

VNĚJŠÍ PODMÍNKY VÝUKY MATERIÁLOVÝCH TECHNOLOGIÍ V PŘÍPRAVĚ UČITELŮ TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ A JEJICH VLIV: PRŮMYSL 4.0

HAVELKA Martin – KROPÁČ Jiří, CZ

Resumé

Předmětem stati jsou soudobé vlivy současných trendů rozvoje digitalizace ve výrobě, službách i spotřebě, označovaných souhrnně jako Průmysl 4.0, na výuku „klasických, strojírenských technologií“. Tyto technologie, převážně strojírenské, jsou zaměřeny na zpracování materiálů především změnou tvaru a vlastností materiálů. Jsou těžištěm výuky předmětu nazývaného „materiály a technologie“, jež je tradiční součástí přípravy učitelů technických předmětů. Průmysl 4.0 vytváří závažné vnější podmínky této výuky, tato problematika je těžištěm obsahu stati. Dále se v těchto okolnostech dotkneme širších souvislostí výuky, jde zejména o informační funkci či poradenství při kariérovém rozhodování žáků, dále o míru uplatnění znalostí v praktických činnostech.

Klíčová slova: příprava učitelů technických předmětů, výuka předmětu „materiály a technologie“, iniciativa Průmysl 4.0.

EXTERNAL CONDITIONS OF TEACHING MATERIAL TECHNOLOGY IN PREPARATION OF TECHNICAL EDUCATION TEACHERS AND THEIR INFLUENCE: INDUSTRY 4.0

Abstract

The topic of this paper is how current trends of developing digitization in manufacture, services and consumption, referred to as Industry 4.0 (Průmysl 4.0), influence teaching “classic engineering technologies”. These technologies, mostly the engineering ones, are aimed at procession of materials mainly by changing the shape and properties of materials. These are the main focus of the subject called “materials and technology” which is a traditional part of preparing teachers of technical education. Industry 4.0 (Průmysl 4.0) presents important external conditions of such teaching, these problems are the essential contents of this paper. Furthermore, broader context of teaching will be mentioned in this respect, especially providing information or consulting during the career decision process as well as to which extent knowledge can be used in practice.

Key words: preparation of technical education teachers, teaching the subject “materials and technology”, initiative of Industry 4.0 (Průmysl 4.0).

Úvod

Termín Průmysl 4.0 je spojován se slovy koncepce, trend, iniciativa; také je tak nazván dvouletý navazující magisterský studijní program Fakulty strojní ČVUT v Praze. Přirazení 4.0 je v ČR použito k některým souvisejícím, popř. užším oblastem, především Práce 4.0, Kvalita 4.0, Údržba 4.0.

Obsah a souvislosti Průmyslu 4.0 jsou rozsáhle obsaženy např. v dokumentu Iniciativa Průmysl 4.0 (2016), rovněž v publikaci Národního vzdělávacího fondu, o.p.s. (2016) a na souvislosti vzdělávání je zaměřen stručný text z Newsletter EQF (2016). Jde o zásadní dokumenty, obsahují „obsah“ Průmyslu 4.0 i vlivy na kvalifikaci, různé formy vzdělávání vč. nastávajících úkolů škol.

1 Průmysl 4.0 z hlediska výuky technických předmětů, zejména materiálových technologií

V této stati se zaměříme jen na analýzu potřebnou pro aplikace do vzdělávání v konkrétní oblasti. Uvedené dokumenty vycházejí do značné míry z německých zdrojů; to platí ale i pro předložený text. Dobré zdůvodnění toho a vysvětlení jevu Průmysl 4.0 včetně jeho „počátku“ v Německu (Siemens) a také vysvětlení, že jde především o iniciativu v rámci Evropy, skýtá (Vojáček, 2016).

Základním faktorem Průmyslu 4.0 je, že technika pracující s informacemi a mechanické a elektronické komponenty korespondují při výměně dat či informací, tím jsou integrovány a schopny relativně autonomně vykonávat komplexní činnosti ke stanovenému cíli. Podrobnější charakteristika uvádí, podle Jsme připraveni na Průmysl 4.0 (2017), že Průmysl 4.0 je podmíněn charakteristikami: - interoperabilita jakožto schopnost strojů i lidí komunikovat, - virtualizace, - decentralizace až po úroveň jednotlivých strojů, - činnost v reálném čase, - orientace na služby, - modularita jakožto schopností částí celku se adaptovat. V méně „abstraktní rovině“ můžeme v Průmyslu 4.0 nacházet jevy a činnosti jako je digitalizace, 3D tisk, zřetězení objektů, robotizace.

Je evidentní, že Průmysl 4.0 znamená změny technologií a výrobních procesů, ty jsou hnacími silami, jež mají ekonomické souvislosti a dopady na „zaměstnaneckou, spotřebitelskou a vzdělávací“ sféru. Jak uvádí B. Zinn (2015), Průmysl 4.0 lze nahlížet nejprve z perspektivy naznačených změn technologií a změn ekonomických, jde o změny koncepcí řízení podniků a podnikových strategií (decentralizace) a rovněž práce se zákazníky (individualizace). Tyto změny navozují vzdělávací požadavky na výuku o technice, mj. v oblastech jako je informatika, elektrotechnika, strojírenství, popř. i mechatronika, dále ve vzdělávání souvisejícím s organizací práce atp. Přímo ve výrobě se budou uplatňovat digitální formy plánování, konstrukce (CAD), výroby (CIM), kontroly. Podle nás je ale i zde z hlediska vzdělávání důležitý aspekt komunikace (spojení objektů i lidí, také tablet, mobil). Jen běžná komunikace pomocí mobilních zařízení podle našich zkušeností již před lety výrazně ovlivnila logistiku u stavební výroby. Další perspektivu podle B. Zinn (2015) představují profesní souvislosti (Arbeits- und berufssoziologische Perspektive) a konečně nastupující změny vyučování a učení (Verändertes Lehren und Lernen).

Je důležité, že nemálo výše uvedených oblastí klade adekvátní vzdělávací požadavky na výuku technických předmětů i výuku materiálových technologií, se způsobem jejichž realizace uvedené změny přímo souvisí.

2 Požadavky Průmyslu 4.0 na výuku materiálových technologií

Pro vzdělávání jde podle nás o trend vývoje, který vyžaduje potřebu vzdělávání v informatice a to v sepětí s technickým vzděláváním již na nižších stupních škol. Pro vstup do těchto souvislostí uvedeme „teze“ z německých zdrojů, které se zabývají především středním odborným vzděláváním. Poznamenejme ještě, že zdroje z USA uvádějí pojem Průmysl 4.0 minimálně (viz mj. obsahy příslušných technických a na výuku o technice zacílených časopisů na <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/index.html>), málo jej uvádějí i zdroje německé, pokud se věnují prioritně výuce technických předmětů na úrovni ISCED 2, spíš výjimka je (Dold, 2016).

Autoři J. Gebhardt, A. Grimm & L. M. Neugebaue (2015) očekávají v souvislosti s Průmyslem 4.0, hlavně v odborném technickém či profesním vzdělávání, vznik následujících požadavků: - připravenost k celoživotnímu učení, - posílení potřeby interdisciplinárního myšlení a jednání, - vyšší ICT kompetence, - způsobilost obsluhy, výměny informací, součinnosti se stroji a propojenými či sítí

tvořícími systémy, - způsobilost aktivně se účastnit na procesech řešení problémů a procesech optimalizace.

Jak jsme naznačili, podle nás se úvahy o vlivu Průmyslu 4.0 na technické vzdělávání zatím objevovaly spíše v souvislosti s profesním vzděláváním než se vzdáváním na nižších stupních škol. Profesní vzdělávání musí předpokládat i vznik zatím jen tušených profesí, jejichž odborné jádro se bude postupně dotvářet. Budou stále více vznikat inteligentní továrny, v nichž lidská práce bude podle technických možností nahrazována, to však dosud vyžaduje, jednoduše řečeno, pravidelnost, systematičnost, uspořádanost prostředí; ty jsou např. dosažitelné spíše ve strojírenské sériové výrobě než ve stavebnictví (Tenberg & Pittich, 2017, s. 32). Konkretizace žádoucích profesí a dovedností (profese s nízkým podílem rutinní činnosti jsou nesporně ve výhodě) a požadavků na profese je tedy dosud problematická.

Všeobecné technické vzdělávání na nižších stupních škol musí také přiměřeně reagovat na uvedené, dále mj. na skutečnosti, že kromě internetu pro člověka bude i „internet věcí“ (zde lze očekávat i vliv na „běžný život“), také na možnosti robotiky spočívající v profesní i neprofesní, občanské sféře. Jde i o bližší seznámení se senzory používanými v těchto souvislostech (inteligentní domy či domácnosti a tím dané požadavky na rozvoj měst). 3D tisk bude vyžadovat odborné zajištění těchto činností prováděných širokou populací.

Z publikovaných dokumentů či textů k této problematice lze jen opatrně vyvozovat odpovědi na konkrétní otázky, neboť tyto texty mohou být zatím málo specifikovány, viz (Tenberg & Pittich, 2017, s. 27). Je to evidentní i v tuzemských formálně dobře zpracovaných textech. Také proto nelze předpokládat související reformu či inovaci vzdělávání jako jednorázový akt, ale jako dlouhodobý proces, navíc proces komplexní, v němž budou hledány optimální způsoby spojení teorie a praxe u vybraného obsahu, také budou optimalizovány postupy myšlení při osvojování obsahu (badatelsky orientovaná výuka), konstrukční i technologické úlohy mohou být komplexněji pojaté o aspekt programování (Straub, 2017, s. 10) i další, širší souvislosti. Je evidentní, že požadavky na vzdělávání předpokládají jeho komplexnost, půjde tedy o zmíněné vzdělávací strategie, ale také rozhodně vzroste význam uplatnění integrace obsahu vzdělávání, vertikální i horizontální (mezipředmětových vztahů).

Nelze však dnes dobře předpokládat, nakolik bude nové navazovat na tradiční. Žádoucí budou formy vzdělávání na vyšší kvalifikační a duševní úrovni, odtud otázka, jaká budou potřebná a reálná opatření ve vzdělávání, zda to budou zde výše uvedená a jak konkrétně budou realizována. Nesporné je, že vzroste význam celoživotního vzdělávání.

Je třeba opakovaně uvést skutečnost, že výuka o technice a informatice, jak ji Průmysl 4.0 „vyžaduje“, je pointou či aplikací především pro vyučovací předměty jako fyzika, chemie, biologie a mnohé další, i společenskovední (Tenberg, 2016). Zvýšená pozornost věnovaná výuce programování nesmí ale odvádět pozornost od jiných, v současnosti závažných témat - odpady, energetická vyspělost (Fletcher & Deutsch, 2016), bezpečnost při technických činnostech, požadavky na kvalitu jako oblast výchovného působení (Kvalita 4.0) atp.

V obecné rovině tuto okolnost výstižně formuloval matematik Petr Vopěnka (XXIV. mezinárodní kolokvium o řízení vzdělávacího procesu, Brno, 18. 5. 2006). Jeho slova zněla asi takto - zavádíme-li něco nového, myslíme také na to, co ztratíme tím, že něco jiného nutně vyřadíme. Podobná myšlenka byla i ve stati (Binder, 2015, s. 5) – každé rozhodnutí pro určitý obsah znamená omezení něčeho jiného, což může být předmětem kritiky.

Pro výuku technicky zaměřených předmětů obecně i profesně zaměřených bude důležité, kdo bude výrobní i nevýrobní (domácí) spotřebiče programovat a jaký bude kontakt mezi naprogramovaným objektem a „přítomným“ pracovníkem či uživatelem, jak se tedy potřeba programování projeví v užívání.

Z dnešního pohledu lze u programátorů předpokládat specializované vzdělání a vysokou kvalifikaci. Podstatné z hlediska technicky zaměřeného vzdělávání je zmíněné sepětí změn technologií a změn ekonomických a společenských. Lze očekávat relativně rychlý průběh těchto změn. Naproti tomu ve formálním vzdělávání obecně platí určitá setrvačnost, daná i dobrými důvody. Příprava centrálně stanovených kurikulárních podkladů trvá roky, implementace do výuky rovněž; zahraniční zdroj uvádí deset a deset let (Tenberg & Pittich, 2017, s. 40). Ale přípravu na činnosti opírající se o znalosti lze třeba v odborném vzdělávání začleňovat novými postupy s obsahem výuky a prohloubením uplatňování integrace výuky kontinuálně.

Pojem flexibilita zaměstnance dostává tak nový význam a souvislosti (kvalifikace na stále kratší dobu, málo předvídatelné úkoly s dynamickými problémy). Podle (Tenberg & Pittich, 2017, s. 33) budou více požadovány interdisciplinární myšlení a jednání, vyšší kompetence v oblasti IT, schopnost kooperace se stroji a systémy objektů tvořících sítě, aktivní řešení problémů a optimalizačních procesů a také zvládnutí stále komplexnějších pracovních úkolů, tedy komplexních analýz technických objektů i procesů (jejich činnosti, zajištění toků, optimalizace, odstranění chyb či závad, mizí hranice mezi tradičními obory - viz mechatronika), schopnost pracovat v ad hoc týmech uvnitř i mimo daného podnikání, zapojení do inovačních procesů a jejich navrhování, koordinace pracovních procesů, schopnost spolupracovat při méně přímých kontaktech (propojení prostředky ICT) atp., viz rovněž text publikace Národního vzdělávacího fondu, o.p.s. (2016).

I při výše popsaném zdůrazňování role znalostí může být nezbytné osvojení praktických či motorických dovedností „obranou“ oborů, kde je potřebné vyučení, před náhradou formálně výše kvalifikovanými pracovníky. Je-li osvojení těchto dovedností doplněno znalostmi podstaty výrobních procesů a schopností přispět k inovacím, je takováto připravenost velmi žádoucí. Uvedené faktory jsou také požadavky na obsah a proces přípravy učitelů technických předmětů. Jen „z doslechu“ víme o problémech s dosažitelností kvalitních řemeslníků v oblasti služeb ve státech s rozvinutou ekonomikou; praktické technické činnosti žáků učitelů dobře řízené mají tedy význam.

Ve výuce tak jde o okamžitou a kontinuální implementaci konkrétních i více teoretických (abstraktních) informací souvisejících s prováděnými činnostmi a jejich souvislostmi do realizovaného obsahu výuky, o komplexnost vzdělávání a rovněž o vytváření všestranné schopnosti komunikovat pomocí soudobých prostředků i přímo. Nabízí se zde také otázka, zda někdy požadované rušení učebních oborů s maturitou je z tohoto hlediska správné.

Také budeme svědky nástupu nových vzdělávacích technologií. Lze rovněž předpokládat, že rozšíření institucí umožňujících svou koncepcí, zařízením a personálním vybavením pronikat do naznačených souvislostí bude mít rostoucí význam (vědeckotechnické parky i podniková zařízení).

Z hlediska výuky materiálových technologií se kromě uvedených obecných trendů jeví setrvalá potřeba zvládnutí podstaty technologie, zpracovávaných objektů, používaných nástrojů i základních parametrů užívané operační energie a to s pochopením vzájemných souvislostí. Teorie popisující tyto technologie tak nadále představuje podstatnou stránku studia, nejen učitelství, a měla by být doprovázena příslušnou praxí, realizovanou mj. v technickém praktiku atp. Studenti učitelství

technických předmětů by si tedy měli odnášet podložený a plastický přehled o technologiích materiálů, popř. strojírenských technologiích i s vyústěním k praktické činnosti v podmínkách školy a také s návazností na další obory technické i netechnické. Nedomníváme se, že by prioritním obsahem této výuky měla být volba technologických podmínek u jednotlivých technologií, ale přehled o této problematice ano. V praxi jde o specifickou činnost prováděnou dnes namnoze specialisty na základě interních podnikových materiálů. Pro případné programování, např. CNC strojů či robotů, budou potřebné technologické podmínky zadávány (i s ohledem na „školní provoz stroje“ a možnosti jeho uvedení do chodu). Předchozí také znamená, že výuka programování uvedených a podobných objektů (CNC, 3D tisk, roboty) bude navazovat prioritně na adekvátní předměty z oblasti ICT přípravy studentů, až druhotně na výuku technologie.

Důvodem pro tuto koncepci je i výuka robotiky, viz část 3. Využití robotů v soudobé výrobě hraje významnou roli, ale v „civilním“ životě také. Tuto výuku je tedy podle našich zkušeností možno začlenit organicky do ICT přípravy studentů učitelství technických předmětů, znalosti materiálových technologií mohou být aplikovány.

3 Soudobé požadavky na výuku robotiky, mj. z hlediska výuky technologie materiálů

Robotika jakožto věda o robotech ani realita využívání těchto zařízení nezahrnuje pouze roboty ve výrobě, kde je ale zpravidla potřebná komunikace robotů s dalšími technickými objekty tvořícími síť (systém) „v jistém taktu“ a to ve větším rozsahu než při využití robotů v jiných situacích. Zde v oblasti výroby vzniká „výukový problém či rozpor“ - pokud se obecně uvádí, že aplikace robotů umožňující automatizaci je možná tam, kde jsou činnosti prováděny rutinně a opakovaně, potom toto tvrzení bez dalšího vysvětlení představuje výukový problém, popř. nepravdu, pokud si pro oblast výroby uvědomíme rozdíl mezi autem a poloautem, jak je běžně uváděn (do poloautomatu je třeba vložit, popř. ustavit a vyjmout obrobek, tedy člověk provádí tyto rutinní činnosti, zdánlivě jednoduché, které se ale paradoxně daří automatizovat nejpозději).

Dalším problémem spojeným s výukou je, že potřebný „obsah výuky o robotech“ je méně, než by bylo třeba, nabízen didakticky transformován na střední úroveň výukové náročnosti a reálné technické aplikace. Na jedné straně tak spatřujeme dětské či školní stavebnice a velkou pozornost jim věnovanou, na druhé straně až učebnice pro odborníky psané spíše na úrovni studia vysoké školy, např. P. Blecha aj. (2008), J. Skařupa (2007), nově Z. Kolíbal (2016). Střední úroveň problematiky je tak ve výše uvedeném smyslu relativně volná. Přitom oblasti, které roboty mohou využívat, jsou početné a rozsáhlé (kromě výroby a dalších očekávaných také stavebnictví, zemědělství, sociální služby i doprava) a z našeho hlediska je zajímavé, že můžeme očekávat jejich nástup i do domácností k nejrůznějším účelům.

Manipulace prováděná robotem se může týkat pracovního orgánu a tedy přímo souviset s průběhem technologie, nebo se může týkat manipulace s látkami, materiály či polotovary (potom je i zde užíván termín manipulátor, např. Brno). I v tom případě lze přímo tuto činnost z hlediska všeobecné technologie (Allgemeine Technologie), mj. H. Wolffgramm (1994 a 1995) nebo F. Svatý (1987, s. 336), za technologii považovat, jde o technologii změny místa látky; F. Svatý (1987, s. 449) ovšem robotizaci snad z uvedených důvodů neřadí do části věnované technologii změny místa, ale stručně pojednává jinde. Ve výuce ale tato problematika nespádá, popř. jen okrajově je začleněna, do běžných kurzů strojírenské technologie. Tak třeba na portálu ELUC je prezentována celá řada učebnic pro strojírenství, pozornost je věnována CNC strojům a základům modelování ve 3D, zanedbatelně otázkám robotizace.

Snahy o rozsáhlé začlenění produkční techniky - CNC strojů a jejich systémů se s ohledem na efektivitu využití vynaložených finančních prostředků nejeví jako reálné (vyjma specializovaných studijních a učebních oborů na středních školách připravujících pracovníky pro konkrétní výrobu a na odpovídajících VŠ). Zde je alternativou možnost zapojit do výuky vhodné materiální didaktické prostředky, jejichž pořizovací cena je podstatně nižší, a které na odpovídající úrovni umožňují seznámit studenty s podstatou těchto technologií. Zde se jako vhodné jeví vybrané sety Fischer Technic, robotické konstrukční stavebnice Lego Mindstorms /NXT či EV3/, aj. a dále pak využít např. platformu Arduino spolu s širokou paletou dostupných senzorů. Z hlediska CNC zařízení je dostupný také stavebnicový CNC systém Unimat (www.helago.cz), popř. vybrané stavebnice obráběcích strojů Merkur (www.merkurtoys.cz). Vhodnou alternativou umožňující zpřístupnit žákům a studentům vybrané principy využívané i v oblasti CNC zařízení je dnes již ve školství častěji se vyskytující technika 3D tisku, která také umožňuje organicky propojit problematiku ICT, CAD/CAM, grafické komunikace a materiálů a technologií.

Do systému pregraduální přípravy učitelů technických předmětů je vhodné začlenit vybrané partie zaměřené na možnosti využití vhodných robotických stavebnic ve výuce a dále o možnostech začlenění robotických soutěží do výuky, např. First Lego League, RoboCup, a další (týmová spolupráce, stavba a programování robota, využití široké škály senzorů).

Závěr

To, čím je Průmysl 4.0 charakterizován, „objektivně“ probíhá a bude nastupovat zrychleně. Nejde tedy o to, zda iniciativa tohoto názvu je pozitivně a „celosvětově“ přijímána nebo není. Průmysl 4.0 a s ním spojené jevy nemůžeme proto z hlediska technického vzdělávání považovat jen za účelovou kampaň. Zatímco změny v průmyslu a ve výrobě lze očekávat jako relativně rychlé a změny v občanském životě a technice v domácnosti budou následovat, jakmile se „vyrobí a restrukturalizují“, bude školství reagovat na tyto změny s jistým zpožděním a je třeba, aby nebylo nadměrné. Je tedy třeba obezřetnost a nepodcenění přicházejících změn.

S těmito změnami bude spojena intelektualizace práce, manuální dovednosti budou vyžadovány především v „nepravidelných, mimořádných“ podmínkách. Vzroste proto význam celoživotního, neformálního a informálního vzdělávání.

Ve výuce materiálových technologií (zřejmě nejen v přípravě učitelů technických předmětů) bude podstatné sepětí teorie s praxí (praktické vyučování, technické praktikum), procedurální pokročilost výuky a sepětí s dalšími validními okruhy obsahu vzdělávání; tak bude mj. formou mezipředmětových vztahů a vertikální integrace realizován požadavek komplexnosti výuky a přípravy budoucích odborníků.

Výuka programování CNC strojů, podobně jako výuka o robotice, by měla být v přípravě učitelů technických předmětů spojena spíše s výukou informatiky, technologické podmínky by byly spíše zadávány. Takto členěná výuka by umožnila dobré návaznosti a zaměření na optimální šíři jak při výuce programování, tak robotiky. Výuka materiálových technologií by se tedy více zaměřila na podstatu technologií, méně na příslušná technická zařízení, která se stávají více obsahem následující výuky; jde třeba o výuku o dalších agregátech podmiňujících znalost technologických zařízení (pohony, převody atp.). Uvedené není převratně nové, svým způsobem byla takto uspořádána výuka v některých státech již na nižších stupních škol, kde technologie měly význam jako východisko další

výuky (pochopil-li žák podstatu soustružení, mohl být probrán soustruh, jeho jednotlivé orgány a řízení).

Kariérové poradenství stojí před nelehkými úkoly a pro kariérová rozhodnutí žáků bude mít stoupající význam pochopení technologií a s nimi spojených pracovních podmínek. Vznik nových profesí nebude zřejmě náhlý, změny v rámci stávajících profesí a nutnost dalšího vzdělávání v nich je evidentní.

Literatura

- Binder, M. (2015). Inhalt und Thema im Technikunterricht – Eine begriffliche klärung. *Technik im Unterricht*, 40(155), 5-11.
- Blecha, P. aj. (2008). *Mechatronika: Modul 10: Robotika (koncept)*. Brno: VUT. Dostupné na: <https://www.tu-chemnitz.de/mb/WerkzMasch/forschung/verbundprojekte/minos/cz/download/Website/Modul%2010/schuelerhandbuch.pdf>
- Dold, W. (2016). Spardose - Ein Industrieprodukt aus dem Technikunterricht. *Technik im Unterricht*, 41(162), 9 - 15.
- Fletcher, S. & Deutsch, J. (2016). Energiemündigkeit von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I – Konzeptionalisierung eines Modells zur Energiemündigkeit und Entwicklung eines darauf basierenden Testwerkzeugs. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(2), 106-127.
- Gebhardt, J., Grimm, A. & Neugebauer, L. M. (2015). Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 45-61.
- Iniciativa Průmysl 4.0* (2016). Praha: MPO ČR. Dostupné na: <https://www.mpo.cz/dokument176055.html>, popř. <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- Iniciativy Průmysl 4.0, Práce 4.0 a Vzdělávání 4.0. (2016). *Newsletter EQF*, 3(2). Dostupné na: <http://www.nuv.cz/eqf/iniciativy-prumysl-4-0-prace-4-0-a-vzdelavani-4-0>
- Jsmě připraveni na Průmysl 4.0*. (2017). Dostupné na: <http://ezu.cz/prumysl-4-0-2/>
- Národní vzdělávací fond, o.p.s. (2016). *Iniciativa práce 4.0*. Praha: MPSV ČR. Dostupné na: https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/prace_4_0
- Skařupa, J. (2007). *Průmyslové roboty a manipulátory - učební text*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita. Dostupné na: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf
- Straub, F. (2017). Die Bedeutsamkeit der Konstruktionaufgabe im Technikunterricht. *Technik im Unterricht*, 42(165), 10-17.
- Svatý, F. aj. (1987). *Technológia priemyslu*. Bratislava, Praha: Alfa, SNTL.
- Tenberg, R. (2016). Wie kommt die Technik in die Schule. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1), 11-21.
- Tenberg, R. & Pittich, D. (2017). Ausbildung 4.0 oder nur 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 5(1), 27-46.
- Vojáček, A. (2016). *Co se skrývá pod výrazy Industry 4.0 / Průmysl 4.0?* Dostupné na: <https://automatizace.hw.cz/mimochodem/co-je-se-skryva-pod-vyrazy-industry-40-prumysl-40.html>
- Wolffgramm, H. (1994). *Allgemeine Technologie. Band 1. Teil 1*. Hildesheim: Verlag Franzbecker.
- Wolffgramm, H. (1995). *Allgemeine Technologie. Band 1. Teil 2*. Hildesheim: Verlag Franzbecker.
- Zinn, B. (2015). Bedingungsvariablen der Ausbildung 4.0 – Ausbildung der Zukunft. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3 (2), 10-18.

Kontaktní adresa:

Martin Havelka, Mgr., Ph.D.,

Katedra technické a informační výchovy, Pedagogická fakulta UP, Žižkovo nám. 5, 771 40

Olomouc, ČR, tel.: 00420 585 635 812, fax +420 585 231 400, e-mail: martin.havelka@upol.cz

Jiří Kropáč, doc., PaedDr., CSc.

Katedra technické a informační výchovy, Pedagogická fakulta UP, Žižkovo nám. 5, 771 40

Olomouc, ČR, tel.: 00420 585 635 805, fax +420 585 231 400, e-mail: jiri.kropac@upol.cz