

POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE VE FORENZNÍM VÝZKUMU

Marcela Kolínová¹, Aleš Richter¹, Evžen Babůrek², Matěj Kolář¹, Martin Kysela¹

¹*Technická univerzita v Liberci, Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1*

²*EUROSEAL a.s., Majakovského 651/13, 460 06 Liberec*

ABSTRAKT

Článek je zaměřen na využití počítačové tomografie ve forezním výzkumu a představení počítačového mikrotomografu Skyscan 1272. Počítačovou tomografií díky nedestruktivní analýze vnitřní struktury materiálů lze uplatnit v celé řadě oborů. Tato metoda dále nabízí informace o rozložení plniv, pórů, vláken a defektů v testovaném vzorku a jeho 3D vizualizaci pomocí speciálních softwarů. Počítačový mikrotomograf Skyscan 1272 lze úspěšně použít při forezním zkoumání napadení plomb. Například při neoprávněných odběrech v energetice a vodárenství, při manipulaci s bezpečnostní plombou a následné krádeži, v logistice, při převozech nákladu a peněz, při padělání zboží (ochrana značky, plomby, kolky) apod. Pomocí počítačové tomografie lze ověřit zajištění a detekce neoprávněného porušení bezpečnostních plomb, pečeti a obálek.

Klíčová slova: Počítačová tomografie (mikro-CT), 3D vizualizace (3D model), forezní výzkum, bezpečnostní prvky

COMPUTED TOMOGRAPHY IN FORENSIC RESEARCH

ABSTRACT

The paper focused on using computed tomography in forensic research and performance of computed microtomograph Skyscan 1272. Computed tomography due to non-destructive analysis of the internal structure of materials can be applied in many fields. This method also provides information on the distribution of fillers, pores, fibers and defects in the tested

sample and their 3D visualization using special software. Computed microtomograph Skyscan 1272 can be successfully used in the forensic investigation of attack seals. For example, when unjustified consumption of energy and water supply, in the manipulation of security seals and the downstream theft, in logistics, in the transport of cargo and money, in fake goods (trademark protection, seals, stamps) and etc. Using computed tomography can be verified to security and detection unjustified damage of security seals.

Keywords: Computed tomography (micro-CT), 3D visualization (3D model), forensic research, security seals

1. ÚVOD

Počítačová tomografie je radiologická vyšetřovací metoda, která pomocí rentgenového záření umožňuje zobrazení vnitřní struktury materiálu. CT znamená v překladu zobrazování v řezech, tedy strukturní zobrazování stavby bez fyzického narušení celku. Tato metoda je dnes široce používána, např. v lékařství, archeologii, biologii, geofyzice a mnoha dalších vědách. Je založena na matematické metodě zvané tomografická rekonstrukce. [1] Výsledná kvalita obrazu závisí nejen na čase, po který se data zpracovávají, ale i na dalších faktorech. Při průchodu různými materiály rentgenové paprsky slábnou. Stupeň absorpce je menší nebo větší v závislosti na hustotě materiálu, závisí především na vlastnostech zkoumaného materiálu. [2]

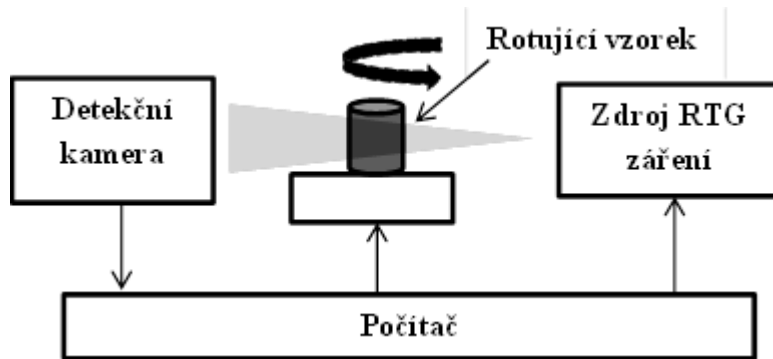
Tato rentgenová diagnostika se dá úspěšně aplikovat při forenzním zkoumání napadení plomb v těchto situacích:

- *neoprávněné odběry v energetice a vodárenství* – úmyslné napadení měřicích přístrojů (elektroměrů, plynoměrů, vodoměrů), poškození ochranných plomb (olověných, plastových, samolepicích) s cílem vyřadit nebo omezit měřicí přístroj a neoprávněně odebírat medium.
- *kriminalistika* – manipulace s bezpečnostní plombou za účelem vniknutí do zabezpečených prostor a následné krádeže.
- *logistika, převozy nákladů a peněz* - manipulace s bezpečnostní plombou za účelem vniknutí do zabezpečených prostor a následné krádeže.
- *myslivost* – manipulace s bezpečnostní plombou za účelem krádeže ulovené zvěře, pytláctví (v ČR a řadě států Evropy je povinnost ulovenou zvěř označit plombou s číslem mysliveckého sdružení, na jehož území byla zvěř ulovena).
- *padělky zboží* – ochrana značky, plomby, kolky.

Cílem tohoto článku je představit konkrétní přístroj počítačové tomografie Skyscan 1272 a ukázat jeho možnosti v oblasti forenzního výzkumu.

2. POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE

Pomocí výpočetní tomografie můžeme snadnějším, nedestruktivním způsobem zobrazit struktury zkoumaných objektů jako například kompozitní materiály, tkáně, kosti, distanční pleteniny, netkané textilie, biologické materiály atd. [4]



Obr. 1 Schéma funkce rentgenové mikrotomografie

Na Obr. 1 je schéma funkce rentgenové mikrotomografie. Tomografické RTG zobrazení se dosahuje tím, že testovaný vzorek rotuje a je prozařován rentgenkou pod různými úhly. Naproti zdroji x-záření je umístěná CCD detekční kamera. Úzký svazek prozařuje vzorek a jeho intenzita je detekována a převáděna na elektrický signál. Při průchodu různými materiály rentgenové paprsky slábnou. Stupeň absorpce je menší nebo větší v závislosti na různé hustotě materiálu, závisí především na vlastnostech zkoumaného materiálu. [3]. Koeficientem absorpce záření se vyjadřuje schopnost různých látek pohlcovat rentgenové záření. V případě, že je vyzařovaná energie konstantní, pohlcování rentgenových paprsků závisí pouze na materiálu, kterým procházejí. Výstupem z tomografu jsou 2D snímky (řezu). Tuto metodu můžeme použít při kontrole materiálů, lokalizaci defektů a poruch ve vnitřní struktuře materiálů, rozdělení hustoty, relativním obsahu složek v různých oblastech řezu, distribuci pórů nebo objektů, vizualizaci zkoumaných struktur apod. [2]

3. EXPERIMENTÁLNÍ TECHNIKA

Stolní mikrotomografický přístroj SkyScan 1272 (Obr. 2) je vybaven rentgenkou s výkonem 10 W max, 16 Mpx detekční CCD kamerou, držákem pro upevnění vzorku a počítačovou stanicí. Rozlišení přístroje je 0,5 μm , maximální velikost testovaného materiálu 70 mm v průměru a 70 mm na délku.

Metodika testování vnitřní struktury materiálu je následující:

Skyscan 1272 naskenuje objekt ve formě 2D obrazů, které za pomoci specializovaného programu (rekonstrukční software NRecon) převede na objekt ve formě 3D. Získaný dataset a výsledky skenování lze zkontrolovat pomocí programu Dataviewer, kde je možné si prohlédnout vnitřní strukturu testovaného vzorku ze tří rovin – transaxiální, sagitální a koronární. Součástí tomografu je také softwarové vybavení pro kompletní 2D a 3D kvantitativní analýzu, pro morfometrii (měření tvarů) a denzitometrii (pro měření optických hustot zpracovávaných fotografických záznamů), pro realistické 3D vizualizace zkoumaných objektů (tvorba 3D modelů), apod. [4]



Obr. 2 Mikrotomografický přístroj SkyScan 1272 včetně pracovní stanice

4. EXPERIMENT

Jak již bylo zmíněno, počítačový tomograf umožňuje kvalitní zobrazení vnitřních struktur různých materiálů. Přístroj Skyscan 1272 se nachází v Oddělení fyzikálních měření, Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace. Cílem experimentu byla tvorba 3D modelů a vizualizace různých typů bezpečnostních plomb pomocí tohoto mikrotomografu.

4.1 Použité materiály a metoda měření

Pro hodnocení a vizualizaci byly použity bezpečnostní prvky firmy Euroseal a.s. Liberec:

- indikativní plastové plomby typu PL se širokým spektrem využití, které jsou vyrobeny z vysoce kvalitního plastového materiálu,
- plastové plomby typu ES vyrobené z vysoce kvalitního plastového materiálu s použitím kovové kleštiny,
- kovové lankové plomby, jejichž tělo je vyrobeno z hliníku a plomba se uzavírá pomocí ocelového lanka,
- kovové kontejnerové plomby vyrobené z kvalitní oceli.

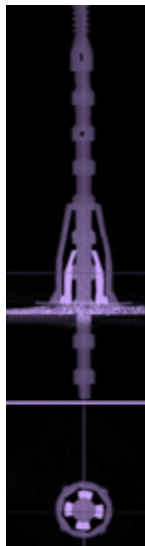
Jedna skupina bezpečnostních plomb byla uzavřena a upravena tak, aby rozměry vzorků odpovídaly požadovaným parametrům vhodným pro mikrotomograf Skyscan 1272. Vzorky byly vloženy do skeneru a upevněny na rotační držák. Po nastavení příslušných skenovacích parametrů byl zahájen skenovací proces. Po jeho ukončení byl získaný 2D dataset transferován pomocí Nrecon softwaru na 3D dataset. Takto transformovaná data byla dále zpracovávána v programu Dataviewer a CTVOX. Druhá vybraná skupina bezpečnostních plomb byla vystavena tepelné, tahové nebo chemické deformaci. Takto poškozené plomby byly naskenovány a získaná data zpracována speciálními softwary. Plastové plomby byly vystaveny teplotám 185°C a 120° C nebo byly chemicky deformovány pomocí technického benzínu a polyoxymetylenu, lankové kovové plomby byly mechanicky namáhány silami 1, 2, 3 a 4.4 kN. Některé získané projekce nepoškozených a poškozených bezpečnostních plomb ukazuje následující kapitola 4.2.

4.2 Ukázka výsledků měření

4.2.1 Vizualizace nedeformovaných bezpečnostních prvků

Plastové bezpečnostní plomby typu PL

Parametry skenování plomby typu PL 91:
napětí rentgenky 50 kV, proud 200 uA,
rozlíšení 20 um, expozice, 464 ms, délka
skenování 35 minut.



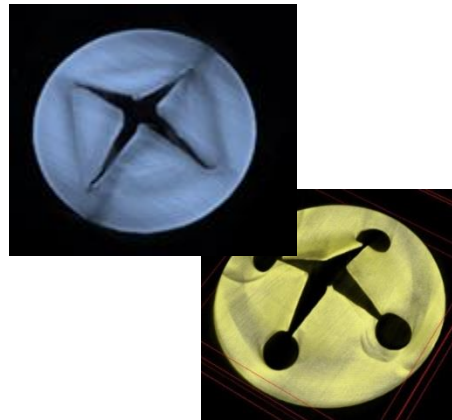
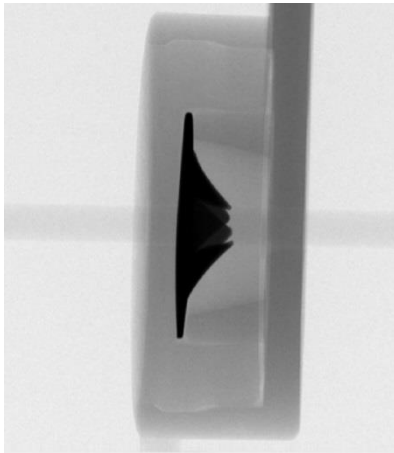
Parametry skenování plomby typu PL 95:
napětí rentgenky 60 kV, proud 166 uA, rozlišení
20 um, expozice 1118 ms, délka skenování 110
minut.



Plastové bezpečnostní plomby typu ES

Parametry skenování plomby typu ES:

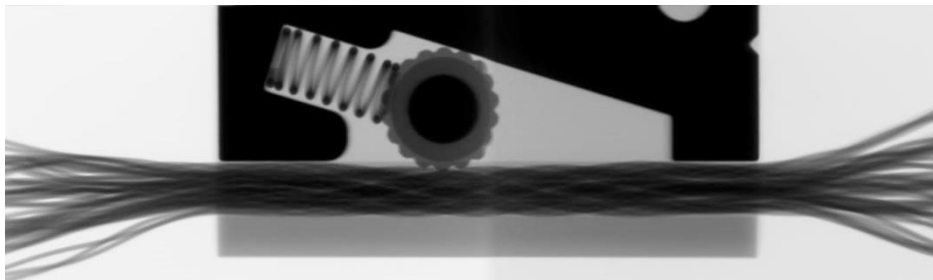
napětí rentgenky 80 kV, proud 125 uA, rozlišení 20 um, expozice 1129 ms, délka skenování 200 minut.



Kovové lankové plomby

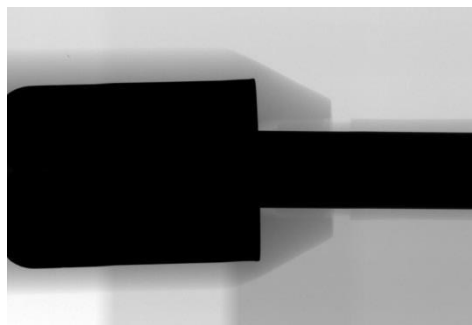
Parametry skenování kovové lankové plomby:

napětí rentgenky 100 kV, proud 100 uA, rozlišení 20 um, expozice 2130 ms, délka skenování 70 minut.



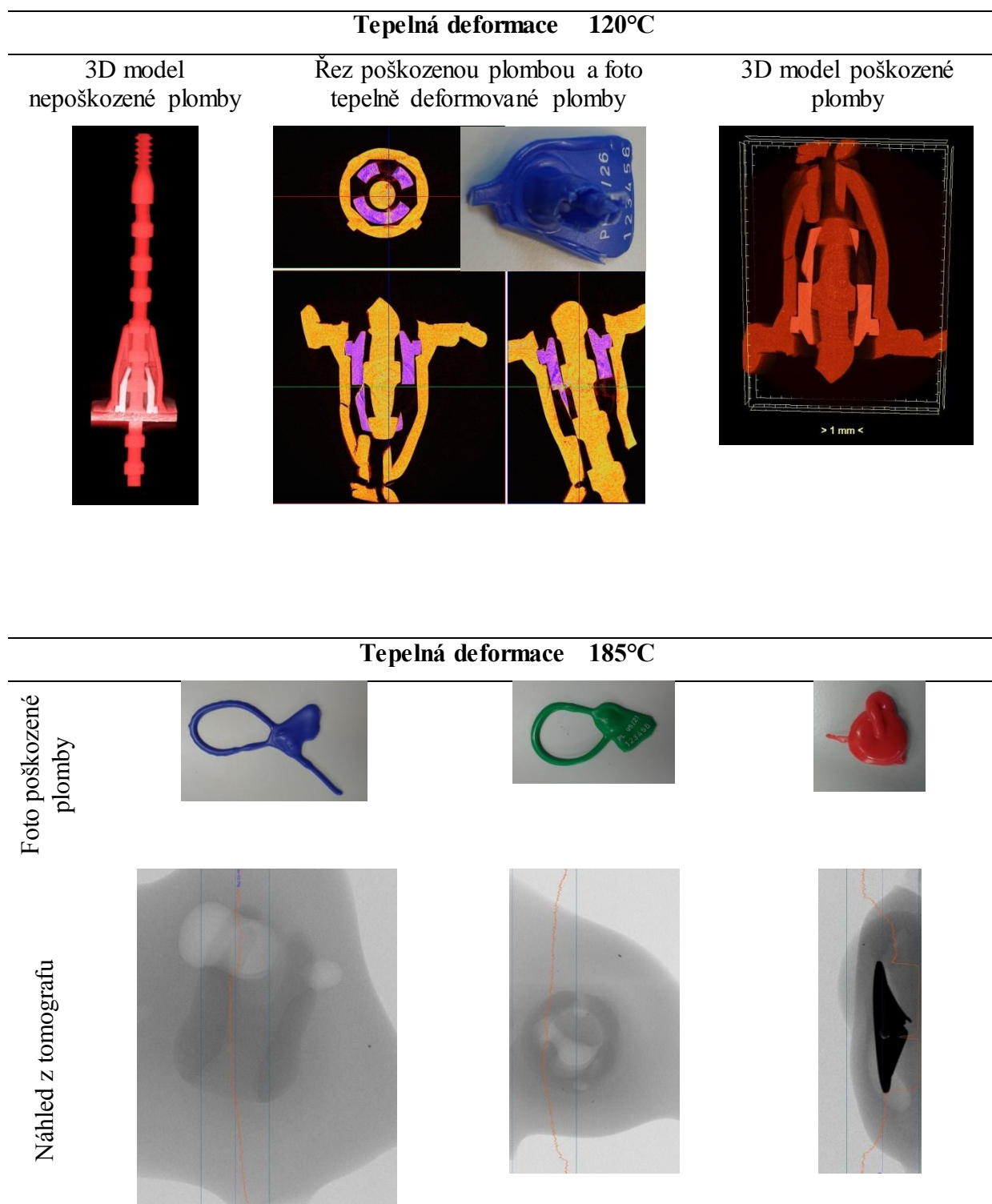
Kovové kontejnerové plomby

Tento bezpečnostní prvek nelze testovat tomografem z důvodu nedostatečného výkonu rentgenky. K dispozici je pouze náhled ze skeneru.



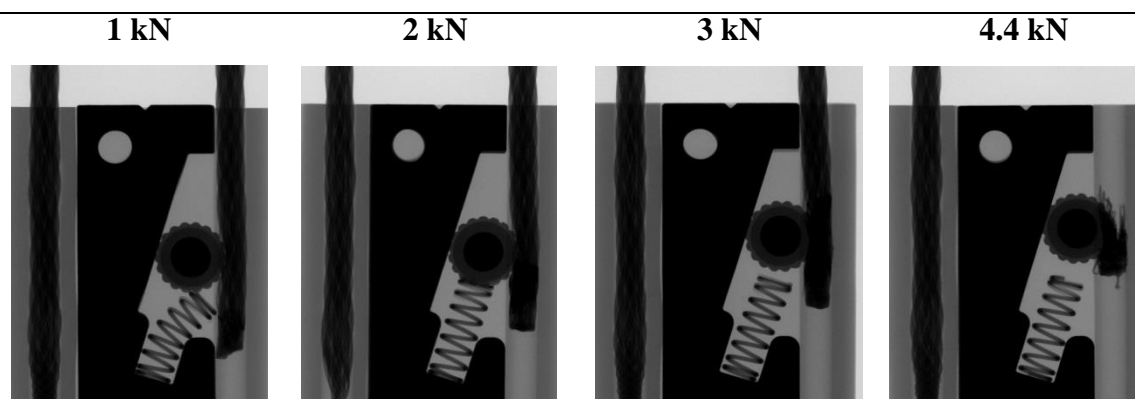
Obr. 3 Vizualizace nedeformovaných typů bezpečnostních prvků mikrotomografem

4.2.2 Vizualizace deformovaných bezpečnostních prvků



Obr. 4 Vizualizace tepelně deformovaných plomb pomocí mikrotomografu

Tahová deformace



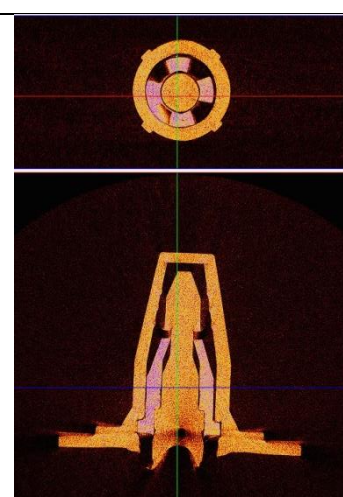
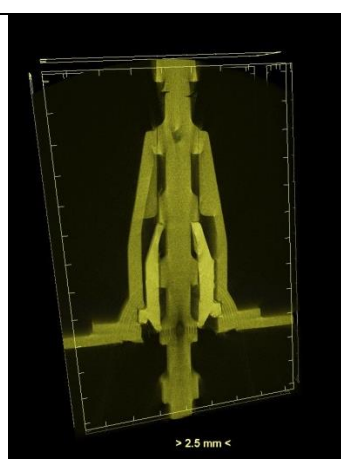
Obr.5 Vizualizace tahové deformace kovových bezpečnostních prvků

Chemická deformace

Rozpouštědla

Technický benzín

Polyoxymetylén



Plomba značená tepelným tiskem

Plomba typu PL 91

Plomba typu PL 95

Obr. 6 Vizualizace chemicky poškozených bezpečnostních prvků

5. ZÁVĚR

Při zkoumání potenciálně napadené bezpečnostní plomby za účelem zjištění skutečného stavu dochází k třístupňovému zkoumání. Prvním stupněm je vizuální zkoumání, které probíhá na místě napadení a většinou bez použití dalších prostředků. Druhým stupněm je inspekční zkoumání, které probíhá buď na místě napadení nebo v laboratorních podmínkách. Je možné

použití dalších prostředků (např. lupa, mikroskop, referenční vzorek). Tento výzkum je prováděn speciálně proškoleným pracovníkem. Třetí stupeň je forenzní zkoumání, které probíhá v laboratorních podmínkách, za použití speciálních přístrojů, speciálně vyškoleným pracovníkem. Závěry z forezního zkoumání mohou být použity jako důkazní prostředky u soudních procesů. Zde byl představen sofistikovaný počítačový mikrotomograf jako jedna z nedestruktivních metod ověřování zajištění a detekce neoprávněného porušení bezpečnostních prvků.

Poděkování:

Článek vznikl v rámci projektu „Metody ověřování zajištění a detekce neoprávněného porušení bezpečnostních plomb, pečeti a obálek“, registrační číslo VI20152018023 v rámci „Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2015-2020“ (BV III/1-VS) Ministerstva vnitra.

LITERATURA

- [1] Kraus, I., Fiala, J.: Elementární fyzika pevných látek, ČVUT v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha 2011, ISBN 978-80-01-04931-0.
- [2] Gajdošík, R.: Charakterizace porézních materiálů pomocí RTG mikrotomografie, Univerzita T. Bati ve Zlíně, BP, Zlín 2014.
- [3] Ullmann, V.: Detekce a aplikace ionizujícího záření, <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm>
- [4] Bakalova, T., Kolínová, M.: Možnosti použití počítačové tomografie v technice, Jemná mechanika a optika, 1.vyd. Přerov, Fyzikální ústav AV ČR, 2014, roč. 14, č.4, s. 111-114, ISSN 0447-6441.