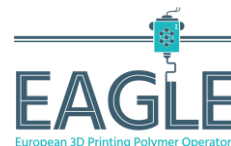
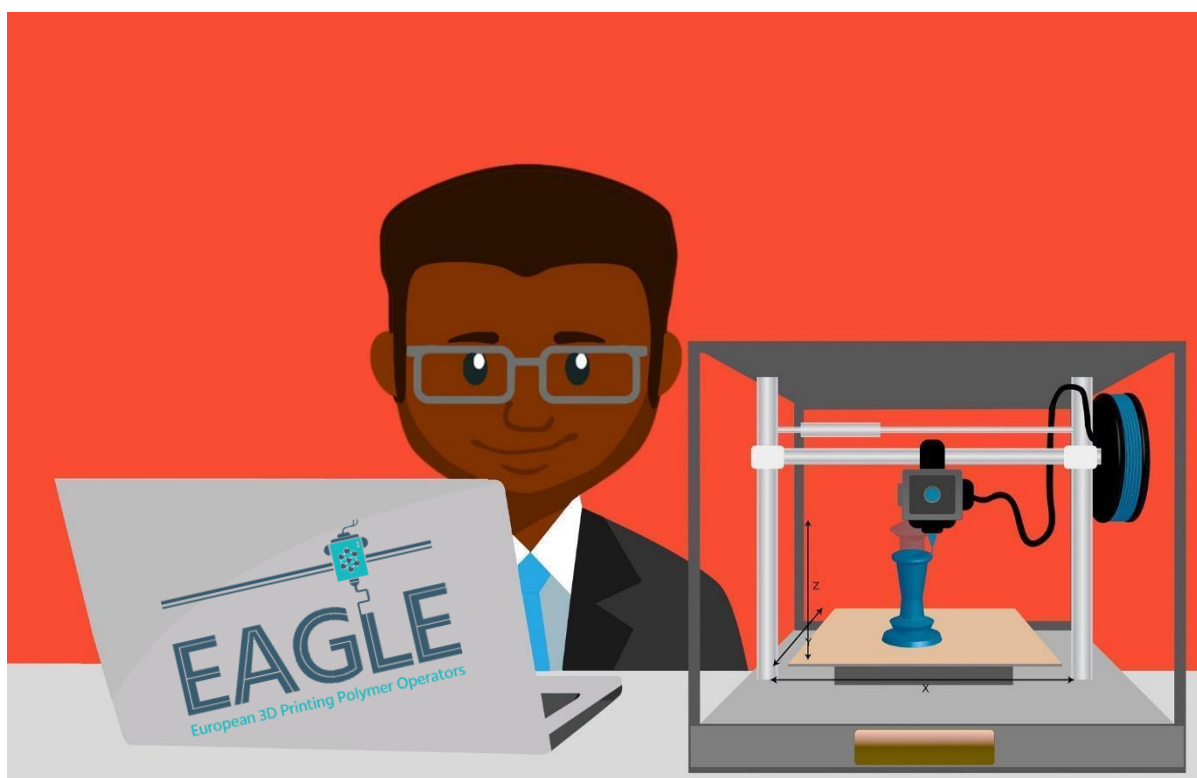




Co-funded by  
the European Union



## Evropští operátoři 3D tisku z polymerů



# EAGLE

## Operátor polymerů v Aditivní výrobě

Číslo projektu 2021-1-CZ01-KA220-VET-000033007

Tento projekt byl financován s podporou Evropské komise. Tato publikace vyjadřuje pouze názory autora a Komise nenesे odpovědnost za případné využití informací v ní obsažených. Erasmus+: 2021-1-CZ01-KA220-VET-000033007



## UČEBNÍ PLÁN PRO OPERÁTORY ADITIVNÍ VÝROBY POLYMERŮ

### Profesní profil

Operátoři polymerů jsou odborníci se specifickými znalostmi, dovednostmi, samostatností a odpovědností za obsluhu strojů využívajících polymerní procesy aditivní výroby (AM). Jejich hlavními úkoly jsou:

- Obsluha strojů na bázi polymerů pro AM, včetně montáže a nastavení, následného zpracování a údržby.

### Cíle učení:

- Příprava polymerního stroje AM na výrobu dílů - včetně postupů běžné údržby;
- Vlastní řízení manipulace se surovinami (schvalování, skladování, kontaminace, sledovatelnost);
- Vyvinout řešení základních a specifických problémů souvisejících se stroji a procesy polymerní AM;
- Provedení požadované operace následného zpracování.



## Jednotky kompetencí pro operátora polymerní AM

<b>CU_A - Polymerní materiály na AM</b>	<b>6</b>
<b>CU_B - Proces vytlačování materiálu (MEX)</b>	<b>7</b>
<b>CU_C - Proces fúze v práškovém loži (PBF-LB/P)</b>	<b>8</b>
<b>CU_D - Proces tryskání materiálu (MJT)</b>	<b>9</b>
<b>CU_E - Proces fotopolymerizace v kádích</b>	<b>10</b>
<b>CU_F - Výroba dílů MEX</b>	<b>11</b>
<b>CU_G - Výroba dílů PBF-LB/P</b>	<b>13</b>
<b>CU_H - Výroba dílů MJT</b>	<b>15</b>
<b>CU_I - Výroba částí kádí</b>	<b>17</b>
<b>CU_J - Zajištění kvality polymerních dílů AM</b>	<b>19</b>



## Úvod

Tento dokument zahrnuje minimální požadavky na vzdělávání a odbornou přípravu, pokud jde o výsledky učení (znalosti a dovednosti), a doporučené kontaktní (výukové) hodiny, které je třeba věnovat k jejich dosažení. Od studentů, kteří úspěšně absolvují zkoušky, se očekává, že budou schopni aplikovat dosažené výsledky učení na úrovni odpovídající úrovni kvalifikačního certifikátu.

Obsah modulárního kurzu je uveden v následující struktuře (přehled):

VÝUKOVÉ/KOMPETENČNÍ JEDNOTKY	Doporučené kontaktní hodiny*
CU_A - Polymerní materiály na AM	3,5
CU_B - Proces vytlačování materiálu (MEX)	3,5
CU_C - Proces fúze v práškovém loži (PBF-LB/P)	3,5
CU_D - Proces tryskání materiálu (MJT)	3,5
CU_E - Proces fotopolymerizace v kádích	3,5
CU_F - Výroba dílů MEX	7
CU_G - Výroba dílů PBF-LB/P	7
CU_H - Výroba dílů MJT	7
CU_I - Výroba částí kádí	7
CU_J - Zajištění kvality polymerních dílů AM	3,5
<b>CELKEM</b>	<b>45,5</b>

\* Doporučené kontaktní hodiny jsou minimální doporučené hodiny výuky pro standardní výukový postup. Kontaktní hodina musí obsahovat alespoň 50 minut přímé výuky.

\*\* Očekávaná pracovní zátěž se počítá v hodinách a odpovídá odhadu času, který studenti obvykle potřebují k dokončení všech vzdělávacích činností potřebných k dosažení definovaných výsledků učení ve formálním vzdělávacím prostředí, plus času potřebného k individuálnímu studiu.

V rámci této kvalifikace existují dva typy kompetenčních jednotek:

**Průřezová jednotka kompetencí** - jednotka kompetencí, jejíž výsledky učení nejsou přímo spojeny s jednou pracovní funkcí, protože dosažené znalosti a dovednosti budou využity v několika pracovních funkcích a činnostech.

**Jednotka funkční způsobilosti** - jednotka způsobilosti, jejíž výsledky učení jsou přímo spojeny s alespoň jednou pracovní funkcí a v níž budou získané znalosti a dovednosti využity v konkrétních pracovních funkcích a souvisejících činnostech.

Očekávané výsledky učení jsou popsány dvěma způsoby: obecnými deskriptory výsledků uspořádanými dle znalostí, dovedností, samostatnosti a odpovědnosti; a podrobně pro každou jednotku kompetencí, uspořádanou do pracovních funkcí a souvisejících činností, znalostí a



dovedností odpovídajících konkrétní úrovni způsobilosti v rámci úrovně systémového rámce EWF (viz příloha I).

V každé jednotce kompetencí jsou definovány cíle a rozsah pro určitou hloubku znalostí a dovedností. Doporučené kontaktní hodiny jsou rozděleny mezi teoretickou část (A), zadané projekty/cvičení (B), praktickou dílenskou výuku (C) atd., jak ukazuje následující příklad:

<b>Kvalifikace: Příklad 1</b>	
<b>KONTAKTNÍ HODINY</b>	<b>X= (SUM A:C)</b>
<b>Obsah předmětu</b>	A + B + C



### CU\_A - Polymerní materiály na AM

CU_A - Polymerní materiály pro AM	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Přehled polymerních materiálů, jejich vlastností a aplikací	3,5
<b>Celkem</b>	<b>3,5</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>7</b>

Výsledky učení - CU_A: Proces vytlačování materiálu (MEX)	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Základní faktické znalosti: <ul style="list-style-type: none"><li>– Materiály a vlastnosti polymerů</li><li>– Vliv polymerních materiálů na AM</li><li>– Potenciál a omezení polymerních materiálů</li></ul>
<b>DOVEDNOSTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Znalost výhod a omezení polymerních materiálů oproti jiným materiálům, včetně jejich použitelnosti.</li><li>– Identifikace polymerních materiálů pro použití v AM podle požadavků reálných aplikací</li></ul>



### CU\_B - Proces vytlačování materiálu (MEX)

CU_B - Proces vytlačování materiálu (MEX)	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Přehled procesu MEX	2,5
Přehled polymerních materiálů, jejich vlastností a aplikací	1
<b>Celkem</b>	<b>3,5</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>7</b>

Výsledky učení - CU_B: Proces vytlačování materiálu (MEX)	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"><li>– Proces a zásady vytlačování materiálu (MEX)</li><li>– Polymerní materiály a jejich vlastnosti a jejich vliv na aditivní výrobu MEX</li><li>– Potenciál a omezení polymerních materiálů MEX</li></ul>
<b>DOVEDNOSTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Rozpoznat výhody a omezení technologie MEX oproti jiným procesům polymerní AM, včetně její použitelnosti v závislosti na vlastnostech procesu.</li><li>– Určit hlavní součásti zařízení MEX</li><li>– Identifikace polymerních materiálů pro aplikace MEX</li></ul>



### CU\_C - Proces fúze v práškovém loži (PBF-LB/P)

CU_C - Proces fúze v práškovém loži (PBF-LB/P)	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Přehled procesu PBF-LB/P	2,5
Přehled polymerních materiálů, jejich vlastností a aplikací	1
Zajištění kvality	1
<b>Celkem</b>	<b>3,5</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>7</b>

Výsledky učení - CU_C: Fúze v práškovém loži (PBF-LB/P)	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"><li>– Proces a principy fúze v práškovém loži (PBF-LB/P)</li><li>– Polymerní materiály a jejich vlastností a jejich vliv na aditivní výrobu PBF-LB/P</li><li>– Potenciál a omezení polymerních materiálů PBF-LB</li></ul>
<b>DOVEDNOSTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Rozpoznat výhody a omezení PBF-LB oproti jiným procesům polymerní AM, včetně jeho použitelnosti v závislosti na vlastnostech procesu.</li><li>– Identifikace hlavních součástí zařízení PBF-LB/P</li><li>– Identifikace polymerních materiálů pro aplikace PBF-LB</li></ul>





### CU\_D - Proces „Material Jetting“ / Tryskání materiálu (MJT)

CU_D - Proces tryskání materiálu (MJT)	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Přehled procesů MJT	2,5
Přehled polymerních materiálů, jejich vlastností a aplikací	1
<b>Celkem</b>	<b>3,5</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>7</b>

Výsledky učení - CU_D: Proces tryskání materiálu (MJT)	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"><li>– Proces a principy tryskání materiálu (MJT)</li><li>– Polymerní materiály a jejich vlastnosti a jejich vliv na aditivní výrobu MJT</li><li>– Potenciál a omezení polymerních materiálů MJT</li></ul>
<b>DOVEDNOSTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Rozpoznat výhody a omezení MJT oproti jiným procesům polymerní AM, včetně jeho použitelnosti v závislosti na vlastnostech procesu.</li><li>– Identifikovat hlavní součásti zařízení MJT</li><li>– Identifikace polymerních materiálů pro aplikace MJT</li></ul>



### CU\_E - Proces fotopolymerizace VAT

CU_E - Proces fotopolymerizace VAT	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Přehled procesu VAT	2,5
Přehled polymerních materiálů, jejich vlastností a použití v kontextu procesu VAT	1
<b>Celkem</b>	<b>3,5</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>7</b>

Výsledky učení - CU_E: Proces fotopolymerizace VAT	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Faktická a široká: <ul style="list-style-type: none"><li>– Proces a principy fotopolymerizace VAT</li><li>– Polymerní materiály a jejich vlastností a jejich vliv na aditivní výrobu v kádích</li><li>– Potenciál a omezení materiálů polymerních kádí</li><li>– Kroky potřebné pro proces VAT</li></ul>
<b>DOVEDNOSTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Rozpoznat výhody a omezení technologie VAT oproti jiným procesům polymerní AM, včetně její použitelnosti v závislosti na vlastnostech procesu.</li><li>– Určete hlavní součásti zařízení VAT</li><li>– Identifikace polymerních materiálů pro aplikace v kádích VAT</li></ul>



### CU\_F - Výroba dílů MEX

CU_F - Výroba dílů MEX	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
NÁZEV PŘEDMĚTU	
Vybavení MEX a jeho součásti	1,5
Vstupní suroviny používané v procesu MEX	1
Typ souborů a pracovní dokumentace	1
Operace následného zpracování pro MEX	1
Postupy údržby strojů MEX	1,5
Postupy v oblasti zdraví, bezpečnosti a životního prostředí	1
<b>Celkem</b>	<b>7</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>14</b>

CU	ÚROVEŇ EQF/ EFW	PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ	POŽADOVANÉ ČINNOSTI NA PRACOVIŠTI	KONTAKTNÍ HODINY	ZATÍŽENÍ
Výroba dílů MEX	4 : Nezávislý	Výroba dílů MEX	Montáž a nastavení stroje Provádění operací následného zpracování Údržba a čištění systému MEX	7	14

Výsledky učení - CU_F: Výroba dílů MEX	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vybavení MEX a jeho součásti</li> <li>– Vstupní suroviny používané v procesu MEX</li> <li>– Typ souborů a pracovní dokumentace</li> <li>– Operace následného zpracování pro MEX</li> <li>– Postupy údržby strojů MEX</li> <li>– Postupy v oblasti zdraví, bezpečnosti a ochrany životního prostředí pro proces MEX</li> </ul>
<b>DOVEDNOST I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Připravit systém MEX podle všech požadovaných provozních kroků.</li> <li>– Vyjmout díly ze stavební desky</li> <li>– Odstranění podpěr (pokud je to nutné) z dílu a následné zpracování dílů.</li> <li>– Dodržování postupů v oblasti zdraví, bezpečnosti a ochrany životního prostředí</li> <li>– Údržba systému MEX</li> </ul>



### CU\_G - Výroba dílů PBF-LB/P

CU_G - Výroba dílů PBF-LB/P	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
System PBF-LB/P - Hardware	1
Požadavky na nastavení stroje PBF-LB/P	1
Spotřební materiál, suroviny a substráty	1
Typ souborů a pracovní dokumentace	1
Procesy odstraňování prášku a dílů	1
Následné zpracování	1
Postupy v oblasti zdraví, bezpečnosti a životního prostředí	1
<b>Celkem</b>	<b>7</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>14</b>

CU	ÚROVEŇ EQF/ EFW	PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ	POŽADOVANÉ ČINNOSTI NA PRACOVIŠTI	KONTAKTNÍ HODINY	ZATÍŽENÍ
Výroba dílů PBF-LB/P	4: Nezávislý	Výroba dílů PBF-LB/P	Montáž a nastavení stroje	7	14
			Provádění operací následného zpracování		
			Údržba a čištění systému PBF-LB/P		

Výsledky učení - CU_G: Výroba dílů PBF-LB/P	
<b>VĚDOMOSTI</b>	<p>Fakta a rozsah:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– PBF-LB/P Zařízení a jeho součásti</li> <li>– Vstupní suroviny používané v procesu PBF-LB/P</li> <li>– Typ souborů a pracovní dokumentace</li> <li>– Operace následného zpracování pro PBF-LB/P</li> <li>– Postupy údržby strojů PBF</li> <li>– HSE/BOZP pro proces PBF-LB/P</li> </ul>
<b>DOVEDNOST I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zkontrolujte připravenost systému PBF-LB/P k tisku (podle indikace stroje).</li> <li>– Vyjměte stavební komoru a přeneste ji do stanice následného zpracování.</li> <li>– Vyjmoutí dílu ze stavební komory (ve stanici následného zpracování).</li> <li>– Odsávání přebytečného prášku z dílů a stanice následného zpracování</li> <li>– Skladování a míchání regenerovaného a nového prášku s odpovídajícím výběrem poměru směsi</li> <li>– Umístěte nádobu na prášek na integrovaný mixér</li> <li>– Provádění operací následného zpracování (tryskání médií, pískování...)</li> <li>– Provádějte údržbu (např. tiskové plošiny, optických oken, vodícího šroubu osy x, infračerveného senzoru, opakovaného nátěru, čištění filtrů a výfukové hadice).</li> </ul>



### CU\_H - Výroba dílů technologií MJT

CU_H - Výroba dílů technologií MJT	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
NÁZEV PŘEDMĚTU	
Zařízení pro tryskání materiálu	1,5
Spotřební materiál, suroviny a substráty	1,5
Typ souborů a pracovní dokumentace	1
Operace po zpracování	1
Postupy údržby	1
Postupy v oblasti zdraví, bezpečnosti a životního prostředí	1
<b>Celkem</b>	<b>7</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>14</b>

CU	ÚROVEŇ EQF/ EWF	FUNKCE PRÁCE	POŽADOVANÉ ČINNOSTI NA PRACOVIŠTI	KONTAKTNÍ HODINY	ZATÍŽENÍ
Výroba dílů MJT	4: Nezávislý	Výroba dílů MJT	Montáž a nastavení stroje	7	14
			Provádění operací následného zpracování		
			Údržba a čištění systému MJT		

Výsledky učení - CU_H: Výroba dílů MJT	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zařízení MJT a jeho součásti</li> <li>– Vstupní suroviny používané v procesu MJT</li> <li>– Typ souborů a pracovní dokumentace</li> <li>– Operace následného zpracování pro MJT</li> <li>– Postupy údržby strojů MJT</li> <li>– HSE/BOZP pro proces MJT</li> </ul>
<b>DOVEDNOST I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ověřit připravenost systému MJT k tisku (podle indikace stroje).</li> <li>– Vyjmutí tiskové komory a přenesení do stanice následného zpracování.</li> <li>– Vyjmutí dílu z tiskové komory (ve stanici následného zpracování).</li> <li>– Odsávání přebytečného prášku z dílů a stanice následného zpracování</li> <li>– Skladování a míchání regenerovaného a nového prášku s odpovídajícím výběrem poměru směsi</li> <li>– Provádění operací následného zpracování (tryskání médií, pískování...)</li> <li>– Provádění postupů údržby (např.: Výměna a seřízení tiskové hlavy; Výměna čistícího válce hlavy, Doplnění zásobníku; Vysátí síta; Výměna kazety s materiálem; Seškrábání tavné lampy; Výměna ohřívací lampy; Výměna externí nádrže; Výměna filtru vakuového čerpadla).</li> </ul>



### CU\_I - Výroba dílů pomocí VAT

CU_I - Výroba dílů pro účely VAT	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Zařízení pro VAT a jeho součásti	1,5
Materiály používané v procesu VAT	1,5
Typ souborů a pracovní dokumentace	1
Operace následného zpracování pro VAT	1
Postupy údržby strojů VAT	1
Postupy v oblasti zdraví, bezpečnosti a životního prostředí	1
<b>Celkem</b>	<b>7</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>14</b>

CU	ÚROVEŇ EQF/ EWF	FUNKCE PRÁCE	POŽADOVANÉ ČINNOSTI NA PRACOVIŠTI	KONTAKTNÍ HODINY	ZATÍŽENÍ
Výroba dílů pomocí VAT	4: Nezávislý	Výroba dílů VAT	Montáž a nastavení stroje	7	14
			Provádění operací následného zpracování		
			Údržba a čištění systému kádí		

Výstupy učení – CU_I: Výroba dílů pomocí VAT	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zařízení pro VAT a jeho součásti</li> <li>– Materiály používané v procesu VAT</li> <li>– Typ souborů a pracovní dokumentace</li> <li>– Operace následného zpracování pro VAT</li> <li>– Postupy údržby strojů VAT</li> <li>– HSE/BOZP pro proces VAT</li> </ul>
<b>DOVEDNOST I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Příprava systému VAT</li> <li>– Vyjmutí tiskové desky ze stroje</li> <li>– Vyjmutí dílu z tiskové komory</li> <li>– Ponoření dílů do IPA (izopropylalkohol).</li> <li>– Vytvrzení dílů (UV světlem)</li> <li>– Odstranění podpěr z dílu a následné zpracování dílů</li> <li>– Odstranění přebytečné pryskyřice z kádě a příprava k dalšímu použití.</li> <li>– Kontrola sítky kádě, zda nedošlo k přelití pryskyřice na zadní stranu.</li> <li>– Odstranění přebytečné pryskyřice z nádrže/nádržky na pryskyřici (použijte trychtýř a filtr na latexové barvy).</li> <li>– Odstranění zbytků pryskyřice špachtlí.</li> <li>– Vyčištění kádě alkoholem a "ručníky".</li> <li>– Nanesení maziva do kádě (aby se pryskyřice při tisku dalších dílů nelepila).</li> <li>– Dodržování postupů v oblasti zdraví, bezpečnosti a ochrany životního prostředí</li> </ul>



## CU\_J - Zajištění kvality polymerních dílů AM

CU_J - Zajištění kvality polymerních dílů AM	DOPORUČENÉ KONTAKTNÍ HODINY
<b>NÁZEV PŘEDMĚTU</b>	
Zajištění kvality v procesech MEX	0,5
Zajištění kvality v procesech PBF-LB/P	0,5
Zajištění kvality v procesech MJT	0,5
Zajištění kvality v procesech VAT	0,5
Postupy zajištění kvality	1,5
<b>Celkem</b>	<b>3,5</b>
<b>ZATÍŽENÍ</b>	<b>7</b>

Výsledky učení - CU_J: Zajištění kvality polymerních dílů AM	
<b>VĚDOMOSTI</b>	Fakta a rozsah: <ul style="list-style-type: none"><li>– Zajištění kvality</li><li>– Postupy zajištění kvality</li></ul>
<b>DOVEDNOSTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Identifikace zásad zajištění kvality pro procesy MEX</li><li>– Identifikace zásad zajištění kvality pro procesy PBF-LB/P</li><li>– Identifikace zásad zajištění kvality pro procesy MJT</li><li>– Identifikace zásad zajištění kvality pro procesy VAT</li><li>– Provádění ověřování kvality</li></ul>