



Inspekce komponenty vesmírné družice na str. 2.

Zdroj: TRL Space

# NEWSLETTER JARO 2025

Je mi potěšením představit Vám nové číslo newsletteru naší Laboratoře rentgenové počítačové mikro a nano tomografie na CEITEC VUT. Můžete si zde přečíst o některých našich nedávných aktivitách, včetně inspekce komponenty české vesmírné družice TROLL nebo měření studentské formule VUT na vysokoenergetickém CT.

Příjemné čtení!

**Tomáš Zikmund**  
Vedoucí laboratoře

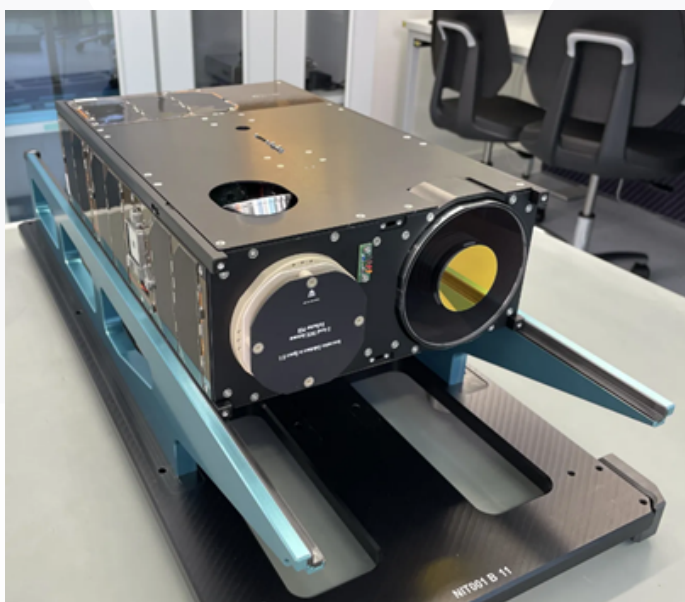
# INSPEKCE KOMPONENTY ČESKÉ VESMÍRNÉ DRUŽICE TROLL

V loňském roce jsme v naší tomografické laboratoři testovali komponentu zvanou „LLD sestava“, vyrobenou pomocí kovového 3D tisku firmou [One3D](#). Jedná se o součást hyperspektrální kamery, kterou je vybavena družice TROLL z dílny brněnské kosmické společnosti [TRL Space](#), která 14. ledna tohoto roku na špici rakety [Falcon 9](#) společnosti [SpaceX](#) zamířila na oběžnou dráhu. Snímky z této kamery mohou například pomoci dohlížet na znečištění v Česku i v zahraničí. Lze tak například snadněji a přesněji odhalit nelegální skládky a stavby, ale také kácení lesů nebo znečištění vody. Navíc se tyto záběry dají použít na přesné monitorování stavu vegetace.

## Informační okénko - Jak zařízení funguje

Hyperspektrální kamera, na rozdíl od běžné kamery, dokáže zachycovat světlo v desítkách spektrálních pásmech najednou, kdy každý bod obrazu obsahuje detailní informace o odraženém světle v různých vlnových délkách. A to umožňuje „vidět“ vlastnosti materiálů, které jsou pouhým okem nebo klasickými kamerami neviditelné – například chemické složení, vlhkost nebo teplotu objektů.

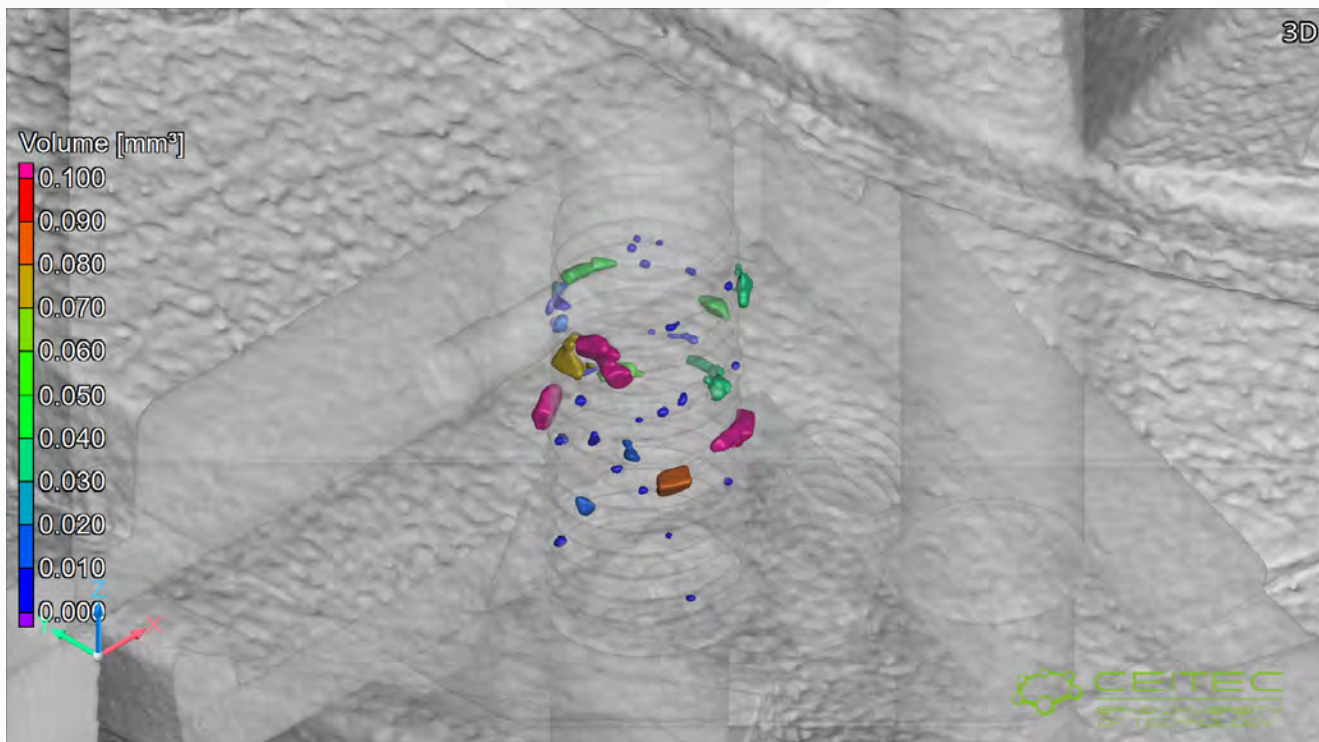
Konkrétním úkolem naší laboratoře bylo testování tištěné hliníkové komponenty LLD sestavy (viz Obr. 2). Přesněji šlo o detekci defektů v materiálu vzorku a jejich případnou kvantifikaci pomocí dostupného softwaru. Při vyhodnocení celého dílu, nebyly s daným rozlišením (36  $\mu\text{m}$ /voxel) nalezeny žádné defekty typu pórů. Pouze v oblasti jednoho ze závitů (viz Obr. 3), byly identifikovány drobné inkluze (cizorodý materiál) vyšší hmotnosti než materiál základní.



Obr. 1: Družice TROLL. (Zdroj: TRL Space)



Obr. 2: 3D render tomografických dat LLD sestavy.



Obr. 3: 3D render tomografických dat LLD sestavy s detailem na inkluze v oblasti závitů (obarvené dle velikosti objemu).

Autor: Vojtěch Slovák

# MĚŘENÍ STUDENTSKÉ FORMULE TU BRNO RACING VE VYSOKOENERGETICKÉM CT

V lednu jsme měli možnost realizovat měření na CT s 450kV rentgenkou přímo u výrobce Waygate Technologies v Německu. Měření proběhlo na přístroji [Phoenix v|tome|x L450](#), který bude na podzim roku 2025 instalován i v naší laboratoři. Jako testovací vzorek jsme si dovezli monokok studentské formule z týmu [TU Brno Racing](#) při VUT v Brně.



Obr. 4: Foto studentské formule TU Brno racing. Zdroj: <https://tubrnoracing.cz>

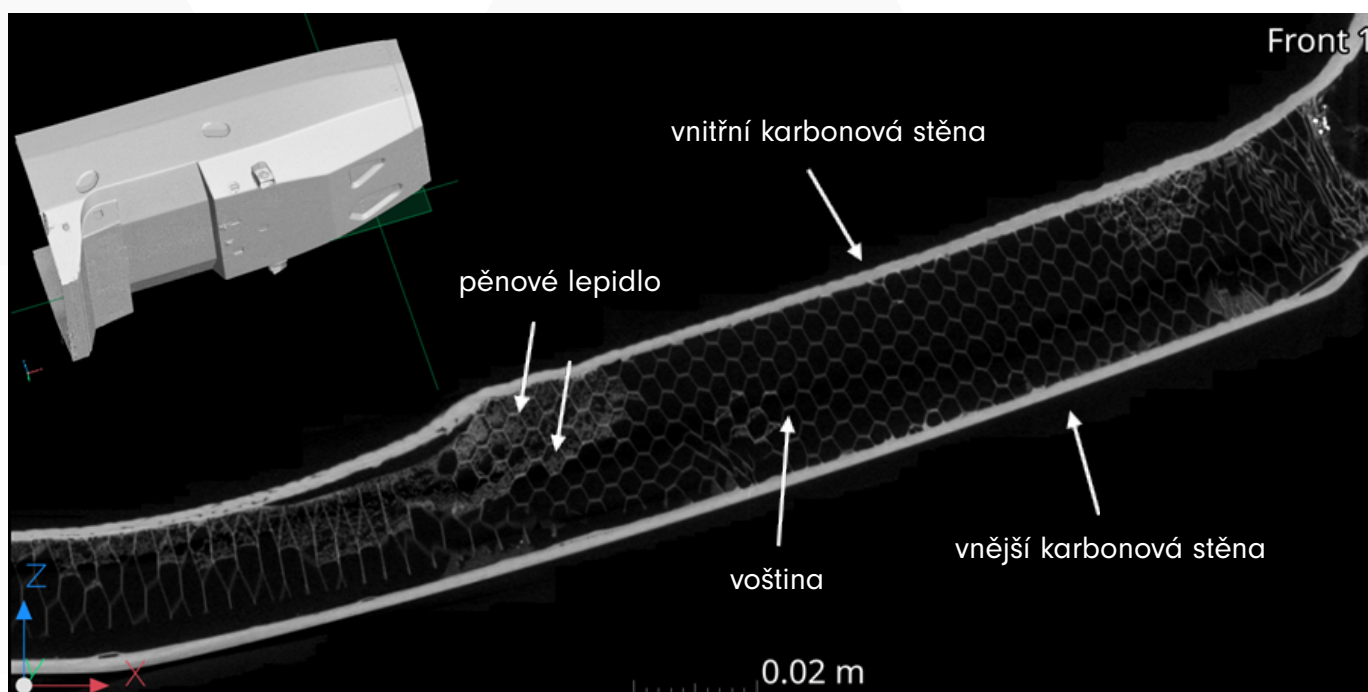
Testovaný přístroj disponuje unikátní trubicí s napětím 450 kV (tzv. mezo-fokusační trubice) a pěti volitelnými režimy dle užitého výkonu, kdy nejjemnější z nich umožňuje i při maximálním napětí dosáhnout rozlišení v řádu desítek mikrometrů. Díky tomu systém nabízí poměrně univerzální využití pro všechny vzorky z těžších materiálů od malých rozměrů až po složité sestavy. Námi měřený monokok měl včetně upínacích přípravků délku okolo 2,5 m. Zájmovou oblastí byly namáhané části okolo pro ramena zavěšení. Cílem měření bylo odhalit případná poškození vzniklá při celoročním namáhání během závodní sezóny.

Měření trvala 6 a 8 hodin a využila virtuální rozšíření detektoru pomocí jeho pohybu na 3 pozice ve vodorovné ose a až 6 pozic ve vertikální ose. Proto asi nepřekvapí, že výsledná CT data mají velikost okolo 200 GB na data set. Ačkoli jsme poměrně tvrdým rentgenovým svazkem prozařovali převážně karbonový monokok, ve výsledných datech lze kontrastně vidět všechny voštiny, pěnová lepidla a dílčí vrstvy karbonu, viz Obr. 6.

Na [tomto odkazu](#) se můžete podívat na video s výstupy z měření.



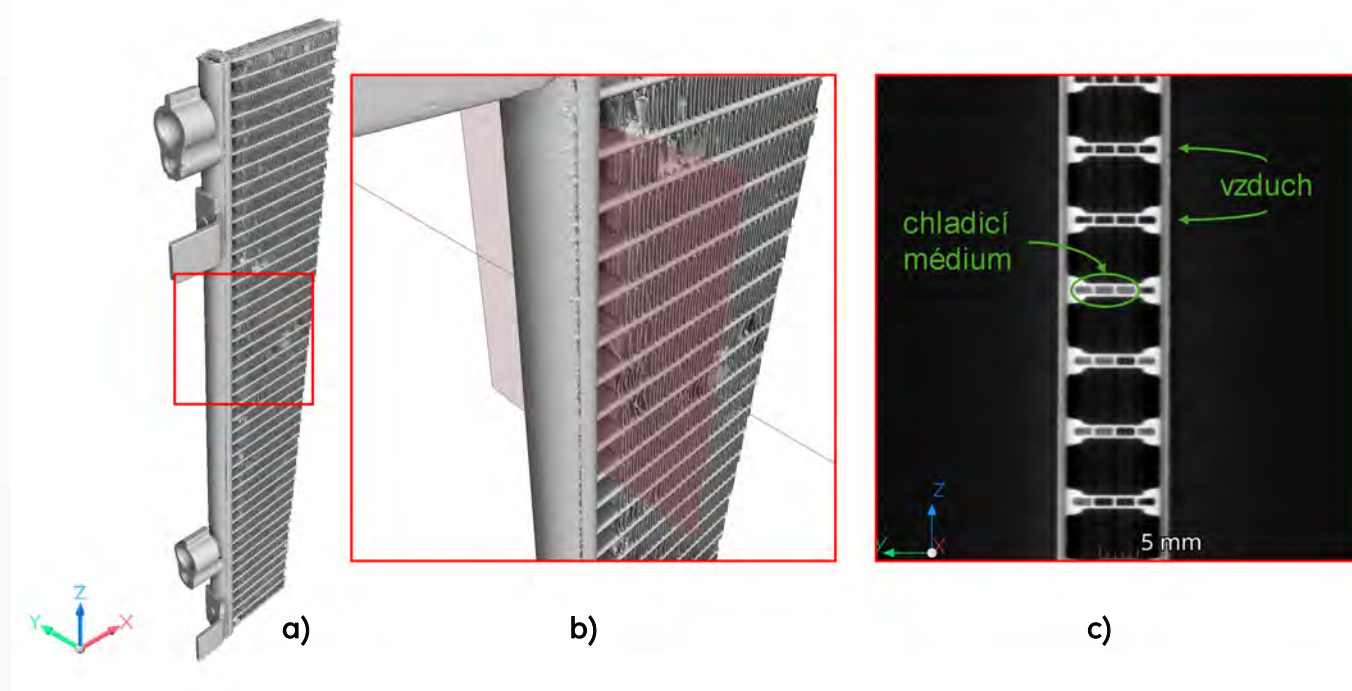
Obr. 5: Foto monokoku upnutého uvnitř tomografického systému.



Obr. 6: Tomografický řez stěnou monokoku. Poloha řezu je ukázaná na 3D renderu.

# ANALÝZA PRŮCHODNOSTI KANÁLKŮ CHLADIČE

Nedílnou součástí moderních automobilů jsou chladiče. V případě automobilů se spalovacím motorem se chlazením odvádí 30 až 35 % celkového tepla přivedeného palivem. Takto odváděné odpadní teplo lze využít mj. na vytápění vozidla. Je tedy snahou dělat chladiče co nejefektivnější. Jejich účinnost může negativně ovlivnit např. zdeformované žebrování nebo netěsnosti v chladicím systému, což se projeví notoricky známým únikem kapaliny pod motorem vozidla. Obojí je více či méně detekovatelné na pohled bez nutnosti zásahu dovnitř chladiče.



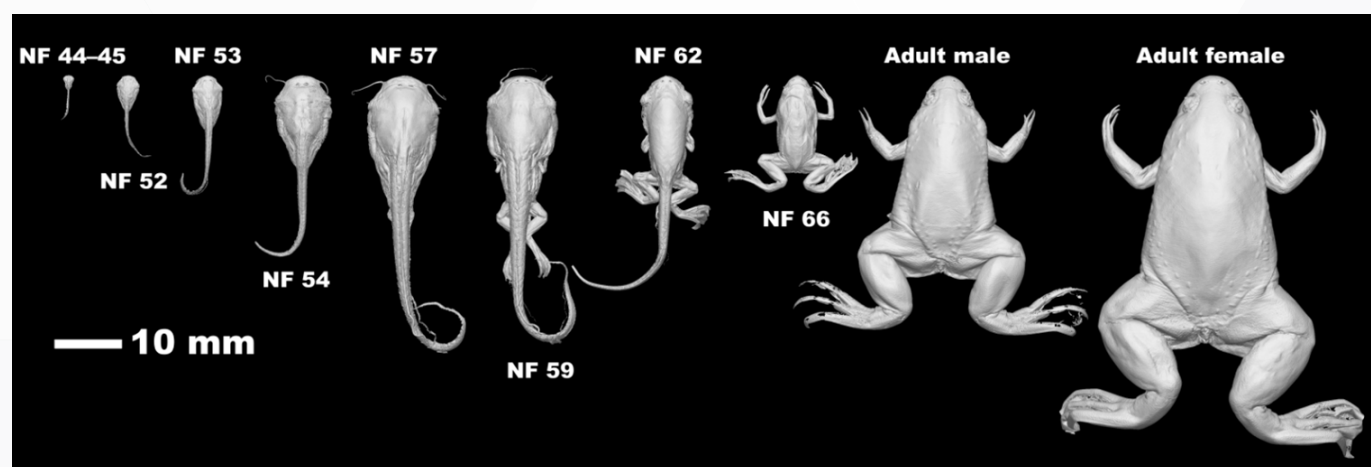
Obr. 7: Ověření průchodnosti v konkrétním místě chladiče: 3D render CT dat (a) s vyznačenou rovinou (b) příslušející tomografický řez vedený jednotlivými trubičkami, které jsou připojeny k hlavní trubce (c).

Co už se kontroluje hůře, je průchodnost kanálků, v kterých proudí chladicí médium. Toto je vhodné kontrolovat jak při výrobním procesu, tak také po jejich dlouhodobém zatížení. Rentgenová počítačová tomografie je ideální metoda, která umožňuje nedestruktivně ověřit průchodnost těchto kanálků (viz Obr. 7). Zcela vpravo lze vidět řez sériově vyráběným chladičem, kde jsou v patrech nad sebou čtveřice kanálků, z nichž některé jsou zaplněny chladicím médiem. Rozměr jednoho kanálku je v tomto případě 2 x 0,8 mm. Díky CT je možné určit podíl průchozích a ucpaných kanálků, a tím stanovit pokles efektivního průřezu, což má zásadní vliv na výkon chladiče. Pro řádné vyhodnocení průchodnosti kanálku je potřeba jej analyzovat buď po celé délce, nebo alespoň v místě napojení na hlavní trubku, kde často dochází k ucpání vlivem pájení při výrobě.

# 3D ATLAS VÝVOJE MODELOVÉHO ORGANISMU XENOPUS LAEVIS

Žába Drápatka Vodní (*Xenopus laevis*) slouží jako modelový organismus ve vědeckém výzkumu. Díky snadnému rozmnožování v laboratorních podmínkách, rychlosti vývoje a velikosti vajíček je tento obojživelník jedním z nejvýznamnějších organismů pro výzkum zejména ve vývojové biologii a genetice. Přestože je tato žába ve vědě využívána po několik desetiletí, nikdy nebyl precizně zdokumentován její vývoj a pohlavní dimorfismus na základě reálných dat.

Díky využití mikroCT bylo možné vytvořit 3D atlas, který mapuje vývoj této žáby v jednotlivých stádiích od zrodu pulce až po dospělou žabu (Obr. 8). Tento atlas se skládá z vytvořených 3D modelů [1–3] kde lze detailně prozkoumat jakoukoliv strukturu, a to jak vizuálně, tak kvantitativně [4]. 3D modely umožňují sledovat změny mezi jednotlivými stádii a analyzovat rozdíly například mezi samci a samicemi, přičemž samci bývají zhruba o třetinu menší než samice.



Obr. 8: 3D modely tomografických dat Drápatky vodní popisující její vývoj od pulce, až po dospělou žabu.

Jedním z nejzajímavějších období vývoje Drápatky je fáze metamorfózy, kdy dochází k zásadním změnám ve stavbě a velikosti těla. Před metamorfózou pulec postupně roste a hromadí tělesnou hmotu, kterou následně využije jako zdroj energie pro vývoj nových orgánů. Během tohoto procesu například zanikají žábry a ocas, zatímco se vyvíjejí plíce a končetiny, které jsou klíčové pro život dospělé žáby. MikroCT umožňuje sledovat změny v těchto strukturách již v raných fázích metamorfózy, kdy je jejich celková velikost pulce jen v řádu několika milimetrů.

I přes vysoké rozlišení a detaily, které mikroCT nabízí, tvorba atlasu přináší určité výzvy. Jedním z hlavních omezení je nutnost dvojího skenování pro analýzu měkkých i tvrdých tkání, protože nelze zobrazit oba typy tkáně současně s dostatečným kontrastem. Nejprve proto proběhlo skenování tvrdých tkání, poté následovalo chemické barvení vzorku pro zvýraznění měkkých tkání, a následně proběhlo druhé měření již nabarvených tkání. Dalším klíčovým krokem byla extrakce vybraných orgánů a struktur ze vzorků pomocí nejmodernějšího software, a jejich kvantitativní analýza. Více o tvorbě atlasu se lze dozvědět z reportáží [5,6].

[1] <https://skfb.ly/p9GrU>, [2] <https://skfb.ly/p9GrV>, [3] <https://skfb.ly/p9GrW>

[4] <https://academic.oup.com/gigascience/article/doi/10.1093/gigascience/giae037/7714386?login=true>

[5] [https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/veda/vedci-z-brna-zachytili-embryonalni-vyvoj-zab-ve-3d-modelech-dosud-existoval\\_2410081001\\_epo](https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/veda/vedci-z-brna-zachytili-embryonalni-vyvoj-zab-ve-3d-modelech-dosud-existoval_2410081001_epo)

[6] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/1181680258-tyden-v-regionech-brno/324281381891116/>

# MULTI-SCALE IMAGING WORKSHOP

1. - 3. dubna 2025 se konal Multi-scale Imaging workshop, který pořádala naše laboratoř. S více než 130 účastníky z průmyslu i z akademické sféry jsme strávili 3 dynamické dny se zaměřením na speciální techniky s využitím nejmodernějších technologií Earth and environmental sciences. Cílem setkání bylo shromáždit výrobce, vědce a profesionály ke sdílení postřehů, předvádění inovací a diskusi o vyvíjejících se potřebách zobrazování napříč obory.

První, průmyslový den byl organizovaný ve spolupráci firmou s [Waygate Technologies](#). Zaměřili jsme se na případy CT aplikací v reálném světě, technologický pokrok a poslechli si cenné znalosti a zkušenosti řečníků. Následovaly vědecké dny, organizované ve spolupráci se sítí [EXCITE](#), která zahrnovala praktická školení se zobrazovacím softwarem Dragonfly, Avizo, dále exkurze k výrobcům mikroskopů ThermoFisher Scientific, TESCAN a Delong Instruments a kometované prohlídky [CTLAB](#) a [LIBSLAB](#).

Prohlédněte si fotogalerii na tomto [odkazu](#).



Obr. 9: Fotografie účastníků workshopu.

# PŘESUN MICROME|X MICROFOCUS

V letošním roce došlo k přesunu z Fakulty strojní VUT dalšího přístroje do laboratoří na CEITEC VUT. Jedná se konkrétně o [Microme|x microfocus X-ray inspection system](#), který je primárně určen na kontrolu elektroniky. Je navržený především pro inspekci složitých desek plošných spojů a SMT (Surface Mount Technology) sestav. Více informací o analýze pájených spojů na [tomto odkazu](#).



Obr. 10: Fotografie jeřábu stěhujícího Microme|x microfocus.

Autor: Michaela Škaroupková

## KONTAKTUJTE NÁS

**doc. Ing. Tomáš Zikmund, Ph.D.**  
tomas.zikmund@ceitec.vutbr.cz  
+420 541 142 846

[www.ctlab.ceitec.cz](http://www.ctlab.ceitec.cz)  
ctlab@ceitec.vutbr.cz  
+420 541 142 875

**CEITEC VUT**  
Vysoké učení technické v Brně, Středoevropský technologický institut  
Purkyňova 656/123, 612 00 Brno