



ČESKÝ
OPTICKÝ
KLASTR

*Let's Make Optics for the Future.
Together.*

Lasery v AČR

doc. Ing. Teodor Baláž, CSc.,

skupina optických přístrojů zbraní

Katedra Zbraní a munice
Fakulta vojenských technologií
Univerzita obrany v Brně

Problematika Lasery ve vojenství

Přístrojové vybavení v SŘP:

- Impulzní laserové dálkoměry,
- Laserové gyroskopy,
- Naváděcí systémy PTŘS a PLŘS
- Značkovače a ozařovače cílů,

zbraňové systémy s usměrněnou energií:

- „oslepení“ popř. destrukce OE průzkumných sensorických systémů,
- Destrukce OE koordinátorů PTŘS a PLŘS,
- **Destrukce vojenských cílů laserovým zářením**

Ochrana vlastní BT:

- Skenování okolí,
- Dálkový průzkum,
- Chemický průzkum atmosféry s použitím lidarů

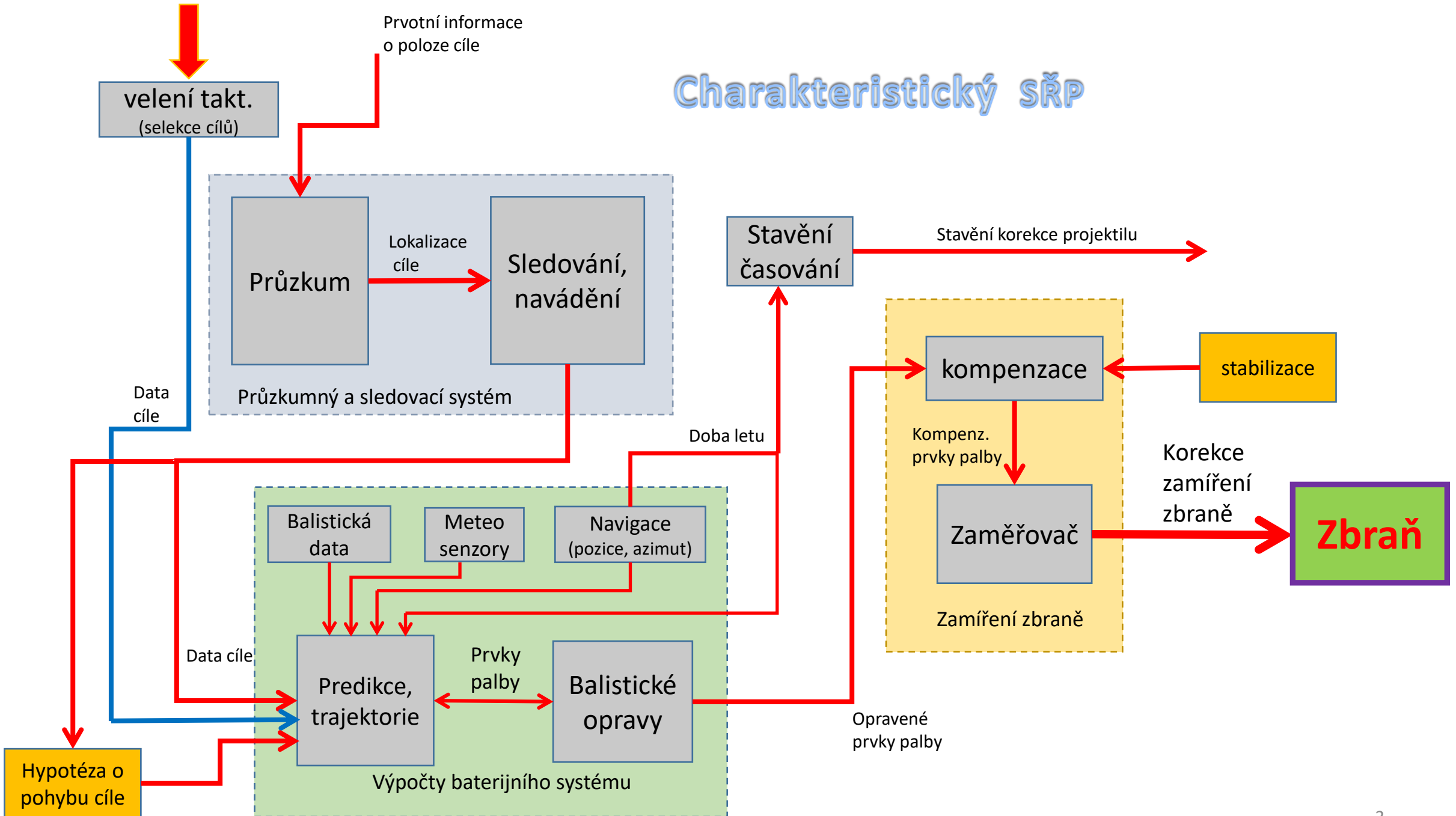
Technologické lasery:

- Rektifikace ZS,
- Justáž OM a OE systémů,

- Protipatření proti laserovým systémům,
- Ochrana zdraví

- Bezpečnost v dopravě

Charakteristický SŘP



„klasický“ SŘP			laserový ZS	
činnost		chyby	činnost	chyby
objevení cíle identifikace				
lokalizace	D, α, ε	$\Delta D, \Delta \alpha, \Delta \varepsilon$	α, ε	$\Delta \alpha, \Delta \varepsilon$
časové změny polohy cíle, vektor pohybu cíle	$v_c = D \cdot \omega, \omega = \frac{d\alpha}{dt},$ $\frac{d\omega}{dt} \frac{d\varepsilon}{dt}$		$\omega = \frac{d\alpha}{dt},$ $\frac{d\omega}{dt} \frac{d\varepsilon}{dt}$	
hypotéza o pohybu cíle	predikce polohy cíle			
výpočet prvků střelby	α, ε, t_v	$\Delta \alpha, \Delta \varepsilon, \Delta t_v$	α, ε	$\Delta \alpha, \Delta \varepsilon$
výpočet nadběhu $\delta, v_s \gg v_c$	$\delta = f(v_s, v_c, D_s, t_s)$		$\delta = 0$	
výpočet oprav prvků střelby	$\delta \alpha = f(T, T_n, p, H, w)$ $\delta \varepsilon = f(T, T_n, p, H, w)$	$\Delta \alpha + \Delta \delta \alpha, \Delta \varepsilon$ $+ \Delta \delta \varepsilon, \Delta t_v$	$\delta \alpha = f(T, p, H, w)$ $\delta \varepsilon = f(T, p, H, w)$	
přenos prvků střelby na zaměřovač	$\alpha + \delta \alpha + \delta, \quad \varepsilon + \delta \varepsilon,$		$\alpha + \delta \alpha,$ $\varepsilon + \delta \varepsilon$	
$P_z < 1$	více výstřelů (dávka)			
	více palebních prostředků			
	rozlet střepin, submunice			
	koncové navedení			

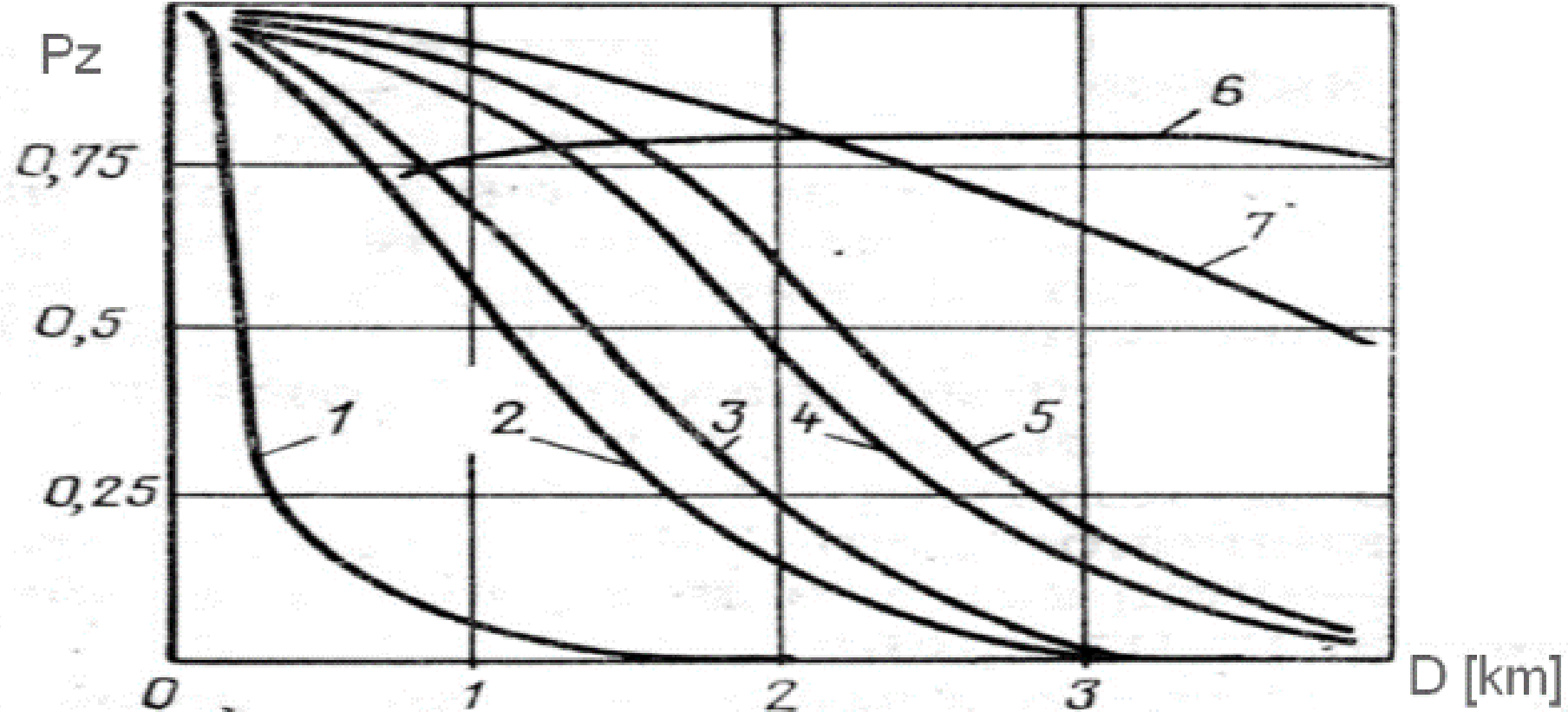
Laserový ZS: menší vplyv atmosféry, munice – energie, velmi vysoká přesnost navedení, $\omega = (0,01 \div 2) \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Změna průřezu laserové stopy

RK-Santon, laser
Žuráň

$s = 2000\text{m}$, jasno, t
 $= 15^\circ\text{C}$, $h = 90\%$

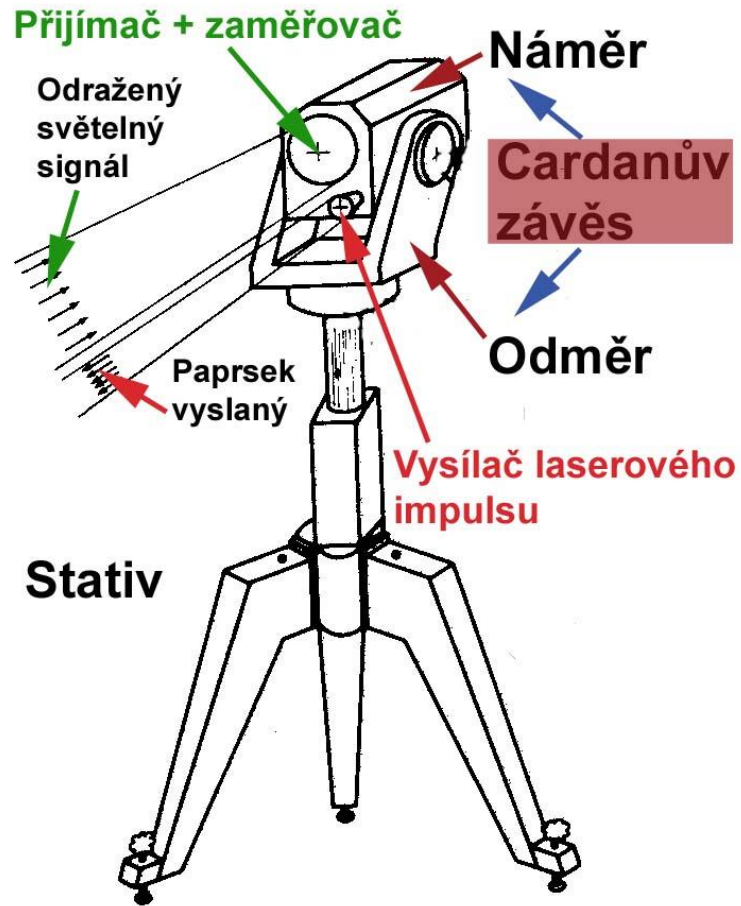
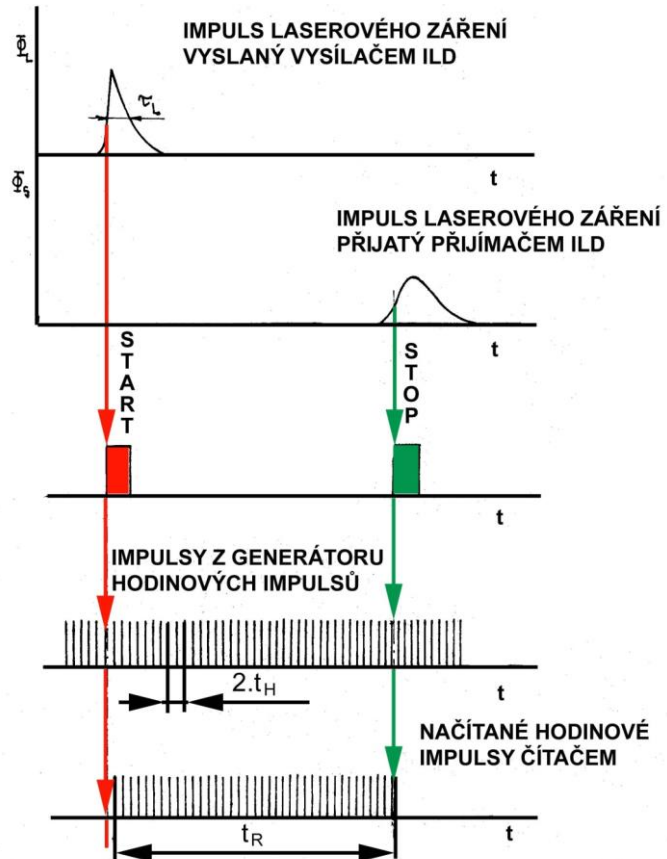
Pz při střelbě z jedoucího tanku



Rychlost střílejícího tanku $v = 5 \text{ m/s}$, cíl tank

1	Střelba bez stabilizace	5	Stabilizace s ILD a balistickým počítačem
2	Střelba se stabilizací	6	Střelba s PTŘS
3	Střelba se stabilizací s opt. dálkoměrem	7	Střelba z místa v ideálních podmínkách
4	Střelba se stabilizací s ILD		

Princip činnosti ILD



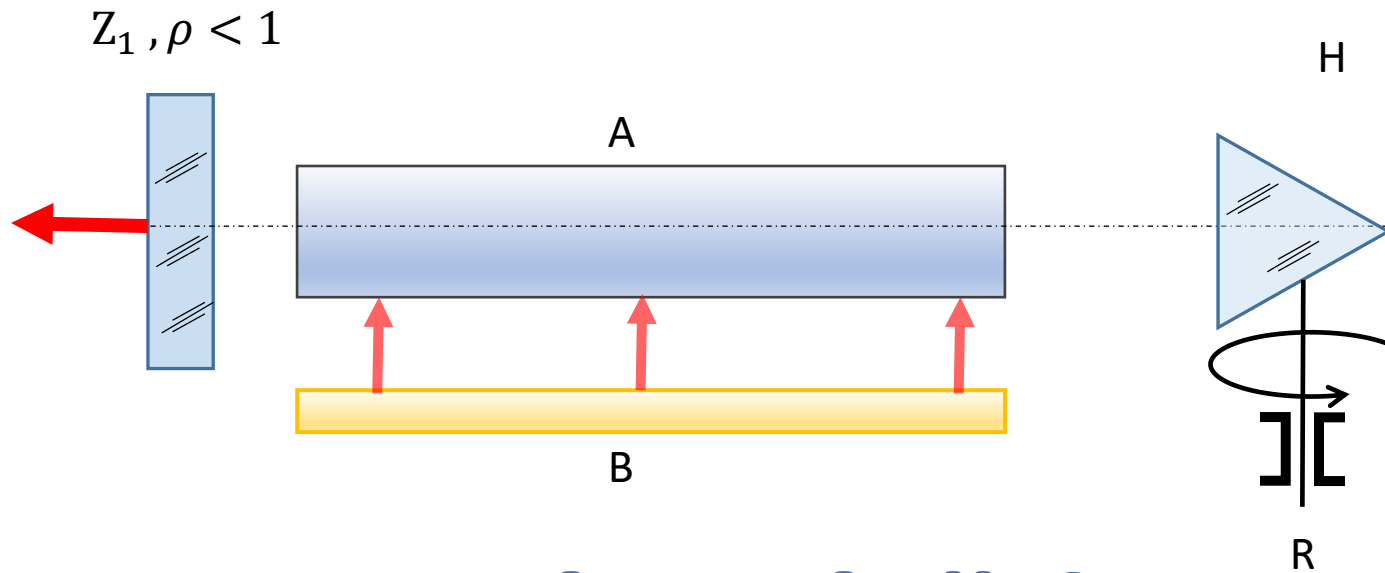
ILD – udávané výhody

- Vysoká přesnost
- Konstantní chyba měření
- Rychlost měření
- Jednoduchá obsluha
- Vhodný k integraci do SŘP
- Opakovatelnost měření

ILD – nevýhody

- Aktivní prostředek

OM Q závěrka

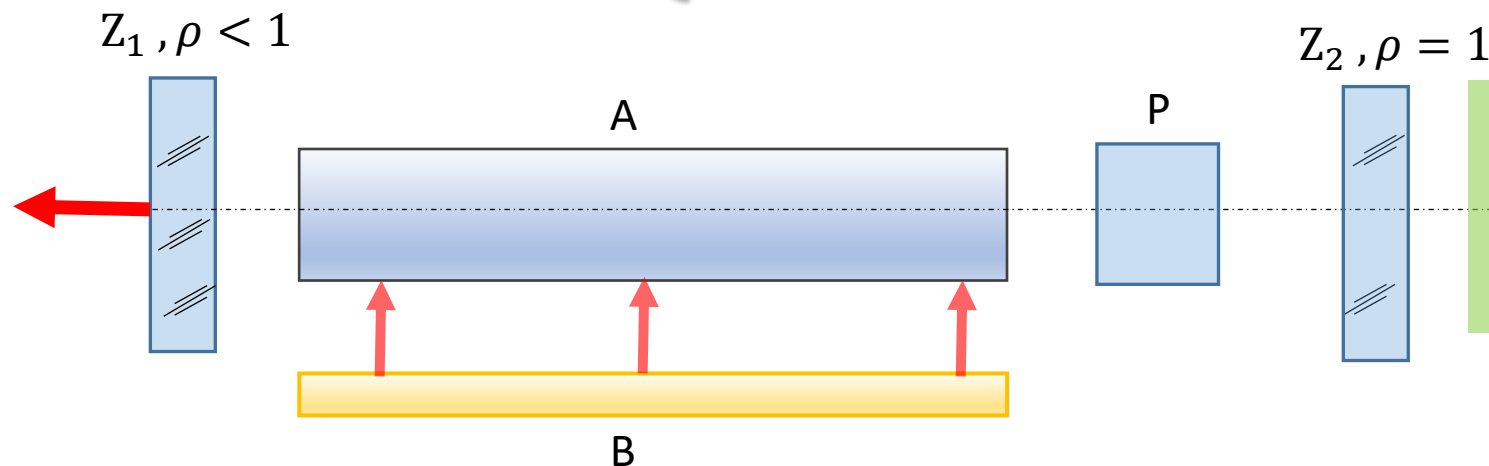


$\approx 30\,000 \text{ ot/m}^{-1}$

První ILD,

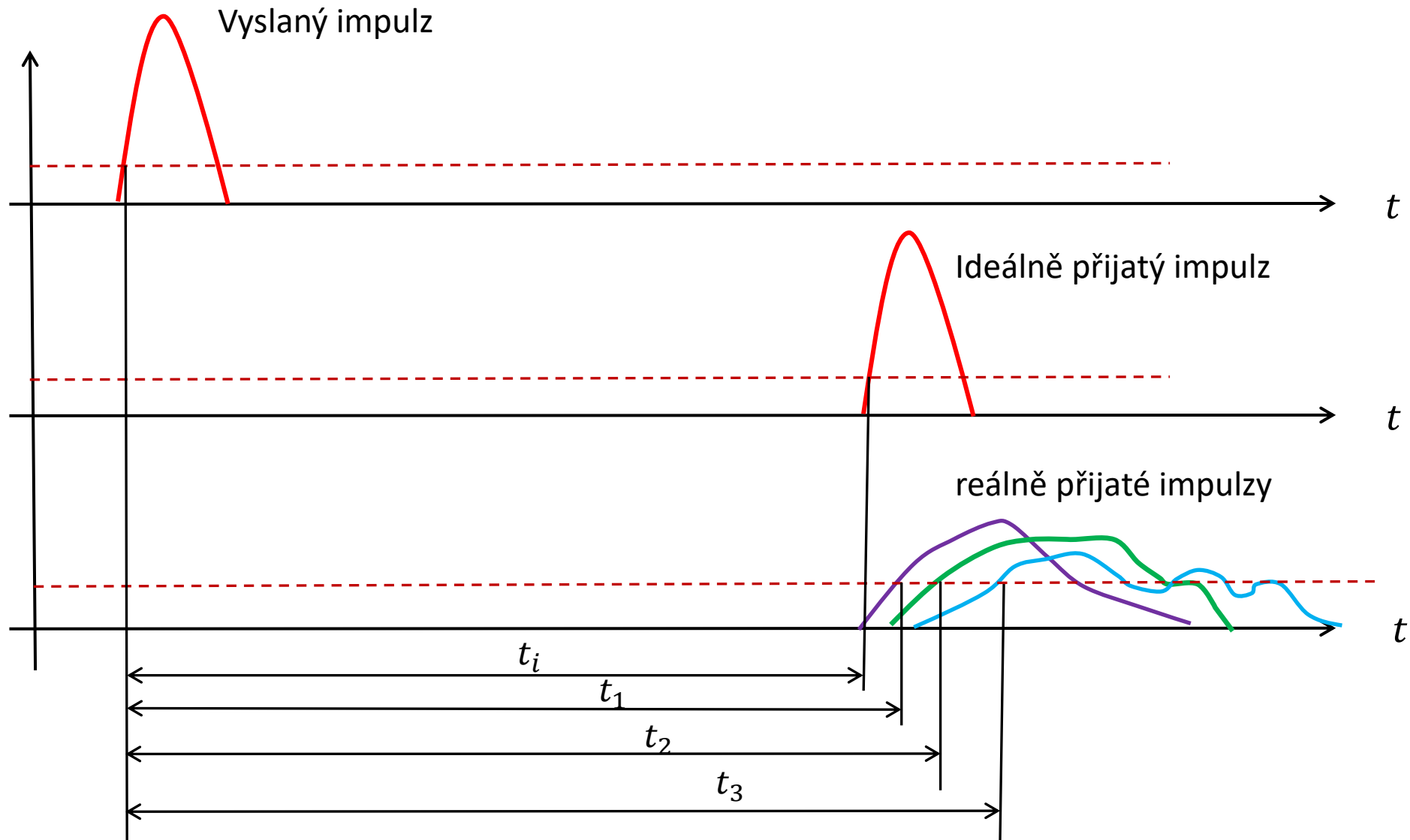
- velké ZS (lodě, letadla, tanky, dělostřelci)
- Monoimpulzy P [MW], τ [ns]
- $\lambda = 1,06 \text{ [\mu m]}$

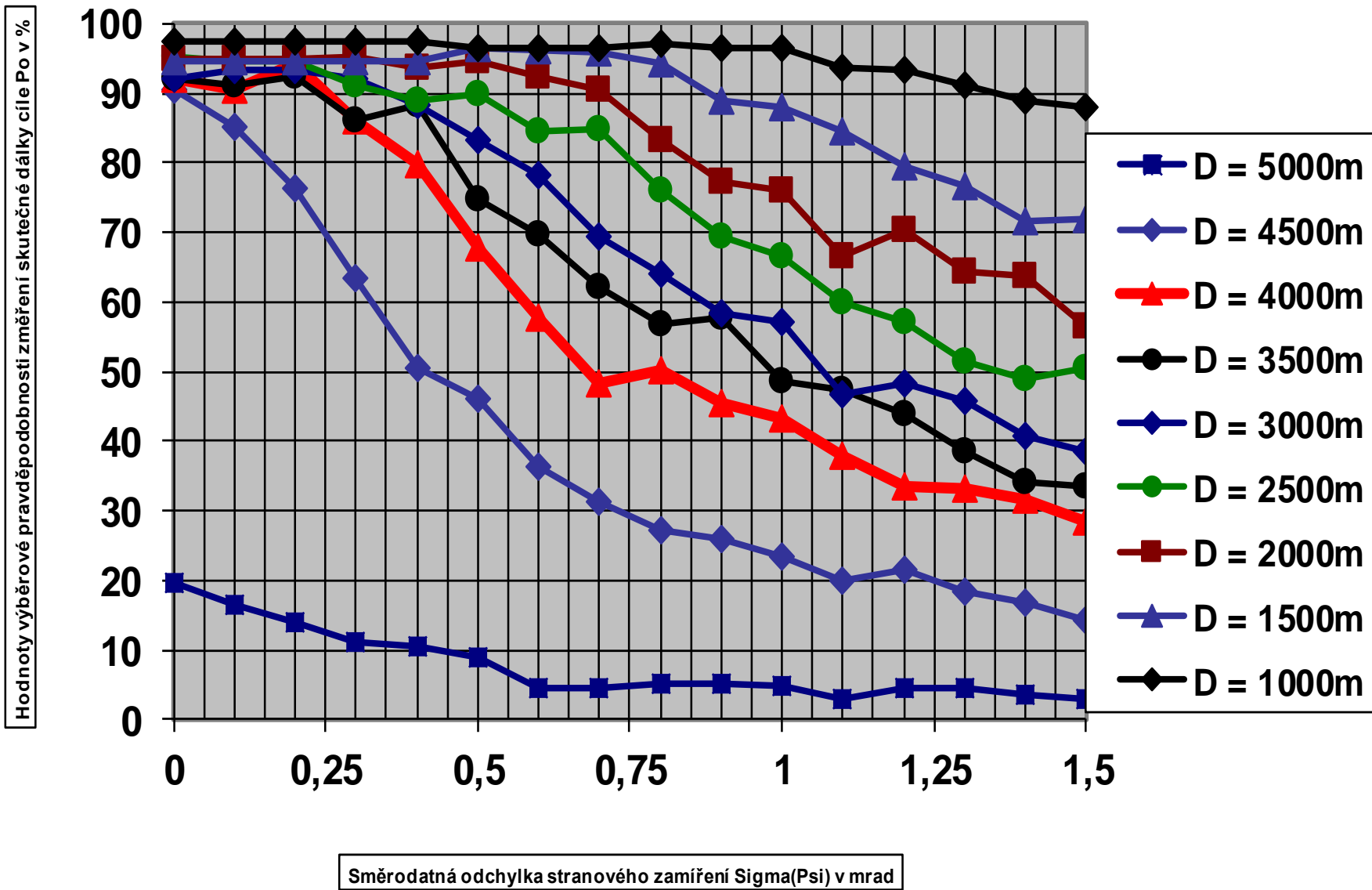
Pasivní Q závěrka



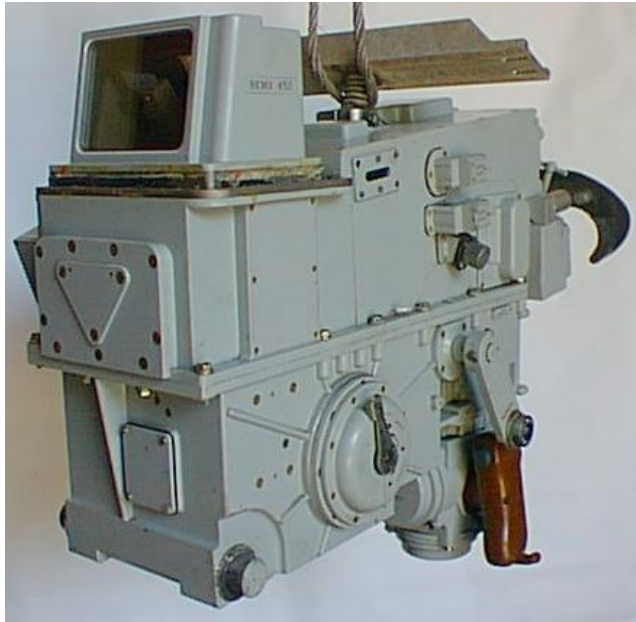
miniaturizace ILD,

- přenosné průzkumné systémy, všechny ZS
- Série impulzů P [MW], τ [ns]
- $\lambda = 1,54 \text{ [\mu m]}$





ILD – OM Q závěrka



TPDK – 1 , tank T72



Dělostřelecký dálkoměr DAK – 2, dosah 8 km



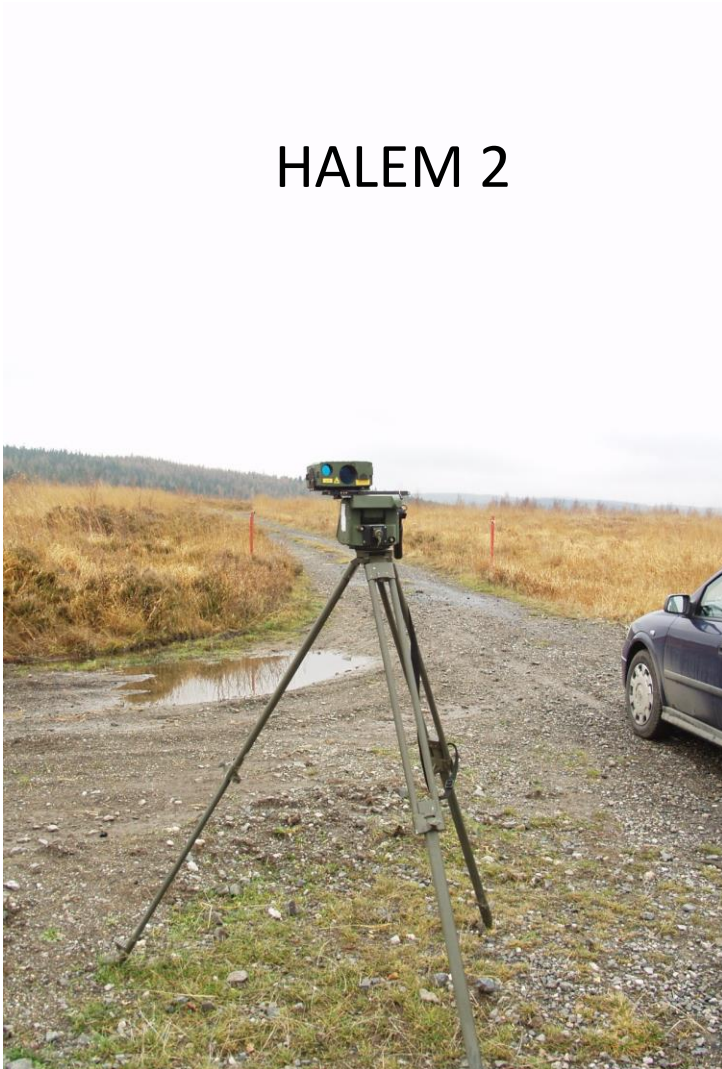
ILD SŘP Kladivo (1983),
Tesla Kolín, Meopta Přerov

ILD – pasivní Q závěrka

$$\lambda = 1,54\mu\text{m}$$

Oku bezpečné

HALEM 2



MOLEM



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

Entfernungsanzeige

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

Dálkoměry s laserovými diodami



Leica vector

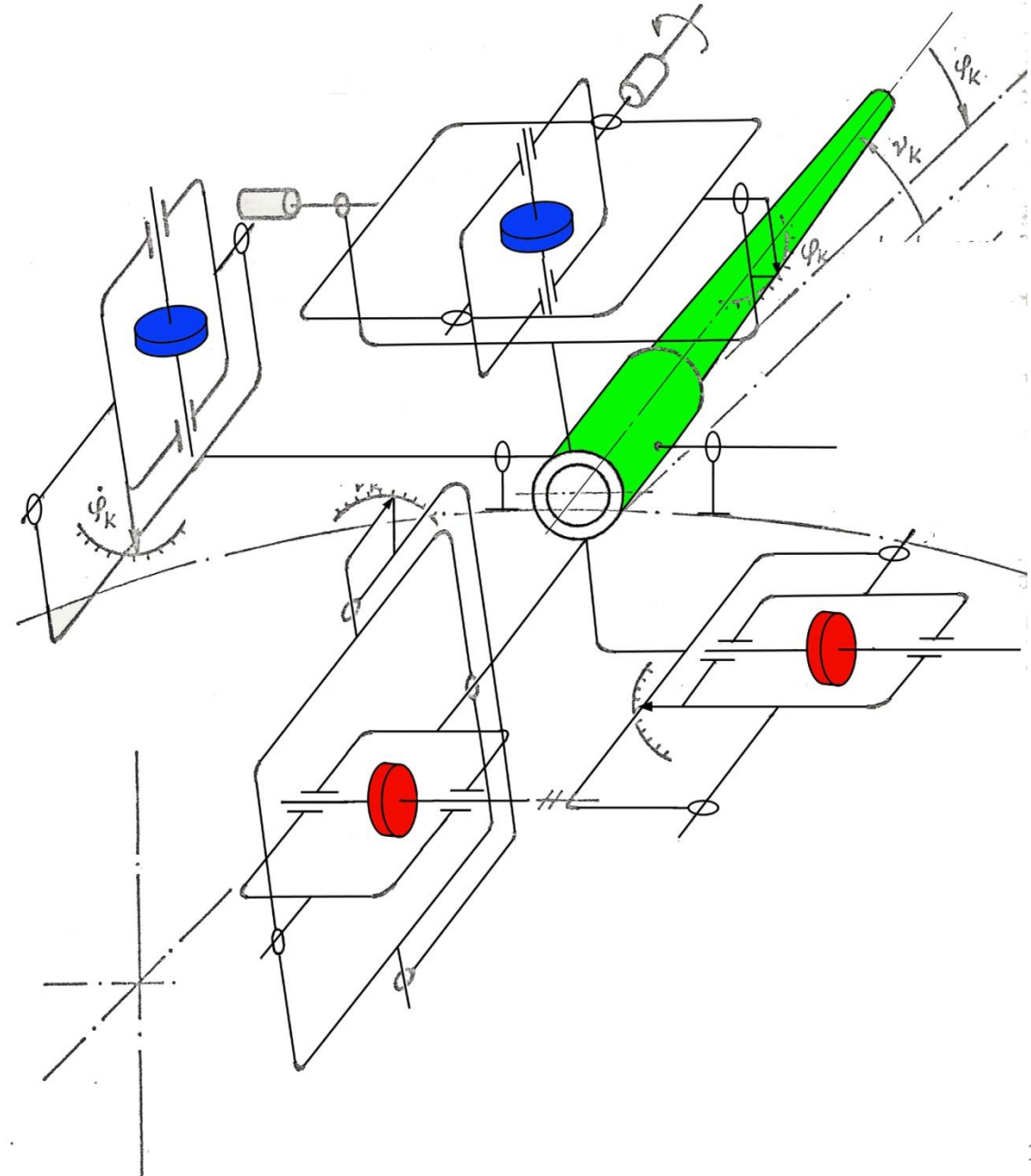
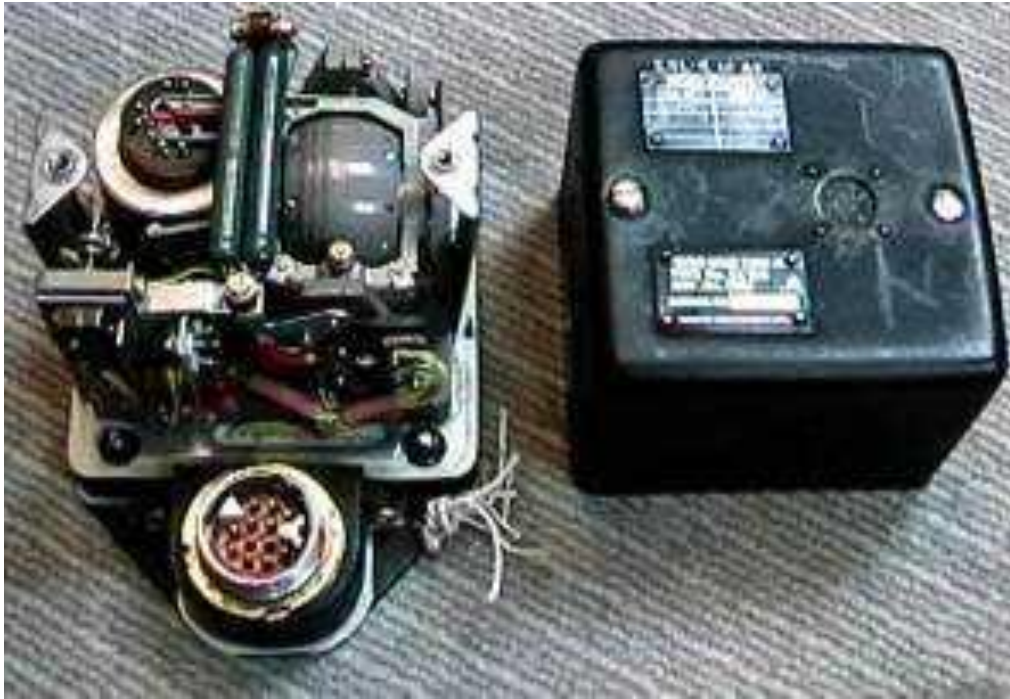


- Rozšířené i u ručních zbraní
- Dosah kolem km
- Proměnná doba vyzařování až 2,5 s
- $\lambda = 850 \text{ nm}$

gyroskopická stabilizace

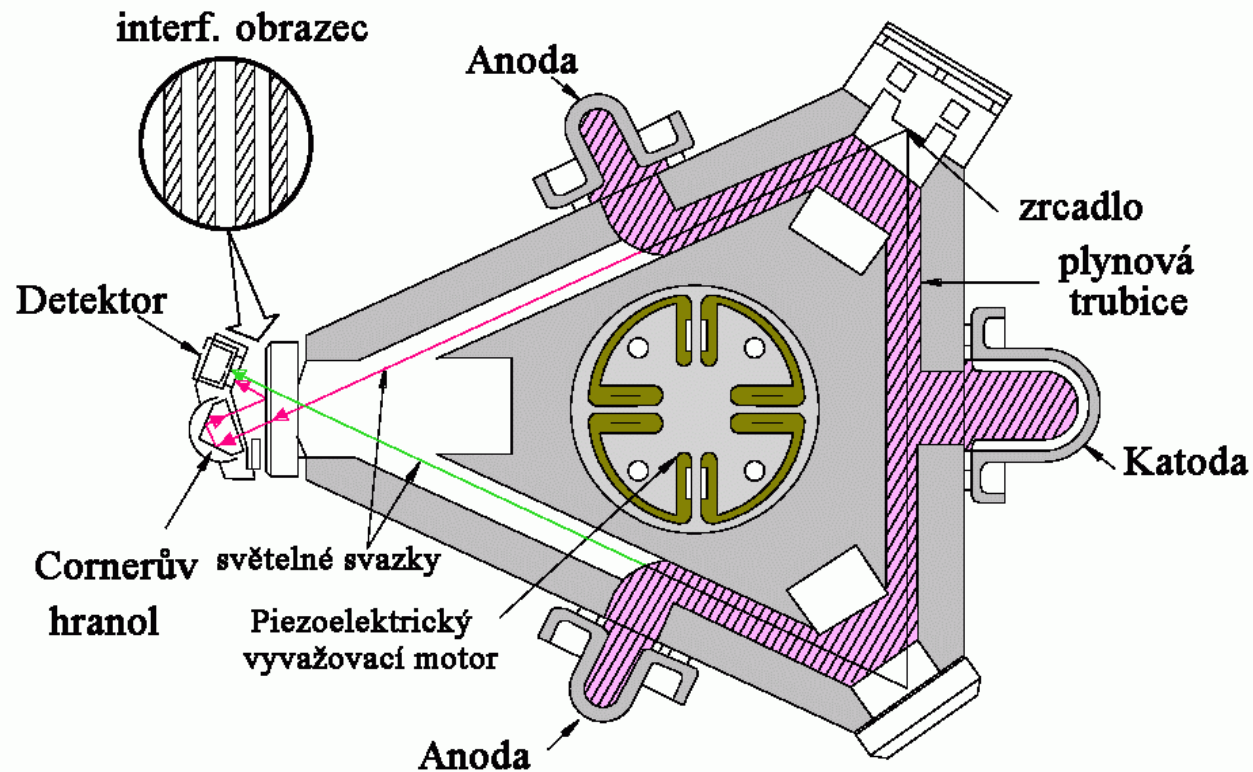
Nevýhody mechanického gyroskopu

- Přesnost pohyblivých částí
 - tření
 - omezená životnost
 - cena
 - environmentální omezení
 - „**velmi vysoké**“ otáčky
- Náročná technologie
- Malá odolnost vůči rázům (výstřelům)

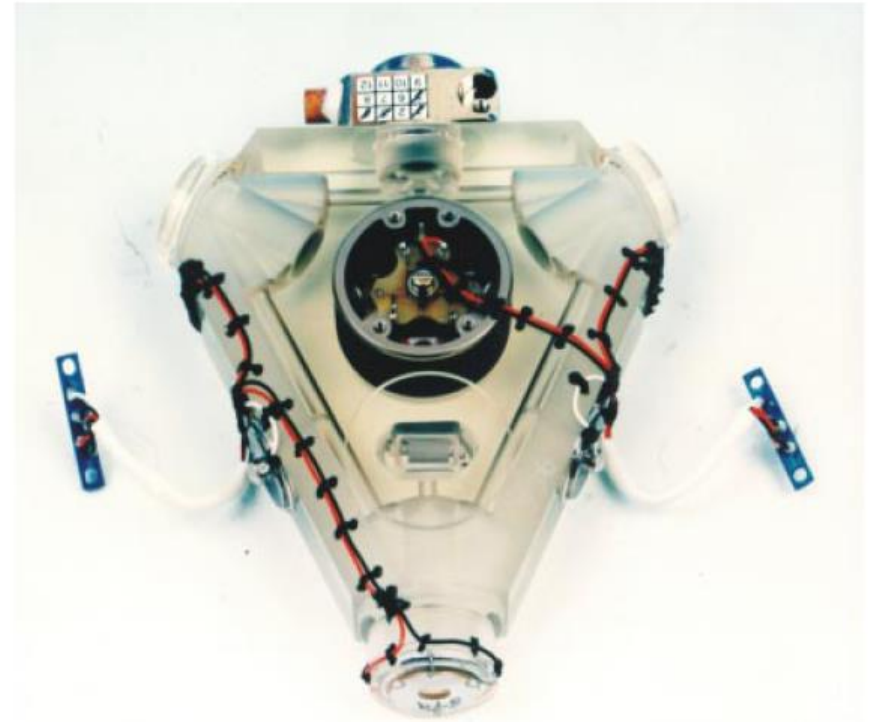


Kruhový laserový gyroskop

- Čtvercový nebo trojúhelníkový rezonátor
- Stojatá laserová vlna
- Dopplerův efekt



(lamp). The discharge provides enough energy to amounts of backscatter, which couples energy

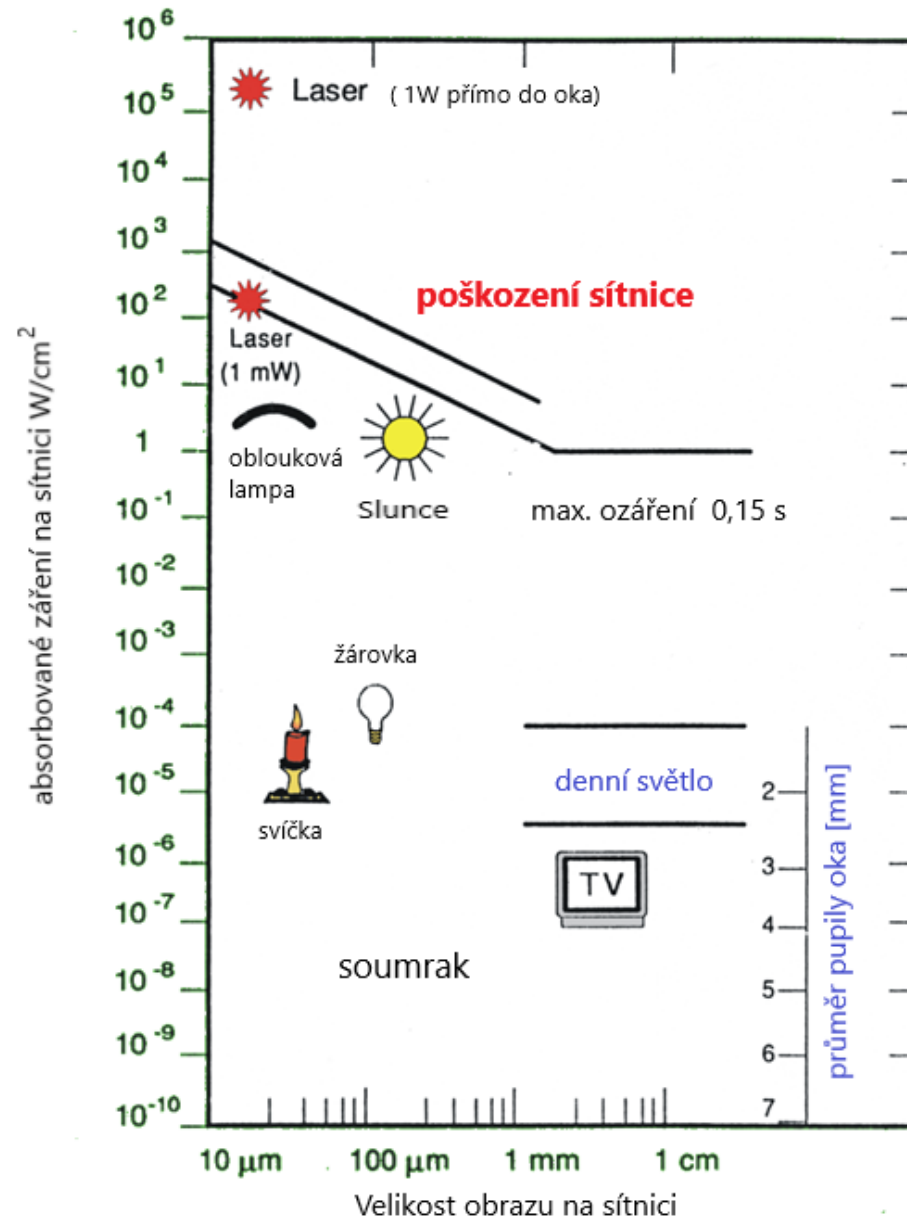


9. Photograph of a ring laser gyroscope.

Aplikace optických gyroskopů a jejich parametry

typ	Rozsah [°/s]	Rozsah stability [ppm]	Kmitání stability [°/h]	Doba přípravy [s]	cena	rozměry	Životnost [rok]
Letecká navigace	100	25	0.01	>300	vysoká	nekritické	>1
Kozmické rakety	10-30	50	0.1	>300	střední	nekritické	>1
Vzduch –země (kozické)	10	~50	0.1-0.001	>300	vysoká	Středné-malé	>1
Torpédo	400	100-500	10-100	-	nízká	Středné-malé	3-5
Vzduch –země (Taktická střela)	100-200	500	0.1	60	Velmi nízká	malé	3-5
Sledovací radar střely země-vzduch	200-500	>1,000	10-50	1/4-10	Nízká až střední	malé	5-10
kanón	>500	-	-	-	Velmi nízká	malé	-

Absorbované záření na sítnici od různých zdrojů



převzato: Laser Technik Hannover

Porovnání žárovky a laseru

Fotopické vidění K = 683 lm/W		skotopické vidění K = 1760 lm/W		
zdroj	Světelný tok Φ [lm]	Ω [sr] prostor. úhel	Svítivost I [cd]	Jas [cd/m ²] r = 1 km
Žárovka 200 W, 2850 K	2500	4π	198,9	$2 \cdot 10^{-10}$
Laser 100 mW, 532 nm, $2\theta = 1$ mrad	58	$7,585 \cdot 10^{-7}$	$76,466 \cdot 10^6$	74

$$K_{532} = 580 \text{ lm/W}$$

$$S_{koule} = 4\pi \cdot r_{koule}^2 = 12\,566\,371 \text{ m}^2, S_{kruh} = \pi \cdot r_{kruh}^2 = 1,57 \text{ m}^2$$

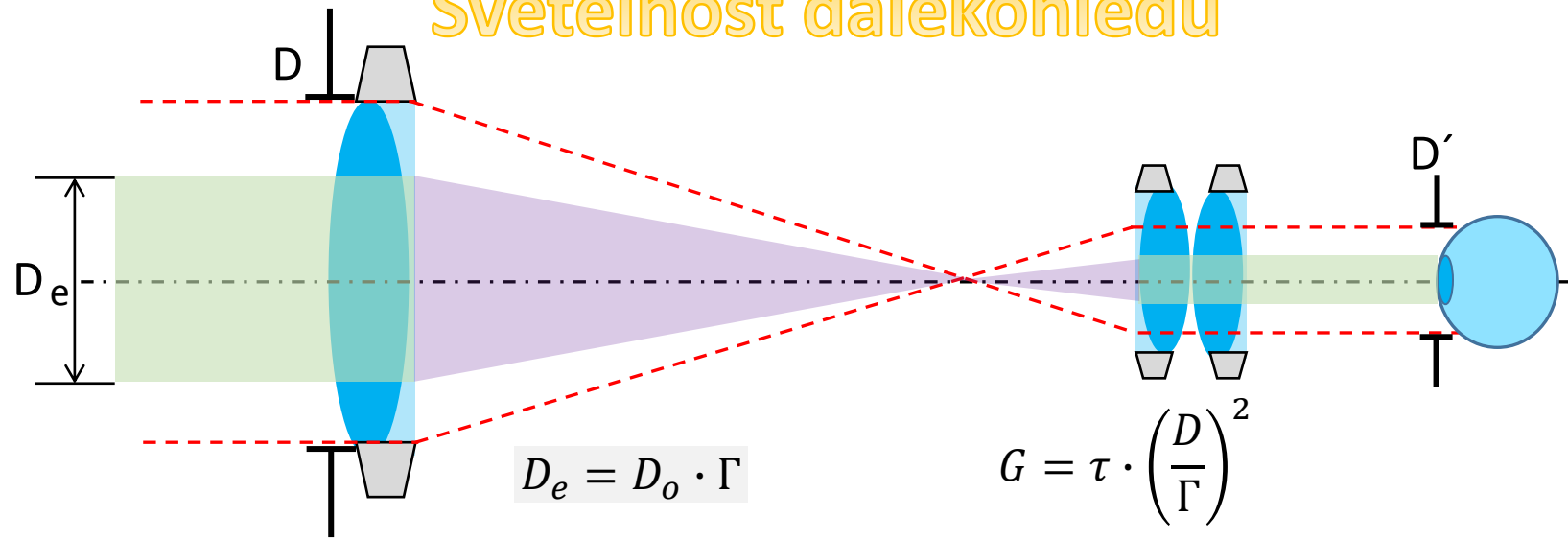
Lumen (lm), světelný tok vyzařovaný do prostorového úhlu 1 sr bodovým zdrojem, jehož svítivost je ve všech směrech 1 cd

Stará definice: světelný tok, který vysílá AČT při teplotě tuhnutí Pt (1768 °C) o velikosti $5,305 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ do celého poloprostoru. (stará def. Vyhovuje výpočtům)

Kandela (cd), je svítivost světelného zdroje, který v daném směru vyzařuje monochromatického záření o frekvenci $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ($\lambda = 555 \text{ nm}$) a jehož zářivost v tomto směru činí $1/683 \text{ W/sr}$.

Od roku 1967 jednotka předefinována jako svítivost $1/600\,000 \text{ m}^2$ povrchu AČT ve směru kolmém k tomuto povrchu při teplotě tuhnutí Pt (1768 °C) při normálním tlaku (101 325 Pa).

Světelnost dalekohledu



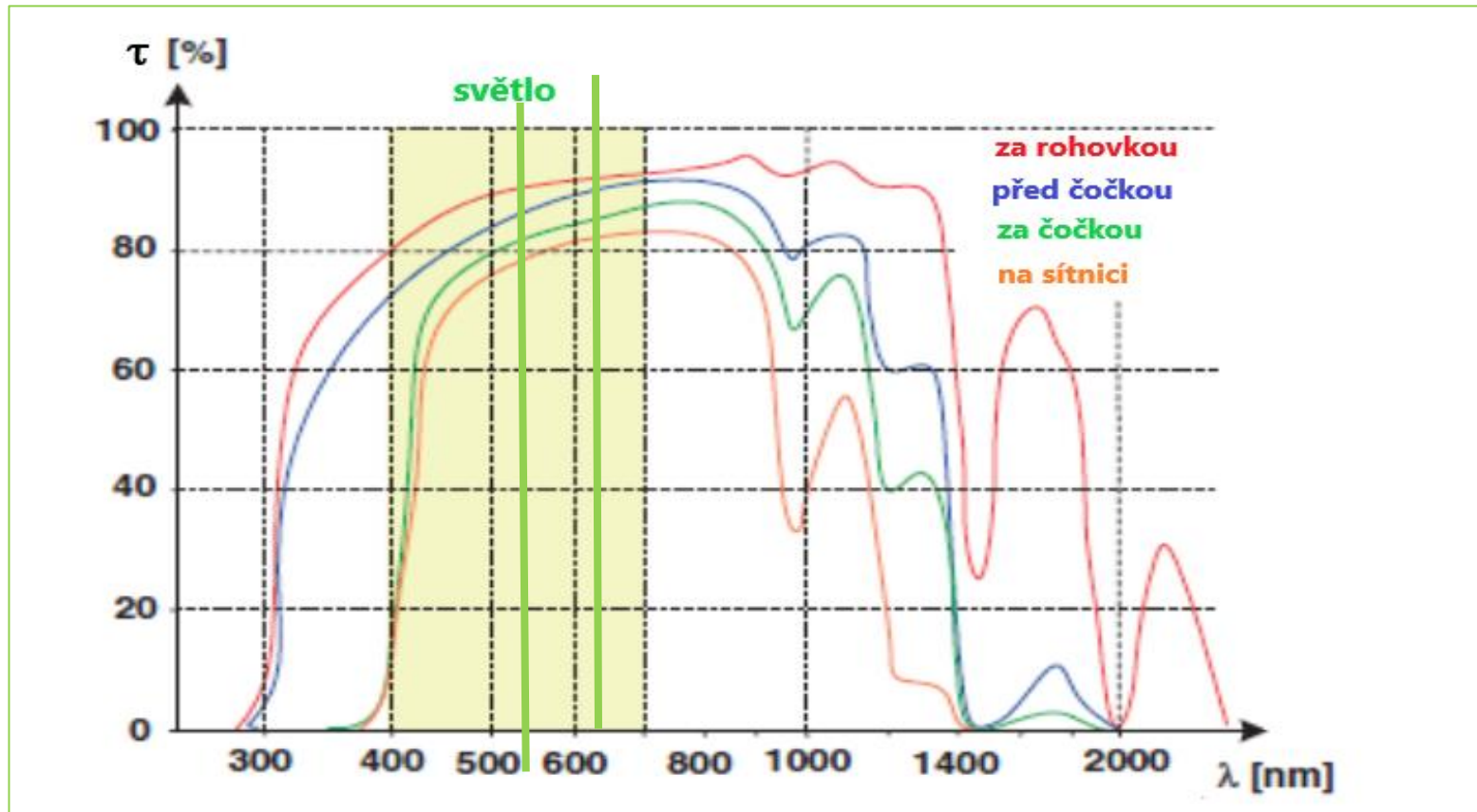
$MPE = 2,54 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2} = 25,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}, D_o = 8 \text{ mm}, t_e = 0,25 \text{ s}$

absorbovaná energie okem bez dalekohledu: $Q_\alpha = MPE \cdot \frac{\pi \cdot D_o^2}{4} \cdot t_e$

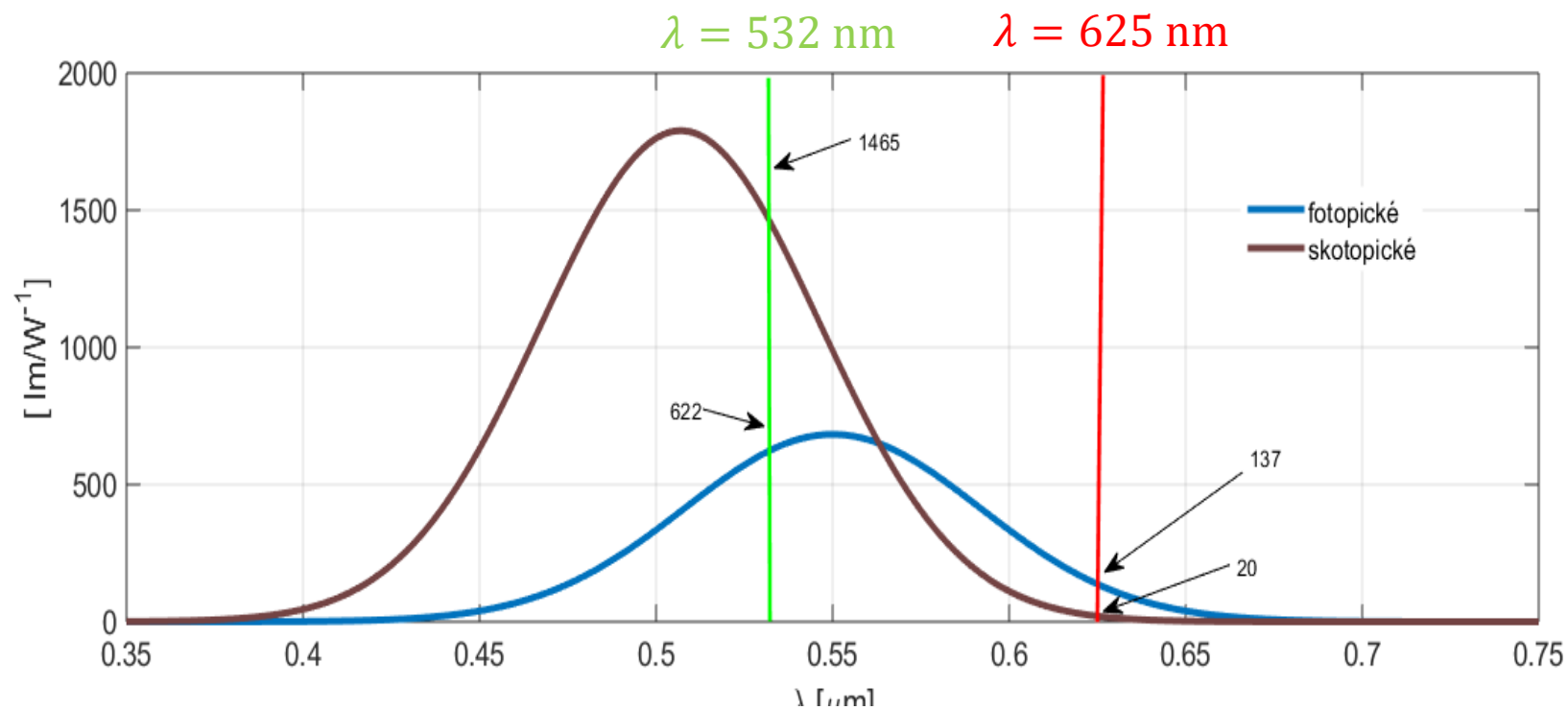
absorbovaná energie okem s dalekohledem: $Q_{\alpha \text{ dal}} = Q_\alpha \cdot G_e$

Dalekohled 8 x 64			
	okem absorbovaná energie Q_α		$k_{n/d}$
	den $D_o = 2 \text{ mm}$	noc $D_o = 8 \text{ mm}$	
oko	19,99 μJ	0,319 mJ	15,95
oko + dalekohled	68,9 μJ	18,37 mJ	266,62
$k_{dal/oko}$	3,26	57,58	

Transmittance opt. záření lidským okem



Průběh spektrální citlivosti oka –
ozáření zeleným a červeným laserem $P = 1W$



$$\varphi_{\text{fot}} = \frac{\Phi_{532}}{\Phi_{630}} = \frac{622}{137} = 4,5$$

$$\varphi_{\text{skot}} = \frac{\Phi_{532}}{\Phi_{630}} = \frac{1468}{20} = 73,4$$

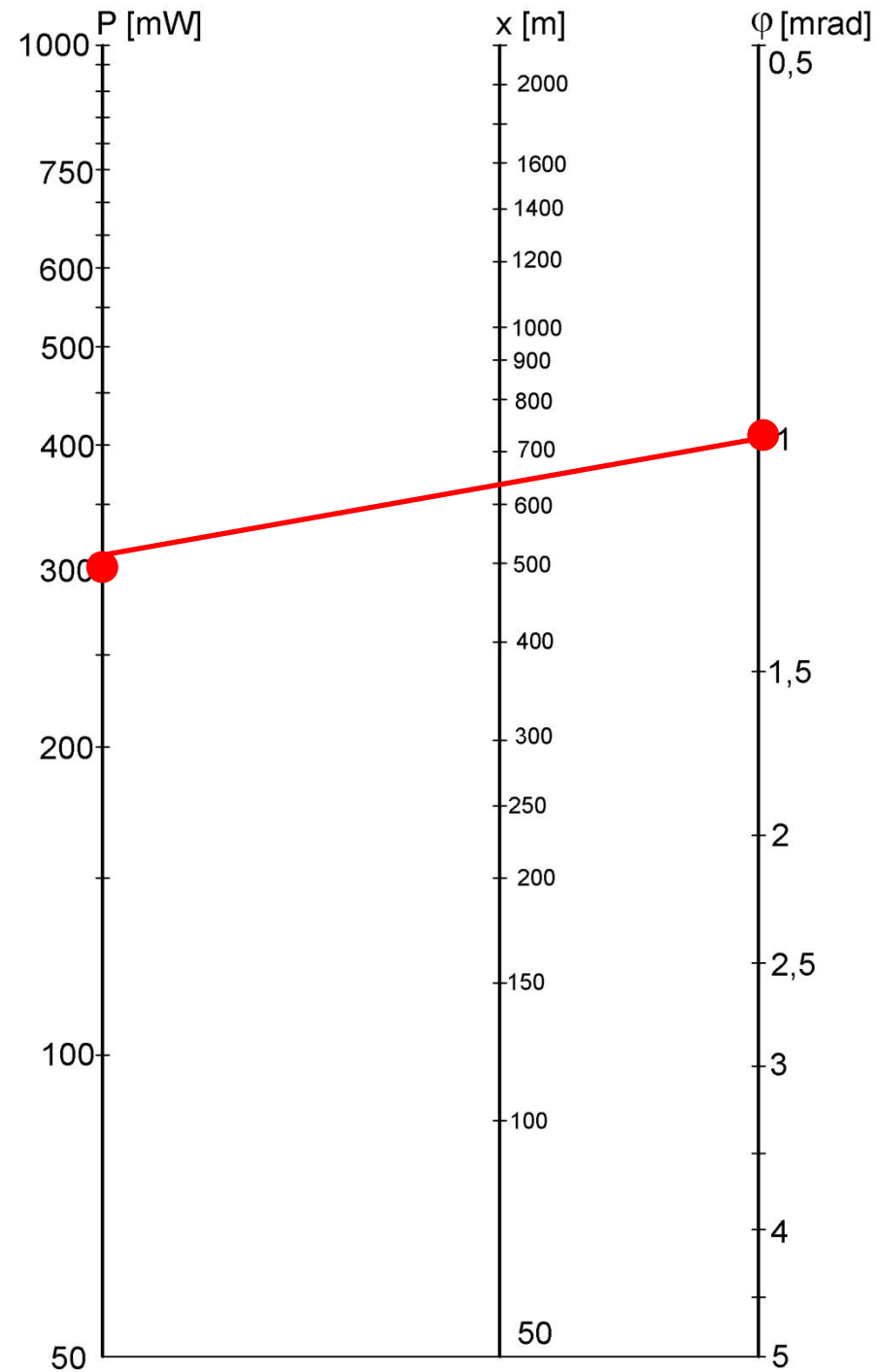
Expoziční limity osvětlení a odpovídající ozáření laserem pro různé vizuální efekty podle ANSI Z136.6 (2005, Table 5).

Vizuální efekt	ozáření limit [W · cm ⁻²]	Osvětlení limit [lx]
Poškození oka	2.5×10^{-3}	17000
Afterimages, oslepení	1×10^{-4}	680
oslnění	5×10^{-6}	34
Rušivé osvětlení, distraction	5×10^{-8}	0,34

Oslepení – následné obrazy

$$MPE = 100\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} = 1\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$P = 300\text{mW}, \varphi = 1\text{mrad}$$



Experiment VVP Jince - přesnost navedení



Poškození oka laserem 10,6 μm P = 30 W (UO Brno





Poškození oka laserem 10,6 μm P = 30 W, doba expozice 1s

