



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

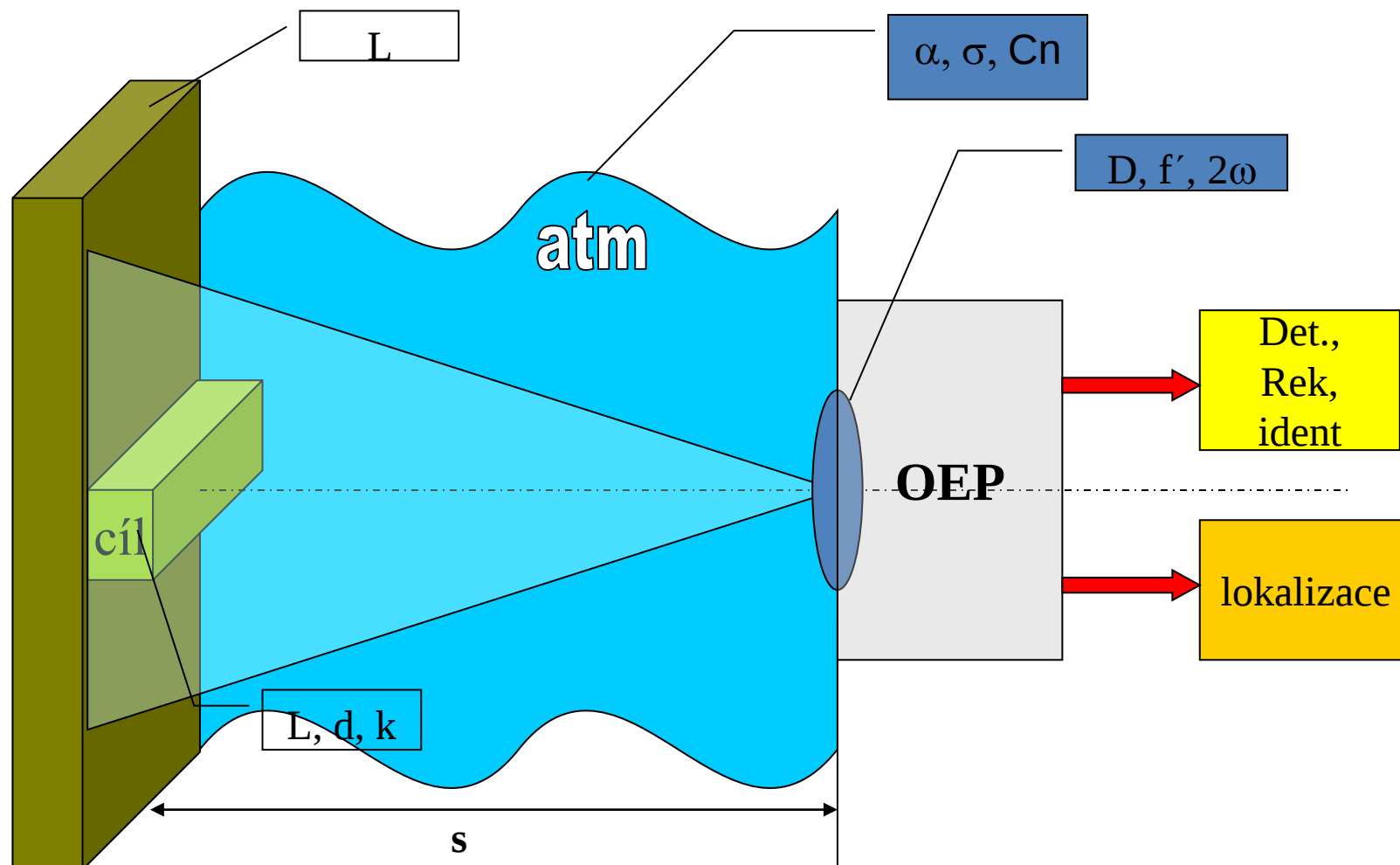
Dosahy OE přístrojů v reálných podmínkách

Teodor Baláž, Zdeněk Řehoř

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Činnost OE přístrojů



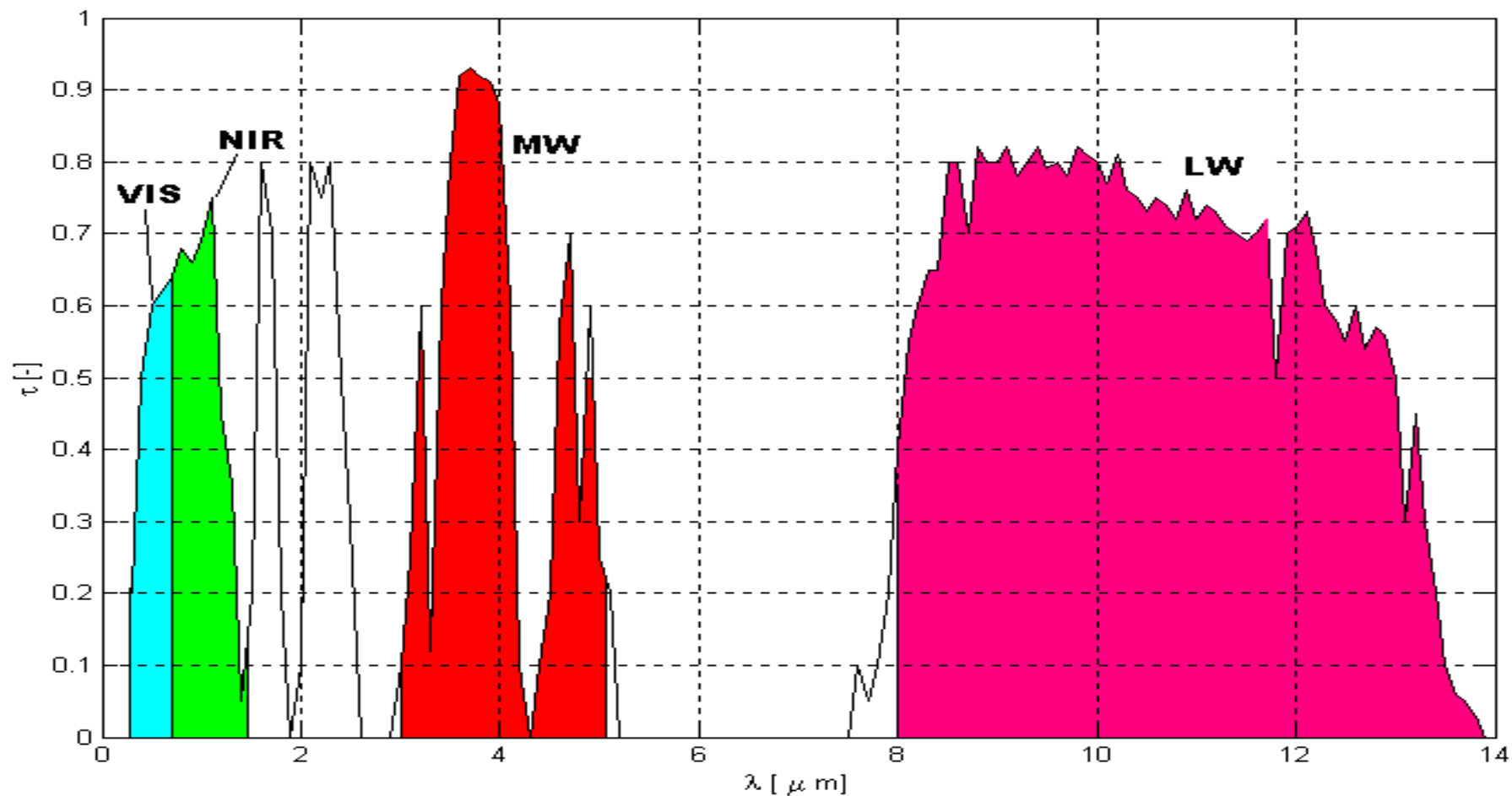
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Transmittance atmosféry



25.2.2010

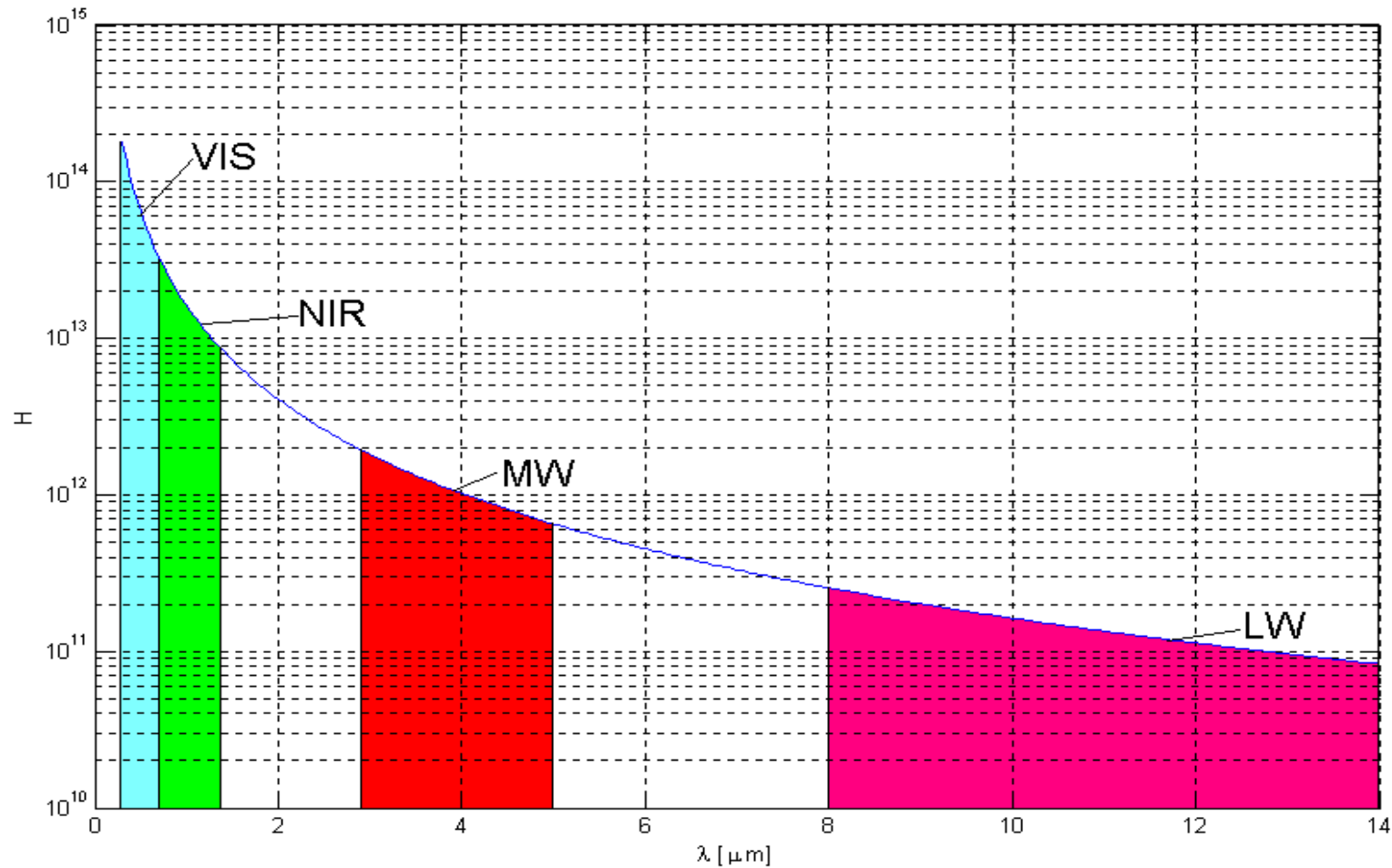
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Množství informace

$$H = 0,85 \cdot S_P \cdot \left(\frac{\text{tg} \omega}{\lambda} \right)^2 \cdot \log_2 m$$



$D = 50 \text{ mm},$
 $\omega = 2^\circ,$
 $m = 256$

25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Optické spektrální pásmo

VIS NIR

MW

LW

$\lambda = (8 - 14) \mu\text{m}$



25.2.2010

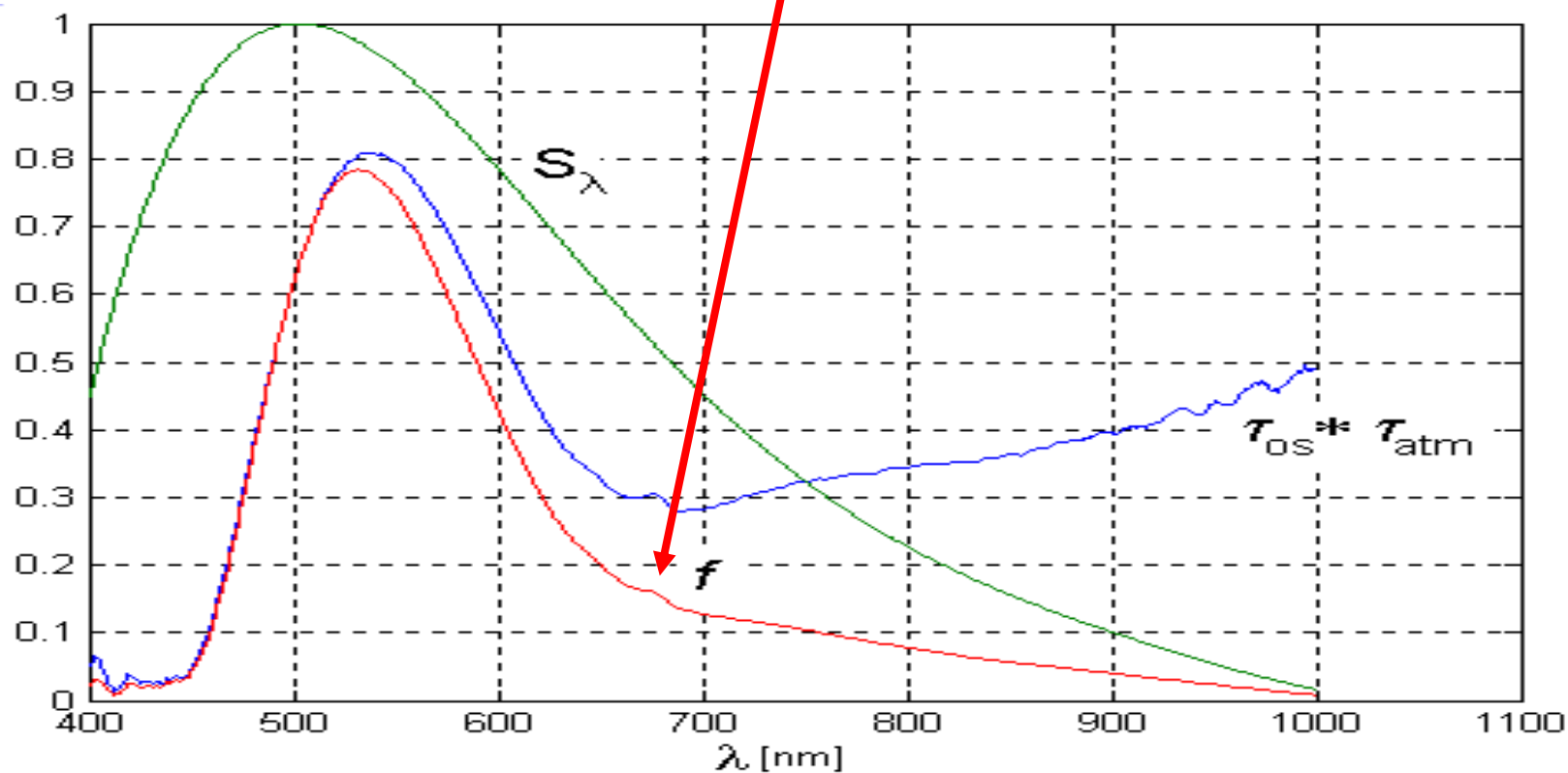
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Dosah OE přístroje

$$S_{\max}^2 = \frac{S_o \cdot S_c \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot m \cdot NEP} \cdot f \cdot \left\{ \varepsilon_{\lambda} \cdot M_{\lambda, T} + \rho_{\lambda} \cdot E_{\lambda} \right\}$$



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Johnsonovo kritérium

Pravděpodobnost $P = 50\%$

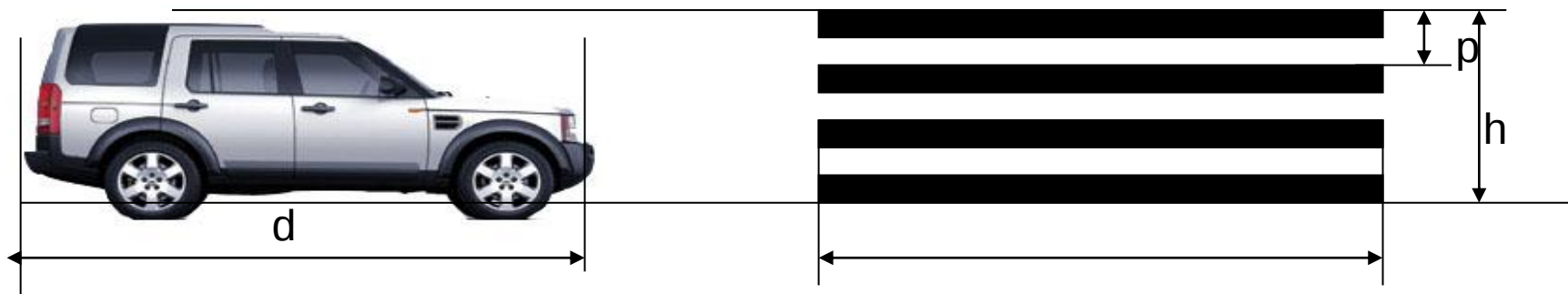
detekce - 1 perioda

rozpoznání - 4 periody

identifikace - 8 period

objekt

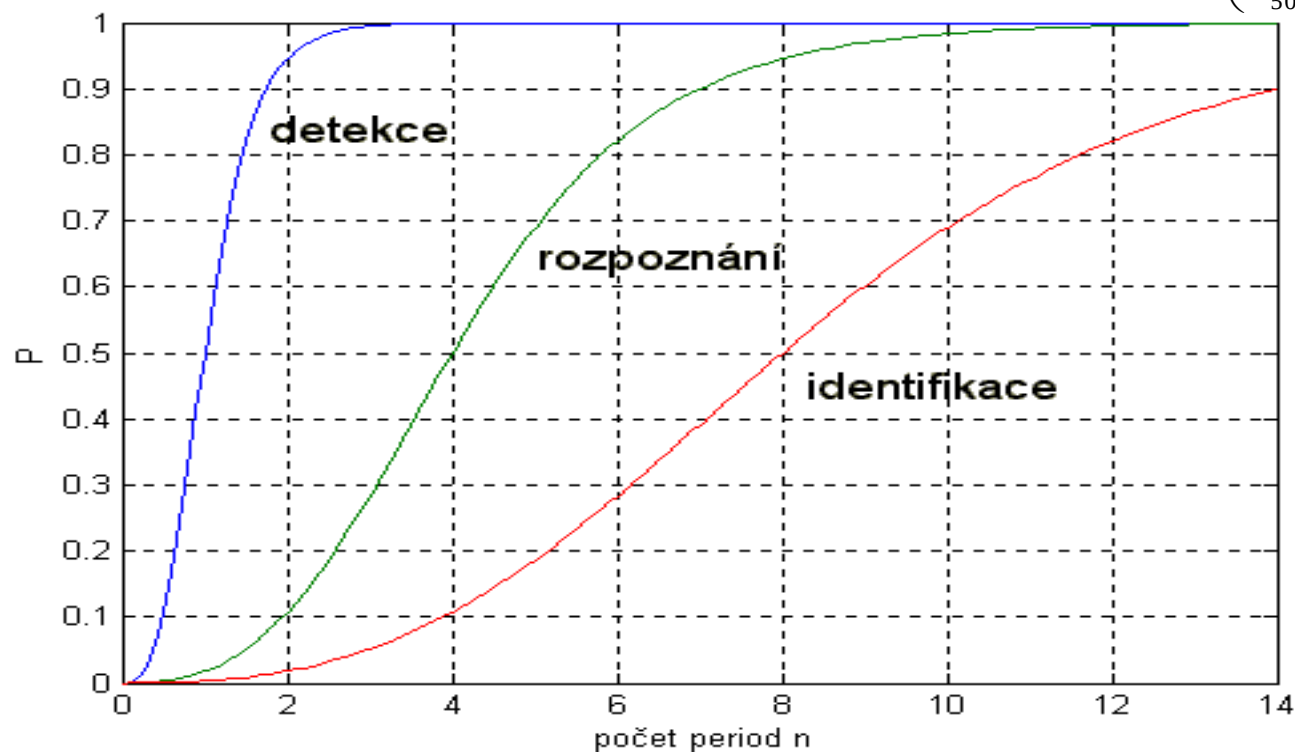
ekvivalentní
čárový test





Johnsonovo kritérium

$$P_{(n)} = \frac{\left(\frac{n}{n_{50}}\right)^E}{1 + \left(\frac{n}{n_{50}}\right)^E}, \quad E = 2,7 + 0,7 \cdot \left(\frac{n}{n_{50}}\right)$$



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





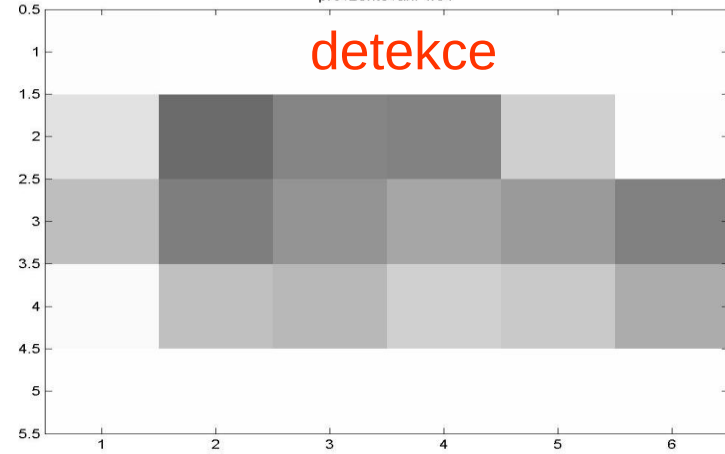
Johnsonovo kritérium

vzor



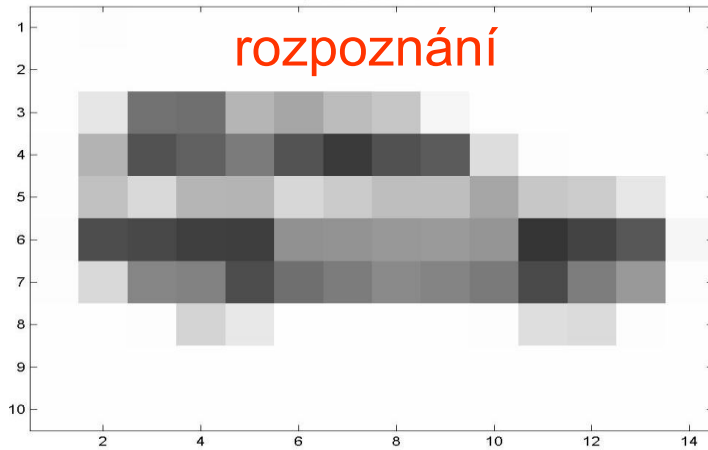
převzorkování 1/51

detekce



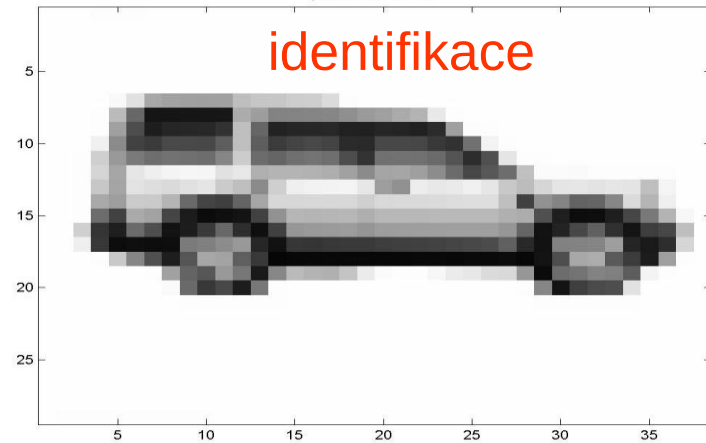
převzorkování 1/25

roznání



převzorkování 1/2

identifikace

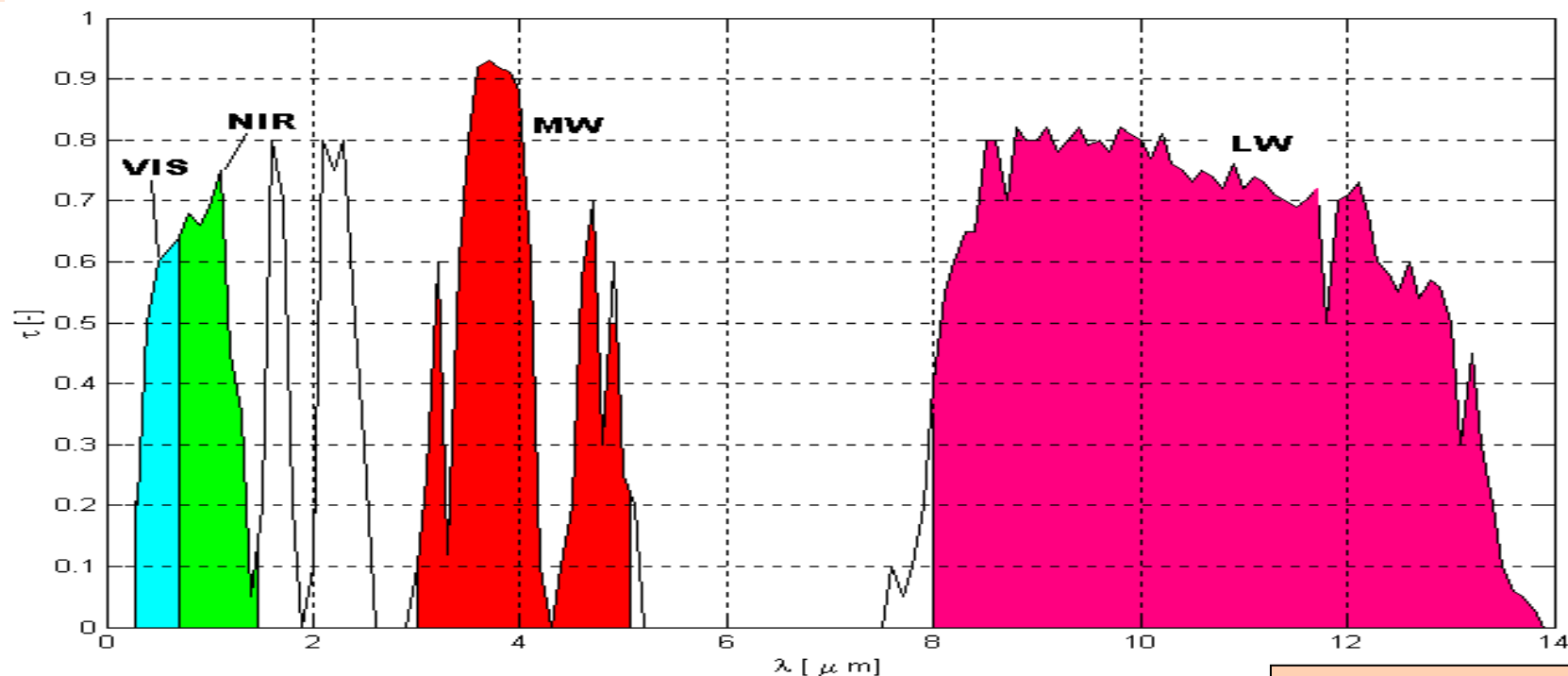


25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Transmitace atmosféry



absorbce
disperze

$$\alpha = f(\lambda, w, p, T, s)$$
$$\sigma = f(\lambda, w, p, T, s)$$

turbulence

$$C_n^2$$

Snížení kontrastu a
dosahu

Deformace obrazu,
chyba zaměření



Turbulence

12. 7. 2006 o 13²⁰

teplota vzduchu $T_v = 36^\circ \text{C}$

teplota asfaltového povrchu $T_a = 45^\circ \text{C}$

$$t_z = 60 \text{ s} \quad t_e = 1/1000$$

vzdálenost rychlokamery od objektu $s = 307 \text{ m}$

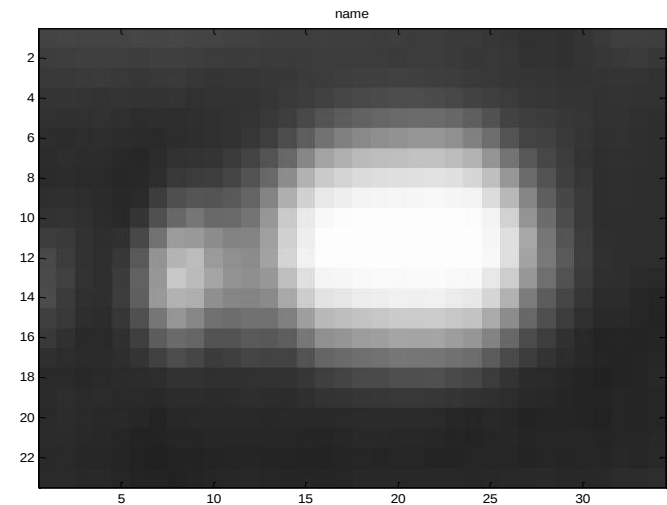
Snímací objektiv CORRECTAL S5LPJ9034^s telekonvertorem
2x,
 $f' = 300 \text{ mm} \quad c = 9$

$$h = 1,5 \text{ m}$$



Turbulence

Snímek hodnocené videosekvence a zprůměrovaný snímek





Turbulence



Camera Name: morda
Record Rate: 100
Exposure: 9997
Date: 07/19/06
Time: 13:58:57
Frame: 0
Seconds: 0
 μS : -1978

25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



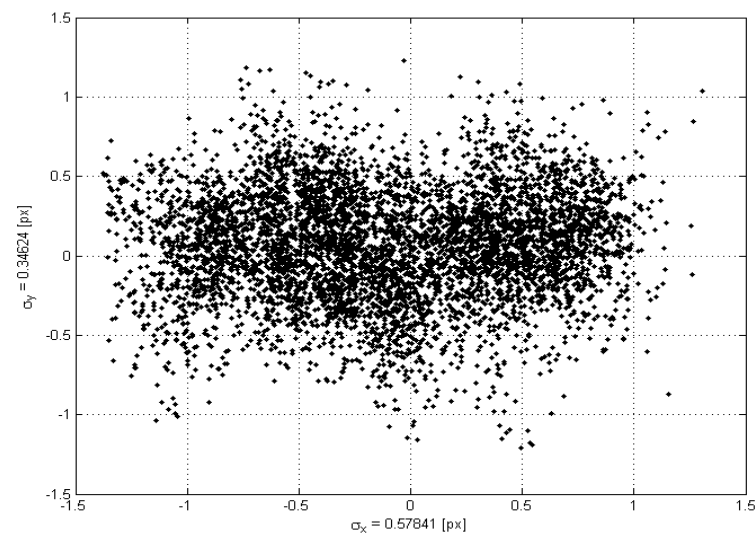
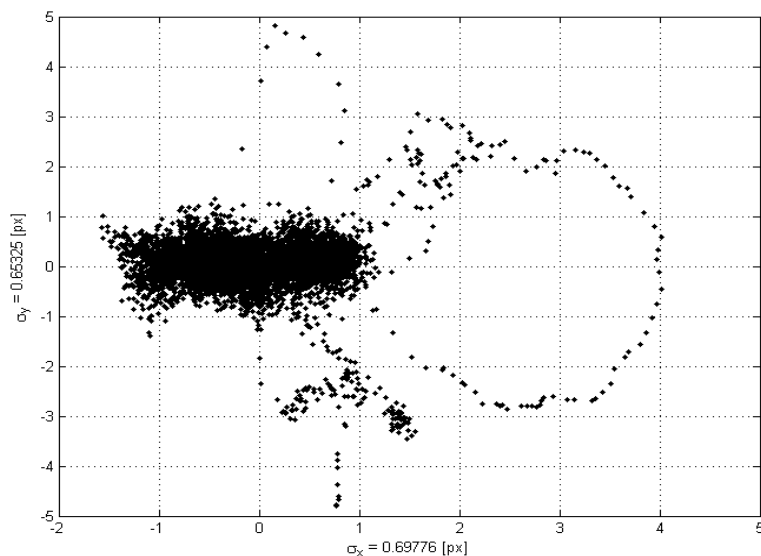


Turbulence

Fluktuace okamžité polohy „těžiště“.

Na levém obrázku jsou uvedeny i odlehlé hodnoty.

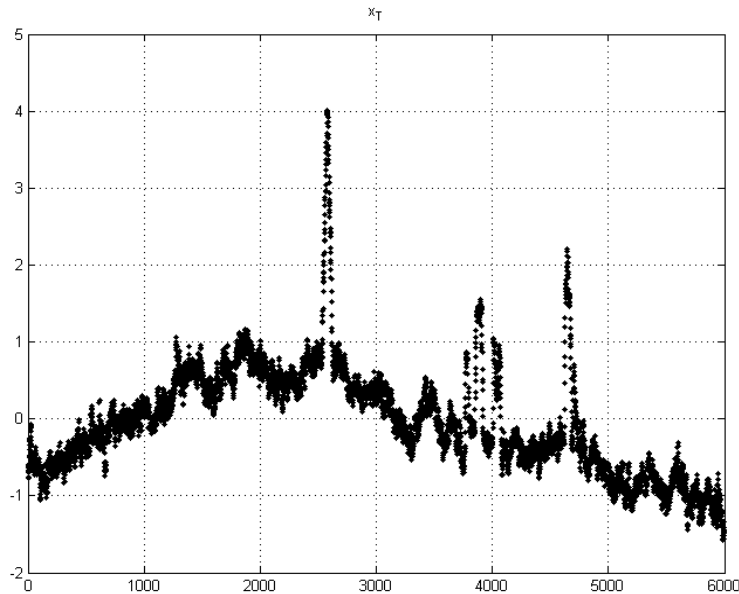
Na pravém snímku jsou odlehlé hodnoty odstraněné.



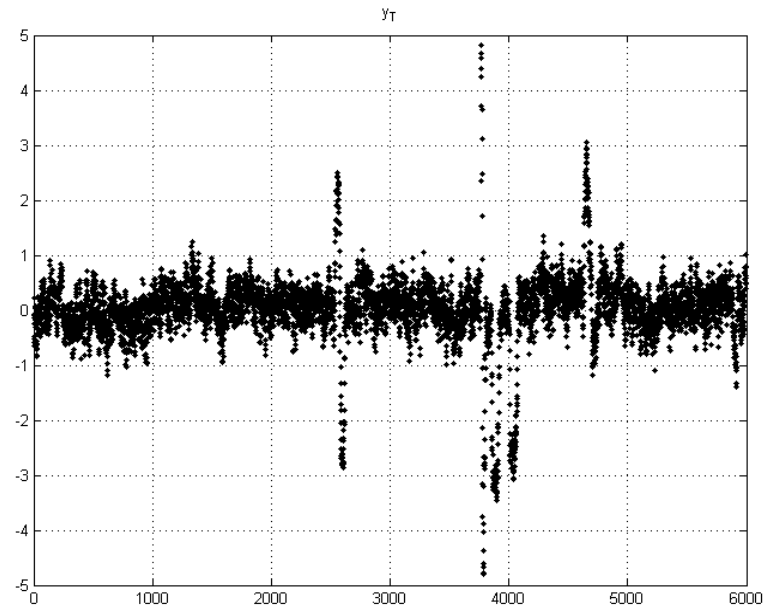


Turbulence

Fluktuace okamžité polohy „těžiště“



ve směru osy x i s odlehlými hodnotami



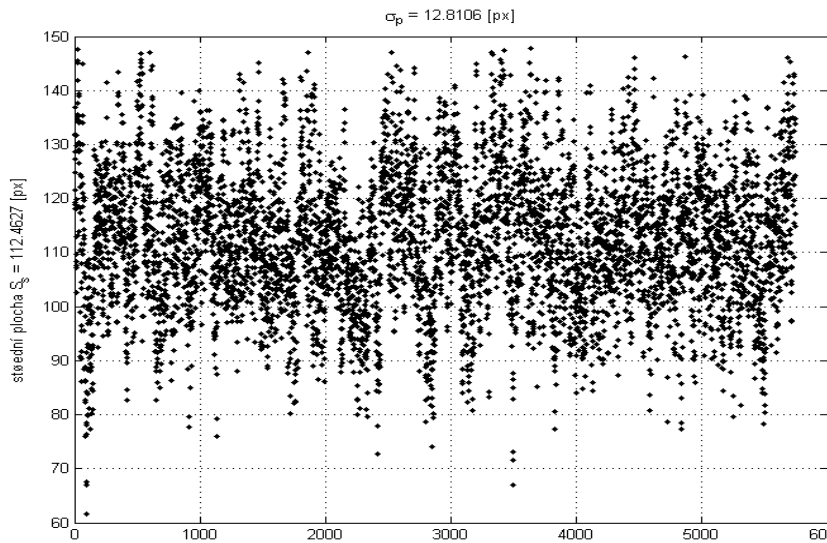
ve směru osy y i s odlehlými hodnotami.



Turbulence

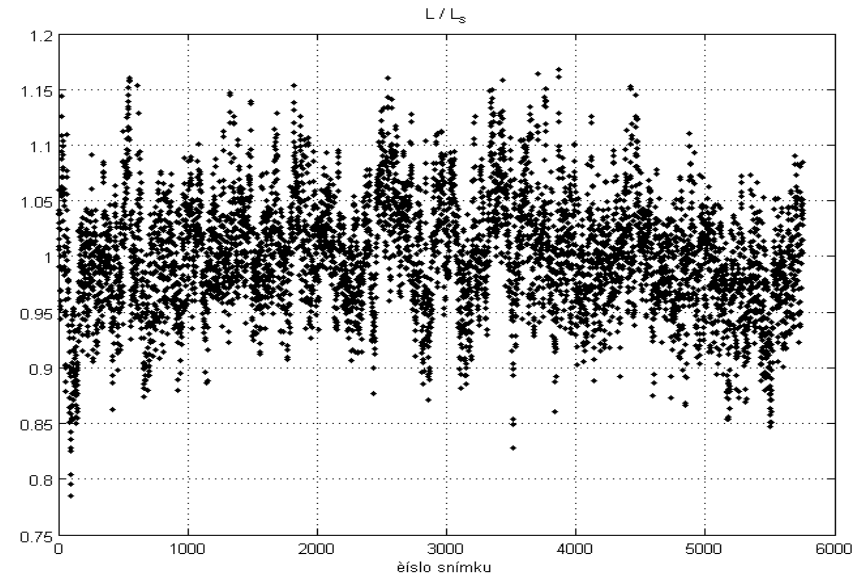
fluktuace okamžité plochy obrazu cíle

$$S_c = 112,48 \quad \sigma_p = 12,81$$



fluktuace okamžitého relativního jasů cíle.

$$L/L_s \quad \sigma_L = 5,2 \cdot 10^{-2}$$



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Turbulence

3. 7 2008, o 10^{30}

teplota vzduchu $T_v = 24^\circ \text{C}$

Laser $P = 50 \text{ mW}$, $\lambda = 532 \text{ nm}$

CCD rychlokamera REDLAKE,

snímková frekvence 100 snímků za sekundu, $t_z = 60 \text{ s}$ $t_e = 1/1000$

vzdálenost rychlokamery od objektu $s = 2095 \text{ m}$

Snímací objektiv CORRECTAL S5LPJ9034 s telekonvertorem 2x,

$f' = 300 \text{ mm}$ $c = 9$



Turbulence



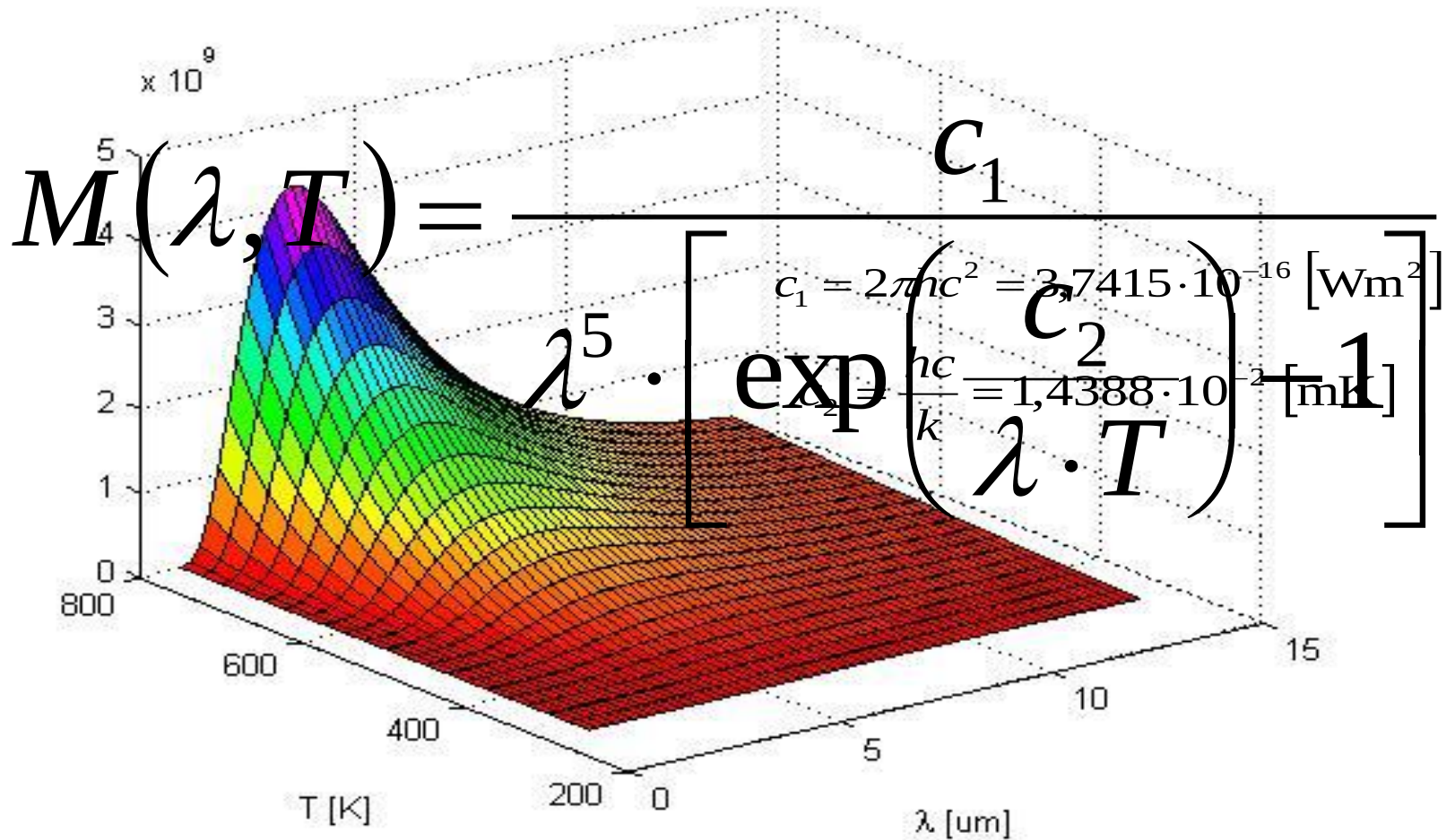
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



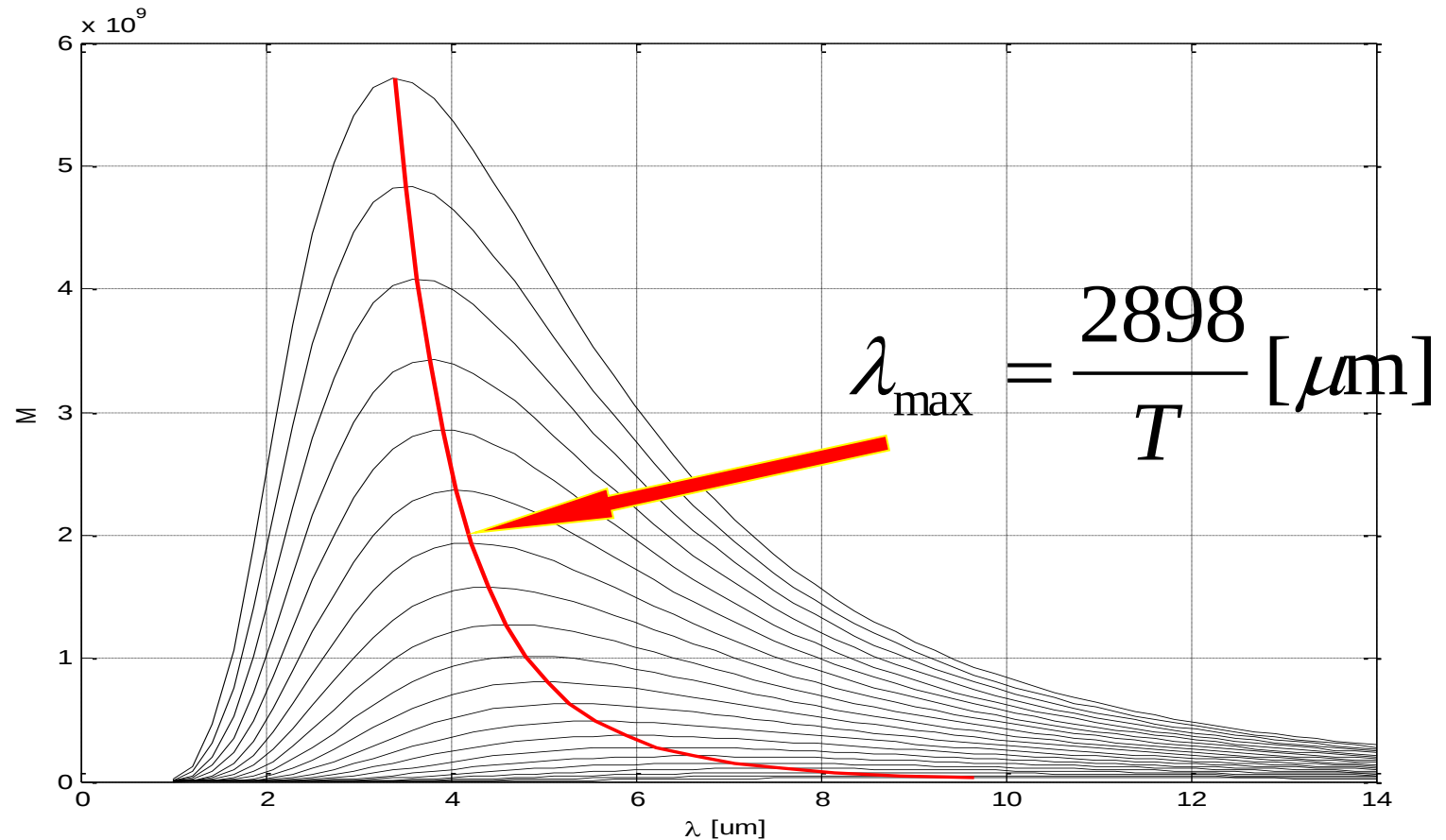


I.č. Kamery – Planckův zákon





Wienův posuvný zákon



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Stefanův – Boltzmanův zákon

$$L'(T) = \int_0^{\infty} L'_{\lambda}(\lambda, T) \cdot dt_{\lambda} = \frac{c_1}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\lambda^{-5}}{\left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda \cdot T}\right) - 1 \right]} \cdot d\lambda$$

$$L'(T) = \frac{\sigma}{\pi} \cdot T^4 \quad , \quad \sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \left[\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-4} \right]$$

$$M'(T) = \pi \cdot L'(T) = \sigma \cdot T^4$$



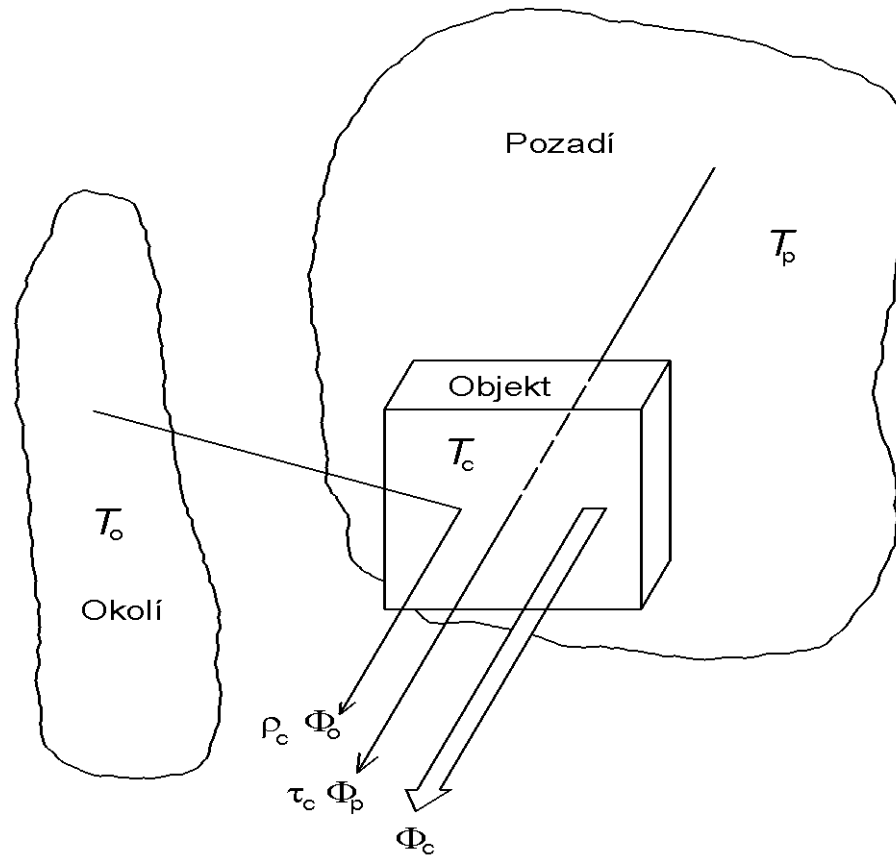
$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{L_{\lambda}(\lambda, T)}{L'_{\lambda}(\lambda, T)}$$

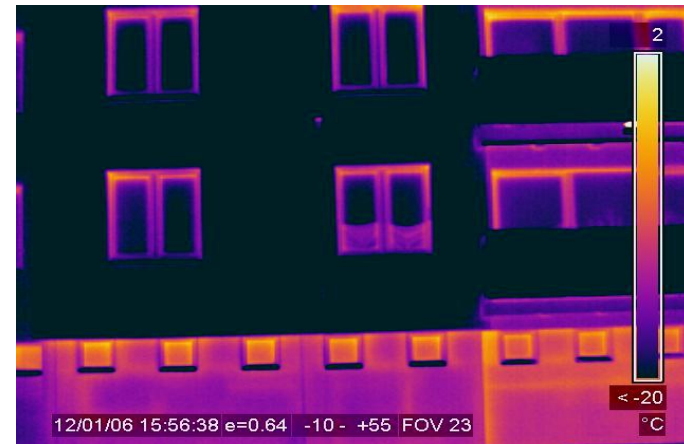
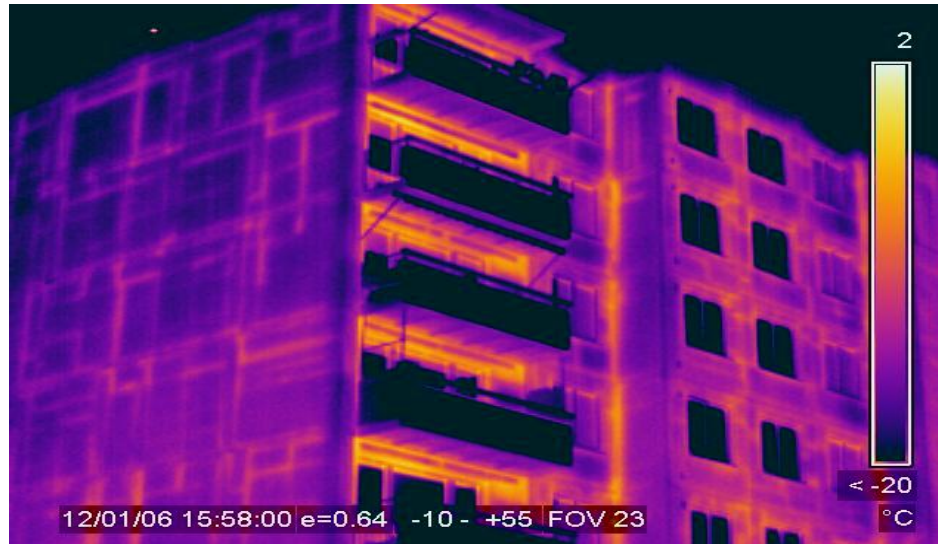
Stefanův - Boltzmanův zákon pro šedé těleso

$$M(T) = \pi \cdot L(T) = \varepsilon(\lambda, T) \cdot \sigma \cdot T^4$$



$$M_R = \int_{\Delta\lambda} \rho \cdot \left[\frac{dM(\lambda, T_a)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda + \int_{\Delta\lambda} \tau \cdot \left[\frac{dM(\lambda, T_p)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda + \int_{\Delta\lambda} \varepsilon_c \cdot \left[\frac{dM(\lambda, T_c)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda$$

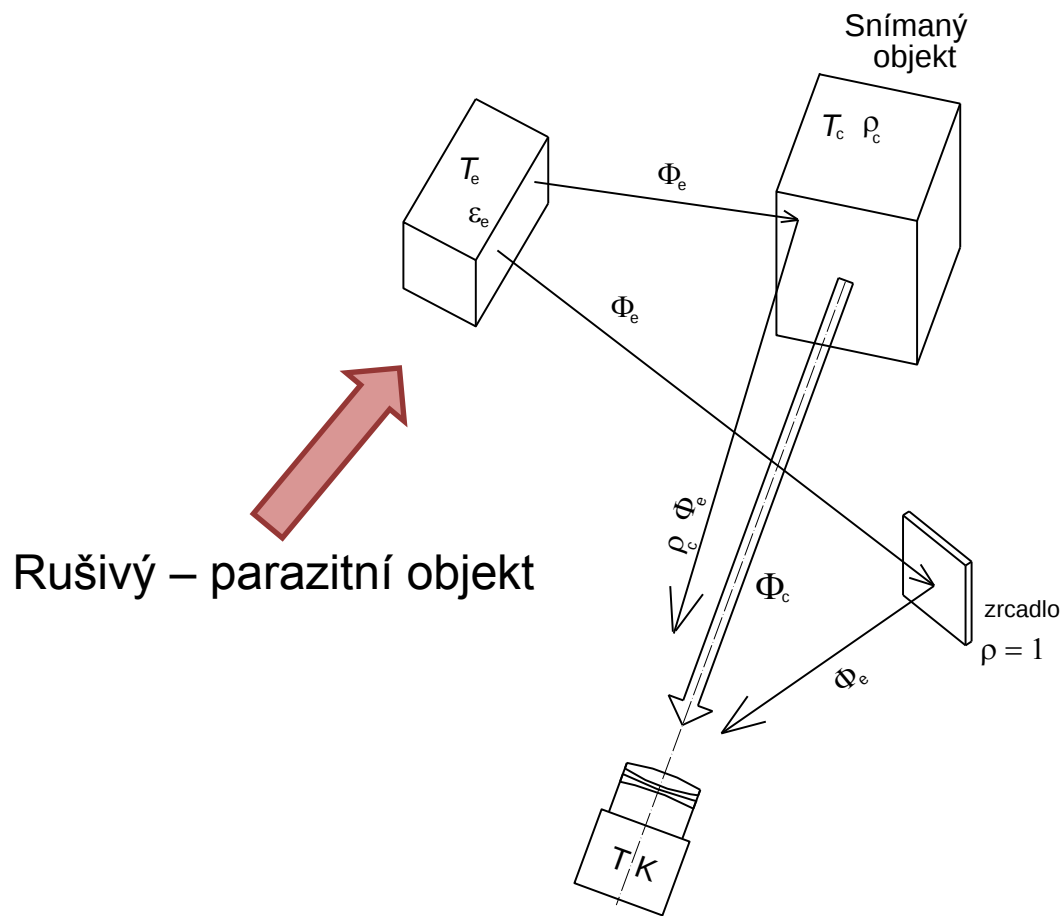


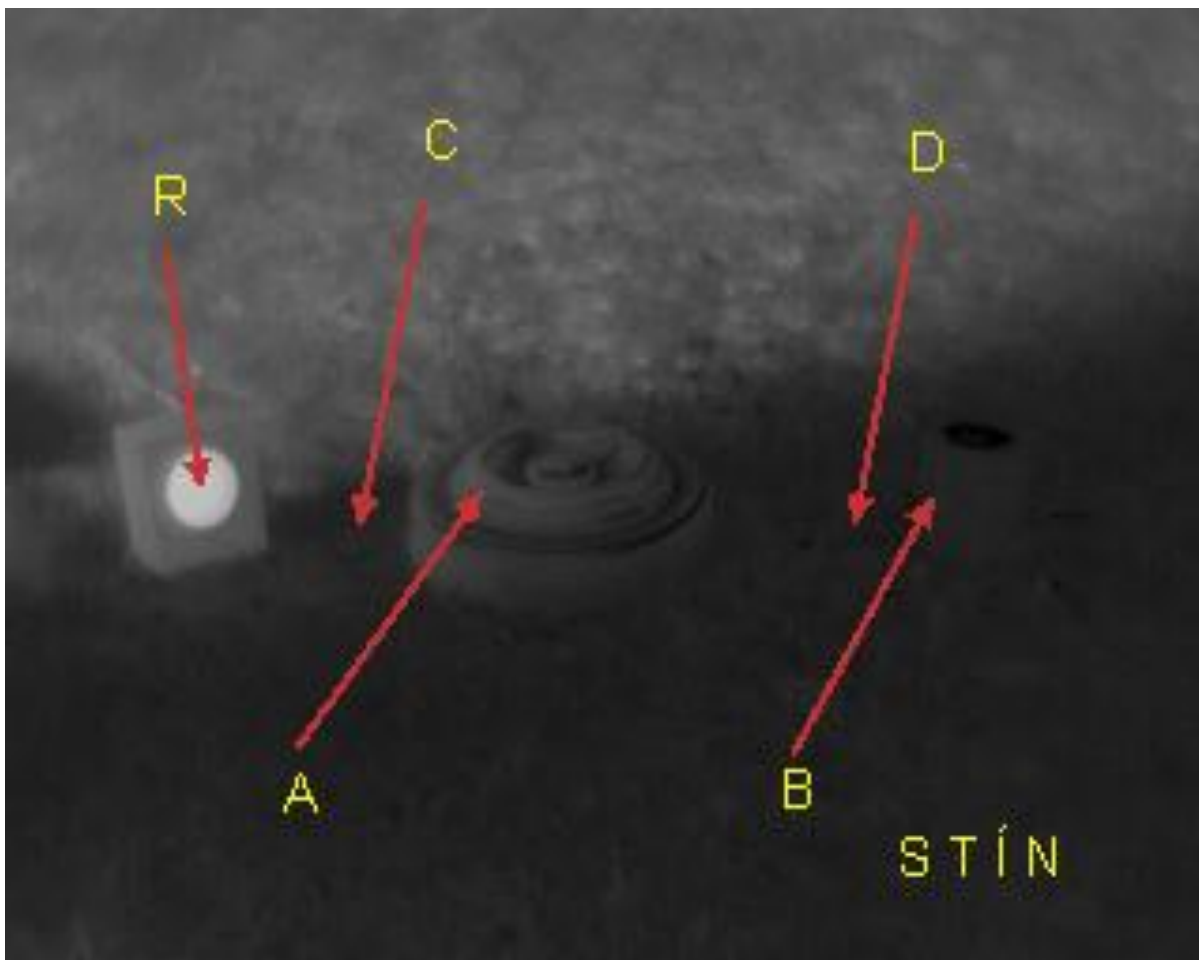


25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



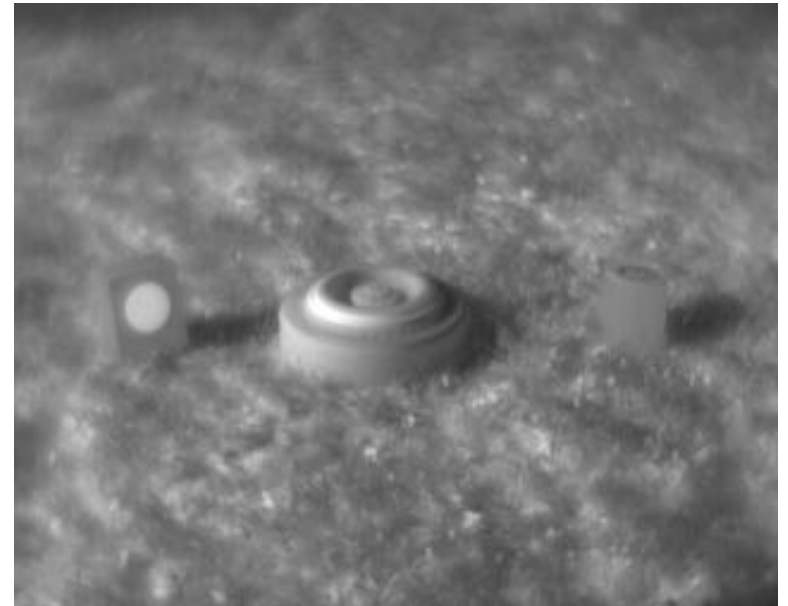
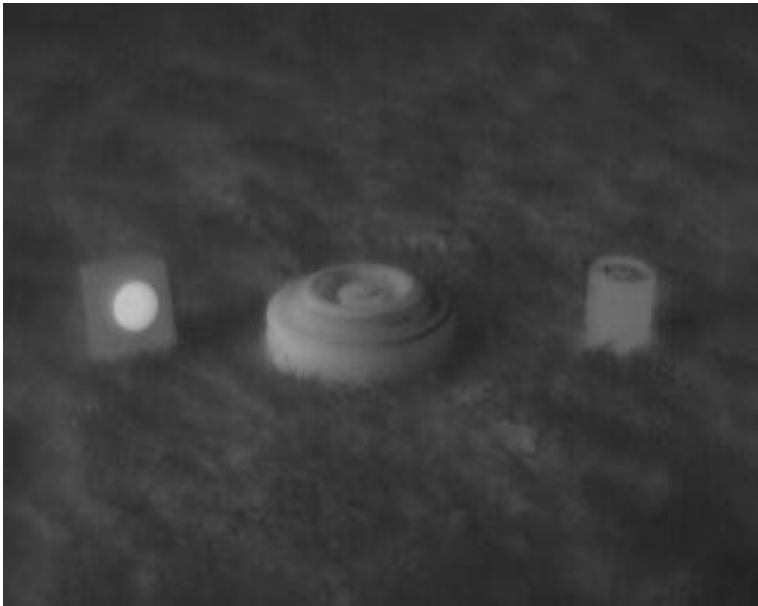




25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

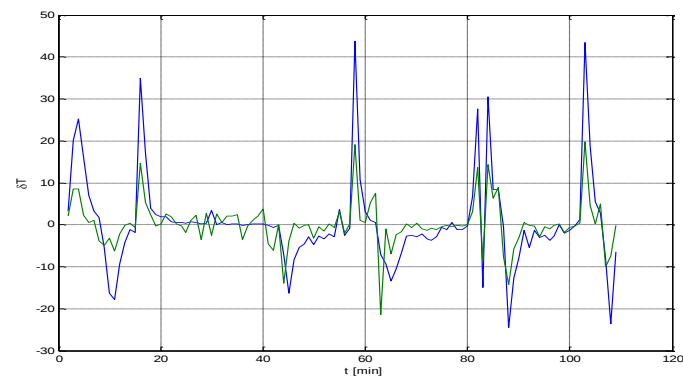
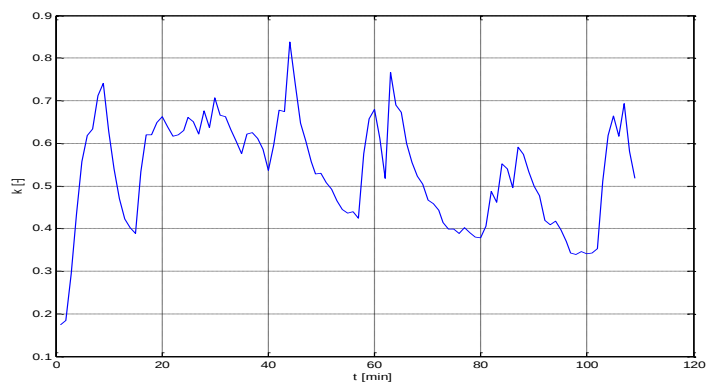
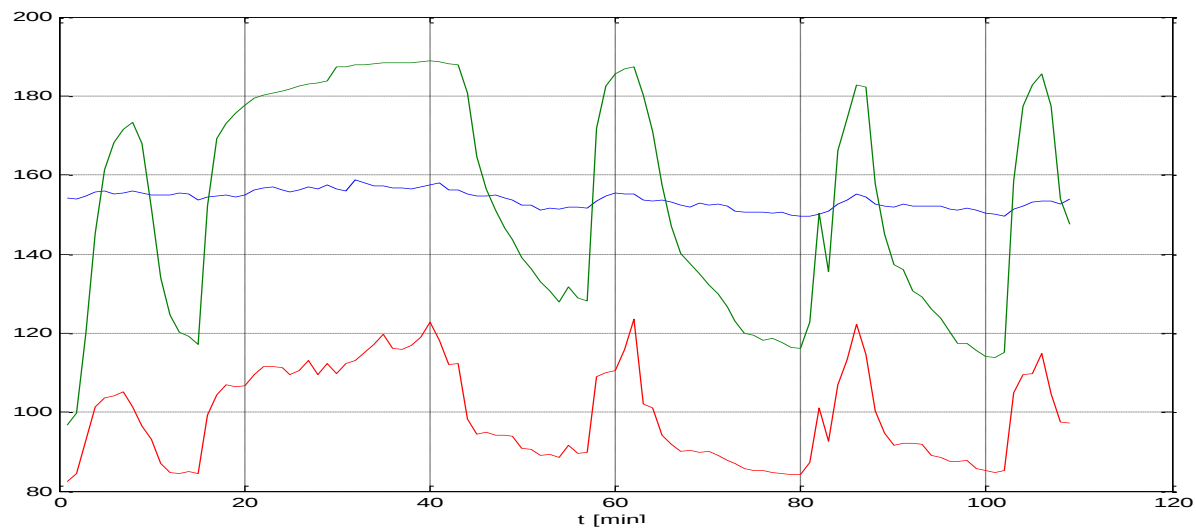




25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





25.2.2010

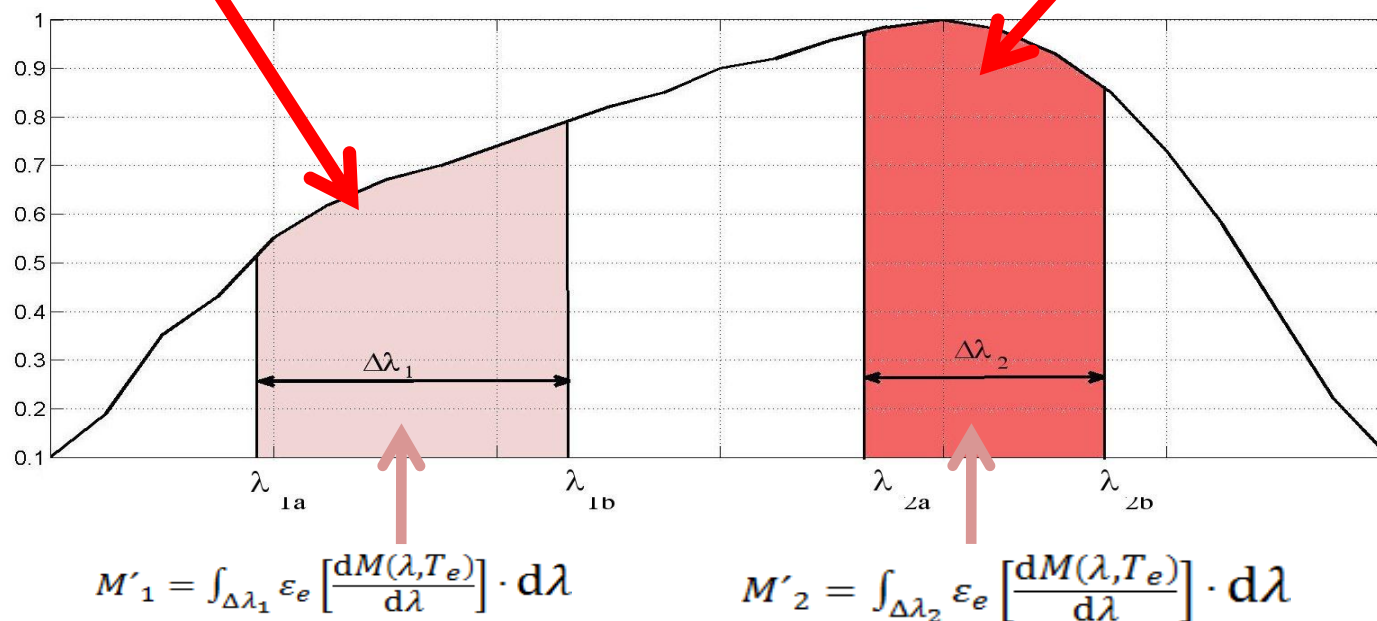
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





$$M_1 = G \cdot \int_{\Delta\lambda_1} \rho_c \cdot \varepsilon_e \left[\frac{dM(\lambda, T_e)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda + \int_{\Delta\lambda_1} \varepsilon_c \cdot \left[\frac{dM(\lambda, T_c)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda$$

$$M_2 = G \cdot \int_{\Delta\lambda_2} \rho_c \cdot \varepsilon_e \left[\frac{dM(\lambda, T_e)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda + \int_{\Delta\lambda_2} \varepsilon_c \cdot \left[\frac{dM(\lambda, T_c)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda$$

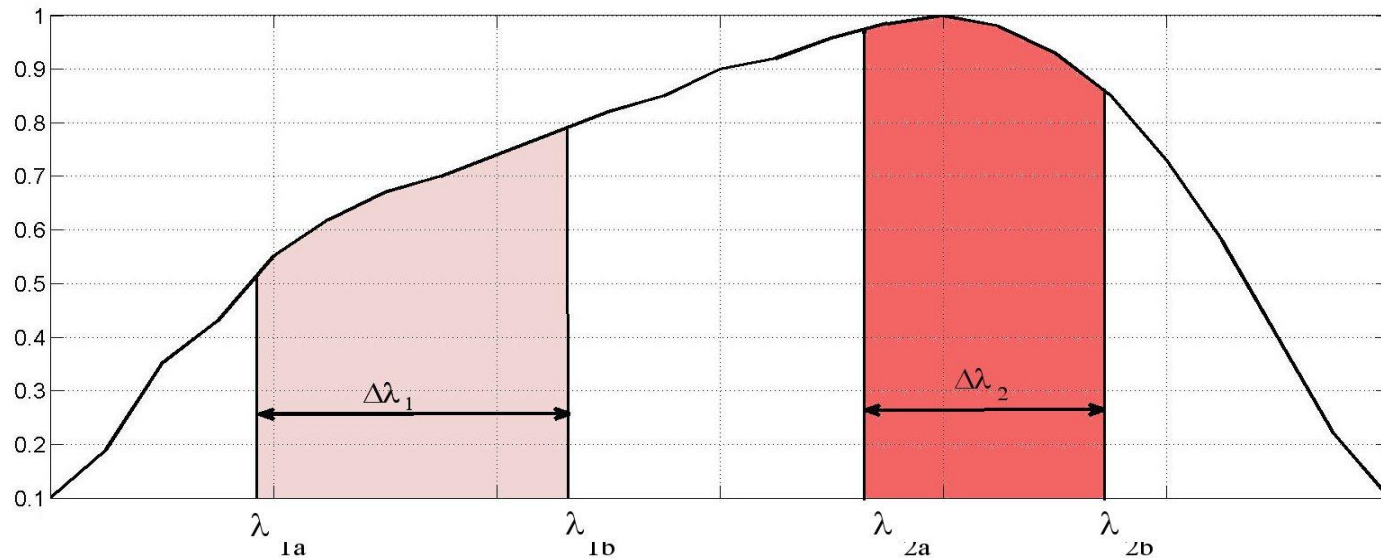


Od rušivého objektu – odraz v zrcadle



$$M_1 - G \cdot M'_1 = \varepsilon_c \cdot \left[\int_{\Delta\lambda_1} \left[\frac{dM(\lambda, T_c)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda - G \cdot M'_1 \right]$$

$$M_2 - G \cdot M'_2 = \varepsilon_c \cdot \left[\int_{\Delta\lambda_2} \left[\frac{dM(\lambda, T_c)}{d\lambda} \right] \cdot d\lambda - G \cdot M'_2 \right]$$





Ekvivalentní teploty

Teplota úhrnného záření T_e

$$T = \frac{T_e}{\sqrt[4]{\varepsilon(T)}}$$

Teplota záře T_L

$$T = \frac{c_2}{\lambda} \cdot \frac{1}{\frac{c_2}{\lambda \cdot T_L} + \ln \varepsilon(\lambda, T)}$$

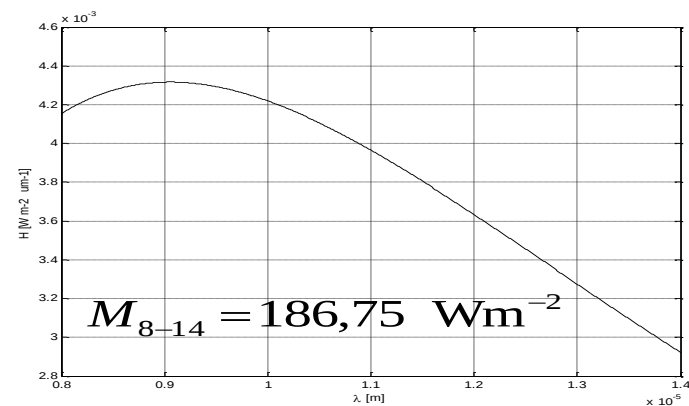
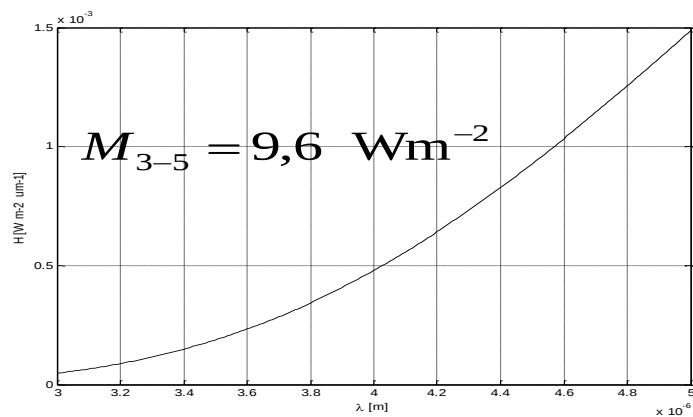
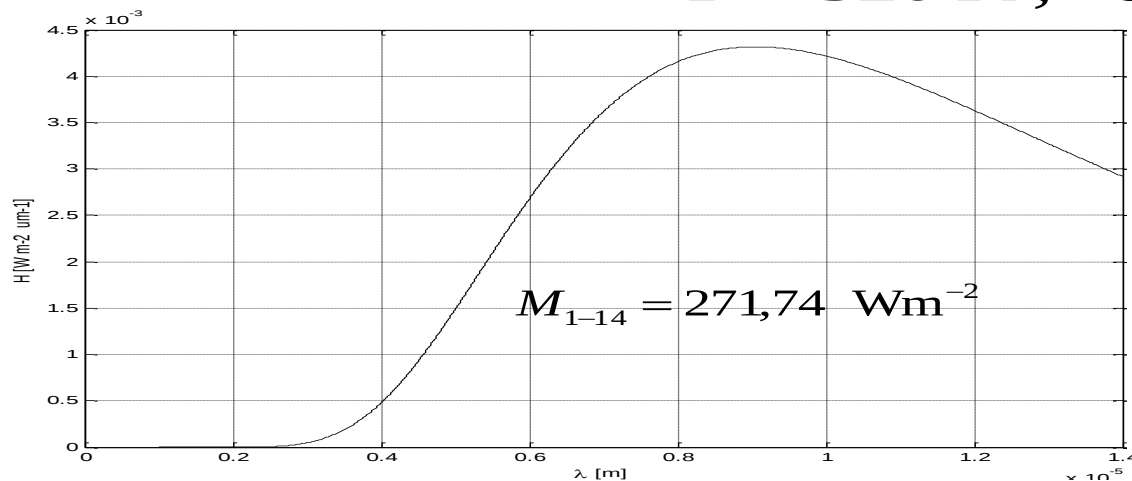
Teplota chromatičnosti T_c

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_c} - \frac{\ln \frac{\varepsilon(\lambda_1, T)}{\varepsilon(\lambda_2, T)}}{c_2 \cdot \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)}$$



Intenzita vyzařování

$$T = 320 \text{ K}, \quad \varepsilon = 0,8$$



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

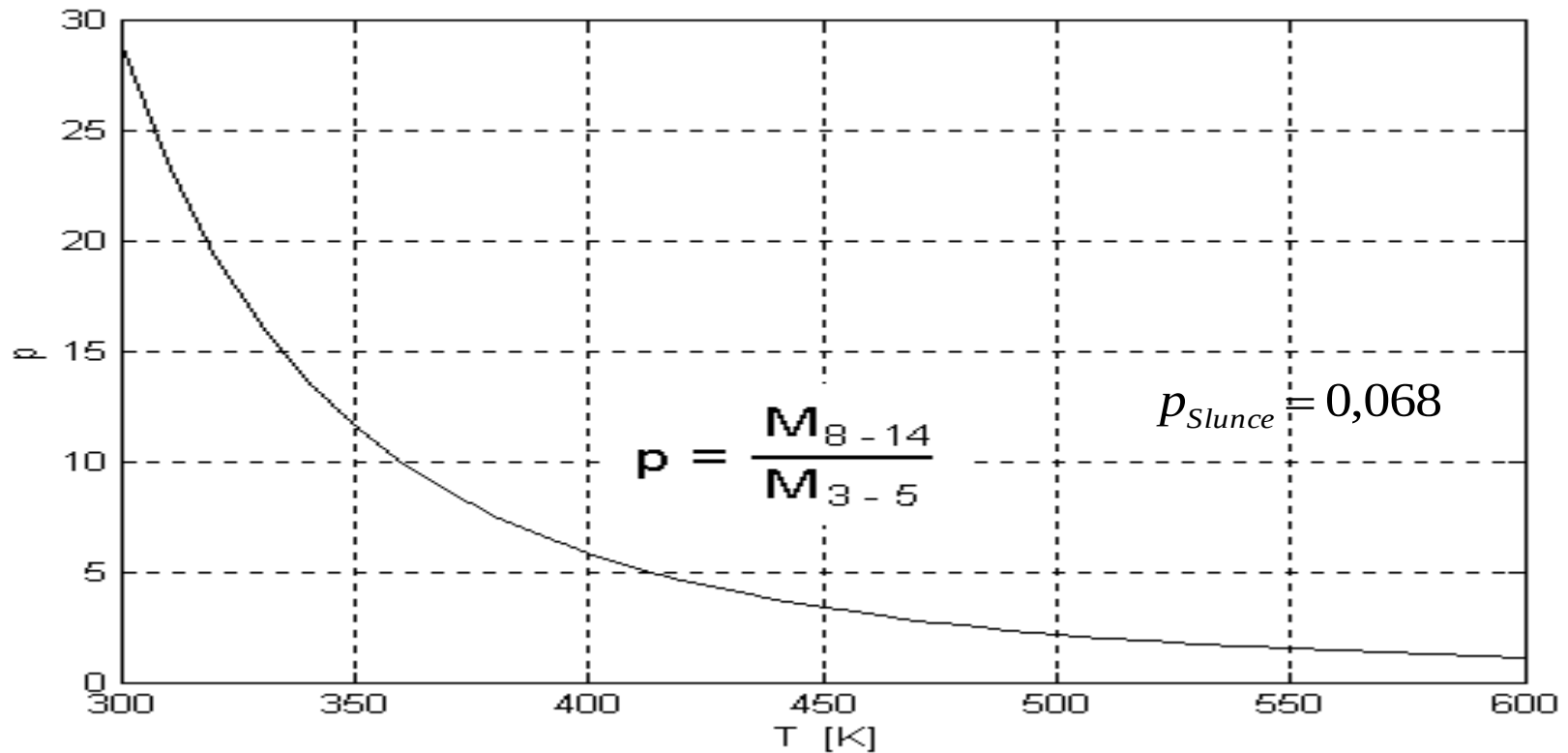




Podíl intenzity vyzařování

$$M_{\Delta\lambda} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{dM(\lambda, T)}{d\lambda} \cdot d\lambda ,$$

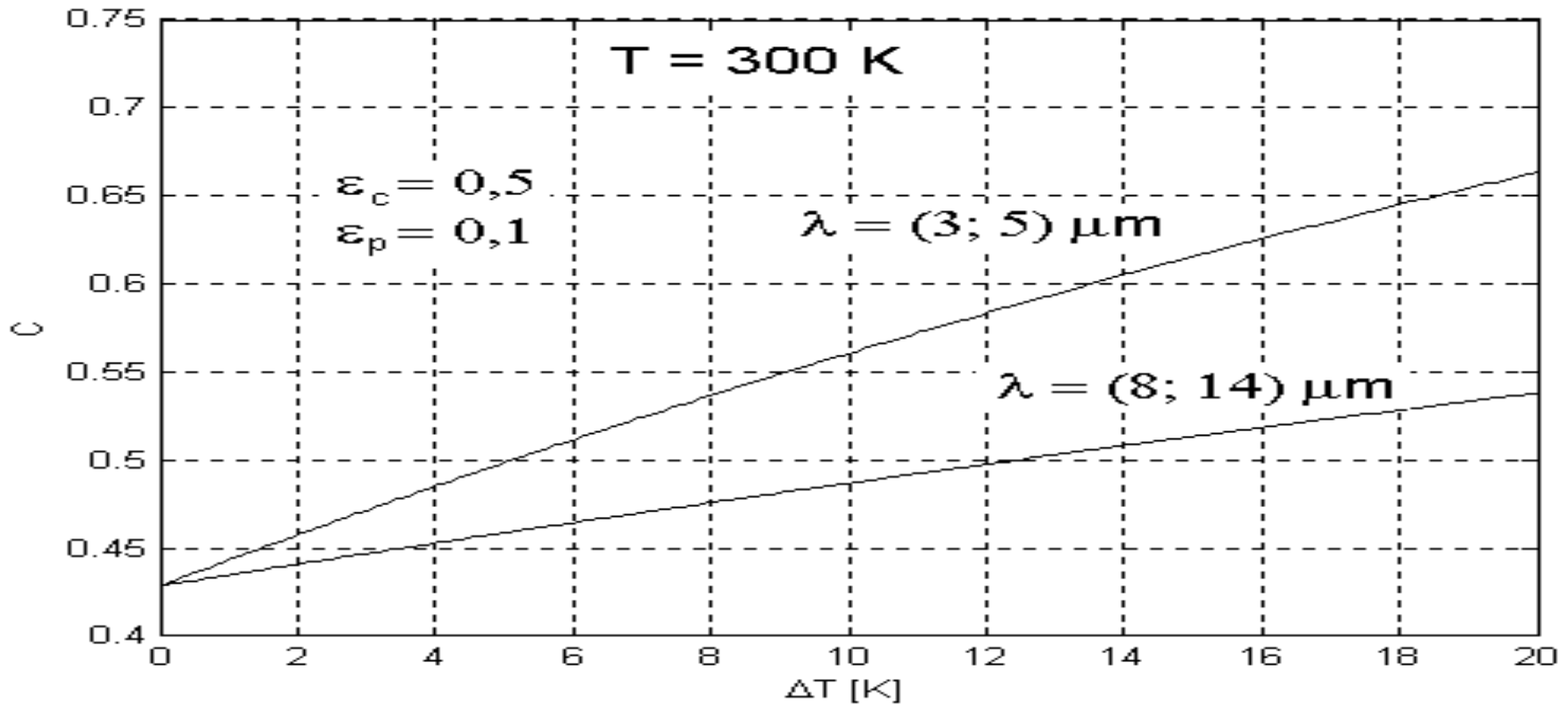
$$M(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 \cdot \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda \cdot T}\right) - 1 \right]}$$





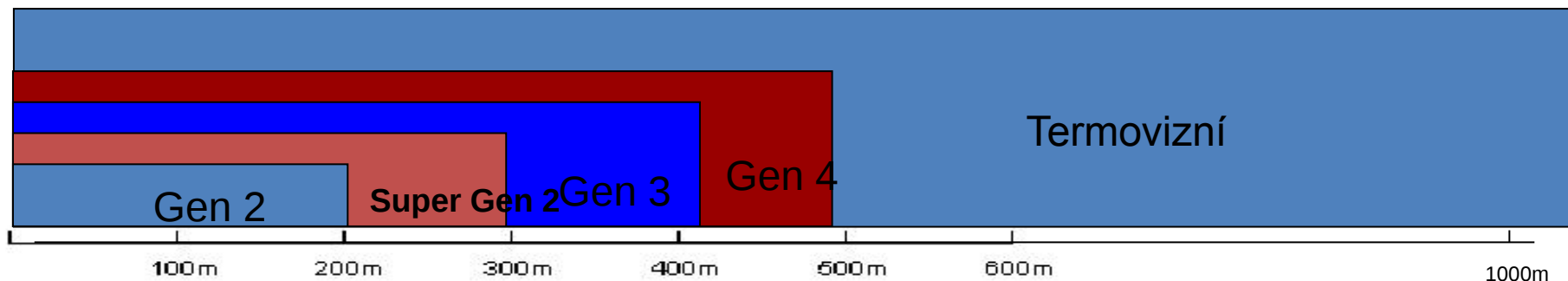
Teplovní kontrast

$$C = \frac{M_{\Delta\lambda}(T_2) - M_{\Delta\lambda}(T_1)}{M_{\Delta\lambda}(T_2) + M_{\Delta\lambda}(T_1)}$$





Orientační dosah nočních přístrojů různých generací



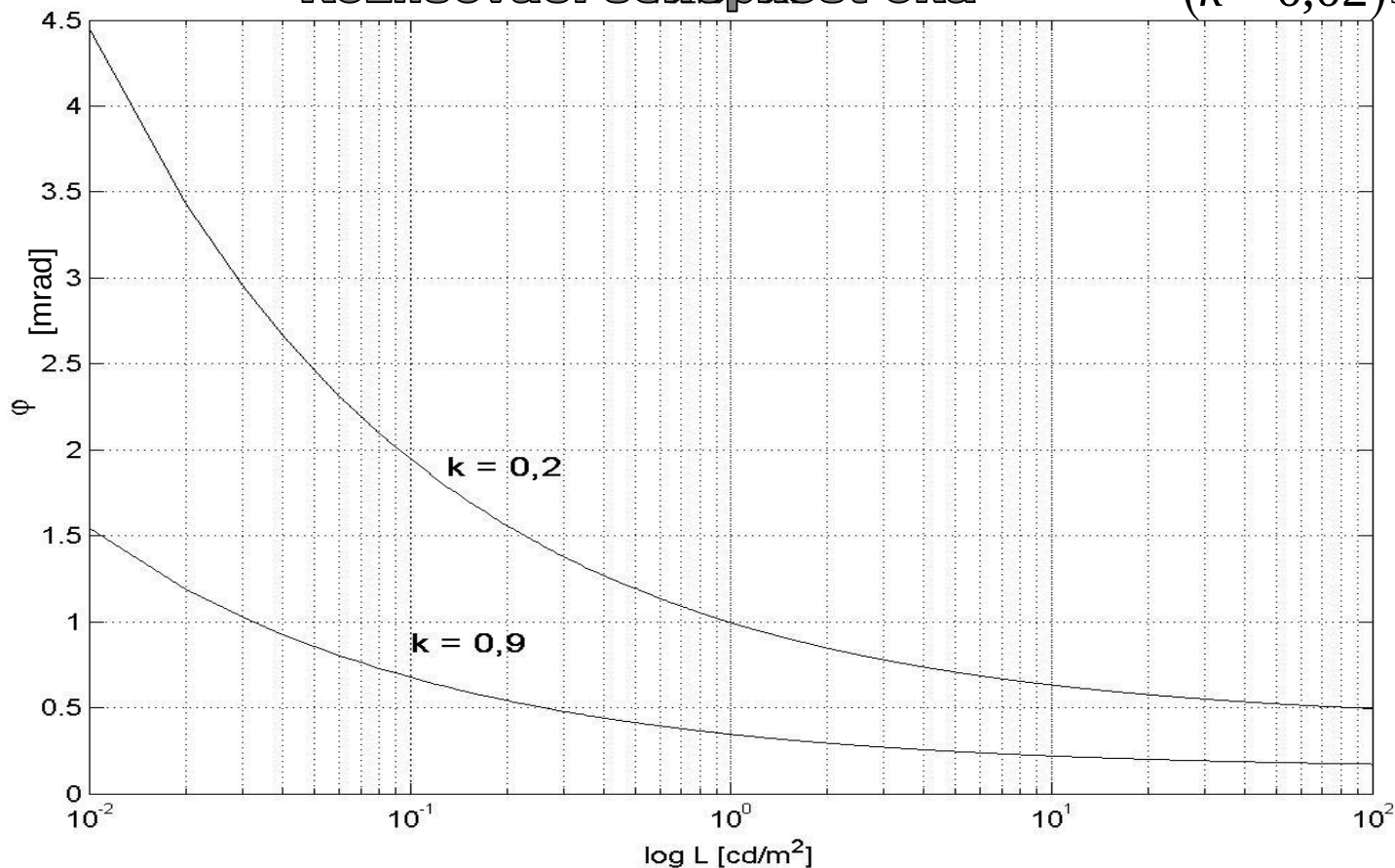
osvětlení 10^{-5} lx (tmavá noc) , cíl - vozidlo,
kontrast $C = 0,3$



K stanovení základních parametrů PNV

$$\delta = \frac{0,45 + 0,64 \cdot L^{(-0,42)}}{(k - 0,02)^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{\pi}{180}$$

Rozlišovací schopnost oka



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

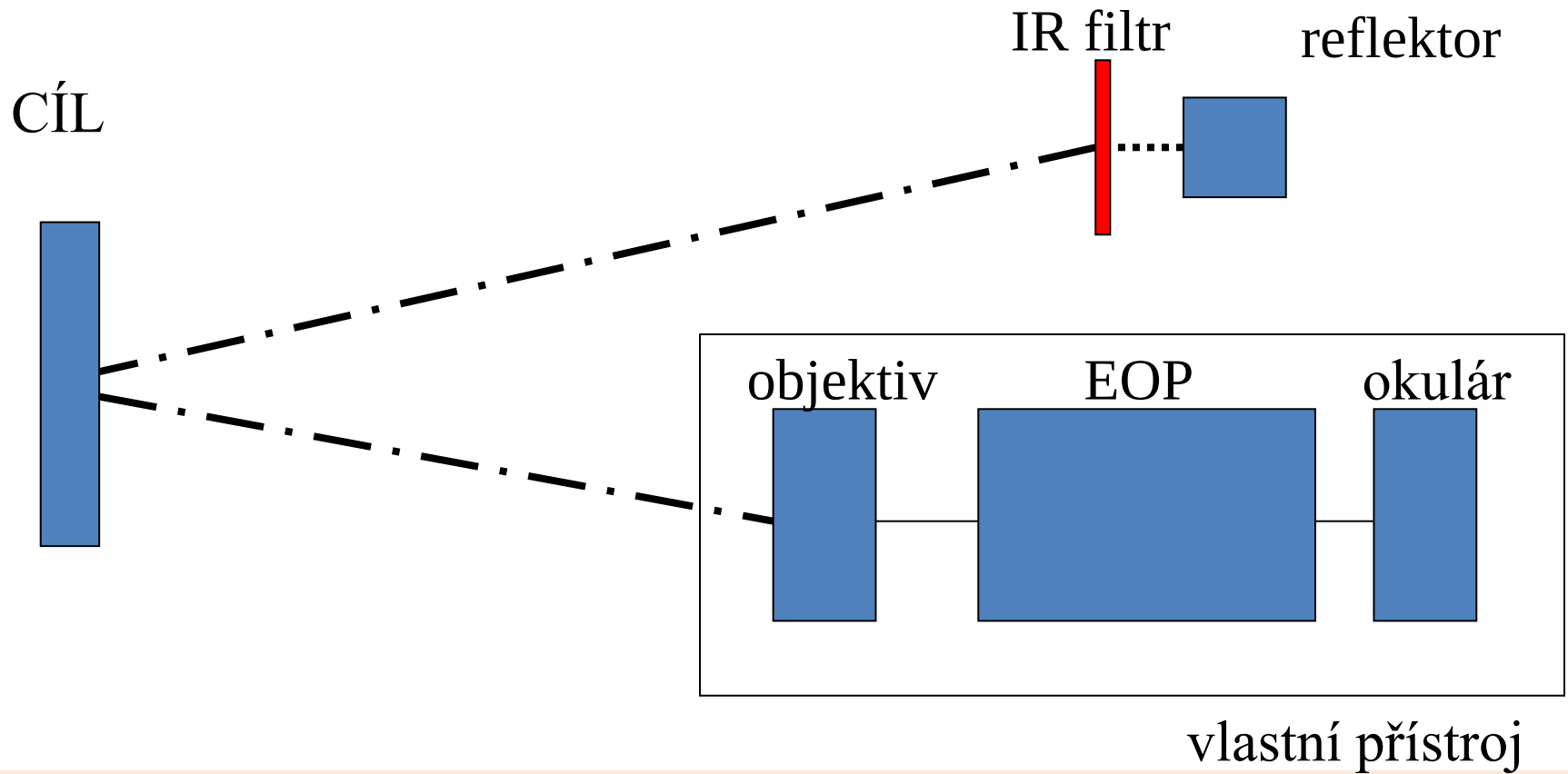






Aktivní přístroj

PNV - AKTIVNÍ



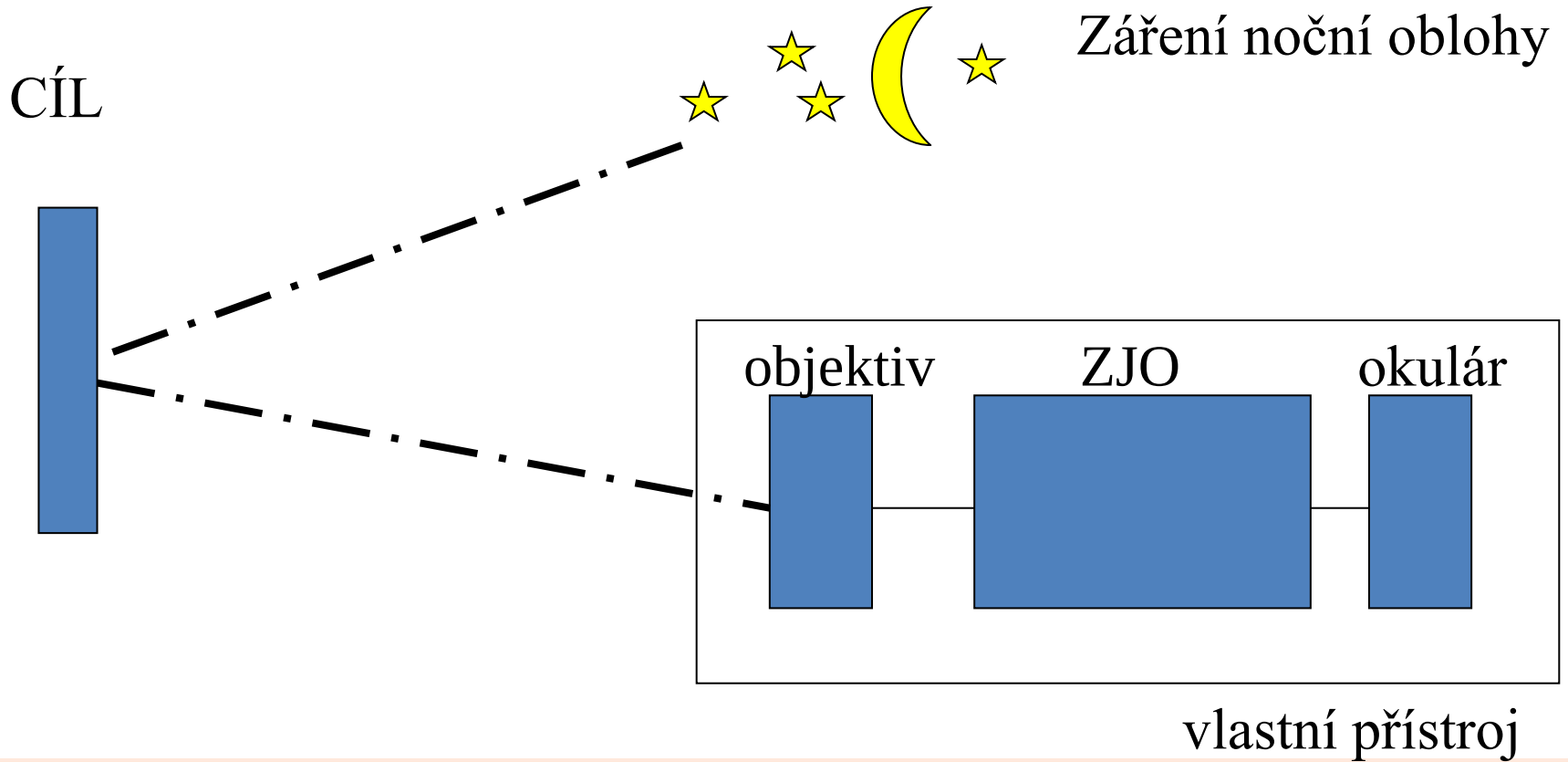
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Pasivní přístroj

PNV- Pasivní

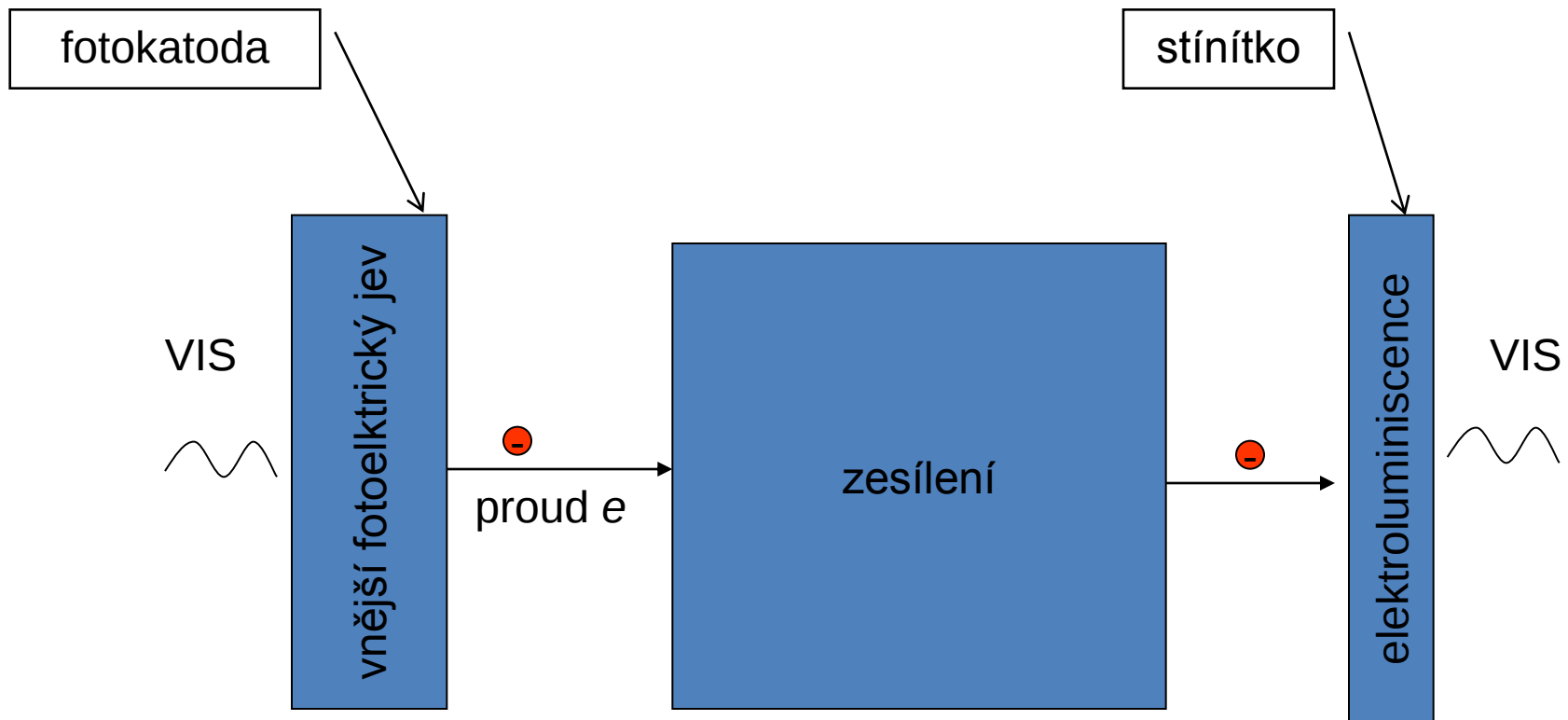


25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Zesilovač jasu obrazu



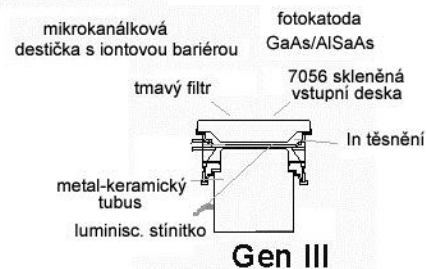
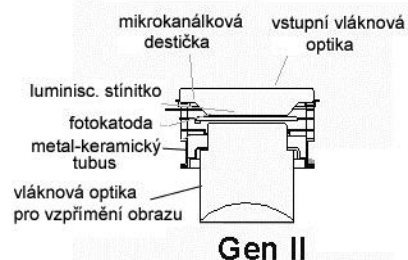
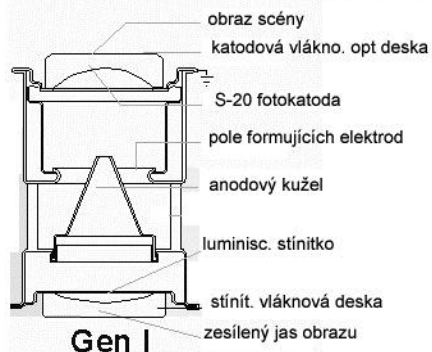
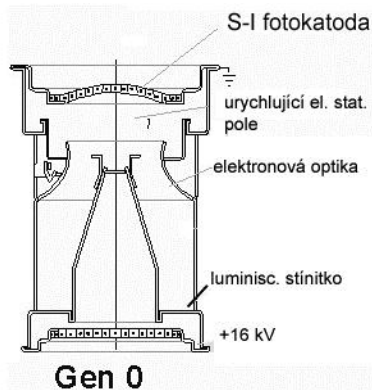
25.2.2010

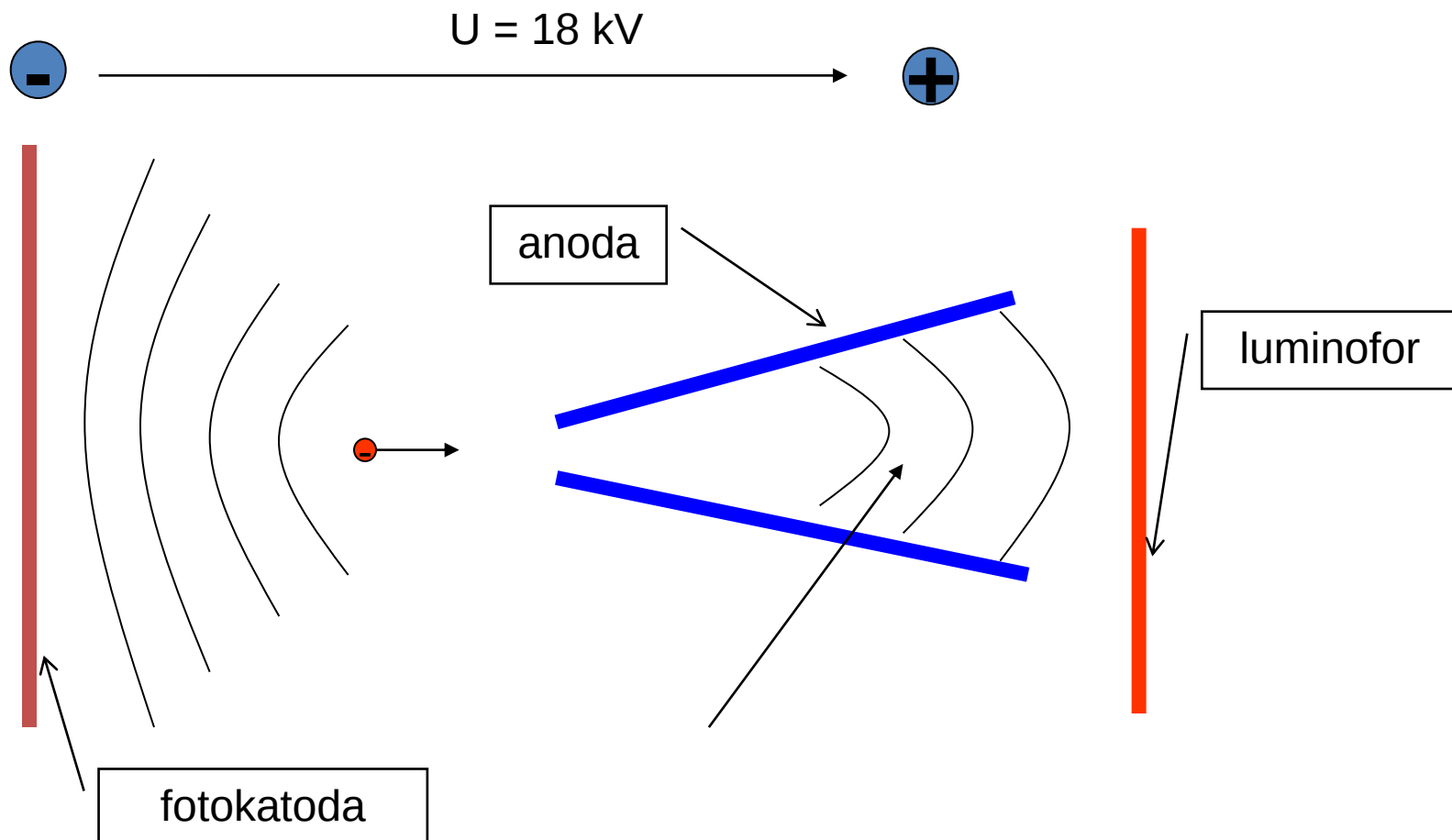
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Vývoj konstrukčního uspořádání ZJO







První ZJO - EOP

Heiman, Německo, 1938



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



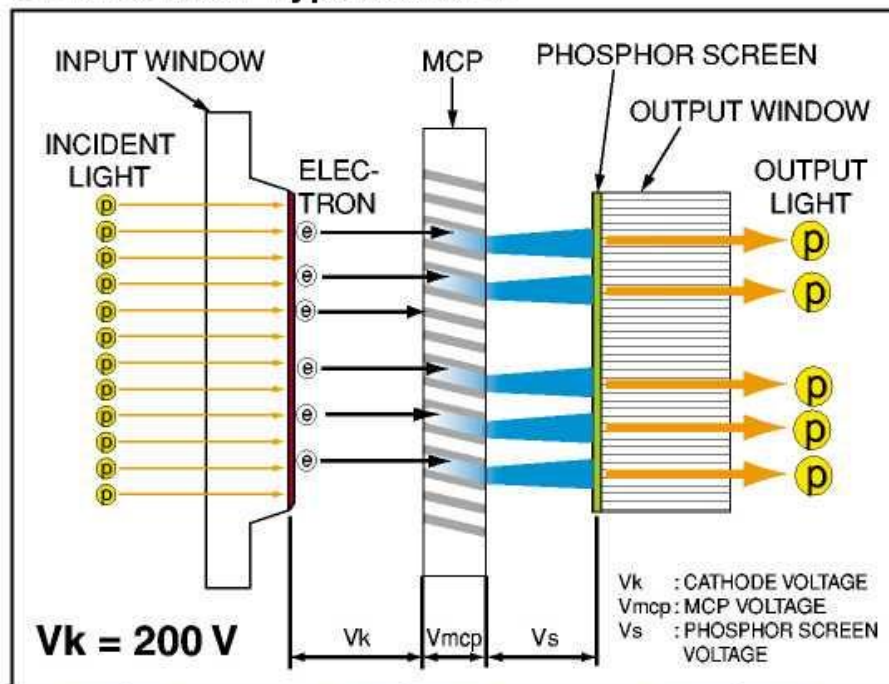


1st Generation 3-Stage tube
2nd Generation Inverter tube





●Filmless MCP Type V8070-74

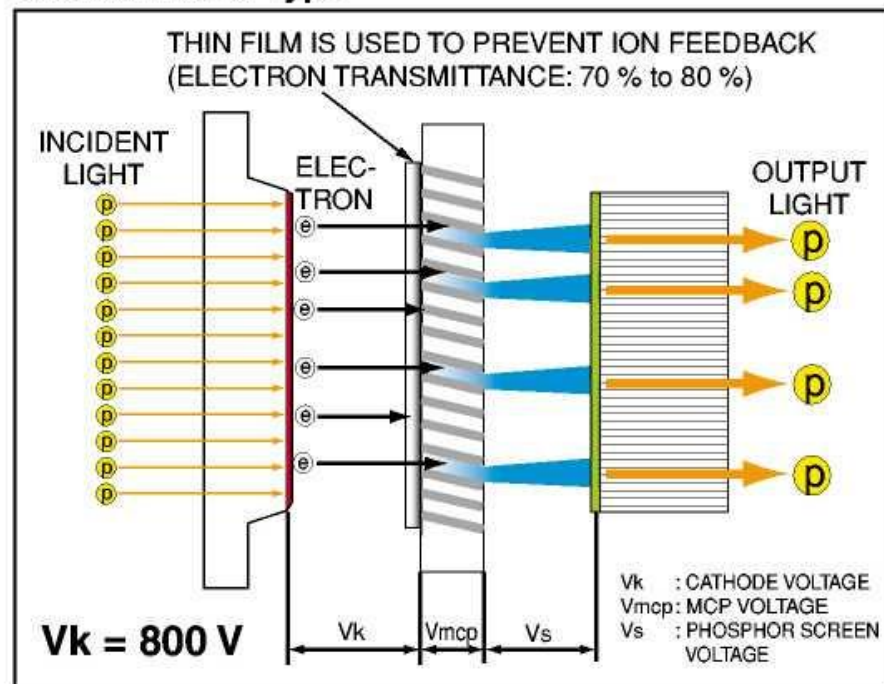


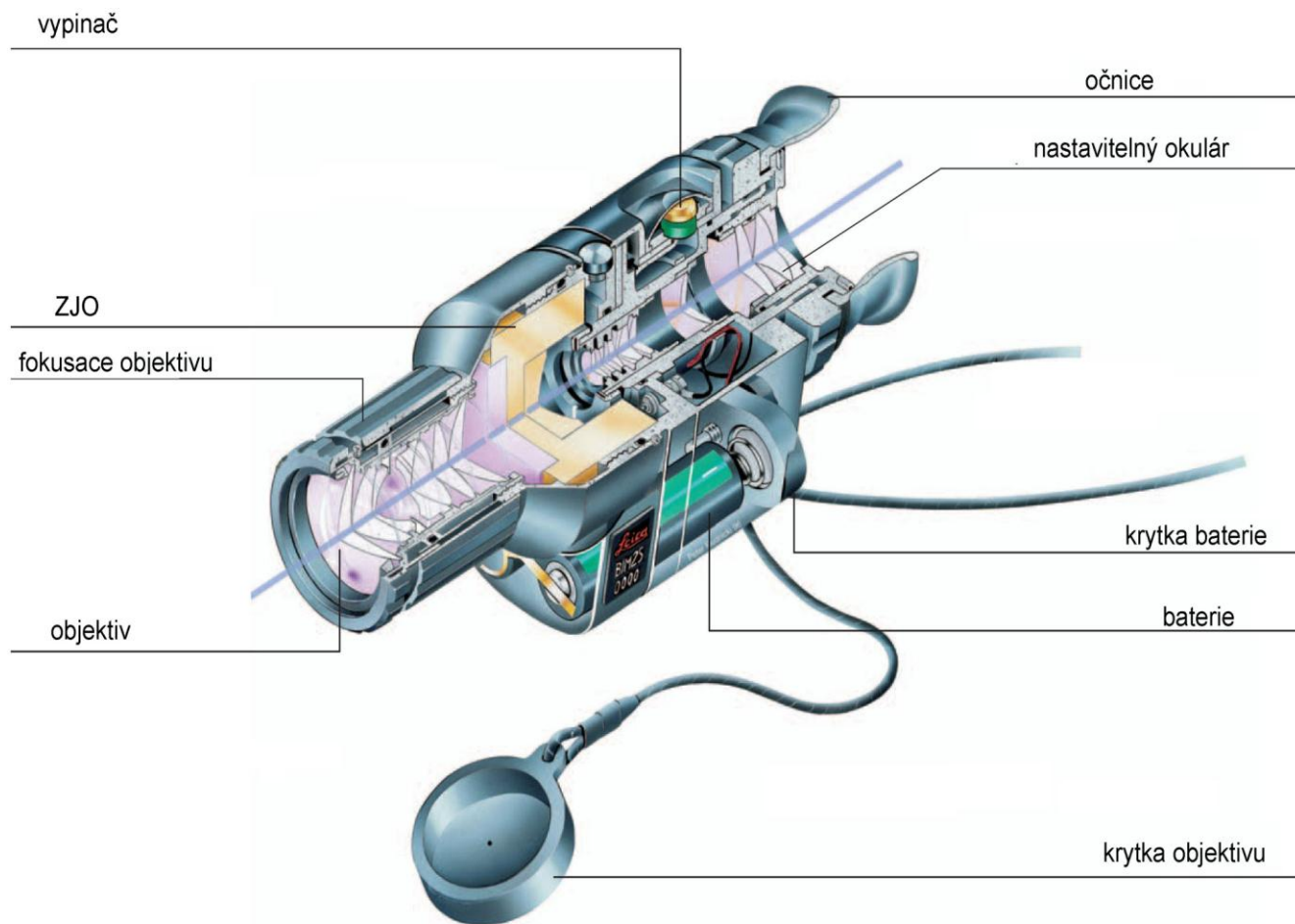
**SN Ratio
20 % UP**

**High Resolution
57 Lp/mm (Typ.)**

**Cathode Voltage
200 V**

●Conventional Type





25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Charakteristiky ZJO určující dosah PNV

Charakteristika ZJO	Rozměr
Poměř signál/ šum	[SNR]
Rozlišovací schopnost	[čar/mm], [lp/mm]
Citlivost fotokatody	[$\mu\text{A/lm}$]
Zesílení	[$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} / \text{lx}$]
Maximální výstupní jas stínitka	[$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$]
Ekvivalentní osvětlení pozadí	[EBI, μlx]

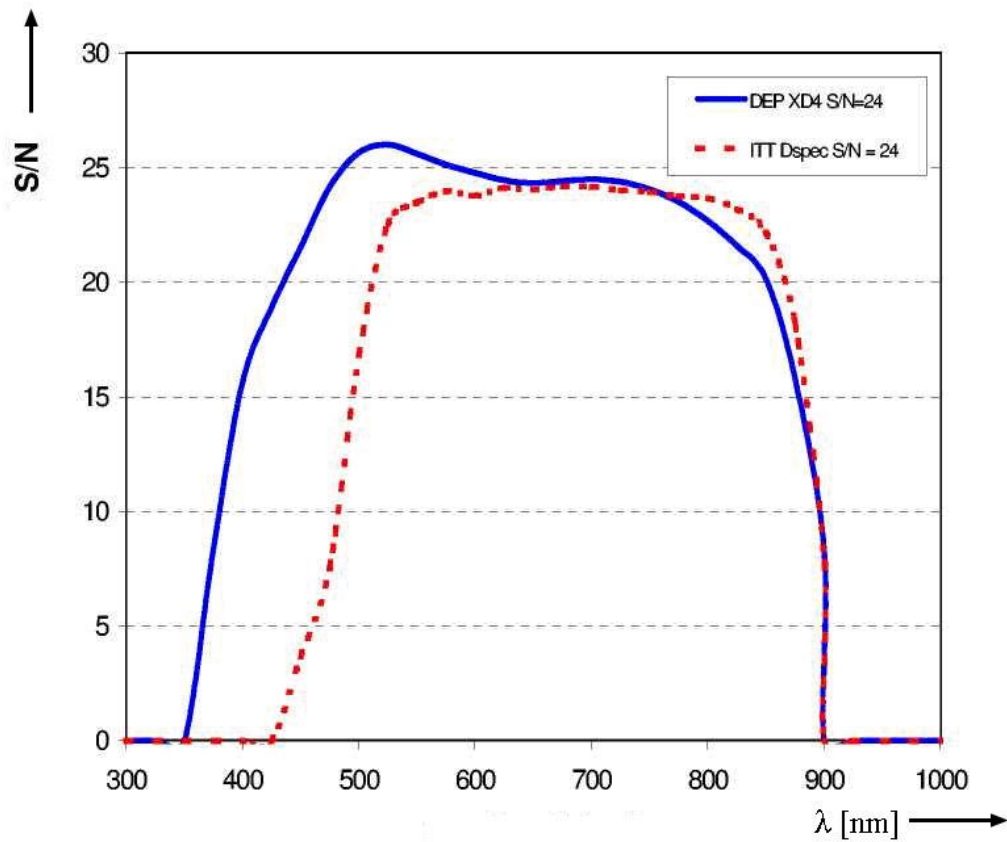


**malý odstup
signál / šum**



**velký odstup
signál / šum**





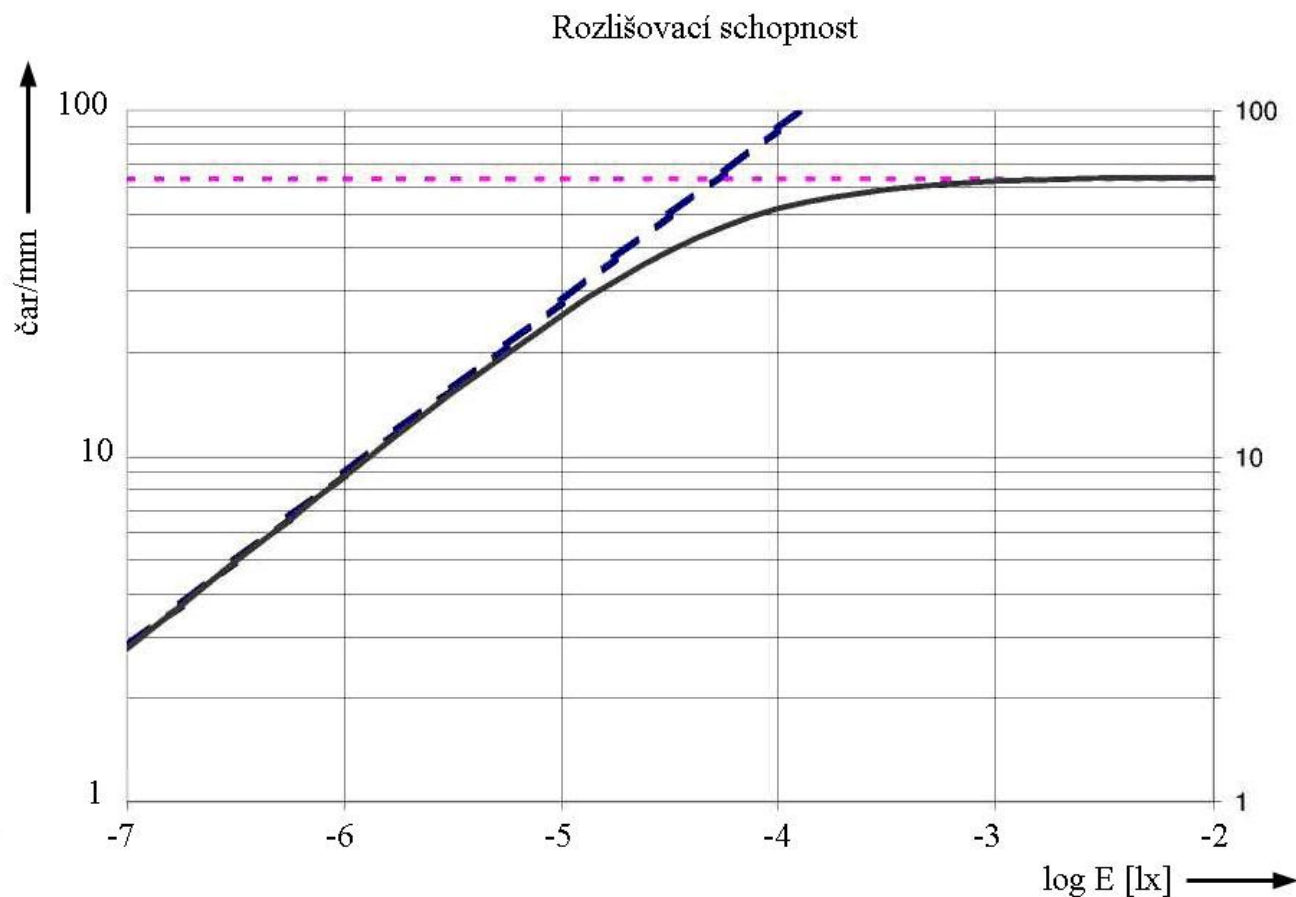
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Rozlišovací schopnost ZJO jako f-ce osvětlení



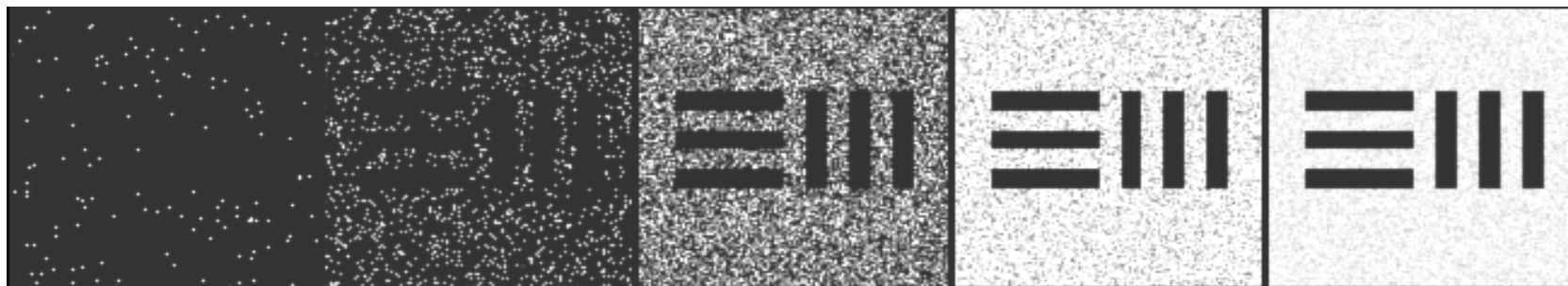
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





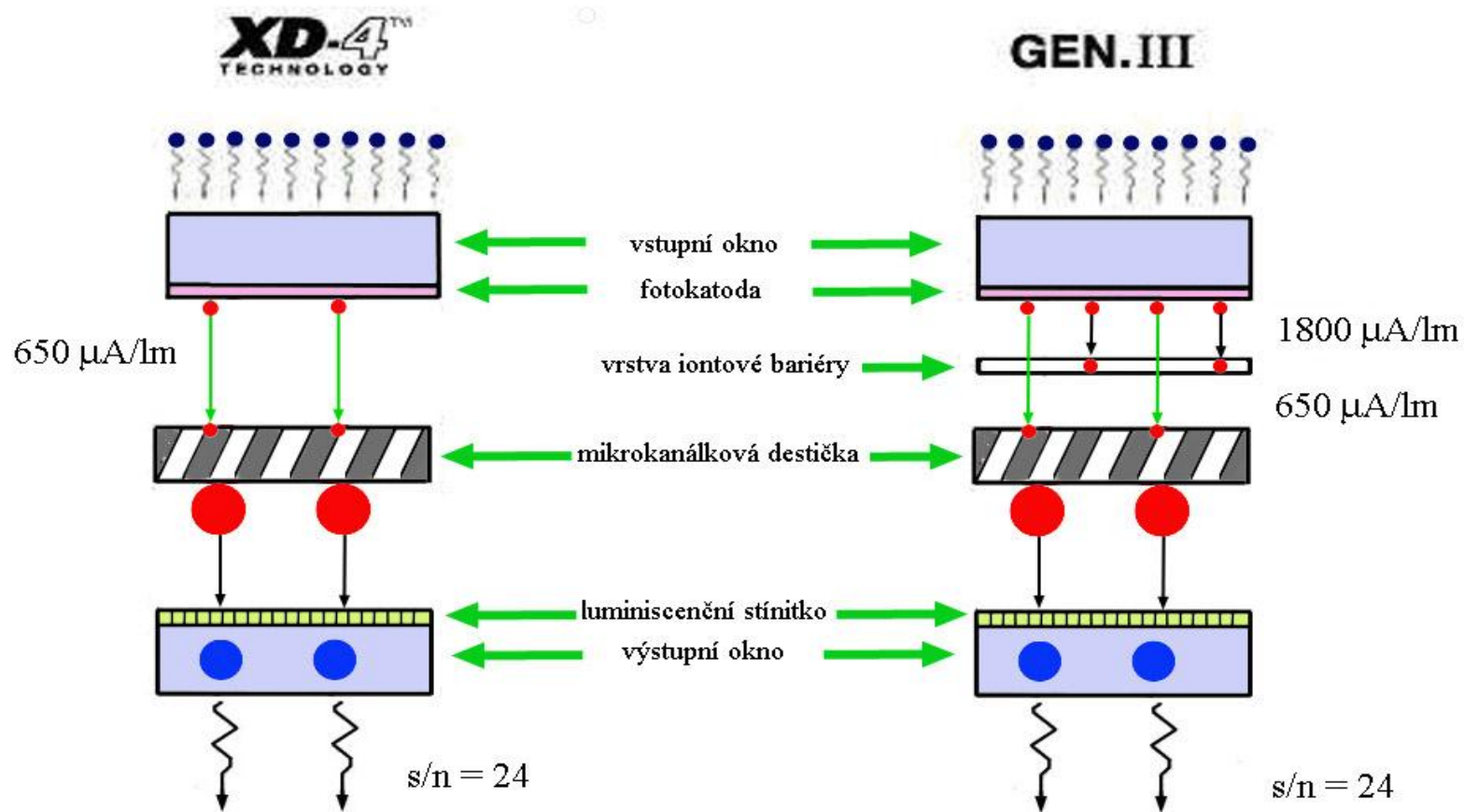
Rozlišovací schopnost ZJO jako f-ce osvětlení



60 čar/mm a rozdílné úrovně jasu

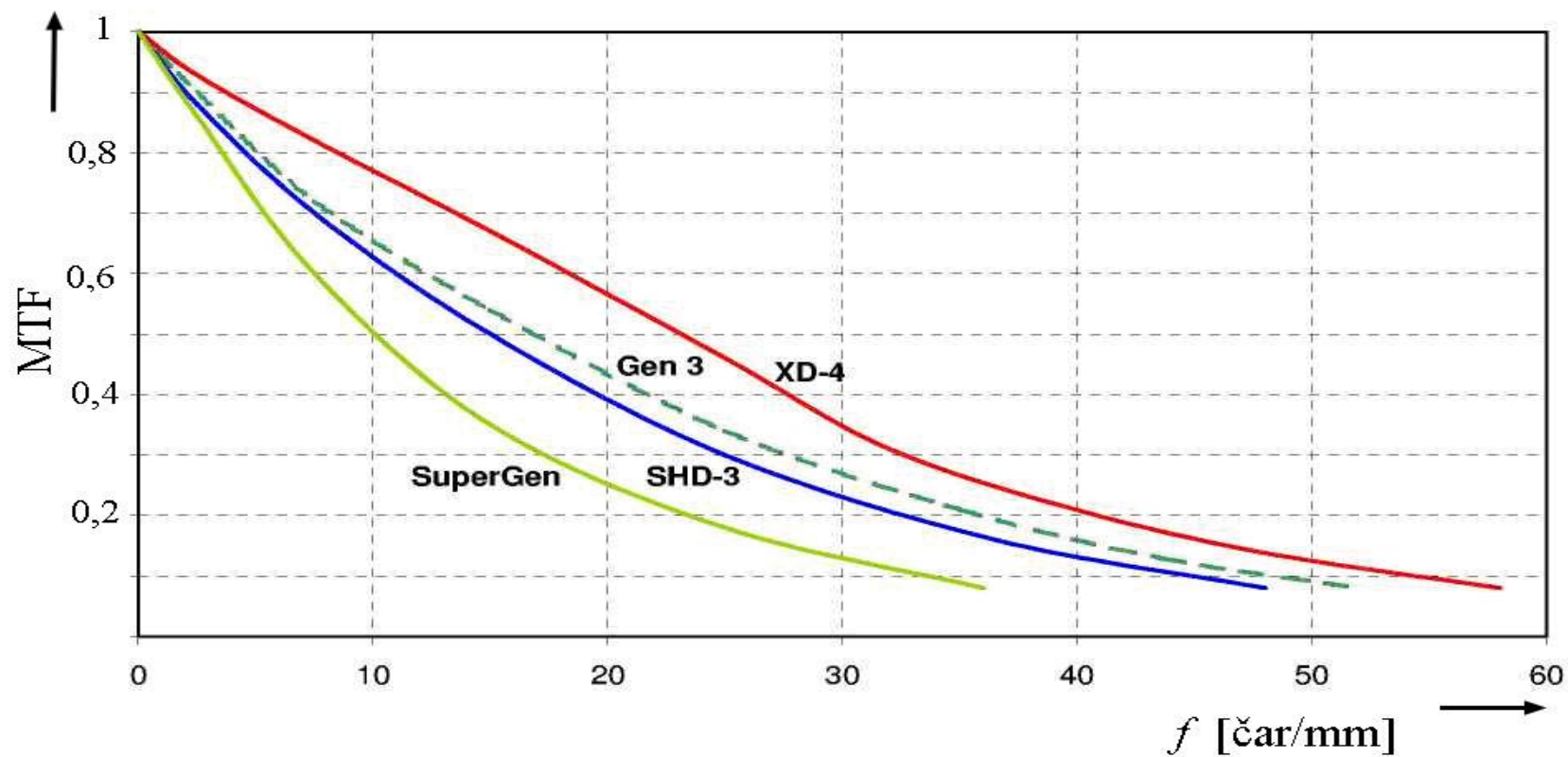


20 čar/mm a rozdílné úrovně jasu





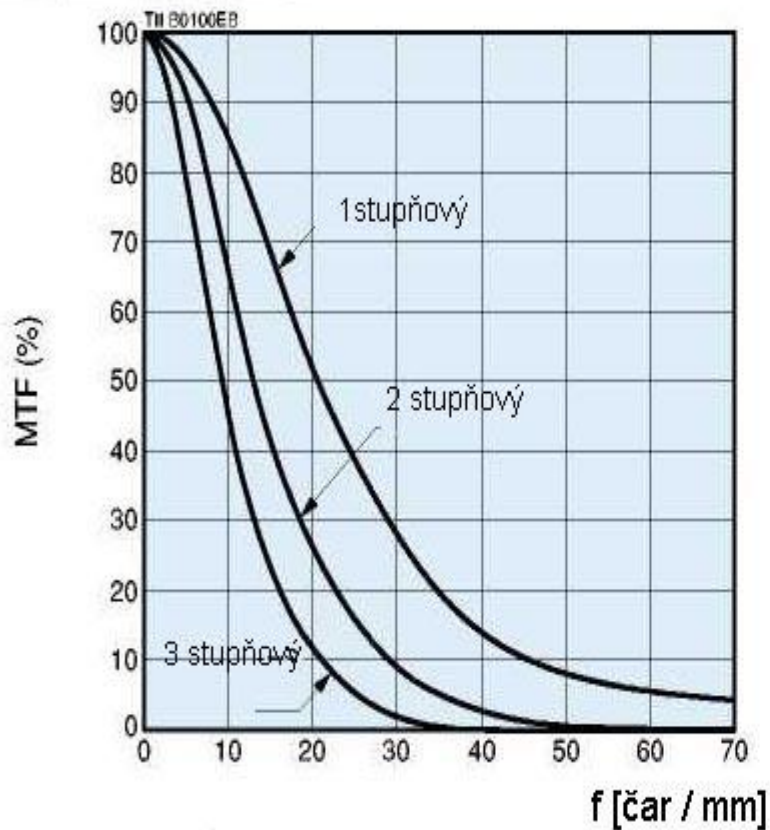
MTF



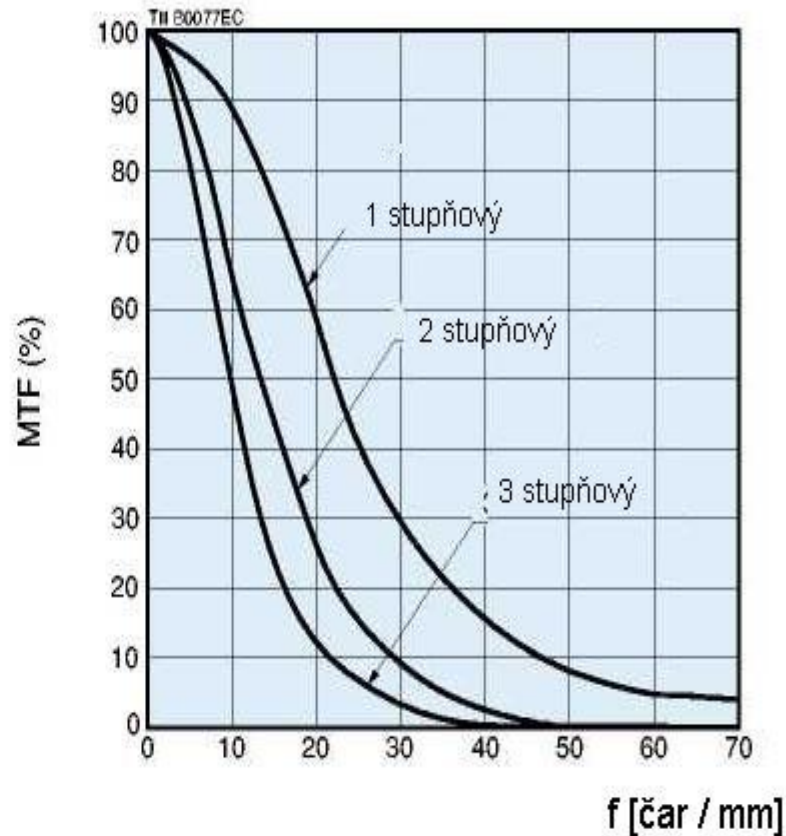


MTF

2. generace

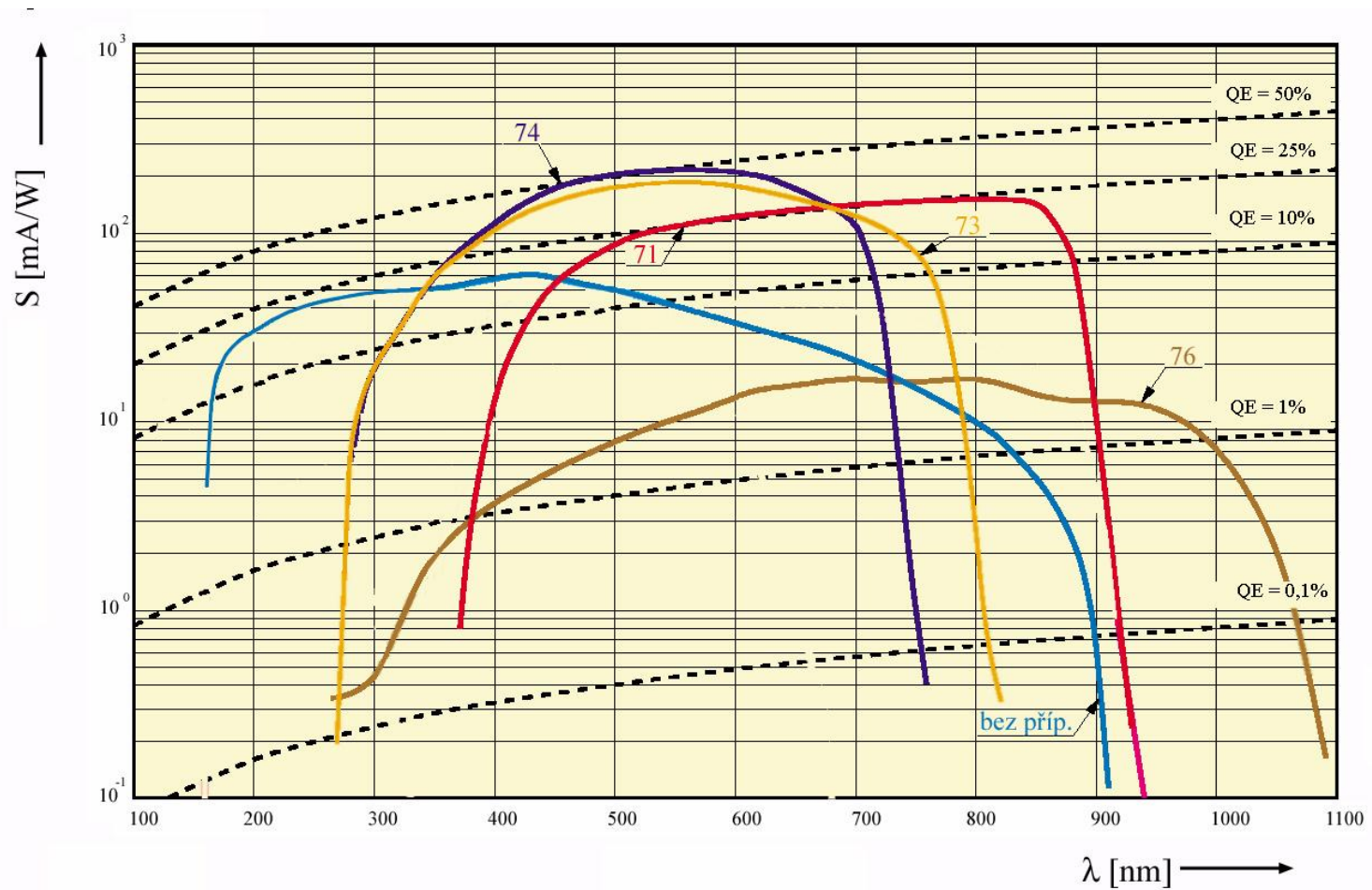


3. generace





$$S = f(\lambda)$$



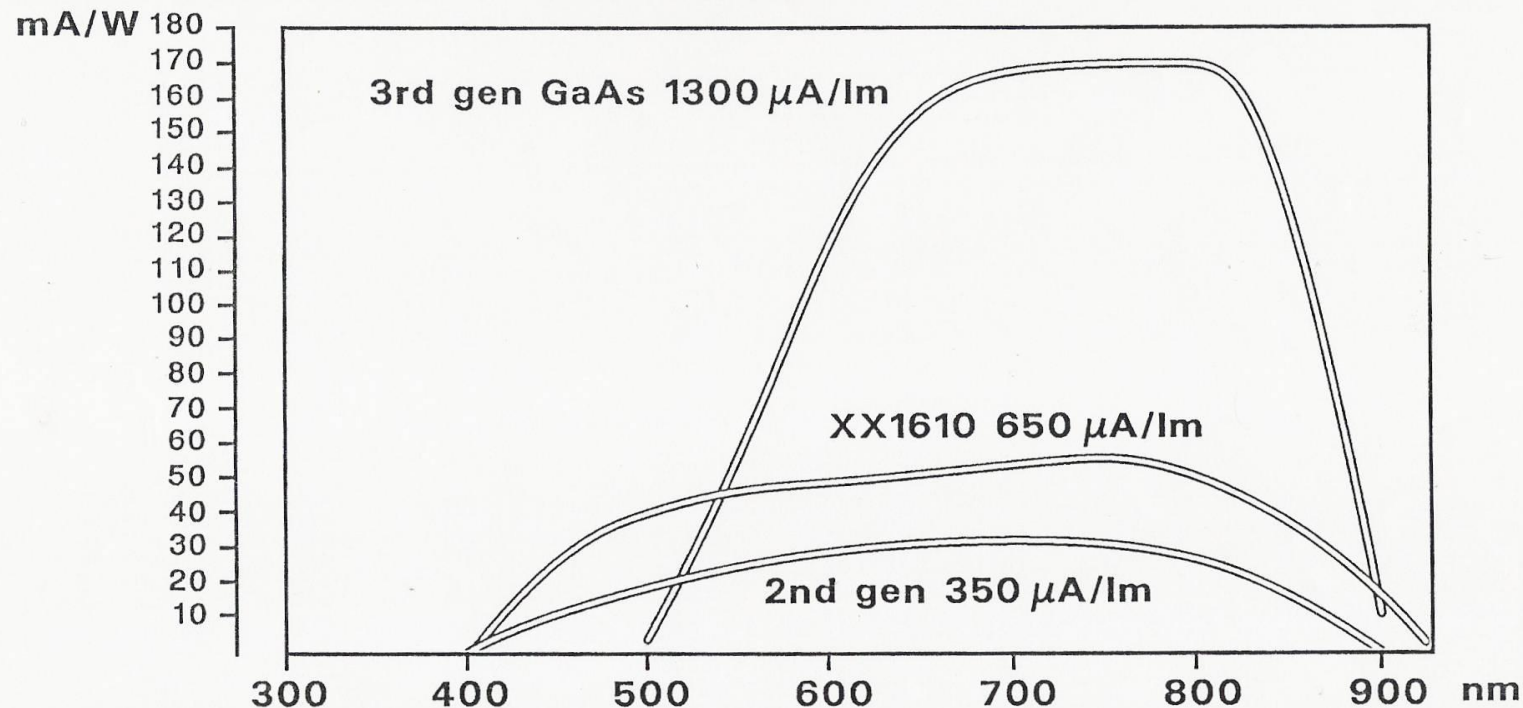
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Photocathode Response

PROFESSIONAL COMPONENTS



Philips Components

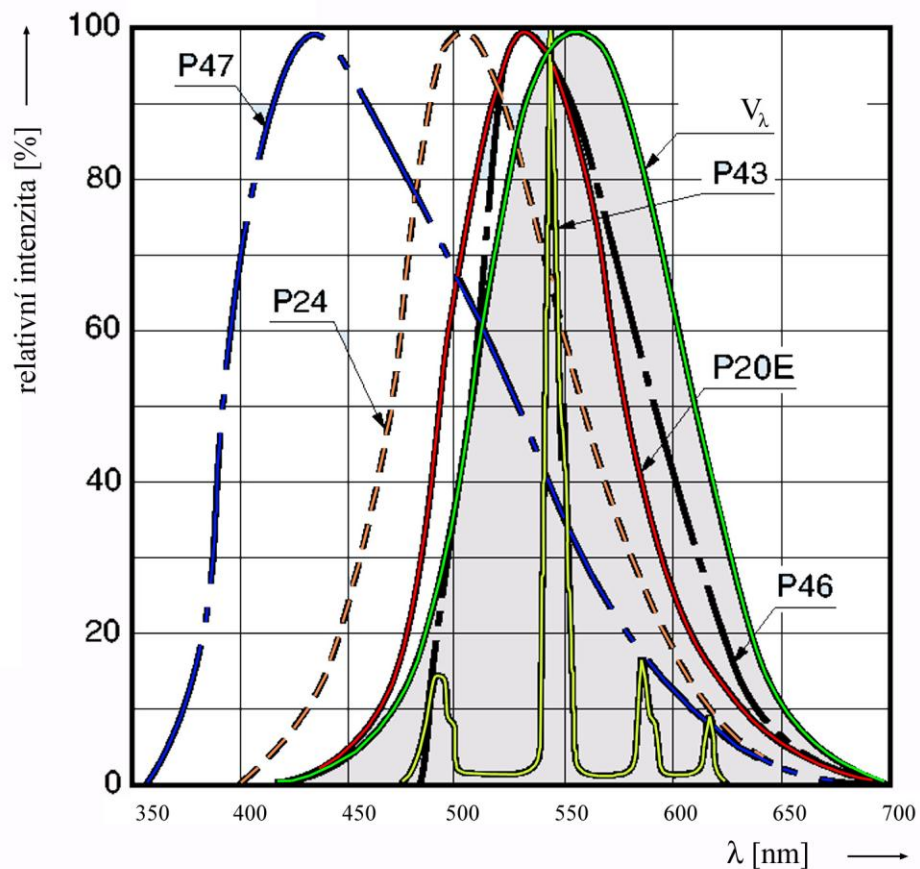


PHILIPS

89070510-12



Luminiscenční stínitka



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Luminiscenční stínitka

PHOTONIS DEP
Image intensifiers



XR5™ s P43



XR5™ s ONYX

25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Halo jev ZJO 3. a 4. generace



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





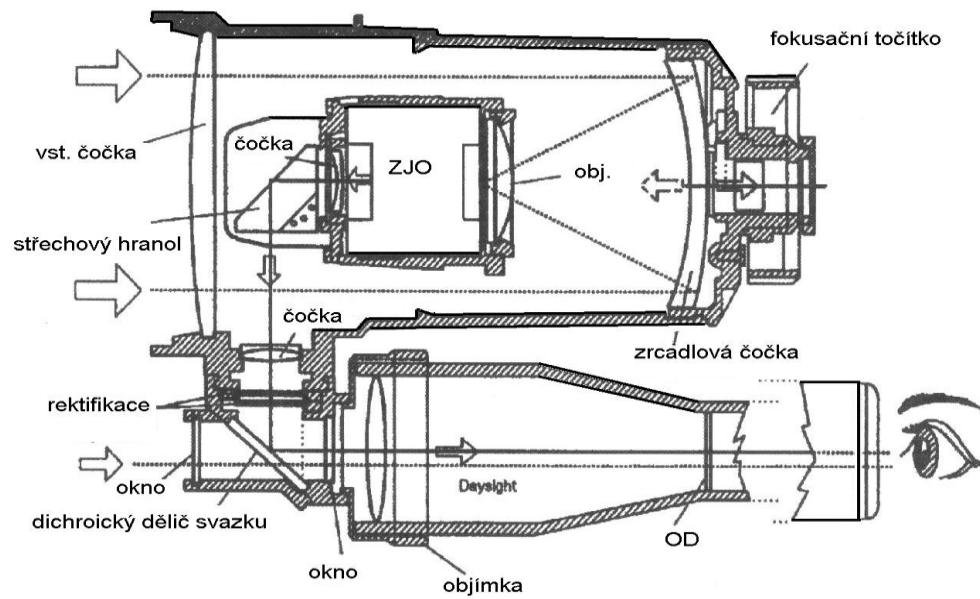
Simrad



25.2.2010

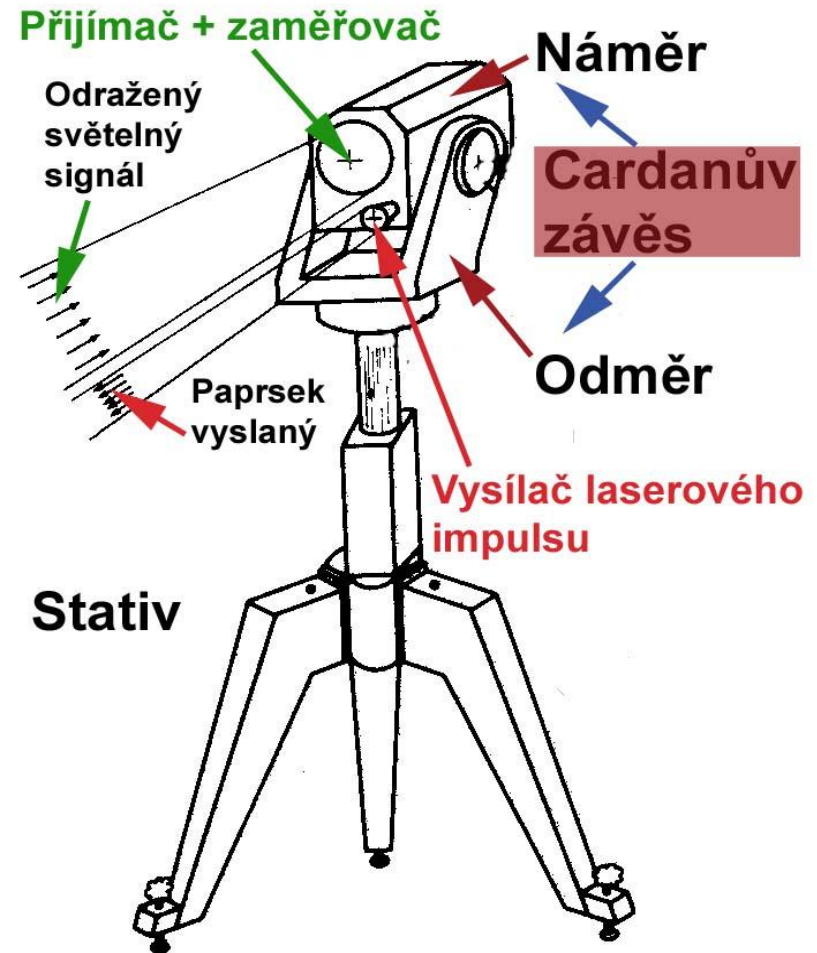
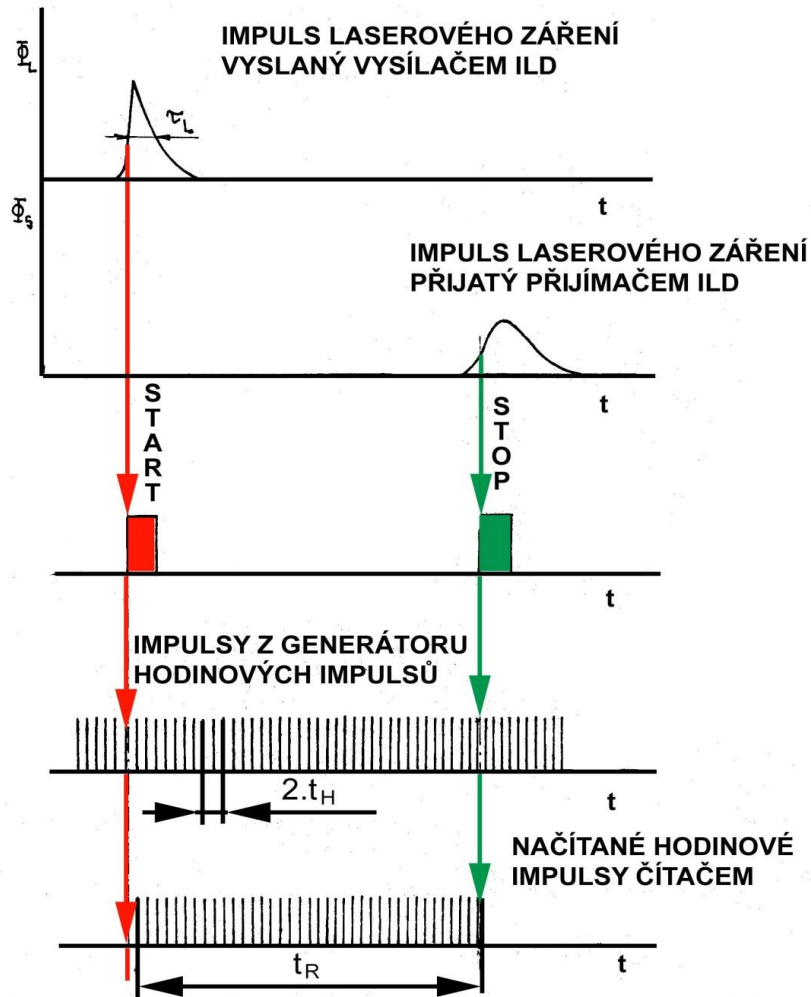
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ







Princip činnosti ILD



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Halem 2



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Halem 2

Technische Daten

Sender

Typ Nd:YAG-Laser mit Ramanzelle

Wellenlänge 1543 nm

Laserklasse 1M EN 60825/2003

Augensicherheitsabstand (NOHD) 0 m

Pulsenergie 10 mJ

Pulsdauer 5 ns

Strahldivergenz 0,8 mrad

Meßrate 0,5 Hz

Empfänger

Typ InGaAs-PIN-Diode

alternativ:

InGaAs-Avalanche-Diode

Beobachtungsoptik

Typ 8 x 56

Sehfeld 110 mrad

Entfernungsanzeige

Datenanzeige 2 x 5stellig, LED,

Helligkeit einstellbar

Meßbereich 50 m - 39995 m

Meßgenauigkeit 5 m

Doppelzielauflösung 20 m

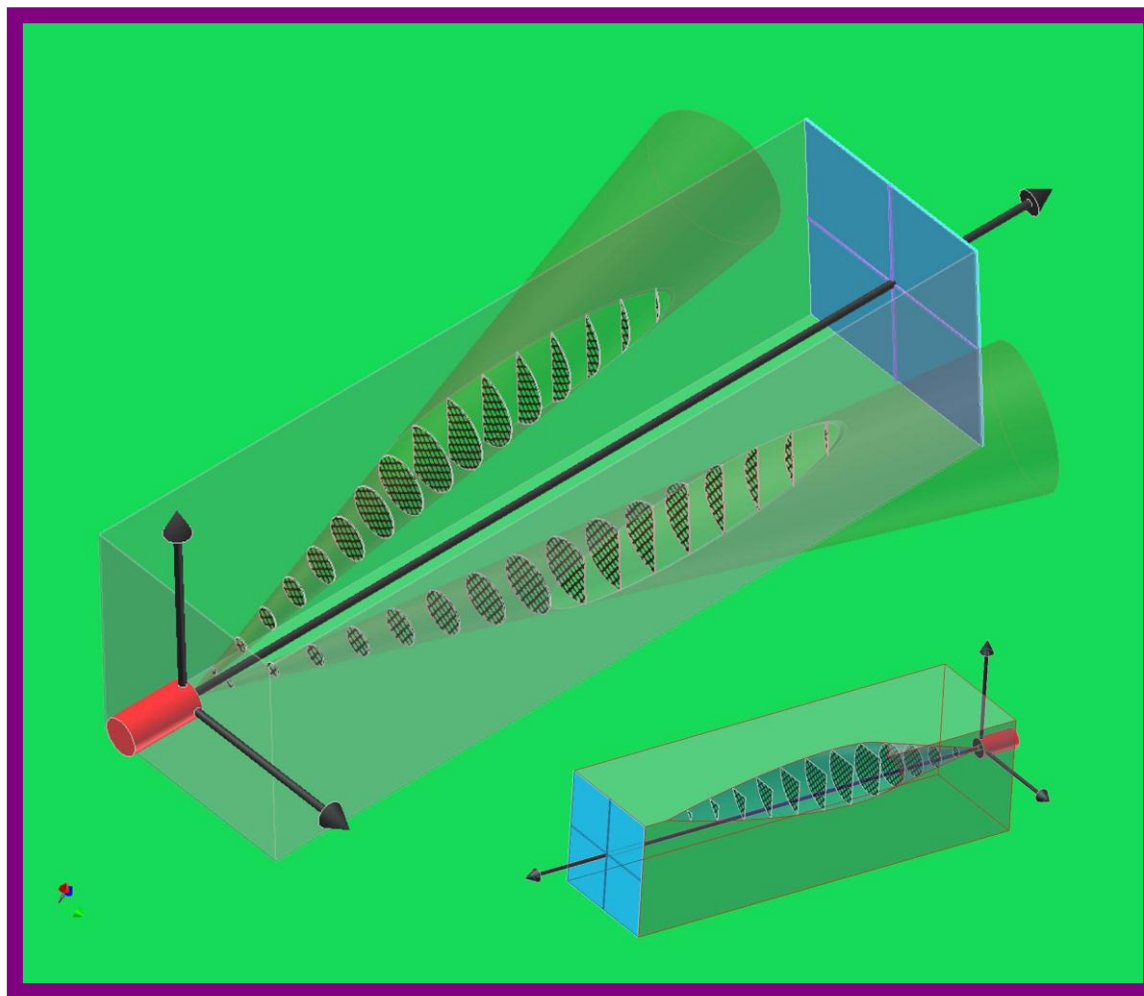
Nahzielunterdrückung einstellbar in
10-m-Schritten

bis zu 5000 m

Erstziel-/Letztziel-Logik wählbar



Aktivní odrazná plocha objektu



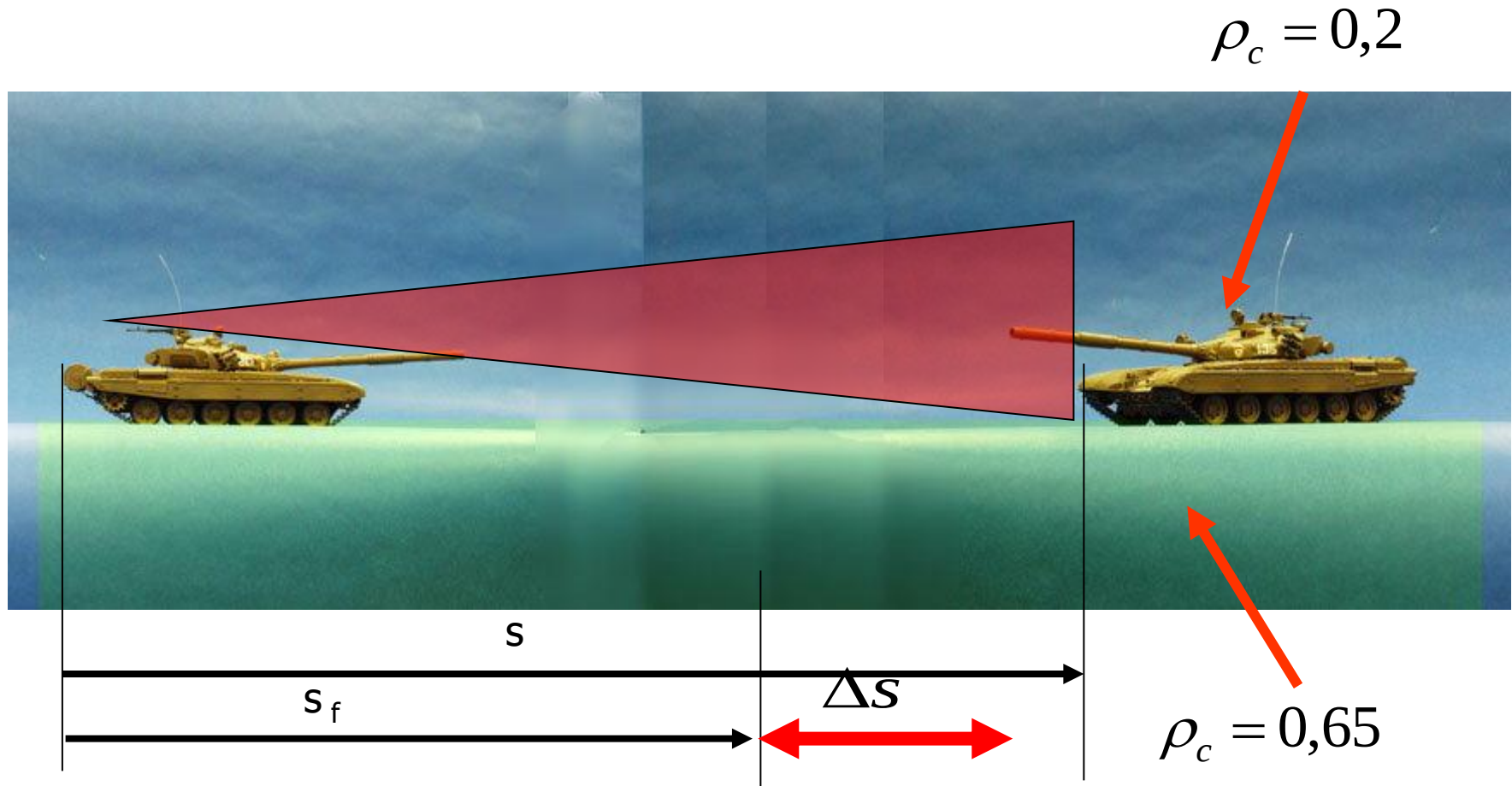
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



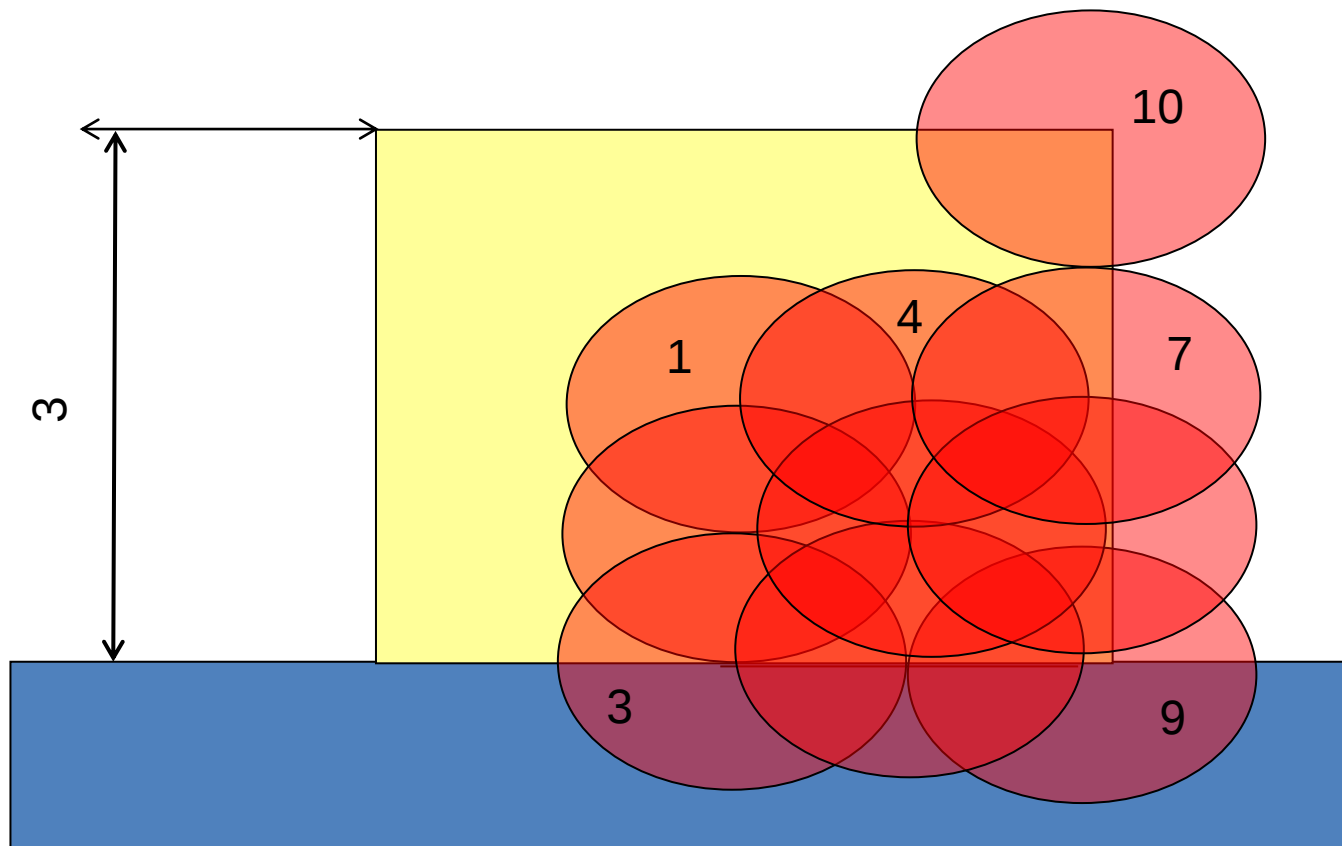


Vadná detekce cíle



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



terč s vyznačenou posloupností záměrných bodů

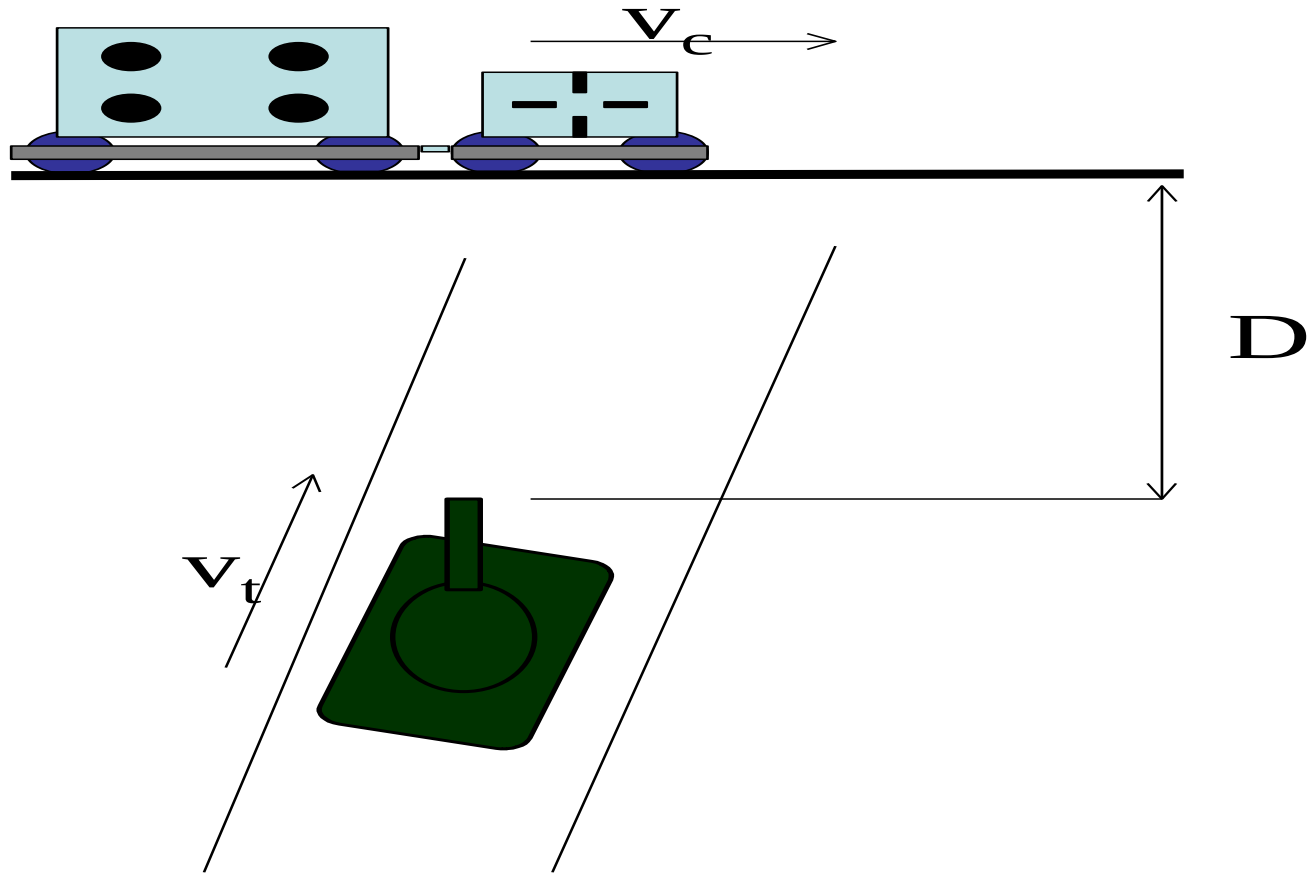


číslo záměrného bodu										
p. č.	1		2		3		4		5	
	s	Δs	s	Δs	s	Δs	s	Δs	s	Δs
1	1085	0	1020	-65	985	-100	1085	0	1085	0
2	1085	0	1015	-70	985	-100	1085	0	1085	0
3	1085	0	1020	-65	990	-95	1085	0	1085	0
4	1085	0	1015	-70	1015	-70	1085	0	1085	0
5	1085	0	1085	0	1015	-70	1085	0	1085	0
<=>	1085		1031		998		1085		1085	
<^=>	0		-54		-87		0		0	

číslo záměrného bodu										
p. č.	6		7		8		9		10	
	s	Δs	s	Δs	s	Δs	s	Δs	s	Δs
1	1080	-5	1085	0	1085	0	1010	-75	1085	0
2	1085	0	1085	0	1085	0	1010	-75	1085	0
3	1085	0	1015	-65	1090	5	1010	-75	1085	0
4	1085	0	1015	-65	1085	0	1010	-75	1085	0
5	1085	0	1015	-65	1085	0	1015	-70	1085	0
<=>	1084		1043		1086		1011		1085	
<^=>	-1		-39		1		-74		0	



Uspořádání experimentu - přesnost navedení



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



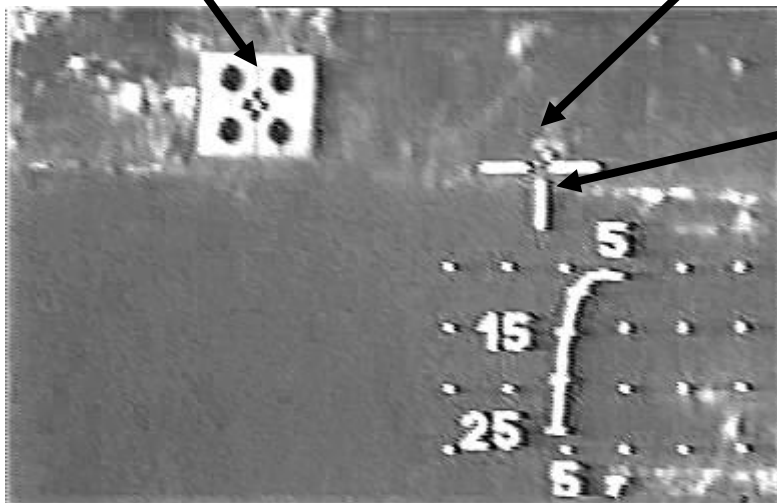


Vyhodnocení

Měřicí terč

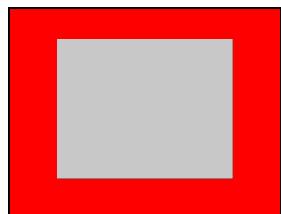
Zaměřovací terč

Záměrný kříž



Obraz ze zaměřovače

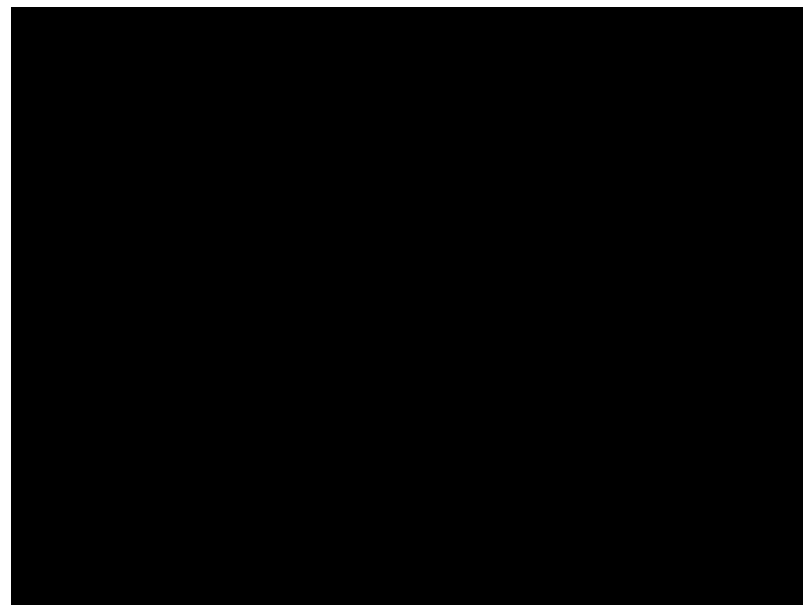
Při vyhodnocování byla zjišťována změna polohy záměrného kříže vůči poloze pomocného měřicího terče



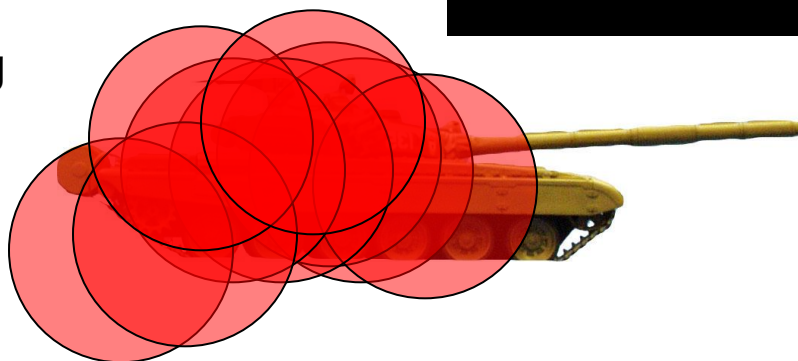
zaměřovač

čas

kanón

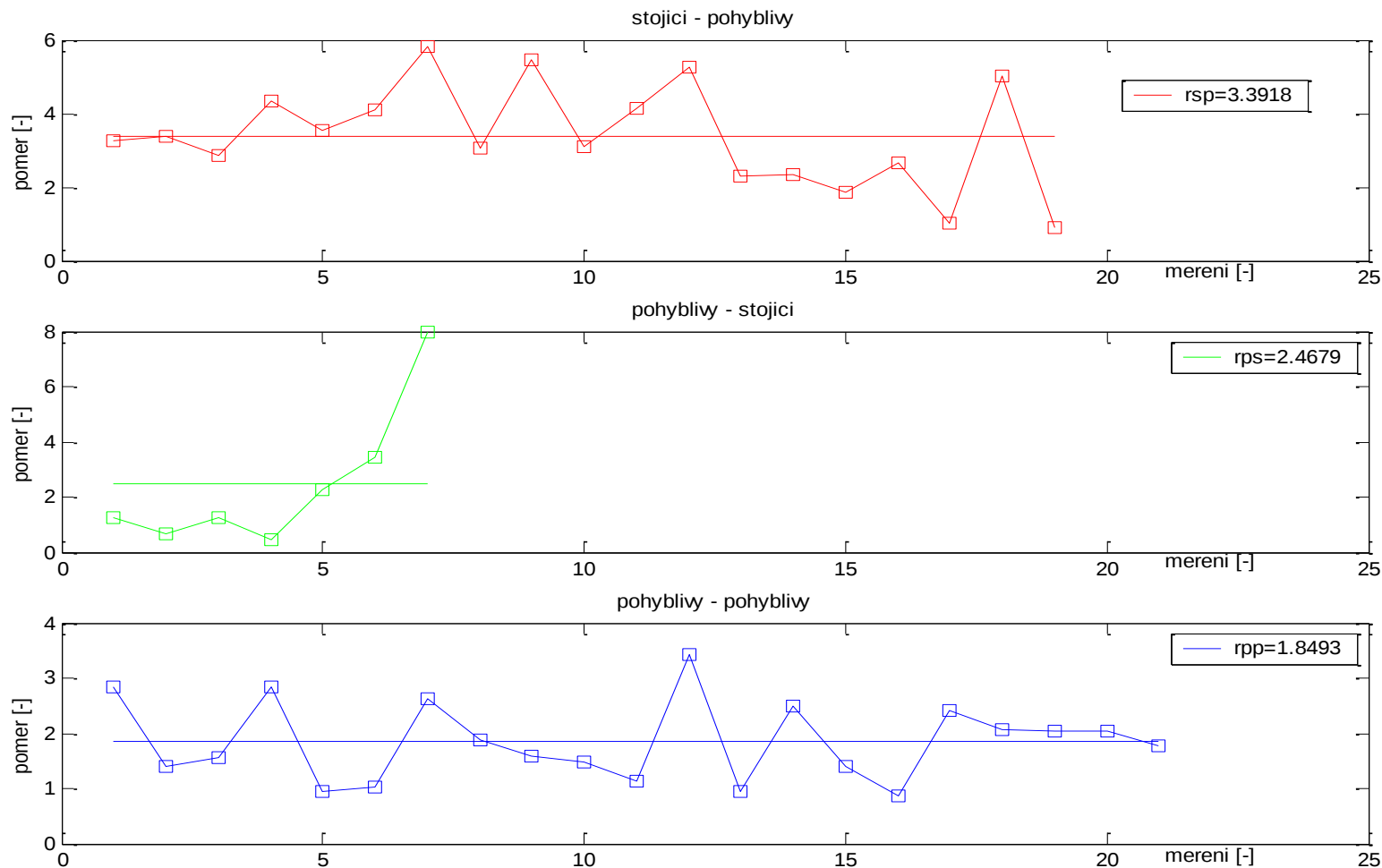


moving – moving
3000 m





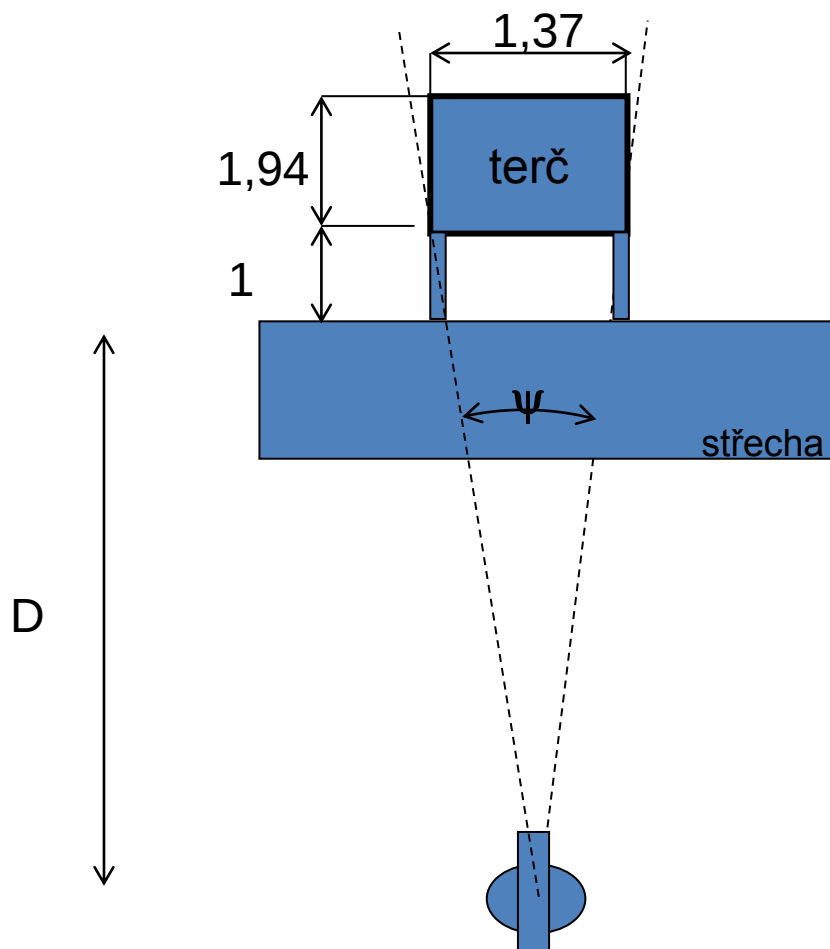
Zjištěné poměry výškové a šířkové chyby zamíření zaměřovače a jejich střední hodnoty



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





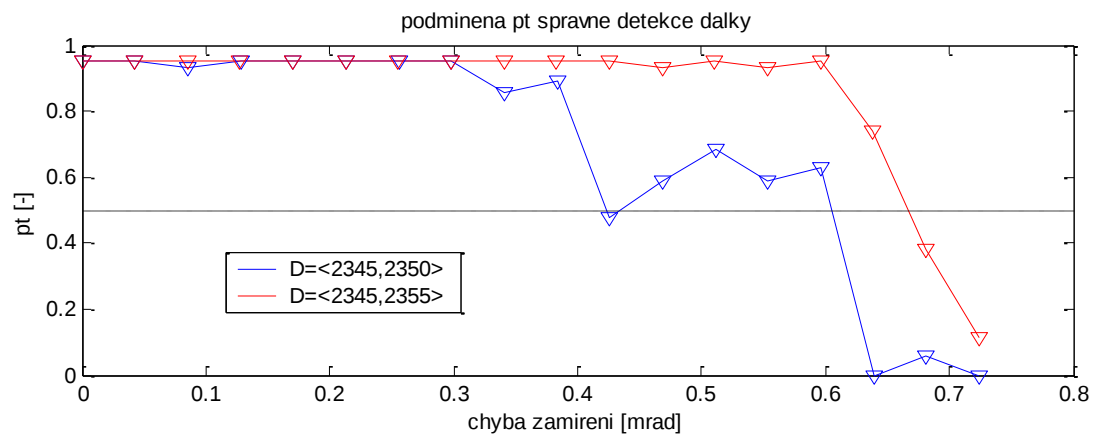
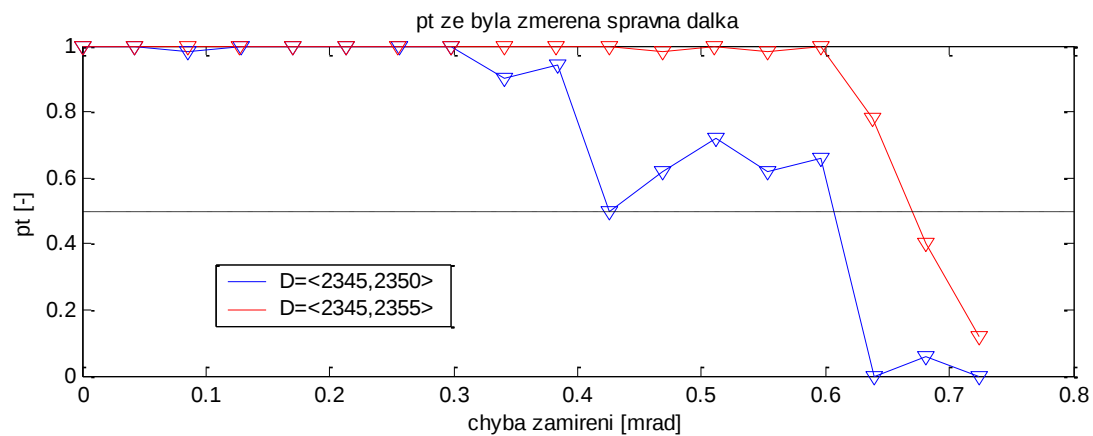
MĚŘENÍ 1

KŘÍŽOVATKA V DOPADOVÉ PLOŠE

$D = 2345 \text{ m}$

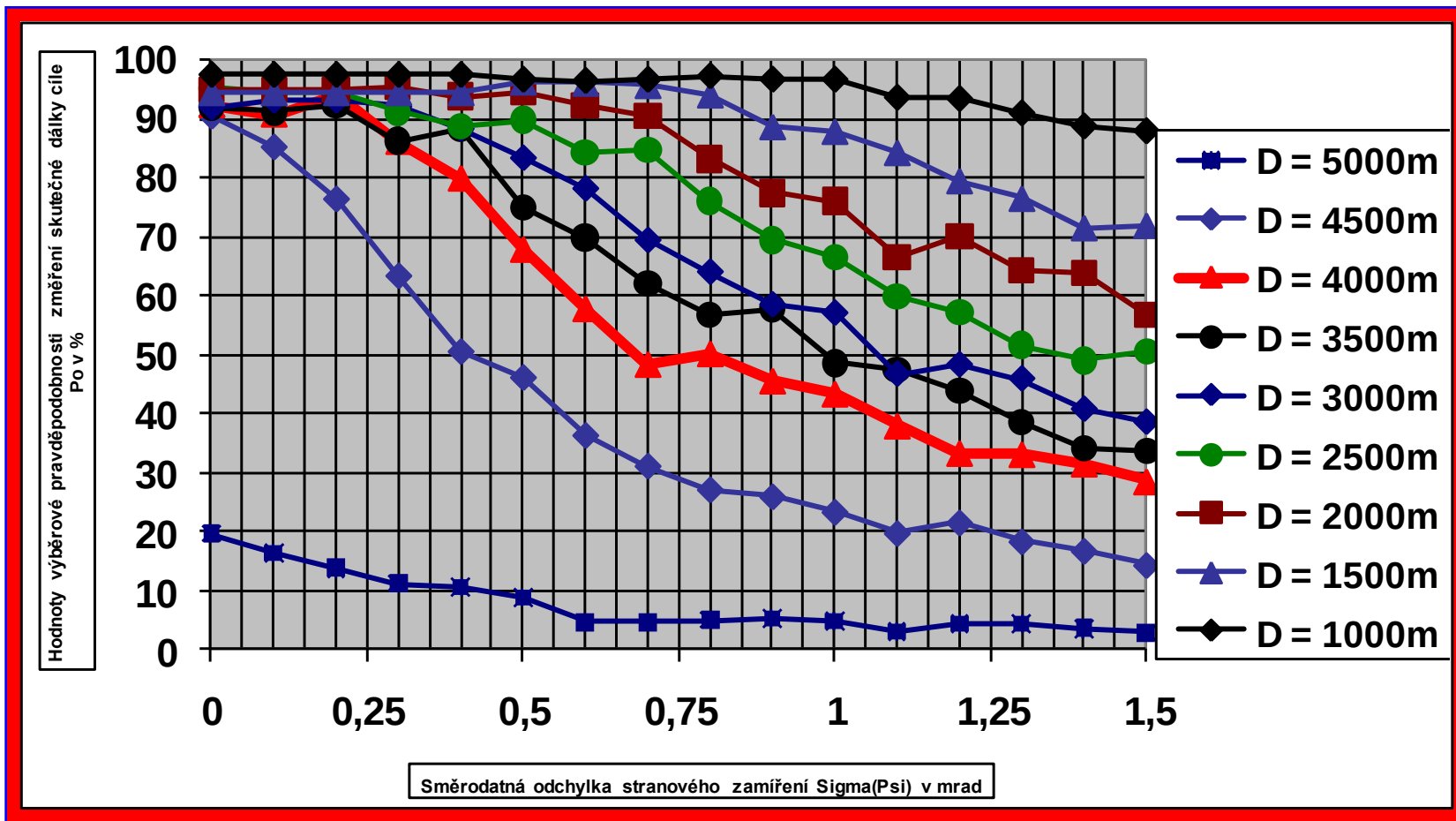
$\psi = 0,6 \text{ mrad}$

- zaměřeno na střed terče,
- pohyb terčem doprava po 0,1m





Pravděpodobnost správné detekce dálky

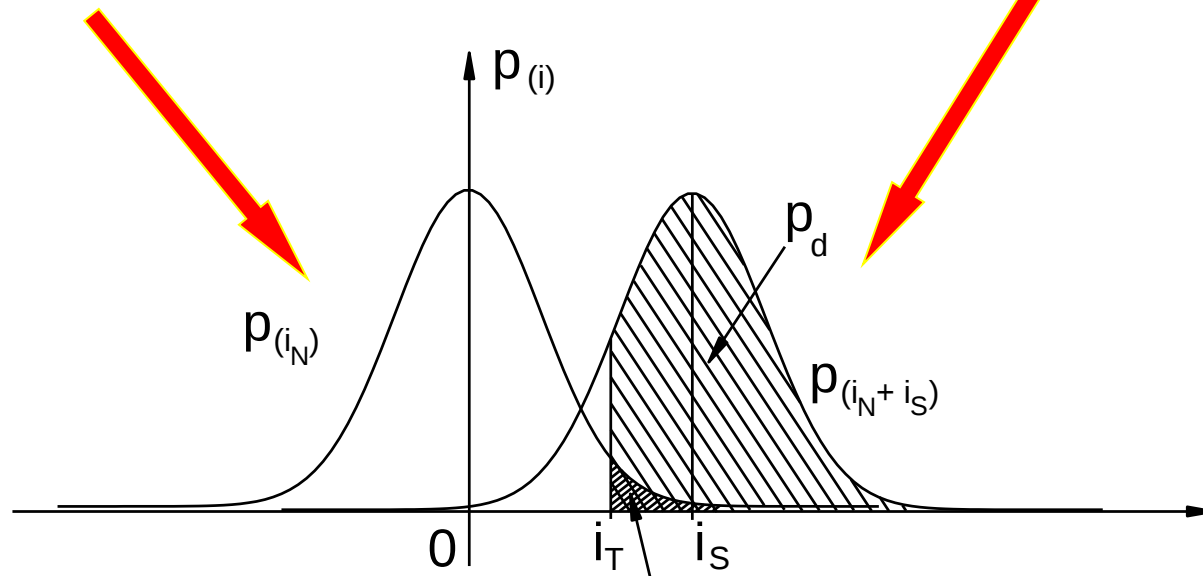




Hustoty pravděpodobnosti sign. a šumový proud

$$p_{fa} = \int_{i_T}^{\infty} p_0(i) \cdot di$$

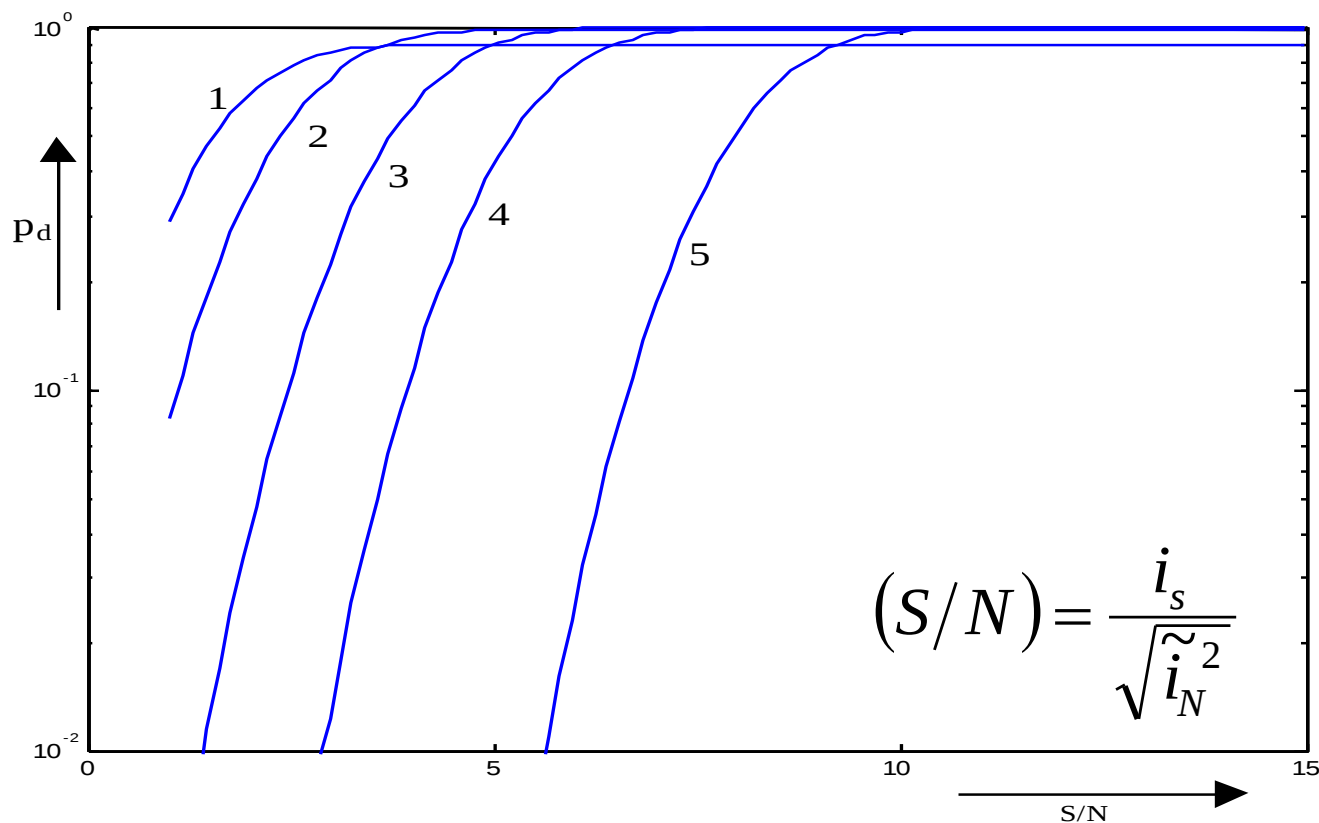
$$p_d = \int_{i_T}^{\infty} p_1(i) \cdot di - p_{fa}$$

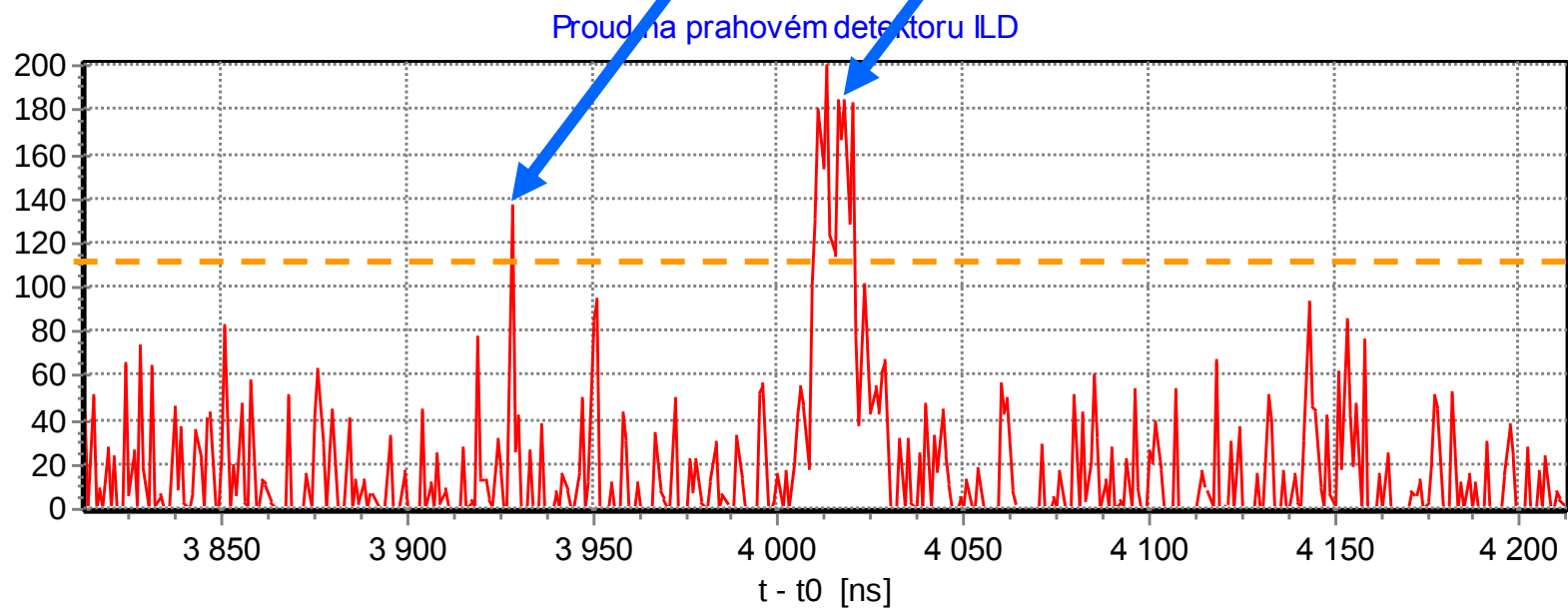
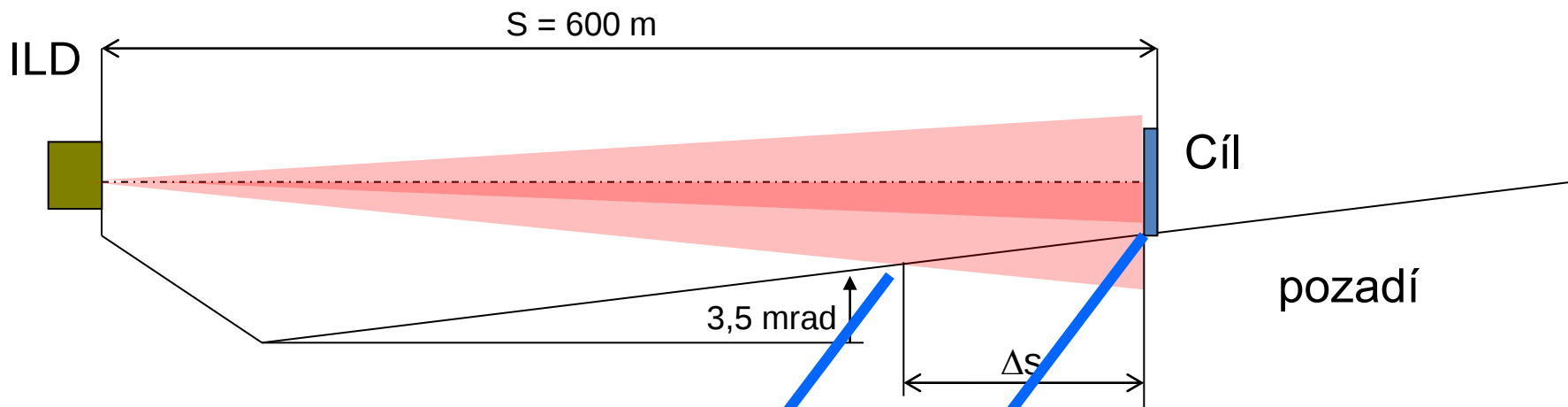




Závislost p_d na poměru (S/N) p_{fa} .

- 1) $p_{fa} = 0,1$; 2) $p_{fa} = 0,01$; 3) $p_{fa} = 1 \cdot 10^{-4}$; 4) $p_{fa} = 1 \cdot 10^{-7}$; 5) $p_{fa} = 1 \cdot 10^{-15}$

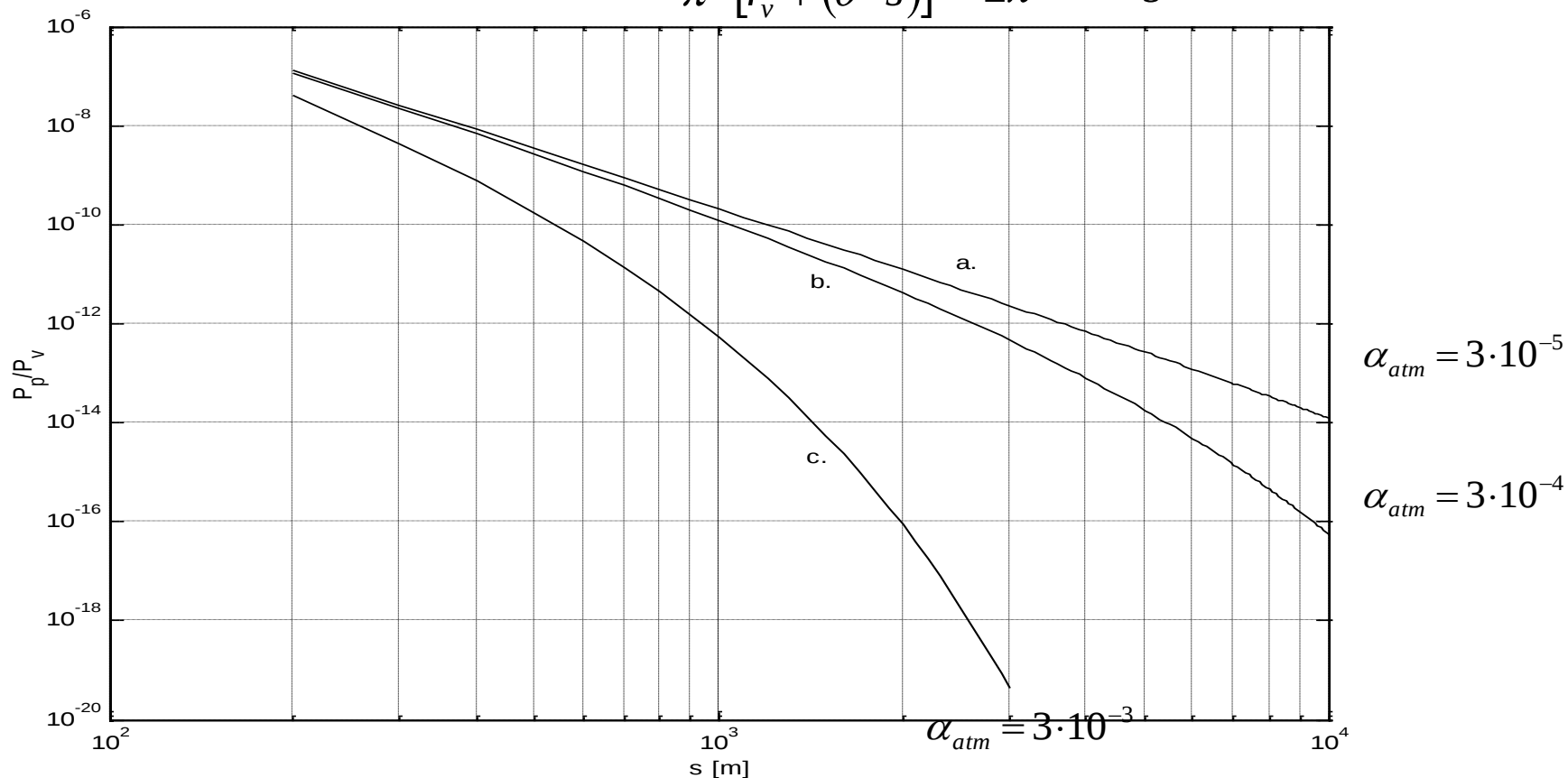






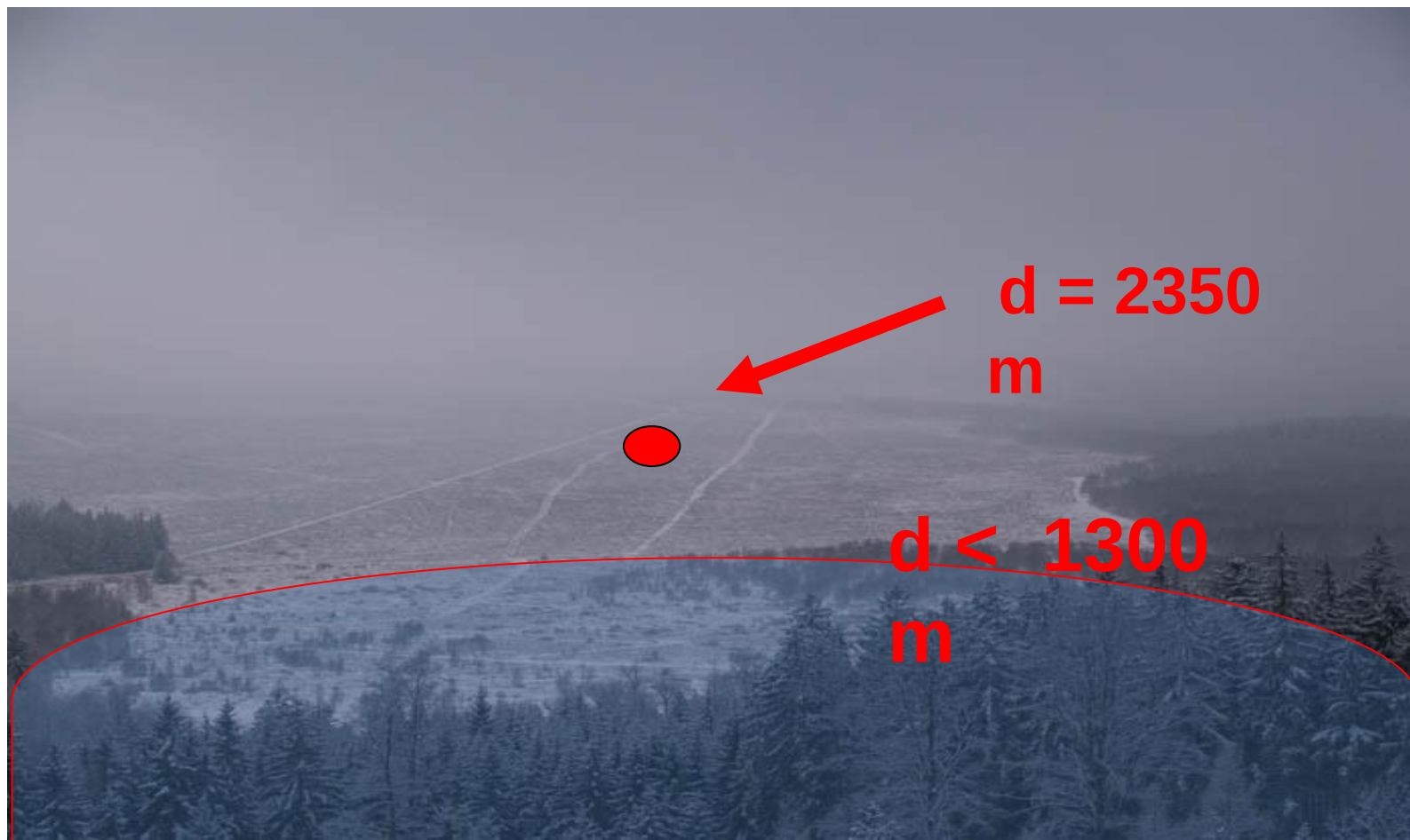
Přijatý výkon po odrazu od obj.

$$P_p = P_v \cdot \frac{S_c}{\pi \cdot [r_v + (\theta \cdot s)]^2} \cdot \frac{\rho_c}{2\pi} \cdot \tau_o \cdot \frac{S_{VP}}{s^2} \cdot \exp[-2\alpha_{atm} \cdot s]$$





Dohlednost do 300 m



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



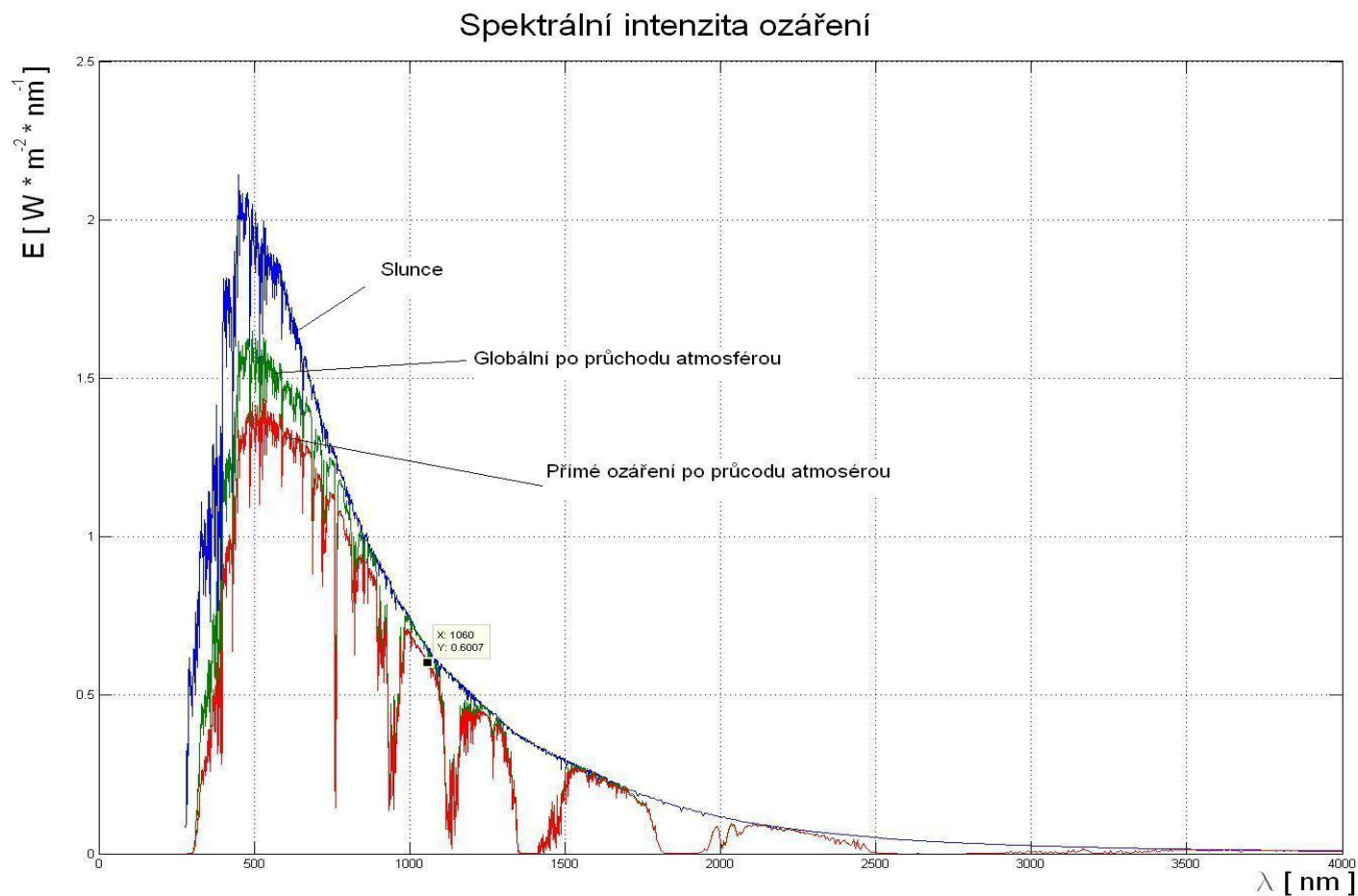


měření í	dálka	měření	dálka
1	10045	11	8490
2	17945	12	7275
3	18675	13	8010
4	13930	14	15705
5	5255	15	12940
6	9445	16	13535
7	13625	17	10400
8	7810	18	5495
9	9025	19	12625
10	4800	20	5930

$\Delta\alpha = 65$ dc, $\Delta\varepsilon = 65$ dc od Slunce



Spektrum Slunce



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Princip POED



Levá kamera



Pravá kamera

25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





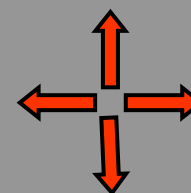
Princip POED



X=123

Y=569

D =1600



25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





POED



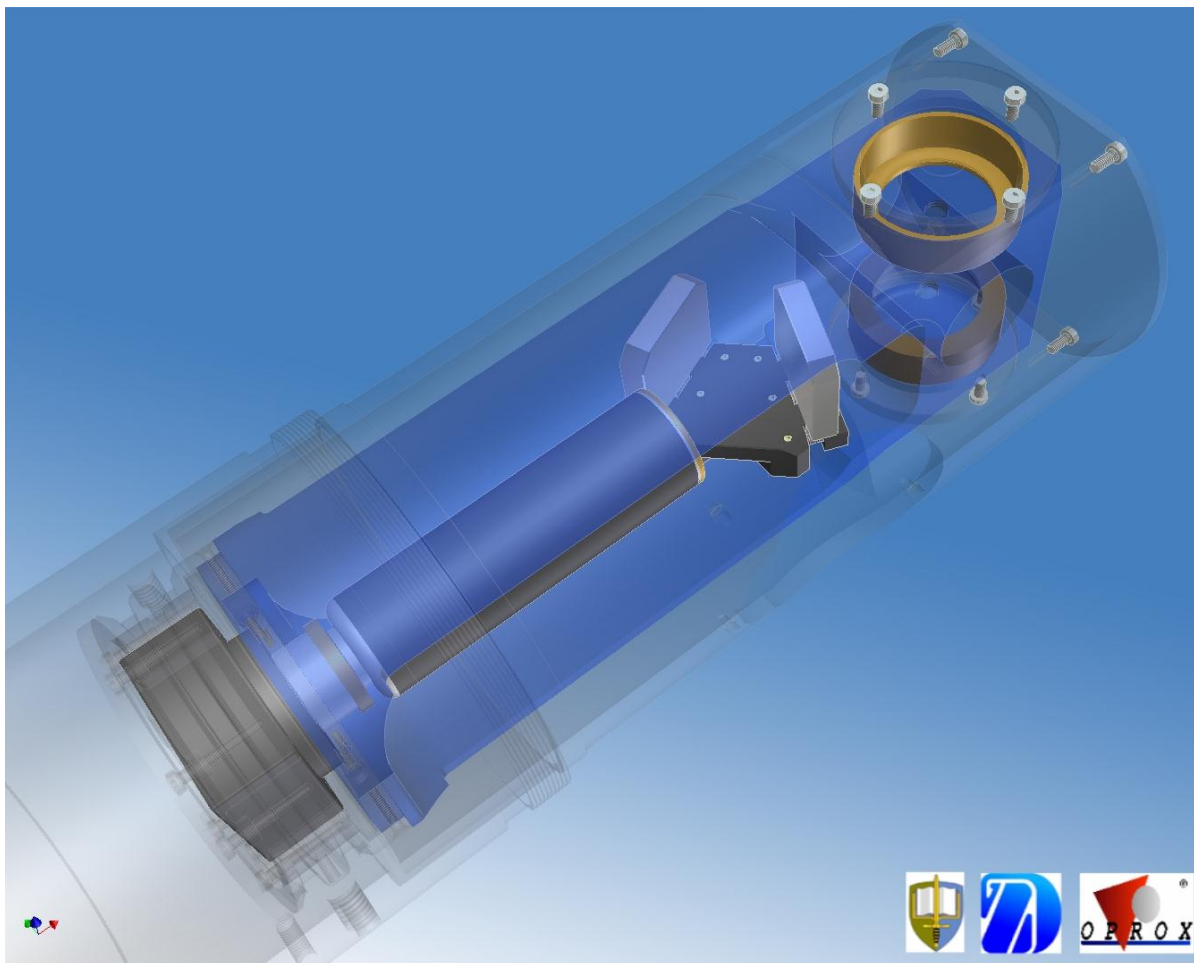
25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





OS POED



25.2.2010

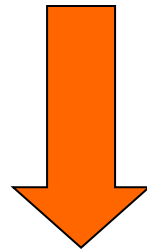
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Chyba měření dálky s POED

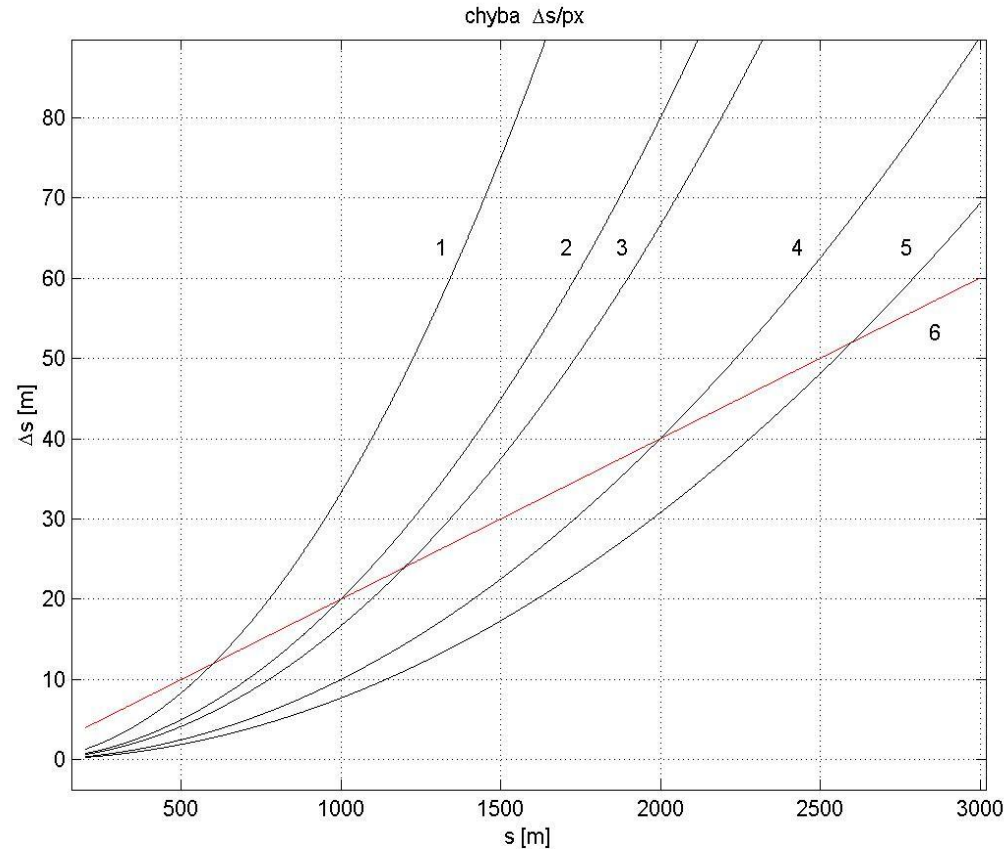
$$ds = \frac{s^2 \cdot \cos^2 \alpha}{f' \cdot b + f'^2 \cdot \sin \alpha} \cdot \rho$$



$$K = \frac{f' \cdot (b + f' \cdot \sin \alpha)}{\rho \cdot \cos^2 \alpha} \longrightarrow ds = \frac{s^2}{K}$$



Srovnání chyb dálkoměru s různými ohniskovými vzdálenostmi objektivů



, křivka 1 - $f' = 150$ $f' = 250$ $f' = 300$ $f' = 500$ $f' = 650$ $\Delta s = 0,02s$

25.2.2010

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

