají modely separované, zatímco abstraktní poznání takové ukotvení nemá a je opřeno o jazyk a symboliku. Například prsty jsou generický model pro práci s malými počty. Prsty, stejně jako autíčka, jablka nebo židle mají předmětný charakter. Jestliže ale dítě rozumí slovu „tři“ nebo znaku „3“ bez dalšího poukazu, pak jeho znalost tohoto objektu je i abstraktní.“ (Hejný, Novotná, Vondrová, 2004, s. 35)

Poslední pátou fází TGM je tzv. *krystalizace*. Jedná se o fázi, při které jsou nabyté poznatky pevně začleňovány do různých oblastí žákova vědomí. Žákovi se tak mezi nimi rozšiřuje síť vazeb. Hejný ve své publikaci (Hejný, 2014) k hladině *krystalizace* dodává, že tento proces je v tab. 2.1 umístěn nepřesně. *Krystalizace* dle něj probíhá už od počátku objevení prvního generického modelu, u některých případů i ve fázi izolovaných modelů.

1. Jedná se o řady učebnic od nakladatelství ALTER a FRAUS, které byly používány pro výuku tříd, které se účastnily experimentu [↑](#footnote-ref-1)
2. Termíny v závorce budou označovat starší pojmenování dle (Hejný, Kuřina, 2009) [↑](#footnote-ref-2)