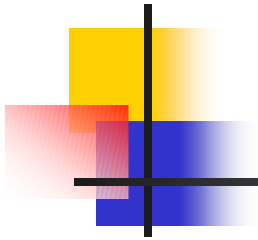


Šum v obraze CT

Doc.RNDr. Roman Kubínek, CSc.

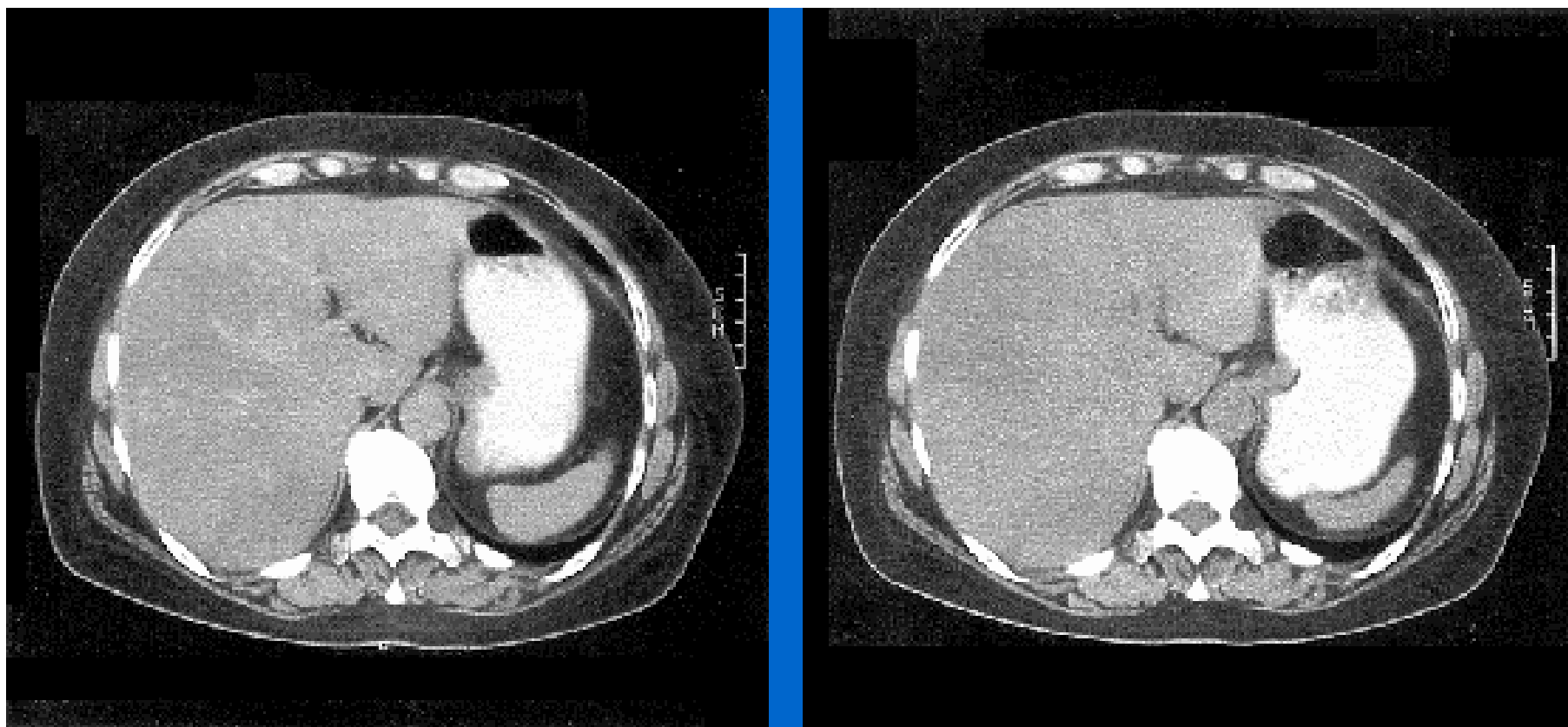
Předmět: lékařská přístrojová fyzika



Šum v CT obraze

- co to je?
- proč je důležitý
- jak ho měřit?
- šum a skenovací parametry
 - osově skenovací parametry
 - spirálové skenovací parametry
 - multi-slice skenování

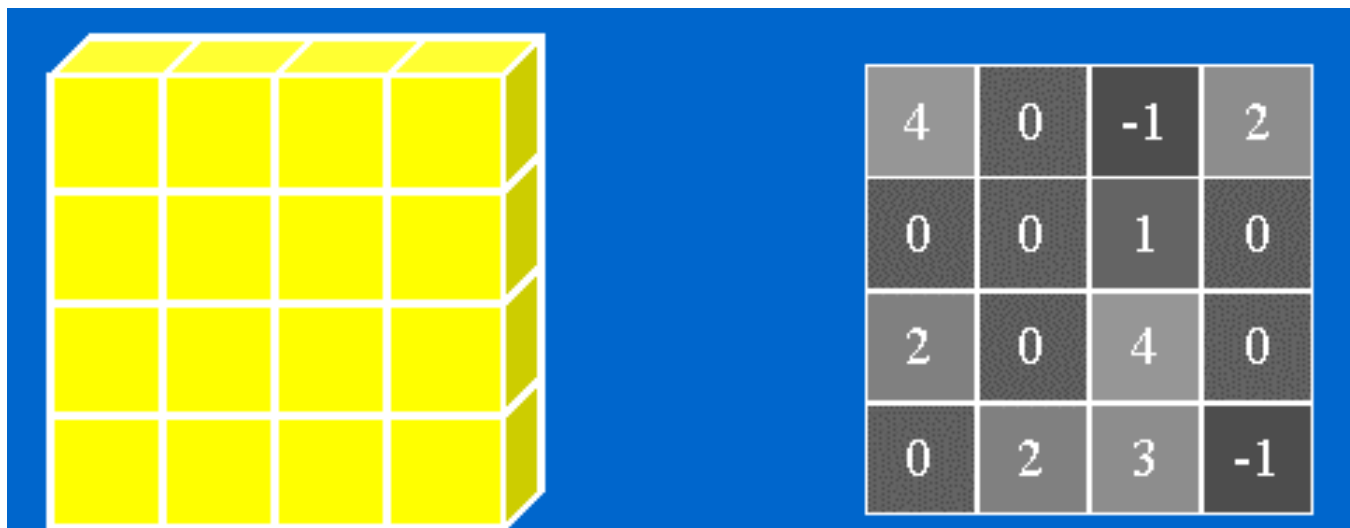
Šum v CT obraze



Šum v CT obraze

Šum v obraze je třeba chápat jako kolísání CT čísel v homogenním prostředí (např. voda)

Kolísání šumu je zvyšováno náhodnými procesy při interakcích rtg záření s látkou a detekcí rtg záření

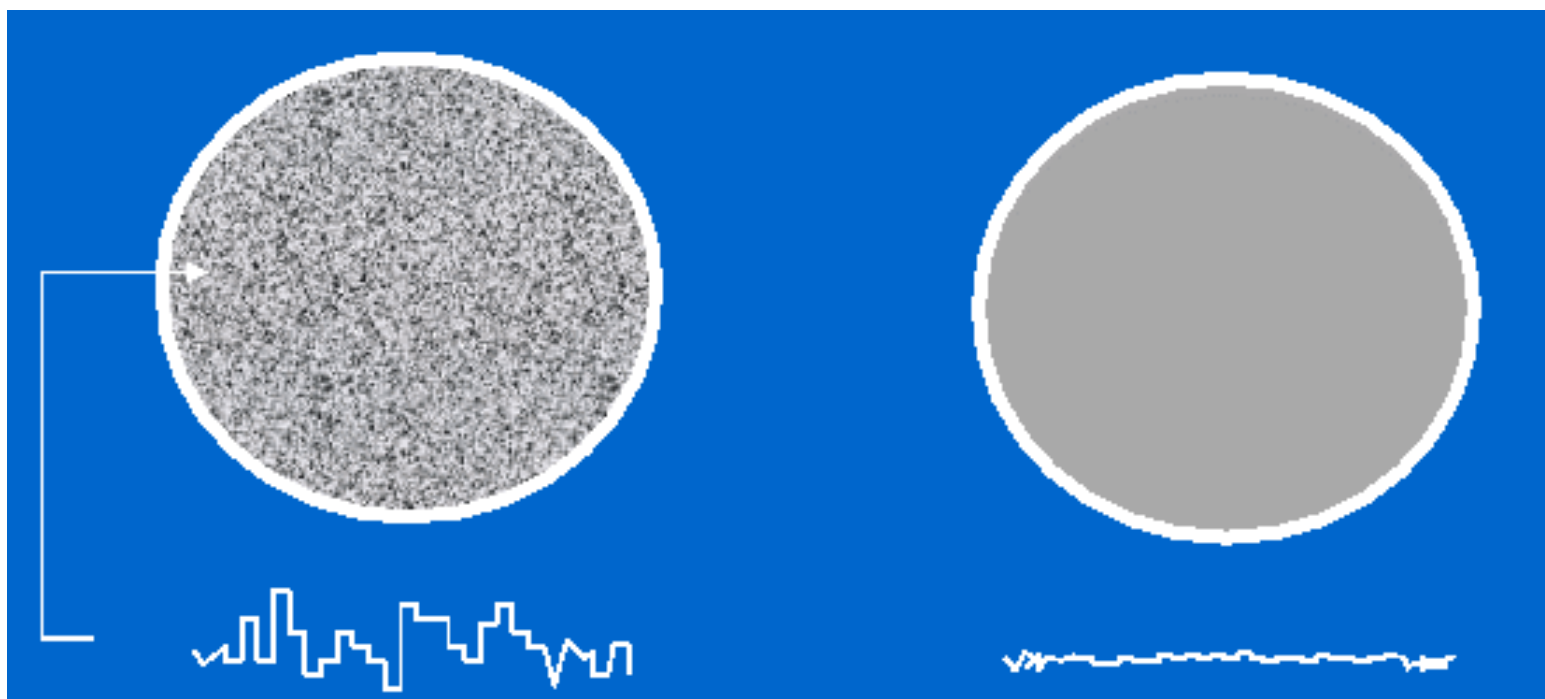


stejnorodé prostředí

obrazové body s různými CT čísly

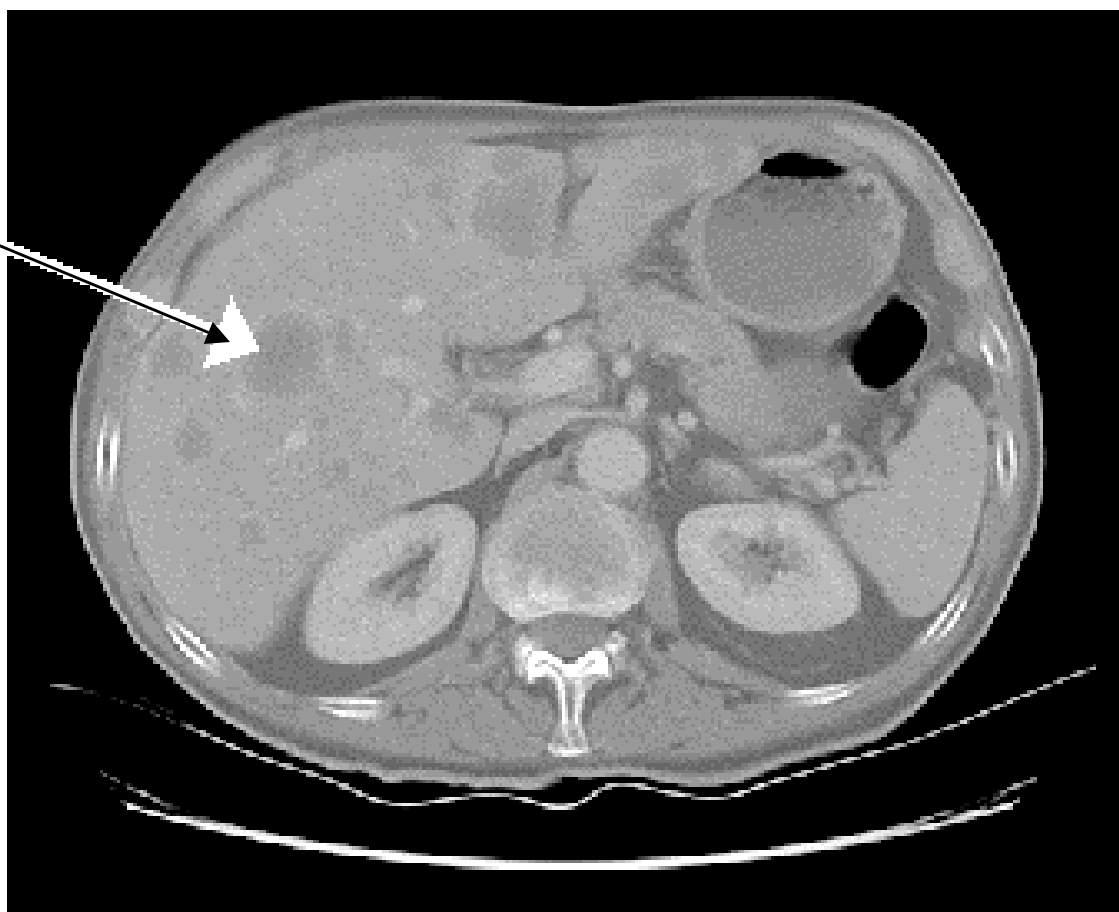
Šum v CT obraze

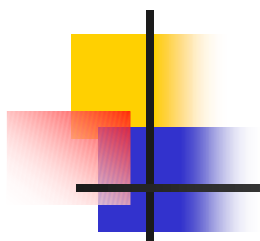
„hladší obraz“ je ten, u kterého CT hodnoty jednotlivých pixelů minimálně kolísají od střední hodnoty



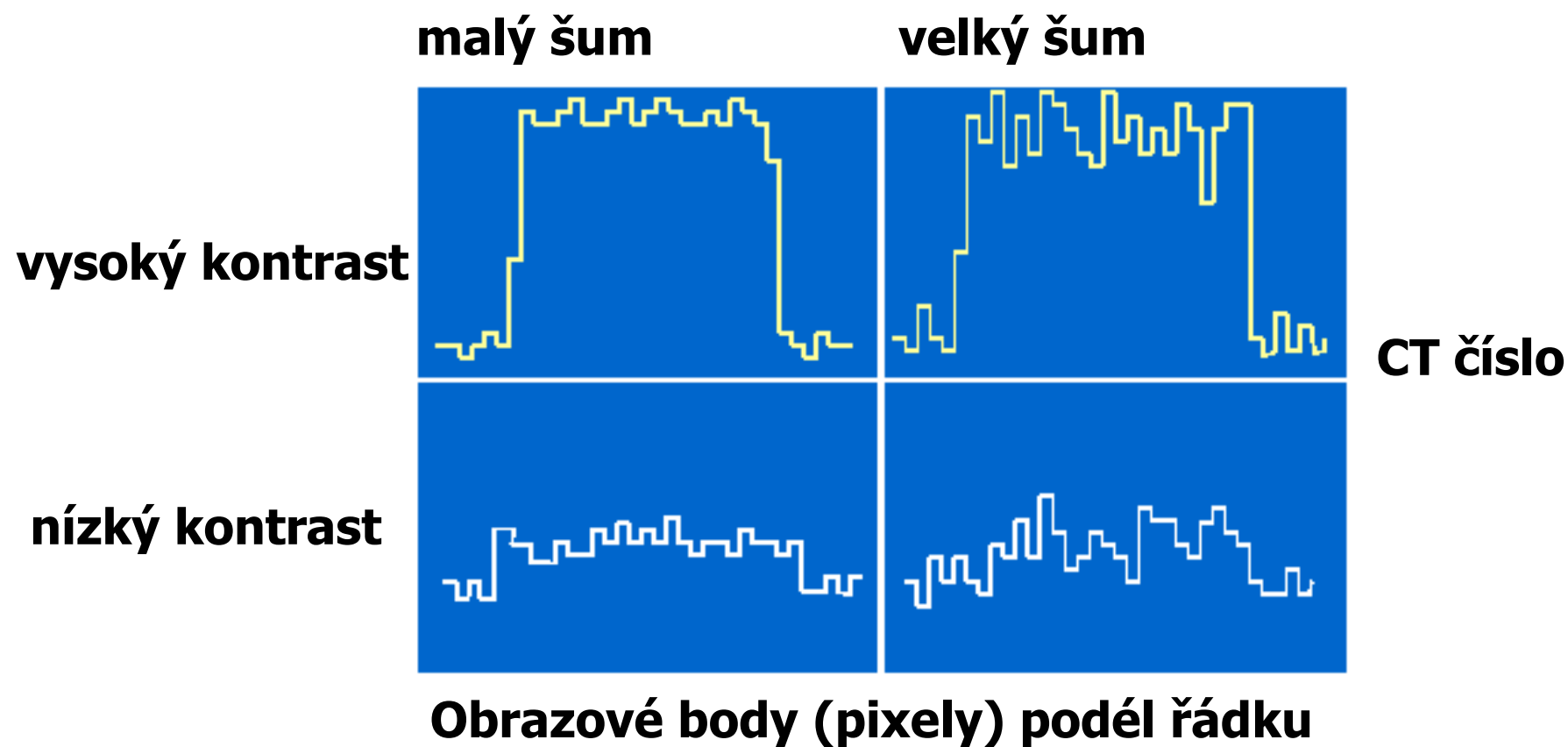
Aspekty obrazového šumu

Nízký kontrast
několik HU





Aspekty obrazového šumu



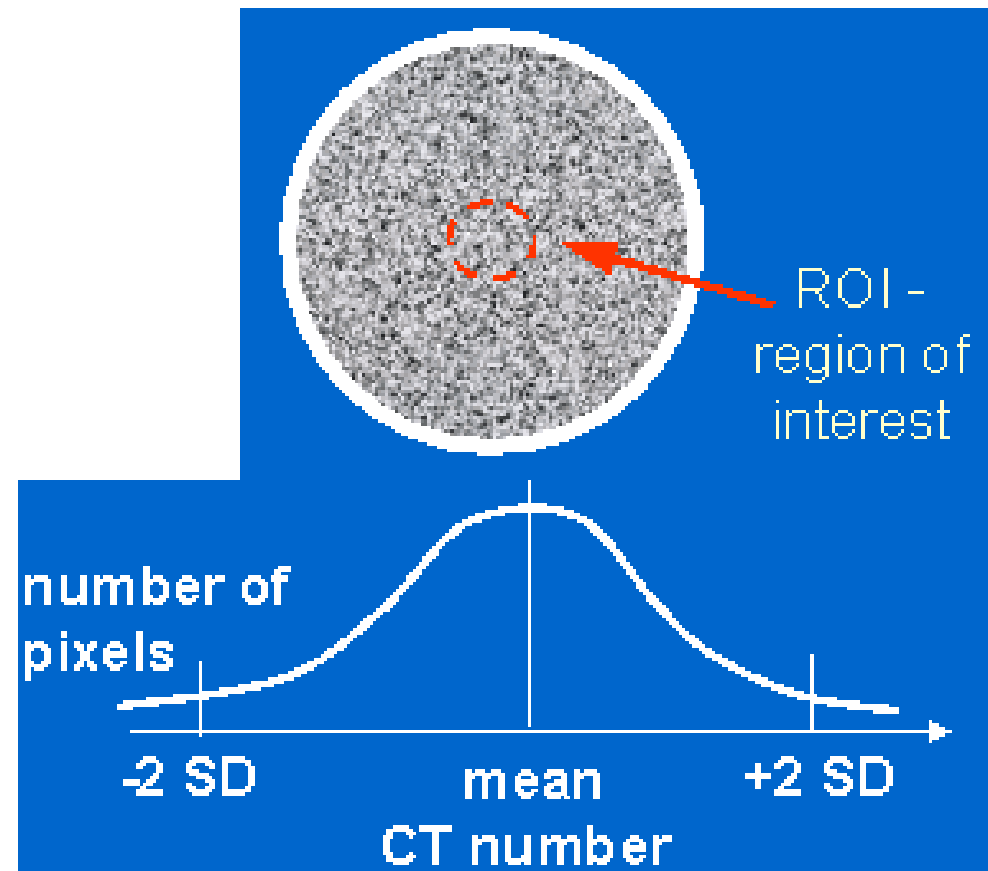
Měření obrazového šumu

- homogenní objekt (např. válcový fantom plněný vodou)

- oblast zájmu (ROI)

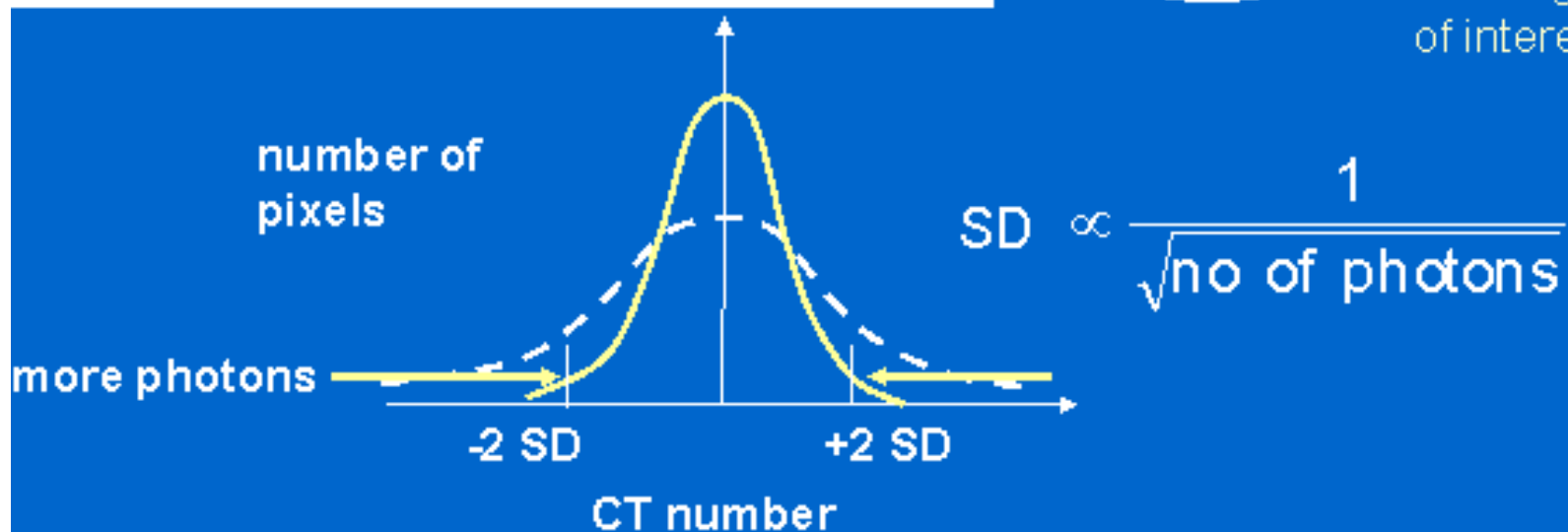
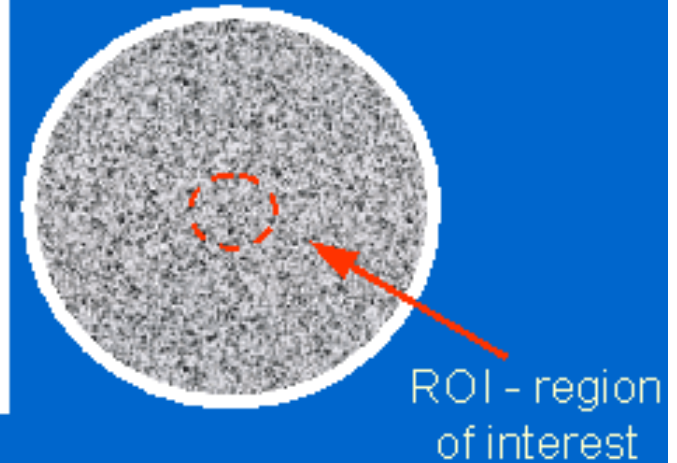
**Střední hodnota CT,
standardní odchylka (SD)**

- Standardní odchylka je měření rozšíření CT od střední hodnoty = šum



Měření obrazového šumu

- Více užitých fotonů
- Více pixelů kolísajících kolem střední hodnoty
- Menší rozšíření kolem střední hodnoty



Měření obrazového šumu

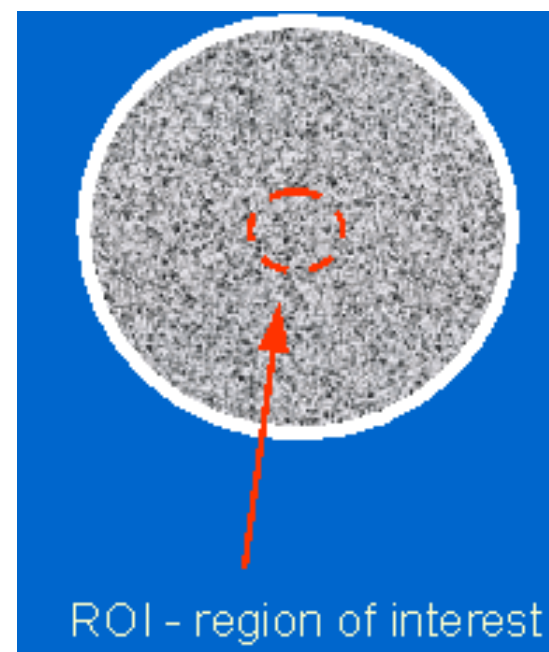
Někdy je uváděn jako % st.odch. (SD)

SD je dána jako celkové procento signálu pozadí příslušného média vztažené ke vzduchu

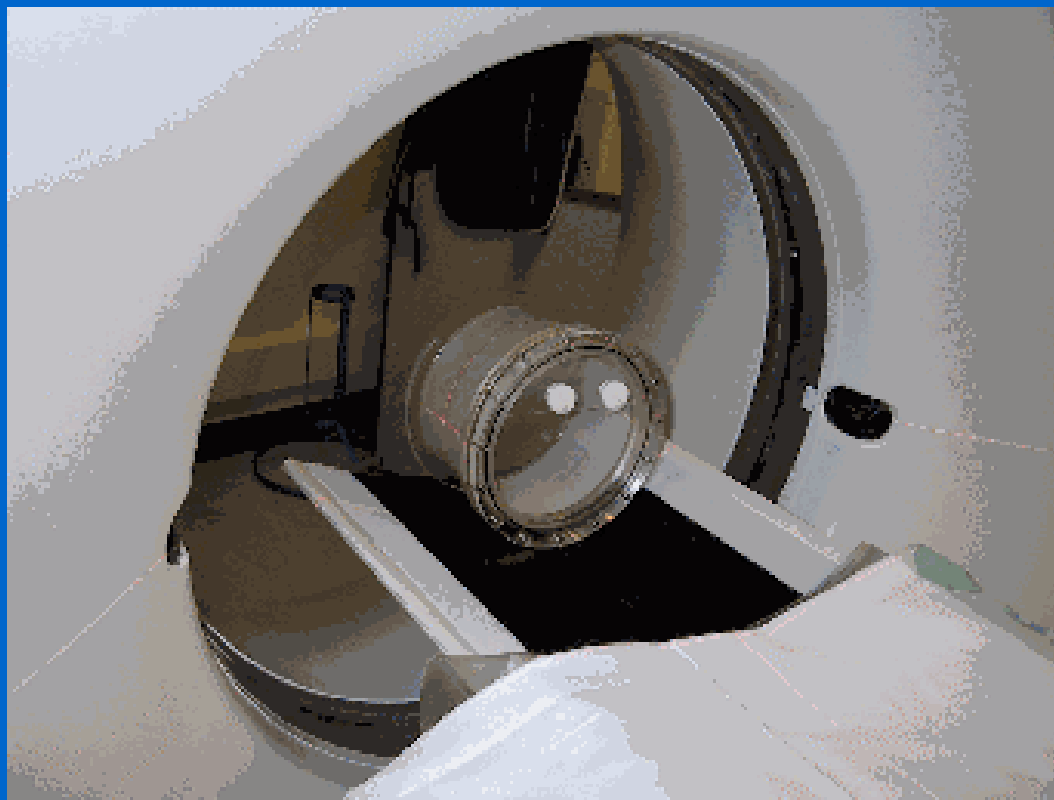
$$SD(\%) = \frac{SD \times 100}{CT(\text{médium}) - CT(\text{vzduch})}$$

Příklad: $CT(\text{vzduch}) = -1000$, $CT(\text{voda}) = 0$

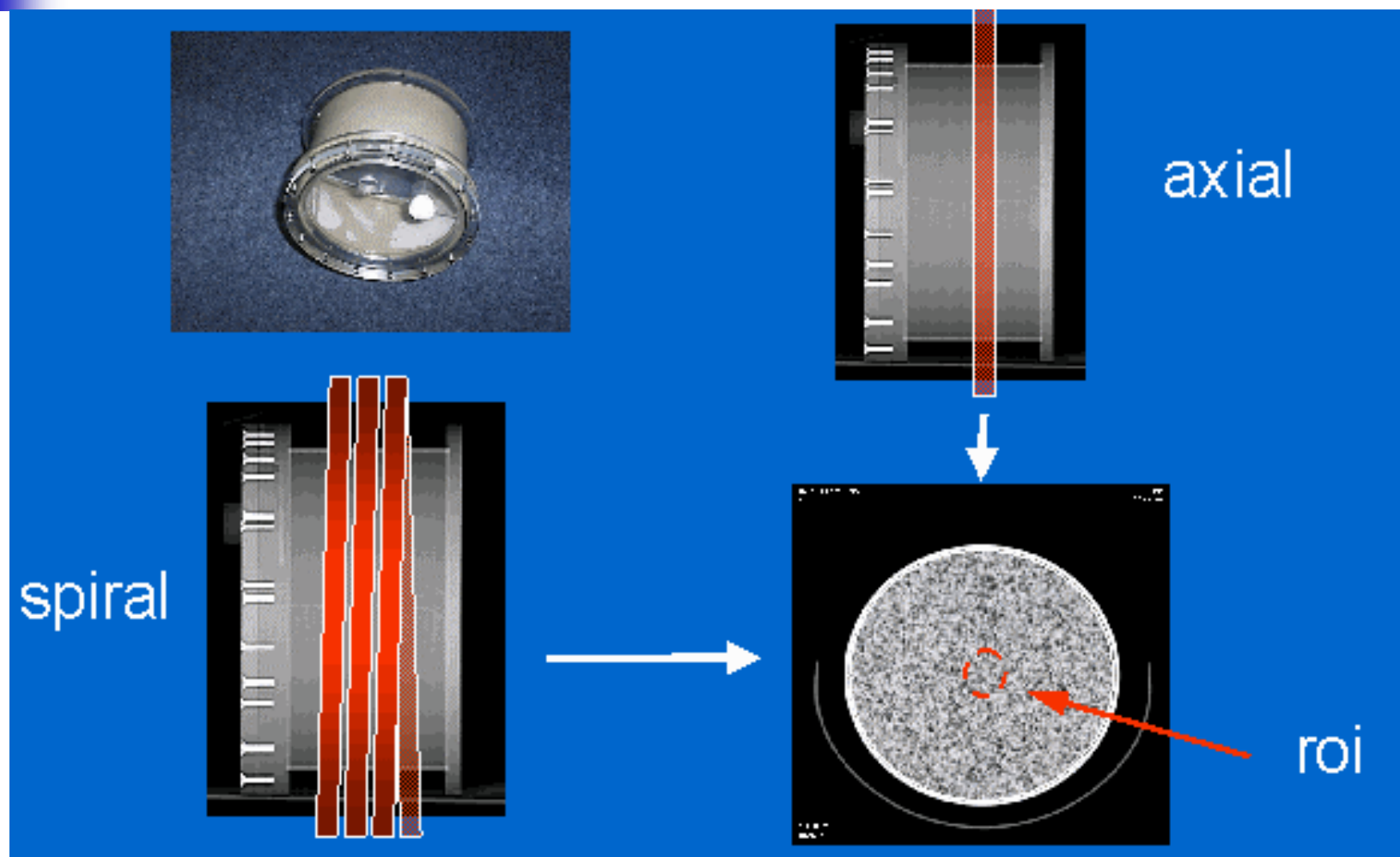
$SD(\%) = SD(\%) / 10$, pro $SD = 3\text{HU}$ $SD(\%) = 0,3 \%$



Měření obrazového šumu

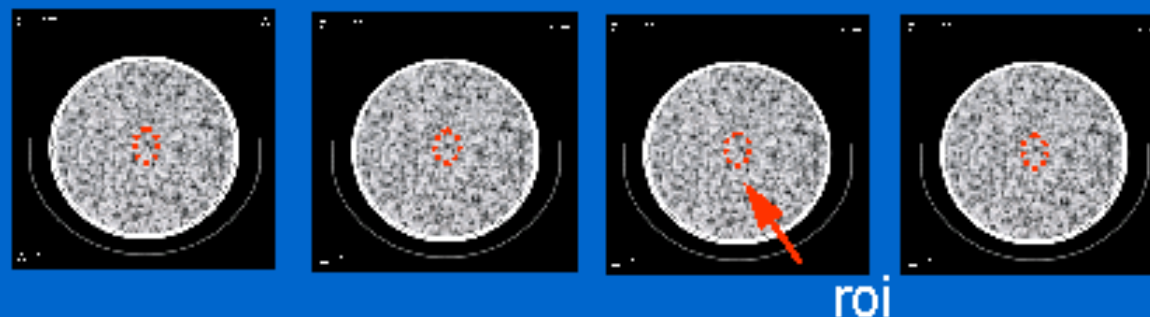
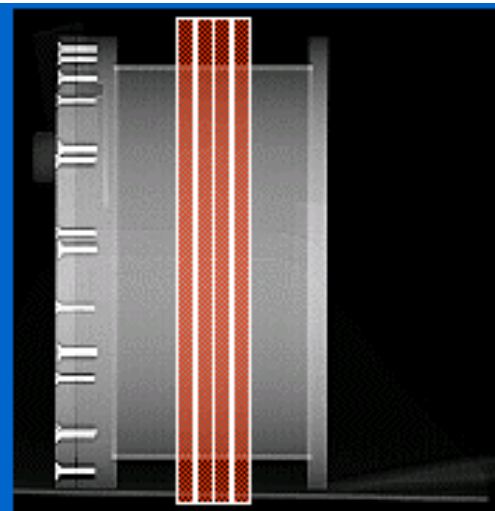
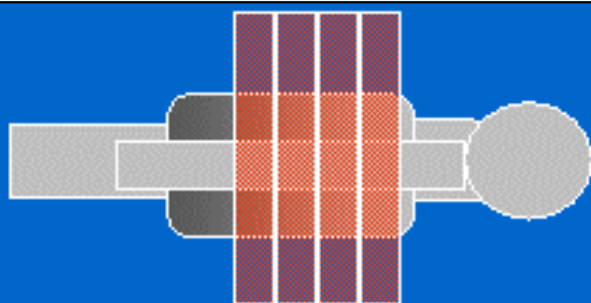


Měření obrazového šumu-skenování po jednotlivých řezech



Měření obrazového šumu-skenování násobných řezů (axiální)

Shoda (konzistence) řezů

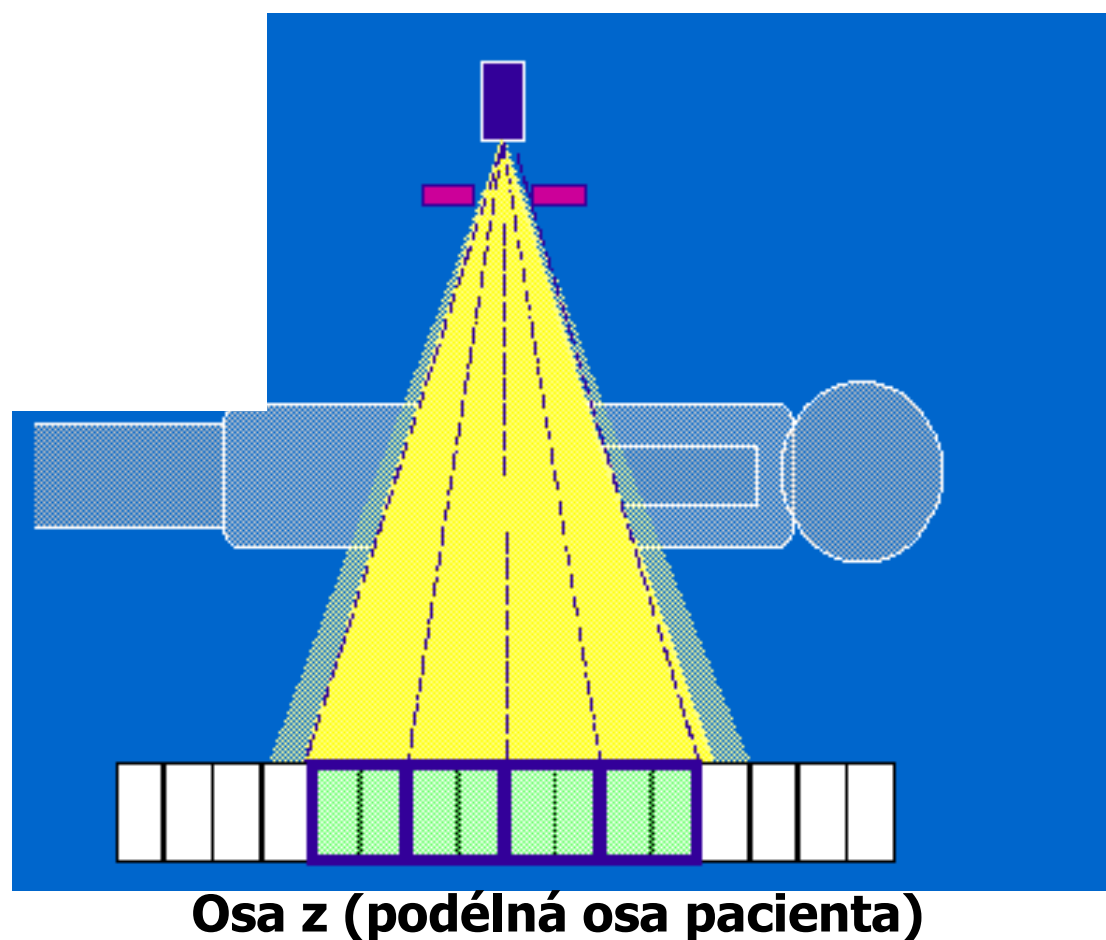


Přehled o všech řezech

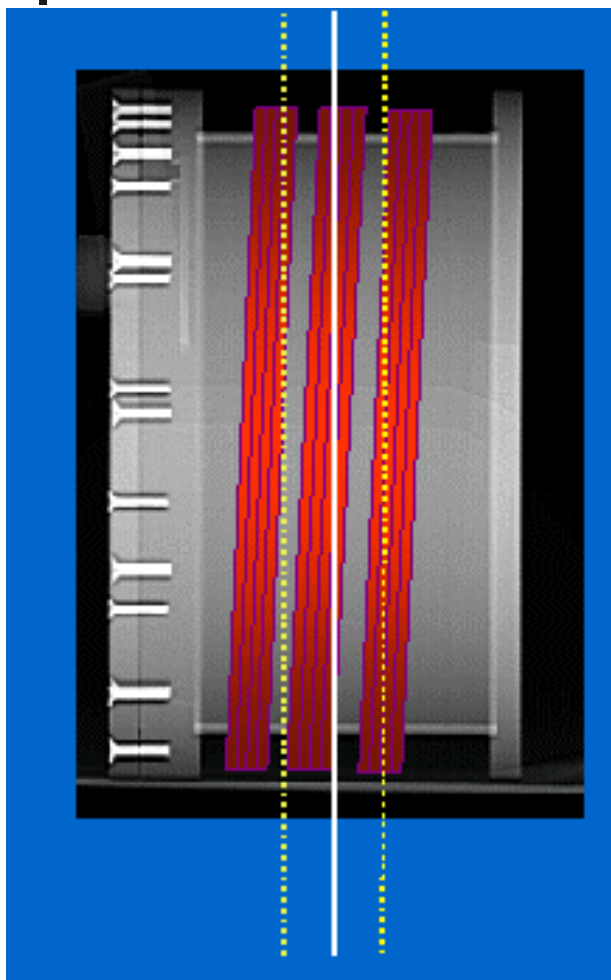
Měření obrazového šumu-skenování násobných řezů (axiální)

Je nutné, aby šum ve
všech řezech byl
podobný

Stejnoměrné rozdělení
detektorů, nebo jejich
skupin

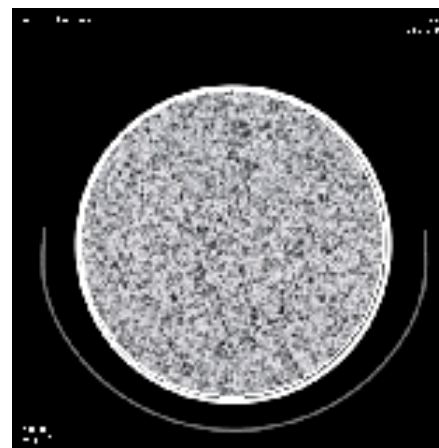


Měření obrazového šumu-skenování násobných řezů (spirální)



Všechny detektory přispívají k obrazu

Podmínka: všechny součásti spirálního skenování musí být v rámci použitého fantomu



Šum a jeho závislost na parametrech skenování

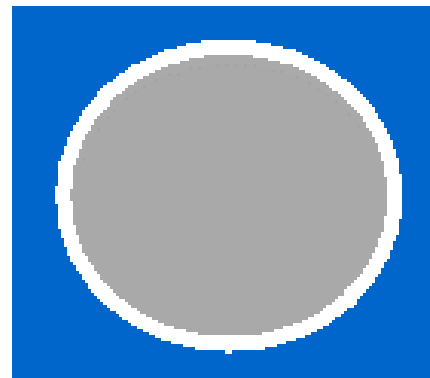
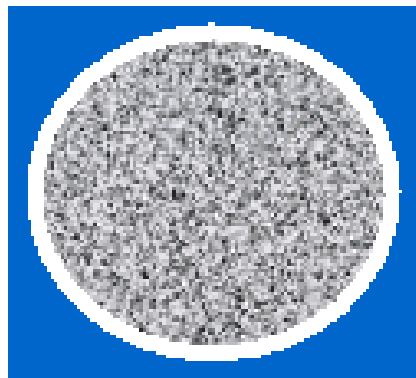
Rozsah CT čísel závisí na počtu fotonů

Počet fotonů je přímoúměrný: - proudu rentgenky

- době skenování

- šířce řezu

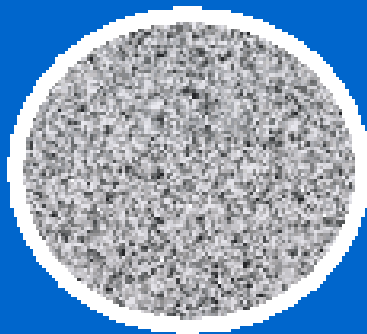
výsledek: hladší obraz (méně šumu)



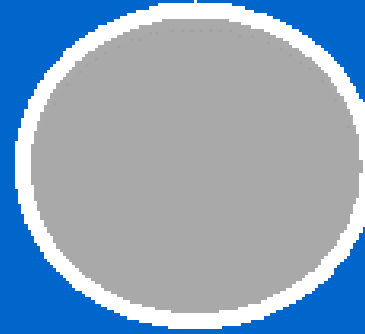
Šum a jeho závislost na parametrech skenování

$$\text{ŠUM(SD)} = \frac{1}{\sqrt{I(\text{mA}) \times t(\text{s}) \times \text{š}(\text{mm})}}$$

Dvojnásobek proudu nebo skenovací doby vede k redukci šumu $1/1,4 = 0,7$



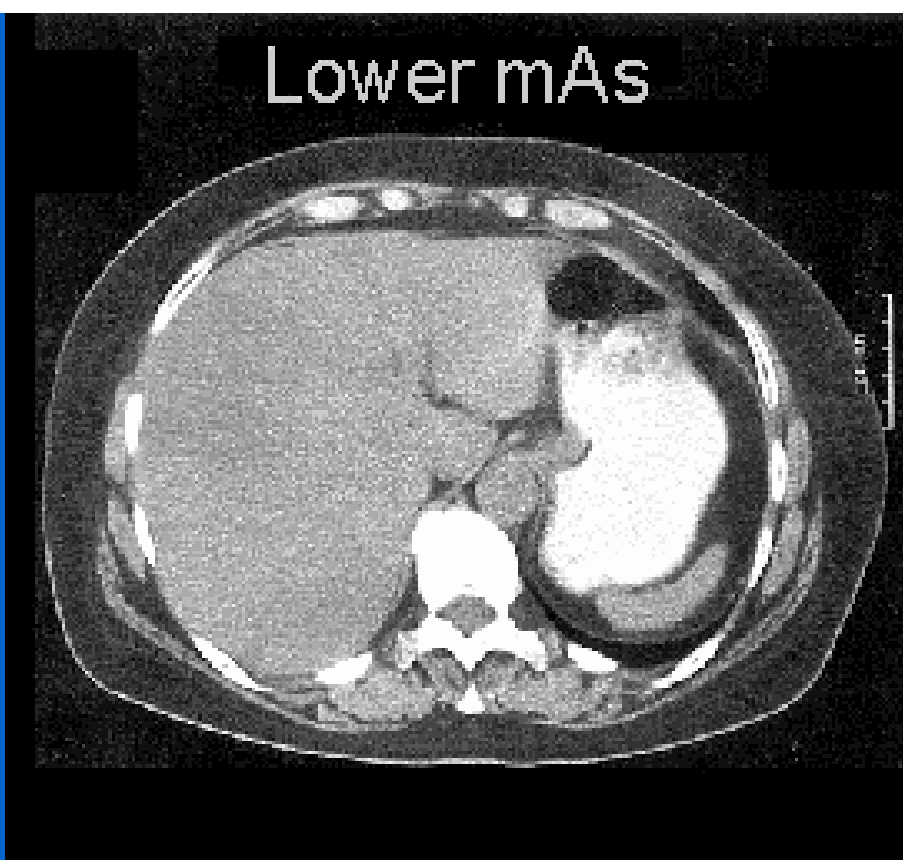
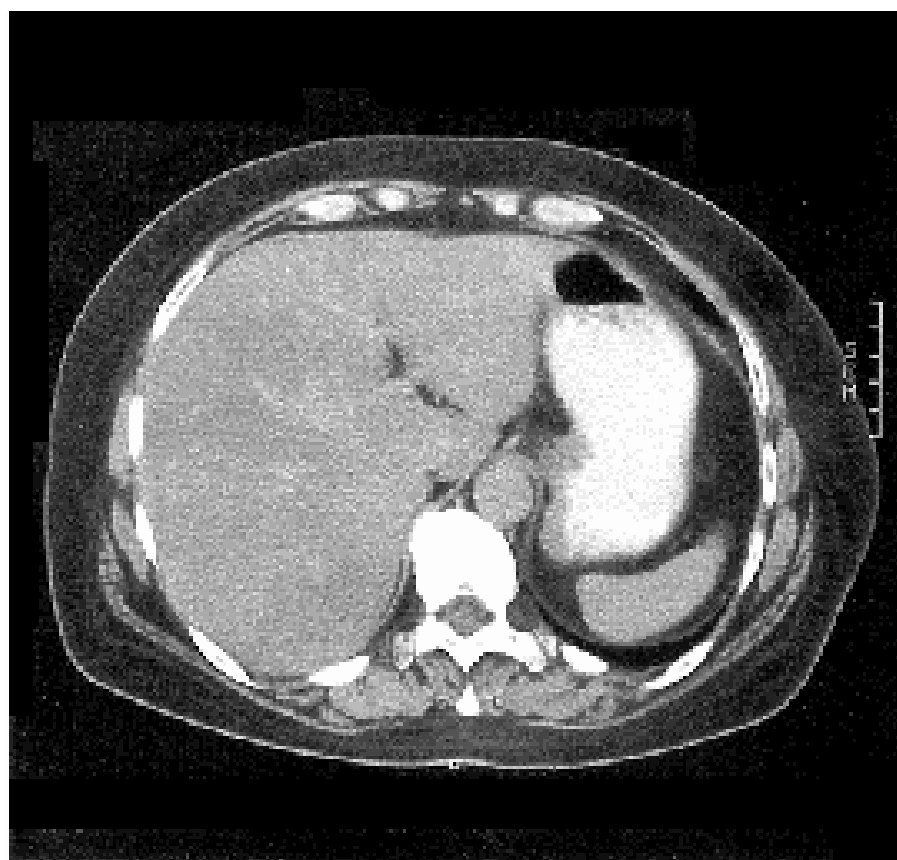
100 mA
or 5 mm



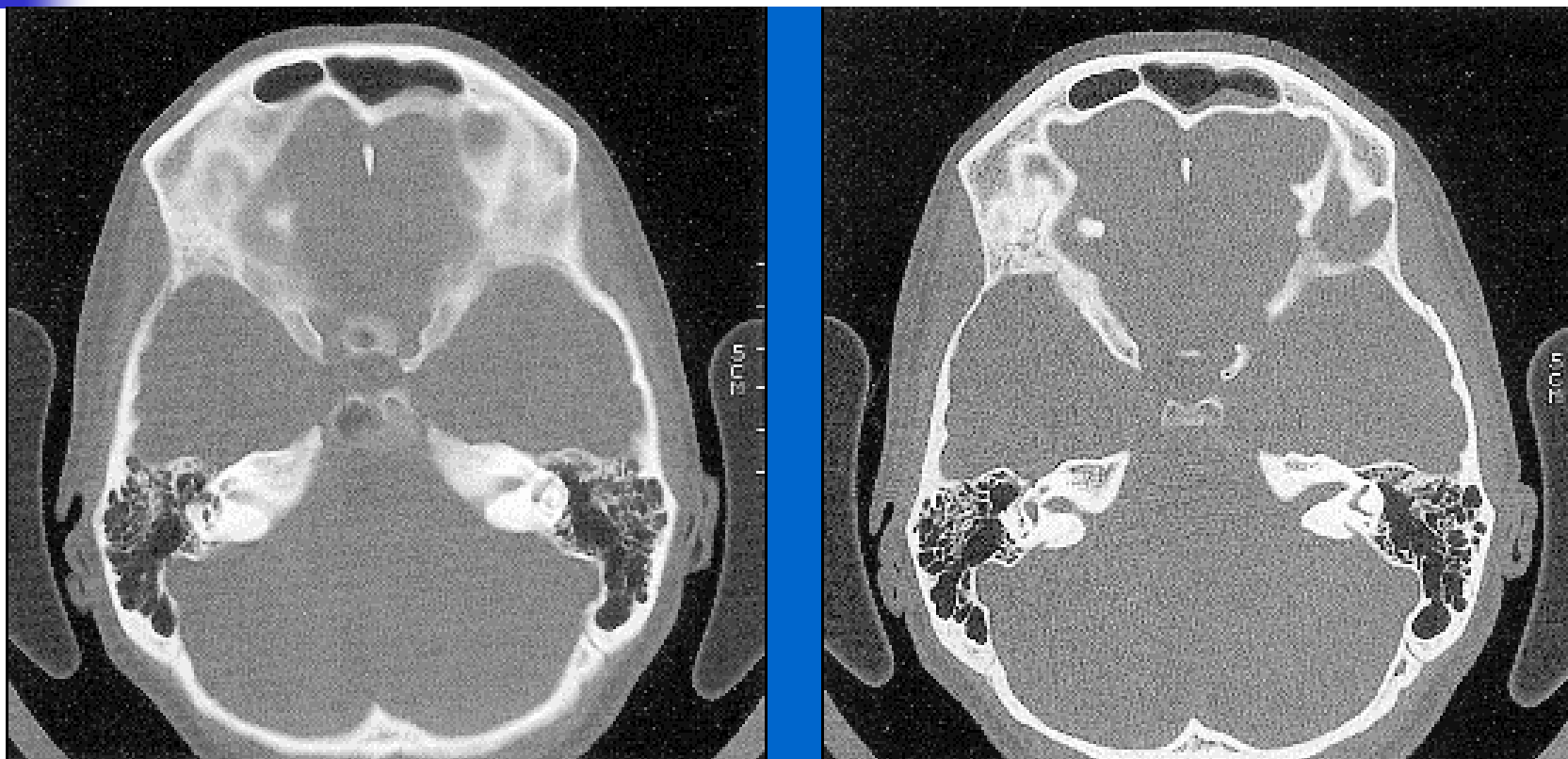
200 mA
or 10 mm

SD = x 0.7

Obrazový šum a proud rtg trubice



Obrazový šum a tloušťka řezu



Širší řez

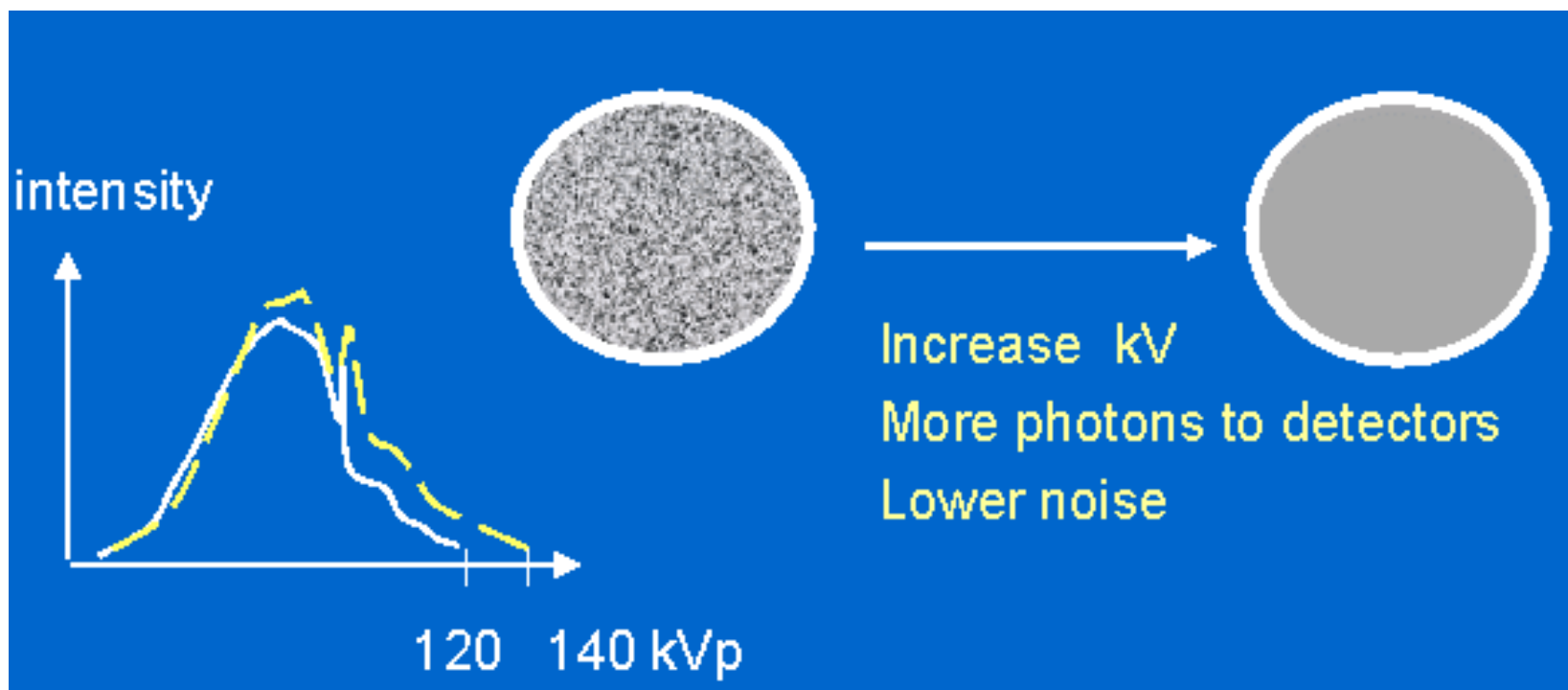
Užší řez – větší šum

lepší prostorové rozlišení v z ose

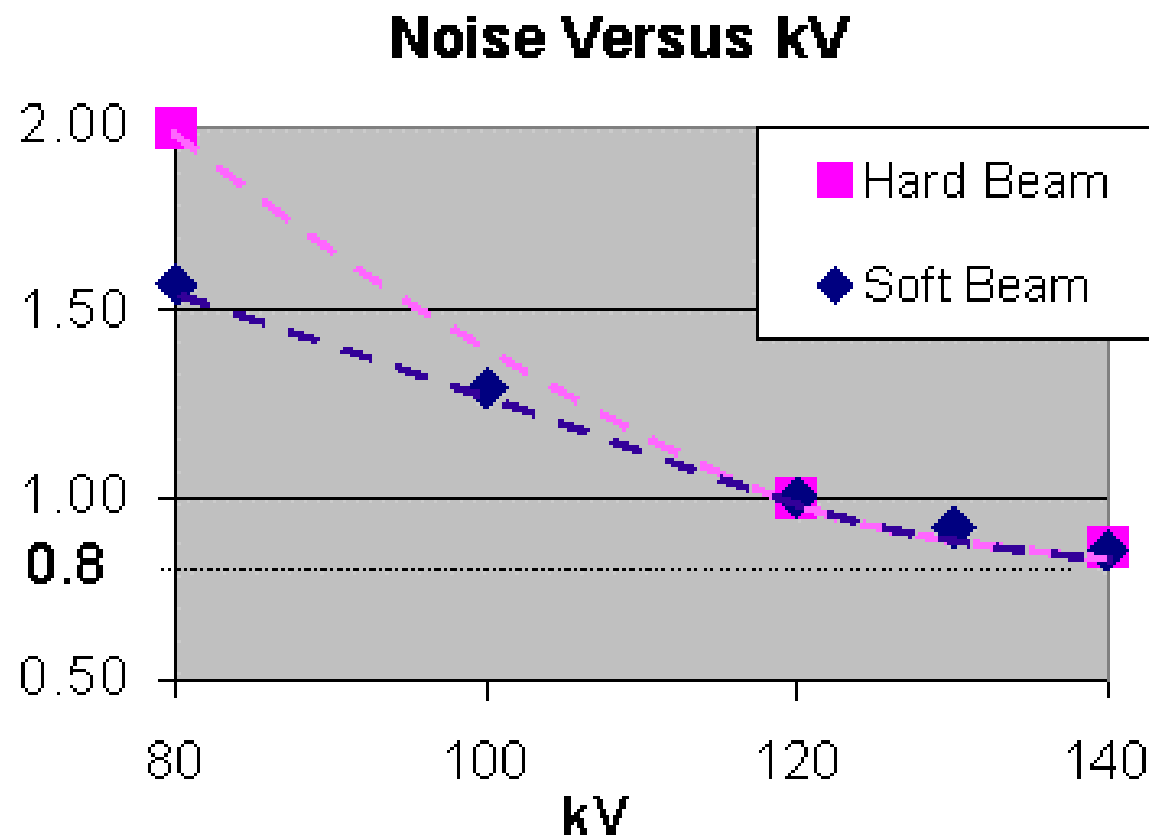
Obrazový šum a napětí rentgenky

Počet fotonů se zvyšuje s napětím na rentgence

Útlum se snižuje – více fotonů dopadne na detektor



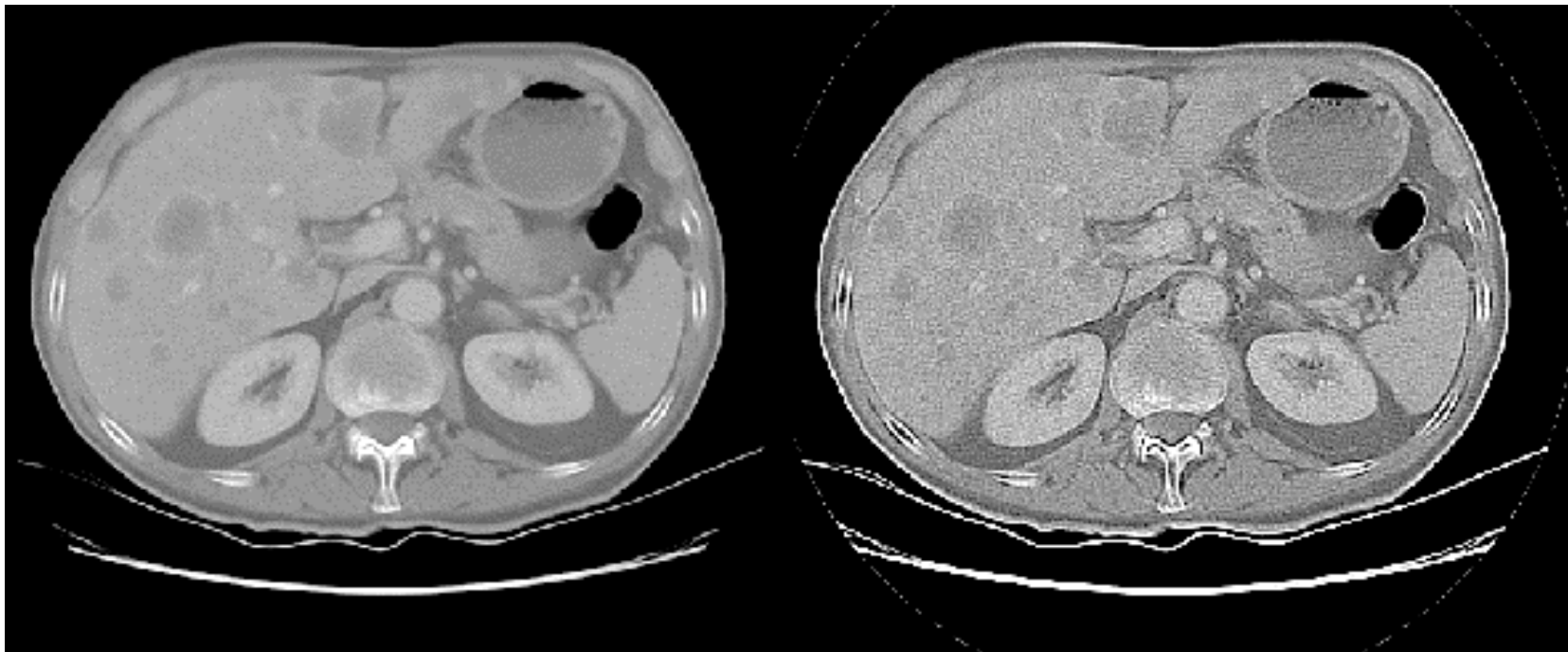
Vztah šumu a napětí rentgenky (kV)



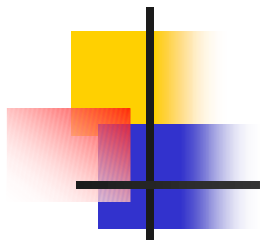
Šum je nepřímoúměrný velikosti urychlovacího napětí (kV)

Šum a volba rekonstrukčního filtru

Vyšší prostorové frekvence souvisí s větším šumem

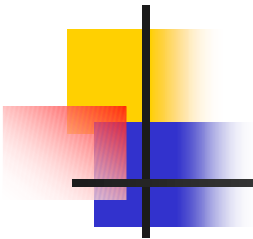


Obraz: hladší	→	standardní	→	ostřejší
Šum cca 7 HU		cca 17 HU		cca 70 HU



LCR-Low Contrast Resolution (rozlišení při nízkém kontrastu)

- **Co to je?**
- **Proč je důležité?**
- **Jak se měří?**
- **Čím je ovlivněno?**
- **Jak je definováno?**
- **Křivka kontrastu (zobrazení detailů)**



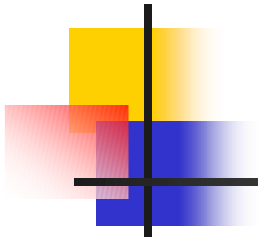
Kontrast

Kontrast = rozdíl odpovídajících signálů

= rozdíl CT čísel (Hounsfieldových jednotek) mezi objektem a okolní tkání

$$K = HU(\text{objekt}) - HU(\text{pozadí})$$





Co je LCR?

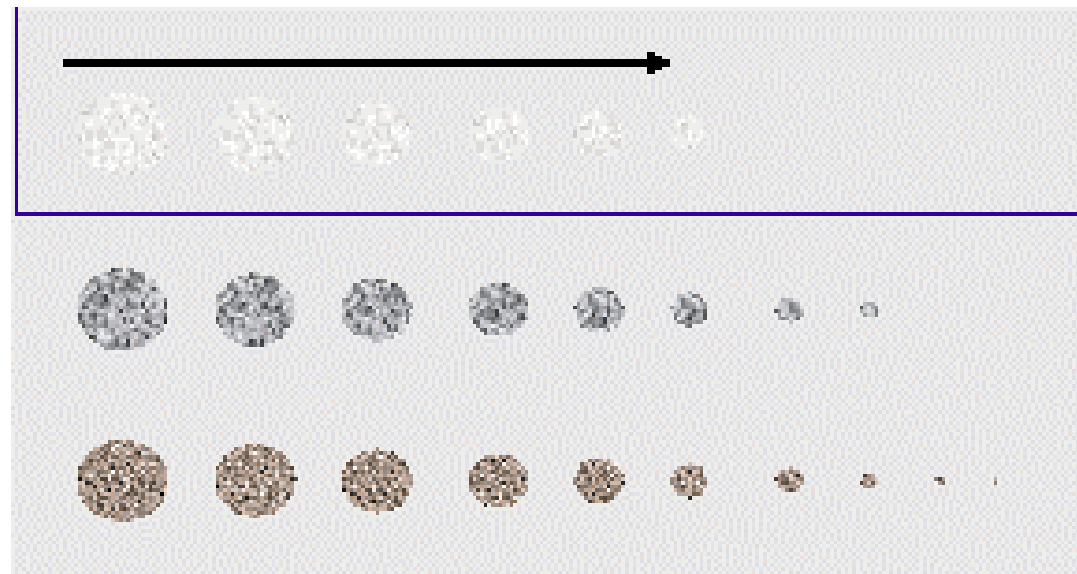
- Limitní rozlišení při nízkém kontrastu
- Schopnost systému rozlišit objekty od pozadí, které má homogenní součinitel zeslabení

Kontrast:

nízký

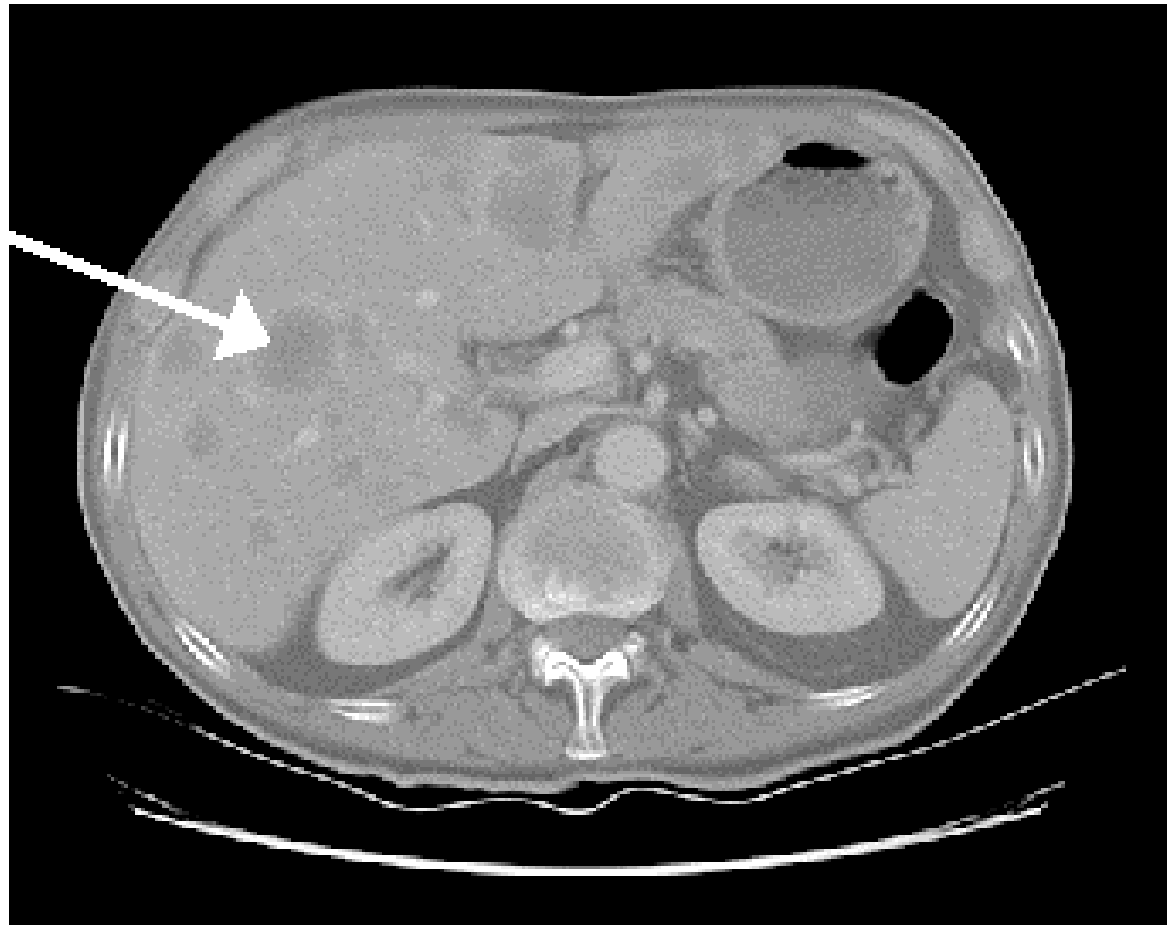
střední

vysoký



Proč je LCR důležitý?

**Je klíčový pro
časné stanovení
nádorového růstu,
kdy nádorová tkáň
nemá ještě
dostatečnou
hustotu**



Proč je LCR důležitý?-příklady tkání

Low contrast exams:

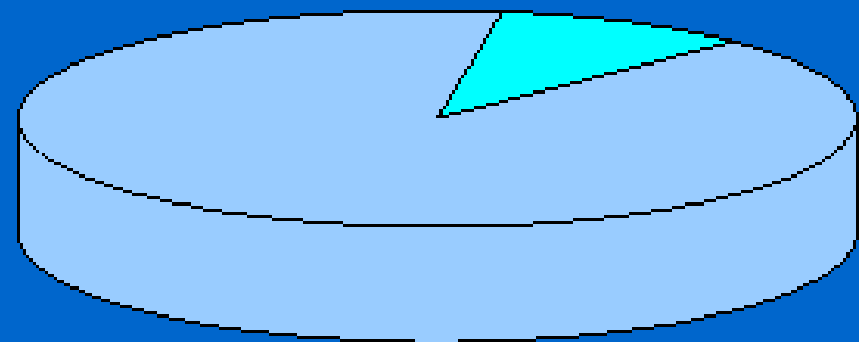
- Cerebrum 22 %
- Base of skull 3 %
- Mediastinum 7 %
- Abdomen, Pelvis 26 %
- Spine 20 %
- Trauma 5 %
- Interventions 4 %
- Pediatrics 3 %

90 %

High contrast exams:

- Lung parenchyma 6 %
- Inner ear 1 %
- Orthopedics 3 %

10 %



LCR – příklady měření

Zpravidla je měření subjektivně

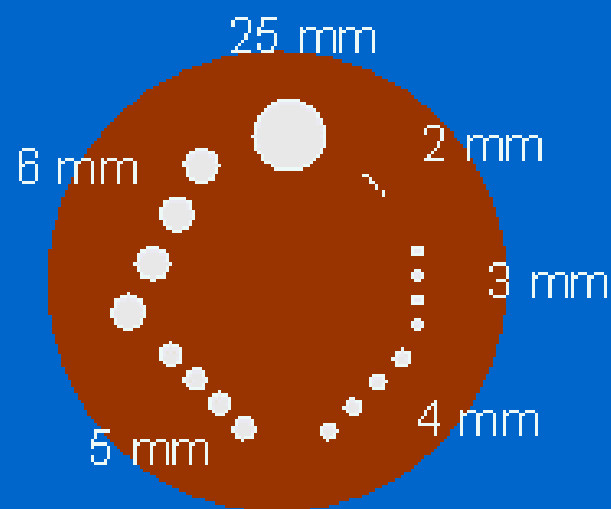
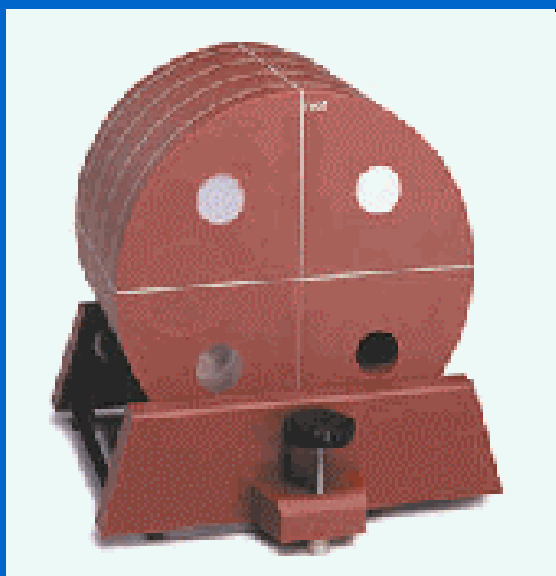
**Fantom s nízkokontrastními objekty
je vložen do homogenního prostředí**

**Př. Otvory s různými průměry
vyvrtané do destičky, která je
vložená do vody**



LCR – příklady měření

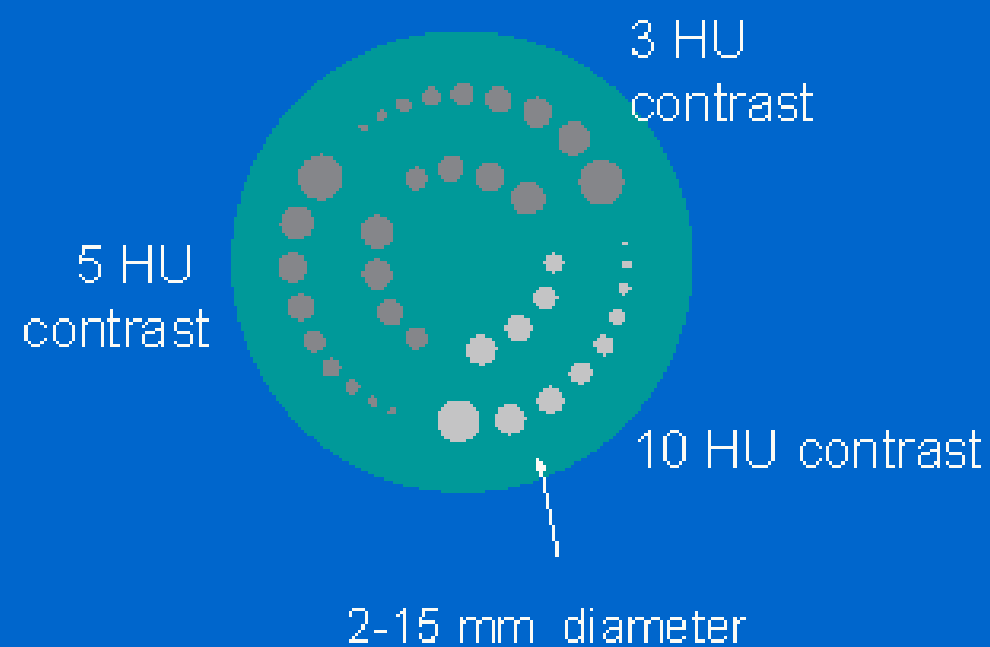
- Gammex 464 ACR CT Accreditation Phantom



All 6 HU contrast

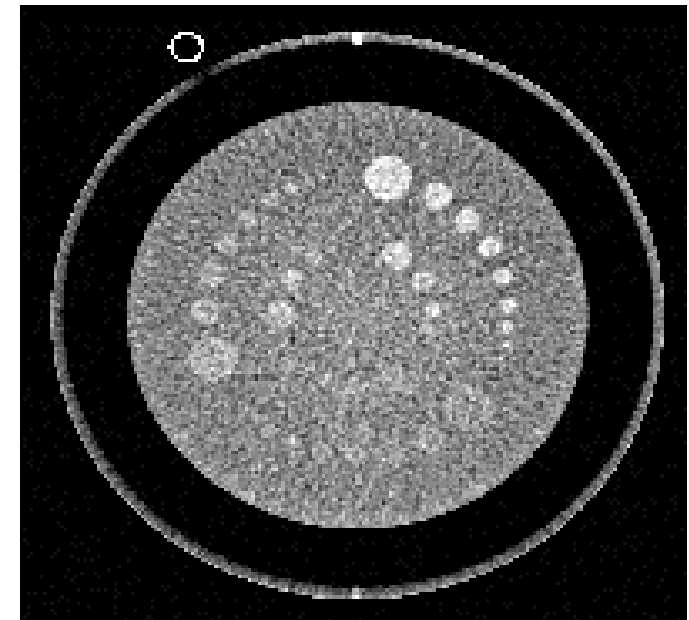
LCR – příklady měření

- Catphan 500



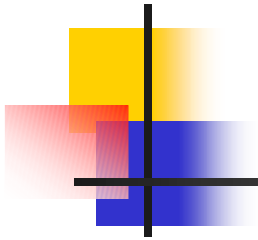
LCR – příklady měření

- **Sken**
 - obvyklé skenovací parametry
 - 10 mm řezy (specifické hodnoty proudu)
- **Měření povrchové dávky**
- **Citovaný výsledek ve formě:**



Velikost objektu, kontrast a změřená dávka rtg záření

eg 3 mm @ 3 HU contrast and 40 mGy surface dose
or 3 mm @ 0.3 % contrast and 40 mGy surface dose



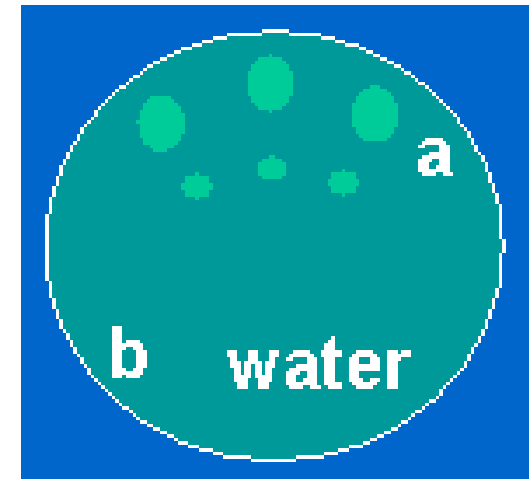
Kontrast (%)

K (%) = rozdíl v zeslabení objektu vzhledem k okolí (vyjádřeno procentuálně)

$$K(\%) = \frac{\mu_{\text{objekt}} - \mu_{\text{voda}}}{\mu_{\text{voda}}} \cdot 100$$

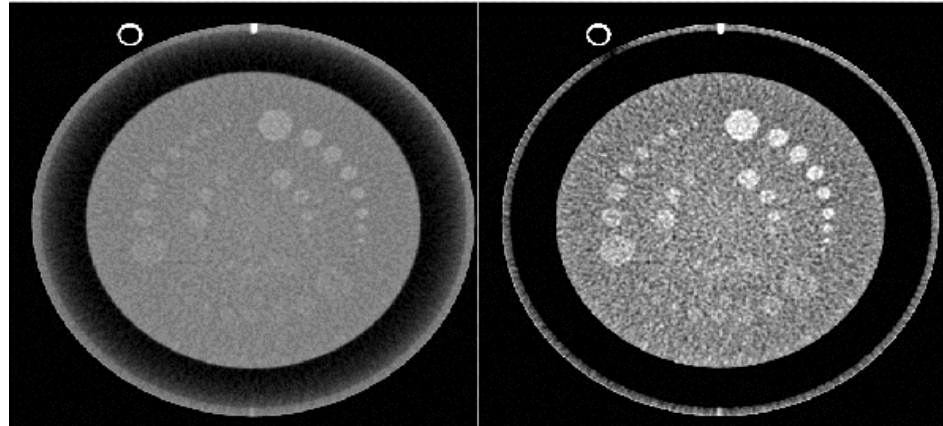
Pozadím je voda

$$K(\%) = HU/10$$

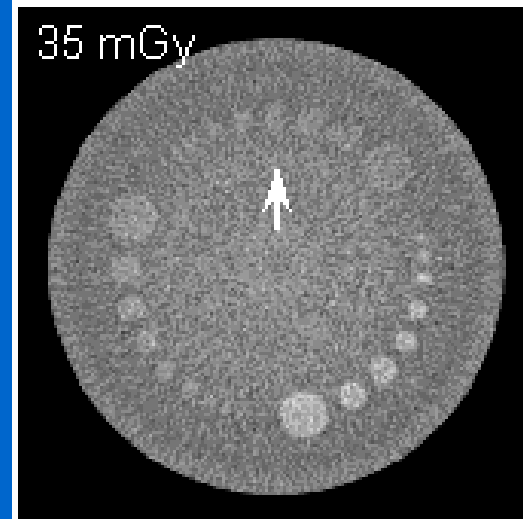
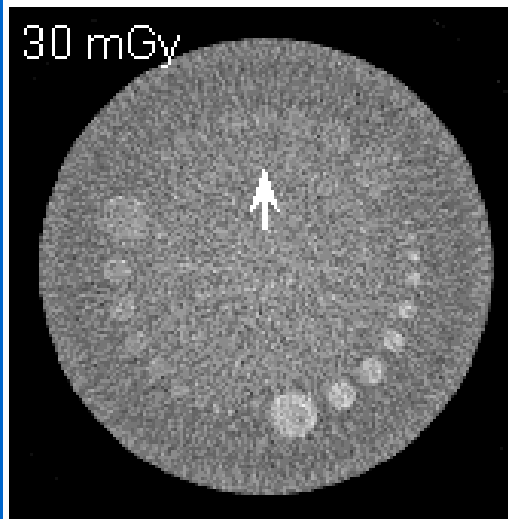
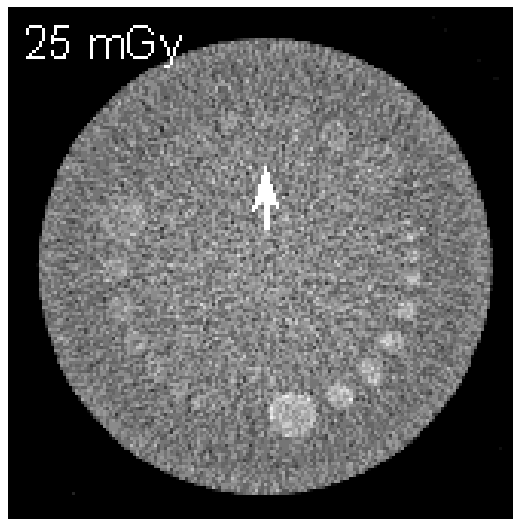
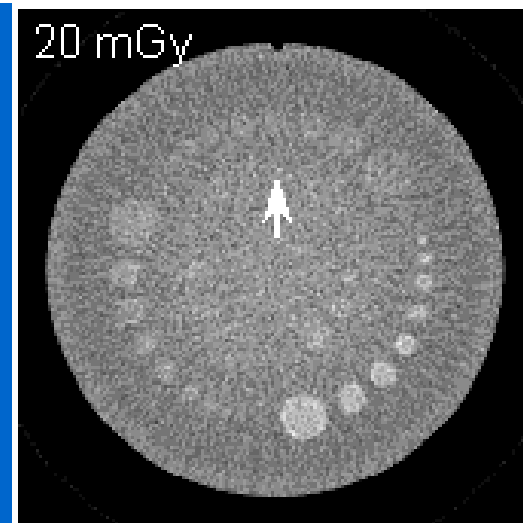
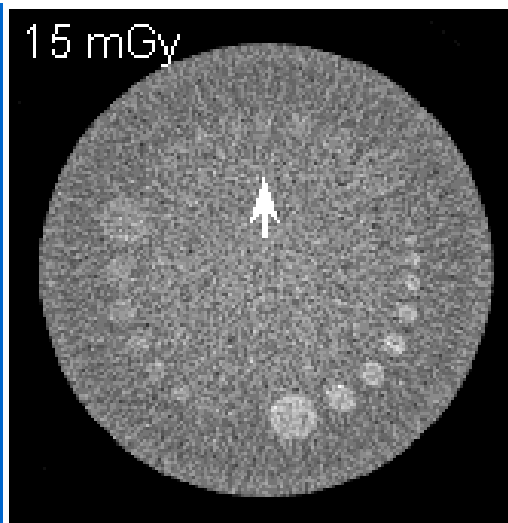
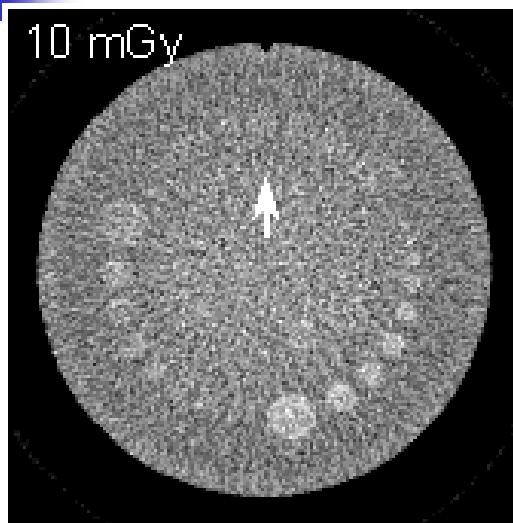


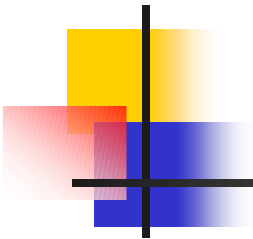
LCR-kriteria pozorování

- **Třeba brát v úvahu:**
 - okolní světlo
 - šířka a úroveň okna
- **Vliv subjektivního hodnocení**
- **Statistická povaha šumu**
 - počet skenů (nejméně 20)
 - počet pozorovatelů (více jak 3) atd.

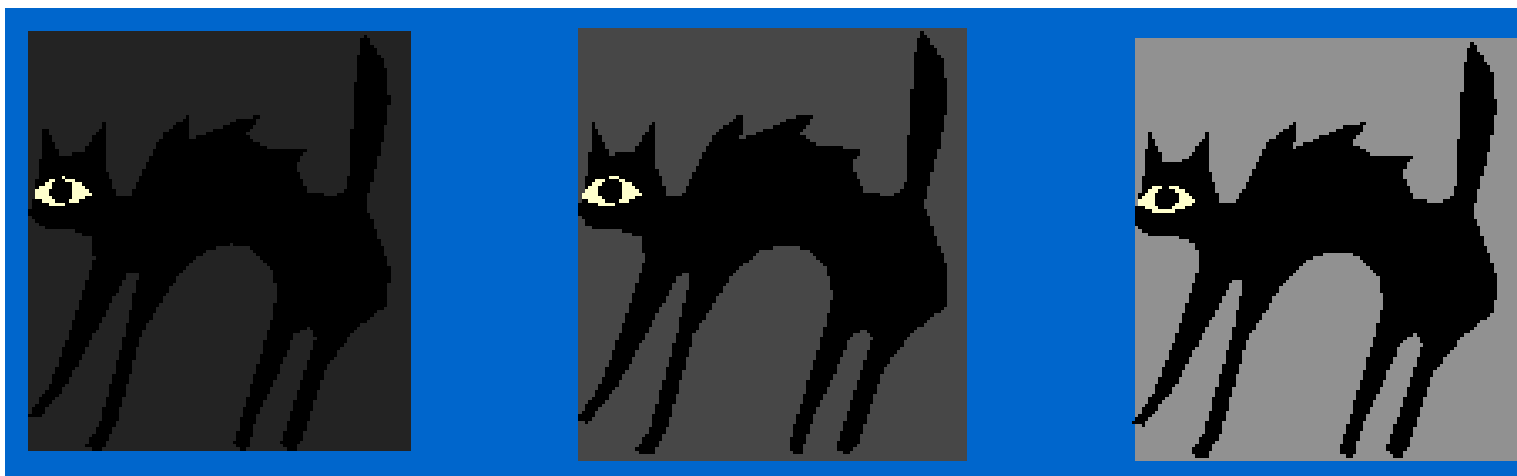


Vliv dávky na LCR



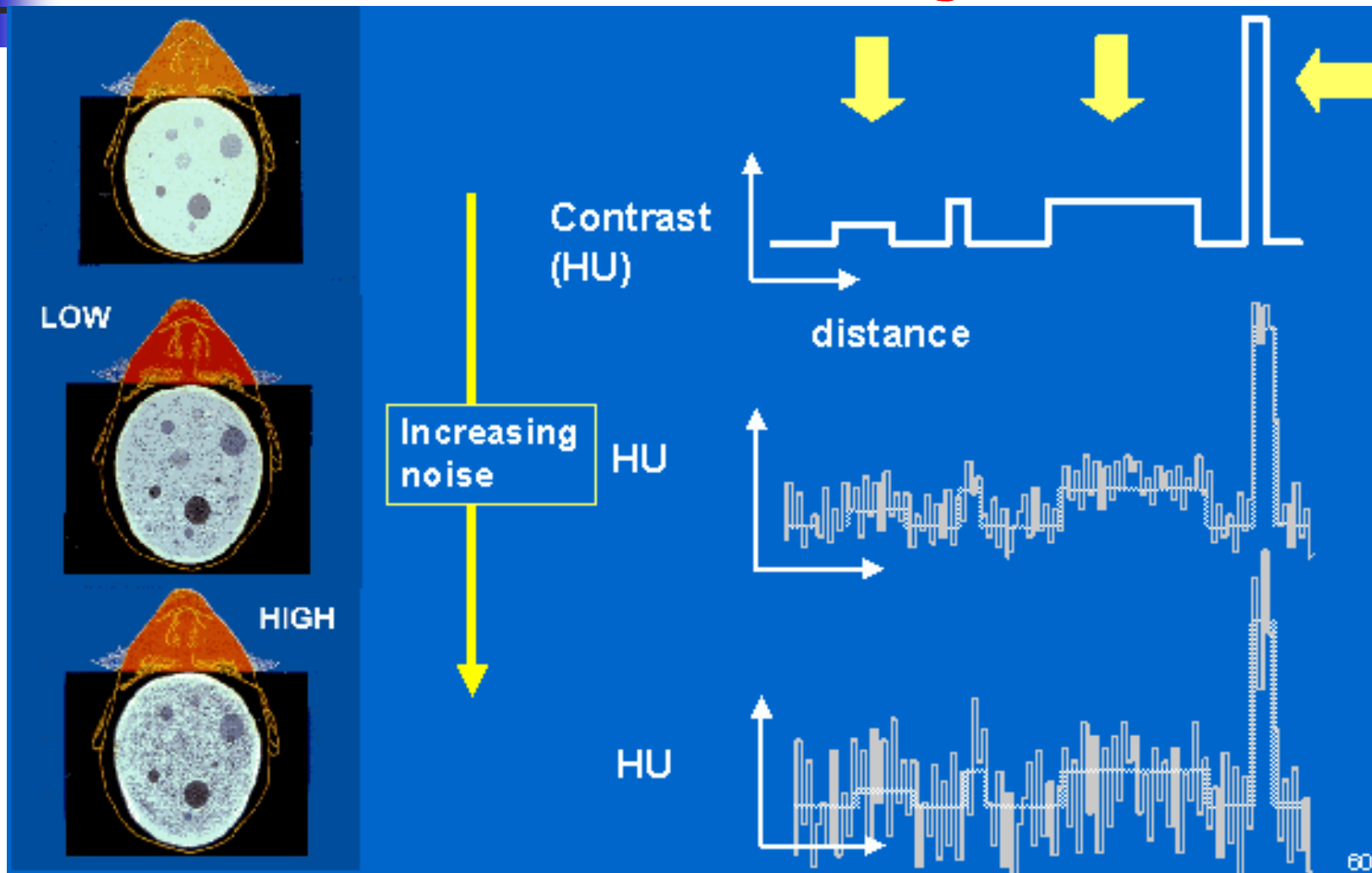


Detekovatelnost objektu



Detekovatelnost závisí na velikosti objektu a jeho kontrastu

Kontrast, velikost objektu, šum



Kontrast, velikost objektu, šum

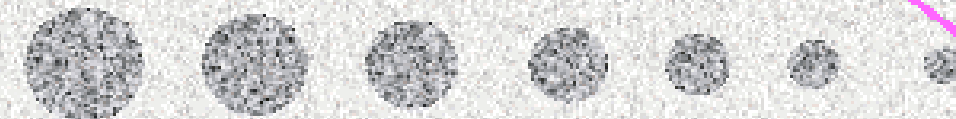
Object
Contrast:

low

medium

high

Effect of
Noise

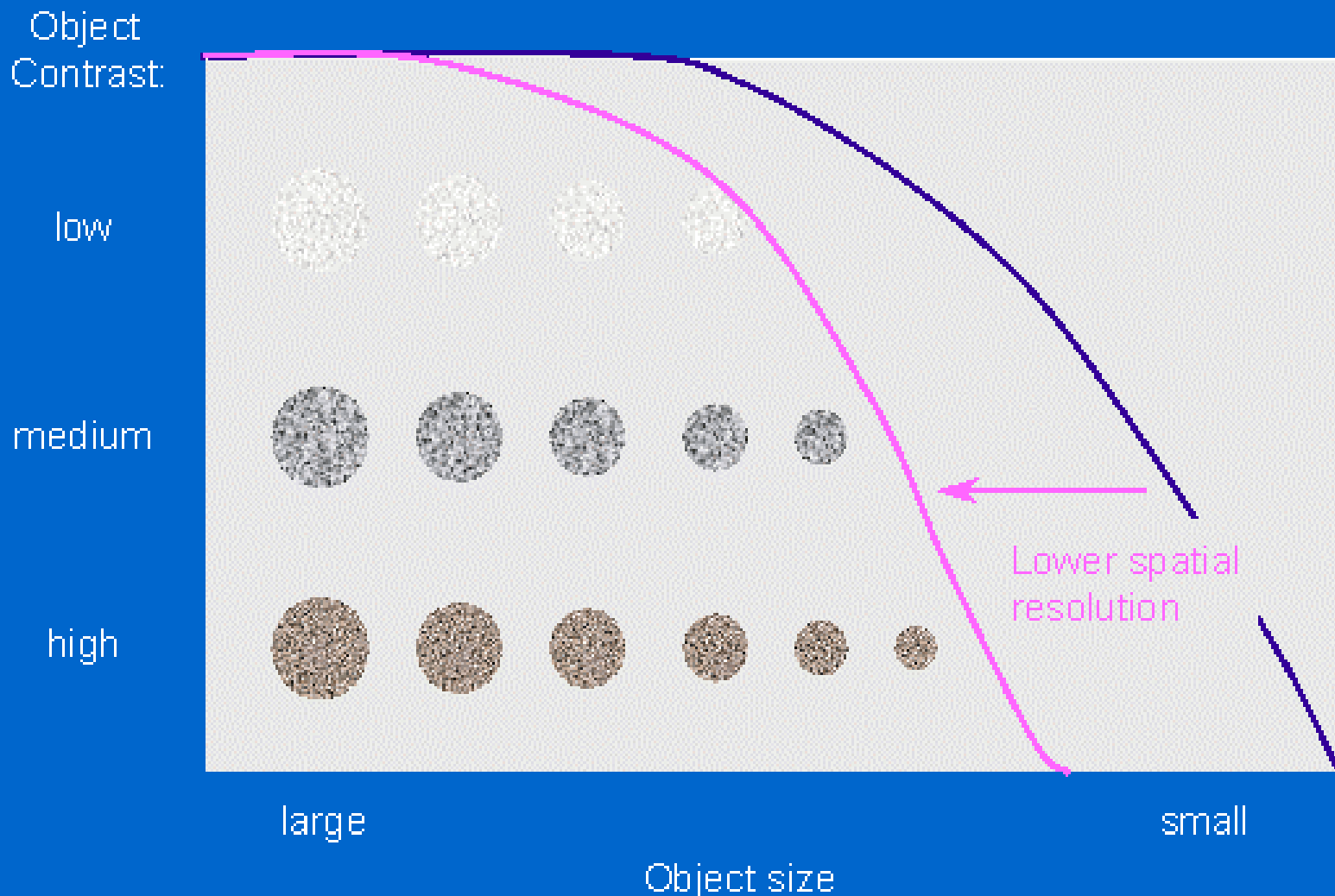


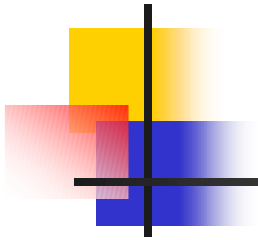
large

small

Object size

Kontrast, velikost objektu, šum





Co ovlivňuje LCR?

**Všechny parametry, které ovlivňují šum
proud(mA), šířka řezu, rozlišení, napětí (kV), atd.**

Parametry ovlivňující prostorové rozlišení

Křivka kontrastu (kresba detailu)

