

# JAK MĚNÍ ADITIVNÍ TECHNOLOGIE VÝUKU?

**Martin Hartl**, prof. Ing., Ph.D.

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ  
Fakulta strojního inženýrství  
VUT v Brně

FSI VUT v Brně, 10. 5. 2018

Strojírenské fórum – moderní výrobní technologie a materiály

# Jak mění aditivní technologie výuku?

## OBSAH

- Od klasické k projektově orientované výuce
- Bakalářské studium
- Magisterské studium
- Diplomové projekty (Formula Student)
- StrojLab – první univerzitní FabLab v ČR

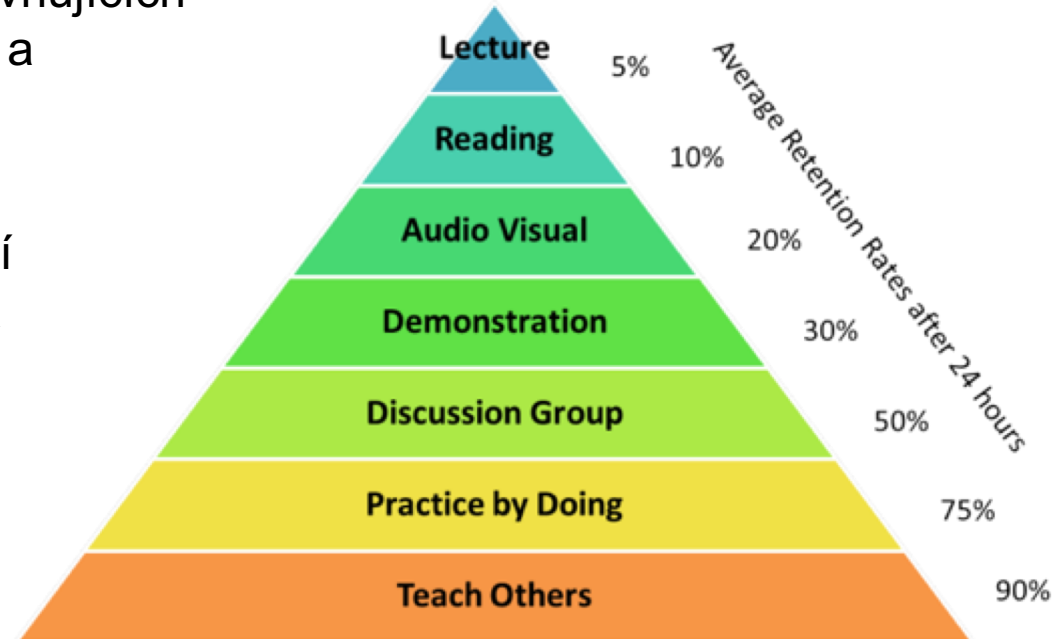


# Od klasické k projektově orientované výuce

## Hlavní problémy při klasické výuce

- Silná schopnost komunikace a týmové práce?
  - studenti je nemají
- Hlubší porozumění problémům ovlivňujících jejich profesi, sociální, ekonomické a environmentální aspekty?
  - studenti je nemají
- Studenti absolvují s dobrou znalostí základních inženýrských disciplín a počítačových dovedností
  - selhávají v jejich využití v praxi

The Learning Pyramid



Source: National Training Laboratories, Bethel Maine

# Projektově orientovaná výuka

## Základní charakteristické znaky

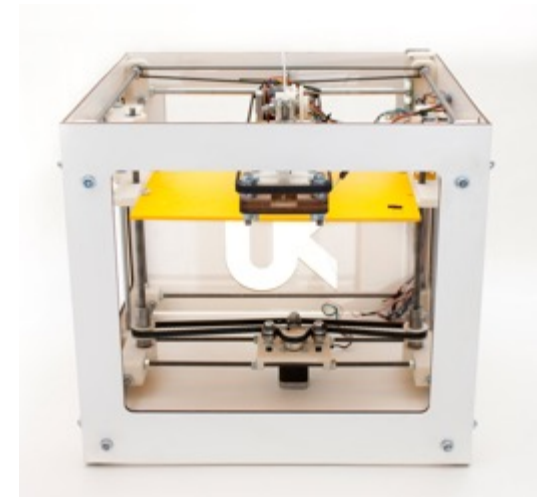
- Práce v týmech
- Blokovaná výuka teorie
- Zaměření na reálné výstupy
- Komplexní projekty (multidisciplinární)
- Od jednodušších projektů ke složitějším
- Řízení projektu, časový plán, rozdělení kompetencí



▪ Měření třecí síly v kluzném ložisku



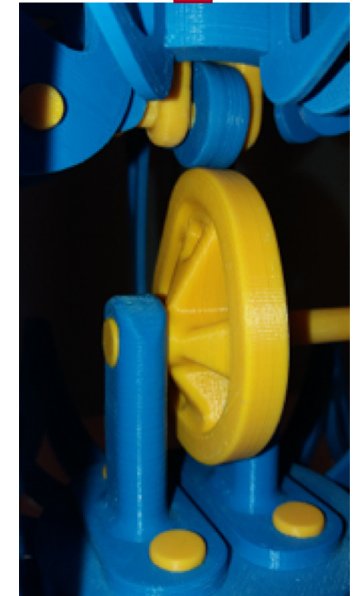
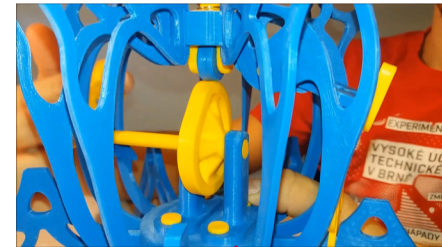
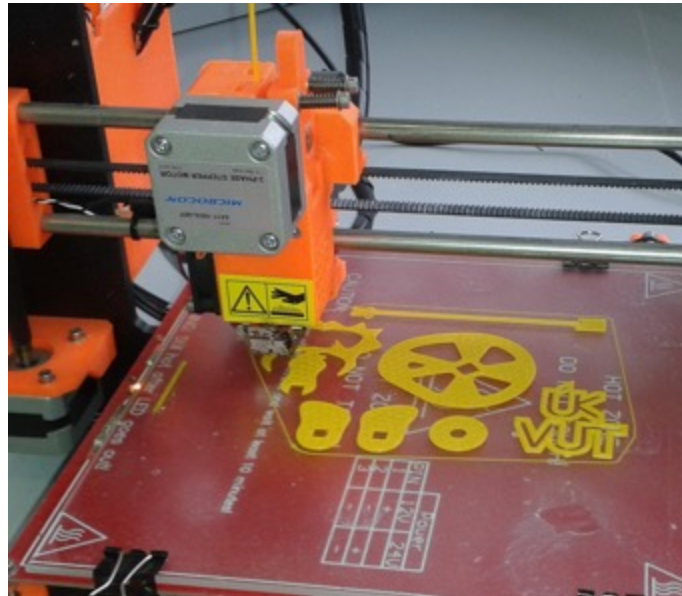
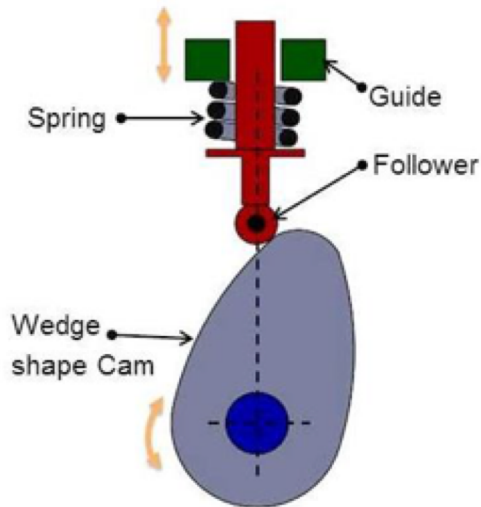
▪ Laserový 3D skener



▪ Studentská 3D tiskárna

# Bakalářské studium

- **Cíle předmětu „Konstruování strojů – mechanismy, 3D tisk a Solidworks“**
  - Dovést řešení od návrhu přes CAD model až po realizaci
  - Tvůrčí přístup
  - Omezující podmínky
  - Porozumění benefitům a omezením technologie 3D tisku
- *Příklad projektu: Vačkový mechanismus*

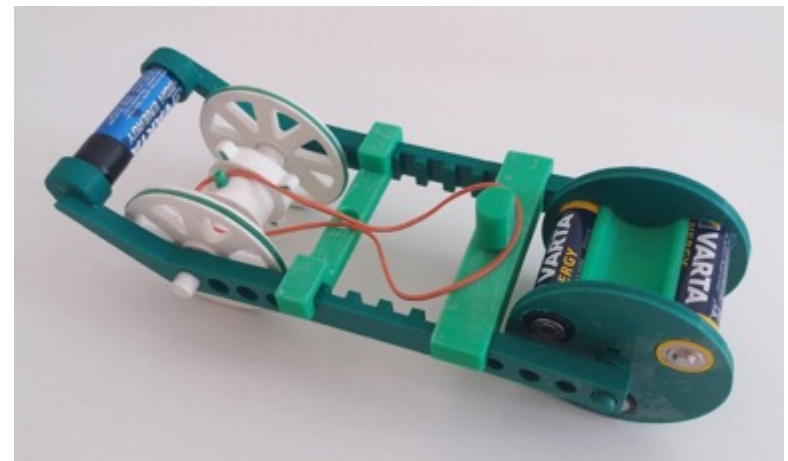
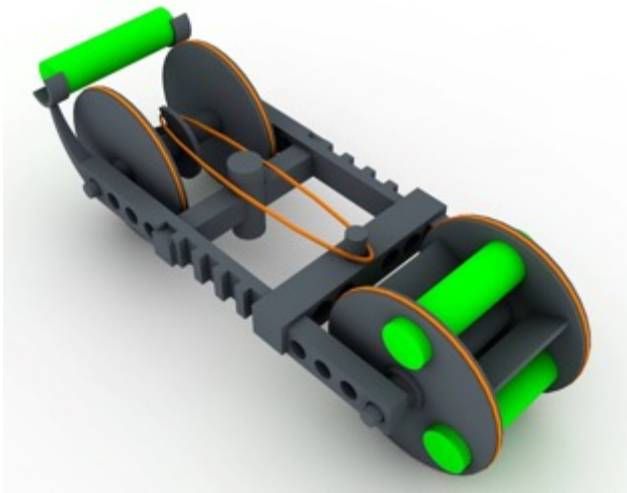


# Bakalářské studium

- **Vybavení pro 3D tisk:**
  - 5x 3D tiskárna Prusa i3
  - 5x 3D tiskárna UP! Mini
- **Příklady dalších mechanismů:**
  - Klikový mechanismus
  - Kulisový mechanismus
  - Maltézský mechanismus



*Příklad projektu: Auto s pohonem na gumičku*



# Magisterské studium

## Předmět „Tribologie“

- *Příklad projektu – Minimalizace třecích ztrát*
  - Minimální hmotnost: 500 g
  - Rozvor náprav:  $190 \pm 10$  mm
  - Rozchod kol:  $110 \pm 10$  mm
  - Průměr kol: 4 x 50 mm
  - Počáteční energie: 0,7 J
  - Bez valivých ložisek
  - Náklady: max. 300 Kč

### Vítězný návrh (vlevo)

- Teoreticky stanovená hodnota dojezdu: 29,84 m
- Skutečně ujetá vzdálenost: 28,9 m



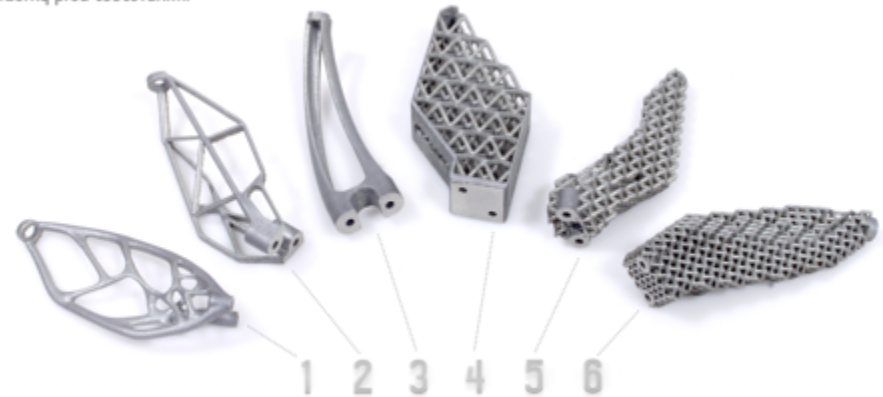
# Magisterské studium

## Předmět „Aditivní výroba“

- Přehled aditivních technologií
- Seznámení s materiály aditivní výroby
- Procesní parametry technologie SLM
- Struktura materiálu a únavové chování
- Softwarové nástroje:
  - Magics – příprava procesu
  - NetFab – generování struktur
  - Topologická optimalizace

Pořadí	Vzorek	m, [g]	Predikce [N]	Real Zatížení [N]	Predikce [g/N]	Real [g/N]	odchylka výpočtu
1	2	6,9	165	155	23,91	22,46	1,45
2	5	11,6	140	170	12,07	14,66	2,59
3	3	9,3	165	288	17,74	30,97	13,23
4	6	16	160	410	10,00	25,63	15,63
5	4	16,7	160	425	9,58	25,45	15,87
6	1	6,9	150	53	21,74	disq.	disq.

Vzorky před testováním:



Vzorky po testování:

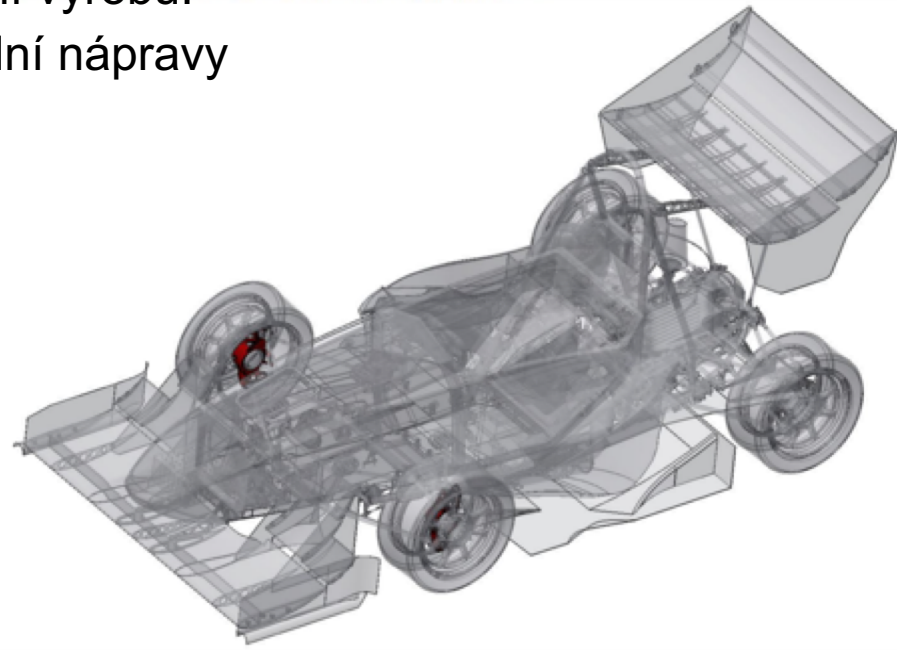




# Diplomové projekty

## Mezinárodní soutěž Formula Student

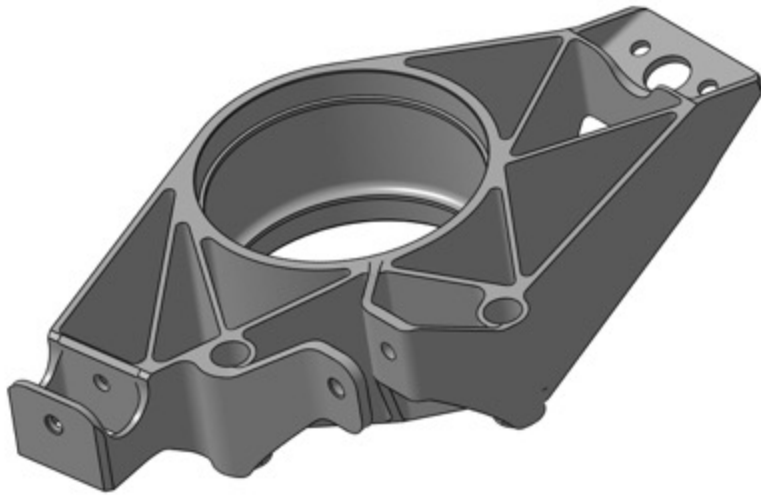
- Vznik v roce 1981, v Evropě od roku 1998
- Tým TU Brno Racing – v roce 2017 5. místo mezi 551 týmy světa
- 40 studentů, cca 40 000 hodin práce
  
- Diplomové práce se zaměřením na aditivní výrobu:
  - Topologická optimalizace těhlice přední nápravy



# Diplomové projekty

## Vývoj těhlice vozu Formula Student

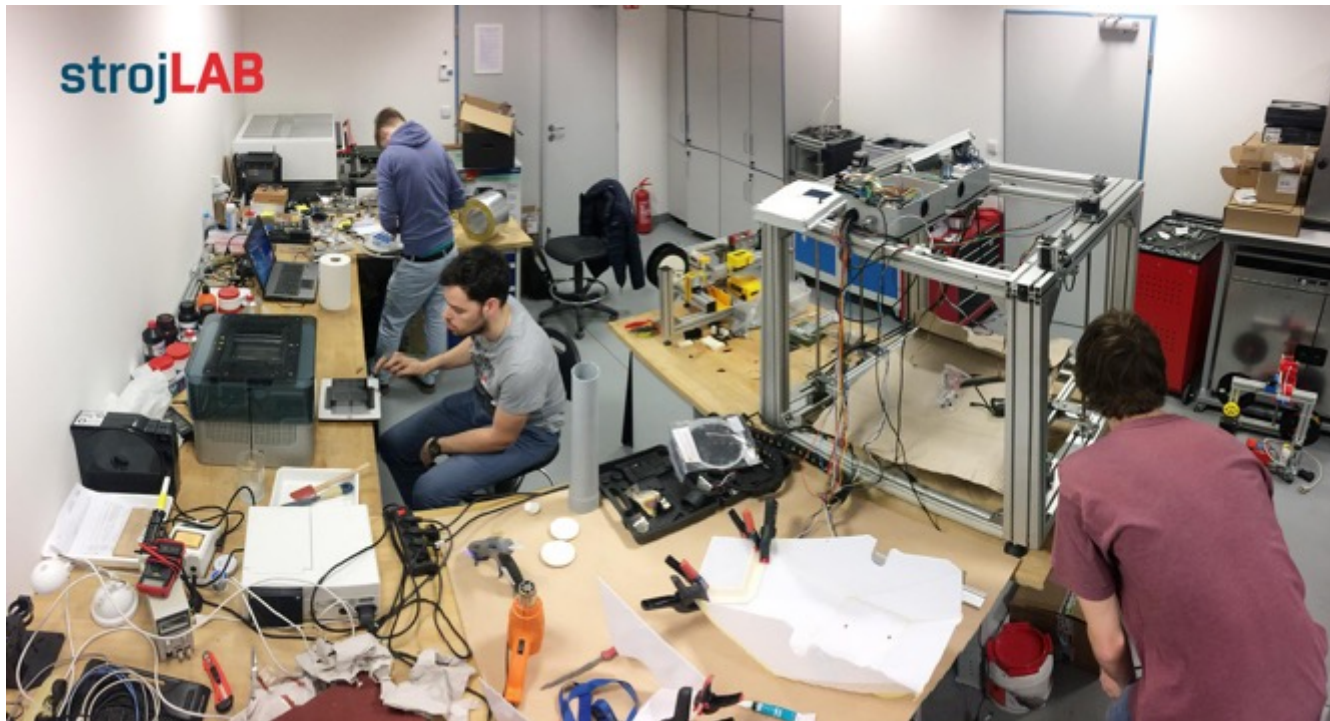
- Materiál: EN AW 7075 T6 ( $R_{p0,2} = 500 \text{ MPa}$ )
  - Hmotnost: 485 g
  - Maximální deformace: 0,5 mm
  - 7 let ladění konstrukčního návrhu
- Materiál SLM: AlSi10Mg ( $R_{p0,2} = 240 \text{ MPa}$ )
  - Hmotnost: 485 g
  - Maximální deformace: 0,6 mm
  - Prototyp



# strojLAB

## strojLAB – otevřená studentská dílna

- FabLab = Fabrication Laboratory
- Distribuovaný přístup k výrobě
- Otevírá možnosti studentům pro tvůrčí činnost



# strojLAB

## strojLAB – otevřená studentská dílna

- První univerzitní FabLab v ČR
- Otevření druhé dílny strojLabu – Futurama
- Vybavení: 4x FDM tiskárna, SLA tiskárna, laserová řezačka, extruder na filament
- Sdílení výrobních technologií + sdílení nápadů = zvýšený inovační potenciál



# DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

**Martin Hartl**, prof., Ing., Ph.D.

[hartl@fme.vutbr.cz](mailto:hartl@fme.vutbr.cz)

FSI VUT v Brně, 10. 5. 2018

Strojírenské fórum

Moderní výrobní technologie a materiály



[www.ustavkonstruovani.cz](http://www.ustavkonstruovani.cz)