

Metrologie pro radioterapii pulzními svazky s vysokou dávkou v pulzu



- UHDpulse – “Metrology for advanced radiotherapy using particle beams with ultra-high pulse dose rates”;
- Projekt zaměřený na vývoj a zlepšení metrologie absorbované dávky pro externí terapii využívající **UHD svazky**;
 - **Pulzní svazky s velmi vysokou dávkou v pulzu, ultra krátkým pulzem, nebo obojí**;
 - FLASH RT, VHEE radioterapie, laserem generované svazky;
 - Společný výzkumný projekt v rámci Evropského metrologického programu pro inovace a výzkum (EMPIR): program koordinovaného výzkumu a vývoje zaměřený na metrologii umožňuje evropským metrologickým institutům, průmyslovým a lékařským organizacím a akademické obci spolupracovat na široké škále společných výzkumných projektů;
 - Projekt zahájen v roce 2019, ukončení 2/2023; koordinátor PTB, Německo.

EMPIR



The EMPIR initiative is co-funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the EMPIR Participating States



Interní partneři

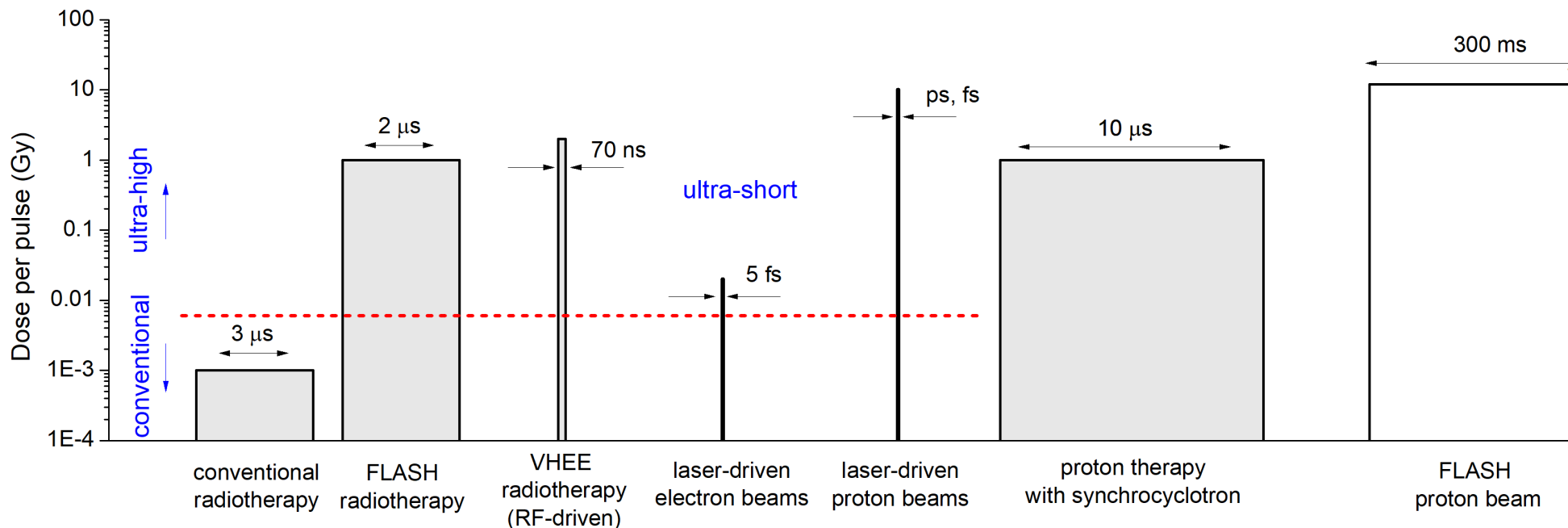


Externí partneři

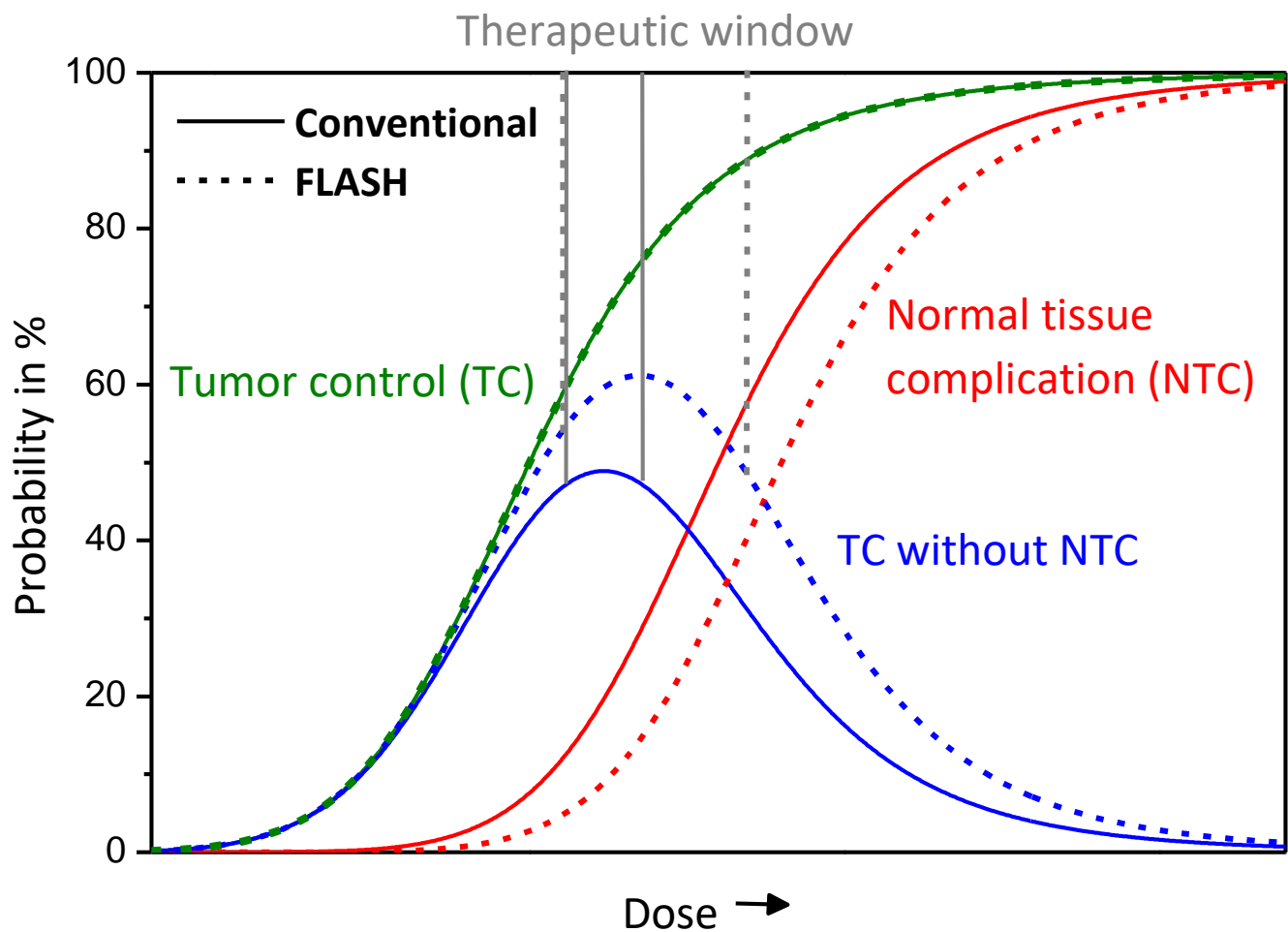


- Vývoj primárních a sekundárních referenčních etalonů a referenčních metod pro dozimetrii svazků částic v UHD svazcích;
- Charakterizace odezvy vybraných dostupných detekčních systémů v UHD svazcích;
- Vývoj metod pro relativní dozimetrii a pro charakterizaci rozptýleného záření mimo primární UHD svazky;
- Poskytnutí metrologických základů pro budoucí přípravu Good Practice Guide pro absolutní dozimetrii v UHD svazcích.

- Radioterapie UHD svazky je slibná léčba rakoviny, která je založena na rychlém dodání vysoké dávky záření v několika pulzech s ultravysokým dávkovým příkonem;
- Není to však nový koncept - od 60.let 20.století je známo, že dodání celkové požadované dávky v jediném velmi krátkém pulzu rentgenového záření významně zvyšuje pravděpodobnost přežití buněk ve srovnání s konvenční radiační léčbou;
- V posledních letech je o radioterapii UHD svazky opětovný zájem;
 - V souvislosti s výzkumy ukazujícími na snížení nežádoucích vedlejších účinků ozařování ve srovnání s konvenční radioterapií, tzv. **FLASH efekt**;
 - V souvislosti s vývojem technologie a s tím související rostoucí dostupností vhodných urychlovačů;
- FLASH efekt je pozorován u fotonů, elektronů i protonů.



pulzní svazky s velmi vysokou dávkou v pulzu,
ultra krátkým pulzem, nebo obojí



UHD svazky →

- Snížení pravděpodobnosti komplikací zdravých tkání
- Zachování efektivity účinku na nádor



Dávky 22 - 34 Gy

Konvenční RT
(5 Gy/min)

36 týdnů po léčbě



Nekrotické léze

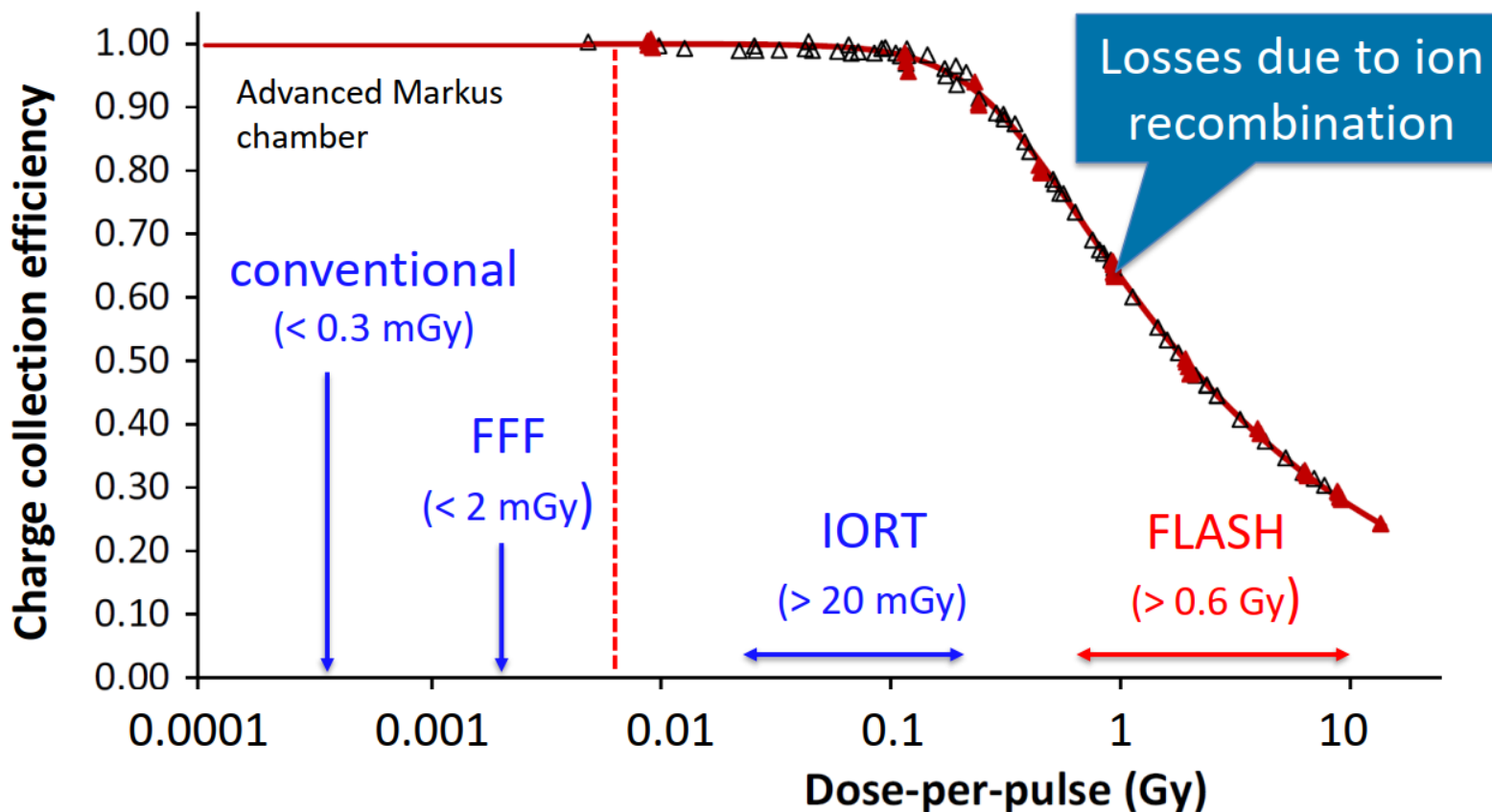
FLASH-RT
(300 Gy/s)



Normální vzhled pokožky

Vozenin et al., Clin Cancer Res 25 (2019) 35
DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-17-3375

Nástroje a metody zavedené v dozimetrii pro konvenční RT nejsou vhodné pro UHD RT, např. u vzduchových ionizačních komor dochází vlivem rekombinace iontů ke snížení účinnosti sběru náboje.

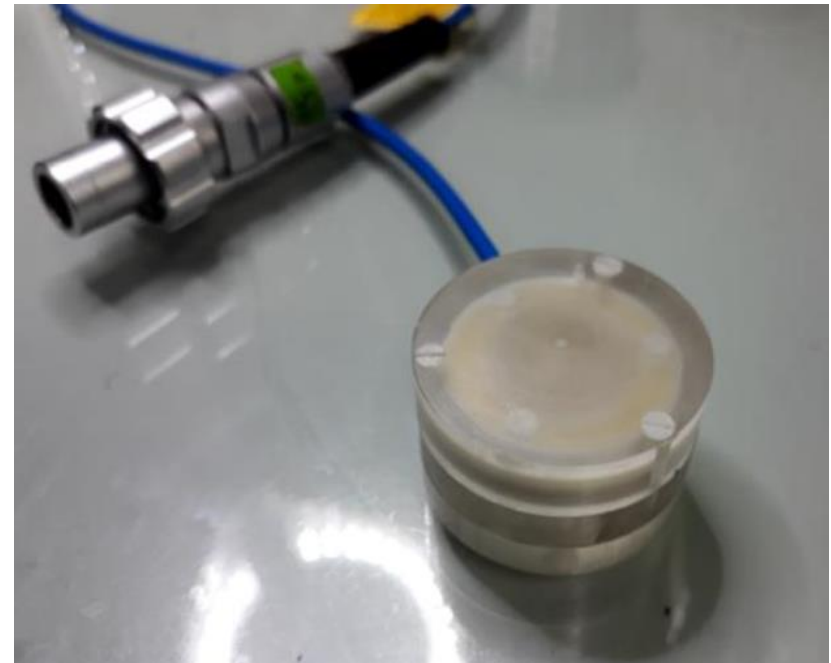


- Cíl
 - Poskytnout metrologický základ pro podporu absolutní dozimetrie UHD svazků generovaných konvenčními i novými laserem řízenými urychlovači;
- Předpokladané výsledky
 - Zavedení primárních etalonů pro absolutní dozimetrii UHD elektronové a protonové svazky založené na Frickeho dozimetrii a vodním kalorimetru;
 - Zahájení vývoje primárního etalonu na bázi grafitového kalorimetru pro absolutní dozimetrii laserem řízených UHD elektronových a protonových svazků;
 - Vytvoření referenčních UHD elektronových svazků umožňující návaznost absorbované dávky ve vodě pro FLASH elektronovou radioterapii.



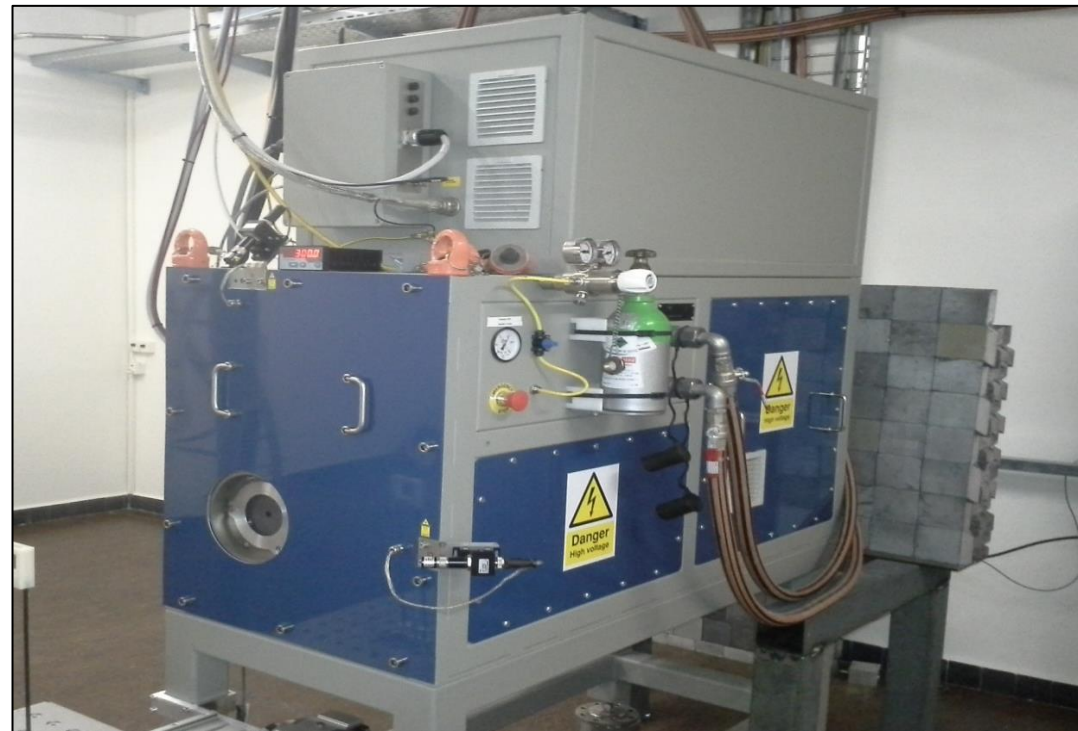
Primární etalon absorbované dávky ve vodě od elektronového UHD svazku v PTB, Německo.

- Cíl
 - Vytvoření řetězec návaznosti od primárních etalonů (WP1) ke klinickým a preklinickým pracovištím využívající FLASH, VHEE a laserem řízené urychlovače;
 - Vývoj metody pro charakterizaci a sledování UHD svazků.
- Předpokládané výsledky
 - Studium použitelnosti stávajících měřicích systémů jako sekundárních etalonů (ionizační komory, detektory pevných látek, chemické dozimetry, alaninové dozimetry, radiochromní filmy a další);
 - Vytvoření nezbytného metrologického základu pro vývoj klinicky relevantních protokolů v UHD radioterapii sloužících jako vstup pro budoucí Good Practice Guide.



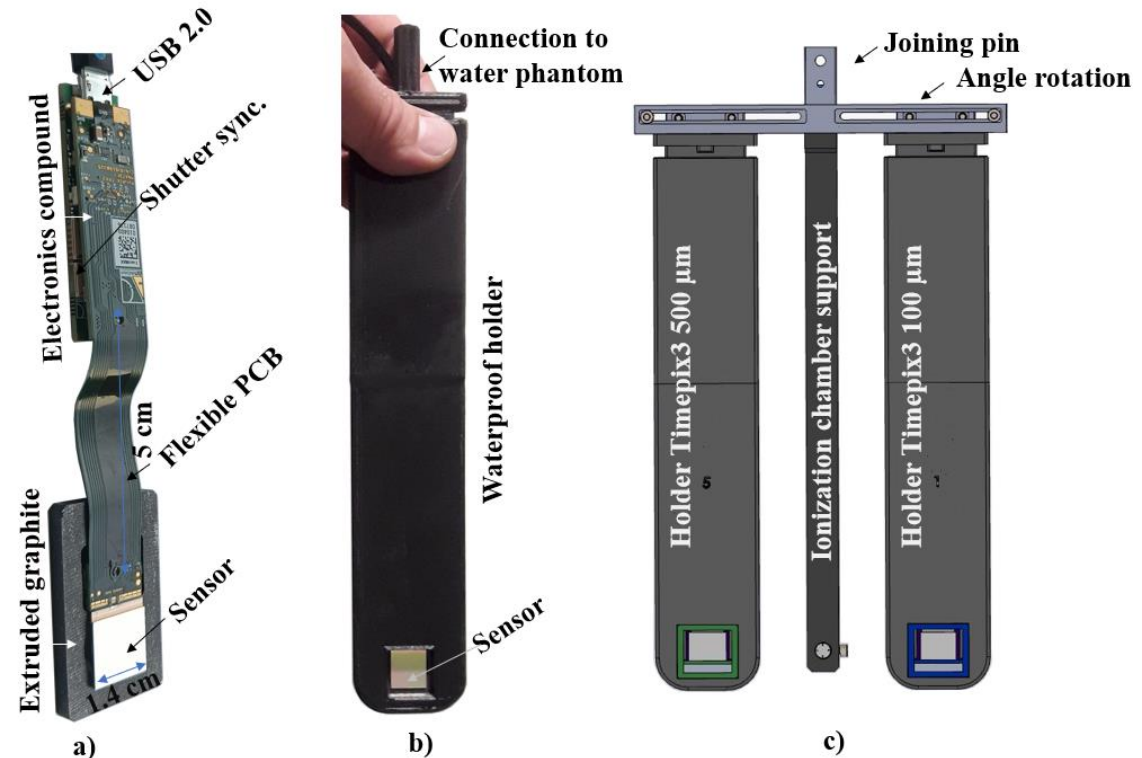
Experimentální ionizační komora s velmi malou vzdáleností elektrod (PTB, Německo).

- Cíl
 - Testování nových absolutních i relativních dozimetrických systémů v UHD svazcích, které by byly vhodné jako sekundární nebo pracovní etalony;
- Očekávané výsledky
 - Rozhodnutí o použitelnosti komerčně dostupných monitorovacích systémů (ionizační komory, pasivní dozimetry, mikrodozimetry, TimePIX3) v UHD svazcích;
 - Vzájemné porovnání uvažovaných detektorových systémů v UHD svazcích.



Klinický UHD urychlovač (CHUV, Švýcarsko)

- Cíl
 - Vývoj metod pro charakterizaci rozptýleného záření mimo primární UHD svazek;
- Očekávané výsledky
 - Vývoj a validace metod a optimalizace vybraných detektorů pro stanovení dávky rozptýleného záření mimo primární svazek, uvnitř a vně fantomu (TimePIX3, pasivní detektory, Bonnerův spektrometr);
 - Příprava Best Practice Guide pro charakterizaci rozptýleného záření mimo UHD svazky.

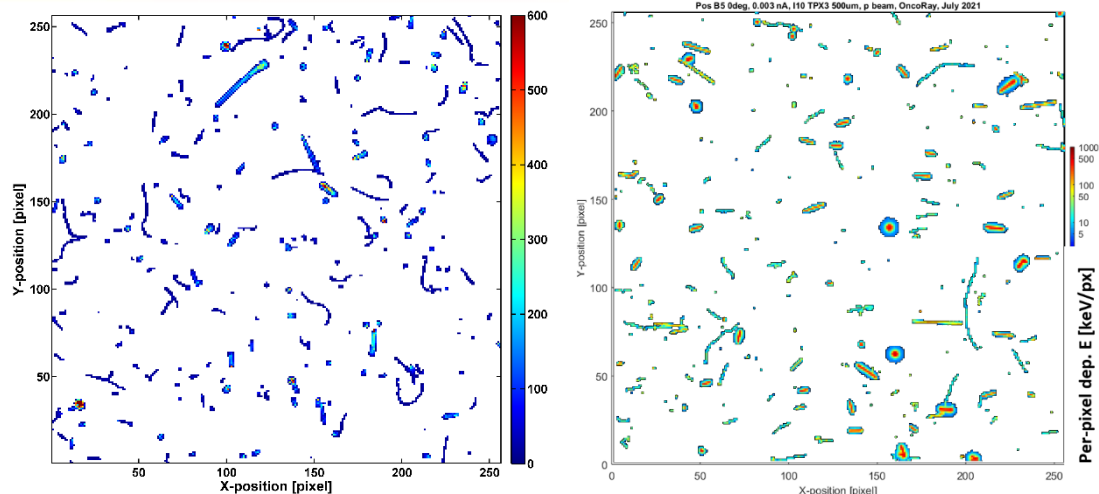


Modifikovaný pixelový křemíkový detektor TimePIX3 pro měření směsných polí ve vodním fantomu (ADVACAM, Česká republika)

- Charakterizace odezvy pixelových detektorů TimePIX3 upravených pro měření v okolí UHD svazků v referenčních polích ČMI;

- Monte Carlo simulace

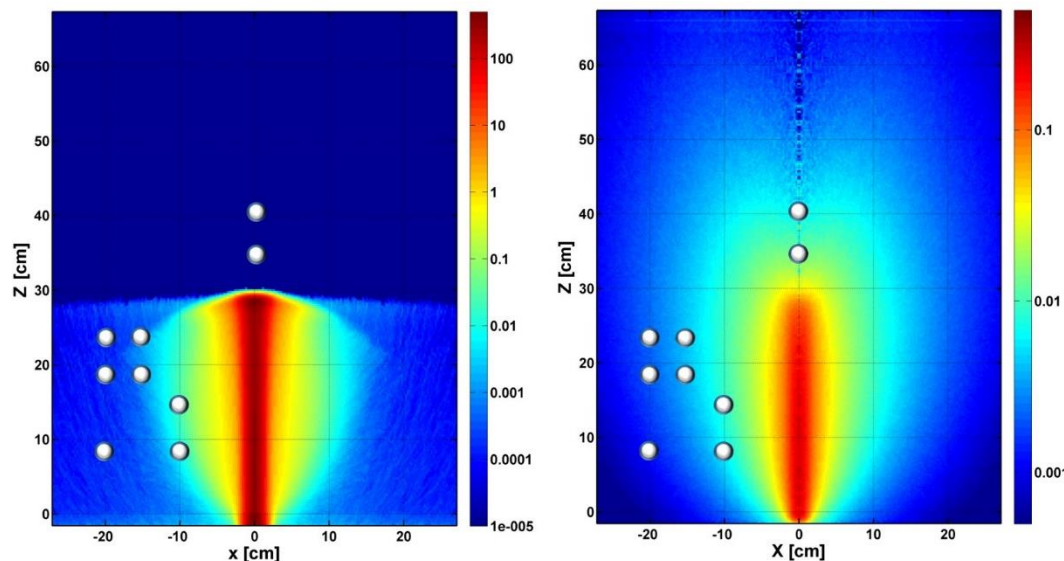
- Dávkové distribuce;
- Stopy částic v pixelovém detektoru;



Nasimulované (vlevo) a naměřené (vpravo) stopy částic v detektoru TimePIX3

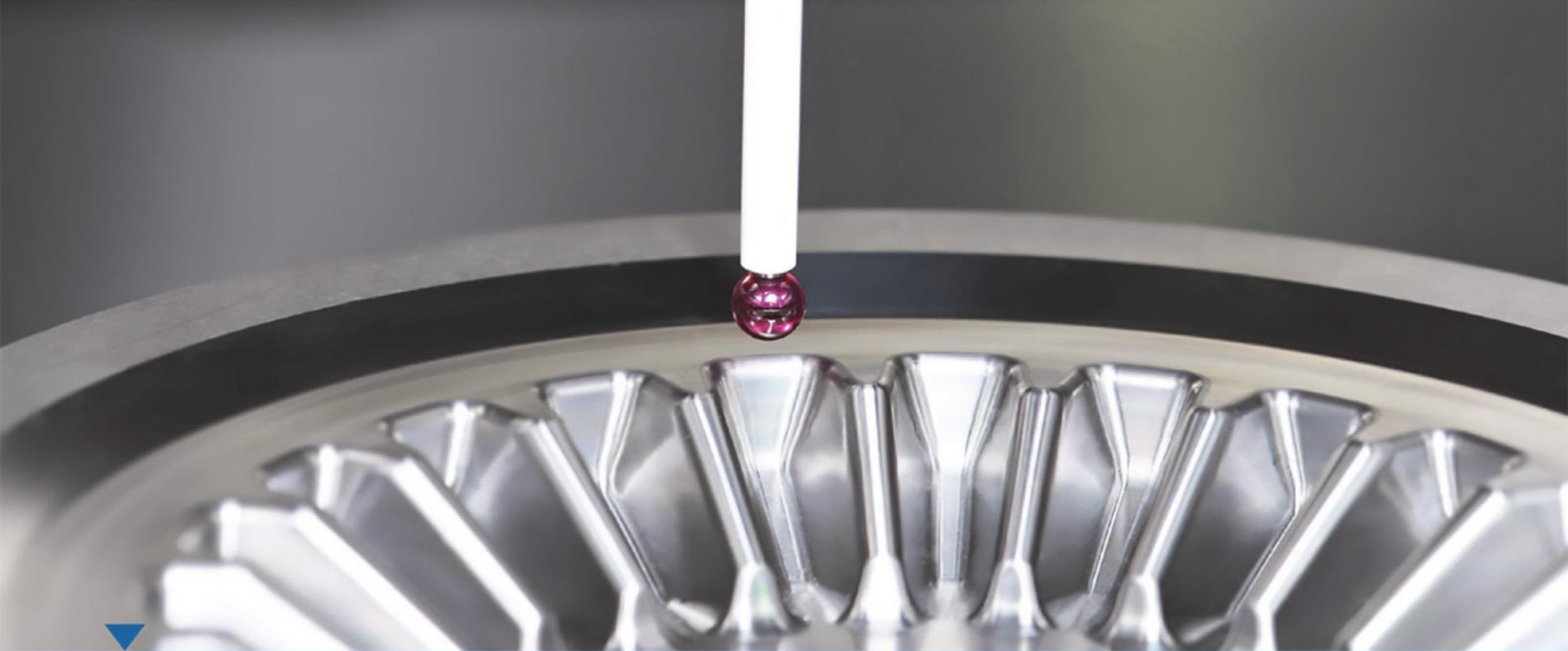
- Analýza dat, převod na dávku ve vodě;
- Vedoucí work package Creating Impact;
- Webová stránka projektu.

Distribuce dávky od primárních protonů 220 MeV (vlevo) a od sekundárních částic (vpravo; barevné osy nejsou ve stejném měřítku).



- Stránky projektu: <http://uhdpulse-empir.eu/>
 - Bližší informace o projektu;
 - Publikace, prezentace.
- Mnoho průběžných výsledků projektu bylo prezentováno na konferenci **FRPT2021** („FLASH radiotherapy and particle therapy“).
 - Organizováno jako **workshop projektu** v kooperaci s dalšími subjekty;
 - Příspěvky jsou k dispozici na webových stránkách projektu.
- Další ročník FRPT2022 se koná v Barceloně (frpt-conference.org).





▼
DĚKUJI ZA POZORNOST



ČESKÝ
METROLOGICKÝ
INSTITUT

EMPIR 



The EMPIR initiative is co-funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the EMPIR Participating States



OI Praha, pracoviště IZ, Radiová 1288/1a, 102 00 Praha, www.cmi.cz