



Využití Q-faktoru v systémech s DWDM

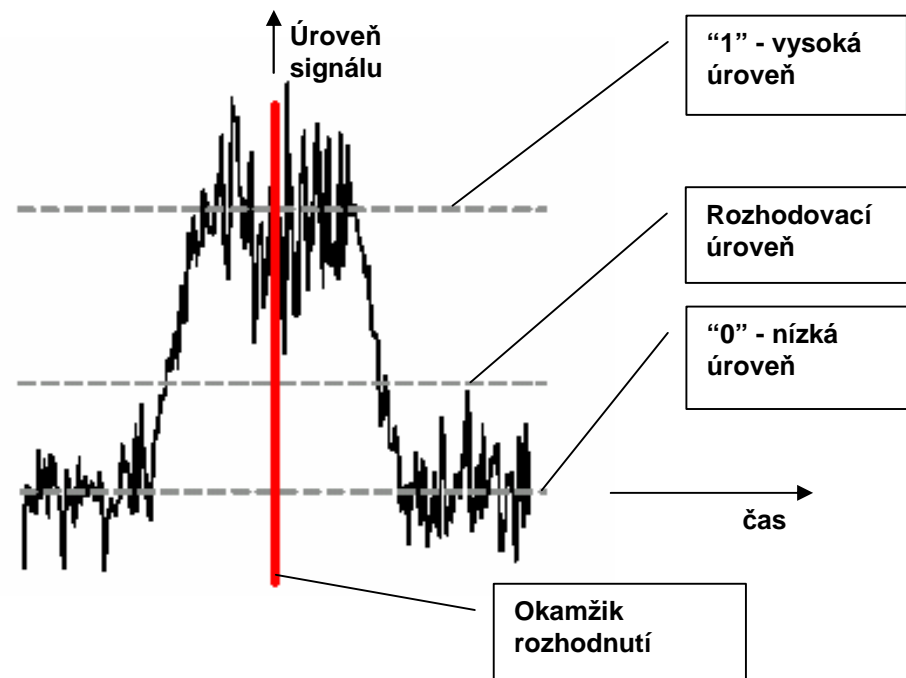
Ing. Tomáš Koten

Obsah

- Co je to Q-faktor ?
- Vztah mezi BER a Q-faktorem
- Metody měření Q-faktoru
- Měření Q-faktoru v rámci DWDM systému
- Závěr

Co je to Q-faktor

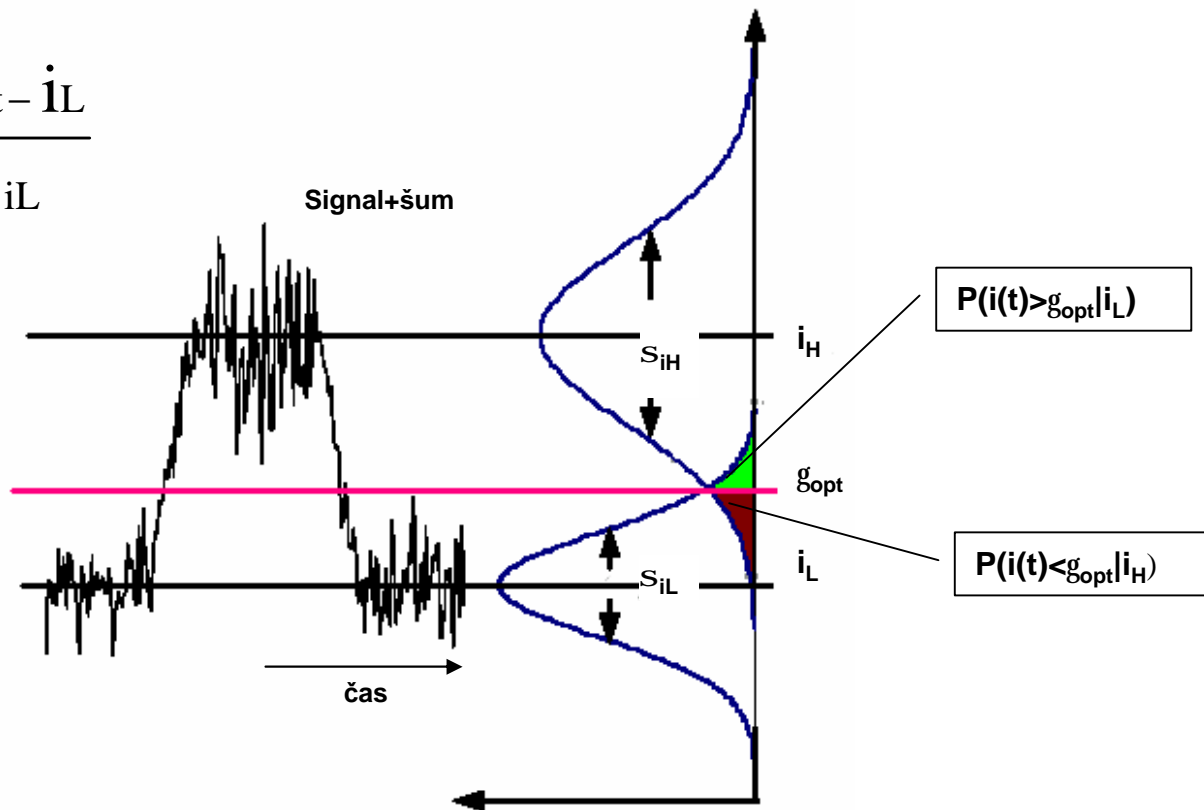
- Parametr charakterizující kvalitu digitálního signálu
- Analogová charakteristika signálu
- Definován jako odstup signál/šum při optimální rozhodovací úrovni



Q-faktor digitálního signálu

$$Q = \frac{i_H - \gamma_{opt}}{\sigma_{iH}} = \frac{\gamma_{opt} - i_L}{\sigma_{iL}}$$

$$Q = \frac{i_H - i_L}{\sigma_{iH} + \sigma_{iL}}$$

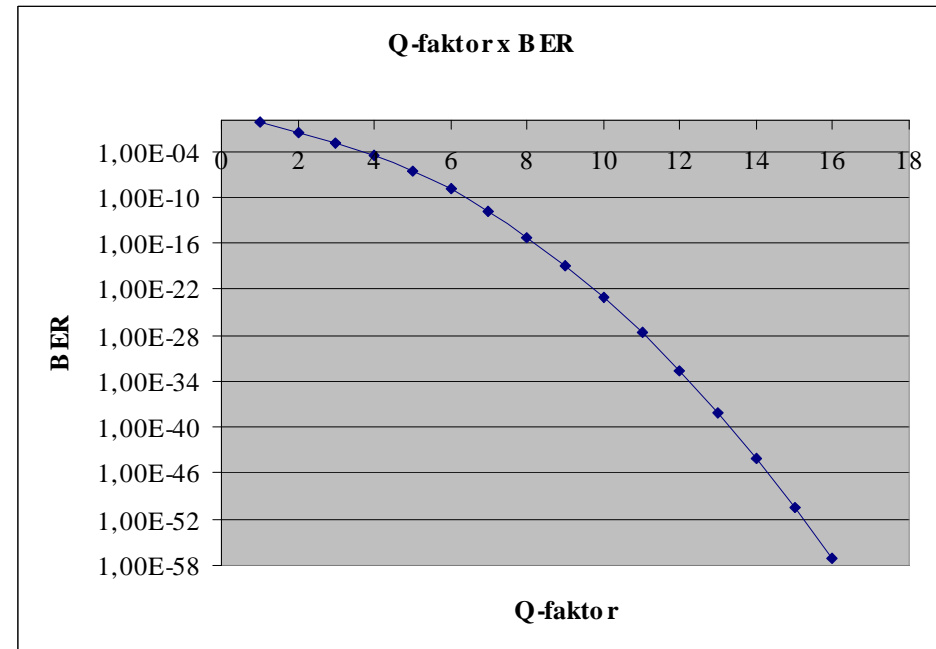


Vztah mezi BER a Q-faktorem

- Předpoklad bílého Gaussova šumu
- Předpoklad shodného zastoupení log 1 a log 0 v signálu

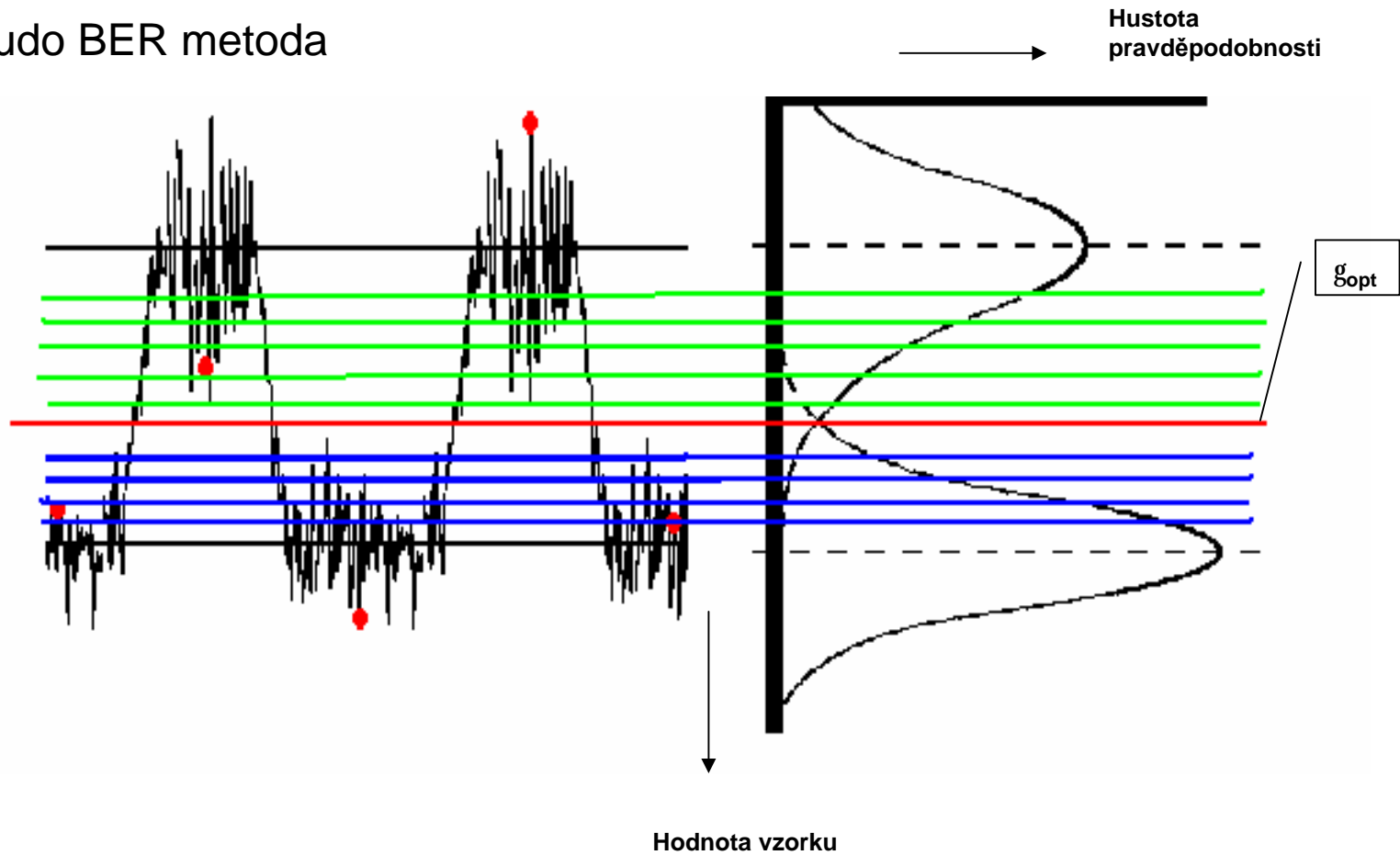
$$\text{BER} = \frac{\text{Počet Chybně Přijatých Bitů}}{\text{Celkový Počet Přijatých Bitů}}$$

$$\text{BER} = P(\text{Error}) = \frac{1}{\sqrt{2 * \Pi * \sigma_{iL}^2}} * \int_{\gamma_{\text{opt}}}^{\infty} e^{-\frac{1}{2} * \left(\frac{i - i_L}{\sigma_{iL}} \right)^2} di = \text{erfc}(Q)$$



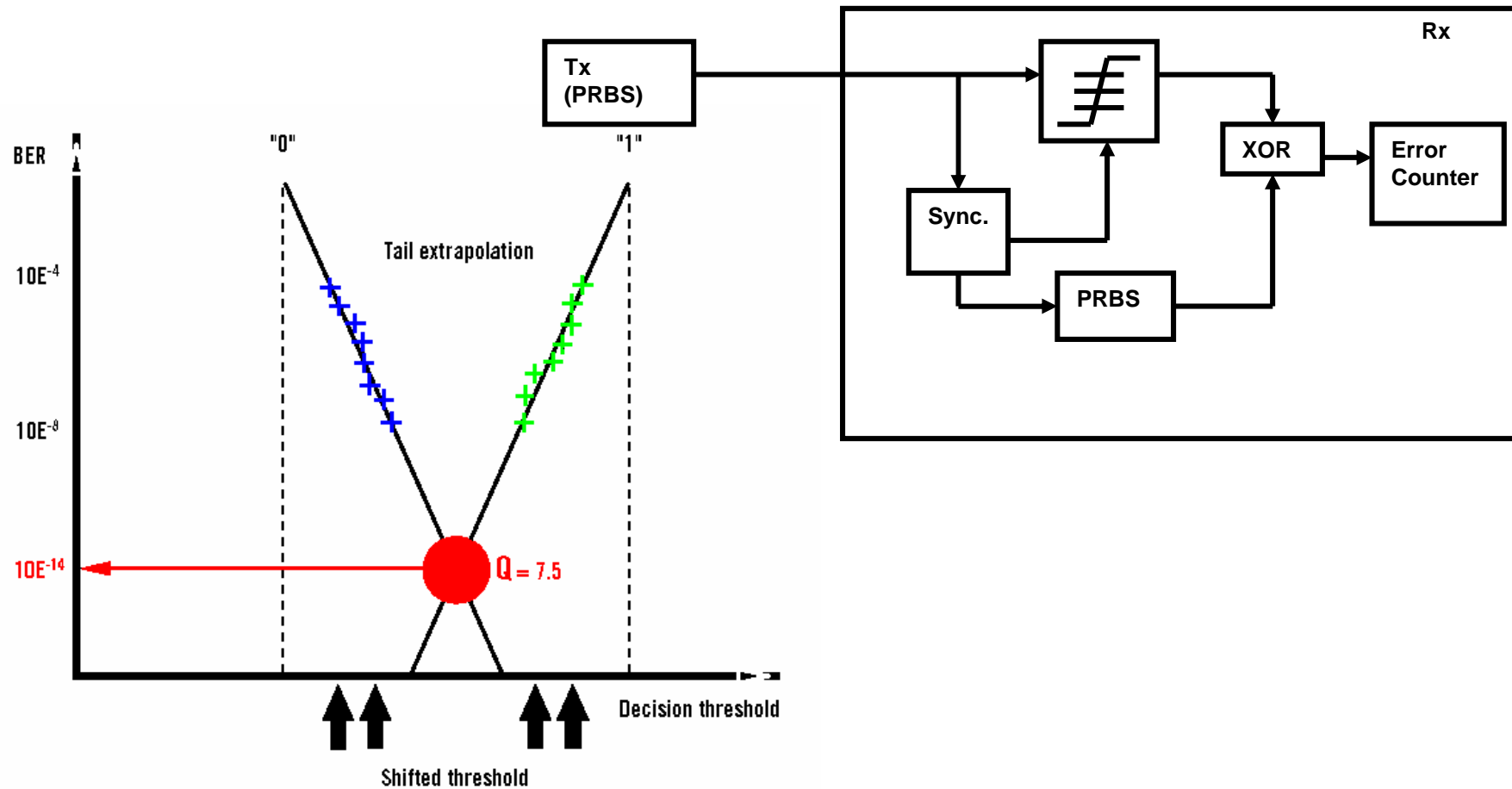
Metody měření Q-faktoru

- Pseudo BER metoda

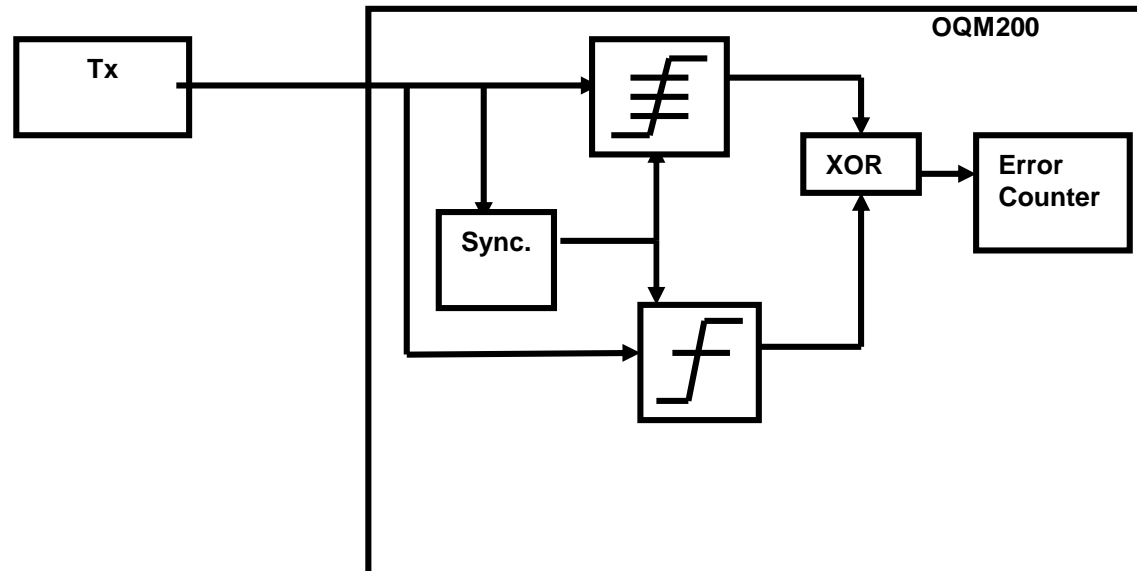


Metody měření Q-faktoru

- Pseudo BER metoda

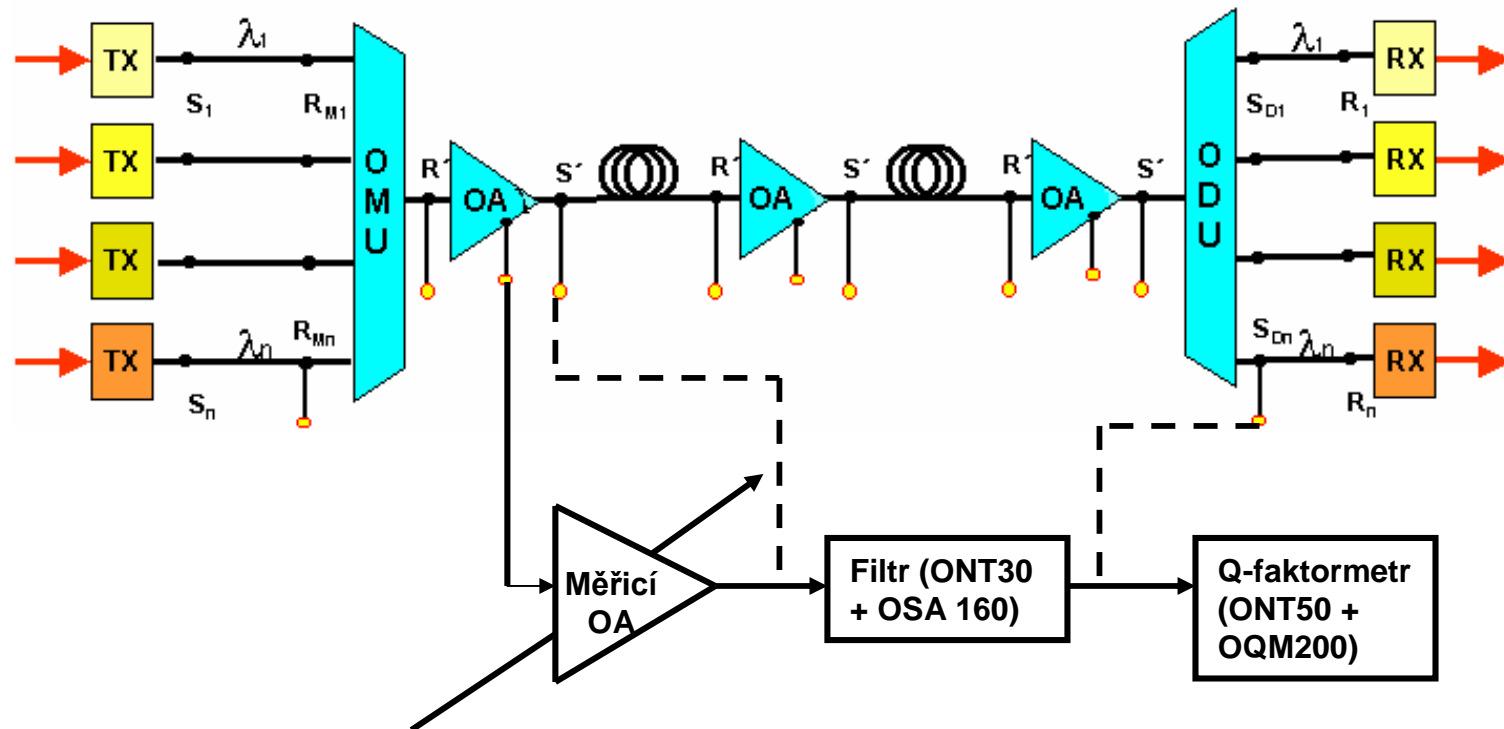


Q-faktormetr Acterna OQM200



- Nezávislost na struktuře digitálního signálu
- Není třeba zasmyčkovávat toky v systému pro provedení měření
- Jednostranné (jednoportové) měření pouze na přijímací straně (1 x obsluha na jednom místě)
- Neovlivňuje měřený systém
- Měří v rozsahu do 10Gbit/s
- Rychlé měření - cca 1 min.

Měřicí pracoviště pro měření Q-faktoru v rámci DWDM systému

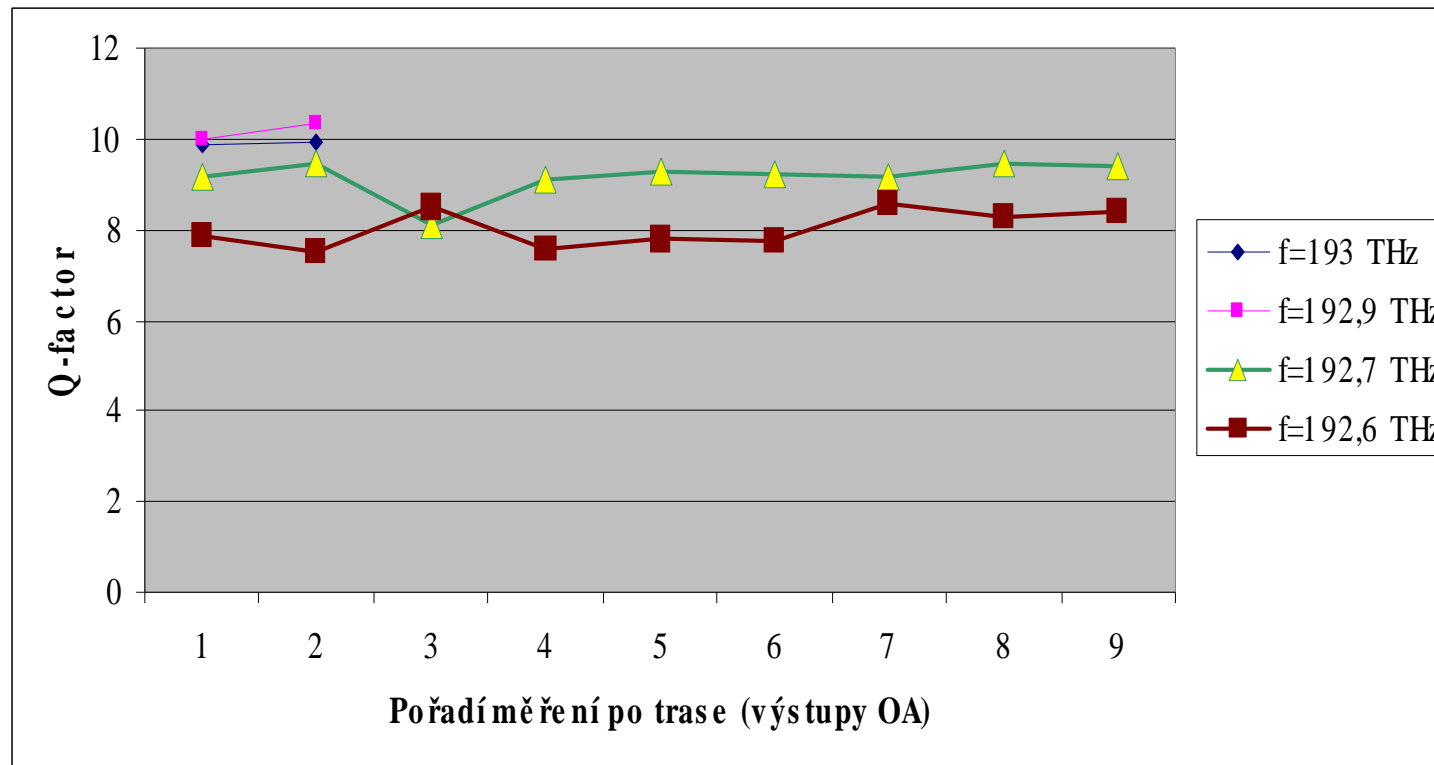


Měření Q-faktoru v rámci DWDM systému

- Měření při výstavbě (při instalaci, závěrečná měření)
 - Výstupy OA
 - Monitorovací porty OA
 - Výstupy ODU
 - příp. další monitorovací porty a výstupy v systému (OA, ODU, OMU, OADM, OXC)
- Měření za provozu systému (údržba)
 - Monitorovací porty OA
 - příp. další monitorovací porty v systému (OA, ODU, OMU, OADM, OXC)

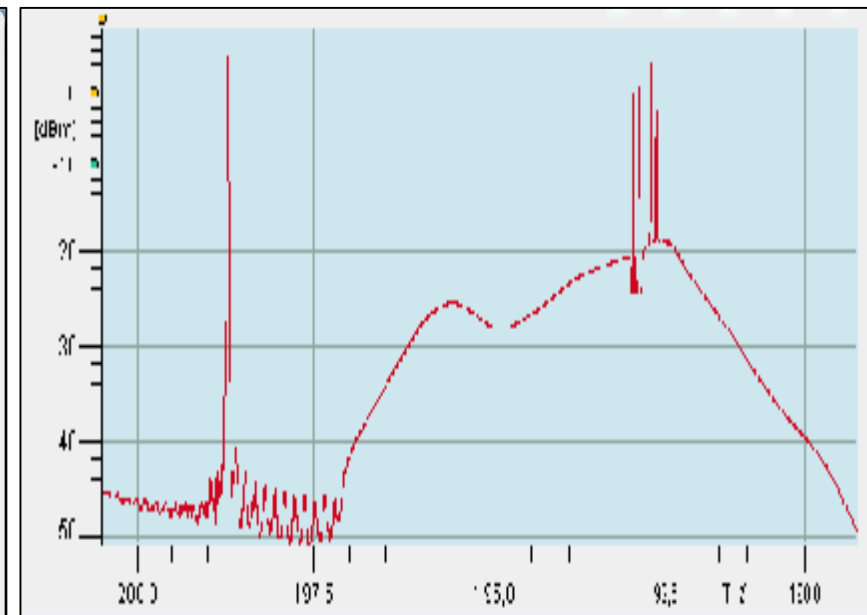
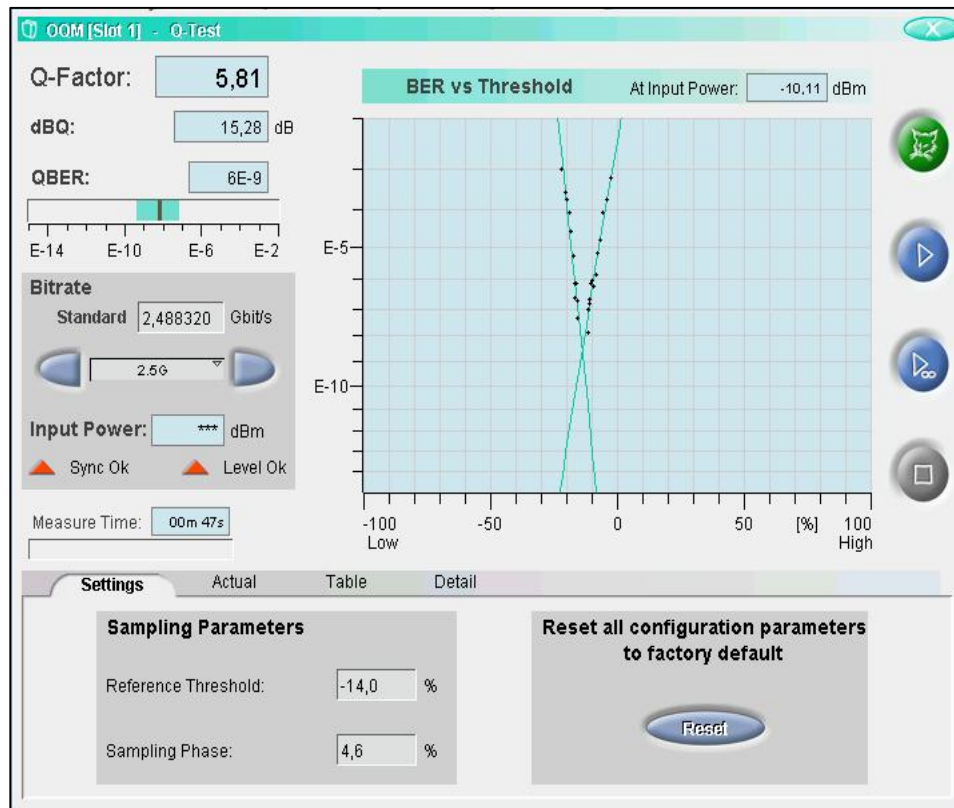
Výsledky měření Q-faktoru při výstavbě DWDM systému

- Q-faktor podél DWDM systému



Výsledky měření Q-faktoru při výstavbě DWDM systému

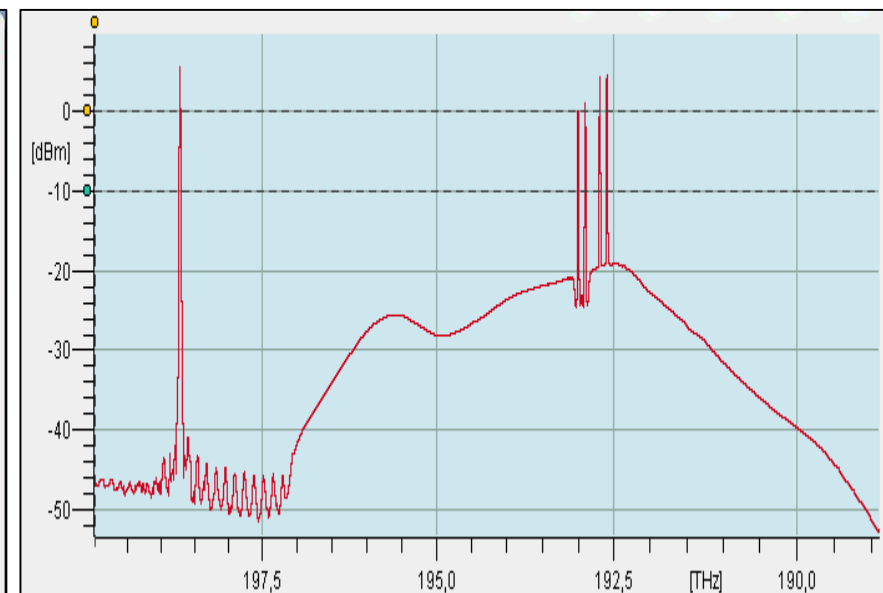
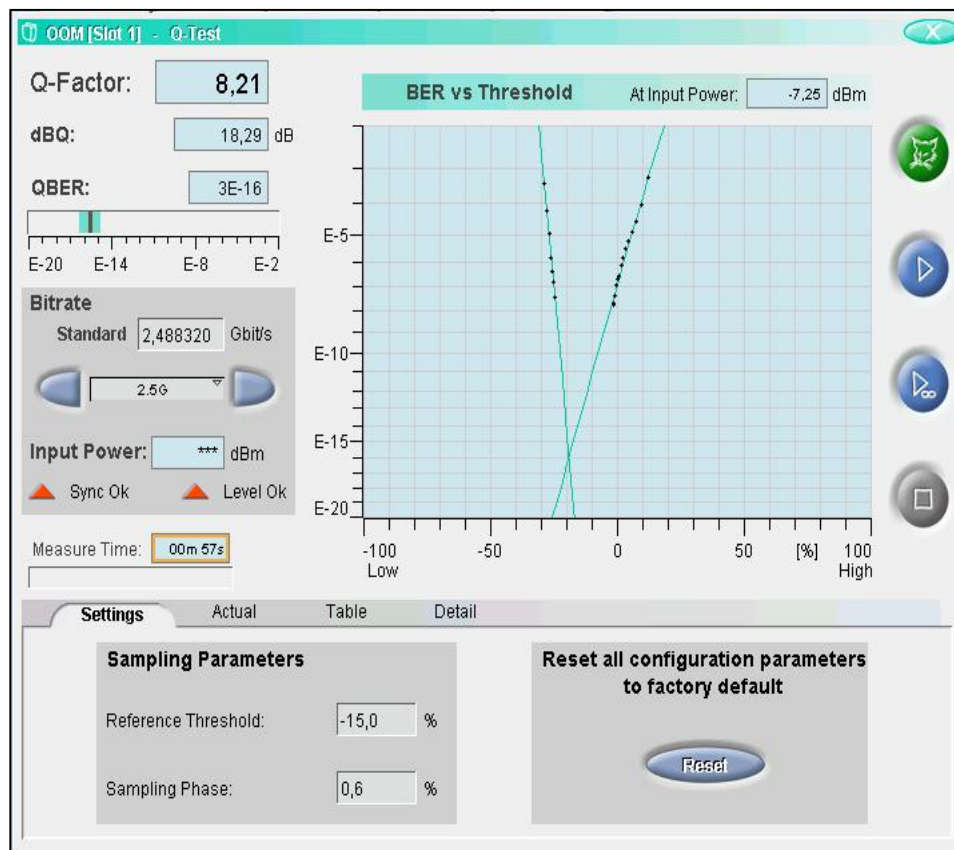
- Znečištěný konektor v trase stav na výstupu OADM



KANÁL-FREKVENCE [THz]	Pout [dBm]	OSNR [dB]	Q-factor
193	0,11	22,59	9,07
192,9	0,98	23,38	10,03
192,7	4,21	22,99	5,76
192,6	4,43	23,27	5,81

Výsledky měření Q-faktoru při výstavbě DWDM systému

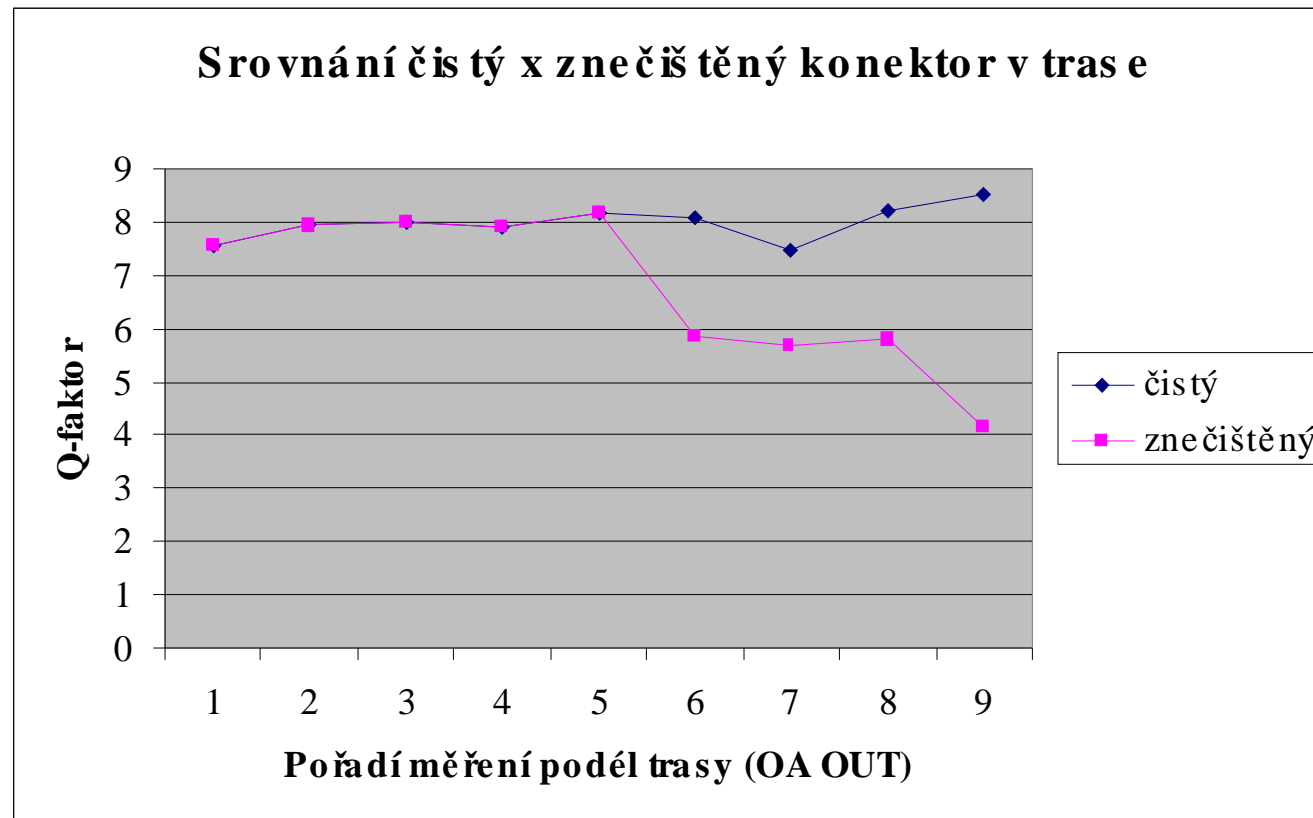
- Po vyčištění konektoru v trase - stav na výstupu OADM



KANÁL-FREKVENCE [THz]	Pout [dBm]	OS NR [dB]	Q-factor
193	0	22,63	9,43
192,9	1,03	23,7	10,16
192,7	4,28	23,5	7,98
192,6	4,35	23,17	8,21

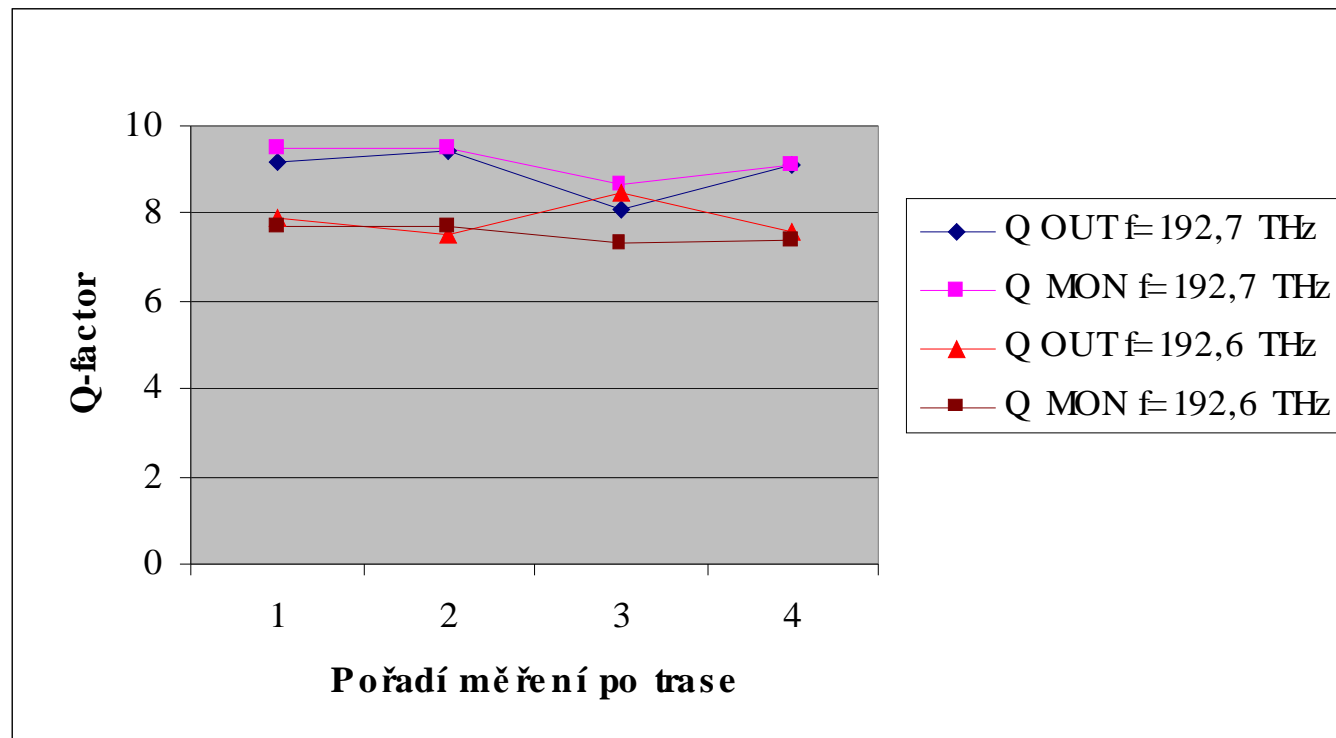
Výsledky měření Q-faktoru při výstavbě DWDM systému

- Snížení Q-faktoru od místa se znečištěným konektorem



Výsledky měření Q-faktoru na DWDM systémech v provozu

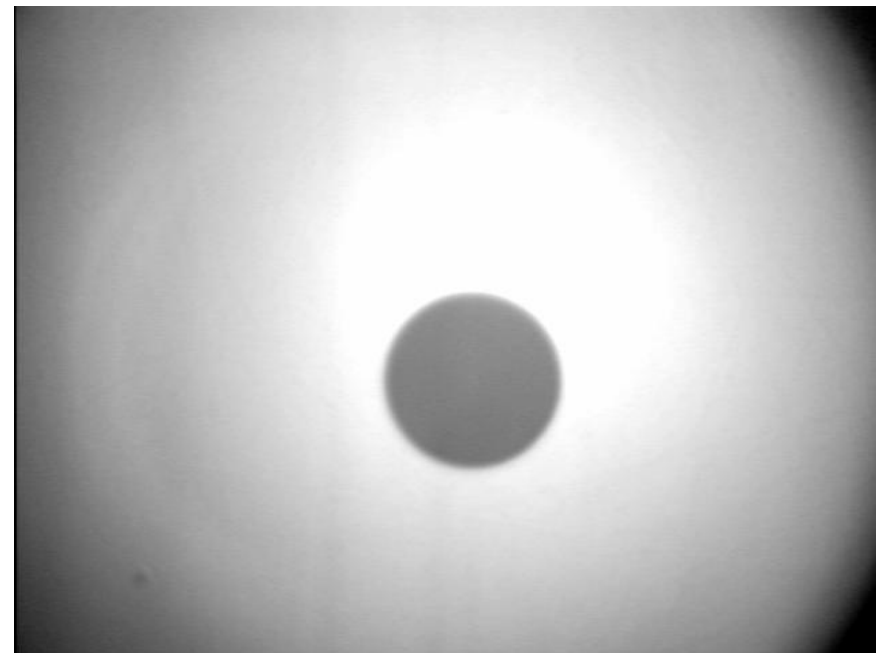
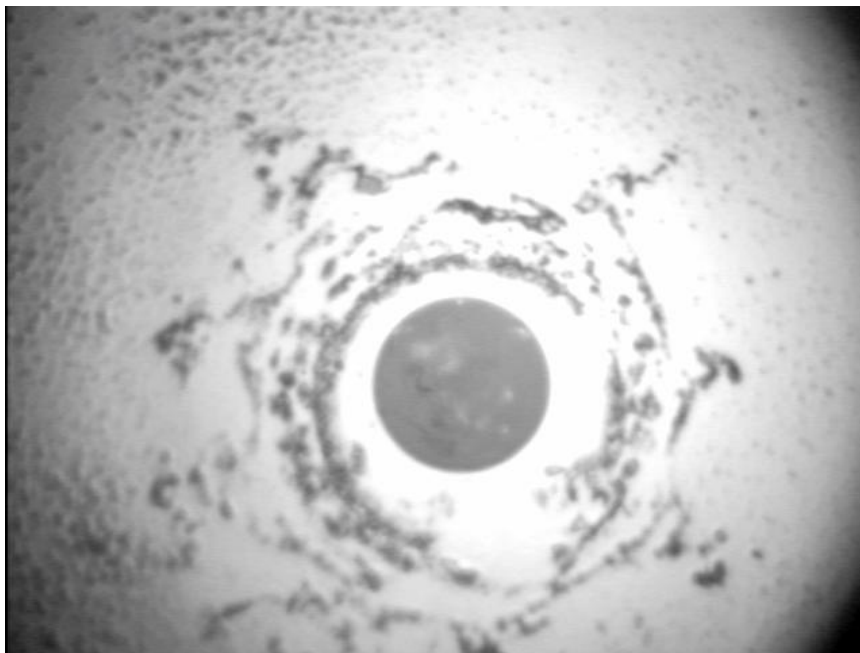
- Q-faktor na výstupu a monitorovacím portu OA



Výsledky měření Q-faktoru na DWDM systémech v provozu

KANAL-FREKVENCE [THz]	Pmon [dBm]	OSNR [dB]	Q-factor
194,1	-19,51	30,36	10,77
194,2	-19,62	30,97	13,84
194,3	-19,49	31,18	15,54

KANAL-FREKVENCE [THz]	Pmon [dBm]	OSNR [dB]	Q-factor
194,1	-19,78	30,51	16,86
194,2	-20,02	31	18,49
194,3	-19,77	31,33	18,44



Vyhodnocení provedených měření

- Q-faktormetrem měříme analogovou kvalitu digitálního signálu tj. není brán v potaz obsah bitového toku
- Q-faktor signálu je ovlivněn pouze analogovou částí přenosového řetězce od posledního Tx => nelze přímo srovnávat s BER měřenou klasicky přes několik zasmyčkových optických kanálů
- Q-faktor se podél přenosového řetězce DWDM příliš nemění pro daný optický kanál (obecně mírně klesá), pokud je přenosový řetězec v pořádku.
- Q-faktor měřený na výstupu optického zesilovače je téměř shodný s Q-faktorem měřeným na monitorovacím portu optického zesilovače
- Typické průměrné hodnoty Q-faktoru na měřených systémech jsou 13 až 15. Nižší hodnoty Q-faktoru signalizují problémy v trase nebo problémy v samotném systému (hodnoty v grafech byly naměřeny na systému se špatnou výkonovou stabilitou spektra).
- Při hodnotách $Q \leq 7$ se v kanálech STM16 projevila chybovost i při krátkodobých měřeních chybovosti klasickým způsobem (15 min).
- Z naměřených hodnot nebyla vysledována jakákoliv závislost mezi OSNR a Q-faktorem.

Závěr

- Měření **Q-faktoru a BER** klasickým způsobem (protokolovým analyzátozem) **se vhodně doplňují**
- **Q-faktor** - rychlé měření, nezávislý na struktuře signálu, podporuje velký rozsah přenosových rychlostí, neovlivňuje měřený systém => **výborné uplatnění při údržbě a monitorování stavu DWDM systému**
- **OSNR** měřený OSA je nutným, ale **ne plnohodnotným ukazatelem kvality** optického signálu (analogové části DWDM systému).
- Narůstání významu Q-faktoru do budoucna - **testování kvality prvků v přenosovém řetězci Q-faktorem** (fotonické sítě - nárůst počtu analogových prvků v síti - konektorové spoje, OA, OADM, OXC, lambda converter, ODU)

Děkuji za Vaši pozornost

Ing. Tomáš Koten

koten@vegacom.cz