

Optimalizace a stanovení mDRÚ v radiodiagnostice

Martin Homola
Lívia Brest'áková
Jaroslav Ptáček

Čím začít???

- ❖ Nejprve určit mDRÚ a poté optimalizovat, nebo celý proces provést v opačném sledu?
- ❖ Rozhodli jsme se provést optimalizaci provozu a následně vypracovat mDRÚ
- ❖ Za výhodu považujeme mDRÚ vytvořené pro provoz, který byl již optimalizován a tím pádem jednodušší postup při zpracovávání revizních mDRÚ v následujících obdobích

leden 2013 zahájení procesu optimalizace v radiodiagnostických provozech

- ❖ Rozdělení provozu Radiologické kliniky podle modalit
 1. Skiagrafický provoz (stacionární a mobilní skiografie)
 2. CT
 3. Skiaskopické provozy (stacionární, mobilní resp. peroperační skiaskopie a intervenční radiologie)
- ❖ Vypracování metodiky optimalizace pro jednotlivé modality

Skiagrafické modality

❖ Rozdělení RTG přístrojů

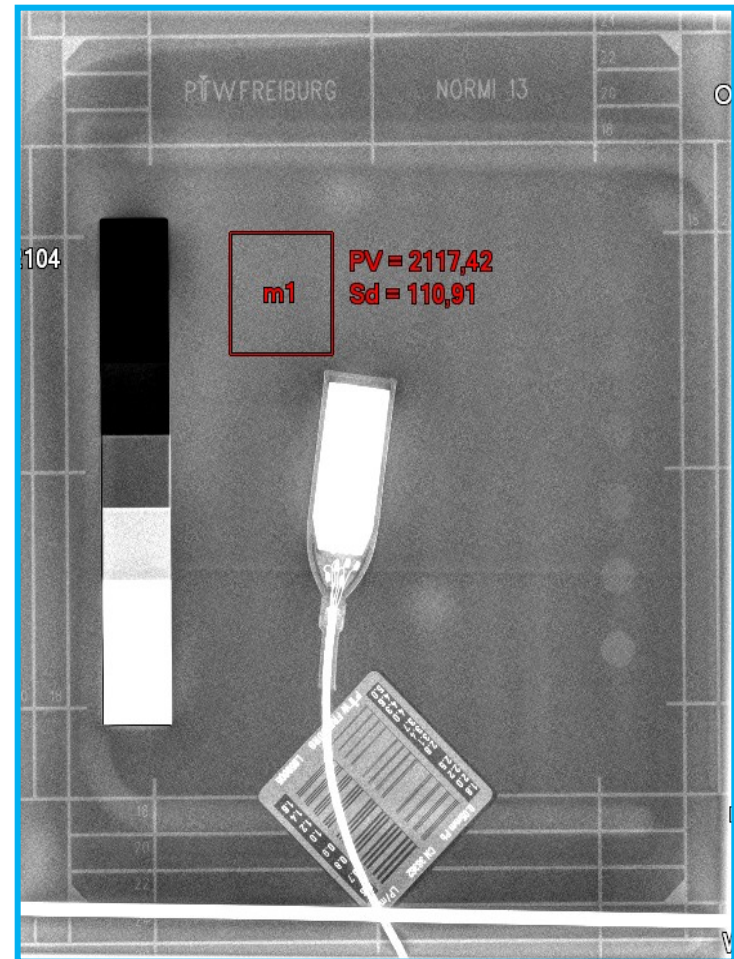
1. Přístroje vybavené AEC
2. Přístroje bez AEC (MP 15; mobilní skiagrafické RTG)

❖ Optimalizace byla prováděna postupným snižováním expozičních parametrů se zpětnou vazbou na klinický provoz

- ad 1. snižování nastavení AEC (parametr „zčernání“) s podmínkou průběžného hodnocení kvality diagnostické informace radiologem
- ad 2. snižování mAs s podmínkou průběžného hodnocení kvality diagnostické informace radiologem

Skiagrafické modality

- ❖ Příklad: průběh optimalizace na skiagrafickém RTG přístroji s přímou digitalizací Phillips Digital Diagnost
- ❖ Zhodnocení kvality snímků před novým nastavením AEC
- ❖ Zaznamenány hodnoty: kV; mAs; kerma dopadající na detektor [μGy]; EI; rozlišení pro nízký kontrast; SNR; subjektivní hodnocení snímku.
- ❖ Použit fantom PTW Normi 13 a 10l kanystr s vodou.



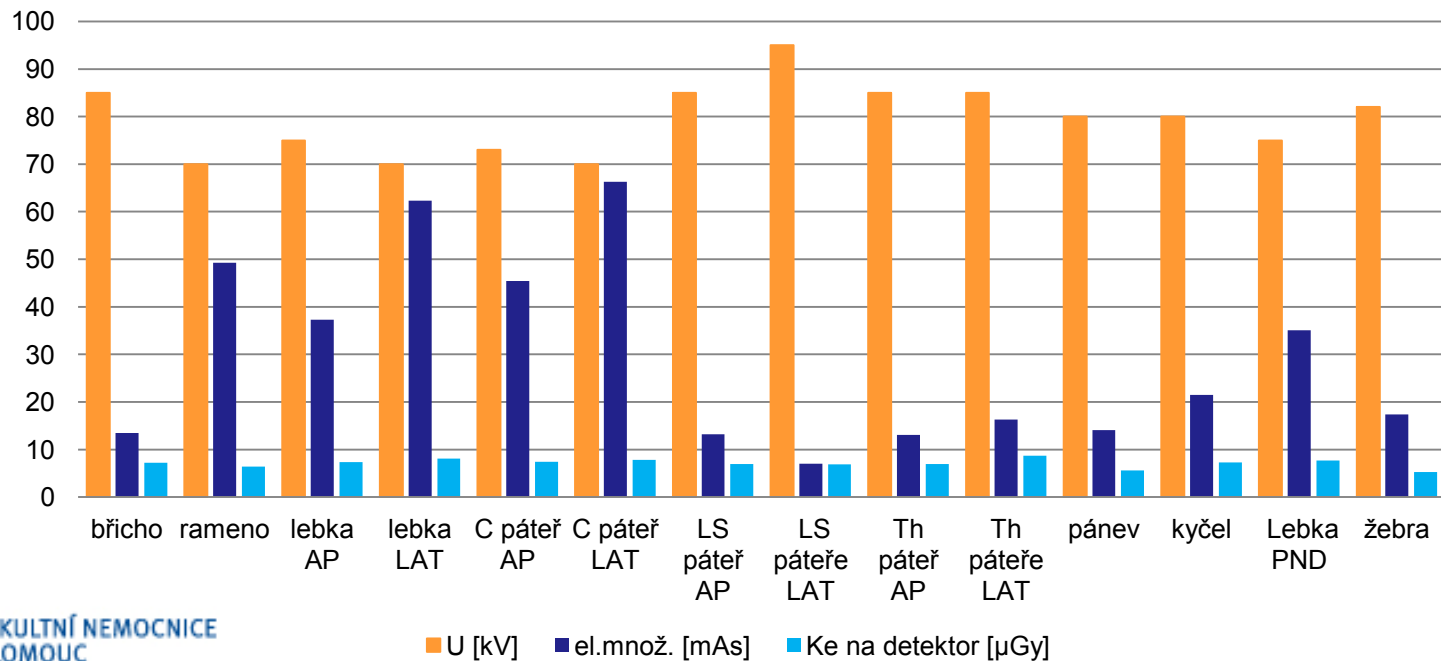
Skiagrafické modality

protokol vyšetření	U [kV]	el.množ. [mAs]	K_e na detektor [μ Gy]	hodnocení snímku	EI	NK	SNR
břicho	85	13,5	7,191	zrnitý	189	5	34,90
rameno	70	49,3	6,441	vyhovuje	165	5	31,30
lebka AP	75	37,3	7,358	vyhovuje	142	5	20,73
lebka LAT	70	62,3	8,121	zrnitý	209	5	23,92
C páteř AP	73	45,4	7,399	vyhovuje	37	4	11,04
C páteř LAT	70	66,3	7,830	zrnitý	206	4	10,42
LS páteř AP	85	13,2	6,925	zrnitý	189	4	20,50
LS páteře LAT	95	7,0	6,854	zrnitý	186	5	22,12
Th páteř AP	85	13,1	6,926	zrnitý	189	4	47,58
Th páteře LAT	85	16,3	8,733	vyhovuje	235	5	55,09
pánev	80	14,1	5,603	vyhovuje	140	3	23,95
kyčel	80	21,5	7,311	vyhovuje	179	6	19,00
lebka PND	75	35,1	7,684	vyhovuje	185	5	22,82
žebra	82	17,4	5,236	zrnitý nehomogenní	226	3	28,97

Skiagrafické modality

- ❖ při nastavování expozičních hodnot pro různá vyšetření bylo naší snahou dosáhnout vždy přibližně stejné dávky dopadající na detektor

expoziční hodnoty a kerma dopadající na detektor



Skiagrafické modality

❖ Dle manuálu přeprogramovány hodnoty zčernání

vyšetření	původní hodnota	současná hodnota
Rameno AP	0	-1
Pánev AP	0	-1

Skiagrafické modality

- ❖ Srovnány dopadové kerry K_{ev} před změnou protokolu a po změně protokolu, jako příklad uvádíme snímek pánve

Výsledky po změně protokolu						Výsledky před změnou protokolu					
$K_{ev}ZDS$ [mGy]	Q_v [mAs]	Q_{zds} [mAs]	FSDzds	FSDv	K_{ev} [mGy]	$K_{ev}ZDS$ [mGy]	Q_v [mAs]	Q_{zds} [mAs]	FSDzds	FSDv	K_{ev} [mGy]
1,53	11	10	80	113,8	0,83172464	1,53	14	10	80	86,3	1,84067812
1,53	10	10	80	113,9	0,75478621	1,53	19	10	80	92	2,19810964
1,53	11	10	80	114	0,82880886	1,53	13	10	80	97,3	1,34458752
1,53	14	10	80	114,3	1,04931765	1,53	15	10	80	97,3	1,55144714
1,53	12	10	80	114,7	0,8931529	1,53	14	10	80	97,4	1,44504552
1,53	23	10	80	115	1,70295652	1,53	12	10	80	97,4	1,23861044
1,53	12	10	80	116,1	0,87174248	1,53	18	10	80	97,4	1,85791566
1,53	12	10	80	116,1	0,87174248	1,53	14	10	80	97,4	1,44504552
1,53	11	10	80	116,1	0,79909728	1,53	11	10	80	97,6	1,13074442
1,53	15	10	80	116,3	1,08593351	1,53	11	10	80	97,6	1,13074442
průměr					0,96892625	průměr					1,51829284

Skiagrafické modality

- ❖ Průměrná hodnota dopadové kermy před změnou protokolu $K_{ev} = 1,518$ mGy
- ❖ Průměrná hodnota dopadové kermy po změně protokolu $K_{ev} = 0,969$ mGy
- ❖ Snížení o 36,2%

Skiagrafické modality

- ❖ Porovnávání prvních výsledků před změnou a po změně nastavení AEC pro snímek pánve a snímek ramene
- ❖ Hodnocenými parametry byly expoziční index [EI] a proudové množství [mAs].

vyšetření	EI pokles [%]	mAs pokles [%]
Rameno AP	21,38	10,16
Pánev AP	30,22	9,26

Skiagrafické modality

- ❖ Z PACS vybrán pro porovnání vzorek 20 pacientů před změnou nastavení AEC a 20 pacientů po změně nastavení AEC.
- ❖ Vybírány snímky ramene u kterých byl zobrazen pouze skelet bez jakýchkoliv kovových implantátů.
- ❖ Výsledek: pokles EI 19,20%
pokles mAs 17,35%
- ❖ Od 18. 2. 2013 nebyl ani ze strany RA, ani ze strany lékařů Radiologické kliniky hlášen pokles kvality snímků.
- ❖ Tabulka popisuje změny v parametrech EI (hodnoceno dle doporučení výrobce).

Skiagrafické modality



Skiagrafické modality

Kvalita expozice		
indikátor EI	% před změnou nastavení	% po změně nastavení
Podexpozice	35	50
Tolerovatelná podexpozice	30	25
Expozice v normě	35	25

❖ Od 18. 2. 2013 nebyly z Radiologické kliniky hlášeny změny v kvalitě snímků

Skiagrafické modality

vyšetření	AEC/mAs před	nové nastavení AEC/mAs
LS AP	0	-0,5
pánev	0	-0,5
kyčel AP	0	-0,5
kyčel axial	0	-0,5
rameno AP	0	-0,5
koleno AP	5 mAs	4 mAs
koleno LAT	5 mAs	4 mAs

CT

- ❖ Druhé čtvrtletí 2012 změna Noise indexu, čímž se snížilo elektrické množství nejprve v protokolu pro CT mozku
- ❖ Hodnota Noise Indexu při vyšetření mozku je v současnosti 4,56.
- ❖ Původní nastavení mělo hodnotu 0.
- ❖ Zvýšení šumu je u některých vyšetření hraniční.
- ❖ Hodnoty DLP klesly průměrně o 30,13%
- ❖ Hodnoty $CTDI_{vol}$ klesly průměrně o 27,18%

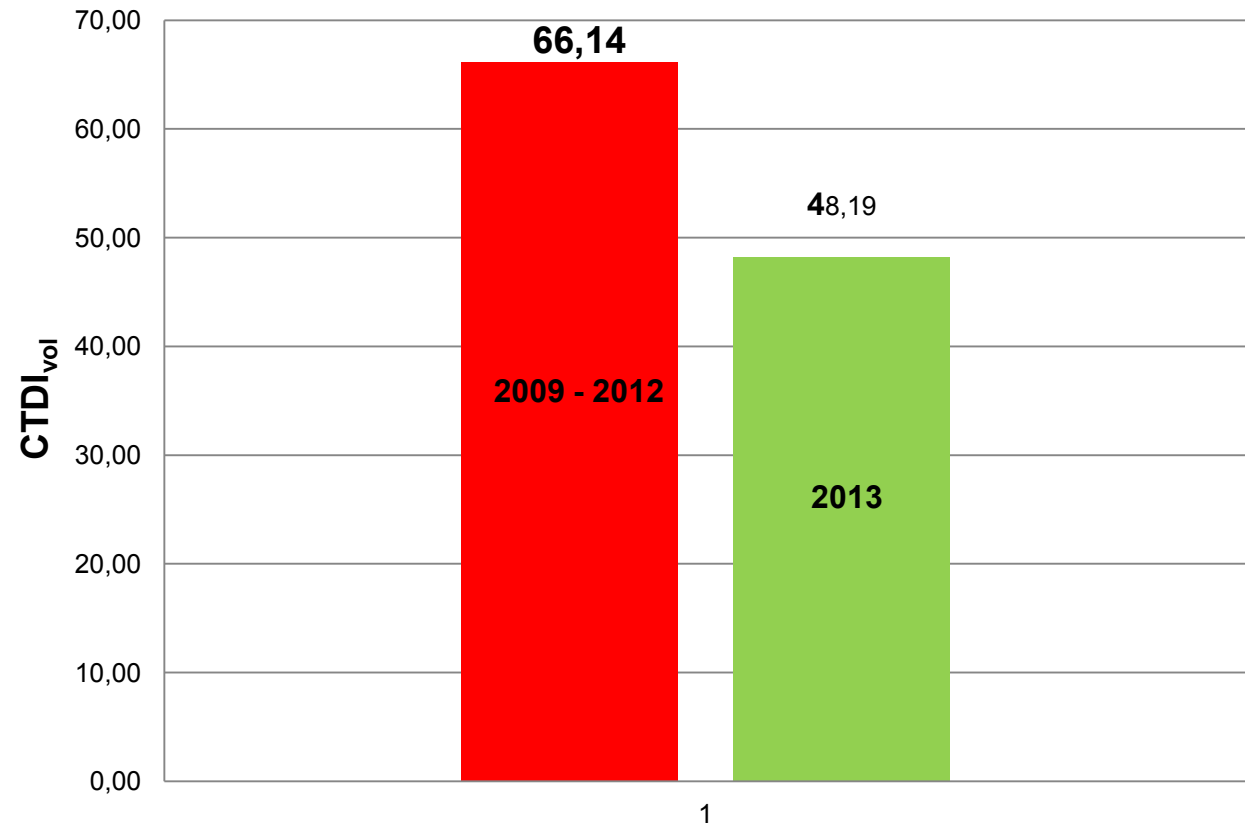
CT

Hodnoty odečtené z dávkového reportu								
č.	2009 - 2012			2013			rozdíl	[%]
	[cm]	DLP	CTDI _{vol}	[cm]	DLP	CTDI _{vol}		
1	14,14	938,54	66,37	14,82	706,15	47,65	18,73	28,21
2	14,12	843,04	59,71	14,54	589,72	40,56	19,15	32,07
3	13,95	915,46	65,62	14,74	839,42	56,95	8,68	13,22
4	13,5	788,79	58,43	13,5	534,10	39,56	18,87	32,29
5	13,85	800,5	57,80	14,82	713,19	48,12	9,67	16,74
6	16,15	1192,63	73,85	13,85	634,36	45,80	28,04	37,98
7	12,58	852,67	67,78	14,19	569,87	40,16	27,62	40,75
8	13,06	786,6	60,23	13,62	580,60	39,75	20,48	34,01
9	14,65	1180,77	80,60	13,62	541,35	61,69	18,90	23,45
10	15,93	1131,01	71,00	14,26	879,76	61,69	9,30	13,11
průměr	14,19	943,00	66,14	14,20	658,85	48,19	17,94	27,18

CT

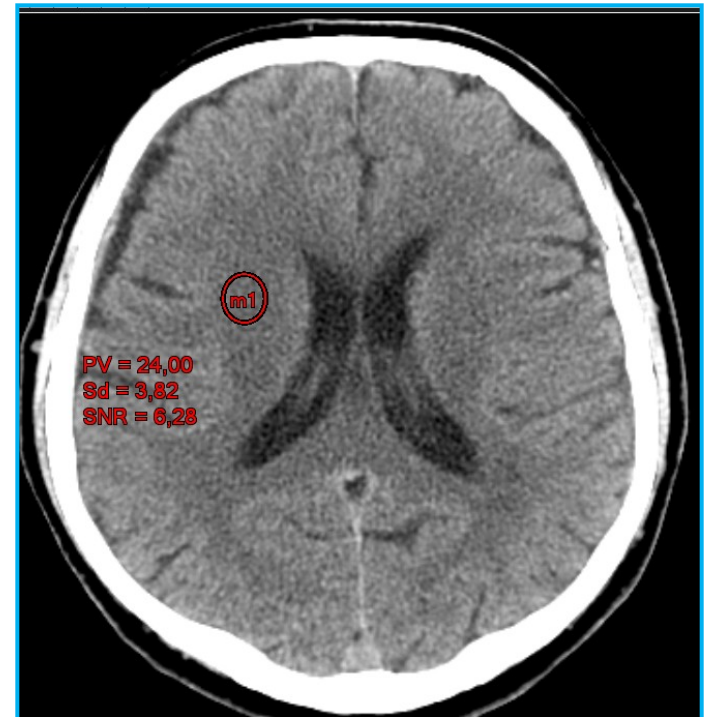
Srovnání průměrných $CTDI_{vol}$

CT mozku



CT

- ❖ Hodnocení kvality CT snímků pomocí parametru SNR.
- ❖ Vyšetření mozku ROI asi 1cm^2 umístěna do levé nebo pravé hemisféry v oblasti bíle hmoty mimo mozkové komory (doporučení v literatuře).
- ❖ Původní průměrná hodnota SNR = 6,35
- ❖ Současná průměrná hodnota SNR = 5,54
- ❖ Pokles SNR v průměru o 12,81%



CT

č.	PV 1	Sd 1	SNR 1	PV 2	Sd 2	SNR 2	SNR1 - SNR2	Δ SNR [%]
1	26,90	5,33	5,05	26,23	5,49	4,78	0,27	5,33
2	27,17	5,00	5,43	30,49	5,62	5,43	0,01	0,16
3	27,46	4,12	6,67	29,07	4,68	6,21	0,45	6,80
4	28,09	4,37	6,43	29,03	5,27	5,51	0,92	14,30
5	29,27	4,99	5,87	28,05	4,69	5,98	0,12	1,96
6	25,90	3,96	6,54	26,32	4,93	5,34	1,20	18,37
7	29,43	3,69	7,98	29,43	5,21	5,65	2,33	29,17
8	27,20	4,09	6,65	29,84	5,81	5,14	1,51	22,77
9	25,74	4,39	5,86	24,98	5,66	4,41	1,45	24,73
10	28,60	4,43	6,46	27,32	4,98	5,49	0,97	15,03
11	25,76	3,73	6,91	24,30	3,49	6,96	0,06	0,82

PV = Pixel Value (průměrná hodnota zčernání v ROI)

Sd = standardní odchylka

SNR = Signal noise ratio (poměr signál šum)

mDRÚ

- ❖ Posouzení získaných dat vzhledem ke kvalitě diagnostické informace ve spolupráci s lékaři a RA radiologické kliniky.
- ❖ Náběr dat do statistických souborů pro vypracování mDRÚ
- ❖ Sběr dat probíhal standardním způsobem podle věstníku MZ 9/2011 Národní radiologické standardy
- ❖ 10 pacientů pro vyšetření o váze 70 kg 10 kg

mDRÚ DR skiografie

vyšetření	MDRÚ Digital diagnost					DRÚ [mGy]	$\frac{\text{mDRÚ}}{\text{DRÚ}}$ %
	K_{ev} [mGy]	[kV]	prům. [mAs]	prům. FFP [cm]	prům. hm. [kg]		
Lebka AP	0,647	77	6,90	101,90	73,00	5	12,94
Lebka LAT	0,504	73	7,46	111,02	72,30	3	16,80
PND	0,919	77	9,84	101,69	71,60	5	18,38
Lebka orbity	0,911	77	10,85	100,40	73,10	5	18,22
C páteř AP	0,348	70	6,37	105,93	71,20	5	6,96
C páteř LAT	0,402	77	5,09	110,53	73,20	3	13,40
Th páteř AP	1,631	77	16,81	100,20	72,10	7	23,30
Th páteř LAT	1,988	70	31,24	101,30	72,70	20	9,94
Ls páteř AP	1,918	77	19,46	98,93	72,60	10	19,18
Ls páteř LAT	2,376	90	18,21	102,00	71,60	30	7,92
Rameno	0,466	73	5,31	98,69	69,00	5	9,32
Klíční kost	0,507	73	5,40	100,26	72,10	5	10,14
S+P PA	0,138	125	1,96	179,33	71,00	0,4	34,50
Žebra	0,79	80	10,24	11,85	72,50	7	11,29
Břicho ve stoje	1,249	85	12,12	104,62	69,40	10	12,49
Nefrogram	1,158	85	9,45	95,92	70,30	10	11,58
SI klouby	2,217	80	20,27	97,00	72,20	40	5,54
Pánev	0,969	80	9,78	101,29	71,90	10	9,69
Kyčel AP	0,66	77	6,70	100,01	71,80	10	6,60
Kyčel AXIAL	0,919	77	4,87	94,10	72,30	10	9,19
Femur	0,366	77	3,42	96,41	71,30	5	7,32

mDRÚ CR skiagrafie

vyšetření	MDRÚ Proteus XR/a					DRÚ [mGy]	$\frac{\text{mDRÚ}}{\text{DRÚ}}\%$
	K_{ev} [mGy]	[kV]	prům. [mAs]	prům. FFP [cm]	prům. hm. [kg]		
PND	1,293	72	11,23	80,00	67,30	5	25,86
Ls páteř AP	1,911	80	12,69	77,00	71,60	10	19,11
Ls páteř LAT	3,424	92	17,13	60,00	71,60	30	11,41
Rameno	0,695	55	15,10	82,00	72,30	5	13,90
Kyčel	1,737	68	17,05	77,00	70,90	10	17,37
Koleno	0,237	54	5,258	82	70,6	3	7,90

vyšetření	MDRÚ Proteus XR/i					DRÚ [mGy]	$\frac{\text{mDRÚ}}{\text{DRÚ}}\%$
	K_{ev} [mGy]	[kV]	prům. [mAs]	prům. FFP [cm]	prům. hm. [kg]		
S+P PA	0,094	120	2,078	175,00	69,80	0,4	23,40
S+P LAT	0,366	122	5,97	150	71,9	0,4	91,5

mDRÚ CR skiografie mobilní

vyšetření S+P AP		MDRÚ mobilní skiografické RTG přístroje					NDRÚ [mGy]	$\frac{\text{mDRÚ}}{\text{DRÚ}}\%$
RTG přístroj	id. č.	K_{ev} [mGy]	průměr [kV]	průměr [mAs]	průměr FFP [cm]	věk		
VMX KAR	008	0,131	71	3,20	105,00	dospělý	0,4	32,75
VMX HEM	007	0,154	70	3,10	104,00	dospělý	0,4	38,50
TMX 1IK	006	0,100	73	3,20	100,00	dospělý	0,4	25,00
MOBILLET	015	0,128	72	3,40	106,00	dospělý	0,4	32,00
PRAKTIX 33 TRN	034	0,091	70	3,20	100,00	dospělý	0,4	22,75
PRAKTIX 33 3IK	032	0,099	70	3,20	104,00	dospělý	0,4	24,75
PRAKTIX 33 NCH	033	0,146	72	3,30	105,00	dospělý	0,4	36,50
TMX DK	005	0,037	65	1,40	107,00	0-1	0,4	9,25
TMX DK	005	0,035	65	1,80	120,00	1-5	0,4	8,75
TMX DK	005	0,041	65	2,00	120,00	5-10	0,4	10,25
TMX DK	005	0,036	62	1,20	96,60	10-15	0,4	9,00
TMX DK	005	0,120	73	3,20	100,00	15-dosp.	0,4	30,10
VMX NOVO	009	0,030	63	0,80	117,00	novorozenec	0,4	7,50



mDRÚ CT

vyšetření	MDRÚ GE VCT				NDRÚ [mGy]	$\frac{\text{mDRÚ}}{\text{DRÚ}}\%$
	průměrná délka skenu [cm]	průměr DLP	průměr CTDI _{vol}	průměrná hm. [kg]		
CT mozku	14,31	595,79	41,95	69,30	60	69,92
CT hrudníku	32,33	255,67	7,86	71,89	35	22,46
CT břicha	43,44	1263,38	27,84	70,22	35	79,54
LS páteř	17,28	383,15	22,17	72,25	35	63,34
CT AG DKK	130,42	1096,60	8,34	72,30	35	23,83
CT polytrauma	70,33	1638,52	23,60	68,25	35	67,43

Problémy s náběrem dat pro MDRÚ

- ❖ Tvorba statistiky náběrem dat pomocí formulářů pro všechna standardní vyšetření se jeví jako problematická.
- ❖ První záznamové listy byly dodány na jednotlivá pracoviště 20. 6. 2013 sběr dat u některých vyšetření probíhá do dnešního dne.
- ❖ Důvody, které vedou k zpomalování náběru dat:
 1. nízká četnost vyšetření na pracovišti;
 2. malý počet pacientů v určené váhové kategorii;
 3. lidský faktor.

Možné řešení ???

- ❖ Řešením tohoto problému mohou být hromadné nákupy dat z PACS systémů
- ❖ V současné době existuje na trhu několik firem, které tuto službu nabízejí ORCZ; GE; ICZ; STAPRO;
- ❖ V roce 2012 jsme ve FNOL zahájili spolupráci se slovenským ÚRO s.r.o. a poskytujeme zpětnou vazbu uživatele pro vývoj DQC modulu pro sběr a zpracování dat z radiologických provozů
- ❖ Nebyl problém s odesláním dat z DR a CT modalit.
- ❖ Technicky se muselo vyřešit zadávání dat z CR systémů, kdy RTG přístroj není přímo propojen s PACS. Z toho důvodu musí RA po akvizici snímku zadat do digitizéru hodnoty napětí [kV] ; proudové množství [mAs] ; vzdálenost [cm], data jsou v DICOM hlavičce odeslána do PACS

Stanovení MDRÚ z objemných statistických souborů

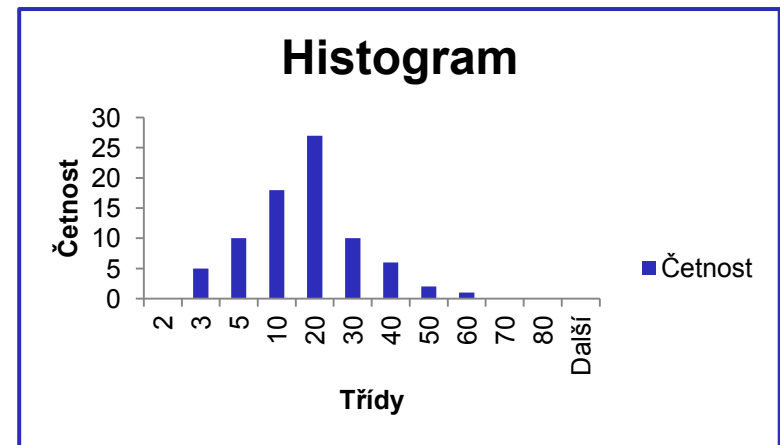
- ❖ Výše uvedený DQC modul je schopen poskytnout výpisy v TXT souboru, který je možné převést do souboru EXCEL a následně zpracovat.
- ❖ Systém nám poskytuje základní filtraci dat:
 1. podle zvolené modality;
 2. za vybrané období.
- ❖ Následnou selekci dat provádíme sami.
- ❖ Proces trvá několik minut.
- ❖ Výsledkem je vypočtená směrná hodnota (fnoIDRÚ) z počtu 100; 200; 1000; 3000; položek.

Selekce dat

❖ Probíhá v několika krocích:

1. z celého souboru filtrovat požadované vyšetření;
2. seřadit vyšetření podle vzdálenosti a vyřadit nesmyslné hodnoty (chyba zadání nebo systému);
3. seřadit podle kV a vyloučit nesmyslné hodnoty;
4. seřadit podle mAs a vytvořit histogram;
5. výběr dat s rozumnou četností;
6. kontrola správnosti dat z pohledu vyšetření např. pokud by se jednalo o souhrn AP a bočné projekce s rozdílnými exp. hodnotami objeví se v histogramu dva zřetelné píky;
7. soubor k dispozici pro stanovení směrné hodnoty (fnoIDRÚ)

Třídy mAs	Četnost
2	0
3	5
5	10
10	18
20	27
30	10
40	6
50	2
60	1
70	0
80	0
Další	0



Srovnání získaných dat

- ❖ Abychom mohli srovnat výsledky mDRÚ získaných doporučenou metodou a metodou hromadného sběru dat vytvořili jsme u vyšetření, které měly nejkratší dobu zápisu do formulářů tři hodnoty mDRÚ.
- ❖ První sběr dat po optimalizaci provozu.
- ❖ Revize MDRÚ s novými 10 pacienty.
- ❖ Hromadný sběr dat za období leden – září 2013.
- ❖ Zastoupeny jsou modality:
 1. DR
 2. CR
 3. CT

Direct radiography

Philips Digital Diagnost: snímek lebky PA

metoda	[mGy]	rozdíl	Δ mDRÚ [%]
MDRÚ	0,684	0	0
revize	0,646	0,038	5,5
hromadný náběr dat	0,762	0,078	11,4

Kodak DR 9500 Snímek plic PA

metoda	[mGy]	rozdíl	Δ mDRÚ [%]
MDRÚ	0,0723	0	0
revize	0,0779	0,0056	7,74
hromadný náběr dat	0,0729	0,006	8,3

Computed radiography

Proteus XR/a: snímek kyčle

metoda	[mGy]	rozdíl	Δ mDRÚ [%]
MDRÚ	1,464	0	0
revize	1,737	0,273	18,6*
hromadný náběr dat	1,739	0,275	18,8*

Proteus XR/i: Snímek plic PA

metoda	[mGy]	rozdíl	Δ mDRÚ [%]
MDRÚ	0,096	0	0
revize	0,091	0,005	5,2
hromadný náběr dat	0,099	0,003	3,1



CT

GE VCT CT mozku nativní

metoda	[mGy]	rozdíl	Δ mDRÚ [%]
MDRÚ	42,20	0	0
revize	47,03	4,83	11,4
hromadný náběh dat	38,39	3,81	9,0

Můžeme změnit způsob získávání dat ??

- ❖ Podle věstníku MZ 9/2011 Národní radiologické standardy se jako významný rozdíl od původně stanovené mDRÚ bere hodnota vyšší než dvě směrodatné odchyly střední hodnoty.
- ❖ Při náběru dat s vysokým počtem statistických jednotek je riziko velmi nízké směrodatné odchyly. V tom případě je uznán určitý práh, jehož překročení se neřeší je to rozdíl 20%.
- ❖ Ani v jednom z výše uvedených případů nepřekročil rozdíl mDRÚ při revizi, nebo fnoIDRÚ 20%
- ❖ Maximální odchylka cca 18% se projevila u snímku kyčelního kloubu na CR systému.
- ❖ Po zrevidování protokolu bylo zjištěno navýšení hodnoty kV z důvodu přílišné zrnitosti snímků.

Můžeme změnit způsob získávání dat ??

- ❖ Jediné co vidíme v současné době jako problém je obtížné získávání údajů o tělesných proporcích pacienta (výška, váha).
- ❖ Tento problém v současné době řešíme s IT oddělením a vedením Radiologické kliniky FNOL.
- ❖ Pokud bychom měli možnost stanovovat mDRÚ pomocí hromadného sběru dat z PACS systémů bylo by jejich stanovení jednodušší, rychlejší, přesnější a minimálně zatížené lidskou chybou.