

Výsledky učení, jeden příklad dobré praxe: aplikace v předmětech s matematickým obsahem, FIM UHK

Tatiana Gavalcová

Výsledky učení: klíčový koncept a nástroj inovací v projektu REFIMAT

Projekt REFIMAT: ESF projekt „*Inovace výuky matematiky v technickém a ekonomickém vzdělávání s cílem snížení studijní neúspěšnosti (REFIMAT)*“, OP VK, nositel: UHK v Hradci Králové, období řešení 1.10.2010 – 30.9.2013



Erasmus+



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Připraveno s podporou programu Erasmus+ Evropské unie

Záměr projektu: inovační postupy ve výuce pro snížení studijní neúspěšnosti (předměty s matematickým obsahem obvykle mají na ní značný podíl, zejména v úvodních semestrech studia, proto předmětům v úvodních semestrech byla věnována hlavní pozornost).

Ambicí řešitelů bylo zavést inovace do výuky tak, aby ovlivnily i vlastní, samostatné studium, s cílem získat studijní návyky v dalším studiu nebo v profesním působení.

Výstup projektu: výsledky učení formulovány/zavedeny do 14 předmětů s matematickým obsahem na Fakultě informatiky a managementu UHK

Cílová skupina: studující oborů FIM, kteří si zapsali do studijních plánů předměty s matematickým obsahem, za 3 akad. roky celkem 5757 studujících

Základní přístup k inovacím:

- definování a implementace výsledků studia (*learning outcomes, LO*),
- na základě toho na orientaci výuky na studujícího (*student centred learning*).

Obsah příspěvku:

co jsme jako řešitelé - tým 14 pedagogů - udělali a jak

- **1. Co bylo potřebné při startu (kromě vlastního rozhodnutí)**
- **2. Formulace a implementace výsledků učení (ukázky);**
některé zkušenosti z přímé výuky, prezenční forma, 14 předmětů
- **3. Včlenění výsledků učení do studijních materiálů:**
14 e-předmětů - elektronická forma, 9 tištěných výukových opor
- **4. Výsledky učení a hodnocení studenta – testování, zkoušky**
- **5. Nutnost zpětné vazby**

1. Co bylo potřebné při startu (kromě vlastního rozhodnutí)

a) Činnosti řešitelů v úvodní fázi projektu:

- seznámení se s konceptem výsledků učení (LO), zdroje: odborná domácí i zahraniční literatura + dokumentace úspěšně implementovaných postupů v rámci boloňských iniciativ
- paralelně probíhaly QRAM (8/2009 – 12/2012), Kvalita (8/2010 – 7/2014), přesto ne všichni zúčastnění měli informace o konceptu LO
- definování činnosti pro jednotlivé předměty, ale na bázi společného přístupu
- společný rámec: formální i vnitřní, tj. koncepční - přispívá k lepší orientaci, má silnější účinek pro cílovou skupinu
- požadavky na koncepční činnost: studium, analýza praktických postupů i teorie vyučování; zásady LO, uvedení do výuky, do jejího hodnocení
- řešitelé pracovali s vlastními vyučovanými předměty: nutnost samostatné práce podle specializací

b) Práce s cílovou skupinou:

Implementace LO: nutnost mít přehled o úrovni přípravy studentů ke studiu (matematiky) v okamžiku vstupu na vysokou školu, proto testování v úvodních týdnech studia:

- faktický stav znalostí a dovedností ze střední školy

Rozsáhlá dotazníková šetření po ukončení 1. semestru studia, dotazování:

- využívání kontaktní výuky: navštěvování přednášek, účast ve cvičeních, na konzultacích
- využívání elektronických zdrojů, knihovny, studijních materiálů ve všech formách
- motivace a postoje studentů ke studiu
- mapa obtížných partií předmětu
- časová a intelektuální zátěž studentů

Dotazníky prokázaly:

- matematický předmět je jeden z nejobtížnějších předmětů v úvodu studia
- řada studentů si musela doplnit nebo rozšiřovat své znalosti z matematiky ze střední školy
- studenti měli problémy související s přechodem ze střední školy na vysokou školu: požadavky studovat samostatně, mnohem vyšší tempo studia, odpovídající časový management
- malá úroveň seznámení se s požadavky na zápočet/úspěšnou zkoušku, ale také se studijními předpisy vůbec
- preference studijních opor v elektronickém tvaru, různé formy audiovizuálních produktů
- uvádějí postačující motivaci pro studium

Z dotazníků vyplynulo: příčina neúspěšnosti nesouvisí jen se samotnou přípravou ze středoškolské matematiky, nebo přímo s nevytvořeným nebo i s negativním vztahem k předmětu s matematickým obsahem; problém:

„naučit se, jak se učit“ – organizace, management vlastního studia.

Z údajů v dotazníku byly vyvozeny důsledky pro oporu výuky:

- vytvořit učební texty v preferované podobě
- nutnost cíleného poradenství, jak zvládat studium (krátkodobě, v delším období)
- širší včlenění softwarových nástrojů do výuky

Šetření se opakovalo i v následujícím akademickém roce; zúčastnilo se celkem 258 studentů, bylo získáno více než 10 000 dat.

Při ukončování projektu: šetření s cílem získat informace o tom, jak projekt ovlivnil cílovou skupinu: názory studentů na výuku a vlastní studium, postoje studentů ke studiu, na získané znalosti, dovednosti a způsobilosti a také pracovní návyky.

Je tedy – nebo obecně bude, může posloužit - koncept „výsledky učení“ jako vhodný, úspěšný, účinný nebo

- alespoň jako pomocný nástroj,*
- jako metoda pro řešení identifikovaných problémů?*

2. Formulace a implementace výsledků učení

Sestavení výsledků učení vycházelo z cílů jednotlivých předmětů, tedy z profilování studia na FIM a závazných sylabů.

Respektovaly kreditovou dotaci předmětu.

Výsledky učení byly definovány pro každý z předmětů jako celek a také detailně pro jeho jednotlivé moduly, moduly (většinou) odpovídaly týdnům v semestrech.

Následující čtyři ukázky formulace výsledků učení se týkají předmětu nebo jeho modulu.

Autoři je sestavili se značnou mírou podrobnosti, a to podle charakteru předmětu a jsou výsledkem shody vyučujících i kvůli (závazné, nezávazné) návaznosti předmětů.

Ukázka 1: Výsledky učení – předmět ZMAT2

Cíle předmětu:

Předmět zahrnuje témata z kalkulu (pojem určitého integrálu, funkce několika proměnných, diferenciální rovnice) a základní pojmy a metody lineární algebry. Věnuje se výkladu o pojmech, výpočetních metodách a podstatě kalkulu této úrovně. Dále možnost získat znalosti a dovednosti v aplikacích příslušných metod matematické analýzy a lineární algebry zejména v praxi ekonomů, manažerů, finančního manažera na podporu při sestavování modelů pro řešení odpovídajících úloh, v rozhodovacích procesech a poskytuje také výpočetní nástroje pro kvantitativní řešení úloh plynoucích z těchto modelů.

Předpoklady a další požadavky:

Předpokládají se znalosti a dovednosti o pojmech a nástrojích středoškolské matematiky, speciálně o struktuře reálných čísel, elementárních funkcích, jejich vlastnostech a grafech, o základech lineární algebry, o způsobech řešení rovnic; dále se předpokládají znalosti a dovednosti z předmětu ZMAT1.

Po absolvování předmětu ZMAT2 student získá

- znalosti o základech pojmového a výpočetního aparátu integrálního počtu funkce jedné proměnné, diferenciálního počtu funkce více proměnných a lineární algebry k formulování, modelování a řešení problémů klíčových pro praxi ekonomů, informatiků, finančního inženýringu,
- dovednosti používat konkrétní nástroje vycházející z pojmů v teorii funkcí jedné a více reálných proměnných, dovednosti klasifikovat použití metod kalkulu pro funkci jedné a více reálných proměnných,
- způsobilost aplikovat klíčové matematické pojmy, metodu deduktivního uvažování, princip důkazů v matematice, způsobilost vyjádřit jednoduchý problém z této oblasti pomocí matematického modelu a rozhodnout o volbě metody a aplikovat odpovídající nástroje při řešení základních úloh v praxi ekonomů, informatiků, finančního inženýringu.

Ukázka 2: Výsledky učení – část kapitoly 4. předmětu

Základy matematiky 2 (ZMAT2)

Téma 4: Lineární prostory, 1. část; obsah nebo sylabus:

- Struktura řešení homogenní soustavy lineárních rovnic $A \cdot x = b$
- Definice lineární kombinace vektorů, lineární kombinace aritmetických vektorů, lineární kombinace prvků určité množiny obecně
- Definice lineárního prostoru, lineárního prostoru aritmetických vektorů $V_n(\mathbb{R})$, operace s aritmetickými vektory
- Definice lineárního podprostoru v lineárním prostoru, příklady a význam, množinové operace s lineárními podprostory
- Definice lineárního obalu dané množiny vektorů, význam
- Speciální lineární podprostory v lineárním prostoru obecně
- Generátory lineárního prostoru, definice, použití, významné množiny generátorů

Výsledky učení, Learning Outcomes:

Znalosti: po prostudování této kapitoly studující

- má znalost o struktuře obecně – o množině s operacemi, speciálně o lineární struktuře ve smyslu lineárního prostoru a o její axiomatické výstavbě
- sumarizuje strukturovaně axiomy lineárního prostoru
- získá znalost o použití výpočetního aparátu používaného v lineárním prostoru obecně a princip operací s vektory v lineárním prostoru, speciálně v lineárním prostoru aritmetických vektorů $V_n(\mathbb{R})$
- definuje pojem lineární kombinace vektorů, je schopen pomocí lineární kombinace popsat strukturu řešení homogenní soustavy lineárních rovnic
- definuje pojem lineárního podprostoru v lineárním prostoru
- určí množinové vztahy mezi lineárními podprostory v daném lineárním prostoru
- má znalost o pojmu lineární obal dané množiny
- má znalost o generátorech lineárního podprostoru a o pojmu generování podstruktury v lineárním prostoru

Dovednosti: po prostudování této kapitoly studující

- rozhodne použitím pojmového a výpočetního aparátu a na základě axiomů, zda daná struktura tvoří/netvoří lineární prostor
- použitím pojmového a výpočetního aparátu rozhodne, zda vektor je/není lineární kombinací jiných vektorů a vyvodit z toho důsledky
- určí použitím pojmového a výpočetního aparátu, zda daná struktura tvoří lineární podprostor v daném lineárním prostoru, případně ji charakterizuje geometricky
- identifikuje význačné lineární podprostory ve význačných, obvykle používaných lineárních prostorech, a určí jejich uspořádanou strukturu v případech lineárních prostorů aritmetických vektorů
- rozhodne použitím pojmového a výpočetního aparátu, zda daná struktura je lineárním obalem dané množiny; zkonstruuje lineární obal dané množiny vektorů
- zjistí použitím pojmového a výpočetního aparátu, zda daná množina tvoří/netvoří generátory lineárního prostoru a stanoví vlastnosti její podmnožin

Způsobilosti: *po absolvování studia této kapitoly studující*

- je schopen identifikovat vlastnosti zkoumaných veličin podstatných pro zavedení a výběr základních pojmů a prostředků z aparátu lineárních struktur*
- je schopen vyjádřit jednoduchý problém pomocí matematického modelu založeného na použití lineární struktury a interpretovat výstupy tohoto modelu*

Ukázka 3: Výsledky učení – kapitola 8. předmětu NUMA

Předmět: *Numerická a výpočetní matematika (NUMA)*

Předpoklady: *Základy matematiky I, II*

Cíle předmětu: *Student po absolvování předmětu získá znalosti o základních typech numerických úloh a metodách k jejich řešení a získá dovednosti v provádění numerických výpočtů. Bude způsobilý použít probrané metody k řešení praktických výpočetních úloh.*

Téma 8: Aproximace reálné funkce: obsah nebo sylabus:

- *Metoda nejmenších čtverců*
- *Aproximace přímkou (lineární funkcí),*
- *Aproximace polynomem vyššího stupně*
- *Ortogonální systém funkcí*
- *Fourierovy koeficienty*
- *Ortogonální polynomy*

Výsledky učení:

Znalosti: po prostudování této kapitoly studující

- vysvětlí metodu nejmenších čtverců
- popíše postup při aproximaci reálné funkce přímkou (lineární funkcí),
- popíše postup při aproximaci reálné funkce polynomem vyššího stupně
- charakterizuje ortogonální systém funkcí
- popíše Fourierovy koeficienty ortogonálního systému funkcí
- popíše postup při konstrukci ortogonálních polynomů

Dovednosti: po prostudování této kapitoly studující

- metodou nejmenších čtverců najde aproximaci dané reálné funkce přímkou
- transformací na lineární případ najde aproximaci dané reálné funkce dvouparametrickou nelineární (hyperbolickou nebo exponenciální) funkcí
- metodou nejmenších čtverců najde aproximaci reálné funkce polynomem stupně 2 nebo 3
- ověří, zda daný systém funkcí je ortogonální a určí jeho Fourierovy koeficienty, pro danou úlohu sestrojí systém ortogonálních polynomů

Způsobilosti: po prostudování této kapitoly studující je způsobilý podle podmínek a požadavků řešené úlohy

- aproximovat danou reálnou funkci přímkou, nebo aproximovat jinou reálnou funkci dvouparametrickou nelineární funkcí
- aproximovat danou reálnou funkci polynomem vyššího stupně
- určit, zda daný systém funkcí je ortogonální a vypočítat Fourierovy koeficienty aproximace
- sestavit relevantní systém ortogonálních polynomů

Ukázka 4: Výsledky studia – předmět Stochastické modelování (STOMO) a kapitola 1. Generátory náhodných čísel předmětu (STOMO)

Výsledky učení předmětu STOMO

Znalosti, které student získá:

- Vymezí pojmy model, stochastický model, modelování, simulace.*
- Popíše proces vytváření simulačního modelu. Porozumí pojmům validita modelu, přesnost a správnost.*
- Seznámí se s příklady stochastických modelů.*
- Navrhne možnosti kvantifikace rizika.*
- Definuje vybrané míry rizika.*
- Vysvětlí pojmy dlouhodobé očekávání, krátkodobé riziko, jednorázové riziko.*

Dovednosti, které student získá:

- Pro slovně formulovanou úlohu sestaví formální model a navrhne schéma simulační úlohy.*
- Rozlišuje mezi pojmy věrohodnost, validita, přesnost a správnost modelu.*

Způsobilosti, které student získá:

- *Student porozumí možnostem rozhodovacích postupů při neurčitosti. Získá znalosti, které jsou potřebné v jednotlivých etapách tvorby modelu, je vedený k jejich praktickému využití, je schopen podílet se na tvorbě modelu v praxi.*

Kapitola 1, STOMO: Generátory náhodných čísel

Výsledky učení

Znalosti, které student získá prostudováním této kapitoly:

- *Porozumí pojmu pseudonáhodné číslo a mechanismu jejich vytváření pomocí operace modulo.*
- *Pozná některé multiplikatívni kongruenční generátory náhodných čísel $R(0, 1)$.*
- *Seznámí se s transformacemi čísel $R(0, 1)$ na hodnoty z jiných rozdělení.*
- *Pomocí motivačních úloh si ujasňuje zákonitosti různých modelů rozdělení pravděpodobnosti.*

Dovednosti, které student získá:

- Vytvoří si vlastní řady pseudonáhodných čísel a empiricky ověřuje jejich vlastnosti.*
- Generuje posloupnosti náhodných čísel s rozdělením, které simuluje reálné děje.*
- Demonstruje platnost centrální limitní věty a ukazuje, že součet náhodných čísel z množiny $R(0,1)$ má očekávané rozdělení s očekávanými hodnotami parametrů.*
- Generuje hodnoty náhodné veličiny s normálním rozdělením pomocí Box-Müllerovy transformace.*
- Generuje hodnoty náhodné veličiny s exponenciálním rozdělením. Popíše statistické vlastností generované posloupnosti (charakteristiky, rozdělení četností, kumulativní relativní četnosti, graf).*
- Generuje hodnoty náhodné veličiny s binomickým rozdělením. Počítá statistické charakteristiky, sestaví graf, porovná s modelem.*

Způsobnosti, které student získá:

- *Dovednosti a znalosti vedou k hlubšímu porozumění podstaty modelování reálných dějů a jejich porozumění je nezbytné pro návrh a simulačního modelu.*
- *Rozvoj chápání principů statistického zobecňování a pojmu zákonitost náhodných jevů a veličin.*
- *Získané dovednosti a způsobilosti umožní řešit návrhy simulačních modelů a jejich realizaci (například prezentace rozdělení statistik pomocí simulací náhodných výběrů, model jednoduchého procesu s náhodnými veličinami).*

Některé projektové zkušenosti z přímé výuky:

- Napsat výsledky učení má ten, kdo předmět učí, a to podle možnosti dlouhodobě učí (u programů: nutná koordinace vyučujících).
- Samozřejmostí je vycházet primárně z cílů předmětů nebo programů a ze sylabů (Learning Objectives) – z toho, co má studující vědět.
- Je žádoucí přetransformovat chápání výuky, rozlišovat hierarchie pojmů.
- Studující má být
 - seznámen s aplikací výsledků učení do výuky,
 - má je na základě připraveného postupu vyučujícího přijmout,
 - na základě možného úsilí vyučujícího se má totožnit se stylem učení.
- Ve výuce: znalosti, dovednosti a obecné způsobilosti se mají explicitně demonstrovat - samotný vyučující je musí předvést, odlišit znalost od dovednosti; poukázat, jak je možné nabýt požadovanou znalost a co je potřebné udělat pro získání dovednosti. Účel: studující se seznámí s tím, co se bude od něj požadovat, v jaké formě a na jaké cíle ve studiu má dosáhnout.

- Vyučující má proto už při běhu výuky připravit a realizovat systém zkoušení; také už předem musí mít rozmyšleno, jaké jsou jeho kapacitní, technologické, pedagogické, praktické, lidské možnosti ověřovat, zda výsledky učení byly ve výuce dosaženy.
- Vyučující: pomocí zpětné vazby (konzultace, dostatek formativních testů, formální/neformální studentské hodnocení výuky) případně revidovat výukové metody, upravit definování a implementaci LO.
- Vyučující už v rámci práce s výsledky učení má podporovat a rozvíjet práci s literaturou a rozvíjení schopnosti porozumět textu (v jakékoliv formě); je známým faktem, že neustále klesá schopnost pochopit, interpretovat odborný text i na minimální úrovni náročnosti a samostatně s ním pracovat, a to i u studentů vysoké školy. (Tím se podporuje rozvíjení způsobilostí.)
- Studující má být včas seznámen s podmínkami úspěšného absolvování předmětu a také s možnostmi napravit vlastní studijní selhání.

2.Včlenění výsledků učení do studijních materiálů (klasických, elektronických)

Vytvořeno 9 titulů klasických (tištěných) studijních opor: jednotný formát, kompletní texty + sbírky úloh, jejich struktura:

- úvod každé kapitoly: prerekvizity, sumarizace výsledků učení z něj plynoucí ve škále znalosti – dovednosti – způsobilosti,
- označení úloh k řešení: popisem, zda jde o (převážně) znalost nebo (převážně) dovednost, v závěrečné části kapitoly byly uvedeny složitější úlohy na otestování dosažení výsledků učení už bez takového popisu - studující už musí sám poznat, zda se od něj žádá znalost nebo dovednost,
- pro studenty úvodních semestrů: některé klíčové úlohy formulovány jako „jednoproblémové“ – zaměřené na získání podle možnosti jedné konkrétní dovednosti, kvůli vlastní kontrole studentem.

Některé další zkušenosti, jak včlenit LO do studijních materiálů:

- Studijní materiál: především pojmy a korespondující úlohy, které jsou typické pro předmět nebo modul ve smyslu znalost, dovednost. Seřazení podle obtížnosti, s uvedením sledu nutných činností ve studiu. Je vhodné tyto požadavky kontrolovat a po případné revizi doplnit.
- Dávkování materiálu se odvíjí od charakteru zejména dovedností, které je nutné získat; kapitoly nemusí být rovnoměrné a nemusí korespondovat s hodinovou dotací prezenční výuky; tištěná opora se má používat opakovaně a znalost i dovednost se může získávat kumulativně a gradovaně.
- Mělo by být ambicí autorů pokrýt téma kompletní studijní oporou připravenou právě mateřskou institucí; zkušenost: hrozí „studium“ z nekvalitních webových stránek různých „samozvaných a hlavně nedovzdělaných léčitelů“ (či „učitelů?“ – doloženo průzkumem, z čeho studenti studují).

Studijní materiály v elektronické formě:

nejvíce vyhledávané napříč fakultami (obecně nezávisle na univerzitách)

V projektu: jednotnou formou vytvořeno 14 e-předmětů, modulovým způsobem: v jednotném LMS systému fakulty (BlackboardLearn 9.1) byly vytvořeny „výukové jednotky“ jako celky korespondující s konkrétními týdny semestrální výuky.

- Východisko: koncepční příprava projektového týmu, materiály po vzájemném oponování členy týmu;
- v závěrečné fázi projektu:
 - hodnocení e-předmětů studenty (anketa),
 - výměna zkušeností vyučujících vzájemně (formou reflexe), jak e-předmět využívali ve výuce.

Každý e-předmět: „kompletní servis vyučovaného předmětu“:

- tzv. karta předmětu se základními informacemi o obsahu i organizaci studia, předpoklady a formální podmínky absolvování předmětu včetně požadovaných výsledků učení pro předmět i velmi podrobně pro jednotlivé moduly (kapitoly, témata)
- obsah: texty přednášek, moduly na procvičení látky pro získání dovedností (forma různorodá podle existujících funkcionalit LMS systému), testovací soubory, seznam doporučené literatury, odkazy na vhodné internetové zdroje
- ohodnocení vlastních výsledků studenta v testech dostupné přímo v obsahu
- výhoda: pružný nástroj i pro případné změny nebo pro modifikací výuky
- obsah + forma koresponduje s tištěnými oporami, zahrnuty grafické nástroje, software, vizuální prvky
- nástroje systému pro komunikaci, pro konzultace, pro diskuse

3. Výsledky učení a hodnocení studenta – testování, zkoušky

Testování/hodnocení, zda výsledky učení byly dosaženy: nejobtížnější etapa procesu v tomto přístupu. Nutná příprava; hodnocení výsledků učení v jejich požadované míře je nepřetržitá celosemestrální práce. Počínaje formulováním výsledků učení a v průběhu vlastní výuky:

- vyučované pojmy, pravidla, procedury, teorie v korespondenci se sylabem,
- závažné nebo klíčové pojmy, procedury, teorie, na kterých při testování nejvíc záleží („nepodkročitelné“), mají mít ve výuce odpovídající váhu,
- zkouškové nástroje či metody: jaké a zda jimi je možné testování, včetně časových a technologických podmínek;
- ve formulacích testových otázek mají být použity stupně škály znalosti – dovednosti explicitně, výsledek testu/zkoušky svázat na jejich prokázané naplnění a v závěru to sdělit zkoušenému;

- to vedlo při zkoušení studentů v úvodních semestrech studia k nutnosti přeformulovat zadání otázek: nestačí otázku formulovat jen jako téma, či okruh:

například: *Určitý integrál* je nutné rozepsat podrobně (i s vyšší mírou podrobnosti) jako např.

Definujte, co je to určitý integrál;

popište jeho vlastnosti;

uvedte základní problémy, ve kterých se použije;

uvedte metody jeho výpočtu, uveďte nějakou konkrétní metodu jeho výpočtu, ilustруйте na příkladech.

(Taková časově náročná příprava klade nároky na vyučujícího, ve vyšších ročnících studia se zmírňuje, ale pro nabytí stylu přípravy studenta ke zkoušce má význam.)

4. Nutnost zpětné vazby

Cílová skupina v závěrečné fázi řešení projektu: dotazníkové šetření, zda a do jaké míry studenti inovace akceptovali a jaký vliv inovací zaznamenali.

Pedagogové: reflexe k implementaci výsledků učení, zejména však k interaktivní formě práce s výsledky studia v e-předmětech (preferované také z hlediska vyučujícího). Názory na inovace:

- provedené inovace z hlediska obsahu předmětu,
- definování a včlenění výsledků učení,
- obsahové změny v přednáškách, v praktických cvičeních,
- inovace z hlediska technologického, použité metody, modulový přístup,
- vlastní monitorovací nástroje úspěšnosti-neúspěšnosti studia,
- změny forem výuky i z hlediska potřeb fakulty (FIM) pro zkvalitnění výuky.

Bylo potvrzeno, že

- inovace vedly k racionální výuce,
- byly odstraněny duplicity,
- došlo k vytvoření závazného rámce požadavků aktivit v učení (na studenta, ale také na pedagoga),
- porovnaly a upravily se návaznosti v předmětech,
- ujasnily se formy testování a zkoušení.

Získaná zkušenost:

zejména formativní metody hodnocení je potřebné rozšířit o další formy, aby zachytily ve větší míře i rozdílně pracující studenty (tj. cílevědomě se ve větší míře věnovat výuce orientované na studenta už ve formách průběžného hodnocení a podpořit je např. vhodným softwarem).

Závěrečný dotazník předložený studentům: zkoumal názory

- na výuku a vlastní studium,
- na vlastní postoje ke studiu,
- na získané znalosti, dovednosti a způsobilosti,
- na pracovní návyky.

Dotazník sice nekonstatoval žádný měřitelný průlom v postoji k předmětům s matematickým obsahem – to ani nebylo možné po tak krátkém čase očekávat, ale studenti uváděli

- mírně vyšší zájem o předměty,
- změnu pracovních návyků,
- změnu postojů k organizaci vlastního studia.

Ukázky otázek z dotazníku (souhlasný postoj na úrovni minimálně 50 procent, průměrně kolem 60 procent; poslední dotaz: souhlas 33 procent dotázaných):

- Dosažení studijních výstupů bylo obsahem adekvátního zkoušení a podmínkou udělení kreditů.
- Moje schopnosti chápat odborný výklad nebo odborný text na bázi matematiky se zvýšily.
- Moje schopnost studovat samostatně z literatury a dalších zdrojů se zvýšila.
- Moje znalost principů, pojmů a metod se zvětšila.
- Moje praktické a výpočetní dovednosti řešit problém se zvětšily.
- Moje schopnosti komunikovat o řešení matematických problémů se zvýšily.
- Byl/la jsem veden k organizaci vlastního času a ke způsobům jeho efektivního naplnění.
- Moje schopnosti rozplánovat si práci/studium se rozšířily.
- Nabyl/la jsem širší vhled do role a metod matematiky i mimo samotnou matematiku.
- Získal/la jsem pozitivní postoj ke studiu matematiky.