



1996–2016
CESNET

Možnost sdílení vláken v metropolitní síti, navýšení přenosové kapacity od přístupové sítě až po transportní síť

Havliš Ondřej

Lada Altmannová, Miloslav Hůla, Jan Radil, Pavel Škoda, Radek Velc, Josef Vojtěch

Oddělení optických sítí CESNET

Ondrej.Havlis@cesnet.cz

<https://www.cesnet.cz>

<https://czechlight.cesnet.cz>

<https://photonics.cesnet.cz>

OSNOVA

- CESNET
- Sdílení optického media
 - Temné vlákno aneb Dark fibre
 - Cizí vlna aneb Alien Wave
 - Cizí spektrum
- Náročné aplikace a jejich propojení
- Temná vlákna v síti CESNET2
- Jednovlánové trasy
- TF infrastruktura
- Otevřený DWDM přenosový systém Czech Light
- Služby oddělení optických sítí sdružení CESNET

CESNET

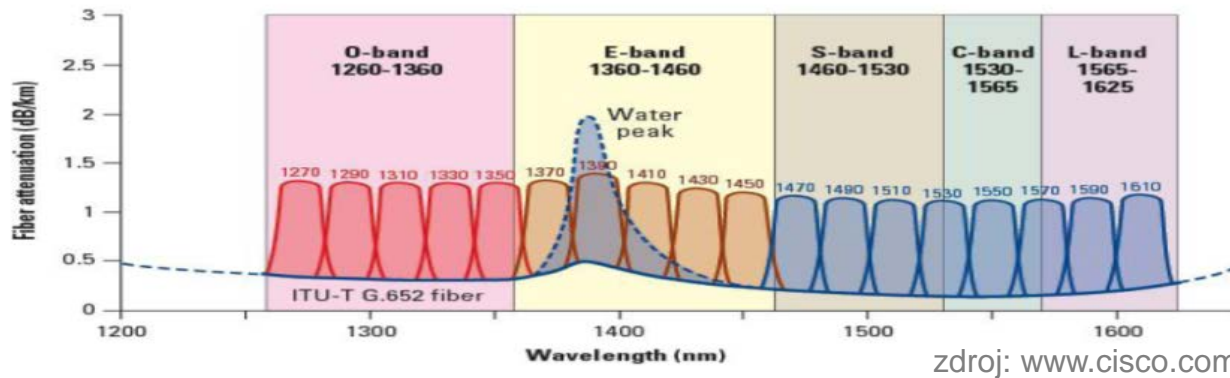
- Czech Education and Science NETwork
- Založen 1996, dnes 27 členů (české VŠ, AV ČR) a cca 280 dalších organizací
 - 20 let usilovné práce v oblasti výzkumu, inovací a vzdělávání
- Provozuje síť národního výzkumu a vzdělávání CESNET 2
- Zastupuje ČR v mezinárodních organizacích GÉANT Association (podílí se na realizaci projektu celoevropské páteřní sítě GÉANT), EGI nebo GLIF
- K e-infrastruktuře CESNET se mohou připojit instituce, které se zabývají
 - Vědou, výzkumem, vývojem včetně uplatnění jejich výsledků v praxi
 - Experimentálním vývoje nebo inovacemi v průmyslu i jiných oborech
 - Šíření vzdělanosti, kultury a prosperity
 - Vybrané sítě veřejné správy
- Hlavní cíle
 - Výzkum a vývoj informačních a komunikačních technologií
 - Budování a rozvoj e-infrastruktury CESNET určené pro výzkum a vzdělávání
 - Šíření vzdělanosti, kultury a poznání
- **Projekt Velká infrastruktura CESNET 2016-2020**
 - Navazuje na minulý úspěšný projekt
 - Vícevrstvá národní komunikační infrastruktura pro výzkum, experimentální vývoj, inovace a vzdělávání, která je propojena se zahraničními NRENs a je součástí pan-evropských infrastruktur GÉANT a EGI

Sdílení optického media

- **Temné vlákno aneb Dark fibre**
 - Nenasvícené vlákno → není nasazena žádná přenosová technologie
 - Ve vlastnictví nebo v pronájmu
- **Co nám umožňuje**
 - Využít optimální řešení ušité na míru
 - Nasazení jakékoliv přenosové technologie, ať už aktivní nebo pasivní, a zejména jejich kombinace (FWDM, CWDM, DWDM, OpenDWDM, FTTx atd..)
 - Plnou šířku přenosového pásma → pro dálkové přenosy se používá část spektra s nejnižším útlumem vlákna kolem 1530 - 1610nm, tzv. třetí přenosové okno
 - **Vytváří prostředí které umožňuje sdílení optického spektra**

Sdílení optického media

- Temné vlákno aneb Dark fibre
- Kapacita temného vlákna
 - Tradiční technologie – 96 kanálů @ 10 Gbit/s – 0,96 Tbit/s
 - Současná technologie – 96 kanálů @ 100 Gbit/s – 9,6 Tbit/s
 - Nastupující technologie – 66 kanálů @ 400 Gbit/s – 25,5 Tbit/s *
 - Na trhu existuje (15let) technologie i pro L pásmo – 90nm
 - V nízkoútlumovém okně pro jednovidové vlákno ~ 400nm



* 400Gbit/s, 75GHz, DP-16QAM

Sdílení optického media

- **Temné vlákno aneb Dark fibre**
- Extrémní aplikace dnes již existují
 - Radioteleskop SKA (2Tbit/s @ 27 Tbit/s)
- Internet věcí, nejen spotřebiče ale hlavně senzory, včetně komunitních projektů
 - Blitzortung.org A World-Wide Low-Cost Community-Based Time-of-Arrival LightningDetection and Lightning Location Network



S. Miteff: Location of the Square Kilometre Array Data Processor, TNC 2014

Sdílení optického media

- Temné vlákno aneb Dark fibre
- Při využití DF je nutné zajistit
 - Měření (útlum, odrazy, disperze...)
 - Údržbu
 - Nasvícení

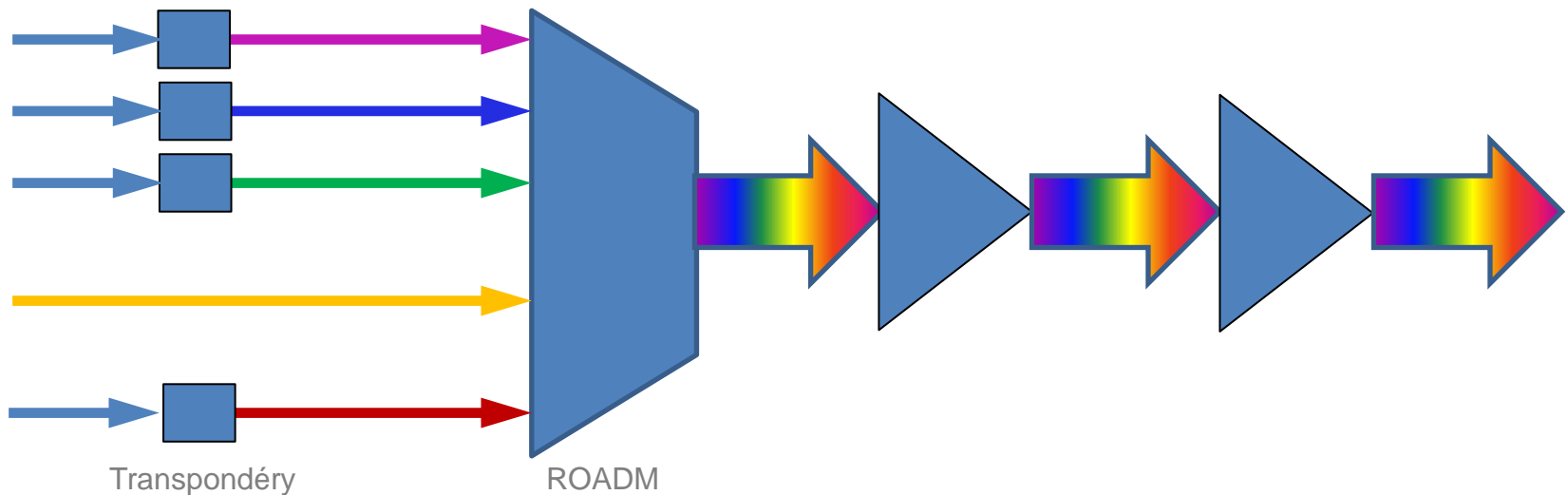


zdroj: www.wikipedia.cz

Sdílení optického media

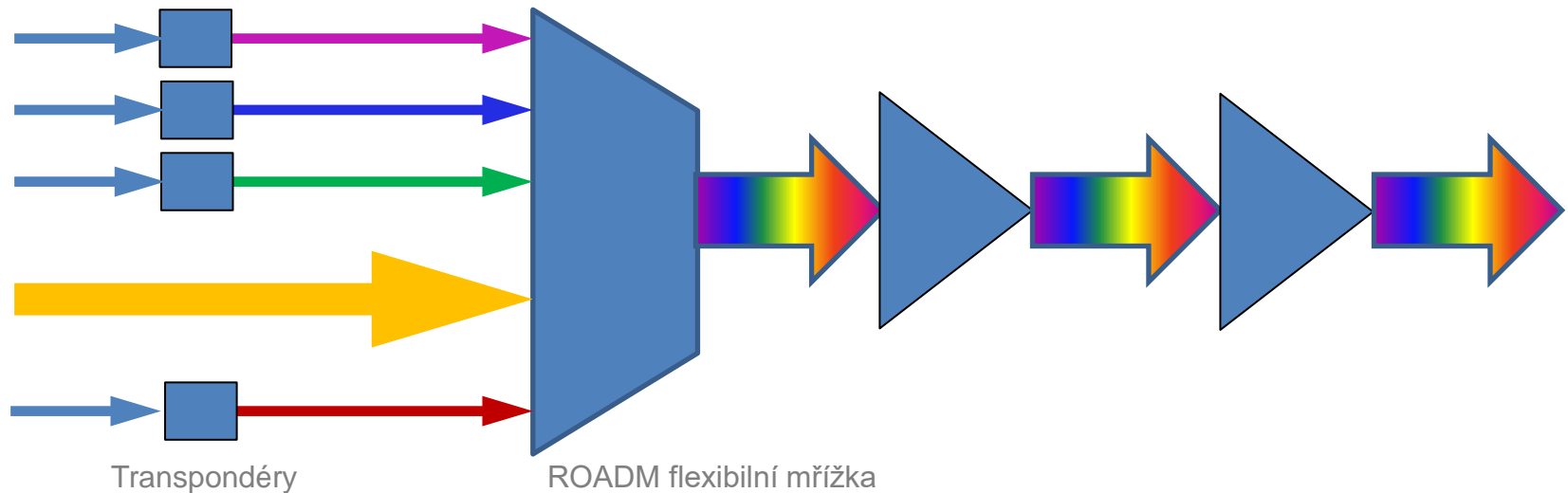
- **Cizí vlna – Alien Wave**

- DWDM signál není generován transpondérem přenosového systému
- V případě konceptu IPoDWDM není generována ani routerem spřaženým s přenosovým systémem
- Používání a zájem narůstá
- Celá řada otázek, vzájemné ovlivňování ostatních vln, bezpečnost,...



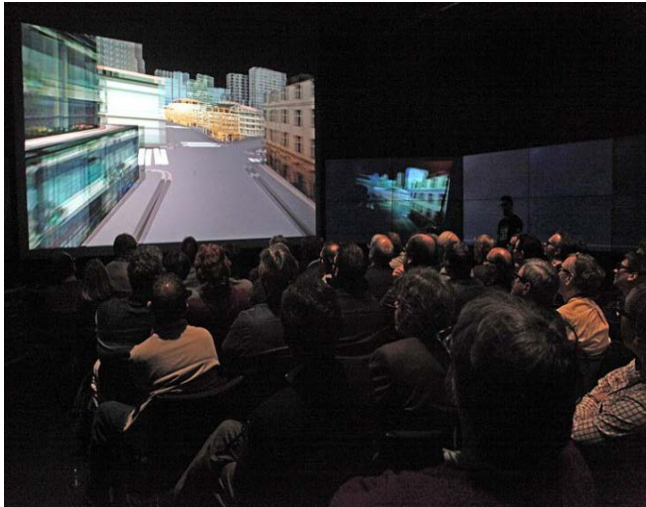
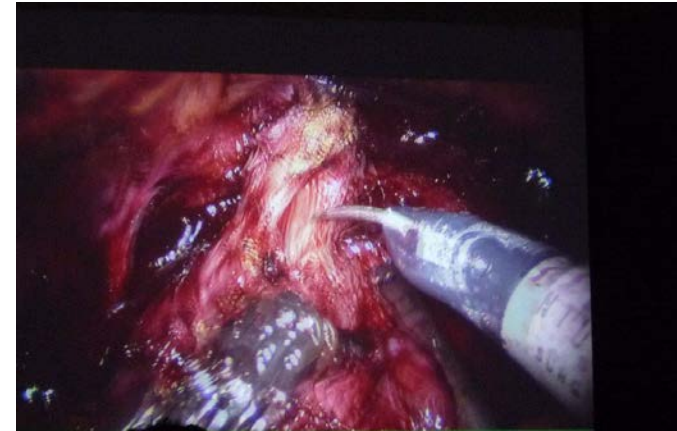
Sdílení optického media

- **Cizí spektrum**
 - Rozšíření konceptu Cizích vln do prostředí flexibilní mřížky
 - Předchozí otázky mnohem naléhavější



Náročné aplikace a jejich propojení

- Nízké a zejména stabilní zpoždění
- Interaktivní 3D HD+, 4K video
- Vzdálené řízení unikátních přístrojů
 - **Robotické operace**
- (Tele)metrologie
- Aplikace pro spolupráci
 - Video konference, kulturní představení,...



Náročné aplikace a jejich propojení

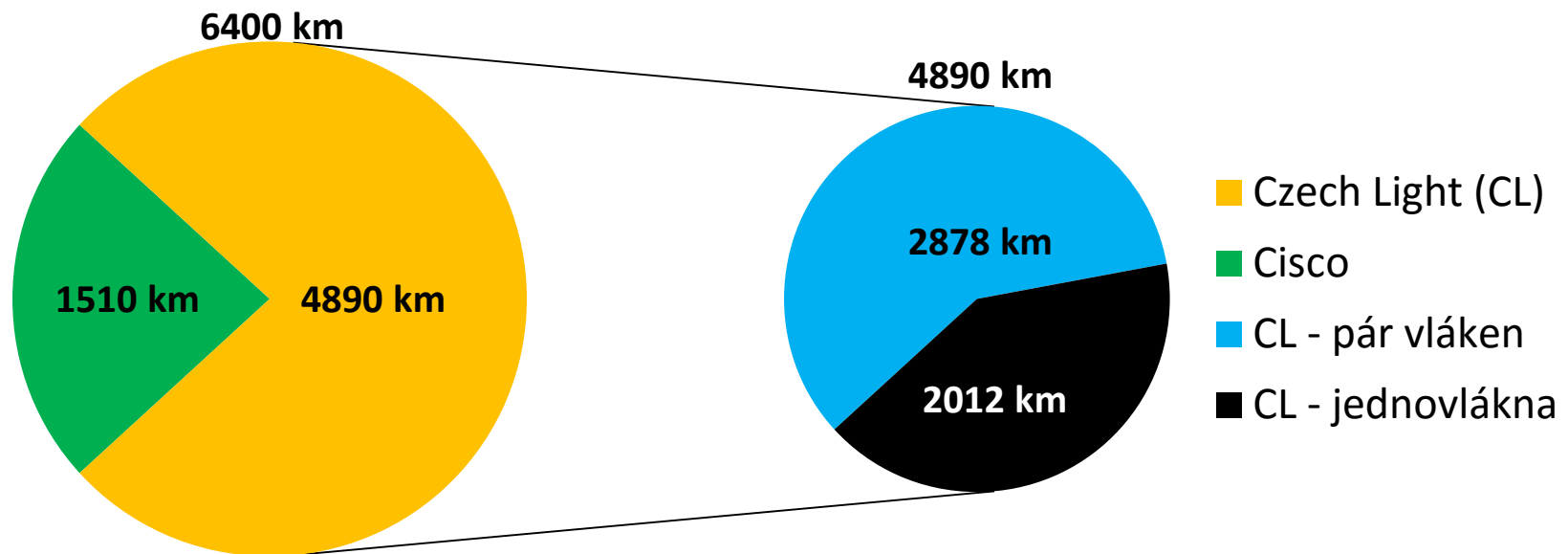
- Vyhrazená (čistě optická) lambda
- Specializovaný video HW – vlastní zpoždění 1ms (cca 200 km)
- Transportní zpoždění u uskutečněných přenosů
- All-optical: 130 km, < 1 ms
- All-optical: 550 km, < 3 ms
- IP: Tsukuba, JP, cca 150 ms
- IP: London, 1000 km, < 30 ms



Temná vlákna v síti CESNET2

- Přes **6400 km** tras DF (obvod ČR 2290 km) vysoké pokrytí na 78 864 km²
- Včetně více jak 2012 km jednovláknových tras
- Dva komplementární přenosové systémy
 - Proprietární 1510 km
 - Otevřený 4890 km

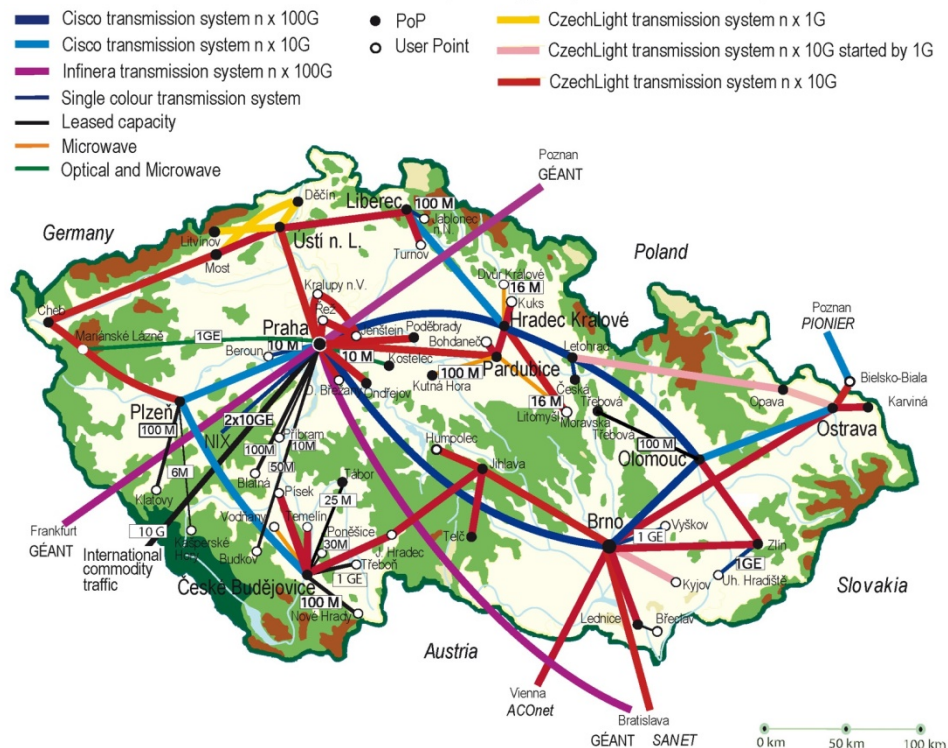
Nasvícení DF



Temná vlákna v síti CESNET2

- Nasazeno přes 110 prvků CL family v páteřní síti
- Lepší využití kapacity temných vláken (souběh systémů C+L+BiDi)
- Zvyšování spolehlivosti sítě (23 zakruhovaných lokalit)

CESNET2 Topology (March 2016)



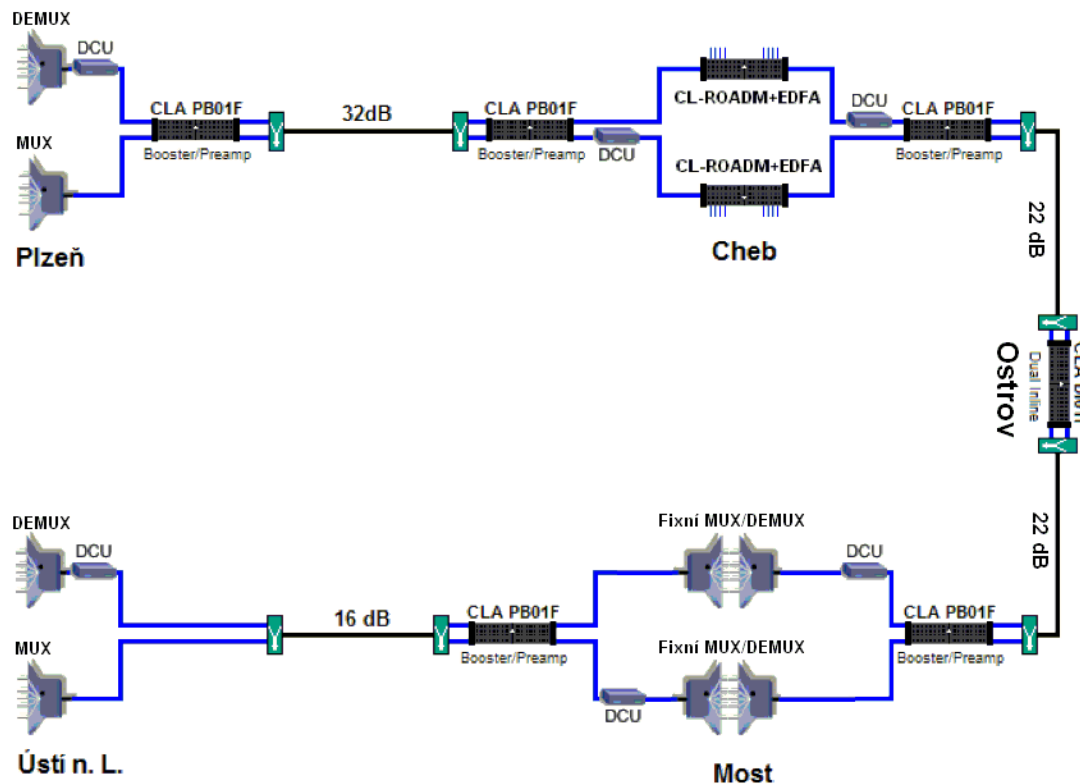
Jednovláknové trasy

- **Obousměrný přenos v jednom vlákně**
- Polovina kapacity, ale i tak **40 kanálů**
 - (0,4Tbit/s nebo 4Tbit/s)
- **Úspora cca 40%** z ceny pronájmu páru vláken
 - (cca 0,2 z 0,5 EUR/metr/rok*)
- **Rozdíl v ceně přenosového systému malý**
 - Pro srovnání - roční odpis přenosového systému (10Gbps)*
 - 0,12 EUR/metr/rok systém velkého výrobce
 - 0,042 EUR/metr/rok otevřený systém

* S. Sima et al: Deliverable D3.2v3 of Porta Optica project: Economic analysis, dark fibre usage cost model and model of operations
http://www.porta-optica.org/publications/POS-D3.2_Economical_analysis.pdf

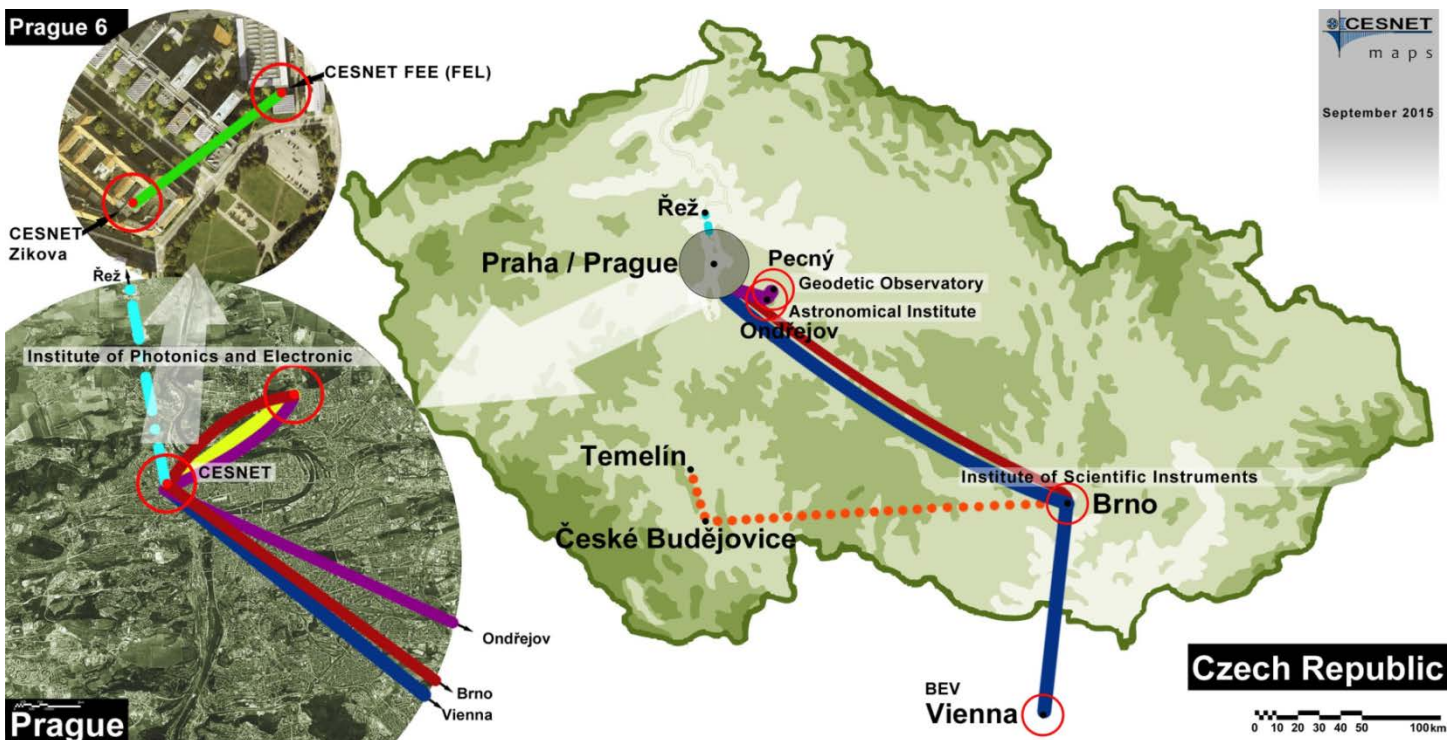
Jednovláknové trasy

- Naprosto stejné možnosti jako u trasy využívající párem vláken
 - Pasivní i aktivní
 - Vzdáleně rekonfigurovatelné
 - Pro přenos pokročilých služeb



TF infrastruktura

- Vytvářena od roku 2011
- Určena pro přenos přesného času a stabilní frekvence
- Délka tras na obrázku cca 1400 km, 900 km v provozu
- Jednovláknové trasy výhodou



Open DWDM přenosový systém



- Vyvíjen průběžně od roku 2003
- Chráněn patenty ČR, EU, USA a Irský patent
- Kompletní rodina zařízení pro DWDM optický přenosový systém
- Využívá komerčně dostupné transceivery
- Lepší využití kapacity vláken (souběh systémů C+L+BiDi)
- Zařízení nasazena také v Anglii, Dánsku, Egyptě, Jordánsku, Slovensku, Srbsku a na Ukrajině
- Aktuálně zařízení vyvíjena ve spolupráci s licenčními partnery
 - OPTOKON a.s.
 - RLC Praha a.s.
 - Montabras Optics s.r.o.

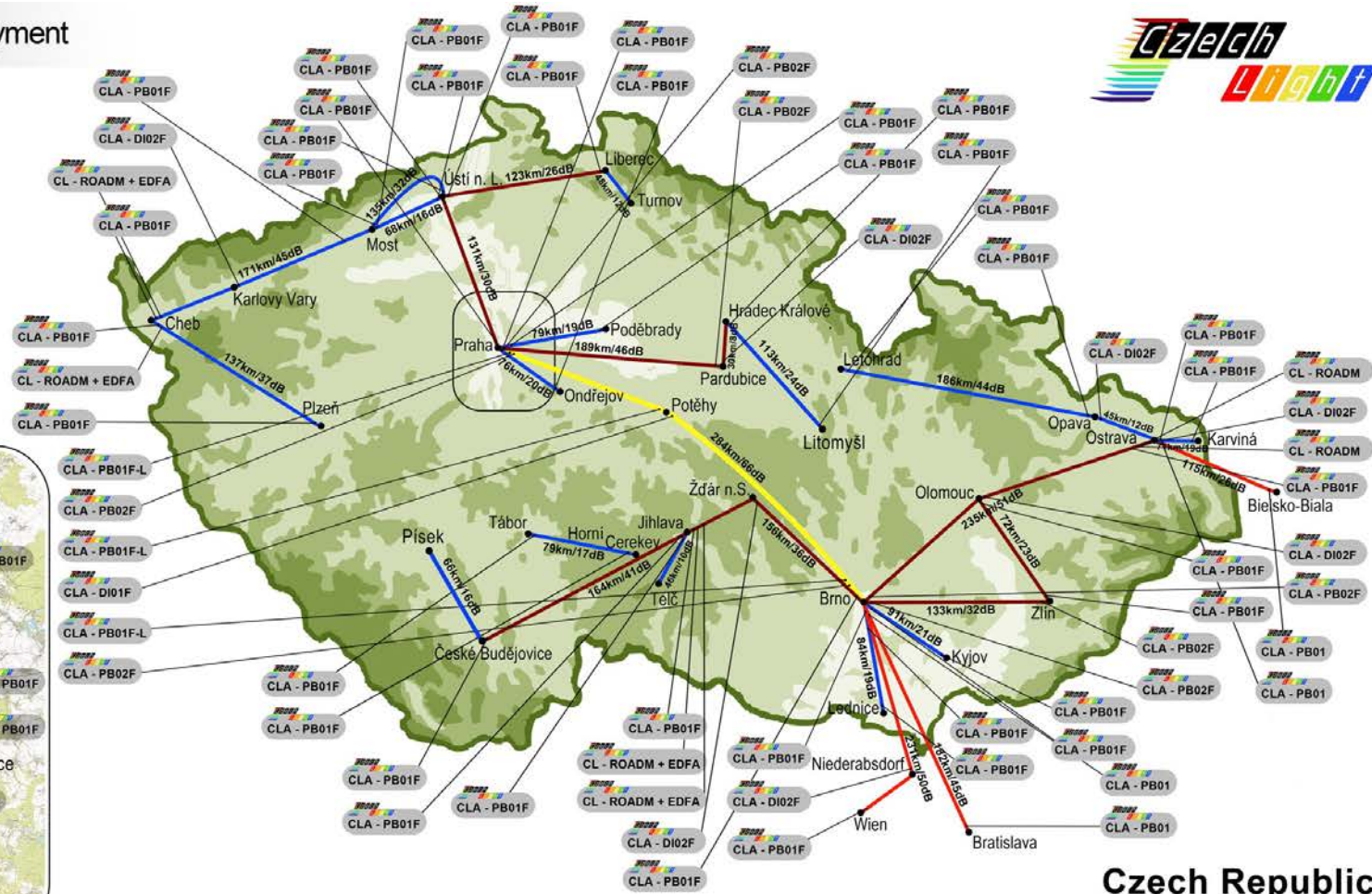
Otevřený DWDM přenosový systém

- V síti CESNET 2 je nasezeno více jak 110 zařízení

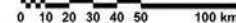
Czech Light device deployment



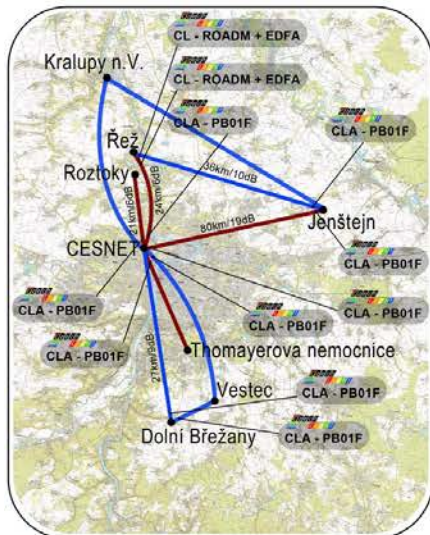
- key:
- fibre pair
 - single fibre
 - international line (fibre pair)
 - fibre pair
 - C and L band, BiDi



Czech Republic



Praha



Otevřený DWDM přenosový systém

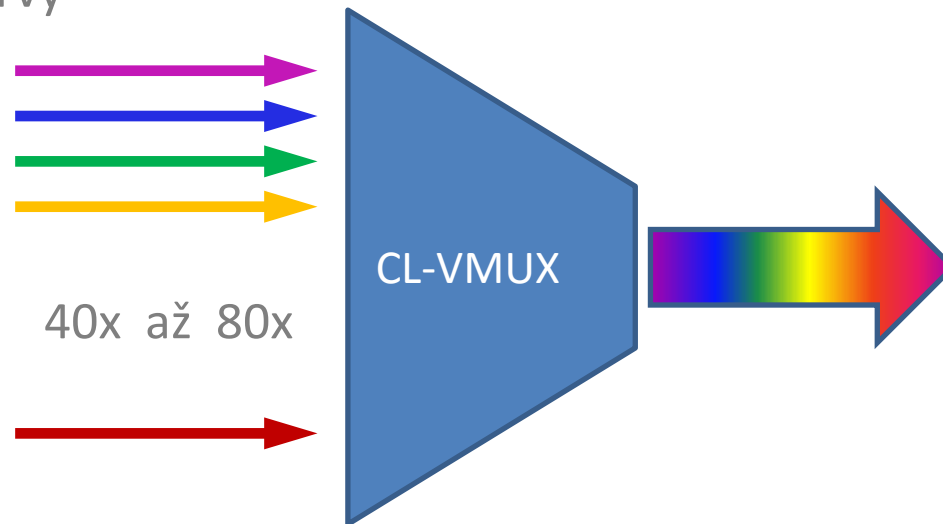


- Lighting řešíme vždy na míru, podle potřeby požadavků a využití
 - Pár vláken/jednovlákno
 - S kompenzací CD nebo BEZ
 - Na základě parametrů optického vlákna (útlumu, CD a odrazů)
 - Booster/Preamp <->Inline <->Preamp/Booster
- Dynamické prvky/zařízení
 - Vzdálené ovládání, možnost řízení až do úrovně jednotlivých kanálů
 - Poskytování kanálů, monitoring
 - Kapacitu lze sdílet po kanálech/skupinách s více subjekty
 - Spectrum as a Service - SaaS

Otevřený DWDM přenosový systém



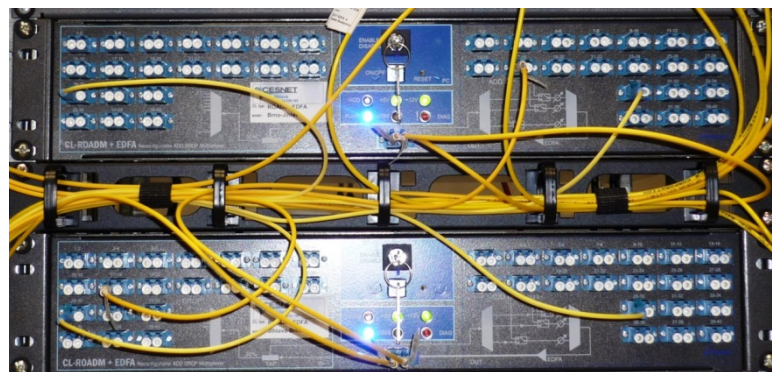
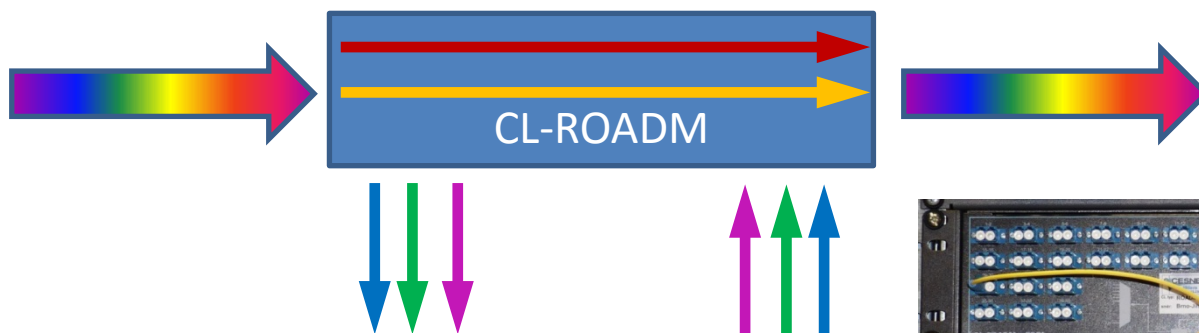
- Czech Light variabilní multiplexer **CL-VMUX**
 - Spojuje jednotlivé optické kanály do DWDM signálu a na opačném konci trasy DWDM signál opět rozděluje na jednotlivé optické kanály
 - Bez ručního vkládání atenuátorů, odlišnost od klasického multiplexeru
 - Monitoring úrovní v kanálech
 - Může být i bezbarvý



Otevřený DWDM přenosový systém



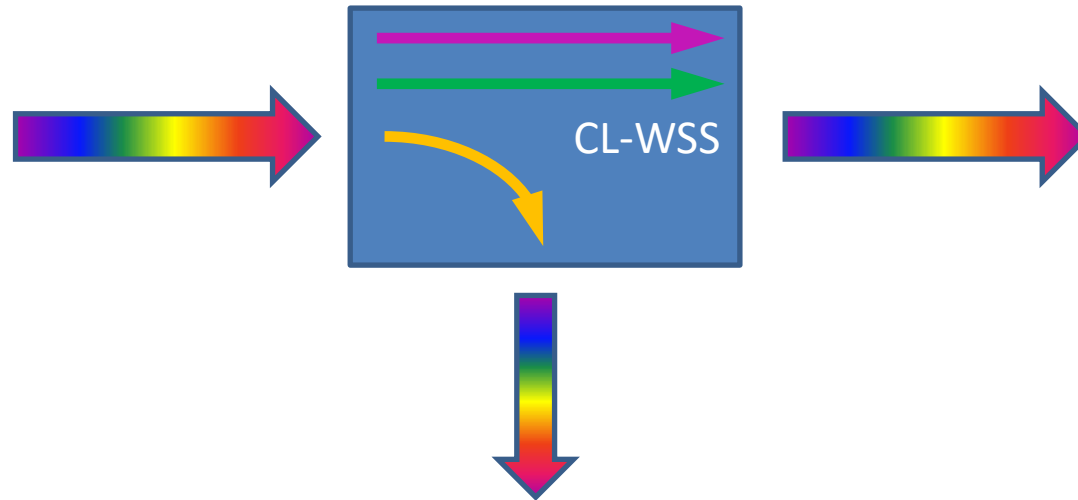
- Czech Light rekonfigurovatelný Add-Drop multiplexer **CL ROADM**
 - Umožňuje operátorovi vzdáleně nastavit distribuci signálu v optickém uzlu sítě (vybočování a vkládání kanálů)
 - Vyrovnávání výkonových úrovní, monitoring úrovní v kanálech
 - Lokální porty mohou být bezbarvé



Otevřený DWDM přenosový systém



- Czech Light selektivní přepínač vlnových délek CL WSS
 - Slouží ke směrování kanálů z vlákna do vlákna jiné linky
 - Vzdálené přepínání celých skupin kanálů
 - Vyrovnávání výkonových úrovní, monitoring úrovní v kanálech



Služby sdružení CESNET

Zjištění dostupnosti vláken

Konzultace k nasvícení vláken

Konzultace k nestandardním přenosům

Projektování nasvícení vláken (pár/jedno)

Dohled optických prvků

Měření v laboratoři

Pronájem přístrojů

Služby testbedu

Poděkování

PROFiber Networking CZ s.r.o. za pozvání

&

Kolegům za cenné rady a zkušenosti

Děkuji za pozornost

Dotazy?

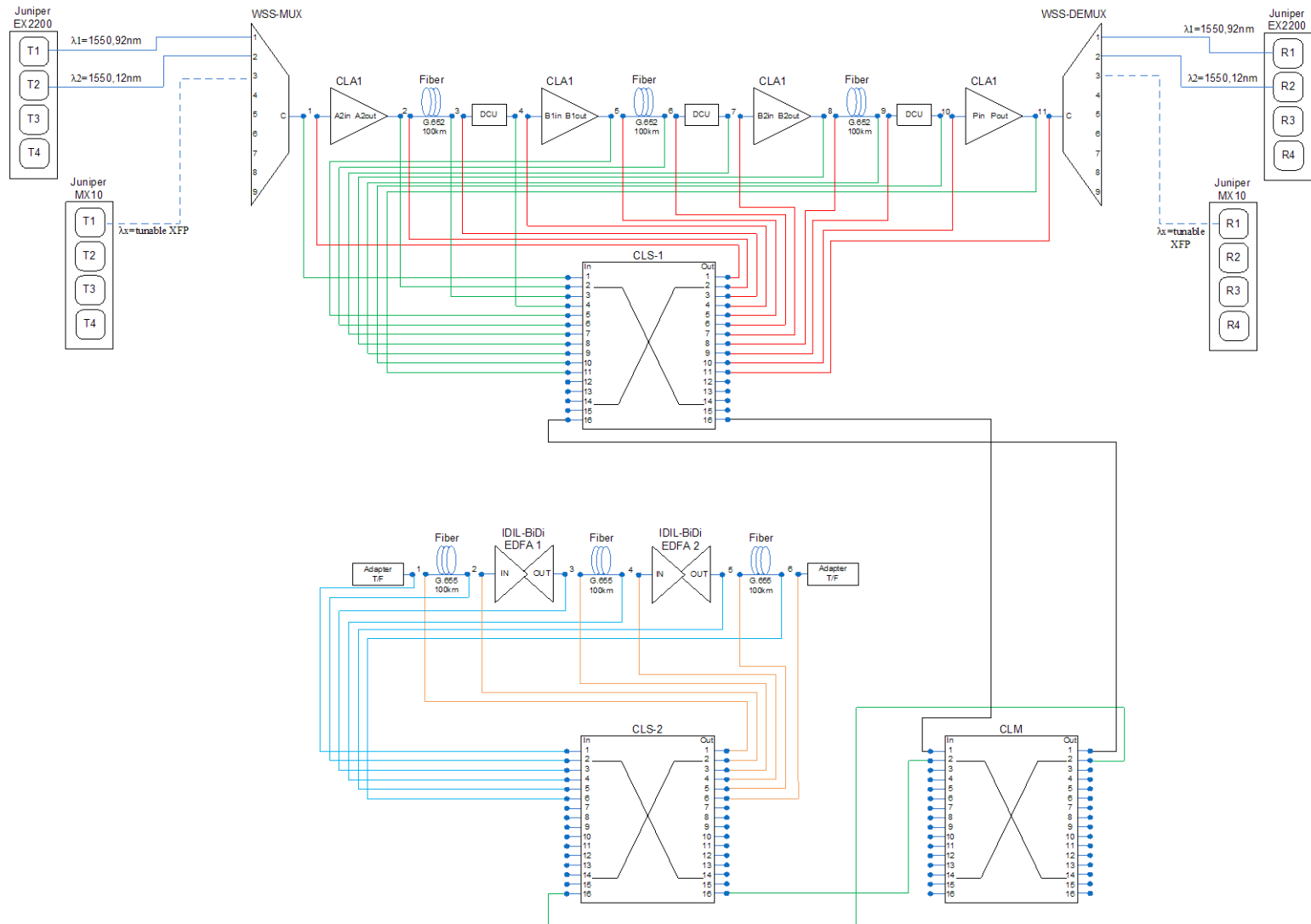
Ondrej.Havlis@cesnet.cz

Fotonický systém pro spolupráci

- **Dvě nezávislé trasy**
 - Optické cívky G. 652 @ 300 km + kompenzátory disperze
 - Optické cívky G. 655 @ 300 km
 - Pro obousměrný přenos přesného času a frekvence T/F
- **CLS Czech Light Switch**
 - Optický přepínač slouží jako centrální bod pro připojení/odpojení optických komponent (Mux/Demux, optických vláken, zesilovačů a kompenzátorů...)
- **CLM Czech Light Multicast Switch**
 - Optický multicastový přepínač bude sloužit jako "univerzální monitor port" pro měřicí přístroje
- Následně propojení s Geant Testbed Service (GTS)



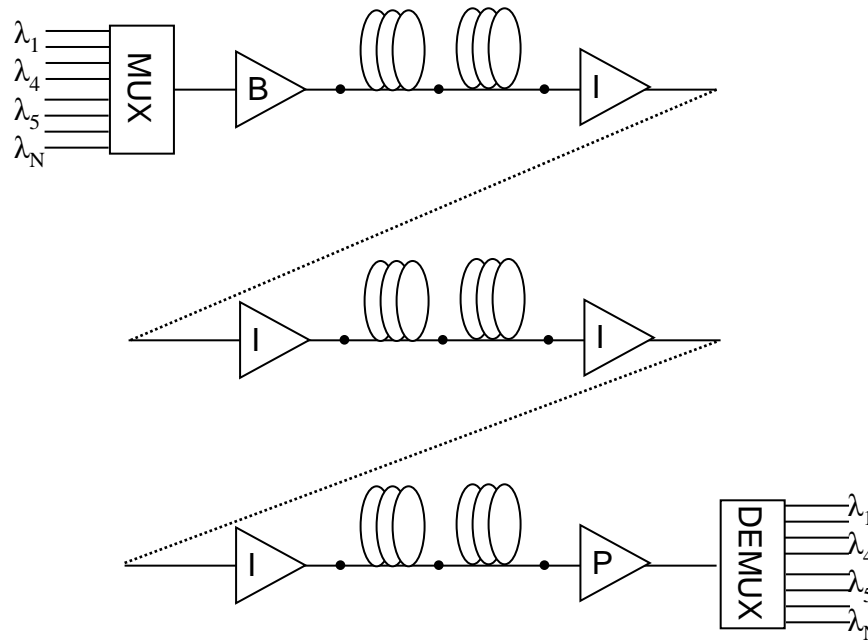
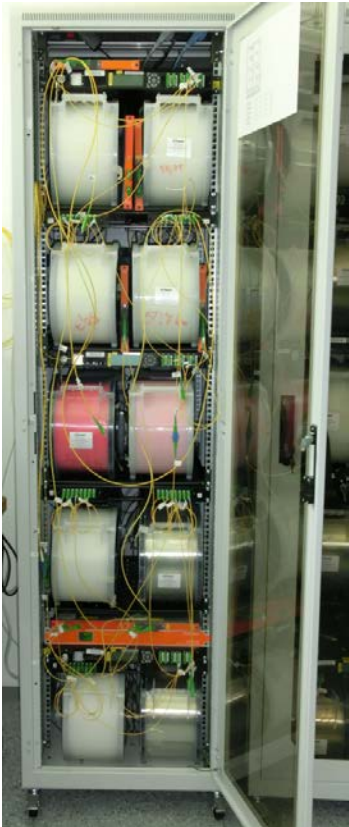
Fotonický systém pro spolupráci



Vláknový testbed 3000km

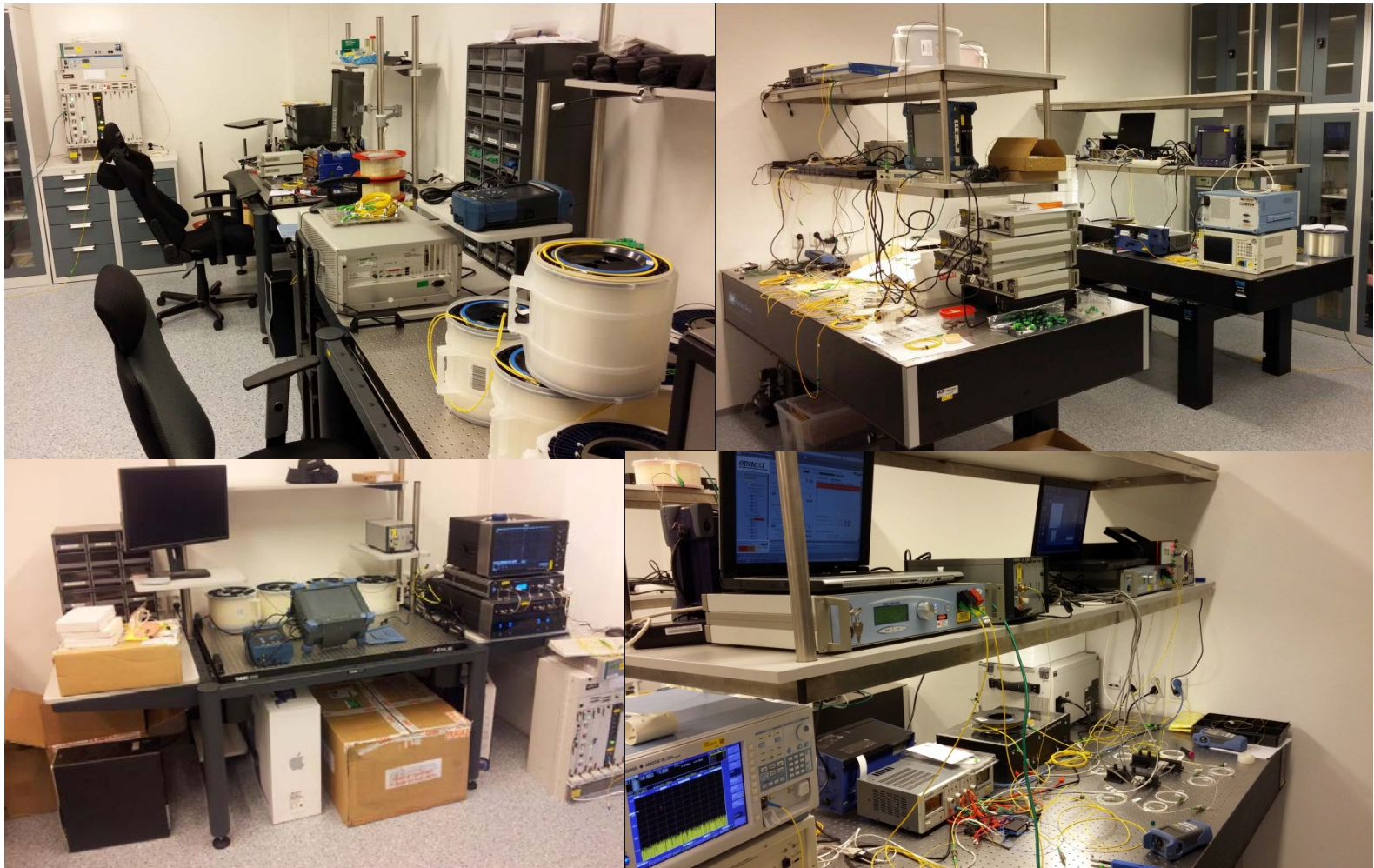
- Celkem 3000 km vlákna G.652D na cívkách
- Jedna cívka 50 km – nejmenší granularita
 - K dispozici 5/10/25km, ale mimo tento testbed
 - Podobně vlákna typu G.655+ a G.655-
- Součástí optické zesilovače CzechLight CLA
 - 2x booster, 2x preamp, 28x inline
 - 4 inline moduly v 1U šasi pro úsporu místa
- Kompenzátory disperze DCF a FBG

Vláknový testbed 3000km



- 200 km G.652D na jednu polici – 1000 km v racku
- Různé barvy cívek, ale stejná vlákna
- Poslední testování: 2x200G přes 1000 km

Optická laboratoř



Showroom CESNET

- Ukázka optické trasy s využitím CLA zesilovače
 - CLA PB02 (Booster+Preamp) a 150km optické trasy

