

Technologie CWDM v optických sítích

Ing. Jaromír Šíma

RLC Praha a.s.

sima@rlc.cz

www.rlc.cz

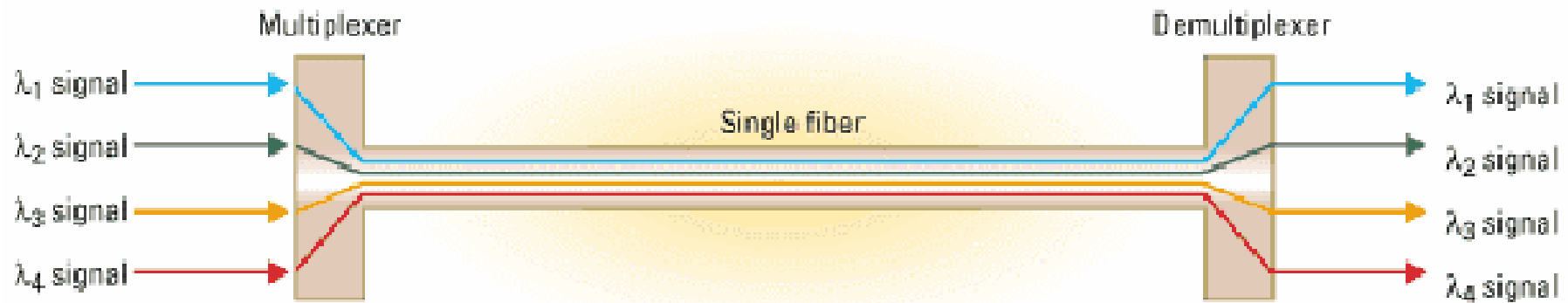
www.optickesite.cz



WDM technologie

- **WDM** – 850/1300 nm, 1310/1550 nm
- **WWDM** pro MM vlákna, 4 kanály á 25nm
 - 1275, 1300, 1325, 1350 nm pro 10GBASE-LX4
- **CWDM** – pro SM vlákna, až 18 kanálů á 20nm
- **DWDM**, desítky kanálů

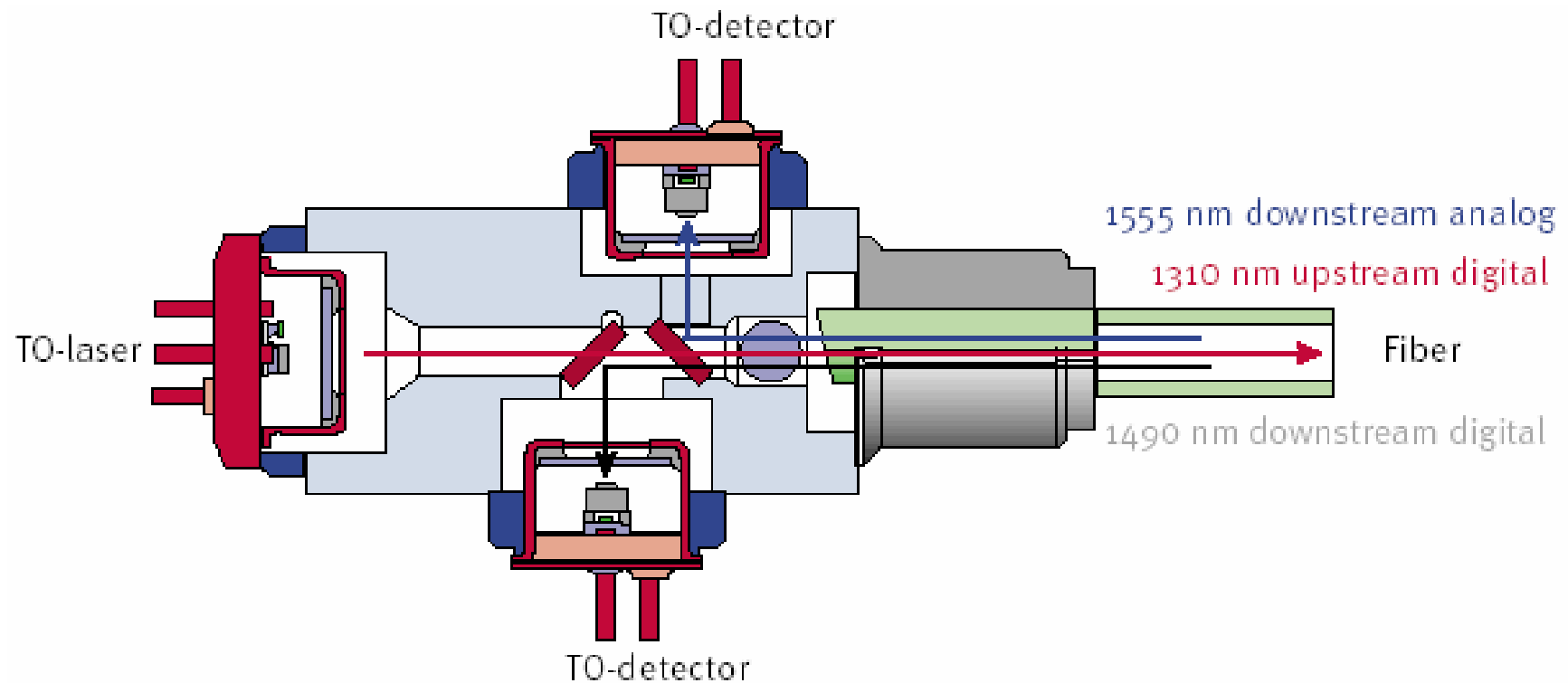
Wavelength-division multiplexing



λ - Wavelength

WDM aktivní optický člen

- 1550 nm – downstream analog TV
- 1490 nm – downstream digital
- 1310 nm – upstream digital



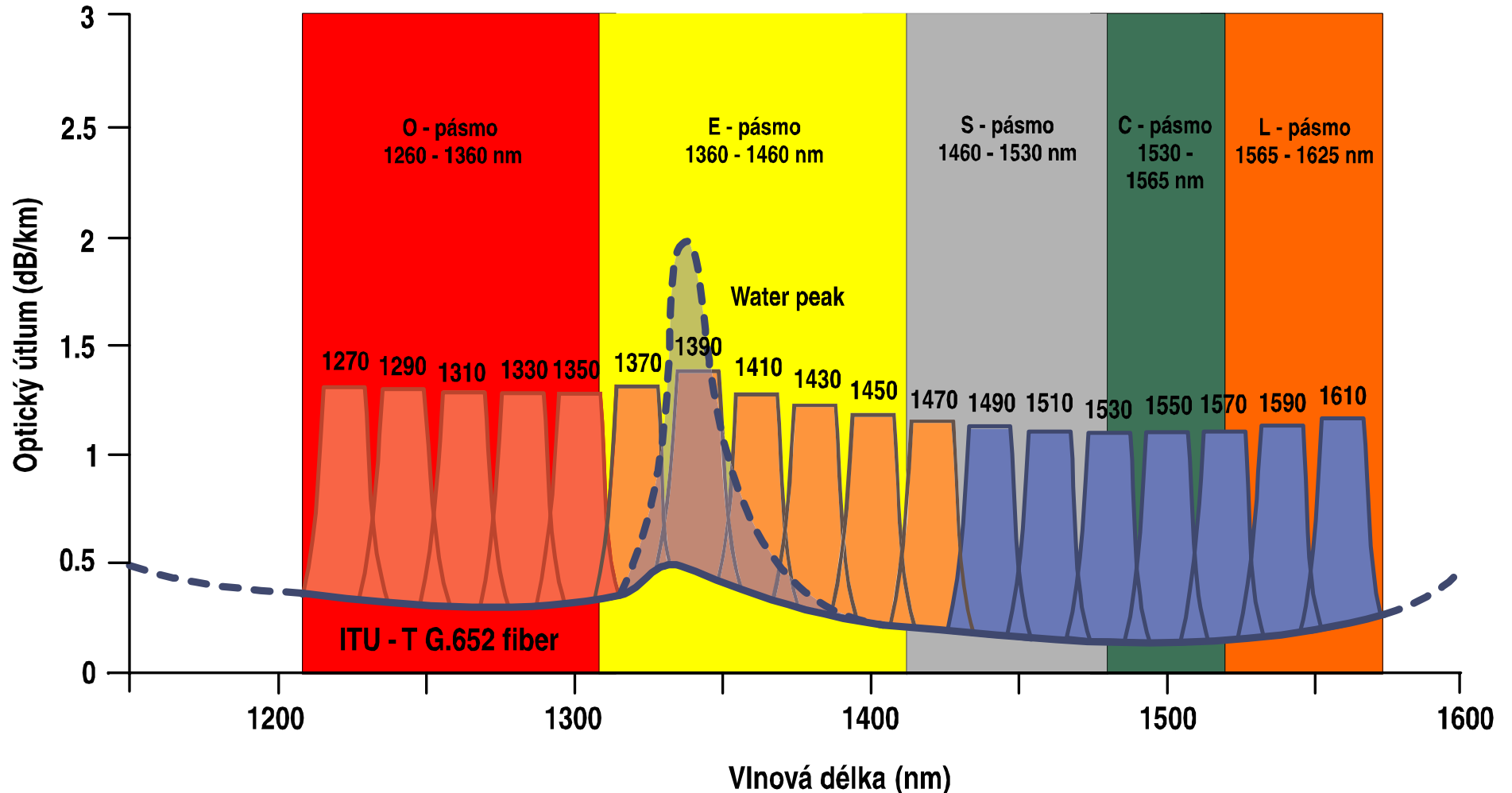
Technologie CWDM

- **Použití „levných“ pasivních multiplexerů/demultiplexerů**
- **Běžné aktivní prvky Ethernet a Fibre Channel s výměnnými optickými moduly**
- **CWDM optické moduly – transcievery GBIC/SFP**
- **Výhody**
 - Dostupná a levná technologie
 - Snadné použití se stávajícími prvky
 - Snadné rozšiřování a změna konfigurace

CWDM technologie

- **Definice vlnových délek ITU-T G.694.2 (13.6.2002)**
- **Definice parametrů rozhraní ITU-T G.695 (02/2004)**
- **18 kanálů 1270 až 1610 nm, á 20 nm**
 - Pro vlákno Low Water Peak podle G.652.C
 - Pro standardní vlákno G.652 5 + 8 kanálů
 - (1270 – 1350 nm) + (1470 – 1610 nm)
- **Šířka kanálu 13 nm (+/- 6,5 nm)**
 - (podle doporučení +/- 6 až 7 nm)
- **Přenosová rychlost do 2,5 Gbit/s**
- **Standardní zdroje DFB, nechlazené, v budoucnu VCSEL**
- **Příznivá cena ve srovnání s DWDM**
- **Kombinace s DWDM**
 - 200 GHz (1,6 nm), 8 kanálů
 - 100 GHz (0,8 nm), 16 kanálů

CWDM technologie

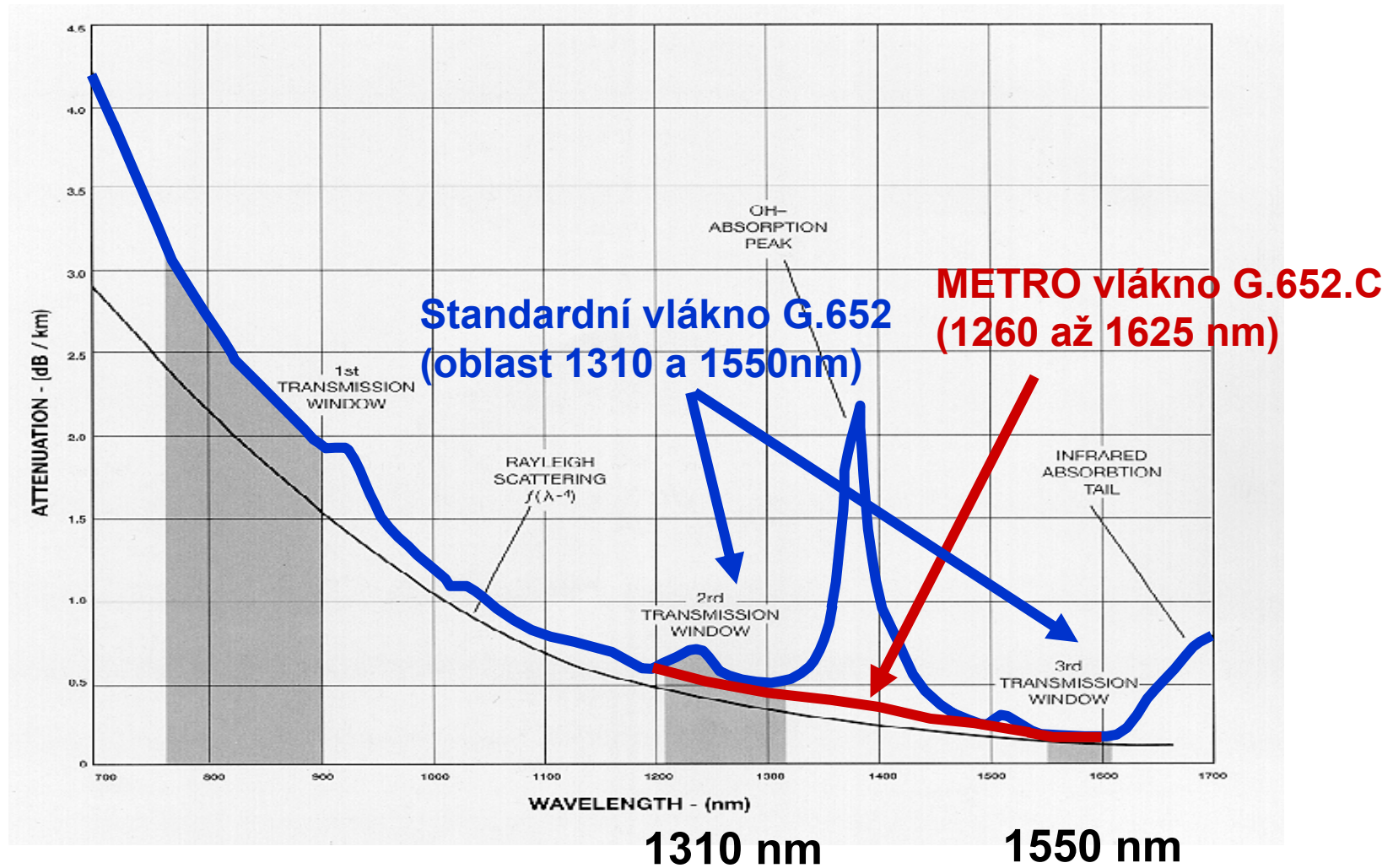


Obr.1 CWDM Kanály podle ITU - T G.694.2

Omezení optických vláken

- **Lineární jevy**
 - Útlum, ztráty na spojích
 - Disperze
 - Chromatická
 - Polarizační
- **Nelineární jevy**
 - SPM – Self Phase Modulation (Kerr effect)
 - XPM – Cross Phase Modulation
 - FWM – Four Wave Mixing
 - Brillouin scattering effect
 - SRS – Stimulated Raman Scattering

Útlum standardního a METRO vlákna



Typy vláken – doporučení ITU-T

- **G.652 – Standard Singlemode Optical Fiber (G.652.C – Low Water Peak)**
- **G.653 – DSF Dispersion Shifted Fiber (nulová disperze pro 1550 nm)**
- **G.654 – Cut-Off Shifted Optical Fiber**
- **G.655 – NZDSF Non-Zero DSF (malá nenulová disperze pro 1550 nm)**
 - Disperze od 1 do 10 ps/nm*km v pásmu 1530 až 1565 nm
- **G.656 – NZDSF for Wideband Optical Transport**
 - „vylepšená verze“ G.655
 - Nový typ vlákna pro pásmo S, C a L, pro DWDM a CWDM systémy
 - Disperze od 2 do 14 ps/nm*km pro pásmo **1460 až 1625 nm**
 - Maximum PMD 0,20 ps/√km
 - Dalšíh nejméně 40 kanálů DWDM v S pásmu

Chromatická disperze

- **Chromatic Dispersion (CD)**
- **Koeficient CD se udává v ps/(nm * km)**
 - O kolik pikosekund se rozšíří přenášený impuls po uběhnutí jednoho kilometru, když zdroj má spektrální šířku jeden nm.
- **Chromatická disperze závisí na spektrální šířce laserového zdroje**
- **Standardní SM vlákno G.652**
 - Koeficient CD < 3 ps pro 1310 nm, < 18 ps pro 1550 nm
- **Gigabit Ethernet 1,25 GBd, NRZ kódování = délka pulsu 800ps**
 - = Maximální disperze je 160 ps
- **STM-16 (2,5 Gbd), NRZ kódování = délka pulsu 400ps**
- **STM-64 (10 Gbd), NRZ kódování = délka pulsu 100ps**

Chromatická disperze

- Maximální hodnoty disperze podle ITU-T G.695

Wavelength Block [nm]	Dispersion coefficient [ps/(nm*km)]
1291 – 1351	5,7
1311 – 1371	6,8
1391 – 1451	11,5
1531 – 1591	19,9
1471 - 1611	21,1

Chromatická disperze

- **Chromatická disperze musí být menší než 20 % délky pulsu**
- **Max. délka = max. deformace pulsu / (CD vlákna * spektrální šířka)**
 - Pro CWDM laser 1Gbit/s Spectral Width < 0.06 nm
 - Gigabit Ethernet, max. délka = $160 / (20 * 0,06) = 133$ km
 - Pro DWDM laser 2,5Gbit/s Spectral Width < 0.015 nm
 - STM-16 2.5 Gbit/s, max. délka = $80 / (20 * 0,015) = 266$ km
 - Pro 10Gigabit Ethernet (10,3125 Gbd), puls 96 ps, SW < 0.01 nm
 - 10Gigabit Ethernet, max. délka = $19,2 / (20 * 0,01) = 96$ km

CWDM - ITU-T G.695

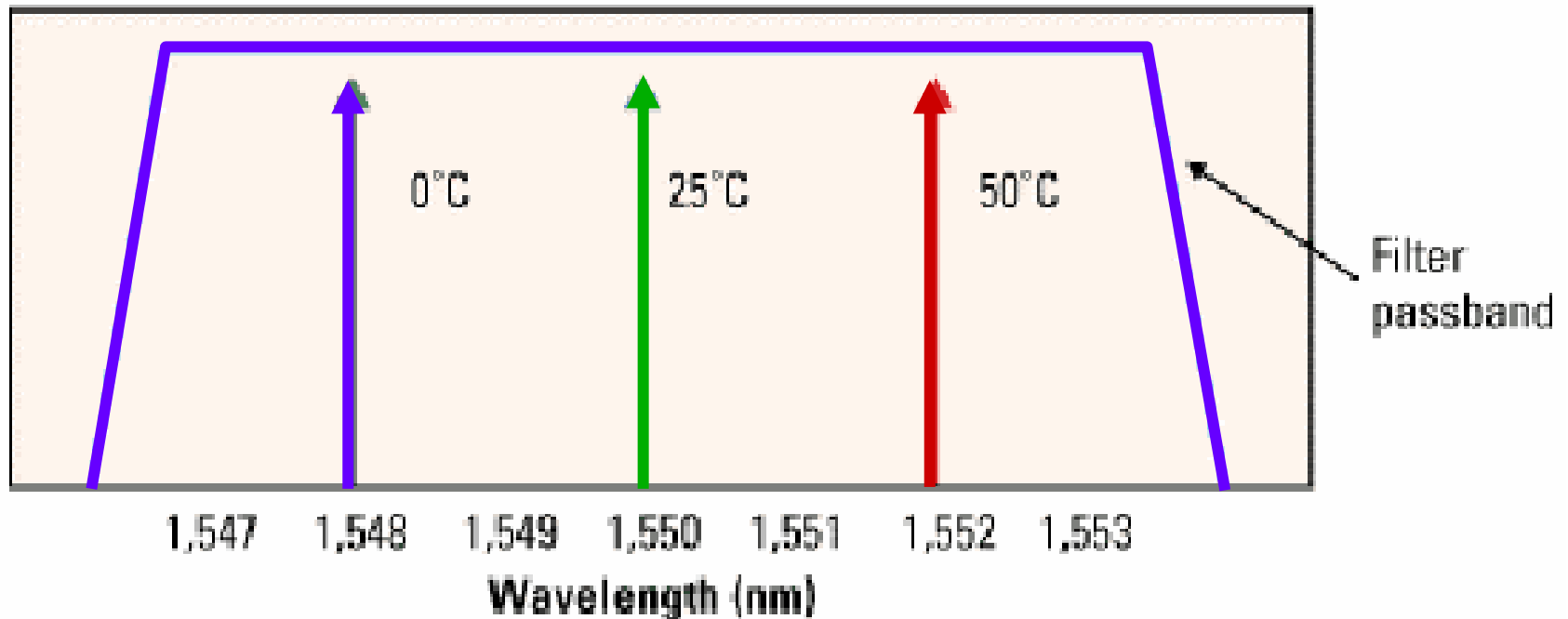
- **Doporučení ITU-T G.695 (02/2004)**
(Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications)
- **Doporučené parametry rozhraní CWDM – kompatibilita**
 - Aplikace, referenční body
 - Vysílací výkon, citlivost přijímače
 - Používané vlnové délky
 - Dosažitelné vzdálenosti
 - Parametry optické trasy
 - Mezní útlumy pro jednotlivé vlnové délky a typy vláken G.652
 - Disperze pro jednotlivé vlnové délky
 -

Rozdělení spektra

Kanál	Kód kanálu	vlnová délka [nm]	Spektrum SM vlákna
1	27	1270	O – Original 1260 – 1360 nm Původní přenosové pásmo v oblasti 1310 nm
2	29	1290	
3	31	1310	
4	33	1330	
5	35	1350	
6	37	1370	E – Extended 1360 – 1460 nm Nové pásmo, využitelné pouze s novými typy vláken typu „Low Water Peak“ podle standardu ITU-T G.652.C
7	39	1390	
8	41	1410	
9	43	1430	
10	45	1450	
11	47	1470	S – Short 1460 – 1530 nm Pásmo kratších vlnových délek, které je využíváno pro nové typy přenosů, zvláště CWDM
12	49	1490	
13	51	1510	
14	53	1530	
15	55	1550	C – Conventional 1530 – 1565 nm
16	57	1570	L – Long 1565 – 1625 nm Pásmo dlouhých vlnových délek, využíváno pro novější typy přenosů
17	59	1590	
18	61	1610	

Nechlazený DFB laser

- Teplotní drift cca 0,08 nm / 1°C
- Pro teplotu +35 °C (rozsah 0 až 70 °C) je vlnová délka filtru posunuta o +1 nm

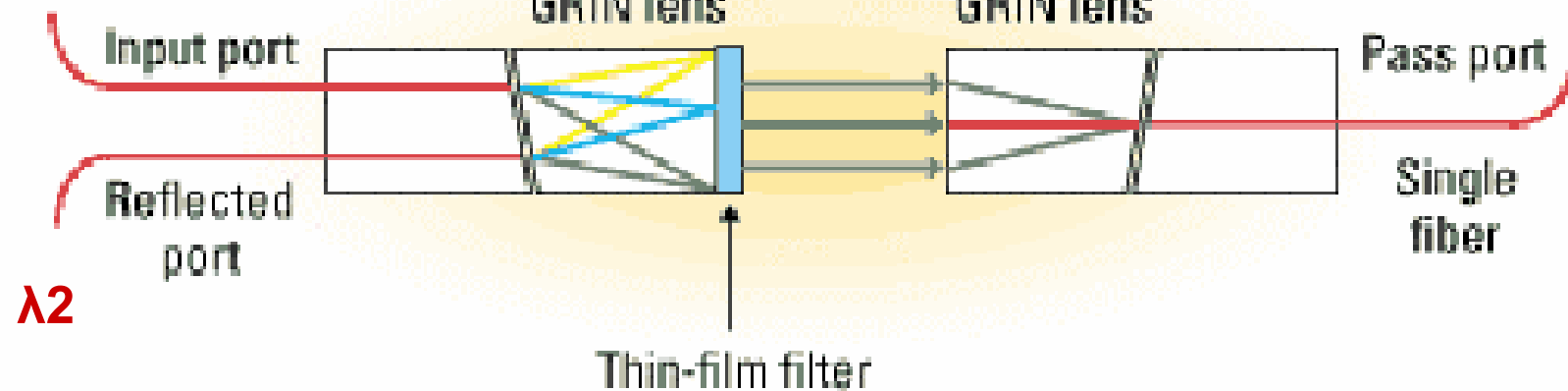


Konstrukce CWDM filtrů

- Použití technologie tenkých filmů
- Menší počet vrstev než pro DWDM, nižší cena
- Složením jednotlivých filtrů se docílí požadované konfigurace
- Multi/Demultiplexery, Add-Drop multiplexer

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \dots$

Dual fiber



$\lambda_1, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \dots$

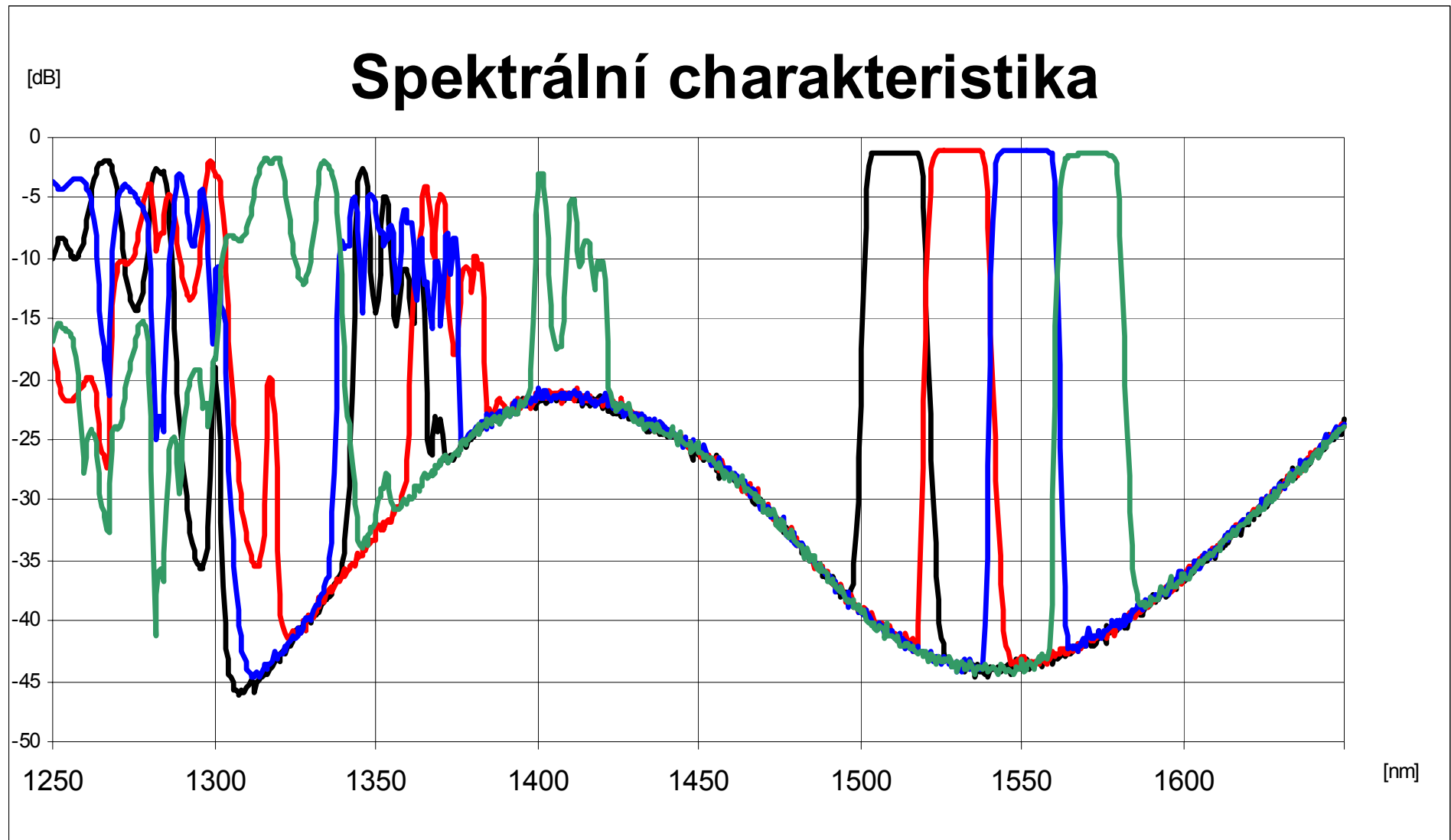
λ_2

Typické parametry CWDM

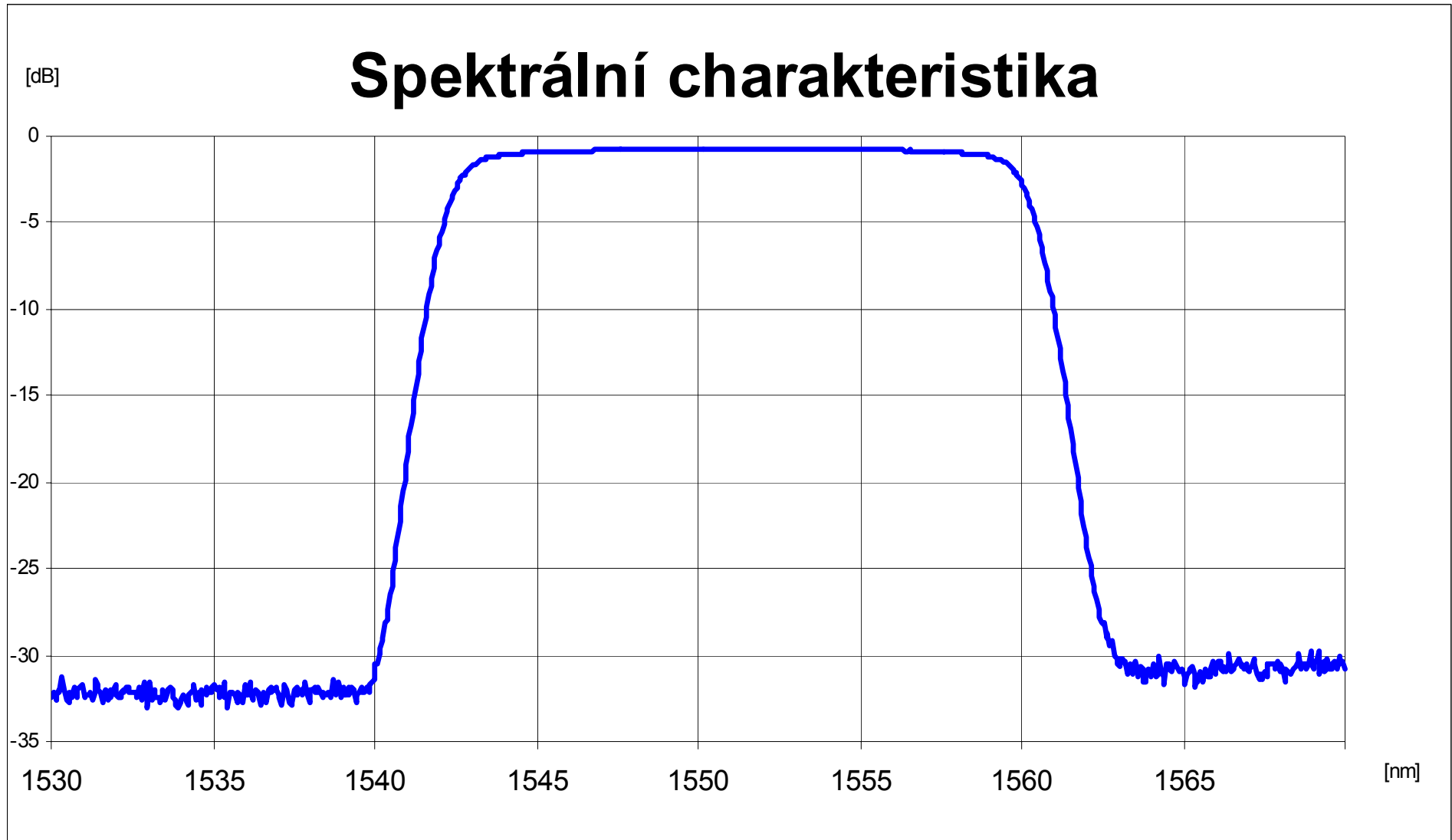
- **CWDM Multiplexer/Demultiplexer**

- Central wavelength 1311 to 1611 nm
- Bandwidth ITU +/- 6,5 nm
- Insertion Loss (4 channel) < 1,5 dB
- Insertion Loss (8 channel) < 2,5 dB
- Insertion Loss (16 channel) < 5,0 dB
- Isolation adjacent channel > 30 dB
- Isolation non-adjacent channel > 40 dB
- Directivity > 50 dB
- Optical Return Loss > 45 dB
- Polarization Dependent Loss < 0,1 dB
- Polarization Mode Dispersion PMD < 0.1 ps
- Maximum Optical Power 300 mW
- Operation Temperature 0 to 70 °C

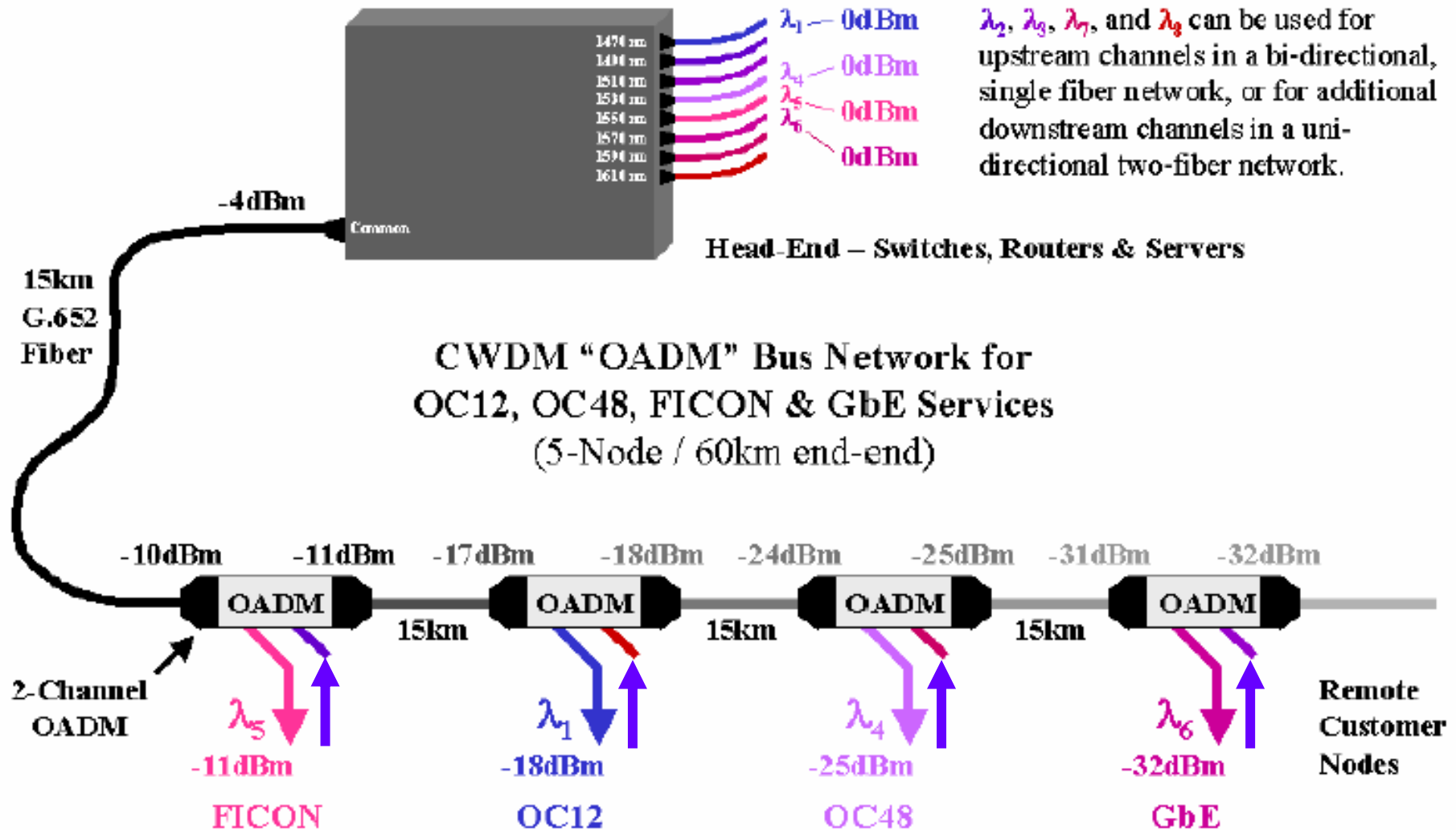
Měření charakteristiky 4ch M/D



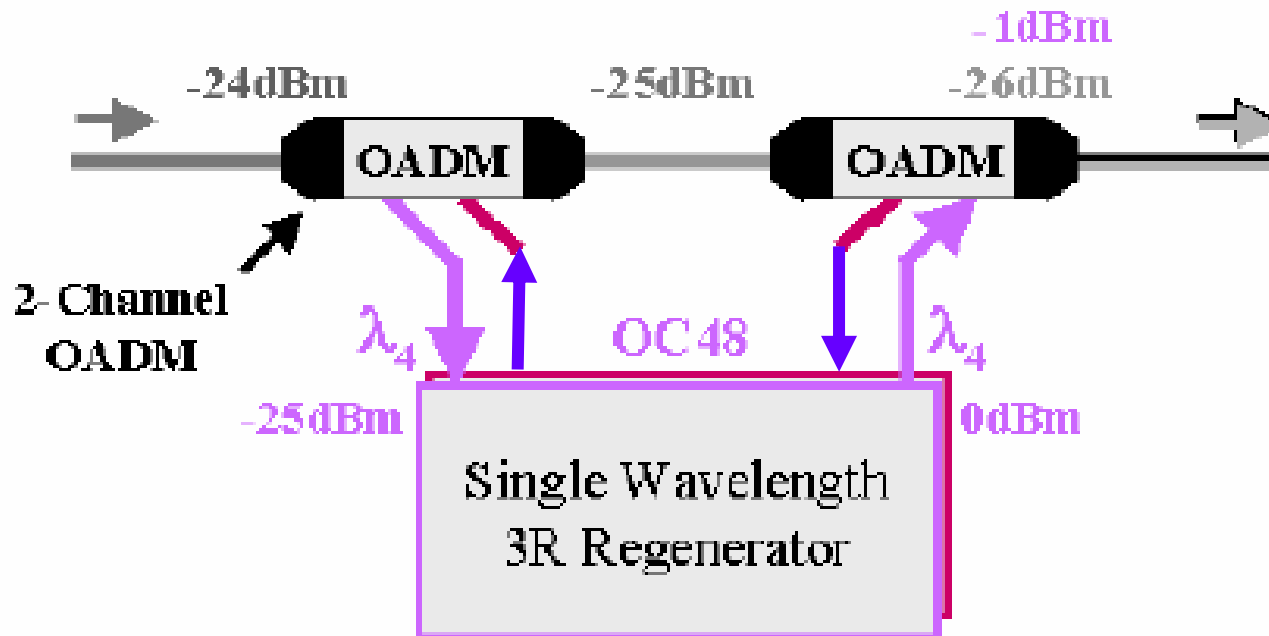
Měření 4ch M/D – 1550 nm



Konfigurace CWDM síťe



Zesílení jedné vlnové délky



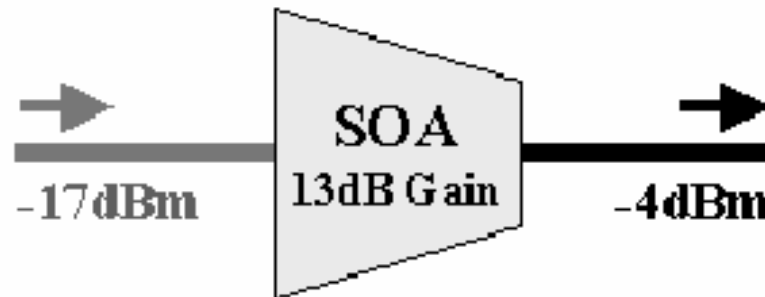
Opakovač v trase

- Použití media konvertorů jako opakovače (transpondéru)
 - 2R regenerace (re-amplify, reshaping)
- Použití aktivního prvku – přepínače, s napojením na místní síť
 - 3R regenerace (re-amplify, reshaping, retiming)



Zesilovač v trase

- Polovodičový optický zesilovač SOA (Semiconductor Optical Amplifier)
 - 1R regenerace – pouhé zesílení (re-amplify)
 - 2R regenerace – obnova hran pomocí nelineárního filtru



CWDM transceivers



GBIC transceiver
(Giga-bit Interface Converter)
SC duplex



SFP transceiver
(Small Formfactor Pluggable)
LC duplex (eventuelně MT-RJ)

Parametry transceiverů CWDM

- **Provedení SFP nebo GBIC**

- Mean wavelength ITU +/- 7nm
- Data rate 1250 Mb/s (1062,5 Mb/s FC)
- Typical/min link budget (50km) 23,5 / 19 dB
- Typical/min link budget (80km) 28 / 24 dB
- Typical/min link budget (120km) 36 / 32 dB

- Optical power typ/min (50km) -2,5 / -5,0 dB
- Optical power typ/min (80km) 2 / 0 dB
- Optical power typ/min (120km) 2 / 0 dB
- Receive power Low typ/min (50km) -26 / -24 dB (PIN)
- Receive power Low typ/min (80km) -26 / -24 dB (PIN)
- Receive power Low typ/min (120km) -34 / -32 dB (APD)

- Spectral width (20 dB) < 1 nm
- Operation Temperature -5 to 70 °C



Dosažitelná vzdálenost CWDM

- Minimální a maximální útlum kabelu G.652 podle G.695
- Výkonný transceiver Gigabit Ethernet / FC
 - 36 dB typical
- Mux/Demux 4 λ (3 dB), 8 λ (5dB)

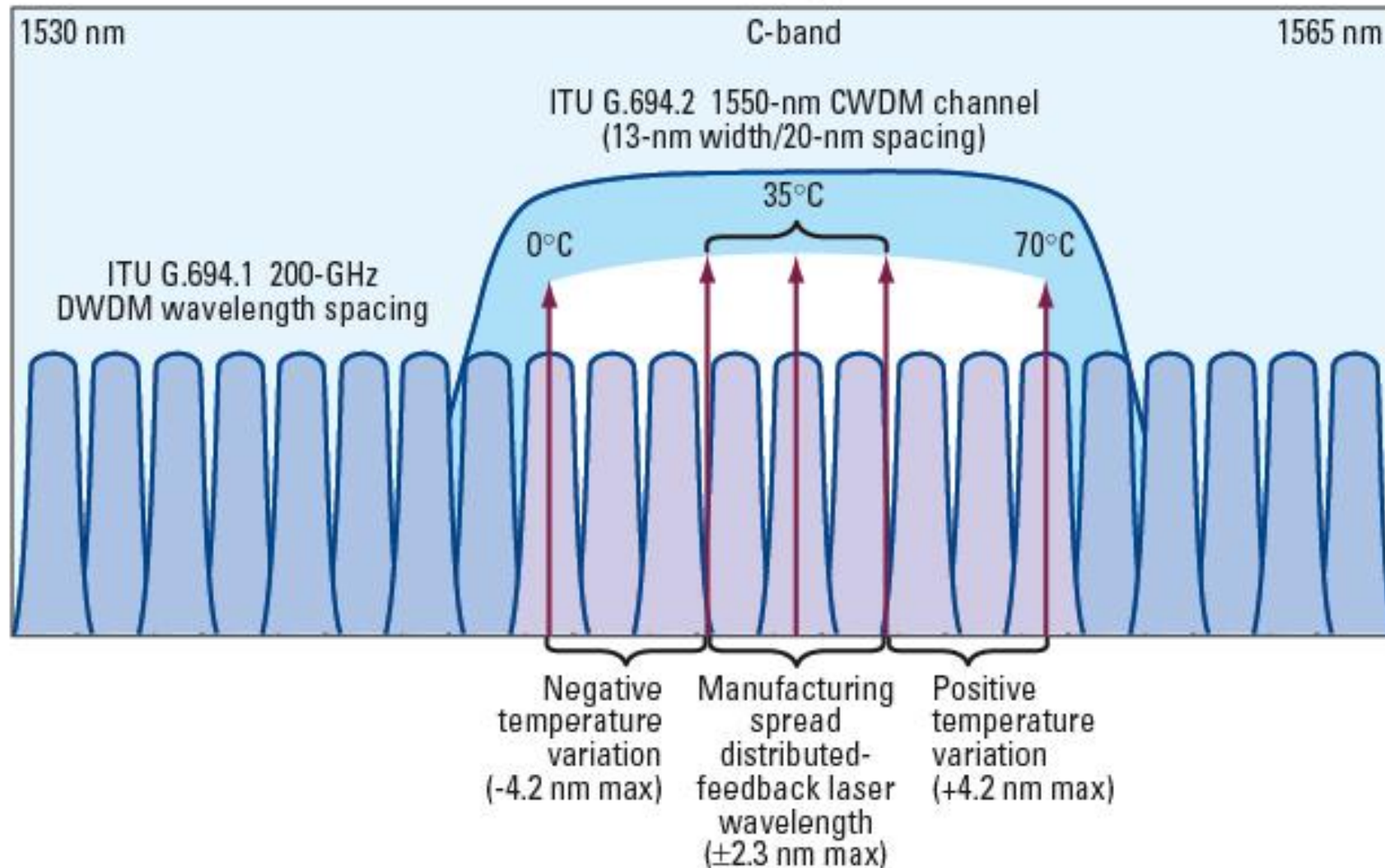
vlnová délka	4 channel MUX/DEMUX		8 channel MUX/DEMUX	
	útlum trasy [dB]	délka trasy [km]	útlum trasy [dB]	délka trasy [km]
1470 nm	28,0	86 - 118	26,0	80 - 109
1490 nm	28,0	92 - 122	26,0	86 - 114
1510 nm	28,0	97 - 127	26,0	90 - 118
1530 nm	28,0	99 - 130	26,0	92 - 121
1550 nm	28,0	101 - 133	26,0	94 - 123
1570 nm	28,0	101 - 135	26,0	94 - 125
1590 nm	28,0	101 - 135	26,0	94 - 125
1610 nm	28,0	97 - 135	26,0	90 - 125

Kombinace CWDM a DWDM

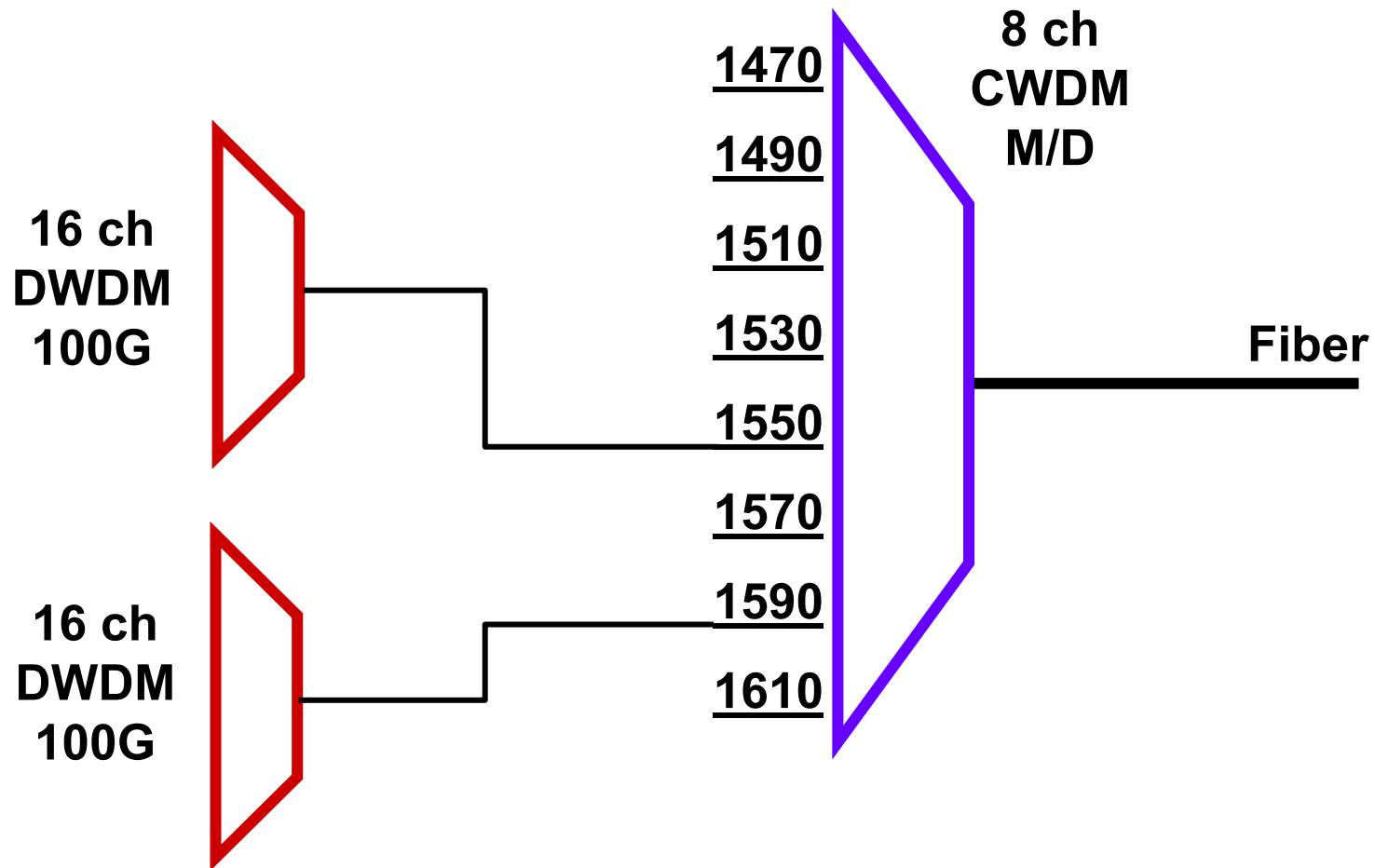
- **CDWM (Coarse WDM)**
 - Less than 16 wavelengths per system
 - Slow traffic growth
 - Much lower cost
 - Components are less stringent
 - Simpler management
 - Smaller footprint
 - Shorter distance reach
 - Less than 120km
 - Networks that would most likely deploy CDWM
 - Enterprise, Access, Metropolitan
- **DWDM (Dense WDM)**
 - From 32 to 80 wavelengths per system
 - High traffic growth
 - Higher cost
 - Components are more stringent because of high wavelength capacity
 - More complex management
 - Larger footprint
 - Longer distance reach
 - From 100km to 1000km
 - Networks that would most likely deploy DWDM
 - Metropolitan, Regional, Long-haul

Kombinace CWDM + DWDM

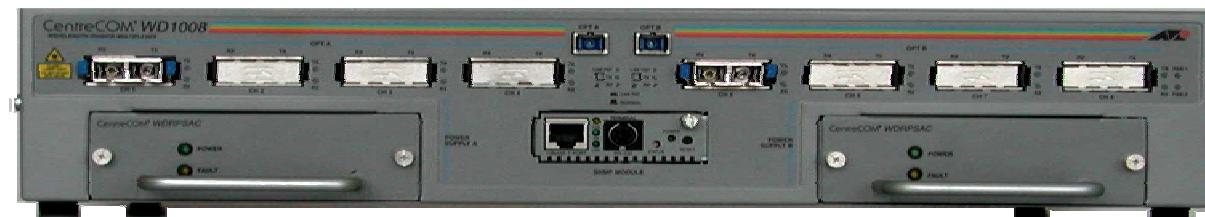
DWDM/CWDM integration



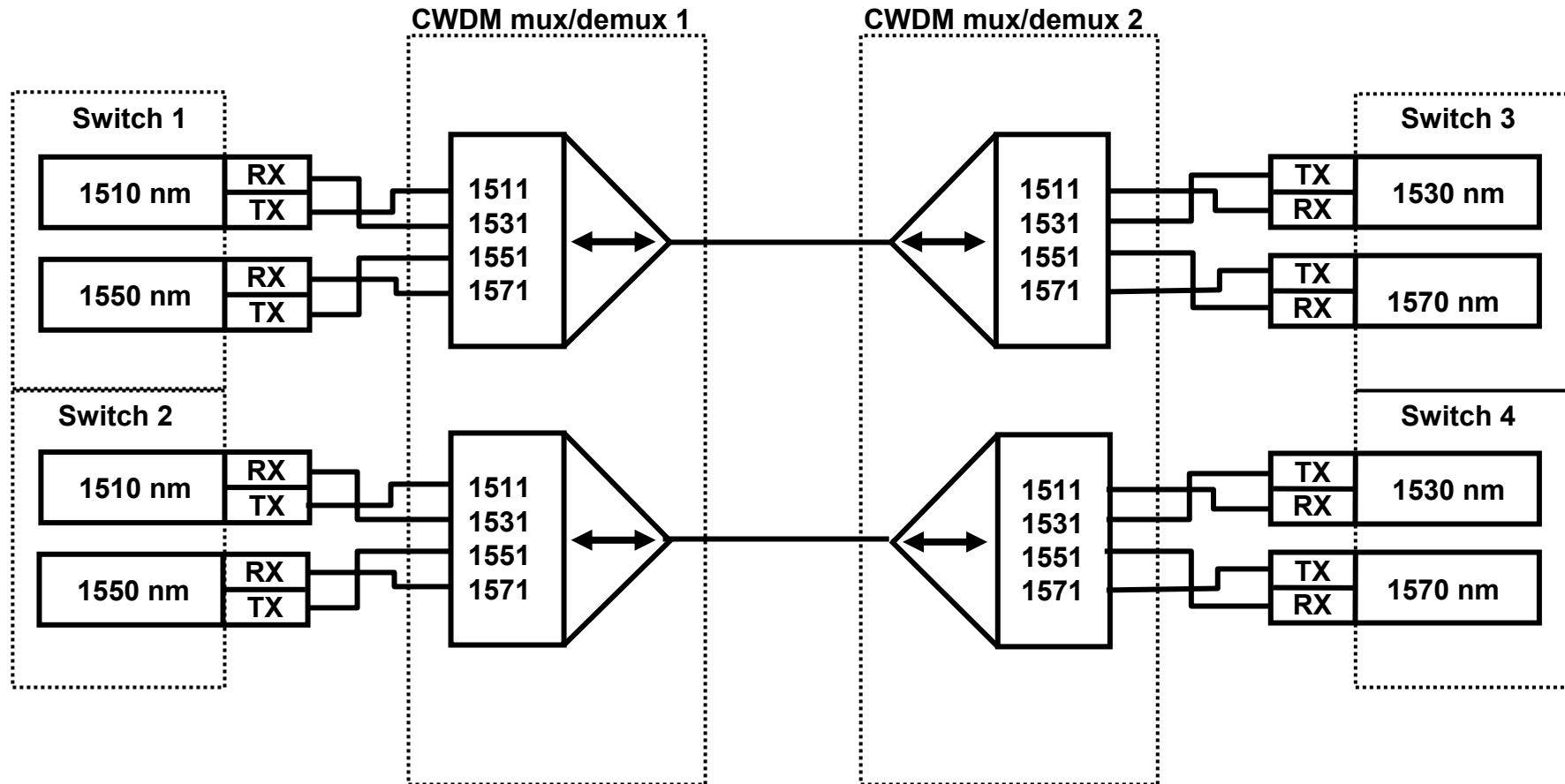
Kombinace CWDM + DWDM



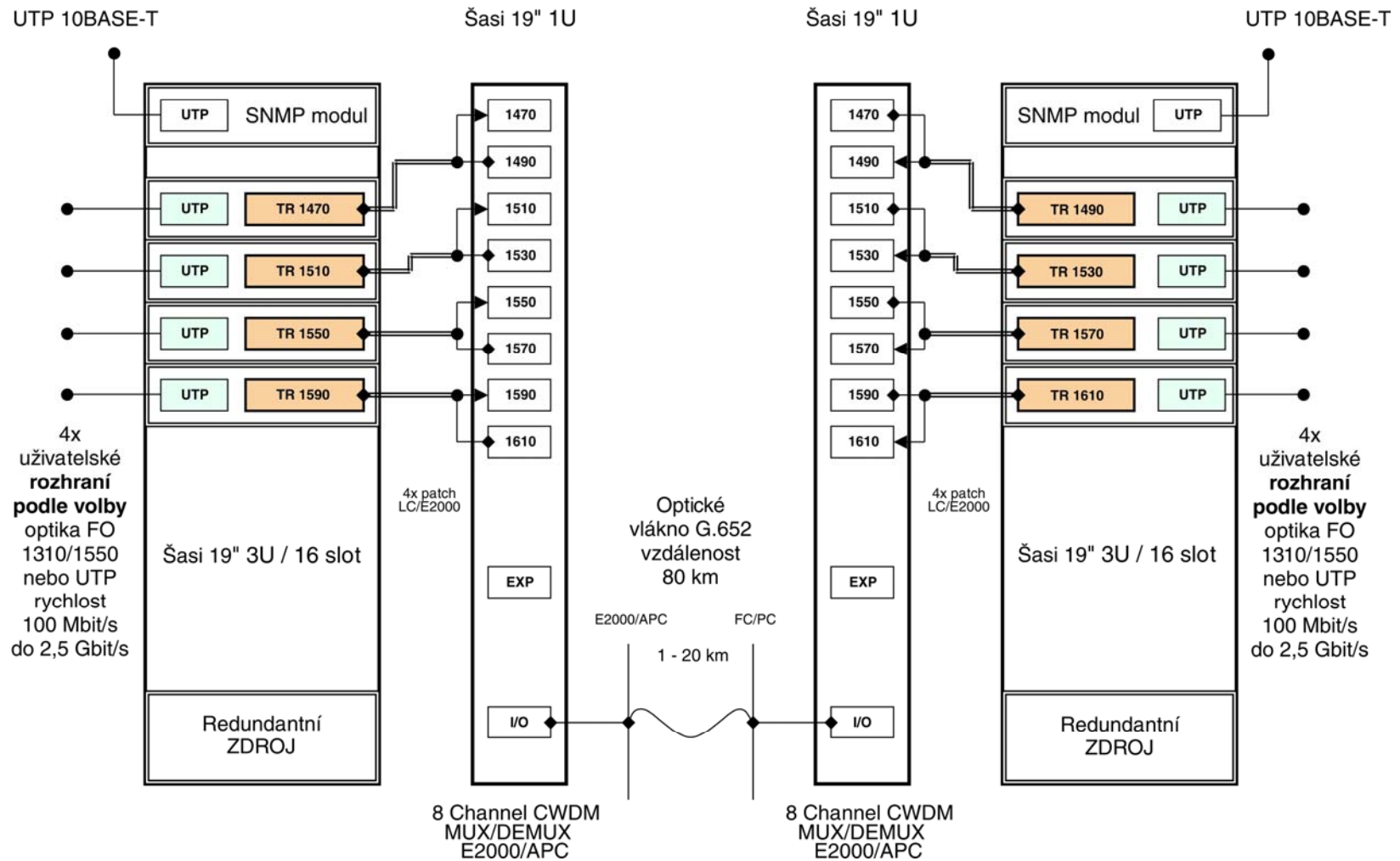
Aktivní prvky CWDM



Aplikace CWDM



Aplikace CWDM

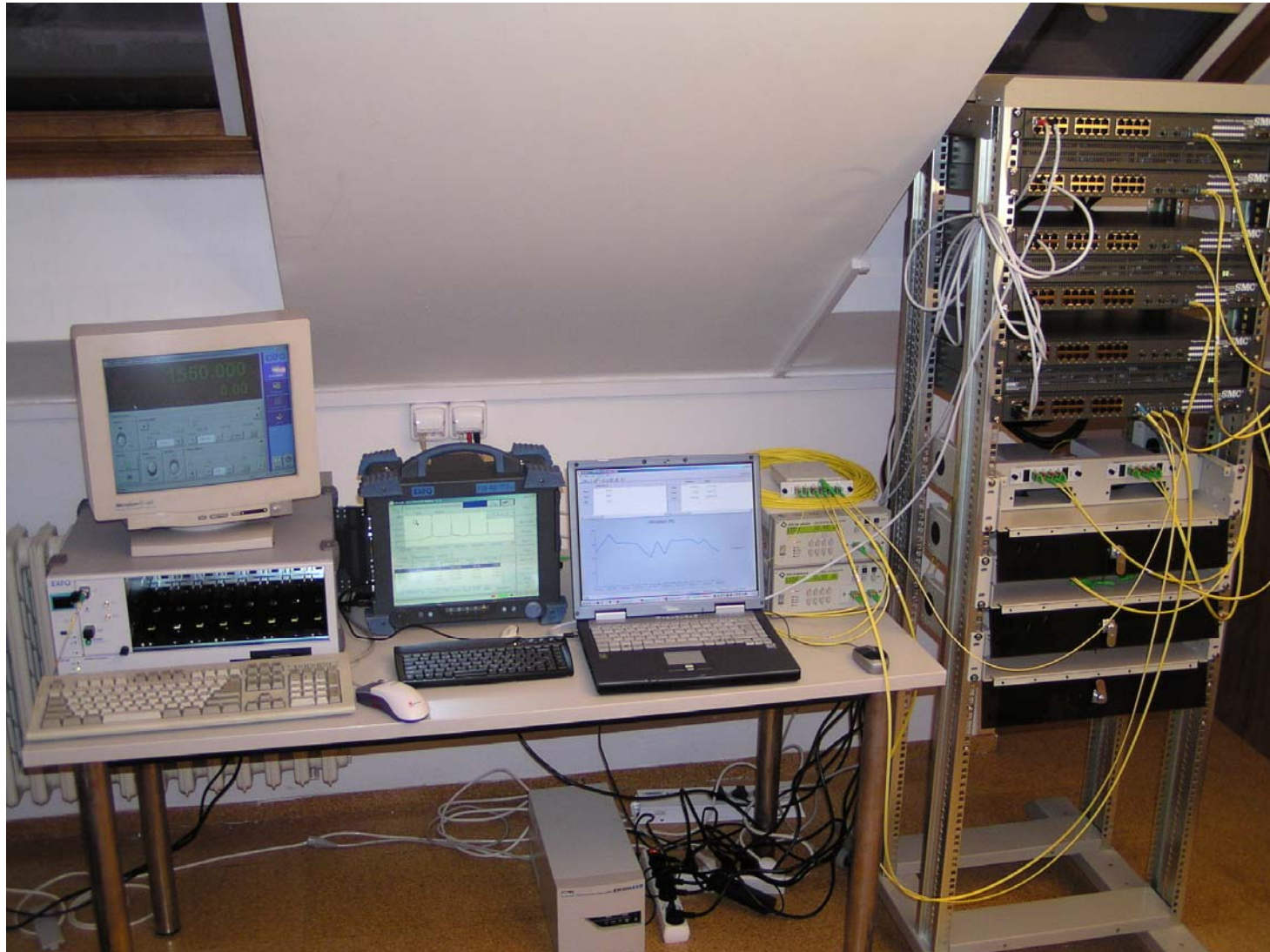


Zkušenosti

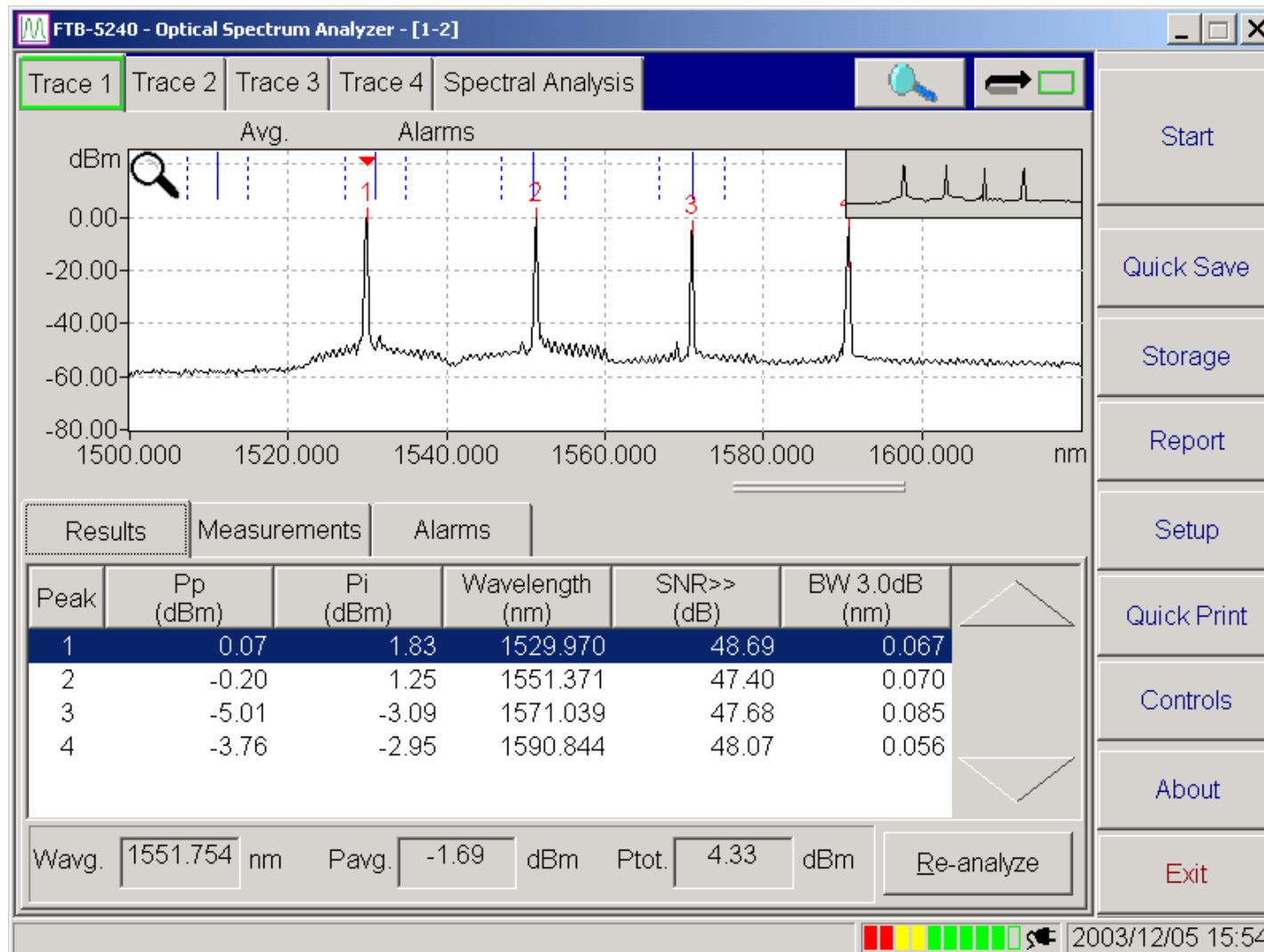
- **Říjen 2003 – zkušební zařízení - RLC**
 - Výběr komponentů, měření parametrů, zátěžové zkoušky
- **Listopad 2003 – měření v laboratoři Českého Telecomu**
 - Měření parametrů, charakteristik, zkouška na vlákne 126 km
- **Listopad 2003 - trasa Praha – Brno – páteř CzechBone (4 λ)**
 - Zkušební provoz prosinec 2003, od 2004 v reálném provozu
- **Únor 2004 – dvě trasy Praha pro ČNB**
 - Multirate CWDM transceivery 100 Mbits – 2,5 Gbits (8 λ)
- **Duben 2004 – zkouška na trase Praha – Tábor**
 - Zařízení Lumentis, zkouška provozu a měření chybovosti
 - dvě trasy 118 a 128 km

- **Příprava**
 - Rozšíření CzechBone o další trasu (8 λ), Brno – Vídeň (4 λ)
 - Návrh trasy Praha (12 λ)

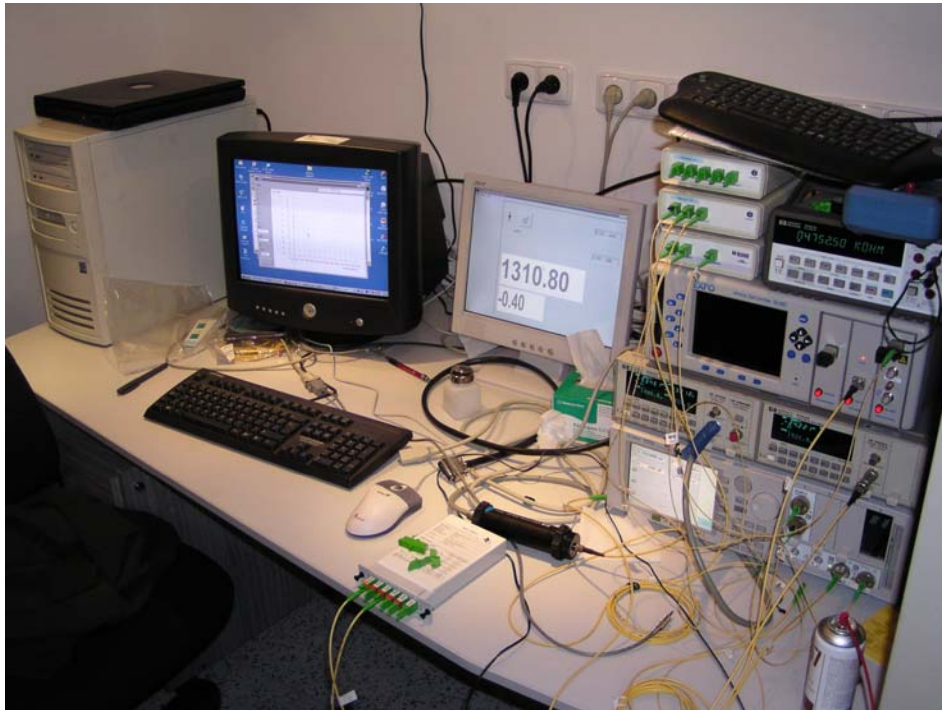
Testování RLC



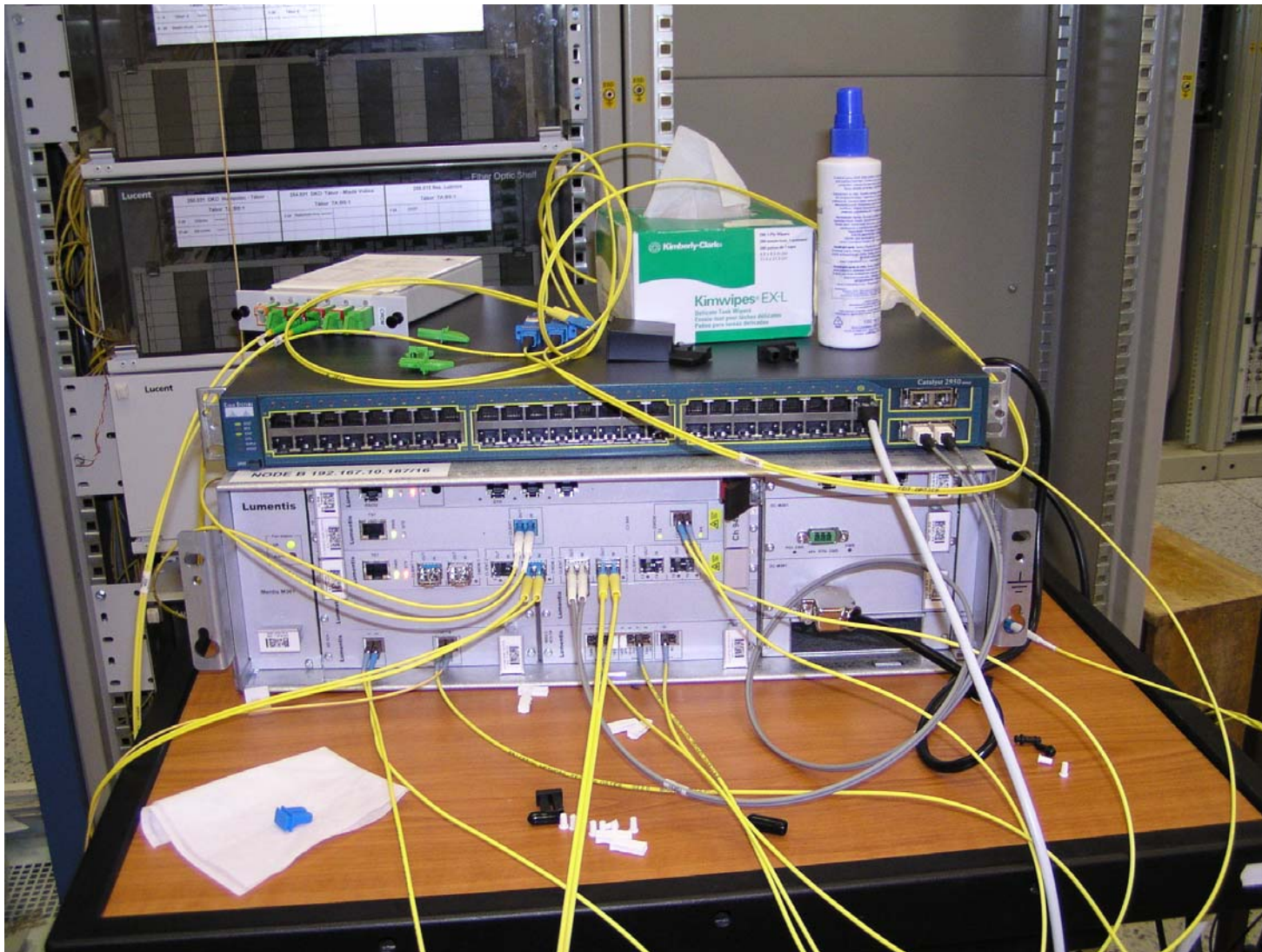
Měření OSA



Měření v laboratoři ČT



Trasa Praha - Tábor



Budoucnost CWDM

- **Aplikace v metropolitních sítích**
- **Technologie FTTx – FTTH**
- **Technologie PON**

- **Použití optických širokopásmových zesilovačů**
- **VCSEL laserové diody**
- **Rychlost 10Gbit/s**
- **Obvody elektronické kompenzace disperze**
 - DSP procesor zpracovává signál z přijímače v reálném čase
 - Možnost přenosu 10GBASE-SR na 300 m po běžných MM vláknech