

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

Diagnostika koherentních signálů transportních DWDM systémů

WWW.PROFIBER.EU

...umění optické komunikace

...umění optické komunikace

Josef Beran, Jan Brouček

josef.beran@profiber.cz

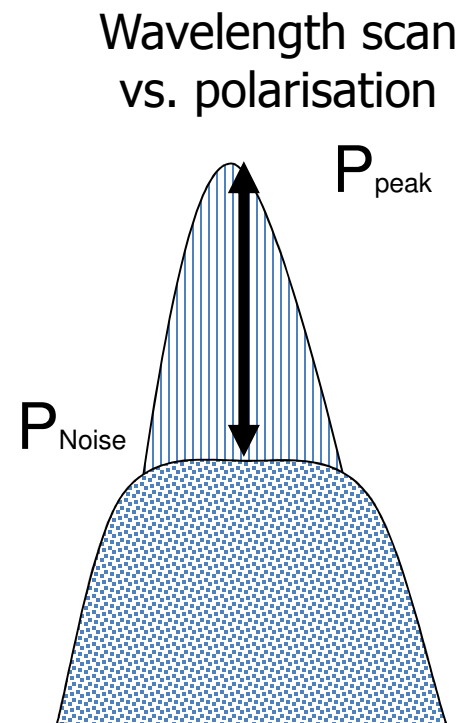
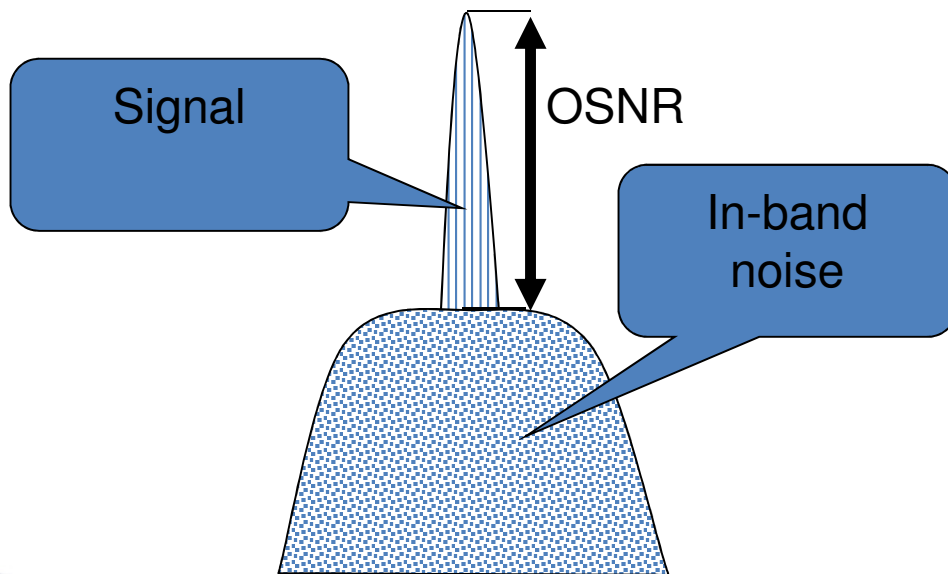
jan.broucek@profiber.cz

www.profiber.eu | info@profiber.eu | Copyright © PROFiber Networking s.r.o.



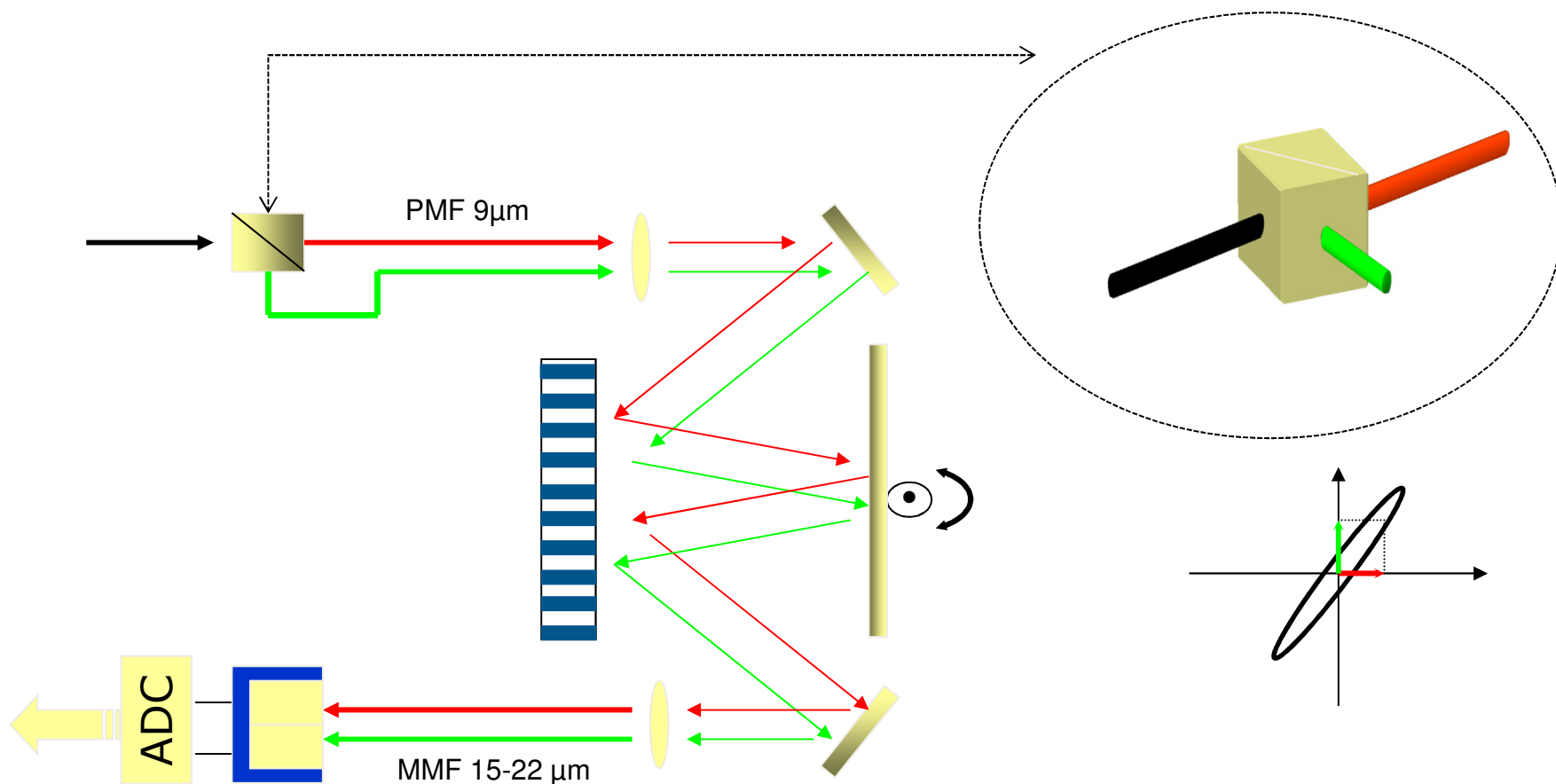
ROADM – jak odlišit šum a signál v kanálu?

Úvaha: šum není polarizován (vzniká ze spontánní emise) zatímco signál je vysoce polarizován (zdroj DFB laser v TX)



EXFO OSA Design

OSA EXFO FTB-5240, FTB-5240B, FTB-5240S pol splitter.



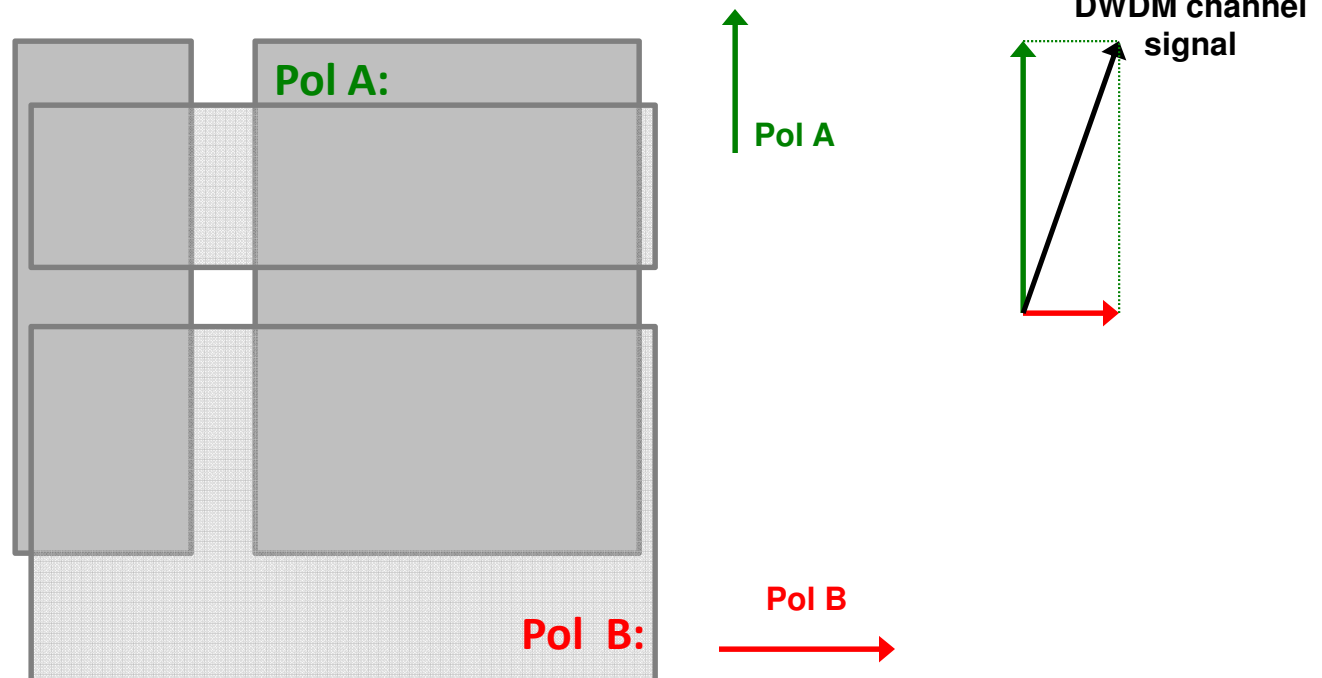
InBand metoda



OSA: FTB-5240S-P in FTB-500-QTY

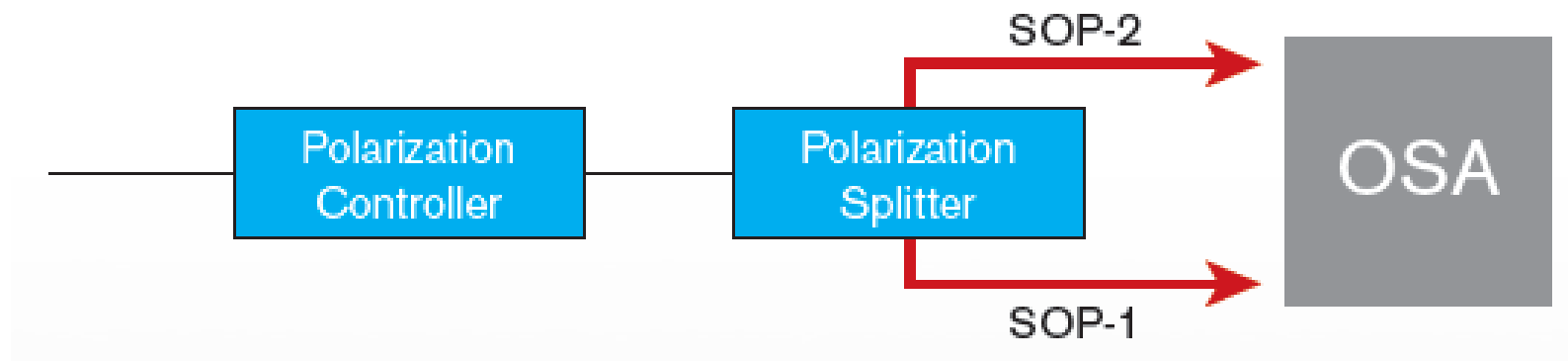
Number of scans: 100

RBW: 65pm



InBand metoda

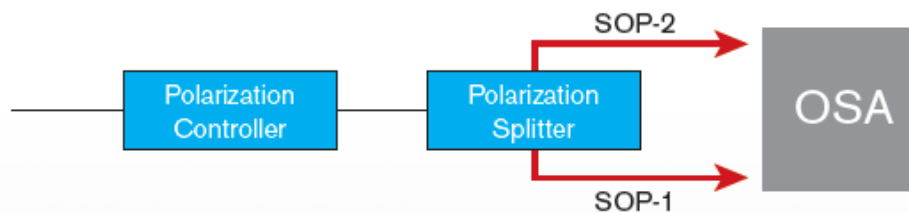
2 polarizace - 2 cesty – 2 detektory (SOP-State of Polarization)



InBand metoda

EXFO Design:

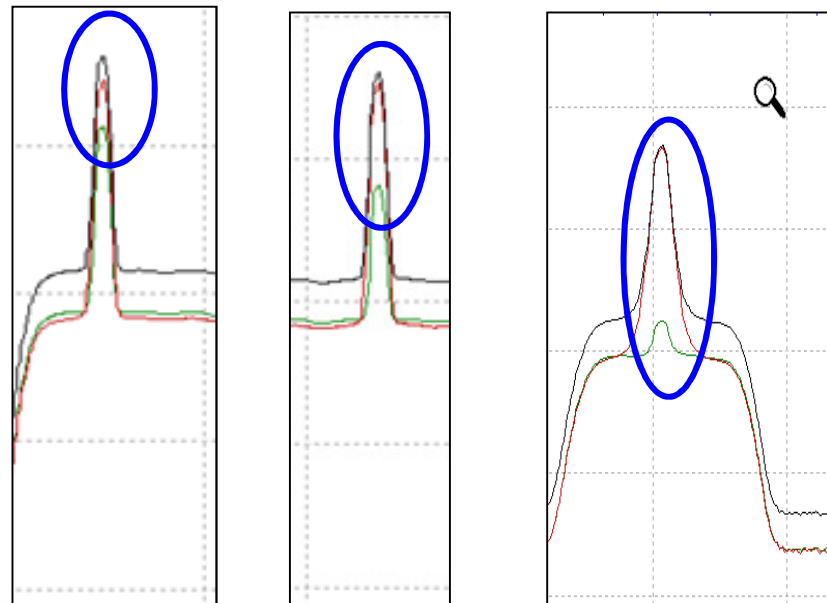
3 dB rozdíl (SOP1 minus SOP2).



Vpravo -

každý ze tří obrázků ukazuje

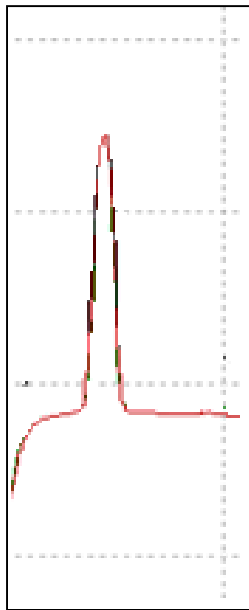
- Náměr pro jednu polarizaci **SOP1**
- Náměr pro druhou polarizaci **SOP2**
- Součet obou náměrů _____



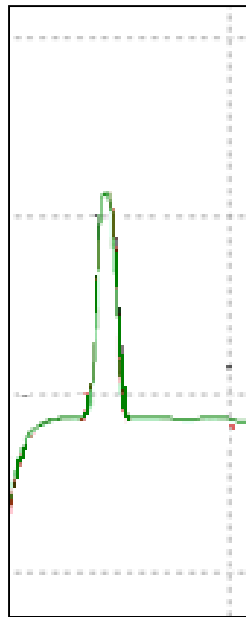
InBand metoda

1. krok: rozdíl **SOP1**-**SOP2**

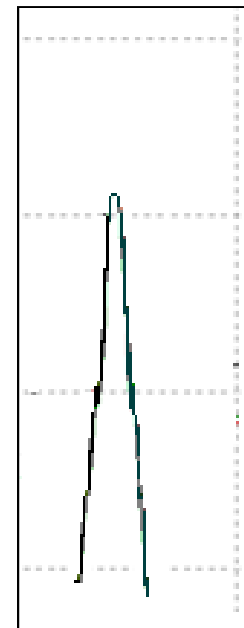
Náměr bez šumu
(šum se odečte,
vyruší)



minus

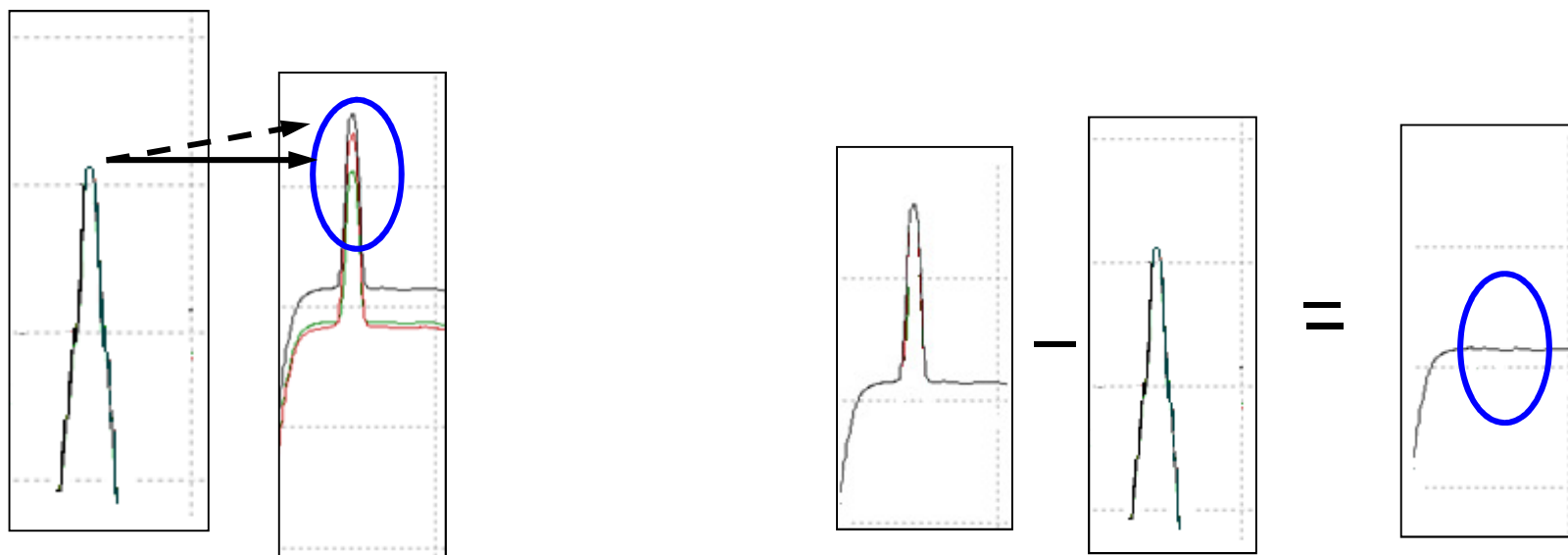


rovná se



InBand metoda

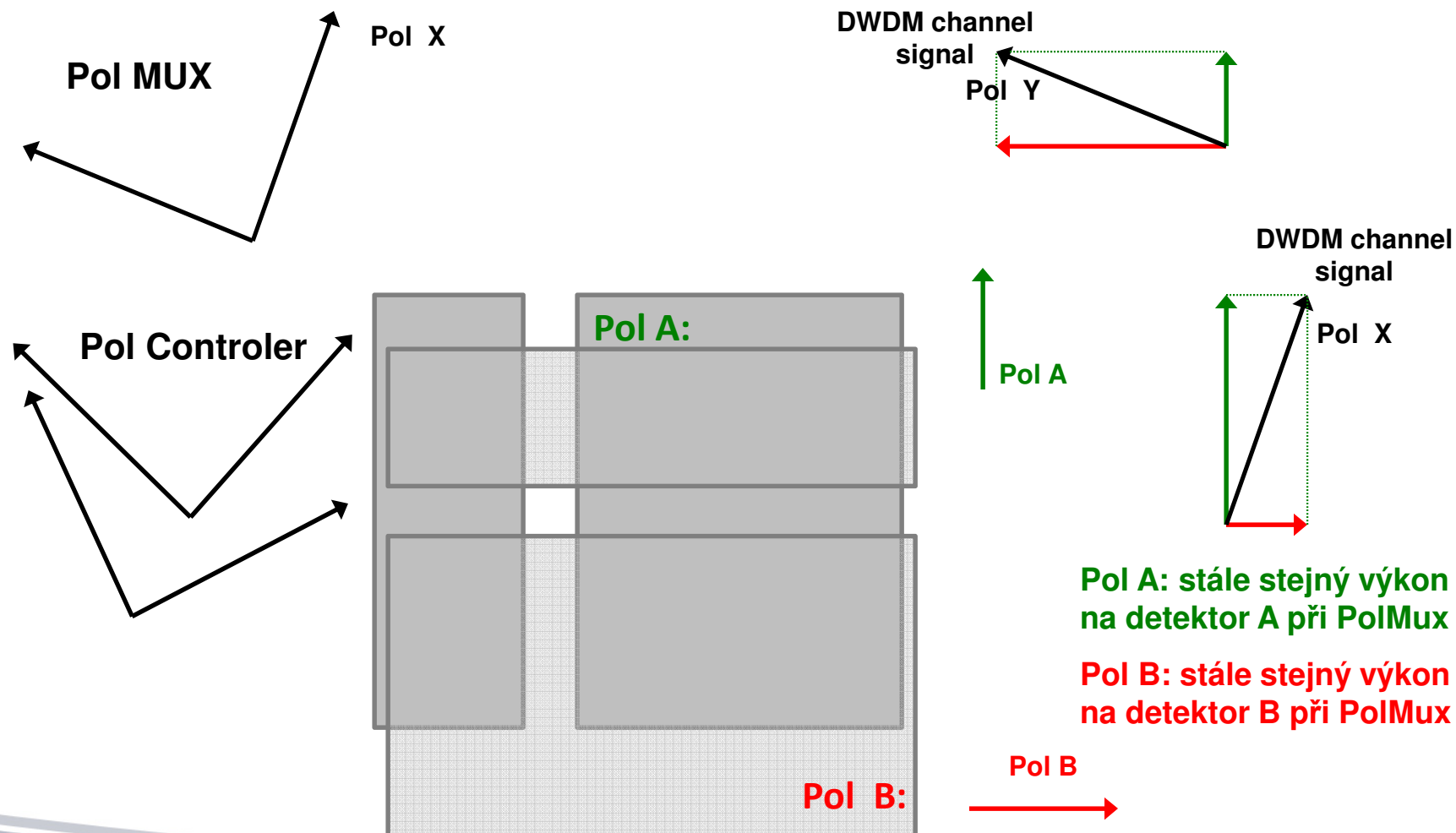
2. krok: digitálně zesílit signál bez šumu tak, aby měl stejný výkon v kanálu jako integrated power (SOP1+SOP2).
3. Krok: od integrated power (SOP1+SOP2) odečíst signál z kroku 2 = výsledek je jen šum.



Výsledek: šum v místě kanálu

=> výpočet OSNR

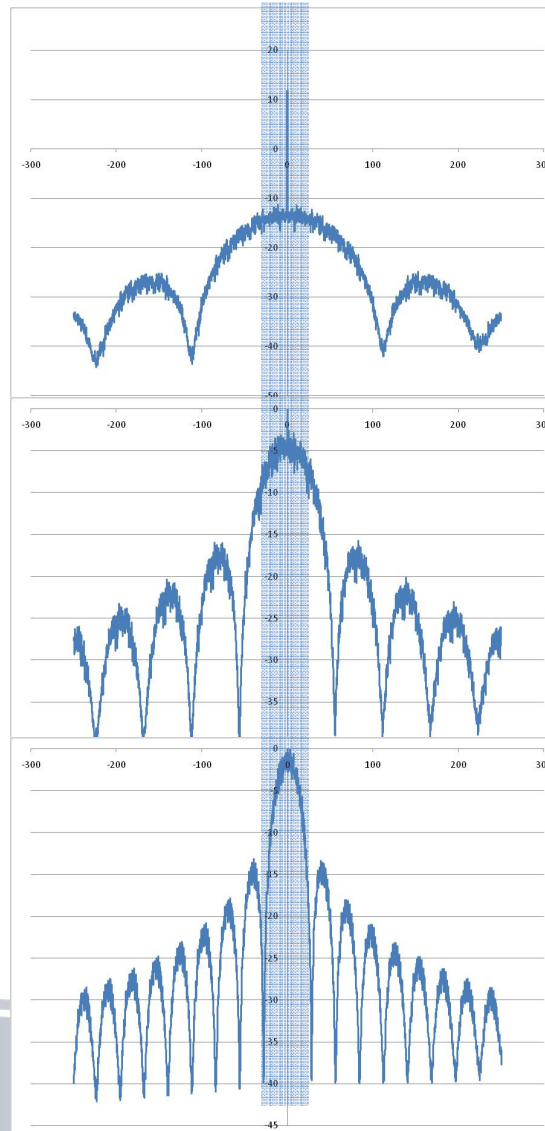
OSNR pol mux 100G DP-QPSK



Spektrální efektivita

Vše je to o fyzice !!!

- Dosáhnout přenosu 112 Gbit/s pomocí standardních modulačních schémat není možné.
- Spektrální šířka přesahuje rozestup kanálů 50 GHz.
- Dokonce ani QPSK, která je dvakrát tak efektivní, stále ještě nestačí.
- Použití polarizačního multiplexování v kombinaci s QPSK umožňuje přenos 112 Gbit/s na kanálech s 50 GHz ROADMs.
- Mohou být použita i jiná modulační schémata, jako je 16QAM nebo OFDM.



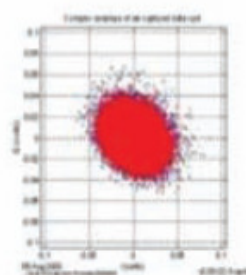
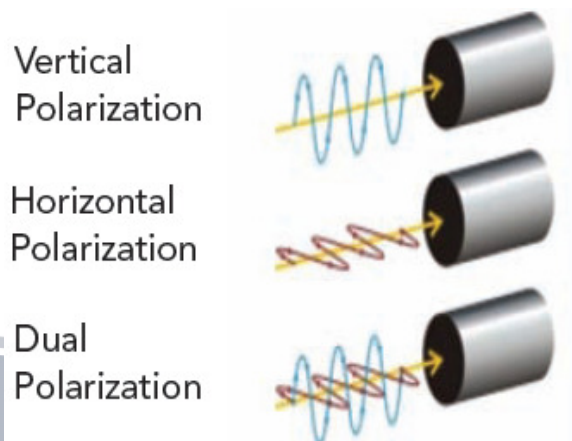
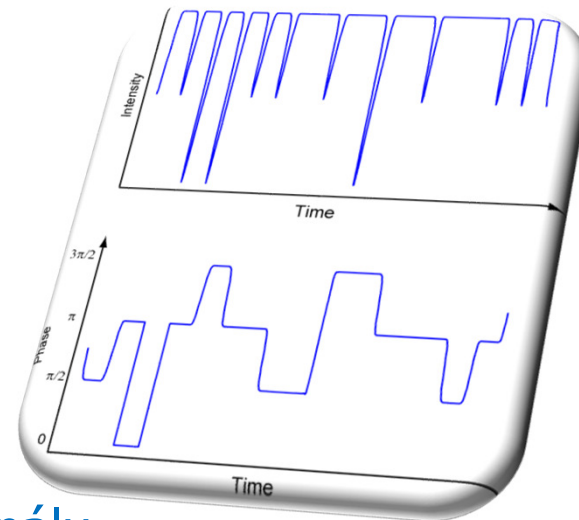
112 Gbit/s NRZ-OOK

112 Gbit/s NRZ-QPSK

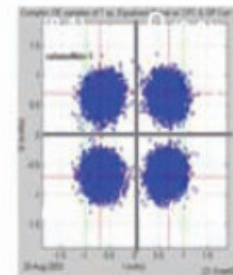
112 Gbit/s NRZ-DP-QPSK

Nové modulační formáty

- Pokročilá modulační schémata
 - Nové formáty jako QPSK & DQPSK (Fáze)
 - 2 bity na symbol
- Polarizační multiplexování
 - posílání 2 signálů s ortogonální polarizací SOP (States of Polarisation)
- Koherentní detekce & Digitální zpracování signálu
 - Nový signálový procesing (DSP) může opravit mnoho chyb
 - 112Gbits/s je dosaženo s přenosovou rychlostí 28GBaud/s



Rx Data
before DSP

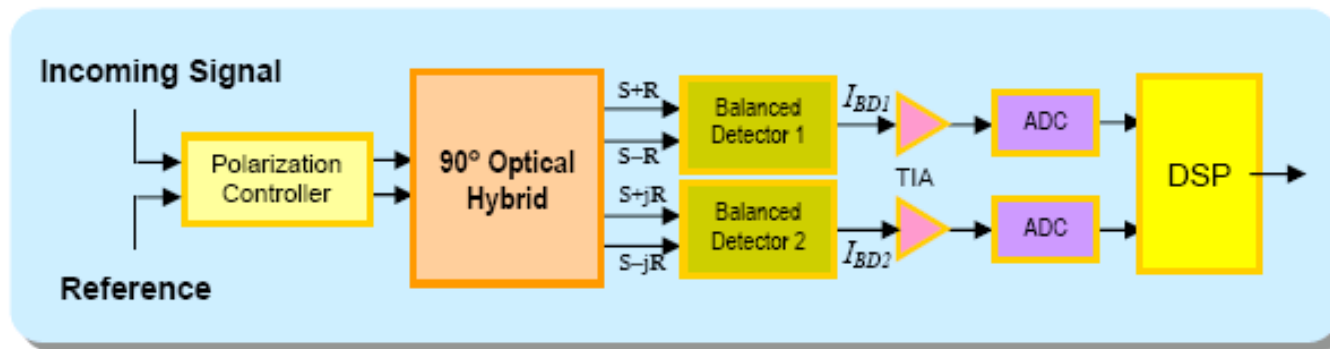


Rx Data
after DSP

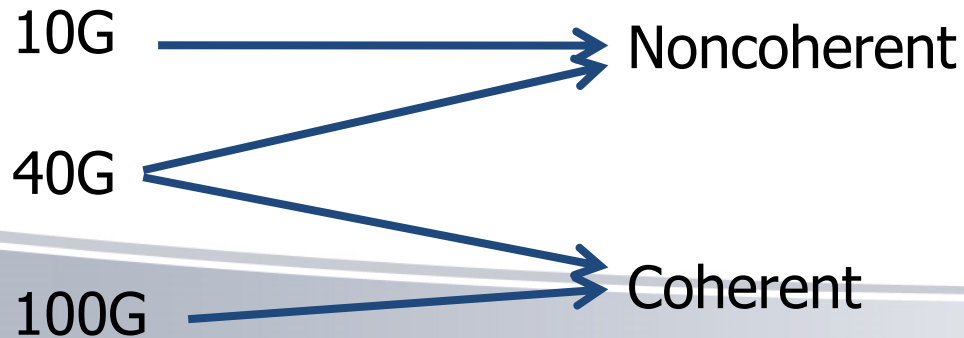
Line Side

Koherentní systém

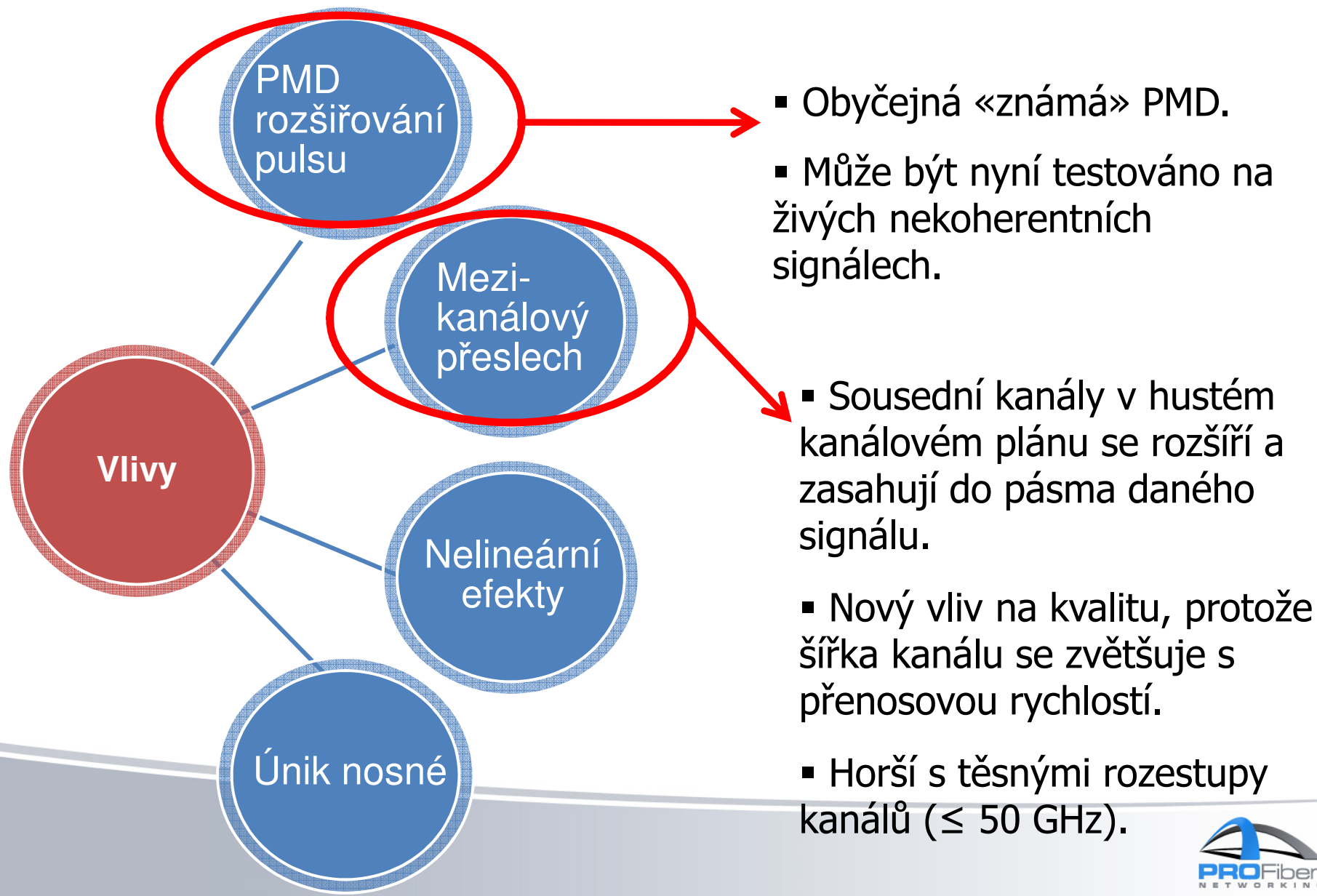
- Coherent detector: contains a local oscillator (laser)
 - for phase modulated signals



- Direct detection (noncoherent): contains a photodiode
 - for on-off keying signals



Nové a “známé” vlivy na kvalitu DWDM přenosu

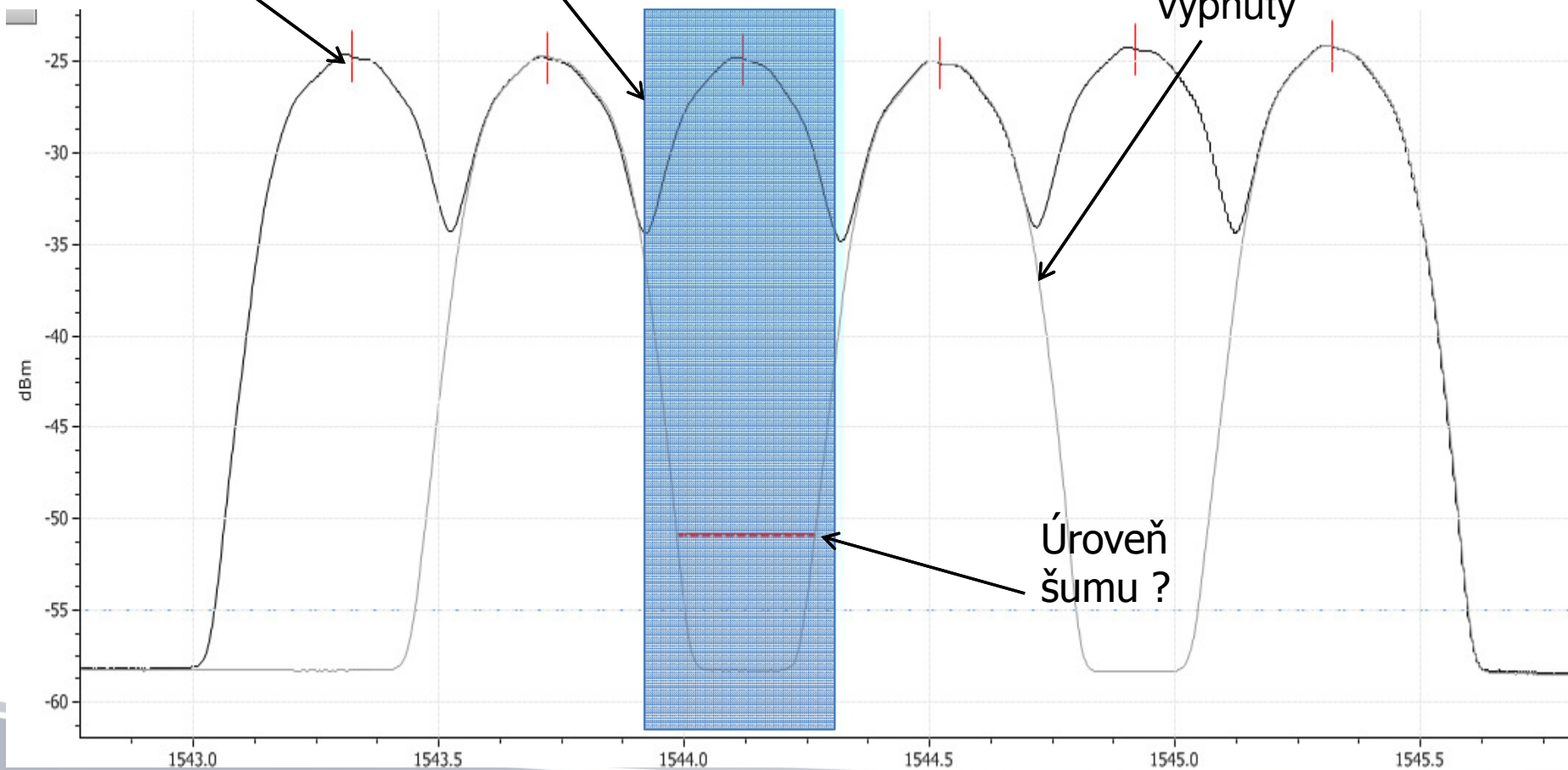


Mezi-kanálový přeslech

Všechny kanály
zapnuty

Šířka pásma
kanálu

Liché / Sudé kanály
vypnuty



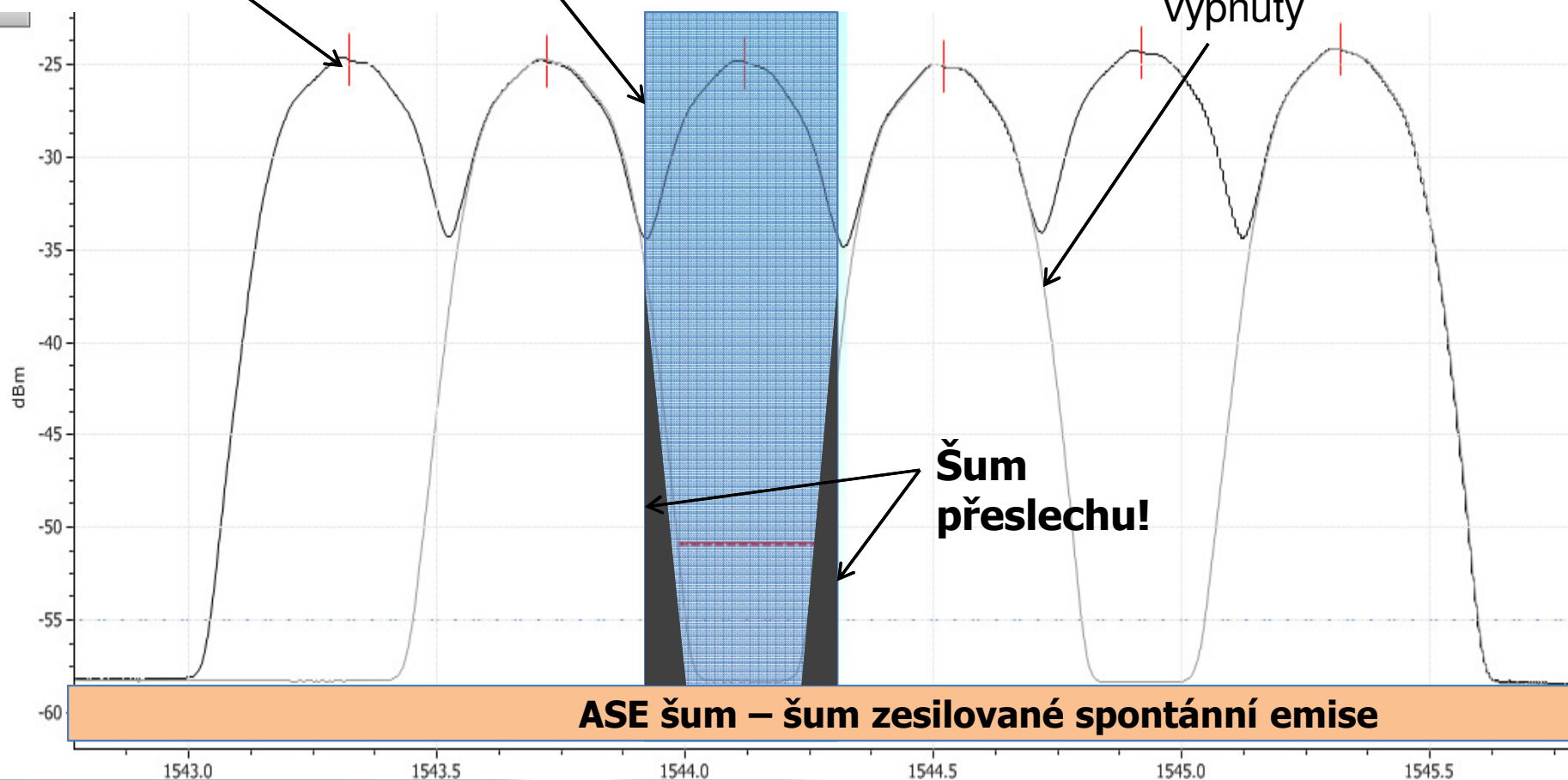
Úroveň
šumu ?

Mezi-kanálový přeslech

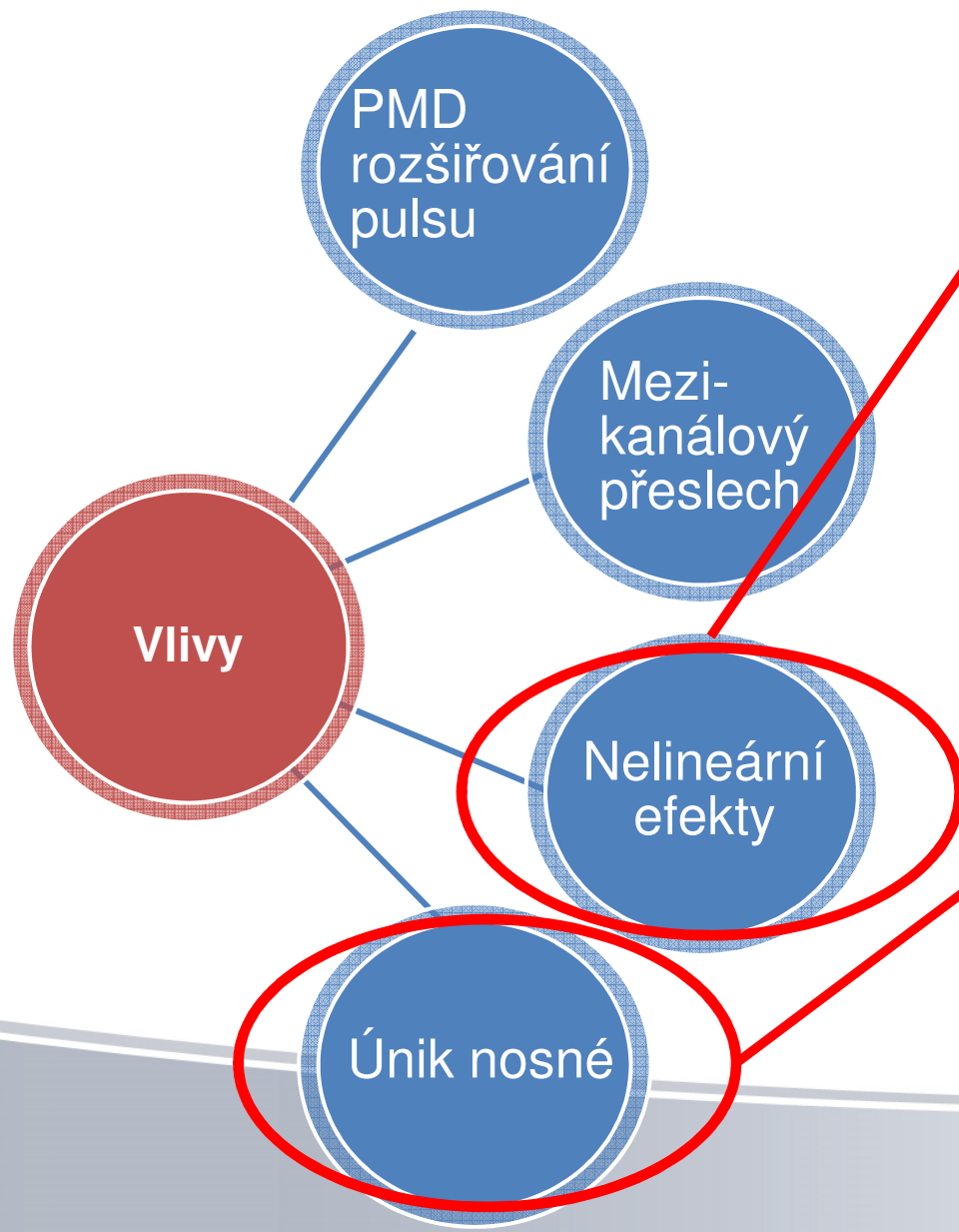
Všechny kanály
zapnuty

Šířka pásma
kanálu

Liché / Sudé kanály
vypnuty



Nové a “známé” vlivy na kvalitu DWDM přenosu



- Signály mezi sebou nelineárně interagují.
- tj. křížová fázová modulace: fázová odchylka způsobená změnou výkonu sousedního kanálu
- Typické při míchání 10G se 40G nebo 100G.

- Je-li přítomen na výstupu vysílače nemodulovaný CW signál.
- Způsobuje další šum.

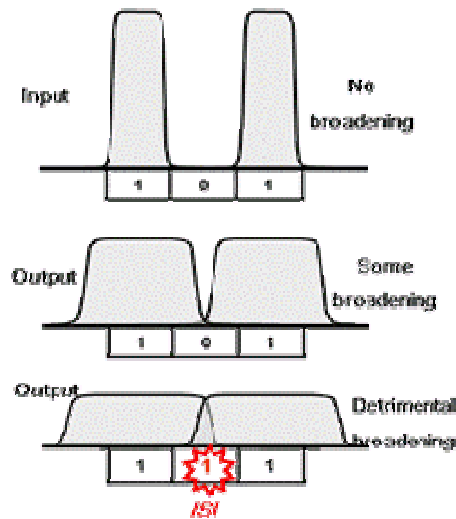
Ovlivnění kvality přenosu

Vliv

- PMD rozšíření pulsu



Překrývání bitů (ISI).



- Mezi-kanálový přeslech



Další šum v sousedních kanálech.

- Křížová fázová modulace



Další šum díky NLE.

- Únik nosné



Další šum od vysílače.

Větší BER!

Nové vlivy: Nový zdroj šumu

- Dříve (10G a podobně)

$$Noise = N_{ASE}$$

Korelace mezi
OSNR & BER

- Dnes (40G, 100G)

$$Noise = N_{ASE} + N_{NLE} + N_{x-talk} + N_{CL}$$

Nižší korelace mezi
OSNR & BER

ASE: amplified spontaneous emission (noise from amplifiers)

NLE: nonlinear effects like cross-phase modulation

X-talk: cross-talk

CL: carrier leakage

OSA built-in sw analysis EXFO WDM Investigator

Automaticky indikuje v DWDM kanálu:

- Pol-Mux signál (indikuje ale nevyhodnotí OSNR)
- „Vykrojený“ šum – spektrálně filtrovaný, ořezaný šum
- Roztažení pulzu vlivem PMD
- Přeslech mezi kanály
- Nelineární depolarizaci signálu
- Unikání nosné

7	1544.345	(i)-18.88	21.88	(InB)-39.18	0
8	1545.345	(i)-17.27	28.98	(InB)-46.25	0
9	1546.131	(i)-17.42	28.87	(InB)-46.28	0

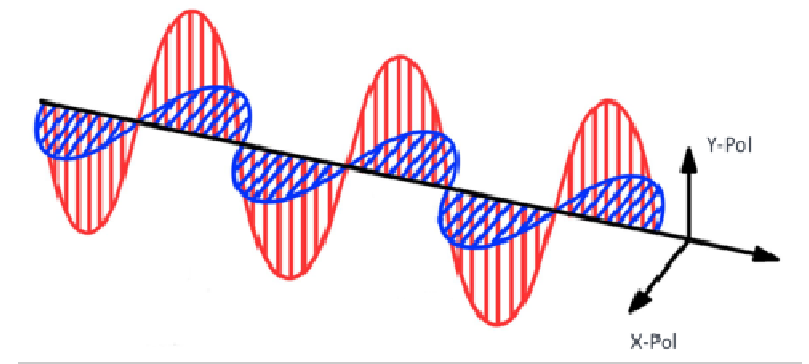
GR 40G_1527-1568_... [WDM Investigator](#) 

In-Band na PolMux nestačí

- In-band methods assume signal is polarized, noise is unpolarized.
- In-band OSNR do not work because signal looks unpolarized (two orthogonal pol's).
 - WDM-aware does not work
 - pol. nulling does not work

→ **need pol mux OSNR**





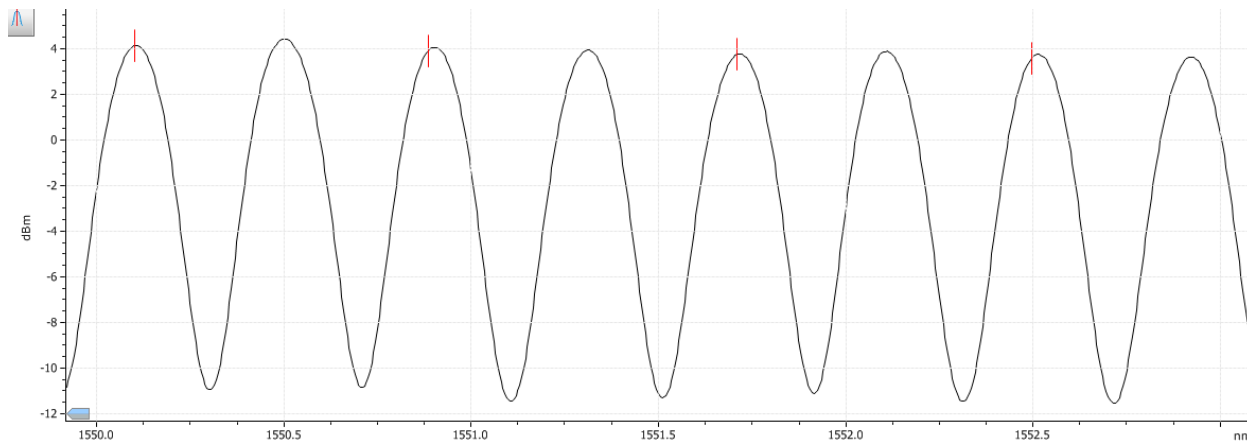
Jak na Pol Mux signály ?

Jak upravit InBand OSA metodu ?

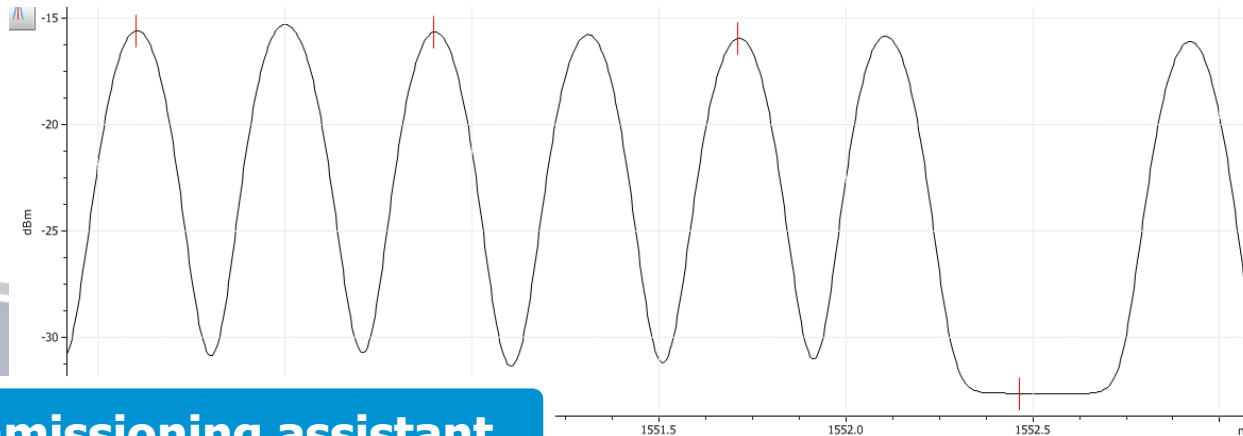


Pol-Mux OSA: commissioning assistant

- Involves taking traces during commissioning by turn off channels
- Requires $n+1$ traces (n = number of channels)



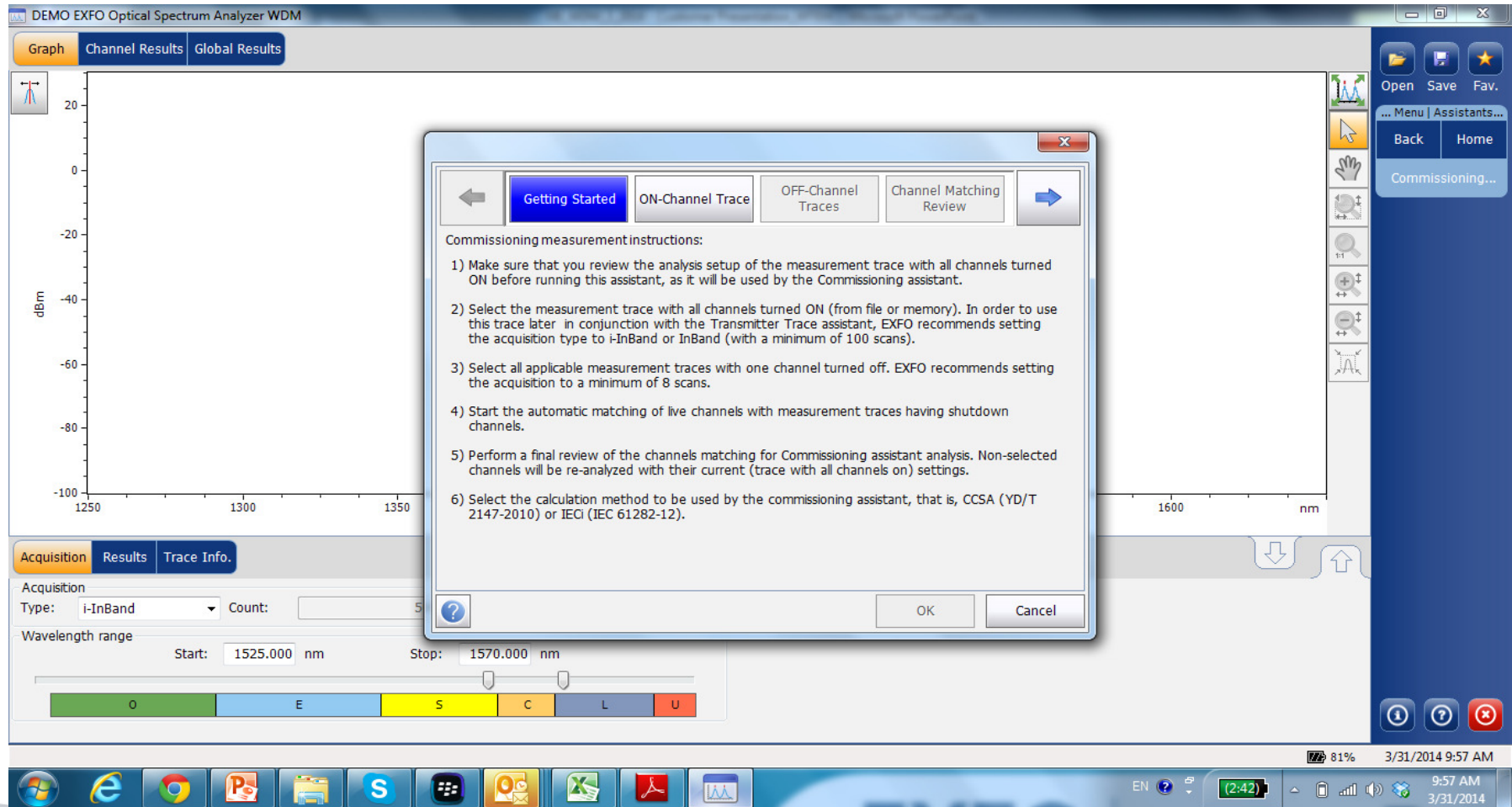
All channels on



Trace with one
channel turned
off

Commissioning assistant

Pol-Mux OSA: commissioning assistant

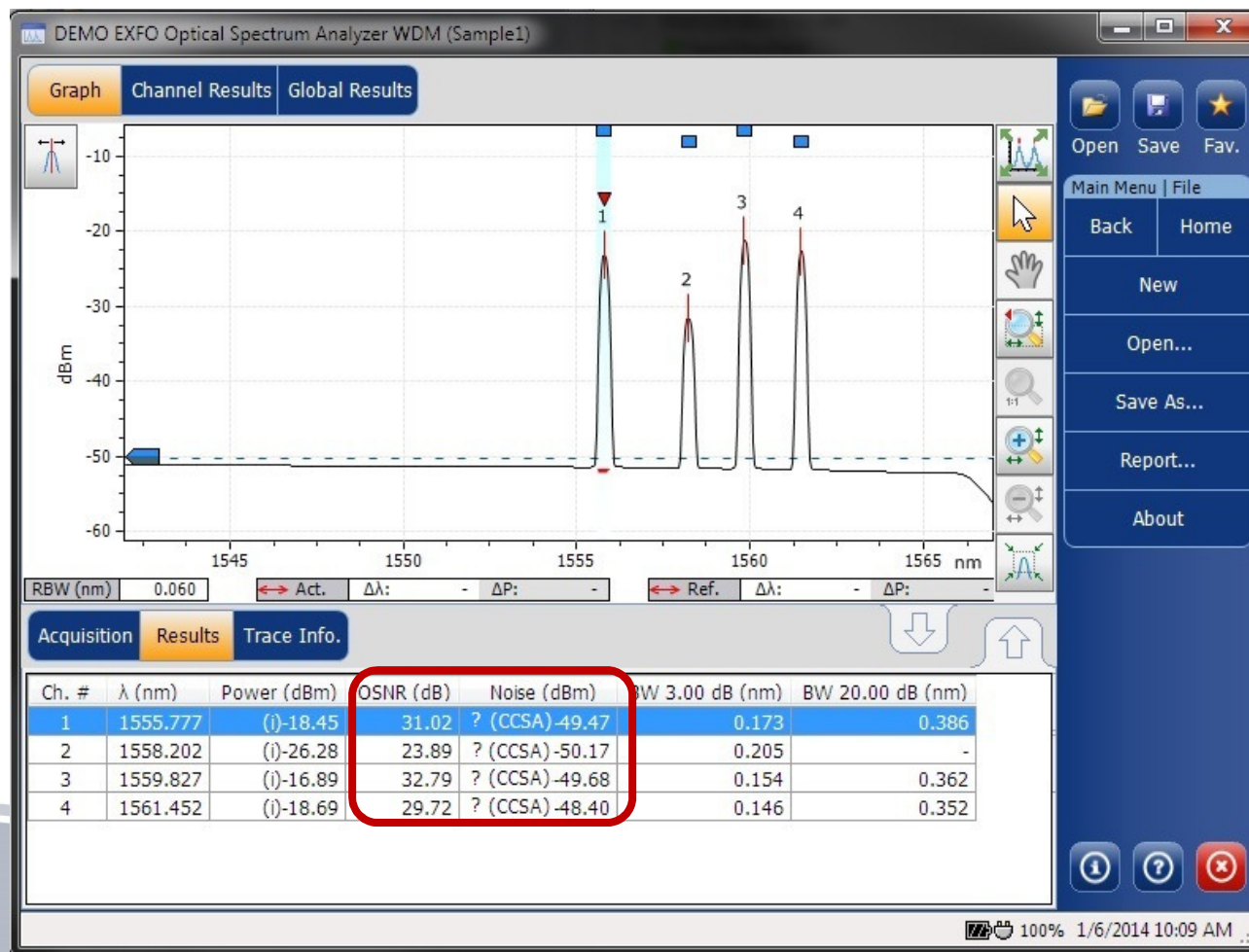


source: EXFO

Commissioning assistant

Pol-Mux OSA: commissioning assistant

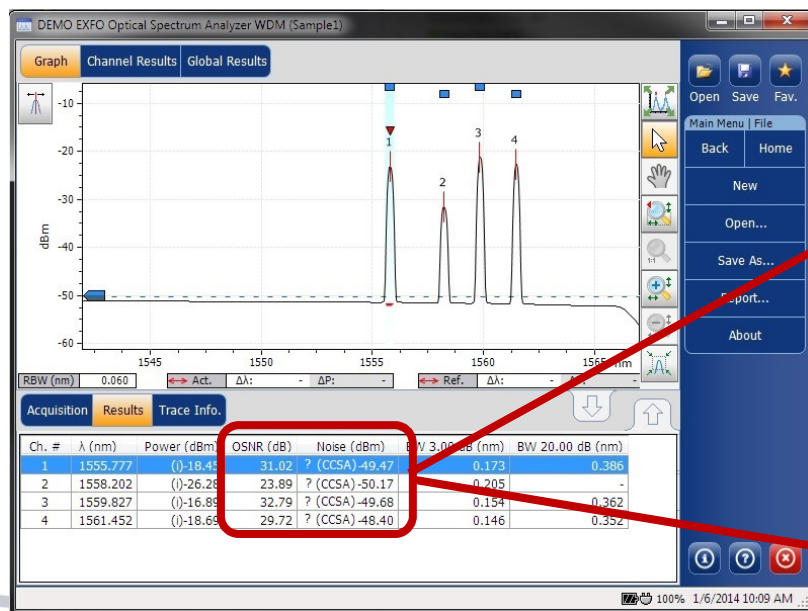
- Is analysis assistant, not acquisition assistant
- Analysis done via user-friendly wizard



source: EXFO

Pol-Mux OSA: commissioning assistant

- China Communications Standards Association (CCSA) YD/T 2147-2010
- IEC 61282-12 (IECi) (under revision)



OSNR (dB)	Noise (dBm)
31.02	? (CCSA)-49.47
23.89	? (CCSA)-50.17
32.79	? (CCSA)-49.68
29.72	? (CCSA)-48.40

OSNR (dB)	Noise (dBm)
31.02	? (IECi)-49.47
23.89	? (IECi)-50.17
32.79	? (IECi)-49.68
29.72	? (IECi)-48.40

Pol-Mux OSNR: applicable standards

- China Communications Standards Association (CCSA)
YD/T 2147-2010

$$Pol\ Mux\ OSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P-N}{n/2} \right)$$

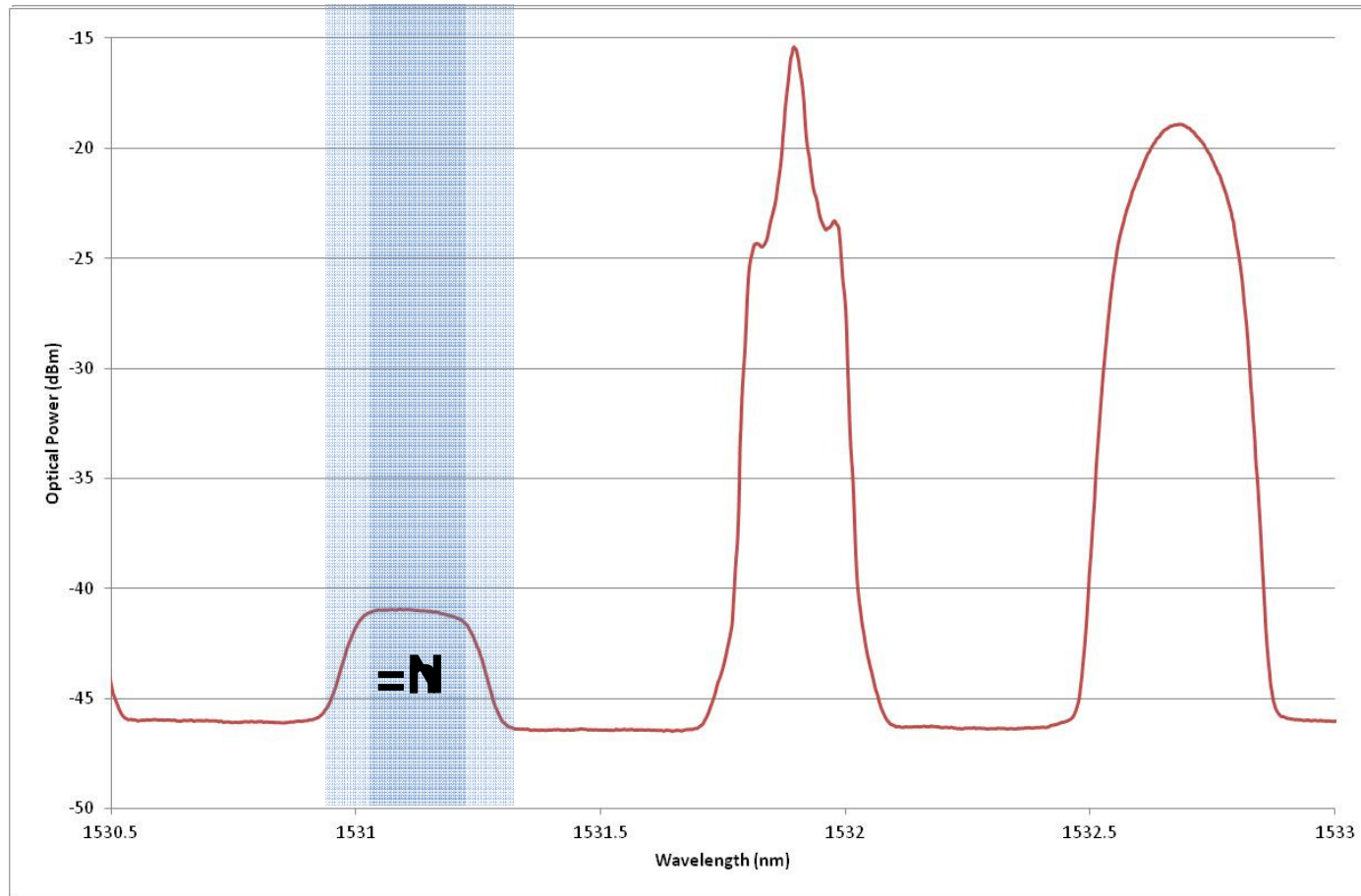
where for a 50 GHz channel

P= integrated power (Signal + Noise) over the 0.4 nm channel bandwidth

N= integrated power (Noise) over 0.4 nm bandwidth

n = integrated power (Noise) inside 0.2 nm, then normalised to 0.1nm

CCSA: Turn On/Turn Off Method



$$Pol\ Mux\ OSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P-N}{n/2} \right)$$

Commissioning assistant

Pol-Mux OSNR: applicable standards

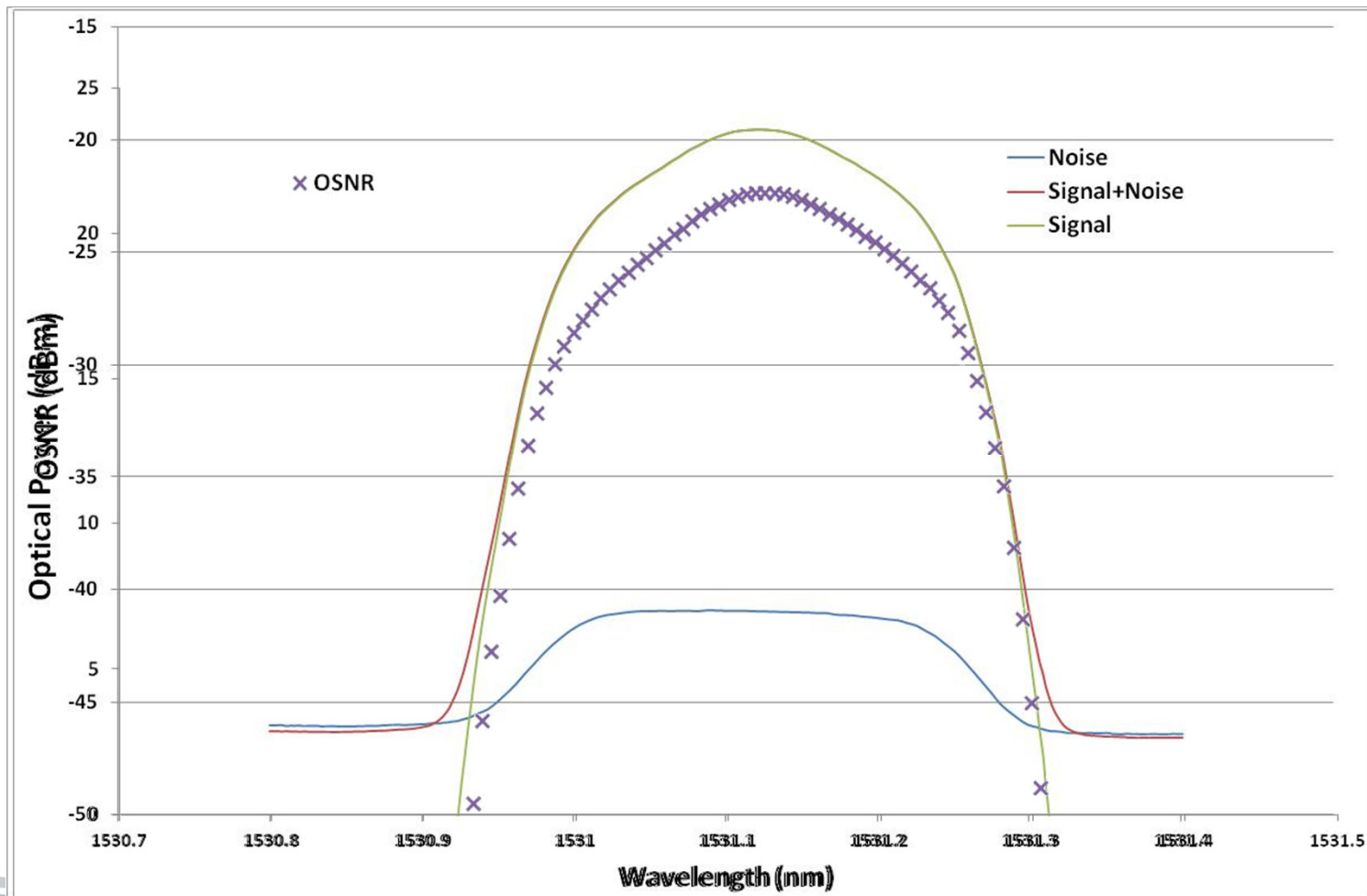
- IEC 61282-12 (under revision)

- $\text{OSNR} = \log(R)$,

$$R = \frac{1}{B_r} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{s(\lambda)}{\rho(\lambda)} d\lambda$$

- $s(\lambda)$: time-averaged signal spectral power density, not including ASE, expressed in W/nm;
- $\rho(\lambda)$: ASE spectral power density, independent of polarization, expressed in W/nm;
- B_r : reference bandwidth expressed in nm (usually 0.1 nm)
- λ_1 to λ_2 : signal spectral range.

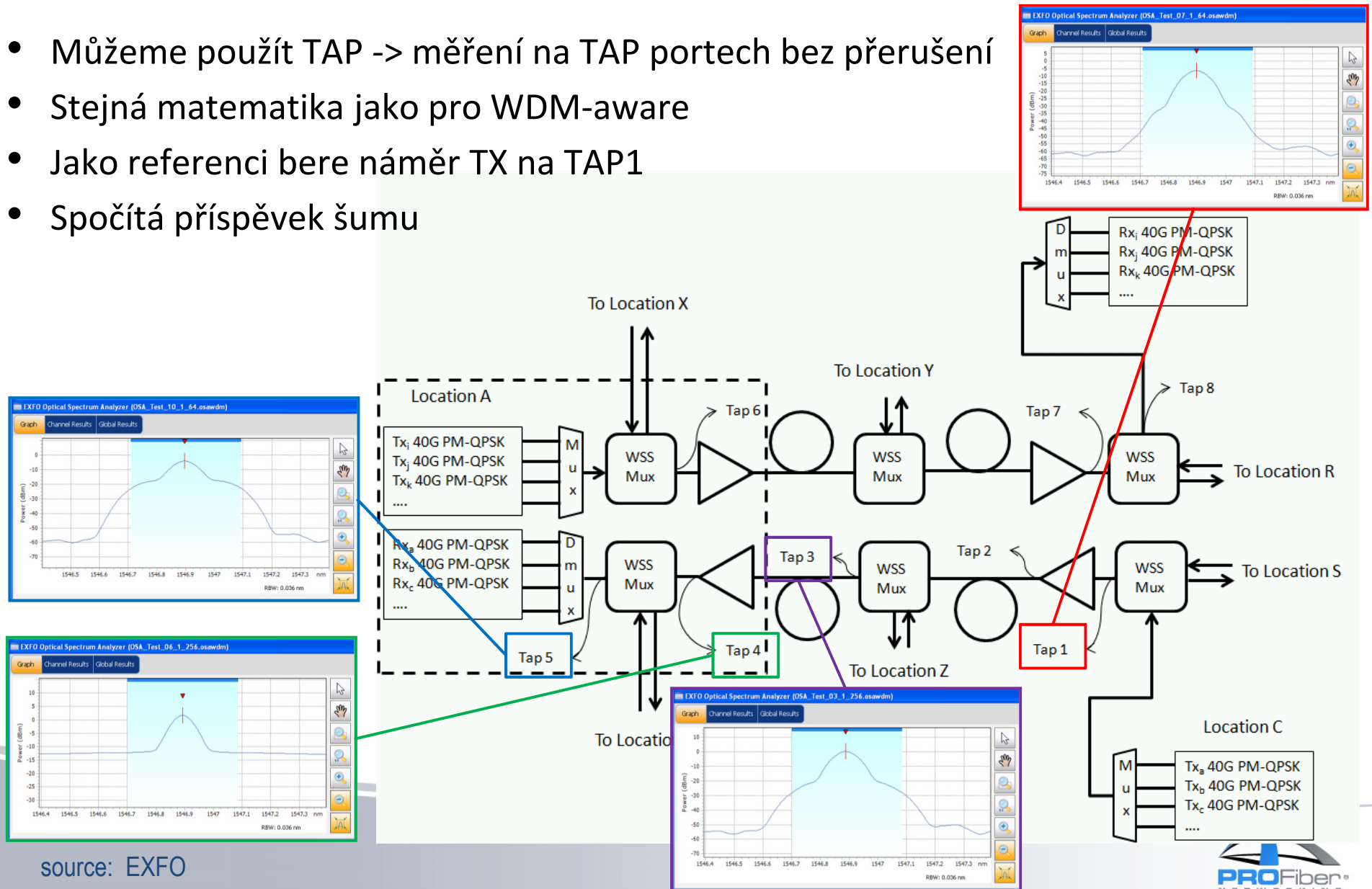
IEC-61282-12 - Draft



Commissioning assistant

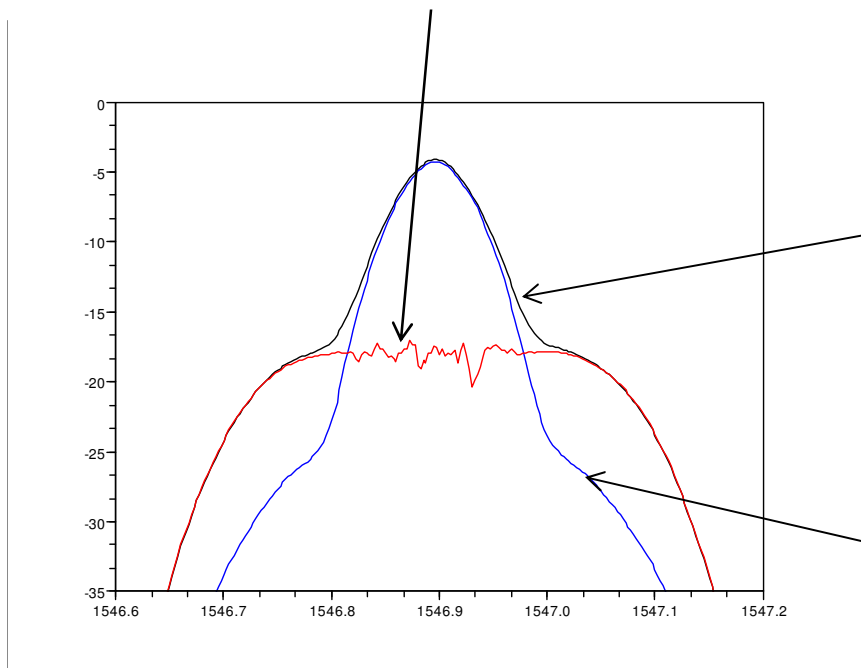
TX Reference-Based - EXFO metoda

- Můžeme použít TAP -> měření na TAP portech bez přerušení
- Stejná matematika jako pro WDM-aware
- Jako referenci bere náměr TX na TAP1
- Spočítá příspěvek šumu

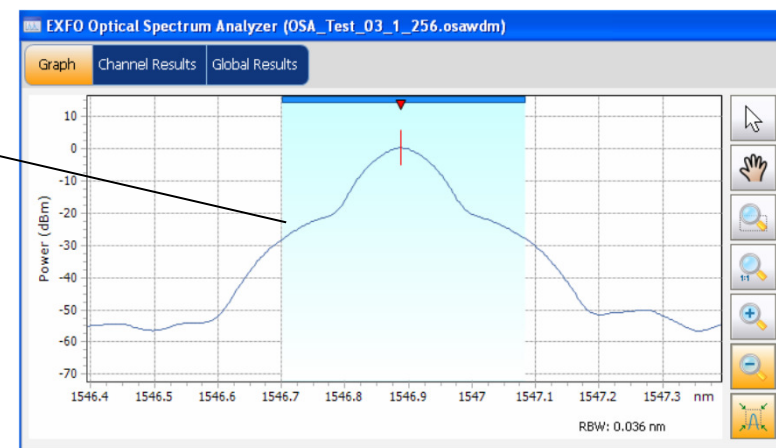
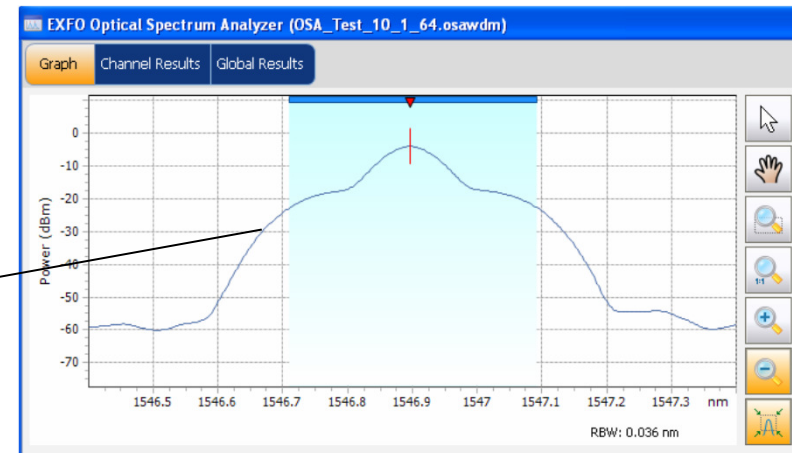


TX Reference-Based - EXFO metoda

- Použije referenční náměr (náměr zdroje bez šumu) k určení příspěvku šumu v dalších náměrech



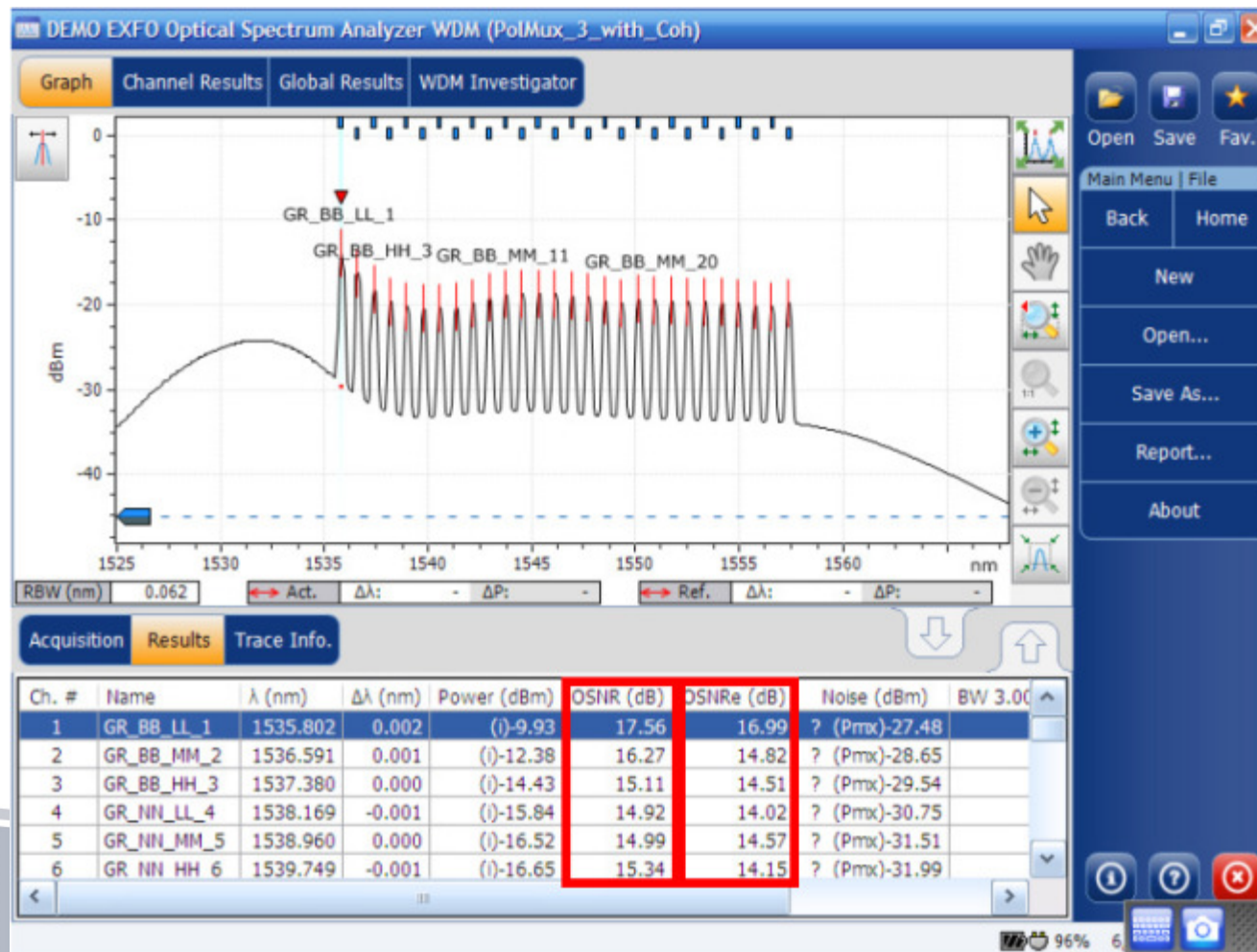
Tap 5



Tap 3

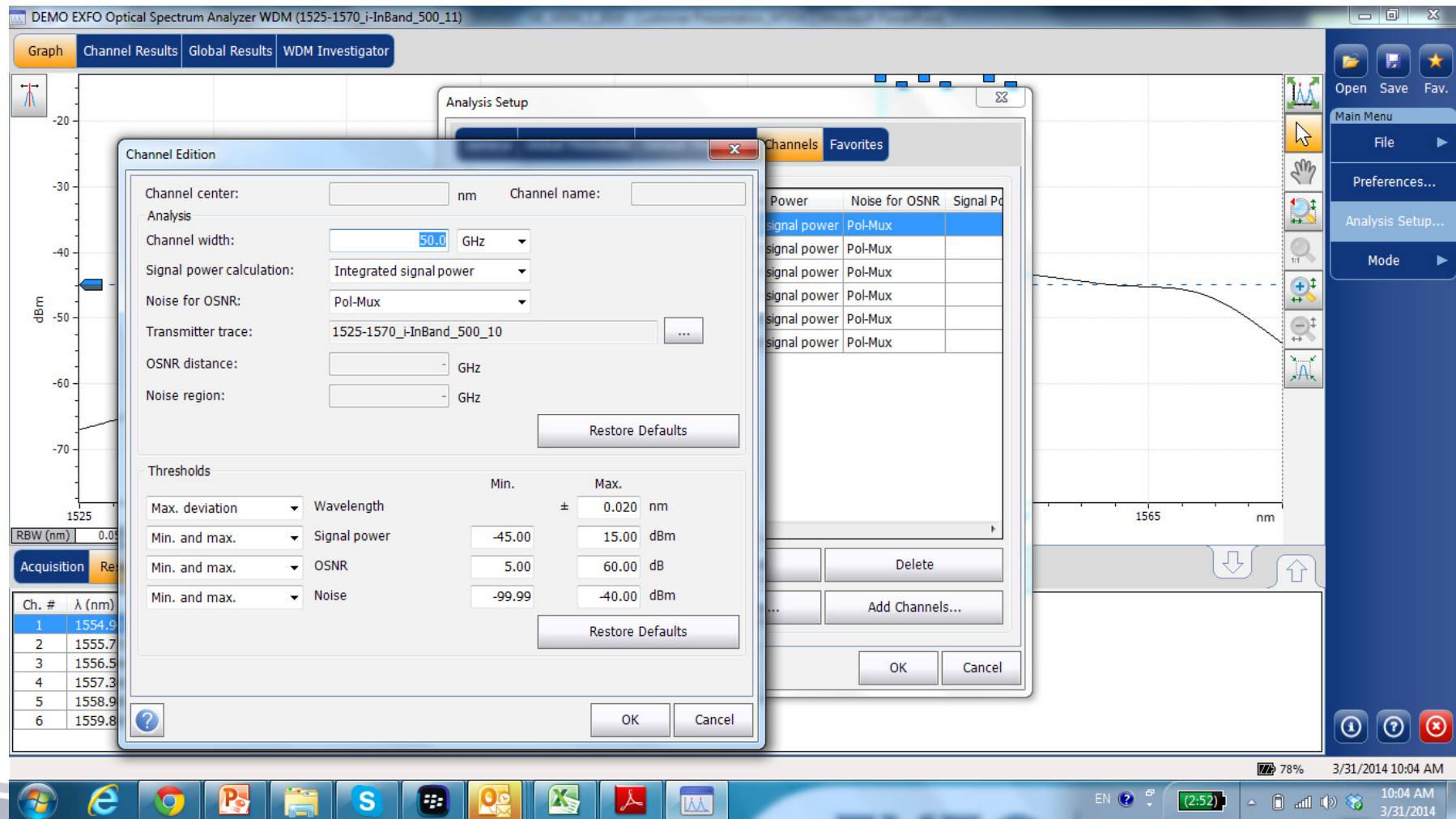
TX Reference-Based - EXFO metoda

- Traces loaded into application (currently offline) and OSNR & OSNRe automatically calculated



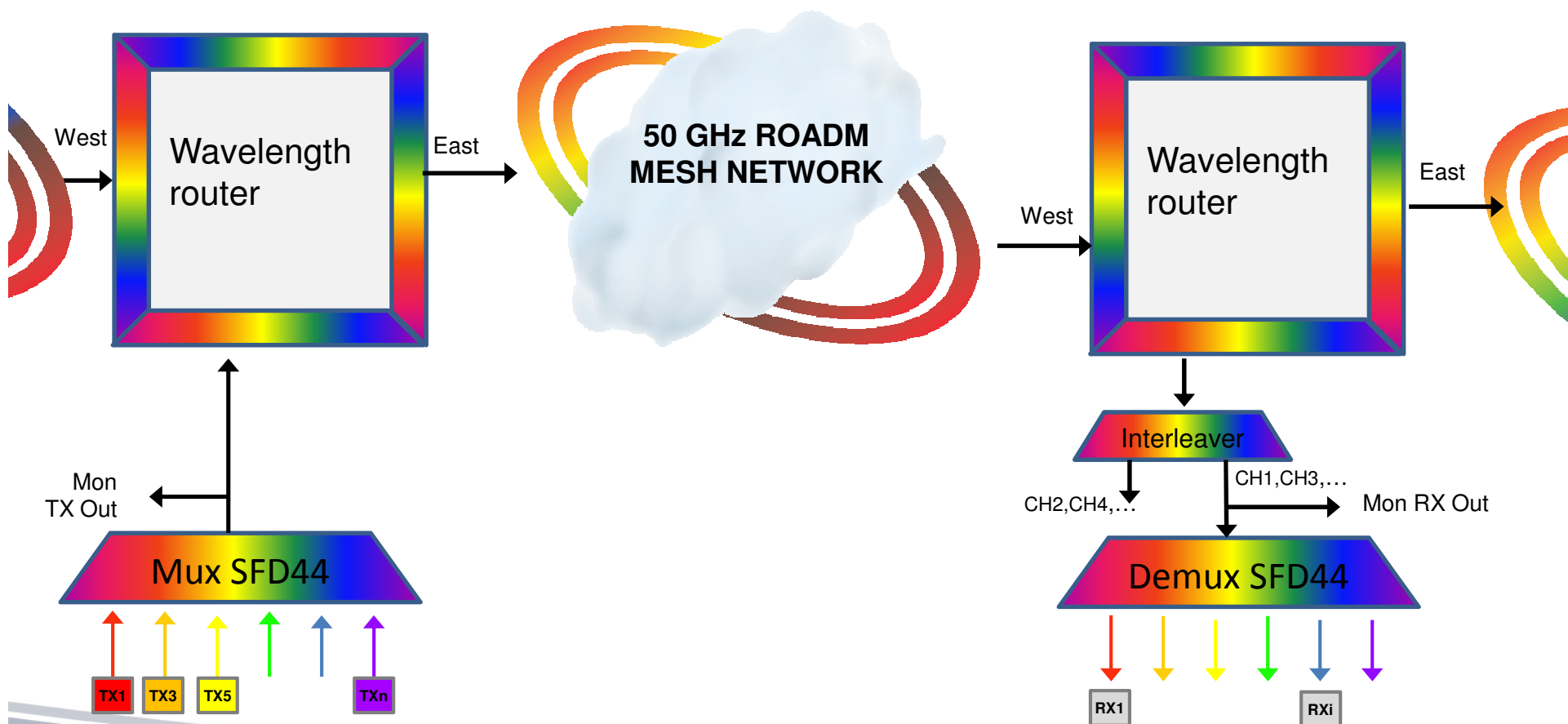
source: EXFO

TX Reference-Based - EXFO metoda



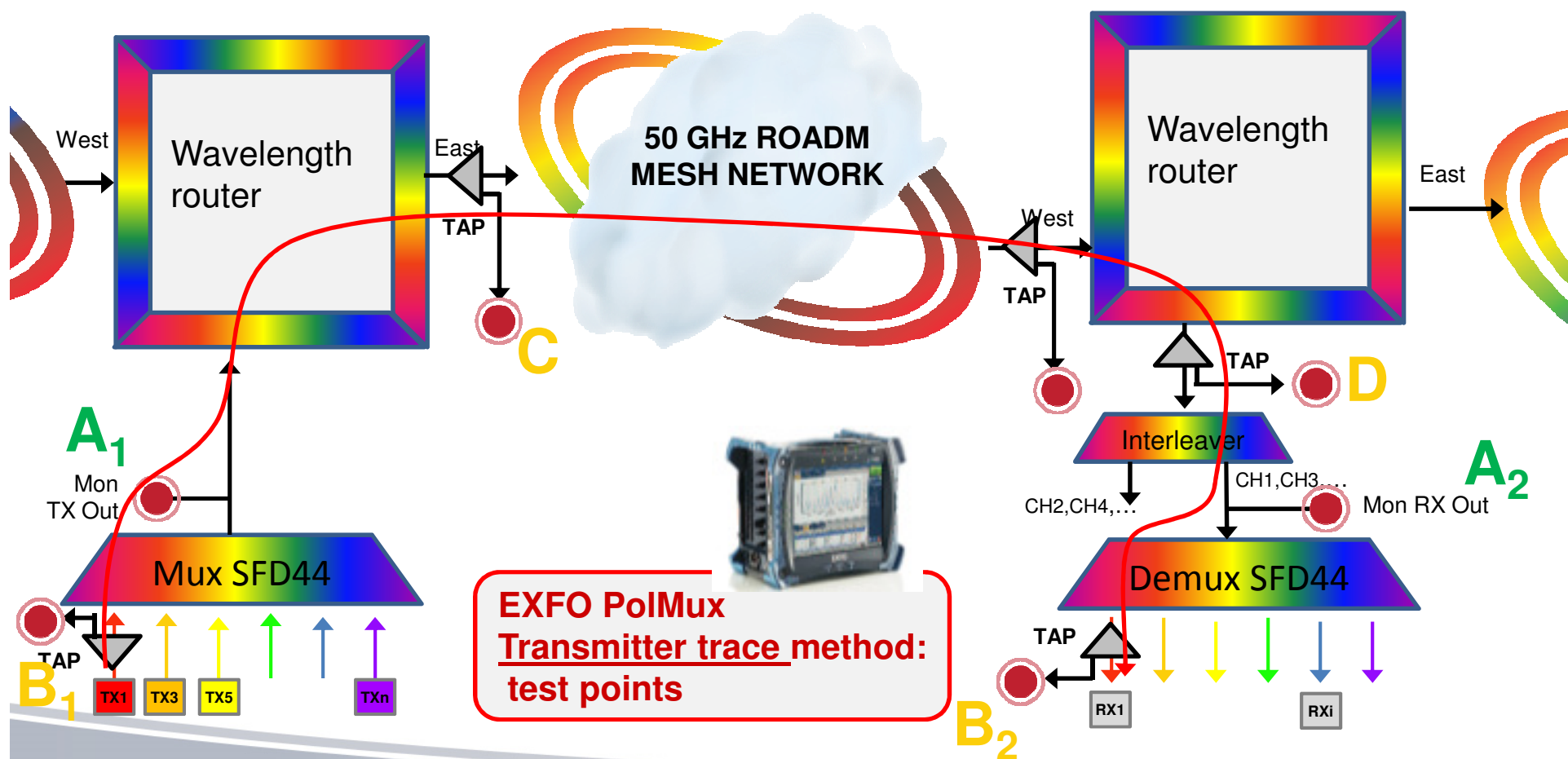
Transmitter trace assistant

ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS



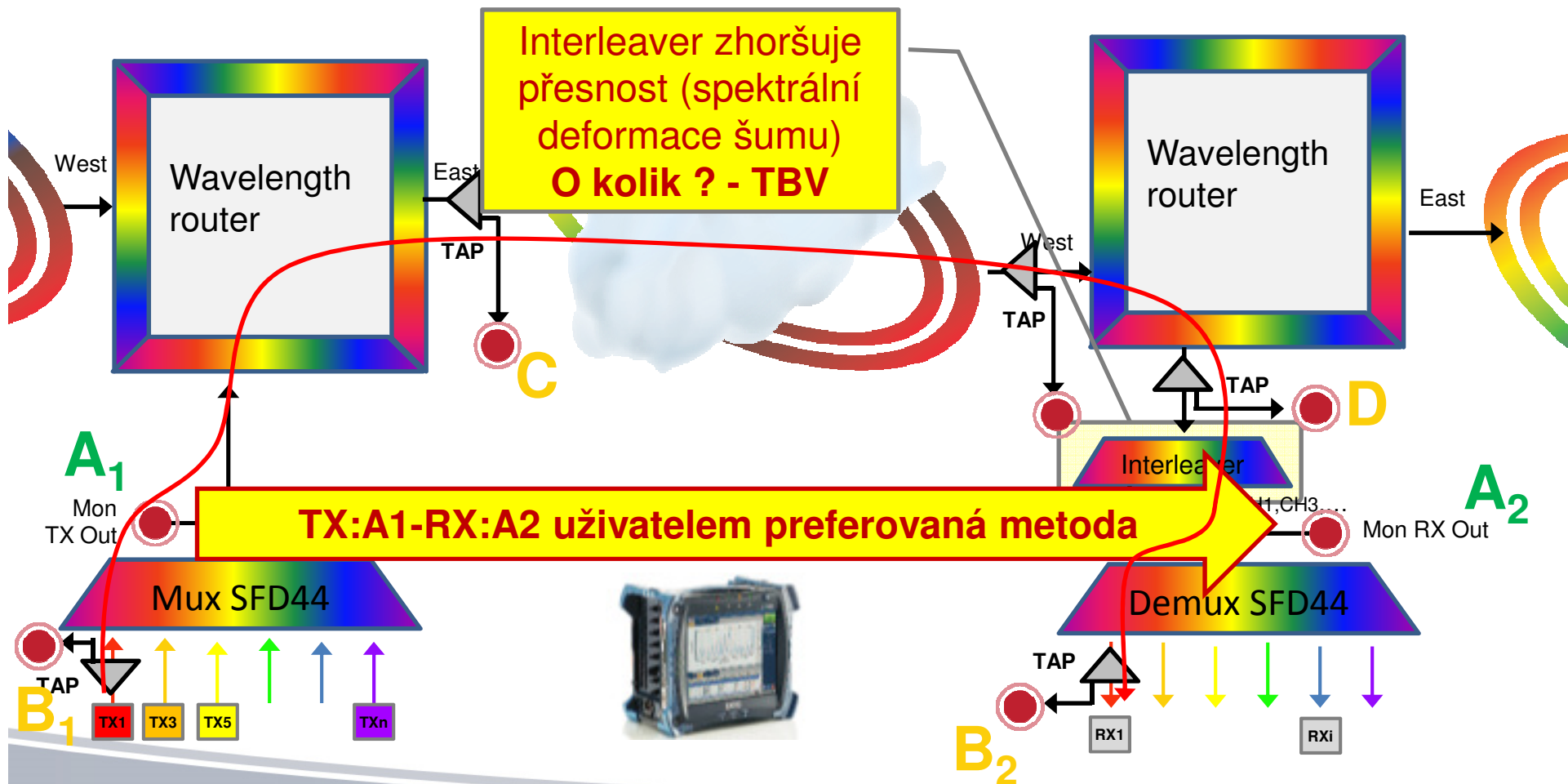
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS

–TEST POINTS



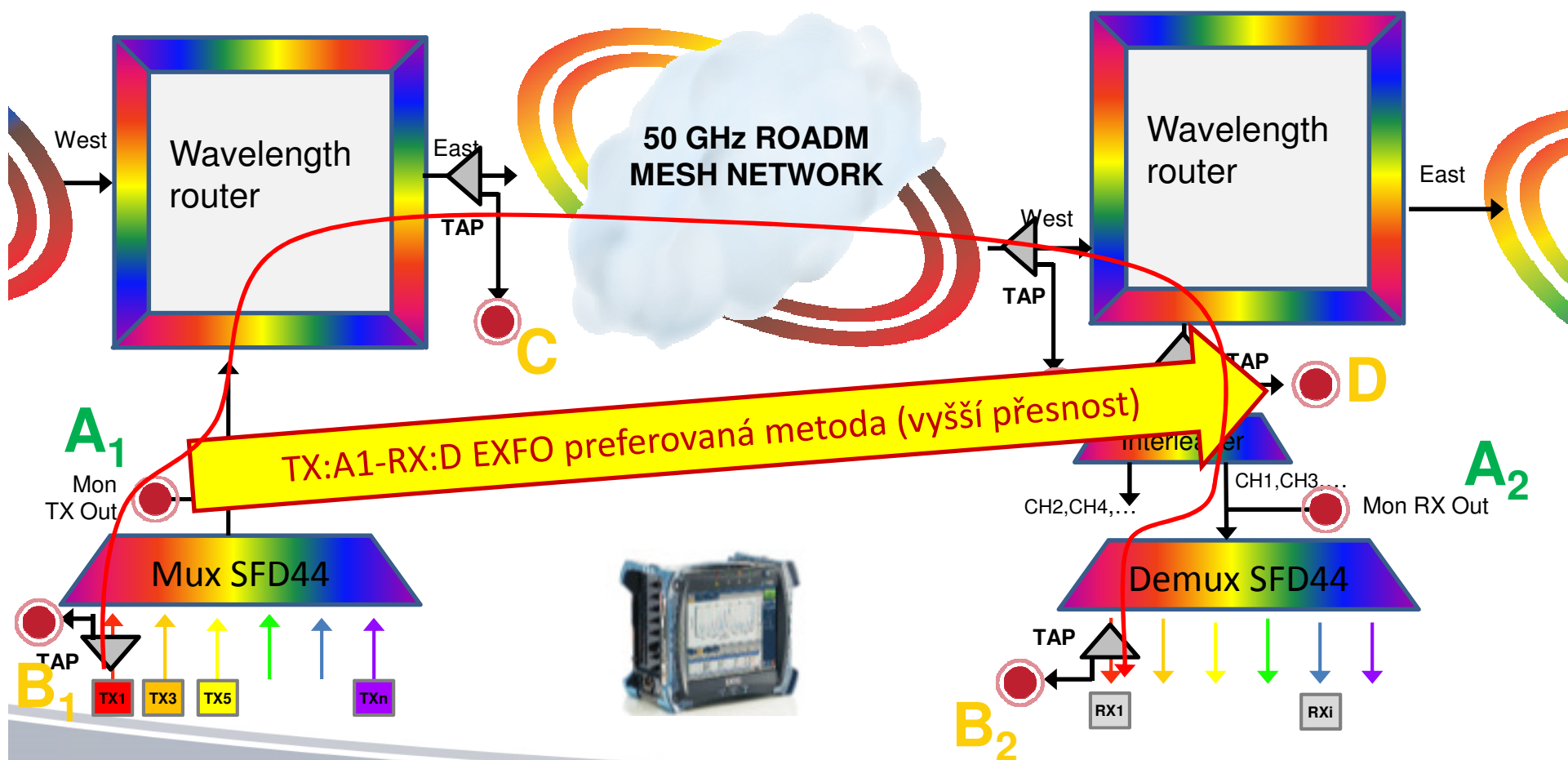
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS

TEST POINTS



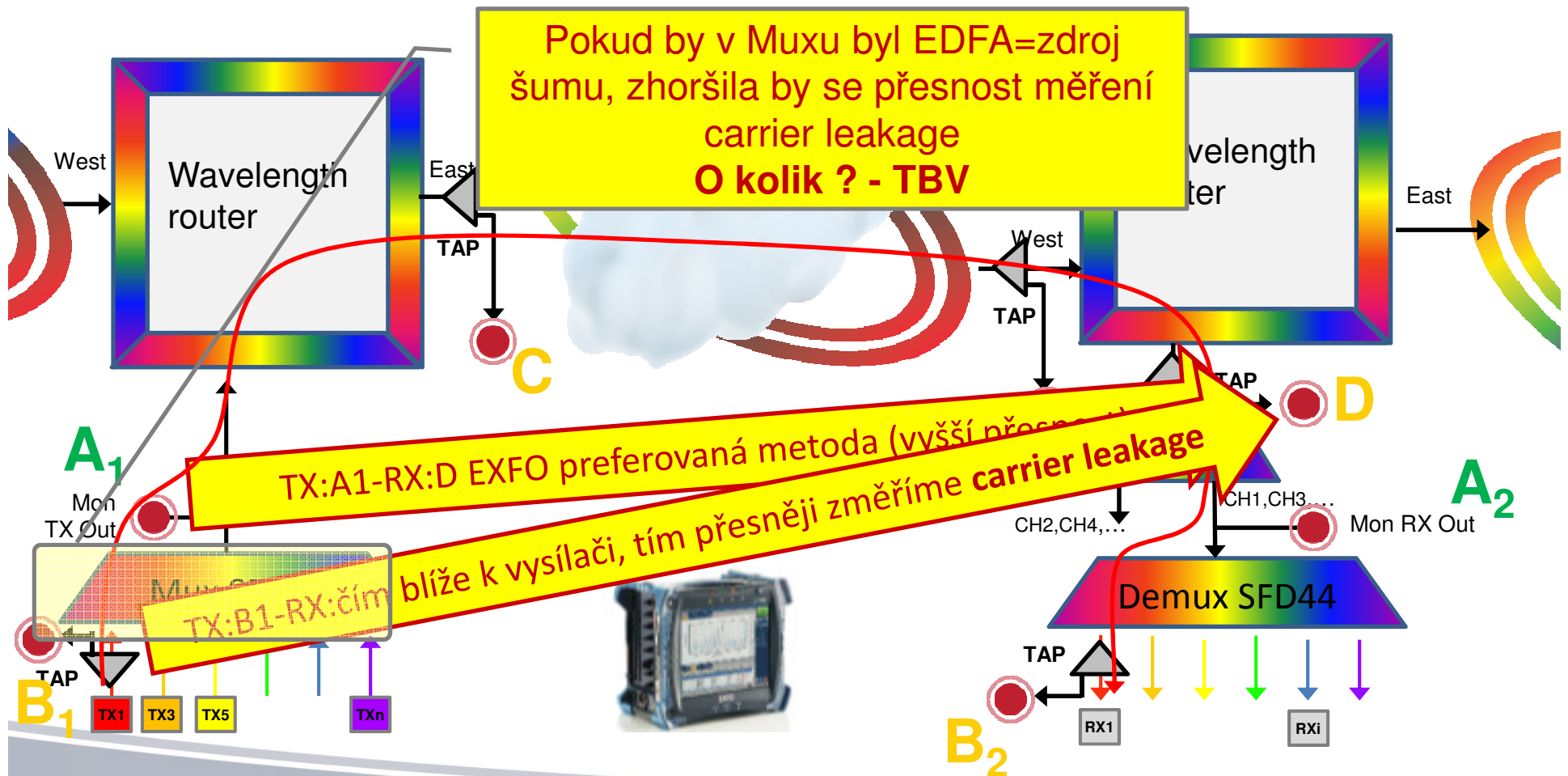
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS

TEST POINTS



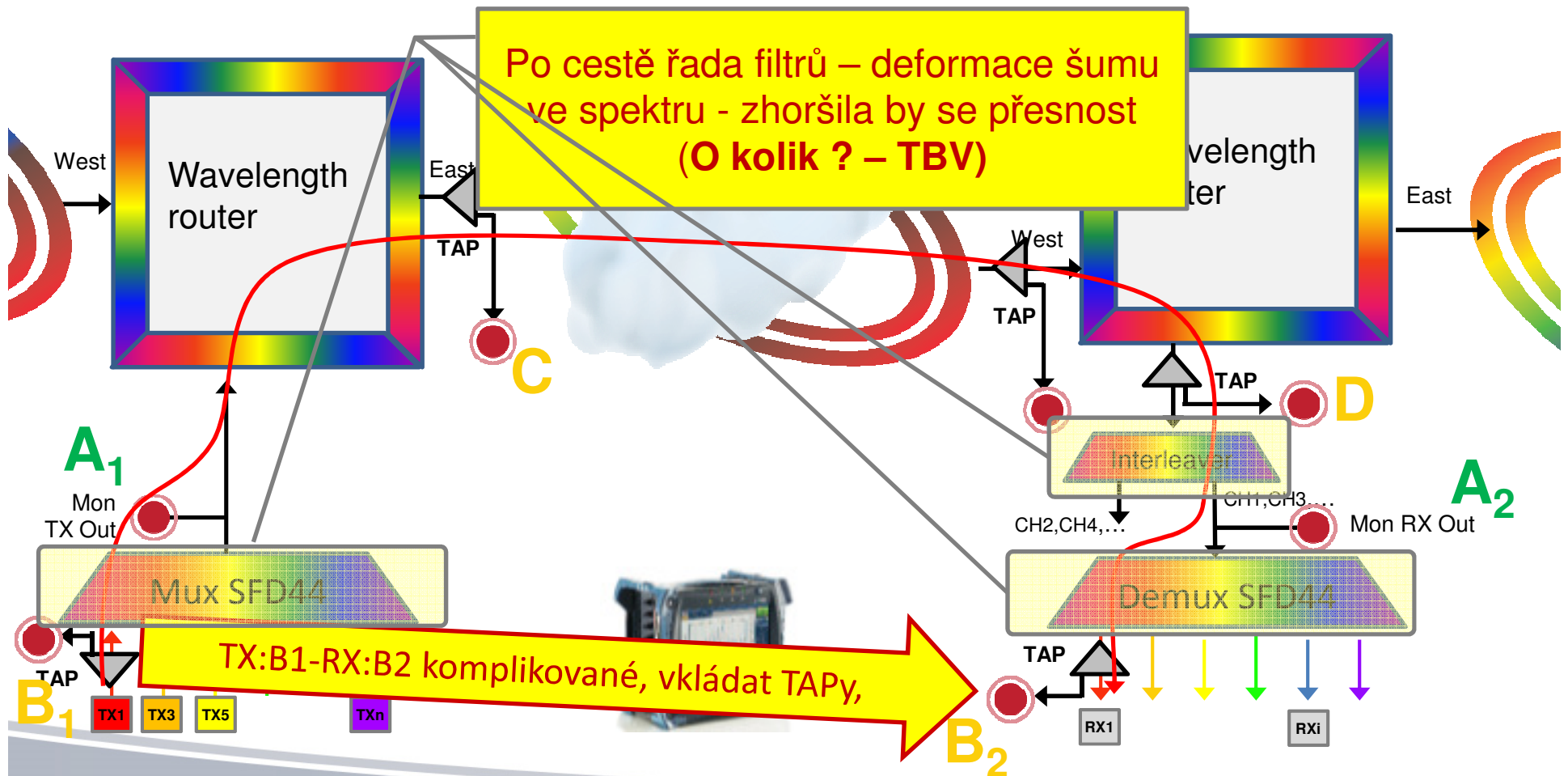
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS

TEST POINTS



ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS

TEST POINTS



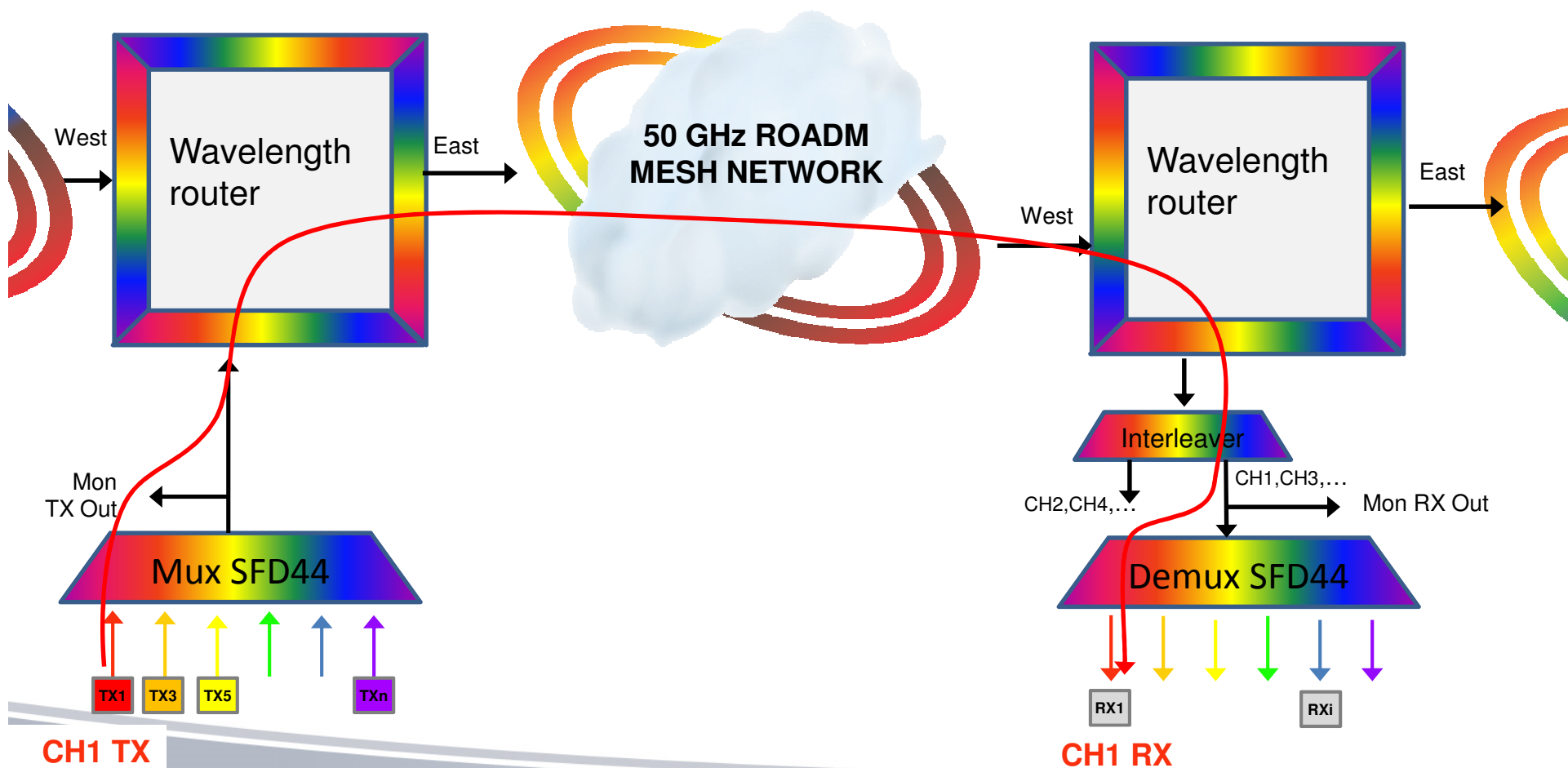
NÁMĚTY A DOPORUČENÍ

ORANGE SK

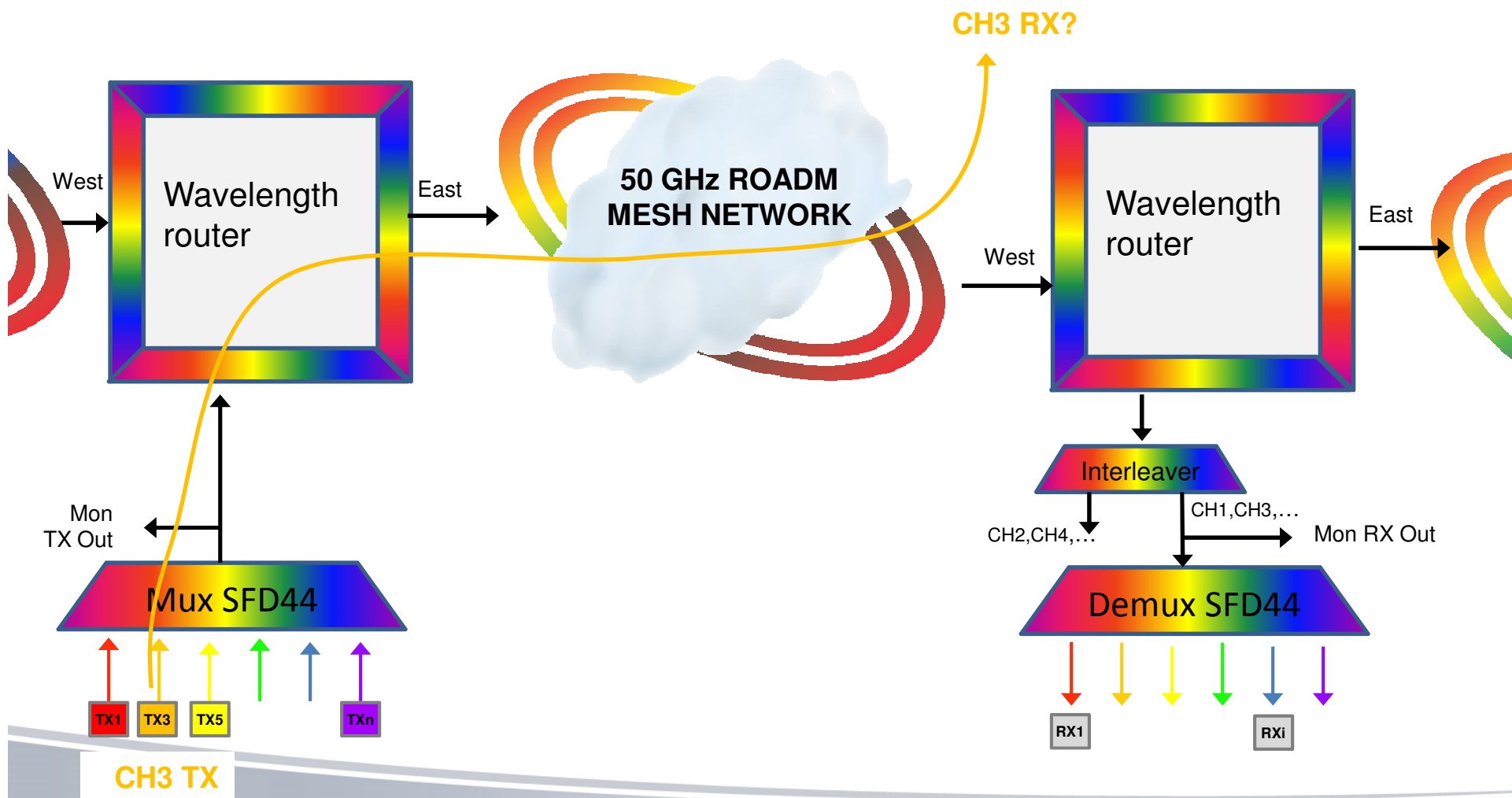
Nezapomenout:

- Pro každý náměr je třeba vzít referenci o každého kanálu (= od každého vysílače)
- Například pro náměr s 8 kanály CH1,CH2,.....CH8, je třeba vzít až max 8 TX referencí, pokud TX jsou umístěny v různých uzlech sítě.
- Stoupá tím pracnost měření a vyhodnocení.
- Závěr používat jen monitorovací porty na SFD 44 (TX=Mux, RX=Demux)
- Přesnost metody prověřit jen na omezeném počtu náměrů (už byly vytipovány)

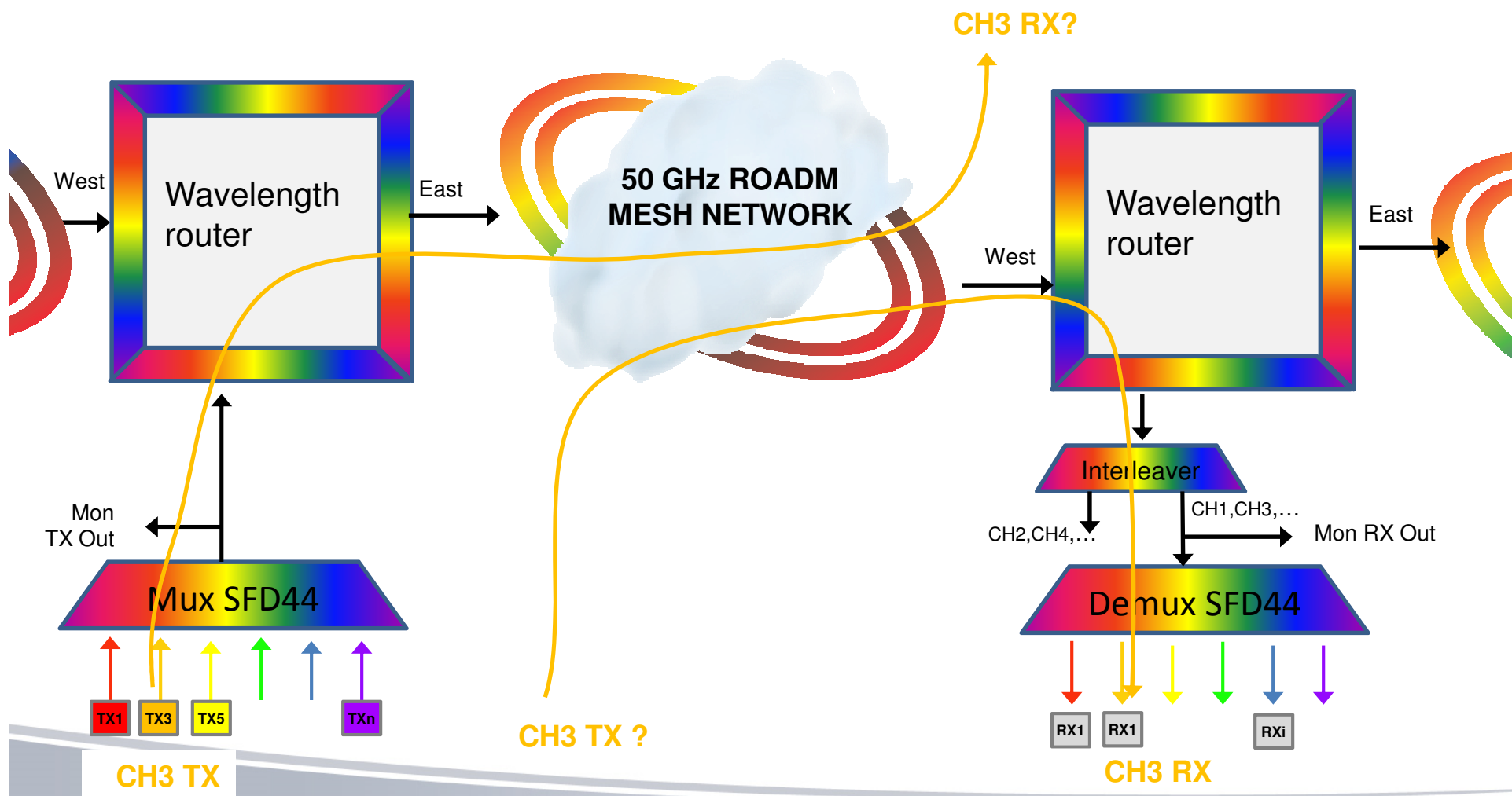
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS



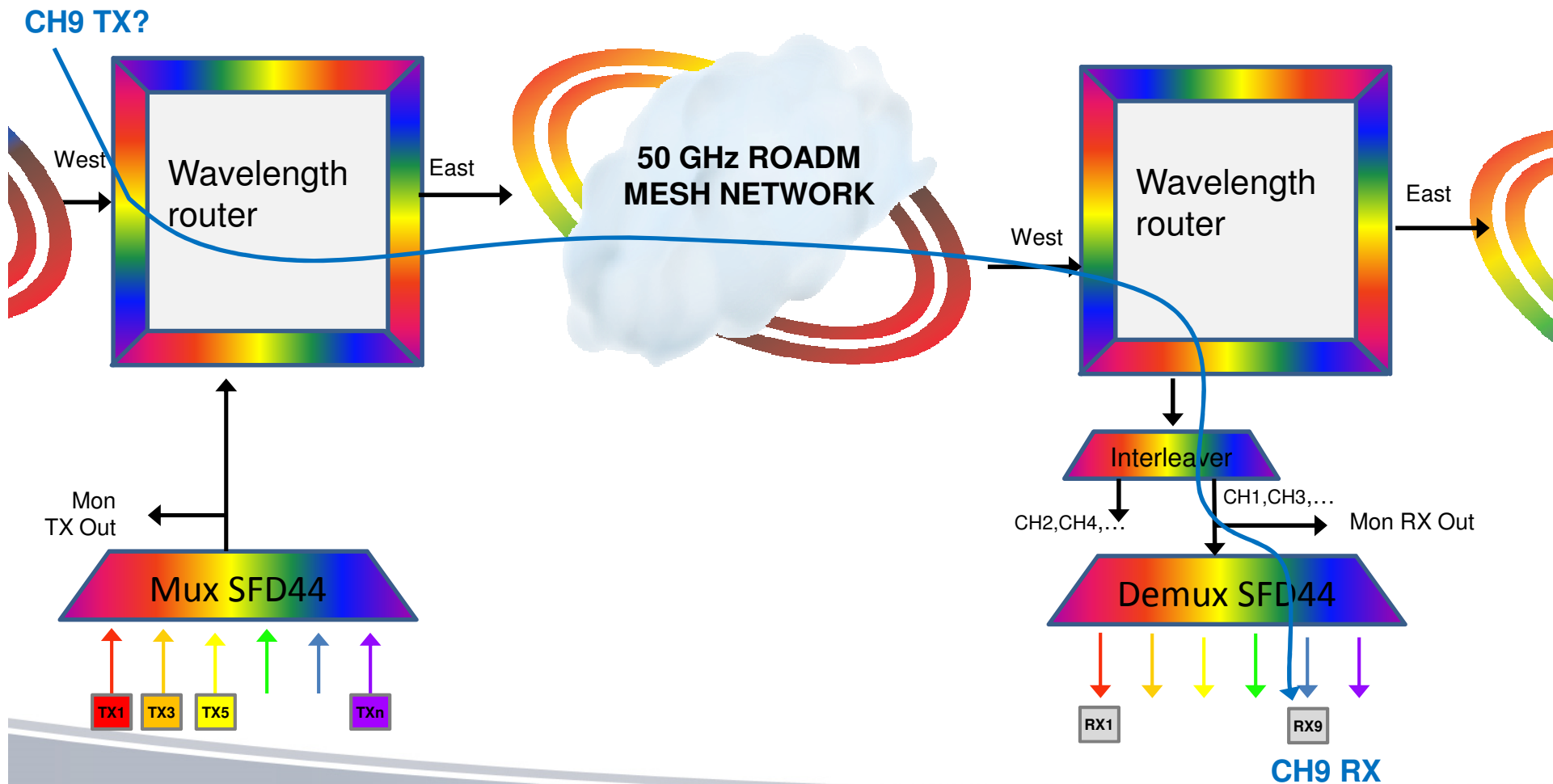
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS



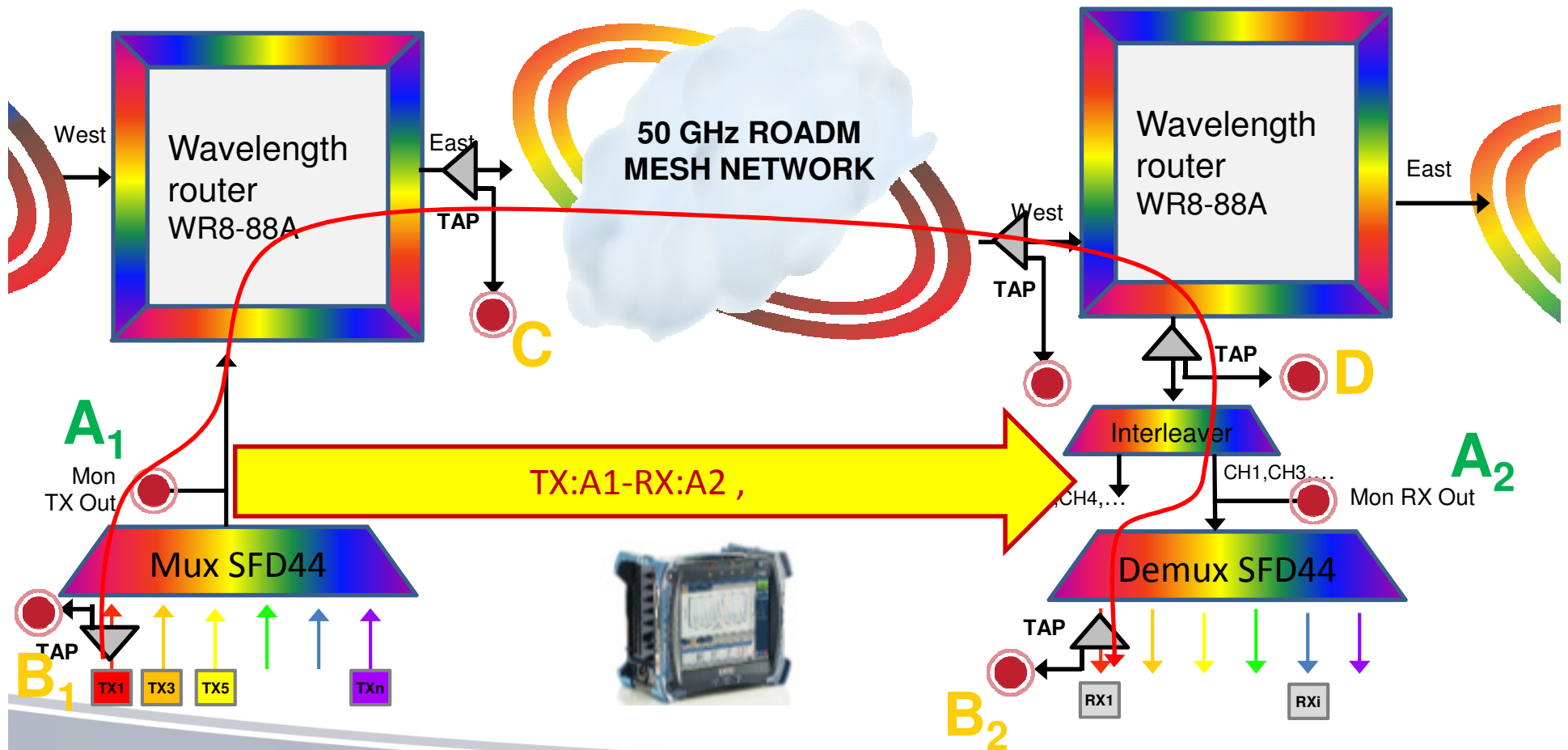
ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS



ZAPOJENÍ – 50GHz – ROADM/WSS

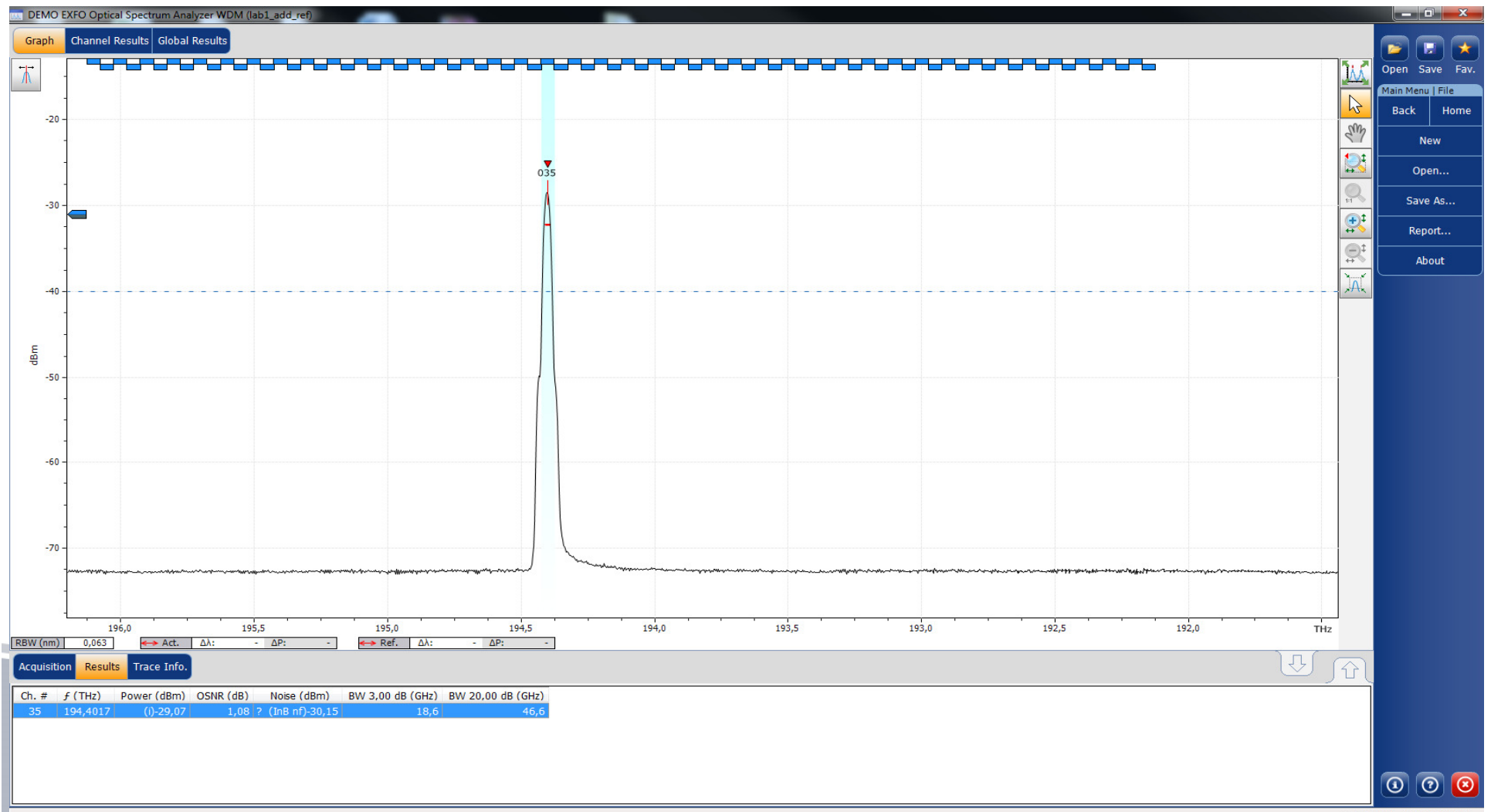


Zkušební - testy v labu



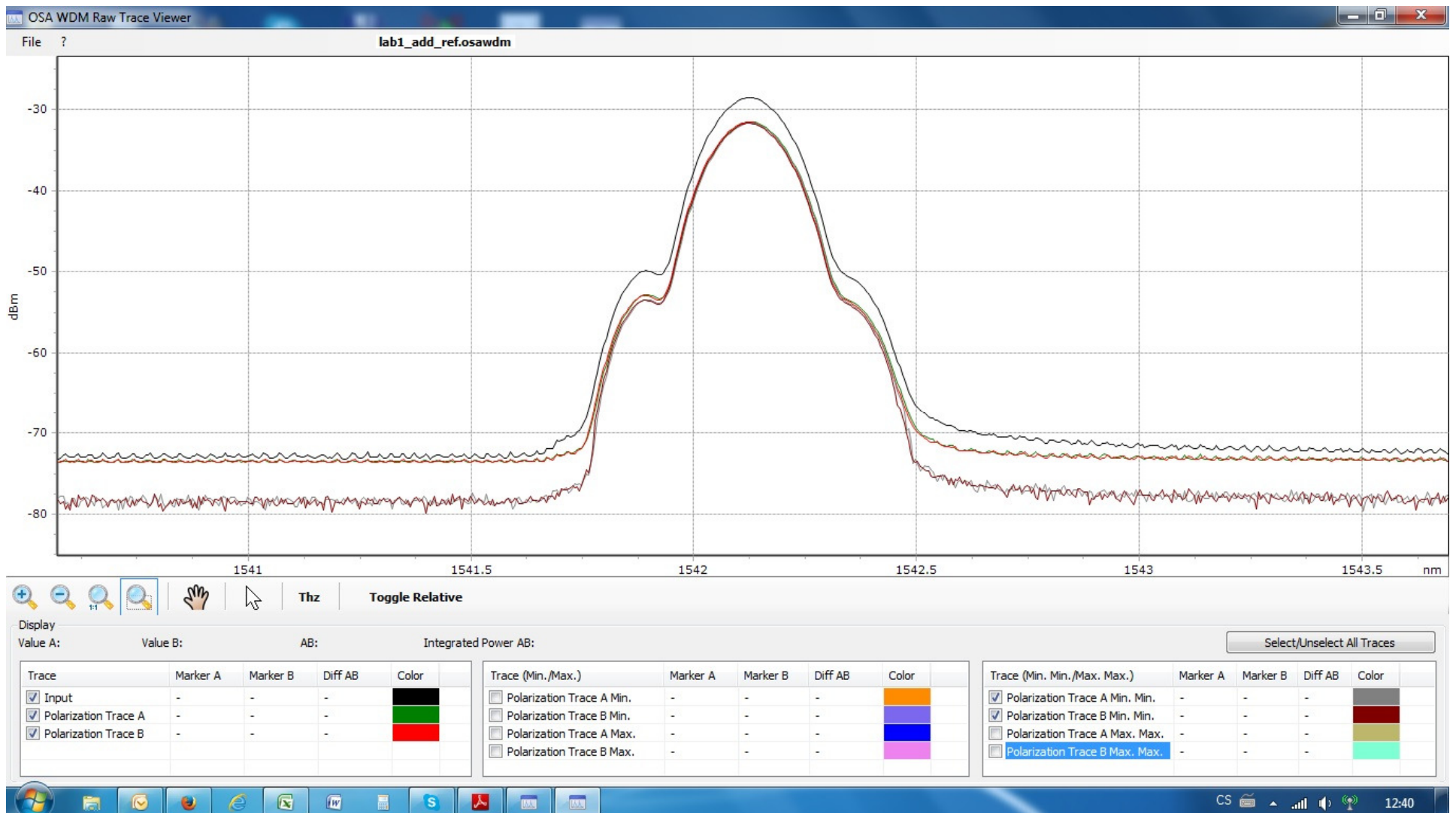
Zkušební - testy v labu

Referenční Náměr TX v bodě A1



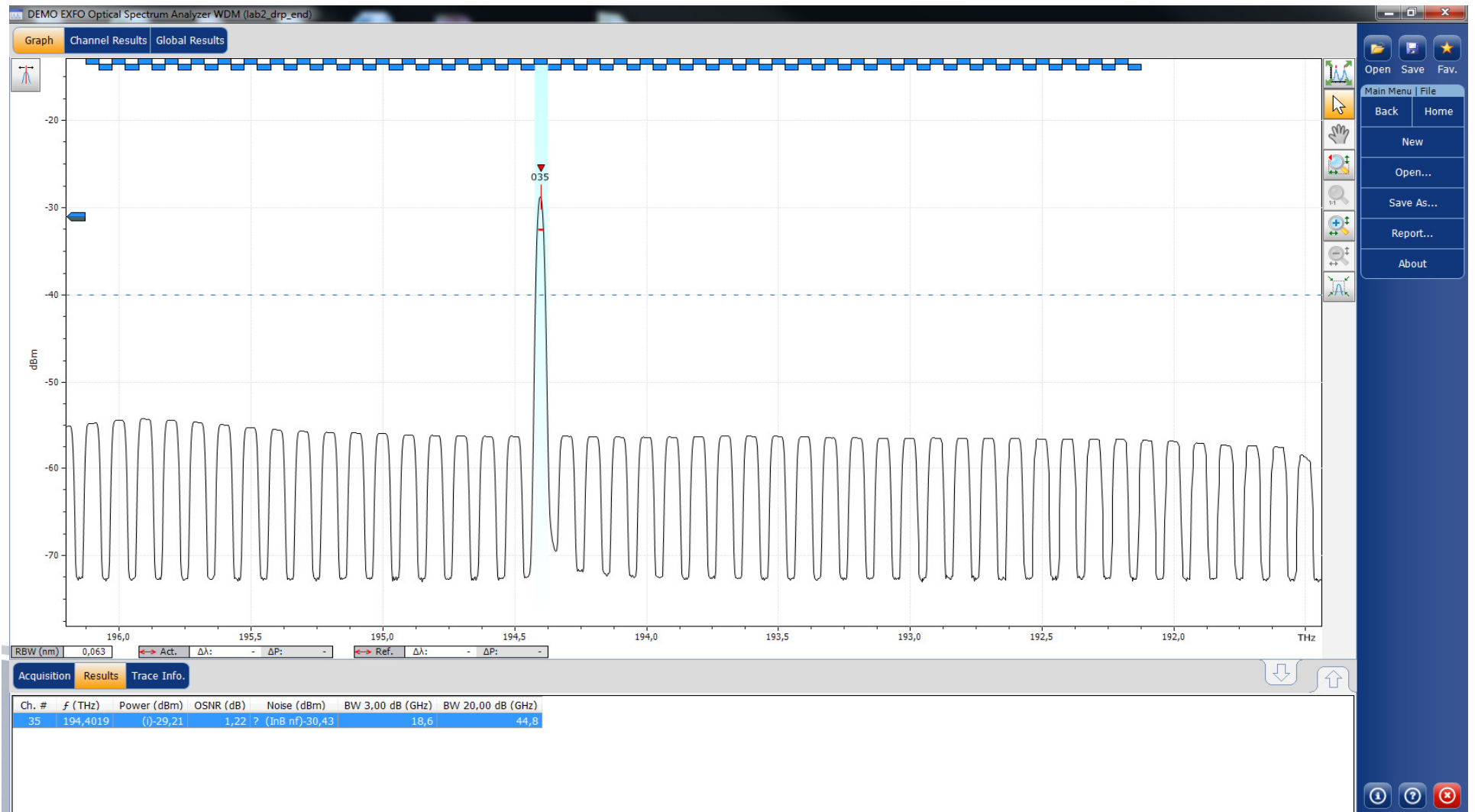
Zkušební - testy v labu

Referenční Náměr TX v bodě A1



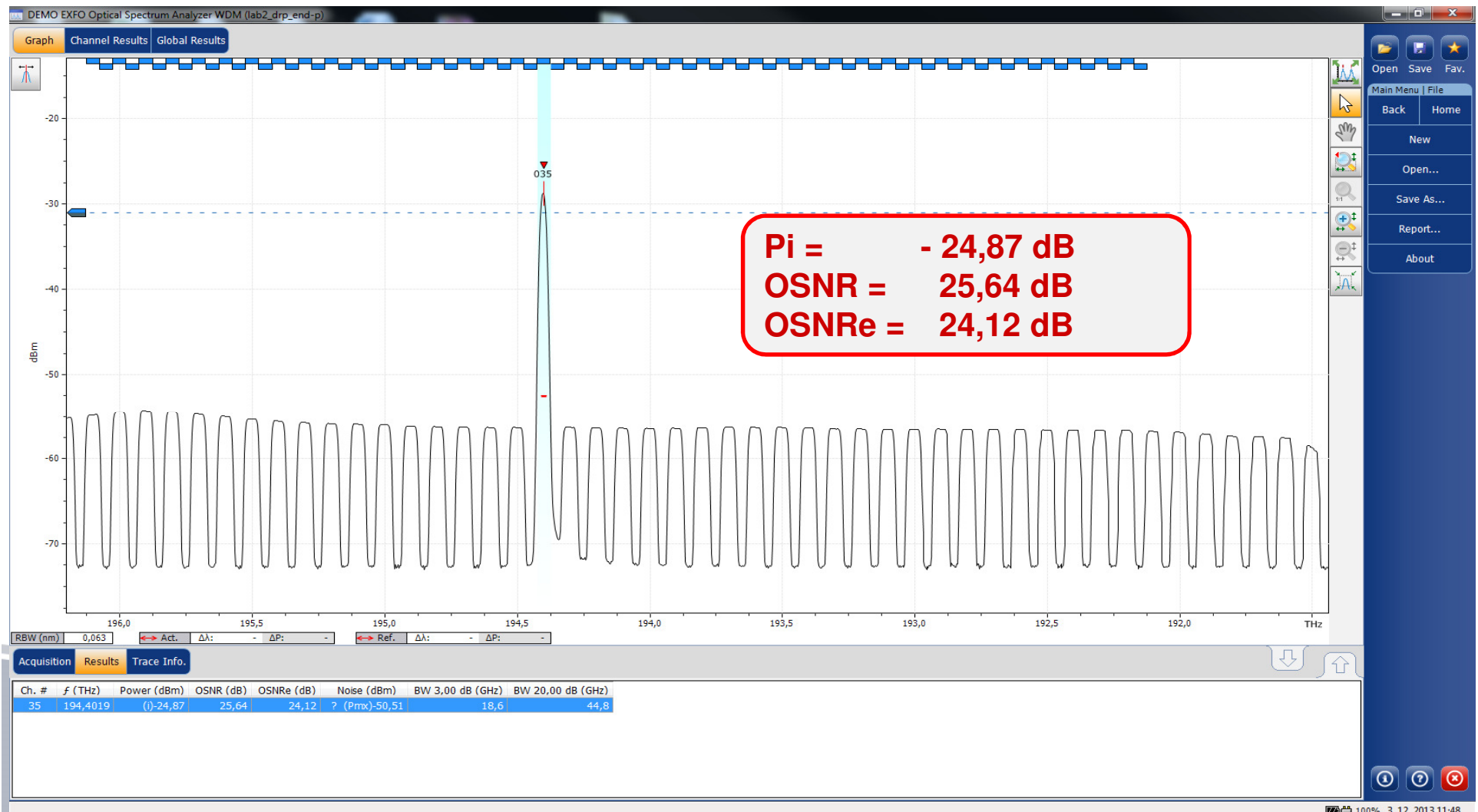
Zkušební - testy v labu

Náměr RX v bodě A2

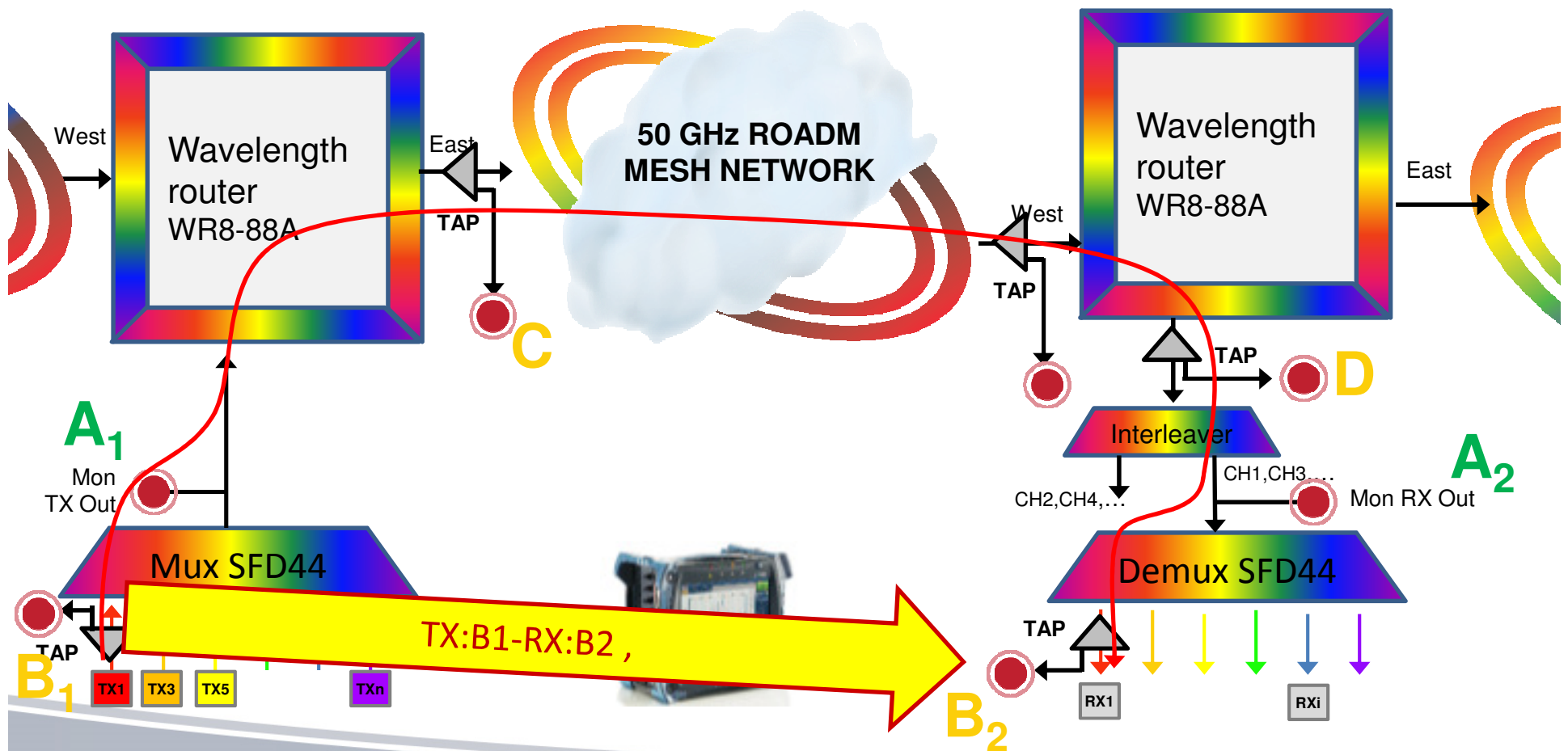


Zkušební - testy v labu

Náměr PolMuxTX OSNR v bodě A2 s referencí TX z bodu A1

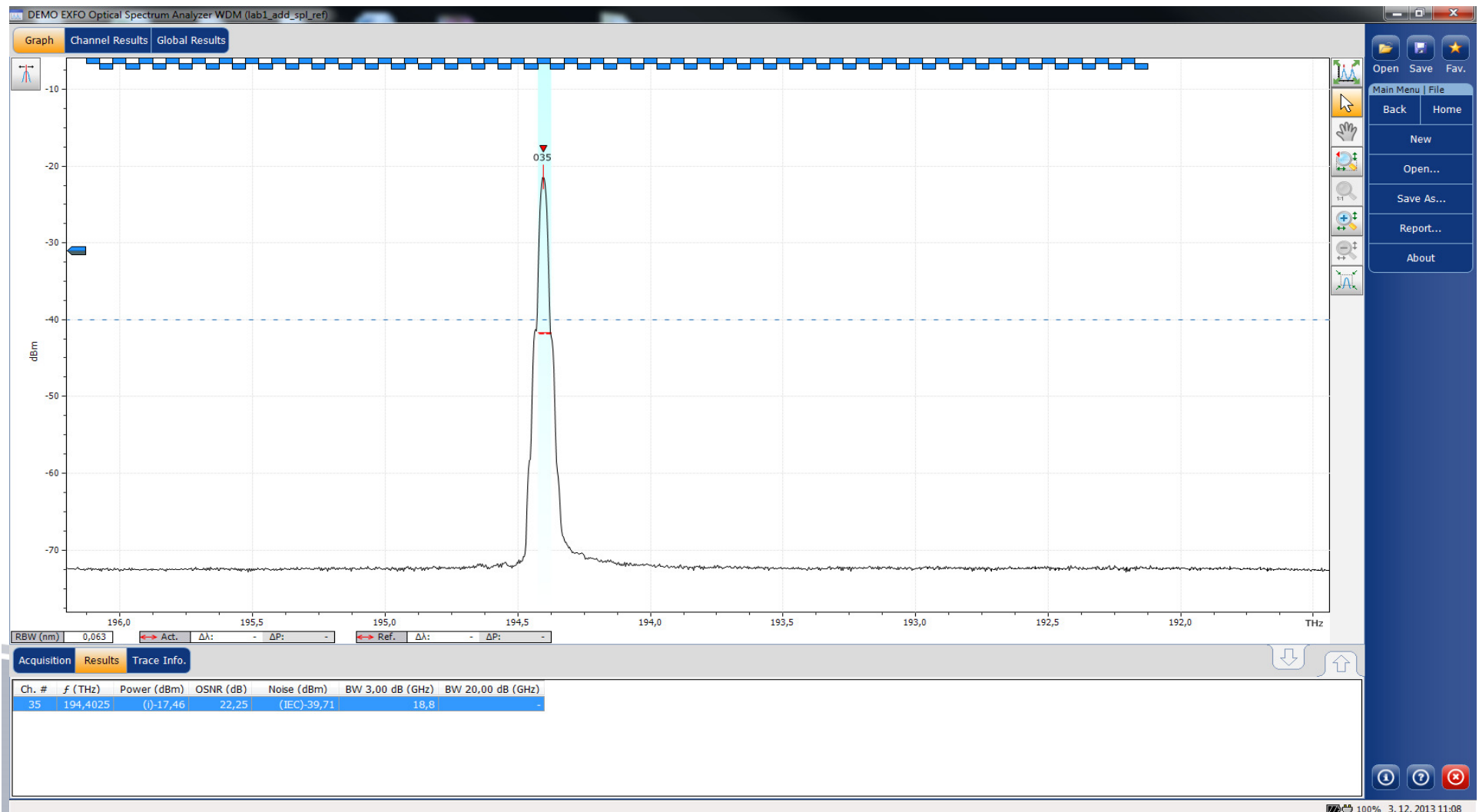


Zkušební - testy v labu



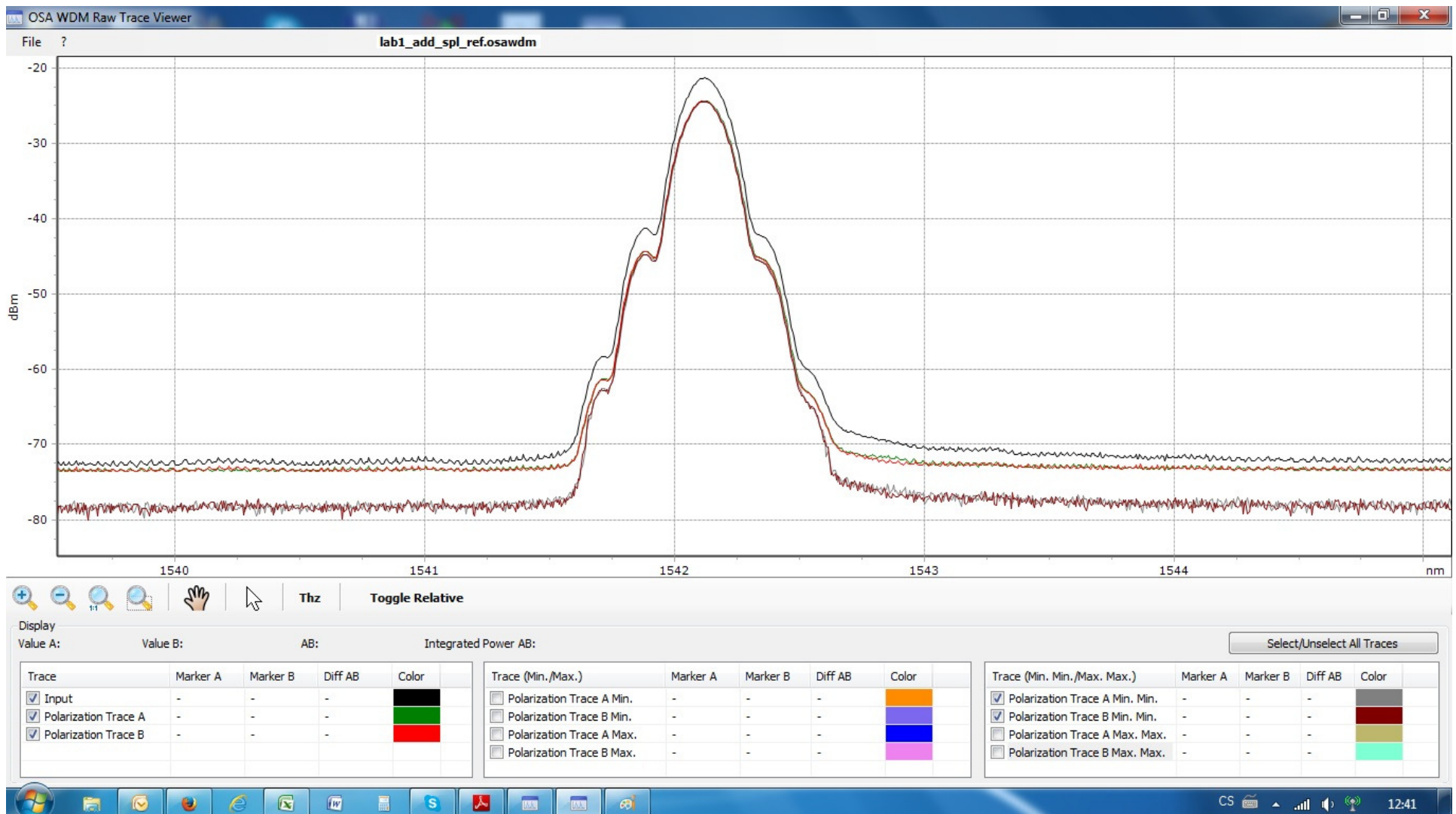
Zkušební - testy v labu

Referenční Náměr TX v bodě B1



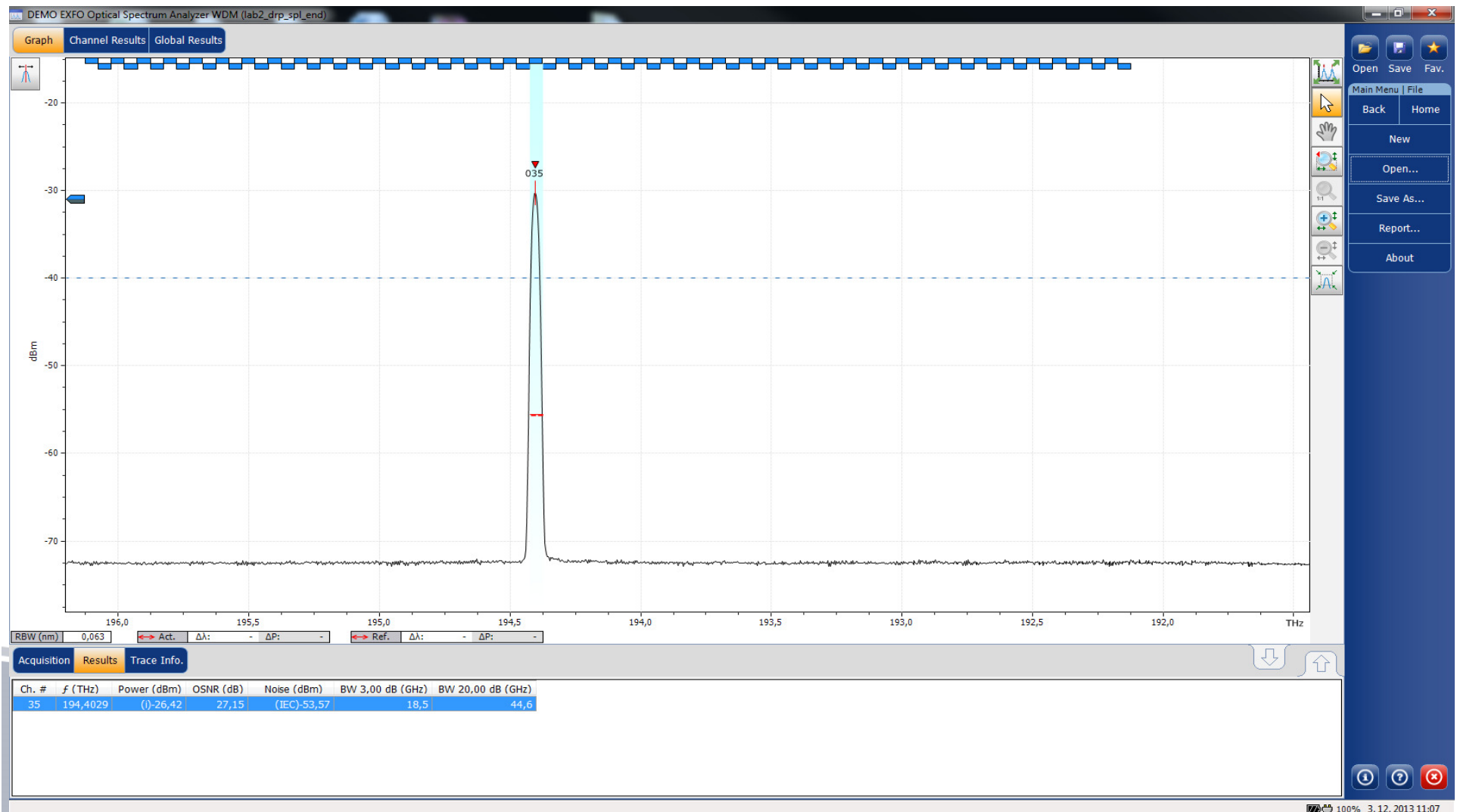
Zkušební - testy v labu

Referenční Náměr TX v bodě B1



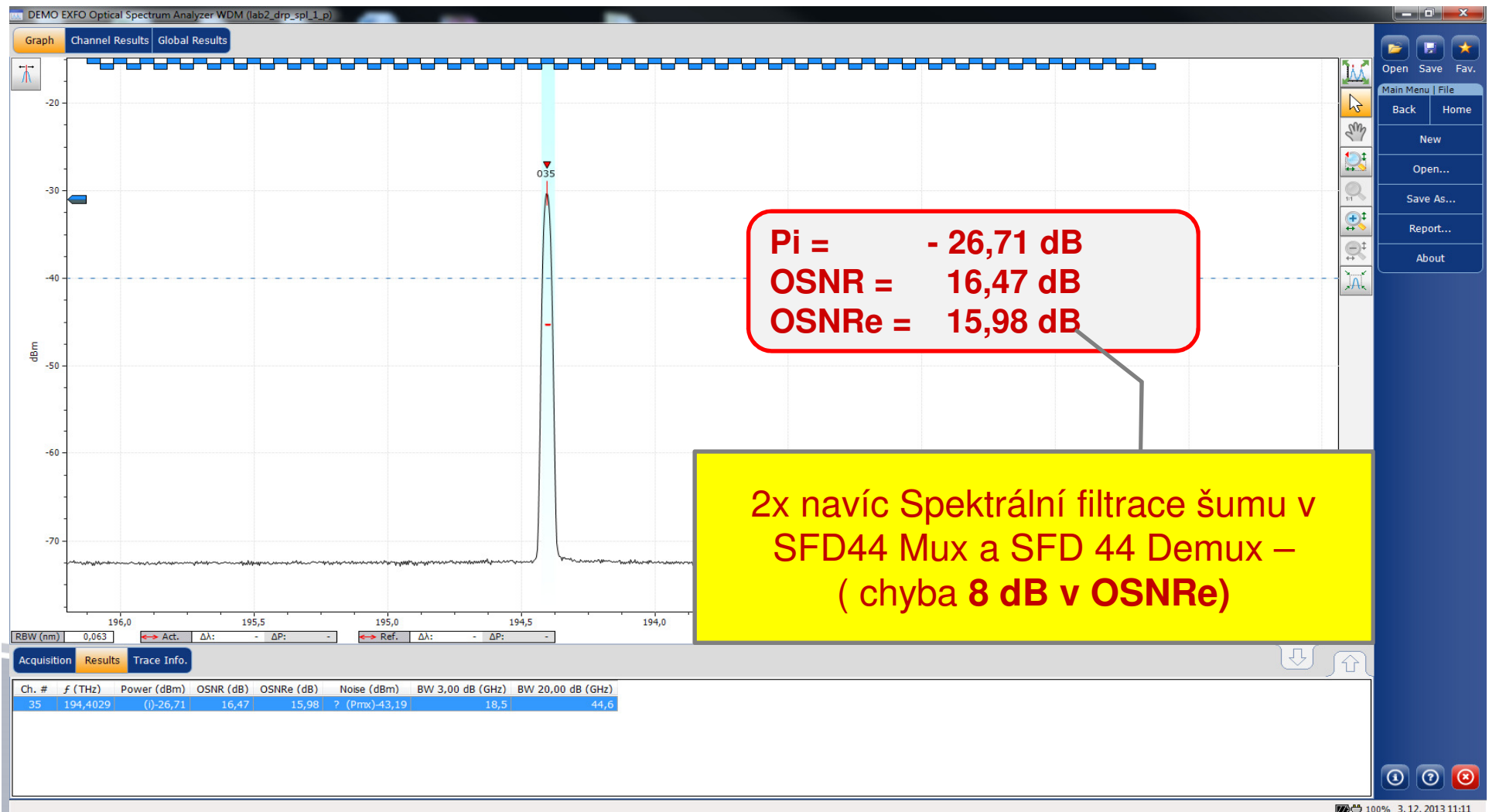
Zkušební - testy v labu

Náměr RX v bodě B2



Zkušební - testy v labu

Náměr PolMuxTX OSNR v bodě B2 s referencí TX z bodu B1



OSNR metody - shrnutí

Data rate	ROADM?	Modulation format	Baud rate	OSNR method
≤ 10 Gbits/s	no	OOK	10 GBd	IEC
≤ 10 Gbits/s	yes	OOK	10 GBd	In-band
40 Gbits/s non-coherent	yes or no	DQPSK or other	20 GBd	In-band
40 Gbits/s coherent	yes or no	DP-QPSK, DP- BPSK	10 GBd or 20 GBd	Pol mux
100 Gbits/s coherent	yes or no	DP-QPSK	28 GBd	Pol mux

Závěr

Dobrá zkušenost z instalací ČR a SK

- Automatické vyhodnocení 10/40G InBand OSNR pomocí SW nástroje EXFO OSA ToolBox (WDM Investigator, COM, COH) je spolehlivé.
- Ruční vyhodnocení polarizačních skenů pomocí offline SW nástroje EXFO Raw Viewer zpřesňuje výsledky (ruční korekce), umožňuje podívat se do kanálů (např ukáže polarizační závislost vlivem PMD).

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

FO-15 **Optické vlnové multiplexy CWDM/DWDM a jejich měření,**
Praha, Trnava

FO-17 **Optické přístupové sítě WDM-PON, VŠB Ostrava**

WWW.PROFIBER.EU
...umění optické komunikace

DĚKUJEME ZA POZORNOST

Josef Beran, Jan Brouček,

info@profiber.eu | www.profiber.eu

