

# BEZPEČNOST PRÁCE S LASEROVÝM ZÁŘENÍM

Ing. Josef Beran

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

the art of  
optical  
communication



Osnova

the art of  
optical  
communication

- 1 Působení laserového záření
- 2 Všeobecné zásady laserové bezpečnosti
- 3 Bezpečnost komunikačních systémů s optickými vlákny
- 4 Bezpečnost komunikačních systémů volným prostorem
- 5 Bezpečnost práce s optickými vlákny

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

www.profiber.eu

## Legislativa a normy



the art of  
optical  
communication

- **Nařízení vlády** ze dne 12. prosince 2007 o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, 1/2008 Sb, **novelizace Nařízením vlády ze dne 3. listopadu 2015 - 291/2015 Sb.**
- ČSN EN 60825-1 ed. 2: 2008  
Bezpečnost laserových zařízení Část 1: Klasifikace zařízení a požadavky
- ČSN EN 60825-2 ed. 2: 2011  
Bezpečnost laserových zařízení Část 2: Bezpečnost komunikačních systémů s optickými vlákny
- ITU-T Recommendation G.664:2006  
„Optical safety procedures and requirements for optical transport systems“
- A další dokumenty/normy...

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

www.profiber.eu

## Legislativa a normy



the art of  
optical  
communication

### Zákon o ochraně veřejného zdraví

#### Bezpečnost práce s lasery

Neionizující záření

- § 35
- (1) Neionizujícím zářením se pro účely tohoto zákona rozumí elektrická a magnetická pole a **elektromagnetické záření o frekvenci do 1,7.10<sup>15</sup> Hz.**
- (2) **Osoba, která používá, popřípadě provozuje** stroj nebo zařízení, které je zdrojem neionizujícího záření včetně laserů (dále jen "zdroj neionizujícího záření"), **je povinna**
  - a) činit taková **technická a organizační opatření**, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem **nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření**,
  - b) při zjišťování a hodnocení expozice fyzických osob a úrovně neionizujícího záření **postupovat způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem**,
  - c) **před zahájením používání nebo provozu** zdroje neionizujícího záření veřejné telekomunikační sítě v obytné zástavbě **vypracovat dokumentaci**, ve které bude doloženo **výpočtem nebo měřením dodržení nejvyšších přípustných hodnot** neionizujícího záření z hlediska možné expozice fyzických osob, a předložit tuto dokumentaci příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví,
  - d) v případech stanovených prováděcím právním předpisem **označit výstrahou místa** (oblasti, pásma), ve kterých expozice osob neionizujícímu záření může překročit nejvyšší přípustné hodnoty.
- (3) Pokud **dojde k zavádění zdroje** neionizujícího záření, která by mohla vést k expozici fyzických osob překračující nejvyšší přípustné hodnoty, osoba, která zdroj neionizujícího záření používá, popřípadě provozuje, jeho **provoz neprodleně zastaví**. Tím nejsou dotčeny její povinnosti podle zvláštních právních předpisů.

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

www.profiber.eu



- IEC 60825-1:2014 is applicable to **safety of laser products emitting laser radiation in the wavelength range 180 nm to 1 mm**. A laser product may consist of a single laser with or without a separate power supply or may incorporate one or more lasers in a complex optical, electrical, or mechanical system. Typically, laser products are used for demonstration of physical and optical phenomena, materials processing, data reading and storage, transmission and display of information, etc. Such systems have found use in industry, business, entertainment, research, education, medicine and consumer products. **Laser products that are sold to other manufacturers for use as components of any system for subsequent sale are not subject to IEC 60825-1, since the final product will itself be subject to this standard.** Laser products that are sold by or for manufacturers of end products for use as repair parts for the end products are also not subject to IEC 60825-1. However, if the laser system within the laser product is operable when removed from the end product, the requirements of this Part 1 apply to the removable laser system.

## INTERNATIONAL STANDARD

## IEC 60825-1

Edition 1.2  
2001-08

Edition 1:1993 consolidated with amendments 1:1997 and 2:2001

GROUP SAFETY PUBLICATION

Safety of laser products –

Part 1:  
Equipment classification, requirements  
and user's guide

Sécurité des appareils à laser –

Partie 1:  
Classification des matériels, prescriptions  
et guide de l'utilisateur



Reference number  
IEC 60825-1:1993+A1:1997+A2:2001

The **objectives of this part of IEC 60825** are:

- to introduce a **system of classification of lasers and laser products** emitting radiation in the **wavelength range 180 nm to 1 mm** according to their degree of optical radiation hazard in order to aid hazard evaluation and to aid the determination of user control measures;
- to **establish requirements for the manufacturer** to supply information so that proper precautions can be adopted;
- to ensure, through labels and instructions, **adequate warning** to individuals of hazards associated with **accessible radiation from laser products**; and
- to **reduce the possibility of injury by minimizing unnecessary accessible radiation** and to give improved control of the laser radiation hazards through protective features. This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:
  - a **new class, Class 1C**, was introduced;
  - the measurement condition 2 ("eye loupe" condition) was removed;
  - a classification of the emission of laser products below a certain radiance level that are intended to be used as replacement for conventional light sources can, as an option, be based on the IEC 62471 series;
  - and the accessible emission limits (AELs) for Class 1, 1M, 2, 2M and 3R of pulsed sources, particularly of pulsed extended sources, were updated to reflect the latest revision of the ICNIRP guidelines on exposure limits (accepted for publication in Health Physics Journal 2013, see also www.icnirp.org). The contents of the **Interpretation sheet 1 and 2 of December 2017** have been included in this copy.



- Provides requirements and **specific guidance for the safe operation and maintenance of optical fibre communication systems (OFCS)**. In these systems optical power may be accessible outside the confinements of transmitting equipment or at great distance from the optical source. This Part 2 requires the assessment of hazard levels at accessible locations as a replacement for classification according to IEC 60825-1. **It applies to the complete installed end-to-end OFCS**, including its components and subassemblies that generate or amplify optical radiation. **Individual components and subassemblies** that are sold only to OEM vendors for incorporation into a complete installed end-to-end OFCS **need not be assessed to this standard**, since the final OFCS should itself be assessed according to this standard. The **objective of this Part 2 of IEC 60825** is to:
  - **protect people from optical radiation** resulting from OFCS;
  - **provide requirements** for manufacturers, installation organizations, service organizations and operating organizations in order to establish procedures and supply information **so that proper precautions can be adopted**;
  - ensure **adequate warnings are provided** to individuals regarding the potential hazards associated with OFCS through the **use of signs, labels and instructions**.
- The contents of the interpretation sheet 1 of April 2008 and 2 of **June 2018** have been included in this copy.

© IEC 2004 — Copyright — all rights reserved  
No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.  
International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11. Telex: +41 22 919 03 00. E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch). Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



American National Standard

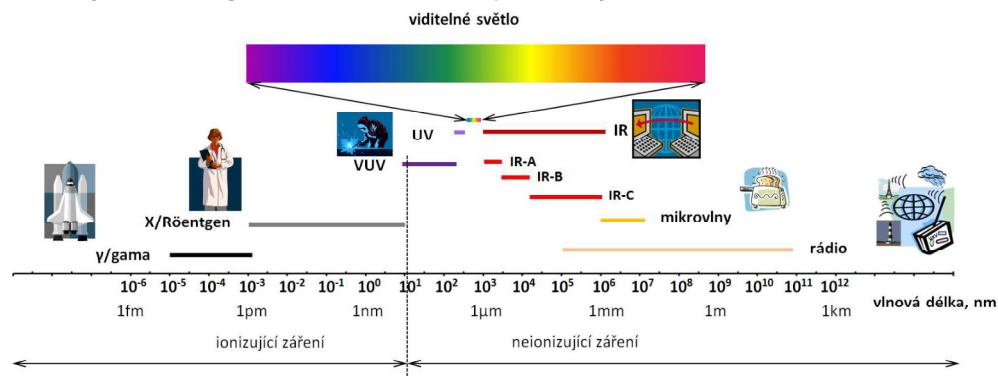
ANSI Z136.2 – 2012

American National Standard  
for Safe Use of Optical Fiber  
Communication Systems Utilizing  
Laser Diode and LED Sources



- Provides ANSI Z136.1 - Safe Use of Lasers
- ANSI Z136.2 - Safe Use of Optical Fiber Communication Systems Utilizing Laser Diode and LED Sources**
- ANSI Z136.3 - Safe Use of Lasers in Health Care
- ANSI Z136.4 - Recommended Practice for Laser Safety Measurements
- ANSI Z136.5 - Safe Use of Lasers in Educational Institutions
- ANSI Z136.6 - Safe Use of Lasers Outdoors
- ANSI Z136.7 - Testing and Labeling of Laser Protective Equipment
- ANSI Z136.8 - Safe Use of Lasers in Research, Development, or Testing

- Vše je elektromagnetické záření, teoreticky neexistují hranice ani nahoru ani dolů...



- Vše jsou fotony, nízké frekvence spíše vlny, vysoké frekvence spíše částice.
- Existují nepřímé důkazy, že z vesmíru přilétají i fotony s energií odpovídající pingpongovému míčku.

- Od 100 nm do 1 mm** ( $3 \cdot 10^{11}$  Hz do  $1,7 \cdot 10^{15}$  Hz)
- Ultrafialové UV:** 100 nm do 400 nm (1 nm = 0,000 000 001 m)
  - UV-A: 315 nm – 400 nm
  - UV-B: 280 nm – 315 nm
  - UV-C: 100 nm – 280 nm
- Viditelné VIS:** 380 nm (fialová) – 780 nm (červená)
- Infračervené IR:** 780 nm – 1 mm (tj. 1 000 000 nm)
  - IR-A: 780 nm – 1400 nm, také NIR
  - IR-B: 1400 nm – 3000 nm
  - IR-C: 3000 nm – 1 000 000 nm

- UV-A, UV-B a UV-C: 100 nm až 400 nm (nebo 390 nm nebo 380 nm).

UV-A	400 nm – 315 nm	Není blokováno ani atmosférou, ani sklem (pouze speciální solární fólie).
UV-B	315 nm – 240 nm	Část blokováno atmosférou, část okenním sklem.
UV-C	240 nm – 100 nm	Nebezpečné vysokoenergetické záření, pohlceno ozónovou vrstvou, na zemský povrch nedopadá.

- Mezi UV-C a roentgenovým zářením je ještě VUV/EUV (Vacuum UV 200 až 10 nm, nebo také Extreme UV 121 až 10 nm).
- Použití: UV litografie, výroba optických vláknových mřížek FBG, v optických komunikacích toto záření naštěstí nepotkáme.

- IR-A, IR-B a IR-C: 760 nm až 1 000 000 nm (tj. 1000 μm neboli 1 mm).

IR-A (NIR)	760 nm – 1400 nm	850 nm, 1310 nm (CWDM).
IR-B	1400 nm – 3000 nm	Do 1650 nm, zejména 1530 – 1550 nm CWDM a DWDM. Zkoumají se systémy v oblasti 2000 nm (nová vlákna, bezpečnější lasery).
IR-C	3 μm – 1000 μm	Běžně se v telko světě nesetkáme.

- Běžně se setkáme s telekomunikačními lasery v oblastech:
- 850 nm (mnohovidové transceivery).
- 1310 nm (mnohovidové a jednovidové transceivery, případně zesilovače).
- 1550 nm (jednovidové systémy, běžně zesilovače EDFA).
- případně také 1450 nm (ramanovské zesilování signálu).

## Působení laserového záření na lidský organizmus

- Proč je laserové záření nebezpečné?
- V přírodě se tento typ záření nevyskytuje!
- Působení na oko (velké nebezpečí).
- Působení na pokožku.

## Působení laserového záření na lidský organizmus

Proč je laserové záření nebezpečné?

- Úzká spektrální čára (jedna barva).
  - soustředění na bod
  - selektivní ovlivňování molekul
- Malá rozbíhavost svazku.
  - lepší soustředění energie
  - na (hodně) velkou vzdálenost

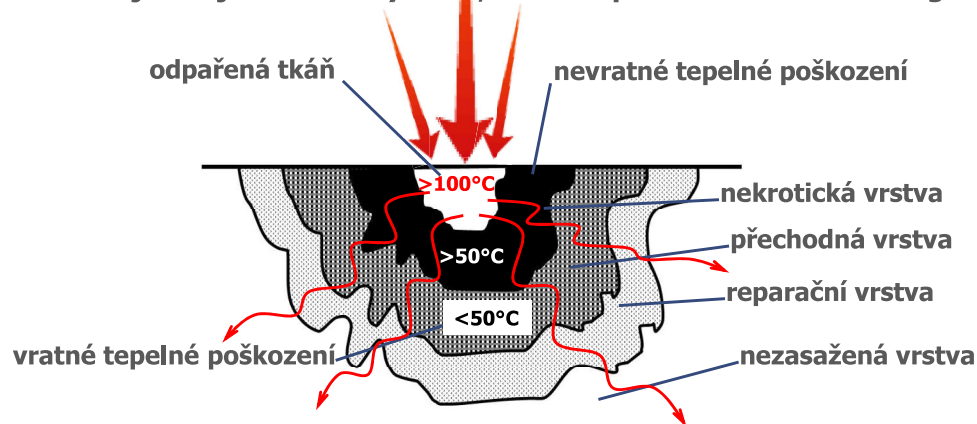
Mechanismus působení	Druh záření nebo pole	Riziko poškození zdraví
Změny struktury molekul a chemické procesy spouštěné absorpcí kvant záření (netepelné působení)	UV VIS	Nemoc/poranění povrchu oka a pokožky, zánět spojivek, snížení citlivosti sítnice, porušení barvocitu
Zrychlení neuspořádaného pohybu molekul při absorpci záření (tepelné působení)	VIS <b>IR</b>	Tepelné <b>poškození sítnice</b> , zákal čočky

## Působení fotochemické a biostimulační

- Účinek protizánětlivý: nízkoenergetický laser aktivuje přirozené reparační procesy, kterými organismus reaguje na probíhající zánět. Zvyšuje se aktivita buněk (např. bílé krvinky).
- Účinek stimulační: aktivuje enzymy v mitochondriích.
  - pro biochemiky a lékaře: zvyšuje se koncentrace ATP a ADP (a také AMP)
- Zvýšení mikrocirkulace a tedy zrychlení metabolismu.

## LASER

- **Fotodynamická terapie pro odstranění nádorů.**
  - nejčastěji do hloubky 1 cm, ale lze aplikovat i na vnitřní orgány



- **Fotodynamická terapie pro odstranění nádorů**
  - Nejčastěji do hloubky 1 cm ale lze aplikovat i na vnitřní orgány



Pacient s nádorem.

Do těla je vpravena vhodná látka, která se koncentruje v nádoru.

Látka je fotochemicky aktivována.

Nádor je selektivně zničen.

## Působení záření dle spektrální oblasti

### UV

- zánět rohovky
- fotochemický šedý zákal

### VIS

- **poškození sítnice**
- fotochemické a tepelné poškození rohovky

### IR

- šedý zákal, **spálení sítnice** (780 - 1400 nm, tedy **850 nm a 1310 nm!**)
- zkalení rohovky, šedý zákal (1400 - 3000 nm)
- spálení rohovky (3 μm - 1 mm)

## Působení záření dle spektrální oblasti

### IR

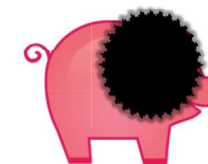
- šedý zákal, **spálení sítnice** (780 - 1400 nm, tedy **850 nm a 1310 nm!**)
- zkalení rohovky, šedý zákal (1400 - 3000 nm)
- spálení rohovky (3 μm - 1 mm)
- kupodivu telko limity jsou pro oblast do 1400 nm vyšší než nad 1400 nm



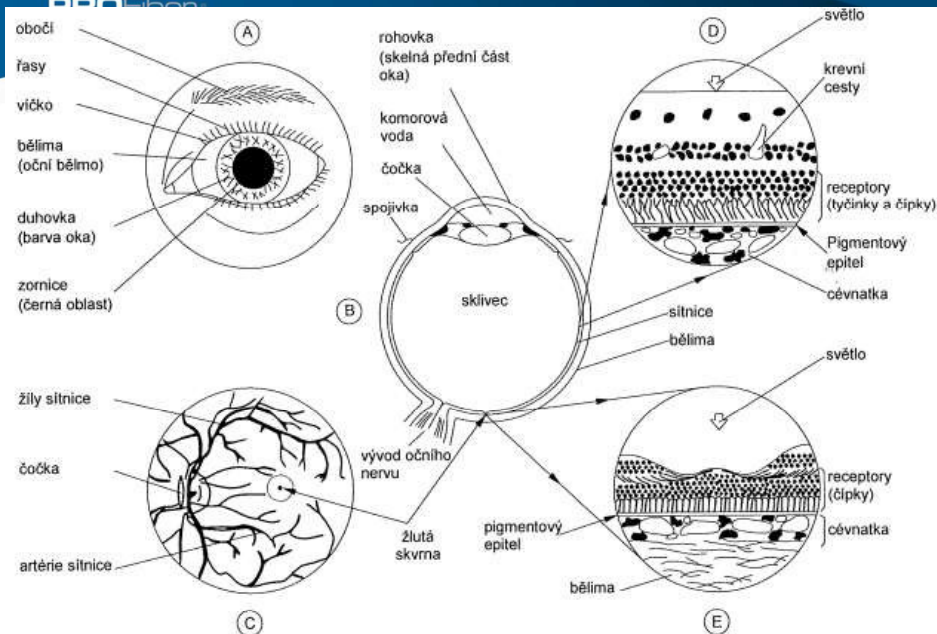
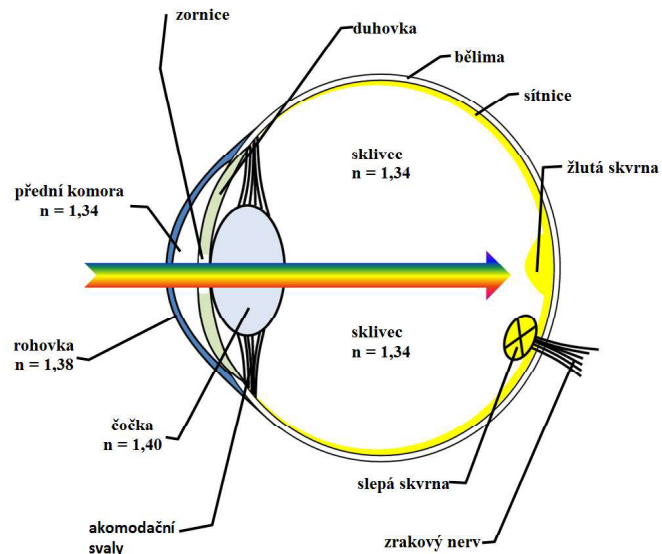
normální obraz



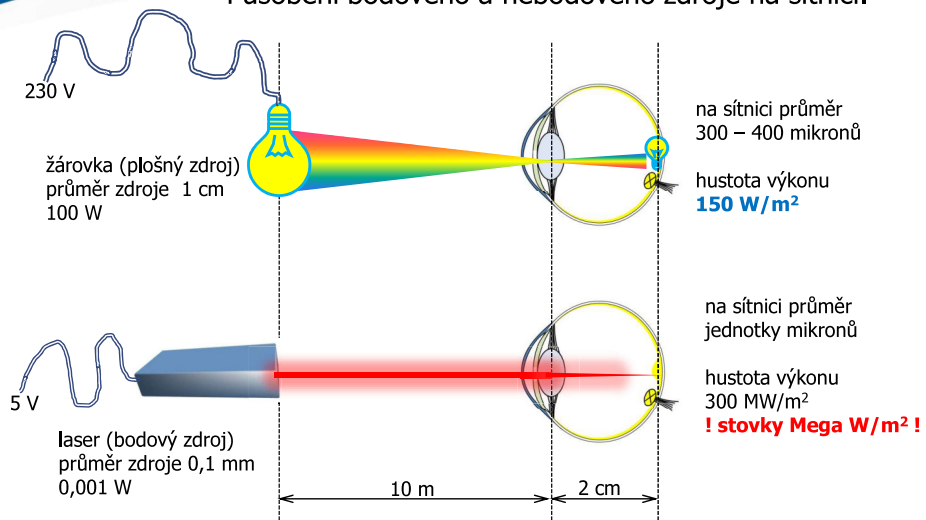
poškozená rohovka/čočka



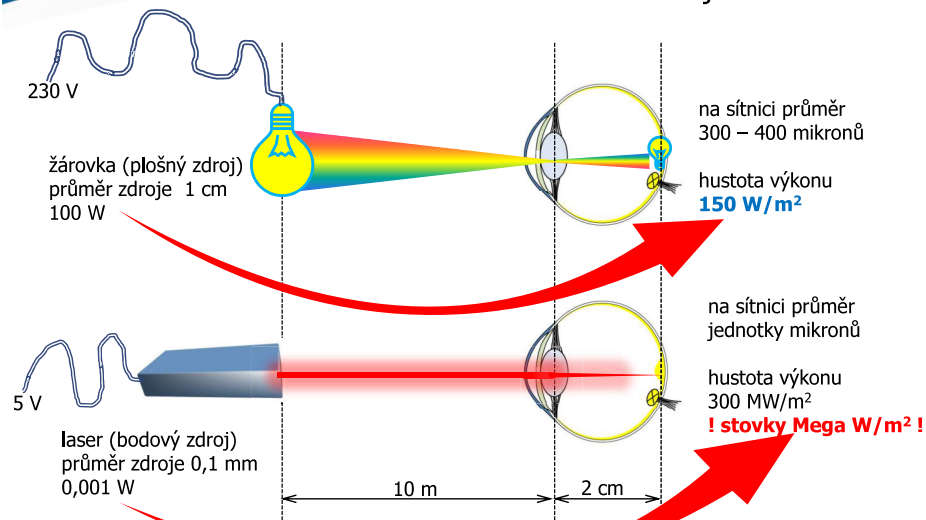
poškozená sítnice

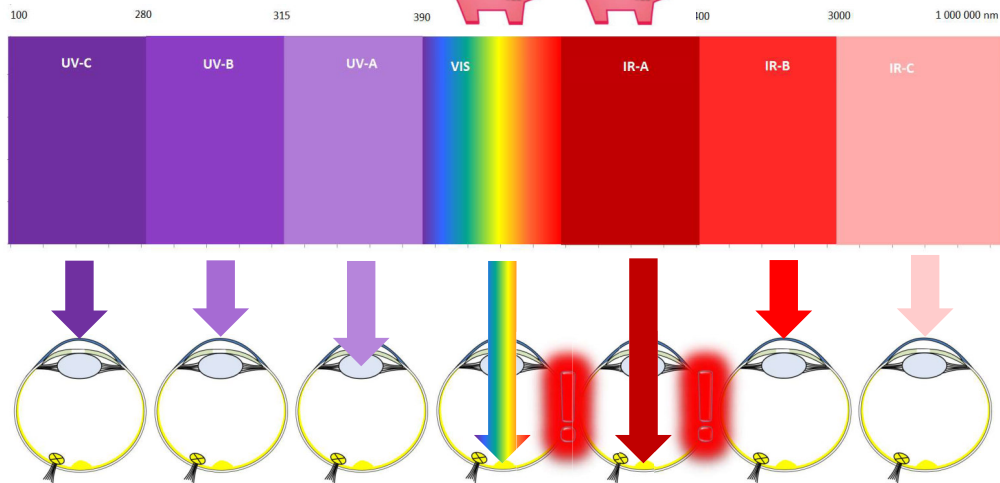


## Působení bodového a nebodového zdroje na sítnici.

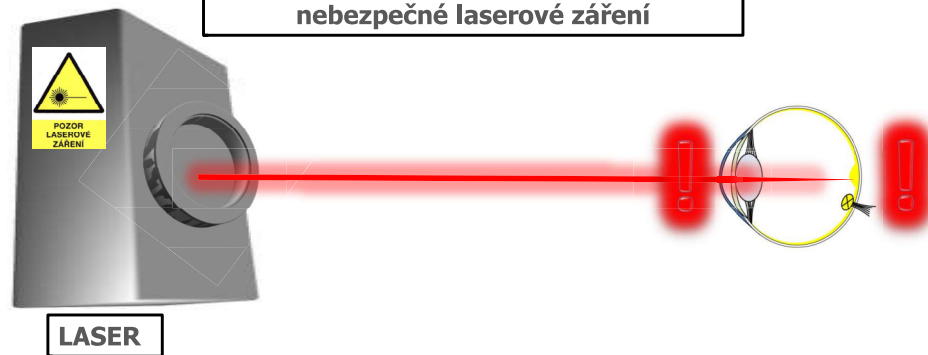


## Působení bodového a nebodového zdroje na sítnici.



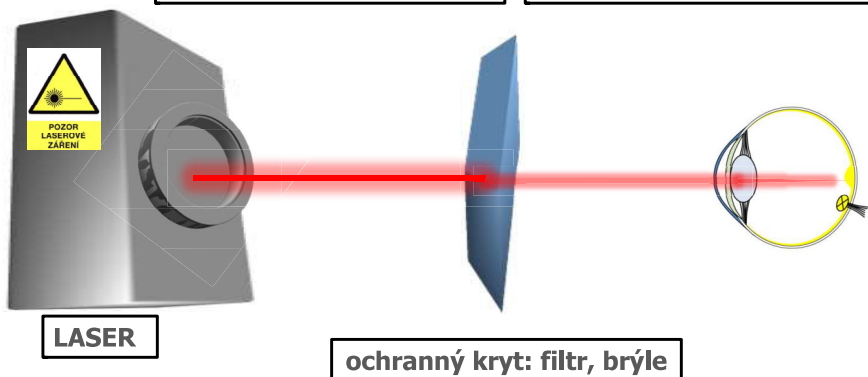


nebezpečná oblast  
nebezpečné laserové záření

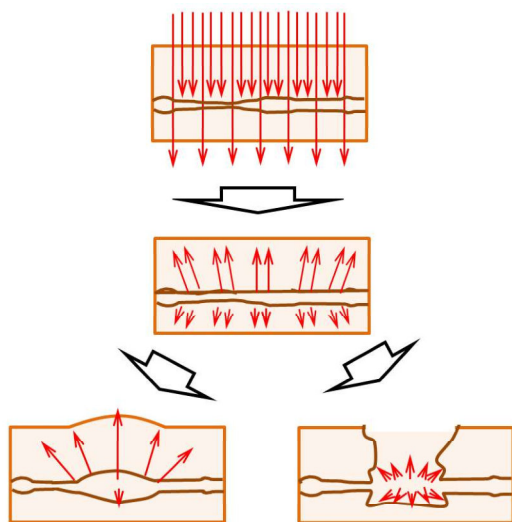


nebezpečná oblast

bezpečná oblast



- Pokožka je odolnější než oko
  - Spektrální závislost poškození:
    - UV (opálení, zrychlené stárnutí kůže, zvýšená pigmentace)
    - VIS (fotosensitivní reakce, spálení kůže)
    - IČ (spálení kůže)
- AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ © www.profiber.eu



- **Třída 1** - lasery, které jsou bezpečné za přiměřeně předvídatelných podmínek PPP; nevyžadují bezpečnostní opatření.
- **Třída 1M** - stejně jako 1, může být nebezpečný při použití optických přístrojů (mikroskop, čočka).
- **Třída 2** - lasery o nízkém výkonu vyzařující viditelné záření (400 - 700 nm), bezpečnost je zajištěna fyziologickými reakcemi oka včetně mrkacího reflexu.
- **Třída 2M** - stejně jako 2, může být nebezpečný při použití optických přístrojů (mikroskop, čočka).
- **Třída 3R** - lasery, u kterých přímé sledování uvnitř svazku může být nebezpečné (limit = 5 x limit pro třídu 2 nebo 1).

- **Třída 3B** - lasery o středním výkonu, při kterých je nebezpečný přímý pohled do svazku i do zrcadlového odrazu.
- **Třída 4** - lasery velkých výkonů, nebezpečné nejen pro oko, ale i kůži, je nebezpečné přímé ozáření a také zrcadlový a difuzní odraz (od matných povrchů).

Třída 1 Bez ohrožení oka a pokožky.	Třída 3R Limit 5x 1 nebo 2, (tedy 5 mW pro VIS), bezpečné při chvilkovém ozáření.
Třída 1M (302,5 nm to 4000 nm) Svazek s velkým průměrem nebo divergencí. Ne optické pomůcky!	Třída 3B Limit 500 mW pro kontinuální režim (CW). Pulzy od 400 do 700 nm je limit 30 mJ.
Třída 2 VIS do 1 mW, pomůže mrkací reflex.	Třída 4 Nad limity třídy 3B.
Třída 2M VIS do 1 mW, svazek s velkým průměrem nebo divergencí. Ne optické pomůcky!	<i>Třída 1C - novinka</i> <i>Lasery aktivní pouze po přiložení na pokožku. Nás nezajímá.</i>

Pulzní režim obecně dosti komplikovaný, záleží na době trvání pulzu a parametrech laseru. Limity se mění (zpršňují).



**Důležitá je maximální přípustná dávka ozáření MPE**  
(Maximum Permissible Exposure).

**Nebezpečí laseru ovlivňuje:**

- vlnová délka záření
- doba trvání impulsu záření
- velikost obrazu (stopy)
- intenzita ozařování
- dávka ozáření
- rozbíhavé svazky
  - limit 1M může být větší než pro 3R

**Dle nařízení vlády musí být popsána/o:**

- vlnová délka
- režim generace (spojitý, impulzní)
- průměr svazku a rozbíhavost
- největší zářivý tok (pro spojitý režim)
- zářivá energie v jednom impulsu, trvání impulsu a opakovací frekvence (pro impulzní režim)
- zařazení laseru do třídy (1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4)
- důvěřujeme výrobcí a nepočítejme MPE a AEL sami
  - nebo to samozřejmě můžeme zkusit ale je to pracné a otázka zda to k něčemu bude...

- **Dle nařízení vlády musí být popsána/o:**
- údaje o jiných faktorech než záření
- návod ke správné montáži a instalaci
- návod k obsluze, návod k údržbě, důležitá upozornění
  - například zákaz snímání krytu, nebezpečí při použití optických pomůcek
- výrobní číslo, rok výroby, obchodní firma nebo název a sídlo výrobce

Tabulka 15.5: Příklady nejvyšších přípustných hodnot záření

Třída	Vlnová délka [nm]	Trvání [s]	Výkon/energie
I.	630 (He-Ne)	$10 < \tau < 10^4$	$P = 3 \cdot 10^{-7} \text{ W}$ $E = 3 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
II.	514,5 (argon) 630 (He-Ne)	$t > 2,5 \cdot 10^{-1}$ kontinuál.	$P = 1 \cdot 10^{-3} \text{ W}$ $P = 1 \cdot 10^{-3} \text{ W}$
III.a	630 (He-Ne)	kontinuál.	$1 \cdot 10^{-3} < P < 5 \cdot 10^{-3}$
III.b	530 (Nd:YAG, 2harm.)  694 (rubín)  1060 (Nd:YAG)	$1 \cdot 10^{-1}$  $1 \cdot 10^{-8}$  $1 \cdot 10^{-3}$  $1 \cdot 10^{-8}$  $1 \cdot 10^{-4}$  $1 \cdot 10^{-8}$	$E = 0,6 \text{ J}$  $E = 3 \cdot 10^{-2} \text{ J}$  $E = 1,2 \text{ J}$  $E = 3 \cdot 10^{-2}$  $E = 2 \text{ J}$  $E = 1 \cdot 10^{-1} \text{ J}$
IV.	vše nad výše uvedené hodnoty pro III.b třídu		

Značení tříd dle starého standardu/normy.

## Třída 1

- lasery všech vlnových délek, jejichž doba emise záření nepřekročí limity dané zákonem
- všechny laserové systémy se zcela zakrytou dráhou svazku
- kryty, dveře, víka apod. jsou zabezpečena proti neoprávněnému otevření během činnosti laseru
- laserové tiskárny
- CD-ROM
- CD přehrávače

## Třída 1M

- jako třída 1 ale jde o svazek s velkým průměrem nebo divergencí (rozbíhavostí)
- nebezpečí při použití optických pomůcek (nejsou to běžné dioptrické brýle, rozdíl spojky vs rozptylky)

## Třída 2

- lasery viditelných vlnových délek, jejichž doba emise záření nepřekročí limity dané zákonem (do 1 mW, pulz do 0,25 s)
- oko se ubrání přirozenými reflexy (mrknutí)
- hustota výkonu je 300 W/m<sup>2</sup> což je 30x více než polední slunce



## Třída 2M

- jako třída 2 ale jde o svazek s velkým průměrem nebo divergencí (rozbíhavostí)
- nebezpečí při použití optických pomůcek (nejsou to běžné dioptrické brýle)
- laserová ukazovátka
  - (ne všichni výrobci toto dodržují!)
- geodetické lasery
- doporučuje se používat ochranné brýle



## Třída 3R

- lasery všech vlnových délek, jejichž doba emise záření nepřekročí limity dané zákonem – do 5 mW pro VIS dle doporučení IEC a ANSI
- v jiných spektrálních oblastech se AEL musí spočítat!
- oko nemůže mimo VIS zareagovat – problém!
- laserová ukazovátka
- laserové skenery
- doporučuje se používat ochranné brýle



## Třída 3B

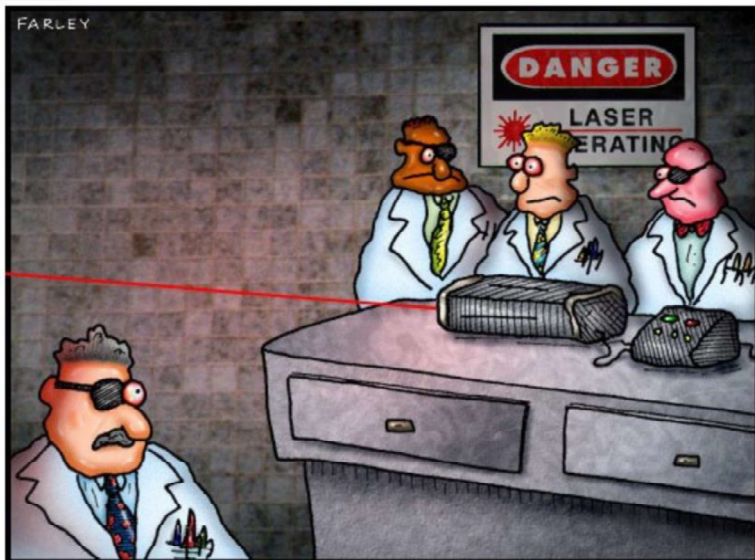
- lasery všech vlnových délek, jejichž doba emise záření nepřekročí limity dané zákonem – až 500 mW
  - 3B od 5 mW pro VIS, mimo VIS jsou limity různé
- spektrometrie
- stereolitografie
- laserové show
- **ochranné brýle povinné!**



## Třída 4

- lasery všech vlnových délek
- vše co je nad 3B (nad 500 mW)
- chirurgie
- obrábění (řezání, sváření, vrtání, ...)
- nebezpečný i difúzní odraz
- **ochranné brýle povinné!**





Proč jsou systémy s optickými vlákny vyčleněny?

- Optickou sít' nelze klasifikovat jako celek.
- Optický výkon je přístupný ve velké vzdálenosti od zdroje.
  - optické vlákno má velmi malý útlum 0,2 dB/km
- Je nutné stanovení tzv. úrovně nebezpečnosti.
  - něco se stane za *přiměřeně předvídatelné události* PPU
    - např. přerušení kabelu nebo rozpojení konektoru
  - povaha bezpečnostních opatření závisí na typu prostor
    - přístup: volný, omezený, kontrolovaný

## Úroveň nebezpečí

- Potenciální nebezpečí na kterémkoliv přístupném místě v komunikačním systému s optickými vlákny.
- Je založena na úrovni optického záření, které by mohlo být přístupné za přiměřeně předvídatelných událostí PPU (nebo podmínek PPP).
  - například při přerušení optického kabelu
- Úzce souvisí s klasifikací laserů v ČSN EN 60825-1.
- Musí být stanovená pro každý *optický výstup*.

## Úroveň nebezpečí

Úroveň nebezpečí 1  
 Úroveň nebezpečí 2 nebo 2M  
 Úroveň nebezpečí 1M  
 Úroveň nebezpečí 3R  
 (Úroveň nebezpečí 1M nebo 3R)  
 Úroveň nebezpečí 3B  
 Úroveň nebezpečí 4

- Prostory s volným přístupem
  - obytné a obchodní, parky, apod.
- Prostory s omezeným přístupem
  - oblasti uzavřené pro veřejnost - ústředny, počítačové sály, apod.
- Prostory s řízeným/kontrolovaným přístupem
  - kabelové kanály a šachty, rozvodné skříně apod.

## Aktivní prvky:

- zdroje záření – důležité parametry:  $\lambda$ ,  $\lambda\Delta$ , P
  - lasery (F-P, DFB, plynové, pevnolátkové)
  - čerpací lasery
  - LED
  - ASE
- optické zesilovače
  - EDFA - pásmo 1530 nm až 1565 nm (případně až 1625 nm)
  - PDFA - pásmo 1310 nm
  - ramanovské zesilování - pásmo 1450 nm až 1625 nm

## Pasivní prvky:

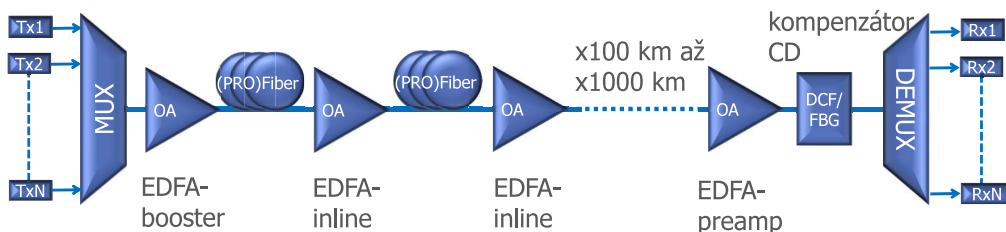
- optické kabely - důležitá NA a průměr jádra
  - SM,MM, pásková struktura
- optické konektory
- pasivní součástky (odbočnice, atenuátory)
- kabelové spojky
- optické rozvaděče

## DWDM systém (všechny komponenty dohromady).

- Kolik přenášíme vlnových délek?
  - dnes běžně 44/88/96, více výjimečně...
- Rozestup dle ITU?
  - 25/50/100/200 GHz? dnes běžně 50 a 100 GHz
- Používáme páskové (ribbon) kabely?
  - ano i jednovidové systémy používají ribbony
- Jaké optické zesilovače používáme?
  - EDFA, PDF(F)a, SOA, ramanovské (brillouinovské?) zesilování
- Poškození pokožky a oka nelze vyloučit!

## DWDM systém – co typicky obsahuje?

- Multiplexor, demultiplexor.
  - pokud nepřenášíme jen jeden signál
- Optické zesilovače.
  - typicky EDFA (99,9% instalací), výkonový, linkový, předzesilovač, v poslední době i ramany
- Kompenzátor chromatické disperze.
  - kompenzační vlákno DCF nebo Braggovská mřížka, pro 100G a výše se nenasazují



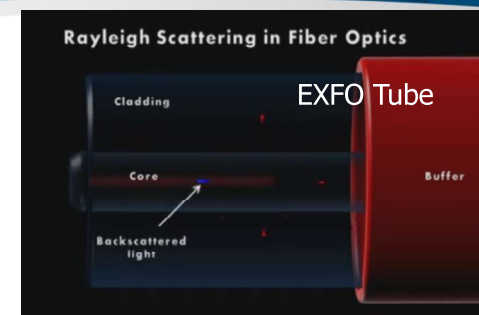
## IEC/TR 61292-4 Optical Amplifiers, Part 4: Maximální přípustný optický výkon pro bezpečné použití optických zesilovačů bez poškození

- Popisuje možné poškození vlákna způsobené vysokými optickými výkony.
- Udává maximální přípustnou expozice pro oči a pokožku.
- Možné poškození konektoru/ferule vyvolané prachem/nečistotou.
- Udává optické výkonové limity, které způsobují tepelné poškození.
- Tepelné poškození vlákna vyvolané makro a mikro ohyby.
- Dopad na long-haul (x100 km), vysokorychlostní přenosy dat (>100 Gb/s), DWDM a opticky zesilované systémy.

- EDFA mají různé výkonové úrovně.
- 3R, 3B i 4.
- Hrozí poškození oka i pokožky.
- EDFA potkáme velmi často.



- Pro ramanovské zesilování se používají čerpací zdroje 3B a někdy i 4.
- Hrozí poškození oka i pokožky.
- Nejsou nasazovány příliš často.



## ČSN EN 60825-2

- Výkonové limity pro jednovidové (SM) systémy – pro průměr vidového pole MFD = 11 mikronů

Vlnová délka	Třída	Maximální výkon
1310 nm	1	25,8 mW
1310 nm	1M	42,8 mW
1310 nm	3R	129 mW
1550 nm	1	10,2 mW
1550 nm	1M	136 mW
1550 nm	3R	??? mW (poznámka 3.9)
1310/1550 nm	3B	500 mW

## ČSN EN 60825-2

- Výkonové limity pro mnohovidové (MM) systémy – pro průměr jádra menší než 150 mikronů

Vlnová délka	Třída	Maximální výkon
850 nm	1	3,88 mW
850 nm	1M	7,8 mW
850 nm	3R	19,9 mW
1310 nm	1	77,8 mW
1310 nm	1M	156 mW
1310 nm	3R	399 mW
850/1310 nm	3B	500 mW

Table D.1 – OFCS power limits for 11 μm single mode (SM) fibres and 0,18 numerical aperture multimode (MM) fibres (core diameter < 150 μm)

Replace the existing ten rows of data by the following:

Wavelength and fibre type	Hazard Level					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm (MM)	1,95 mW (+3 dBm)	3,9 mW (+5,9 dBm)	4,99 mW (+7 dBm)	10 mW (+10 dBm)	24,9 mW (+14 dBm)	500 mW
780 nm (MM)	2,81 mW (+4,5 dBm)	5,6 mW (+7,5 dBm)	–	–	14,4 mW (+11,6 dBm)	500 mW
850 nm (MM)	3,88 mW (+5,9 dBm)	7,8 mW (+8,9 dBm)	–	–	19,9 mW (+13 dBm)	500 mW
980 nm (MM)	7,06 mW (+8,5 dBm)	14,1 mW (+11,5 dBm)	–	–	36,2 mW (+15,6 dBm)	500 mW
980 nm (SM)	1,8 mW (+2,6 dBm)	2,66 mW (+4,2 dBm)	–	–	9,21 mW (+9,6 dBm)	500 mW
1310 nm (MM)	77,8 mW (+18,9 dBm)	156 mW (+21,9 dBm)	–	–	399 mW (+26 dBm)	500 mW
1310 nm (SM)	25,8 mW (+14,1 dBm)	42,8 mW (+16,3 dBm)	–	–	129 mW (+21,1 dBm)	500 mW
1 400 nm 1 600 nm (MM)	13,3 mW (+11,2 dBm)	384 mW (+25,8 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW
1 420 nm (SM)	10,1 mW (+10 dBm)	115 mW (+20,6 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW
1 550 nm (SM)	10,2 mW (+10,1 dBm)	136 mW (+21,3 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW

In Note 3 of the table, delete the final sentence ("For other MFD values...example A.6.3. ").

IEC\_60825\_2\_2004\_AMD2\_2010\_EN\_FR.pdf

Vidíme, že limity 3R jsou vyšší než 5 mW z oblasti VIS!

Table D.1 – OFCS power limits for 11 μm single mode (SM) fibres and 0,18 numerical aperture multimode (MM) fibres (core diameter < 150 μm)

Replace the existing ten rows of data by the following:

Wavelength and fibre type	Hazard Level					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm (MM)	1,95 mW (+3 dBm)	3,9 mW (+5,9 dBm)	4,99 mW (+7 dBm)	10 mW (+10 dBm)	24,9 mW (+14 dBm)	500 mW
780 nm (MM)	2,81 mW (+4,5 dBm)	5,6 mW (+7,5 dBm)	–	–	14,4 mW (+11,6 dBm)	500 mW
850 nm (MM)	3,88 mW (+5,9 dBm)	7,8 mW (+8,9 dBm)	–	–	19,9 mW (+13 dBm)	500 mW
980 nm (MM)	7,06 mW (+8,5 dBm)	14,1 mW (+11,5 dBm)	–	–	36,2 mW (+15,6 dBm)	500 mW
980 nm (SM)	1,8 mW (+2,6 dBm)	2,66 mW (+4,2 dBm)	–	–	9,21 mW (+9,6 dBm)	500 mW
1310 nm (MM)	77,8 mW (+18,9 dBm)	156 mW (+21,9 dBm)	–	–	399 mW (+26 dBm)	500 mW
1310 nm (SM)	25,8 mW (+14,1 dBm)	42,8 mW (+16,3 dBm)	–	–	129 mW (+21,1 dBm)	500 mW
1 400 nm 1 600 nm (MM)	13,3 mW (+11,2 dBm)	384 mW (+25,8 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW
1 420 nm (SM)	10,1 mW (+10 dBm)	115 mW (+20,6 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW
1 550 nm (SM)	10,2 mW (+10,1 dBm)	136 mW (+21,3 dBm)	–	–	136 mW (+21,3 dBm)	500 mW

In Note 3 of the table, delete the final sentence ("For other MFD values...example A.6.3. ").

IEC\_60825\_2\_2004\_AMD2\_2010\_EN\_FR.pdf

## ČSN EN 60825-2

- Klasifikace prostor pro optické přenosové systémy

Úroveň nebezpečí	Přístup volný (park)	Přístup omezený (počítačový sál)	Přístup kontrolovaný (rozvodná skříň)
<b>1</b>	Požadavky nejsou	Požadavky nejsou	Požadavky nejsou
<b>1M</b>	Výkon na konektorech jako třída 1	Označení	Požadavky nejsou
<b>2 a 2M</b>	Výkon na konektorech jako třída 2	Označení	Označení
<b>3R</b>	<b>Není dovoleno</b>	Označení a na konektoru 1M	Označení
<b>3B</b>	<b>Není dovoleno</b>	<b>Není dovoleno</b>	Označení a na konektoru 1M nebo 2M
<b>4</b>	<b>Není dovoleno</b>	<b>Není dovoleno</b>	<b>Není dovoleno</b>

## ČSN EN 60825-2

- Se systémem APR lze použít telekomunikační zařízení v principu všude:

Druh prostoru	Možnost použít zařízení třídy
<b>Volný přístup</b>	1, 2 (1M, 2M, 3R, 3B, 4)
<b>S omezeným přístupem</b>	1, 2, 1M, 2M (3R, 3B, 4)
<b>S kontrolovaným přístupem</b>	1, 2, 1M, 2M, 3R, 3B, 4
<b>Nepřístupný</b>	1, 2, 1M, 2M, 3R

ČSN EN 60825-12:2005 uvádí ještě jednu kategorii prostoru – *nepřístupný*, ale týká se pouze bezdrátových komunikací.

## ČSN EN 60825-2

- Rychlost omezení APR
  - počáteční výkon
  - typ prostoru
- Prostory s volným přístupem (park)
  - $P_{\max} = 1,27 \text{ W}$ , po 1 s → třída 1
- Prostory s kontrolovaným přístupem (počítačový sál)
  - $P_{\max} = 2,640 \text{ W}$ , po 3 s → třída 1M

- Optické kabely musí být označeny!
- Konektory – musí mít štítky pokud je úroveň nebezpečí větší než 1M!
- Optické rozvaděče – nalepit štítky!



**POZOR  
LASEROVÉ  
ZÁŘENÍ**





**POZOR**  
LASEROVÉ ZÁŘENÍ ÚROVNĚ NEBEZPEČÍ 1M  
NESLEDUJTE PŘÍMO OPTICKÝMI PŘÍSTROJI



**POZOR**  
LASEROVÉ ZÁŘENÍ ÚROVNĚ NEBEZPEČÍ 2  
NEDÍVEJTE SE DO SVAZKU



**POZOR**  
LASEROVÉ ZÁŘENÍ ÚROVNĚ NEBEZPEČÍ 2M  
NEDÍVEJTE SE DO SVAZKU ANI JEJ  
NESLEDUJTE PŘÍMO OPTICKÝMI PŘÍSTROJI



**POZOR**  
LASEROVÉ ZÁŘENÍ ÚROVNĚ NEBEZPEČÍ 3R  
NEVYSTAVUJTE SE OZÁŘENÍ



Zakrytování laseru s potřebným popisem



Bezpečnostní zakrytování nad dopravníkem s adekvátním popisem



Kryt značící oblast vláknového laseru



Zobrazení úniku záření mechanicky pohyblivým krytem



Kryt značící oblast vláknového laseru



Bezpečnostní zakrytování dopravníku před laserovým zářením

International Telecommunication Union

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**Series G  
Supplement 39**  
(09/2012)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Optical system design and engineering  
considerations

ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39



- 14 Best practices for optical power safety
- 14.1 Viewing
- 14.1.1 Viewing fibre
- 14.1.2 Viewing aids
- 14.2 Fibre ends
- 14.2.1 Termination
- 14.2.2 Cleaning
- 14.2.3 Connector loss
- 14.2.4 Splice loss
- 14.3 Ribbon fibres
- 14.4 Test cords
- 14.5 Fibre bends
- 14.6 Board extenders
- 14.7 Maintenance
- 14.8 Test equipment
- 14.9 Modification
- 14.10 Key control
- 14.11 Labels
- 14.12 Signs
- 14.13 Alarms
- 14.14 Raman amplified systems

International Telecommunication Union

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.664**  
(10/2012)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS  
Transmission media and optical systems characteristics –  
Characteristics of optical components and subsystems

Optical safety procedures and requirements for  
optical transmission systems

Recommendation ITU-T G.664



## Optické bezpečnostní postupy a požadavky na optické přenosové systémy

Obsahuje:

- Ramanův zesilovač
- DWDM systémy
- OTN přenosový systém
- SDH přenosový systém
- APR systém

- Sledování vlákn
- Pomůcky pro sledování vláken
- Konce vláken
- Páskové kabely
- Zkušební šňůry
- Odstřižky vláken
- Čištění
- Změny
- Rozšiřující prvky vysílače
- Poškození označení
- Řízení klíčem
- Zkušební zařízení
- Značky
- Varovné signály

- Pokud jsou optická vlákna používána při vysokých výkonových úrovních, může za určitých podmínek dojít k poškození vlákna a konektoru.
- Důležité aspekty pro bezpečnou práci:
  - Možné tepelné poškození v důsledku vysokých optických výkonů.
  - Tepelné ztráty indukované na konektorech nebo spojích.
  - Poškození konektoru vyvolané prachem / nečistotou.
  - Tepelné poškození ochrany vlákna způsobené makro a mikro ohyby.

- Práce za provozu se nedoporučuje.
- Musí být zpracován a dodržován bezpečnostní a školicí program.
- Všeobecné bezpečnostní postupy.
- Vypnutí zařízení generujících záření.
- Kontrola optického výkonu ve vlákně.
- Zakrytí všech konců vláken.
- Používat pouze zařízení pro nepřímé sledování.
- Zkušební šňůry připojovat na zdroj jako poslední a odpojovat jako první.

- Měření:
  - dodržení schválených bezpečnostních postupů
  - měřicí přístroje třída 1, 1M, 2, 2M nebo 3R
  - definované podmínky
- Kontrolované prostory s úrovní nebezpečí 3B:
  - pouze osoby, které absolvovaly školení
  - výstražný a informační štítek nutný
  - umístit značku omezující vstup osob

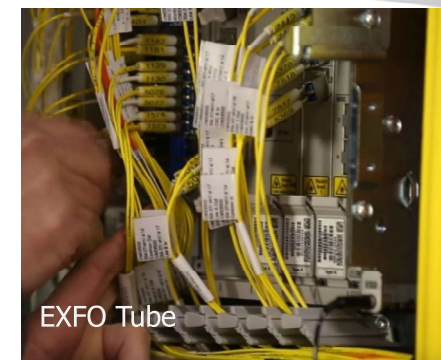
- Pracující osoby:
  - povinnost znát bezpečnostní pravidla a postupy
  - povinnost okamžitě upozornit dozor na možnost poškození osob nebo majetku
  - povinnost okamžitě hlásit dozoru ozáření optickým zářením

- Označení typu umístění na všech přístupných místech komunikačního přenosového systému.
- Zajistit, aby nebyly za PPU/PPP překročeny úrovně nebezpečí pro tyto typy umístění.
- Zajistit, aby montáž a servis byly prováděny vhodnými organizacemi.
- Zajistit, aby přístup do prostor s omezeným nebo kontrolovaným přístupem byl přidělován s ohledem na laserovou bezpečnost.
- Zajistit trvalou shodu s požadavky na výrobu, provoz, montáž, servis a bezpečnost.

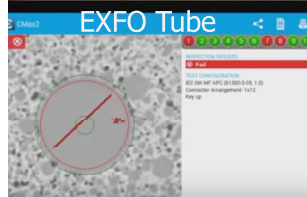
- Je systém v provozu?
  - Jaké jsou výkony?
- Máme odpovídající powermeter?
  - standard nebo high power
- Jsou nutné ochranné pomůcky (brýle)?
- Je možné laser vypnout?



- Optické zesilovače
  - EDFA, raman, SOA?
  - kombinace?
- Páskové (ribbon) kabely?
  - až 24 (48) vláken
- Systémy APR nebo ALS implementovány?
  - automatic power reduction
  - automatic laser shutdown

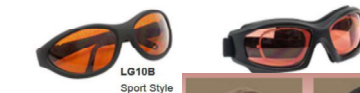
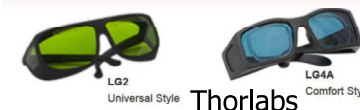


- Optické mikroskopy (starší)
  - mají zabudované filtry?
  - jaký je útlum pro různé vlnové délky?
  - raději nepoužívat, hrozí poškození zraku!
- Digitální mikroskopy (novější)
  - obraz zachycuje CCD kamera a je zobrazen na displeji
  - jaký je maximální výkon pro CCD kameru?
  - preferované přístroje, hrozí jen poškození CCD prvku

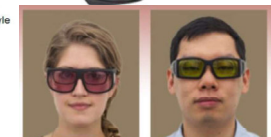


- Bezpečnostní brýle pro ochranu zraku
  - pro práci s vlákny
  - možnost přisvícení
  - i boční ochrana
- Ochrana proti laserovému záření
  - vlnové délky
  - max. optické výkony
  - optická „hustota“, opět výpočty
  - OD1 zeslabí záření 10x
  - OD2 zeslabí záření 100x
  - OD6 zeslabí záření 1 000 000x

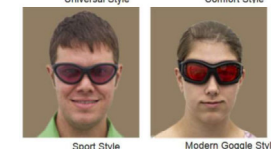
- ▶ ANSI Z136 and CE Certified Laser Safety Glasses
- ▶ Wide Selection of Wavelength Ranges
- ▶ Variety of Frame Styles and Included Carrying Case



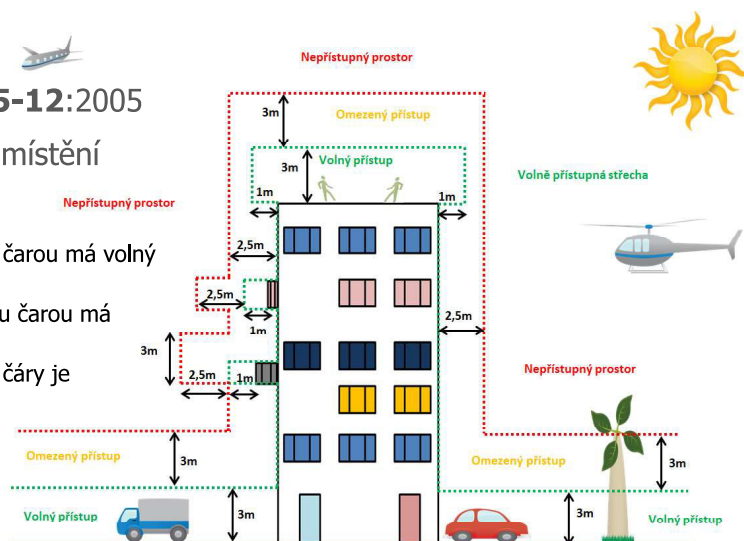
CE



Thorlabs



- ČSN EN 60825-12:2005
- Příklady typů umístění
- Prostor pod zelenou čarou má volný přístup
- Prostor pod červenou čarou má omezený přístup
- Prostor vně červené čáry je nepřístupný



- Prostory s volným přístupem – 1 nebo 2
- Prostory s omezeným přístupem – 1,2, 1M nebo 2M
- Prostory s kontrolovaným přístupem – 1, 2, 1M, 2M nebo 3R, 3B nebo 4
- Nepřístupný prostor – 1,2, 1M, 2M nebo 3R

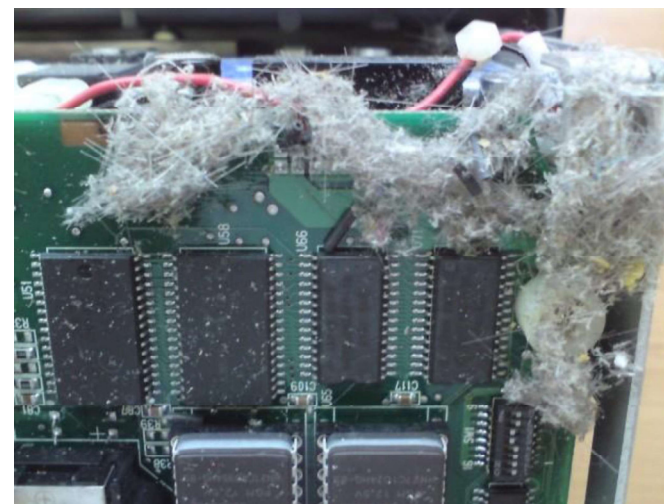
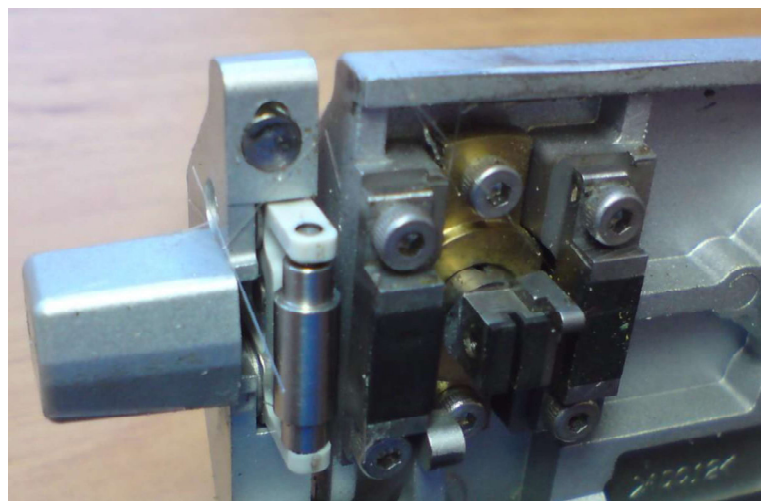
ČSN EN 60825-12:2005

## Povinnosti provozující organizace

- Provést identifikaci typu umístění ve všech částech celé přenosové cesty přístupných lidem.
- Zajistit, aby byly pro tyto typy umístění splněny požadavky na úroveň přístupu a podmínky montáže.
- Zajistit, aby instalace, údržba a servis byly prováděny jen organizacemi schopnými dodržet požadavky normy.

## Zákaz jídla a pití či práce v jeho blízkosti!

- Zbytky vláken jsou velmi nebezpečné, po požití způsobují vnitřní krvácení a další komplikace a mohou způsobit smrt!
- Při práci s vlákny si nesahejte na hlavu.
- Pečlivost – úklid pracovního místa.
- Ventilace – výpary z izopropylu.



## Ochranné pomůcky

- ochranné brýle s bočnicemi
- vhodný oděv
- uzavřená obuv
- tmavé rukavice



pixabay.com



pixabay.com

## Technické vybavení:

- lámačky s košíkem
- samostatná, bezpečně uzavíratelná nádoba
- kvalitní nářadí – minimum nechtěných odlomků



## Likvidace:

- likvidace specializovanou firmou
- „oheň očistí“



- [1] ČSN EN 60825-1 ed. 2 Bezpečnost laserových zařízení.
- [2] ČSN EN 60825-2, ed. 2. Bezpečnost komunikačních systémů s optickými vlákny, 2011.
- [3] ČSN 36 7751: Průvodce úrovněmi způsobilosti osob v oblasti laserové bezpečnosti.
- [4] ČSN 61290: Optické zesilovače.
- [5] Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, 1/2008 Sb. a 106/2010 Sb a 291/2015 Sb.
- [6] IEC/TR 61292-4:2004: Optical amplifiers .
- [7] ISO 21348 Definitions of Solar Irradiance Spectral Categories.
- [8] Laser Safety Tutorial, 34th International System Safety Conference, A. Donda, M. Koons, August 11, 2016.
- [9] Working with lasers Updated to include IEC :2014, <https://slideplayer.com/slide/12202834/>
- [10] [https://www.thorlabs.com/NewGroupPage9\\_PF.cfm?ObjectGroup\\_ID=762](https://www.thorlabs.com/NewGroupPage9_PF.cfm?ObjectGroup_ID=762)

Děkujeme za pozornost!

[info@profiber.eu](mailto:info@profiber.eu)

[www.profiber.eu](http://www.profiber.eu)

PROFiber Networking CZ s.r.o.  
Mezi Vodami 205/29  
143 00 Praha 4

PROFiber Networking s.r.o.  
Bernolákova 2  
917 01 Trnava

the art of  
optical  
communication

