



«Jaunas optiskās datu pārraides tehnoloģijas uzlabošana»

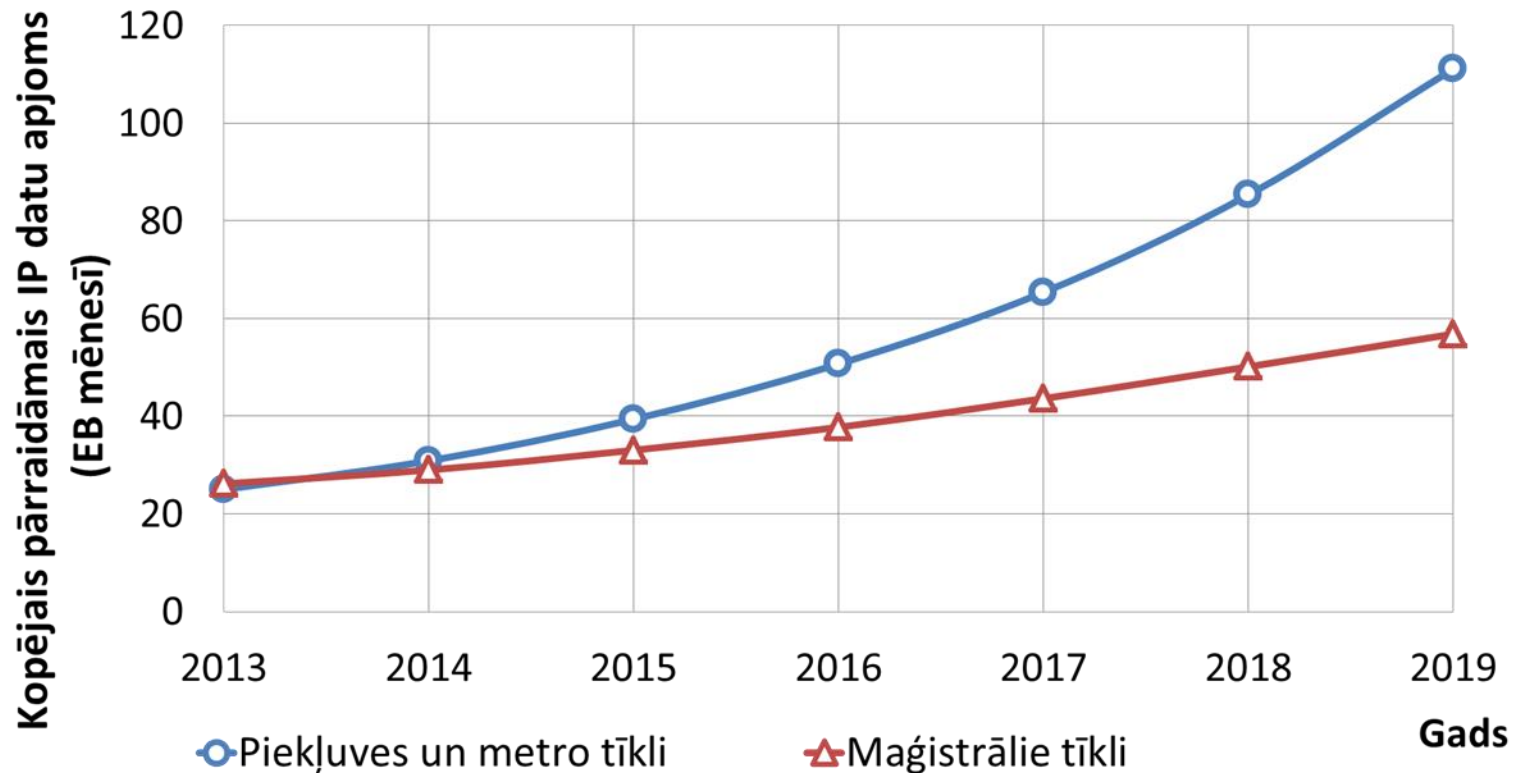
Jurģis Poriņš
Vadošais pētnieks. Dr.sc.ing.

VPP Projekts – Tehnoloģijas drošai un uzticamai gudrajai pilsētai



Aktualitāte (1/2)

2015. gadā piekļuves un metro tīklos pārraidāmais datu apjoms sastāda 54% no kopējā pārraidāmā datu apjoma!



Kompānijas *Cisco* prognozes kopējam pārraidām datu apjomam laika posmā no 2013. līdz 2019. gadam

**2019. gadā piekļuves un metro tīklos pārraidāmais datu apjoms
sasniegs 66% no kopējā pārraidāmā datu apjoma!**

Aktualitāte (2/2)

Pasīvie optiskie piekļuves tīkli (PON)

Viļņgarumdales
blīvēti
PON

Laikdales blīvēti
PON

SS-WDM PON

WDM-PON

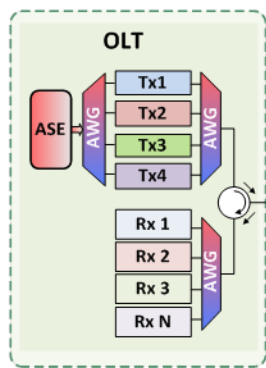
GPON

EPON

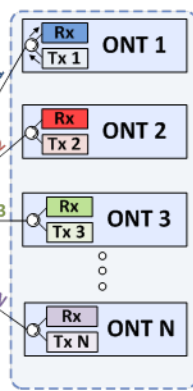
BPON

Katram
lietotājam
savs gaismas
viļņa garums!

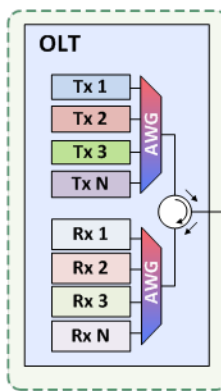
Katram
lietotājam
sava
laiksprauga!



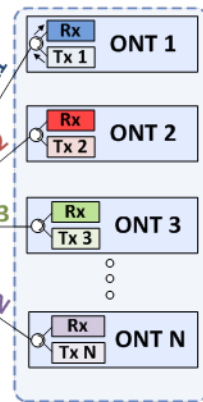
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_N, \dots$



SS-WDM PON

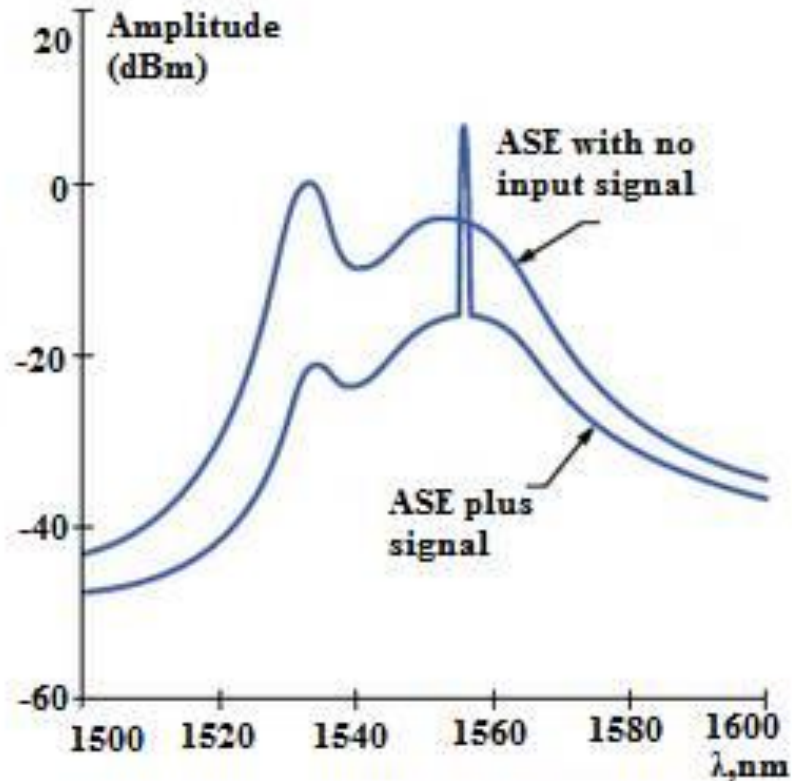


$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_N, \dots$



WDM-PON

EDFA PASTIPRINĀTĀ SPONTĀNĀ EMISIJA (ASE)



ASE trokšņa spektrālais blīvums *EDFA* pastiprinātāja izejā gadījumā ar un bez ieejas signāla.

$$NF = 10 \lg \left[\left(\frac{P_{ASE}}{h\nu \cdot \Delta\nu} + 1 \right) \left(\frac{P_{signal_in}}{P_{signal_out}} \right) \right] [dB]$$

NF – trokšņa faktors;

P_{ASE} – pastiprinātās spontānās emisijas jauda;

ν – signāla frekvence;

$\Delta\nu$ – ASE trokšņa spektra platums;

P_{signal_in} – signāla jauda pastiprinātāja ieejā;

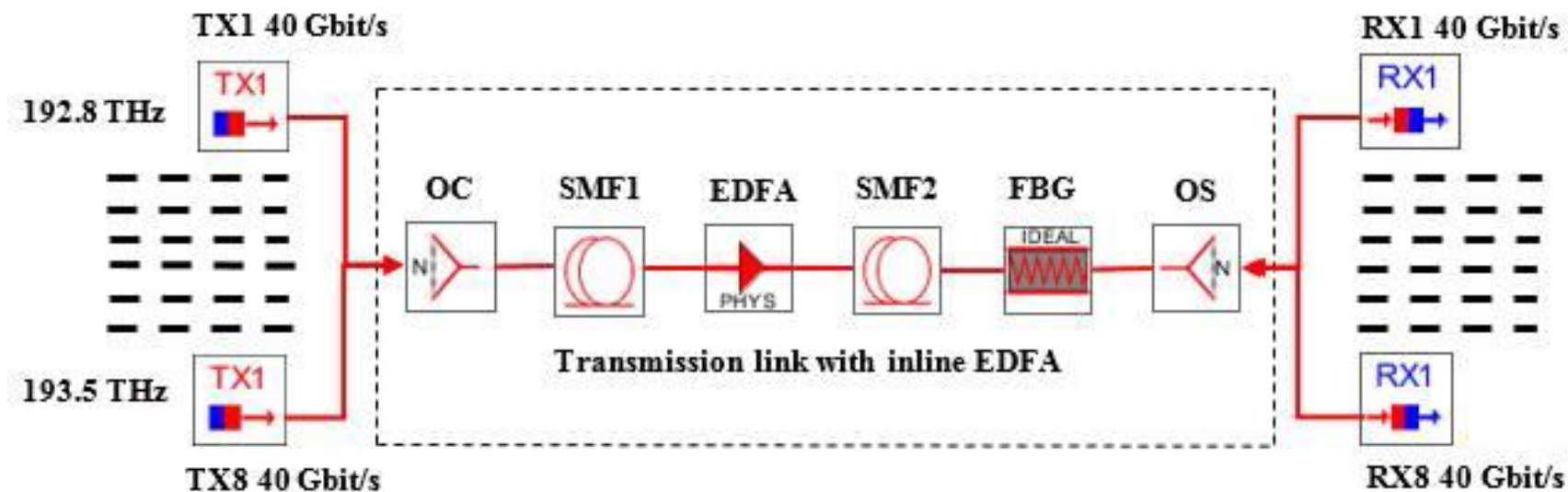
P_{signal_out} – signāla jauda pastiprinātāja izejā;

EDFA pastiprinātāju ienestā trokšņa līmenis tipiski ir 3 – 5 dB.

EDFA PASTIPRINĀTĀ SPONTĀNĀ EMISIJA (ASE)

Sistēmas pamatparametri:

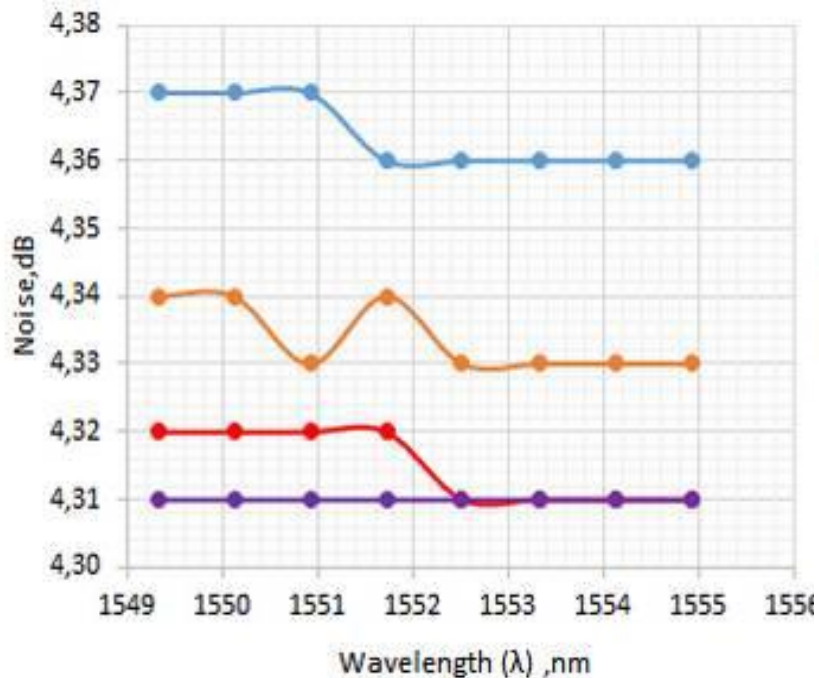
- ✓ Intensitātes modulācija
- ✓ EDFA līnijas pastiprinātājs
- ✓ Tiešā virzienā ieslēgts 980 nm pumpējošais lāzers
- ✓ Pretējā virzienā ieslēgts 1480 nm pumpējošais lāzers



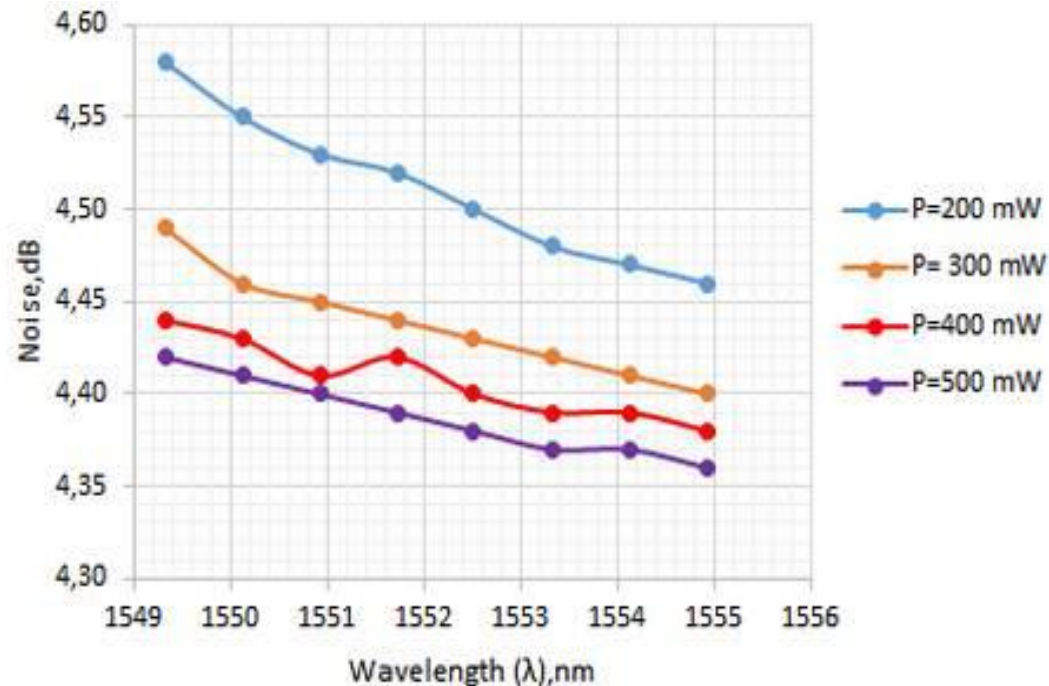
EDFA pastiprinātāja ASE parametra novērtēšanas simulācijas blokshēma. EDFA ir ievietots kā DWDM pārraides sistēmas līnijas pastiprinātājs. Dispersijas kompensācija tika veikta ar šķiedras Brega režģi (FBG).

EDFA PASTIPRINĀTĀ SPONTĀNĀ EMISIJA (ASE)

EDF garums 10 metri



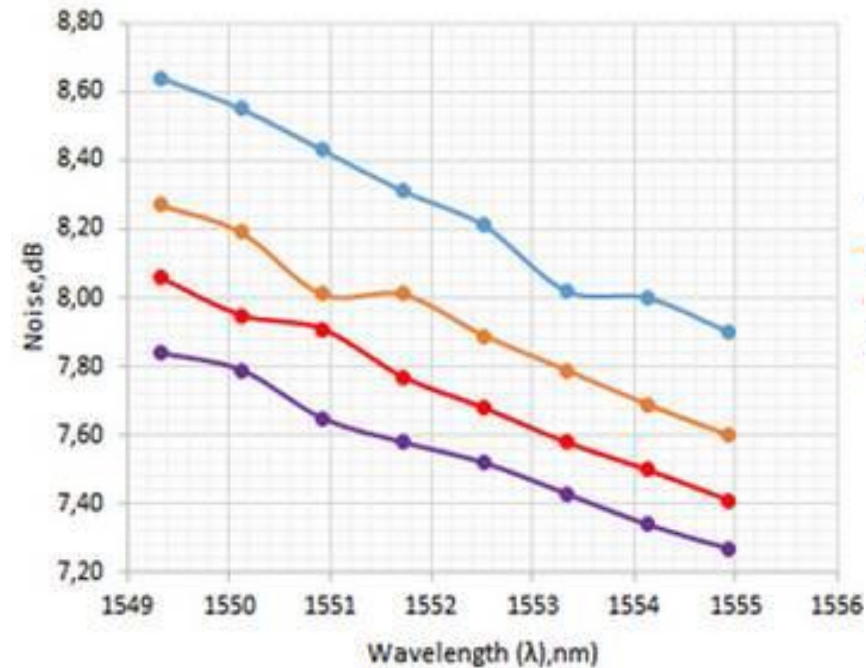
EDF garums 30 metri



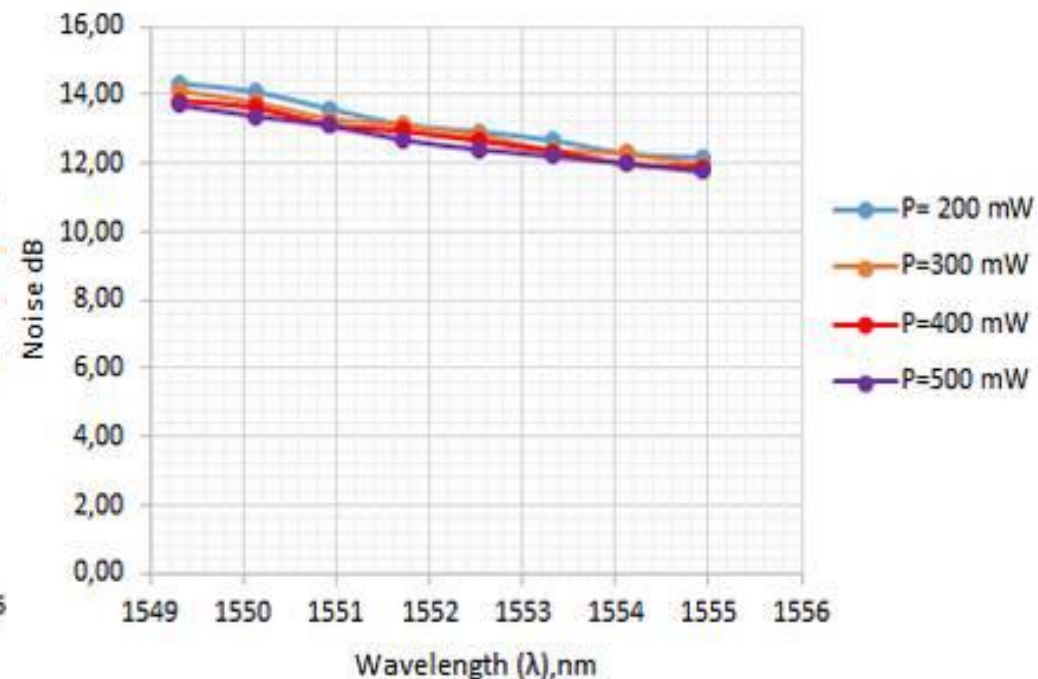
EDFA ienesto trokšņu faktors atkarībā no tiešā virzienā ieslēgta pumpējošā lāzera (980 nm) jaudas 10 metrus (attēls pa kreisi) un 30 metrus (attēls pa labi) garas ar erbiju leģētās šķiedras gadījumā.

EDFA PASTIPRINĀTĀ SPONTĀNĀ EMISIJA (ASE)

EDF garums 20 metri



EDF garums 30 metri



EDFA ienesto trokšņu faktors atkarībā no pretējā virzienā ieslēgta pumpējošā lāzera (1480 nm) jaudas 20 metrus (attēls pa kreisi) un 30 metrus (attēls pa labi) garas ar erbiju leģētās šķiedras gadījumā.

**Atkarībā no *EDFA* darbības režīma
(tiešā virzienā vērstā vai pretēji vērstā pumpēšana)
ir iespējami divi pielietojumi.**

- 1) EDFA ar 980 nm pumpēšanu kā *WDM-PON* sistēmas pastiprinātājs ar ienesto trokšņu daudzumu 3 – 5 dB robežās;
- 2) EDFA kā ASE trokšņu avots SS-WDM-PON sistēmās.

	SS-WDM PON
Informācijas pārraides ātrums	2.5 un 10 Gbit/s
Kanālu skaits	8 un 16 kanāli
Pārraides līnijas garums ar un bez hromatiskās dispersijas kompensācijas (DCM)	Bez DCM līdz 12 km Ar DCM līdz 26 km
Uztvertā signāla bitu kļūdu varbūtība (BER)	$BER < 10^{-10}$
Izmantotās vienmodas optiskā šķiedras veids	ITU-T G.652
Centrālā kanāla frekvence atbilstoši ITU-T G.694.1	193.1 THz

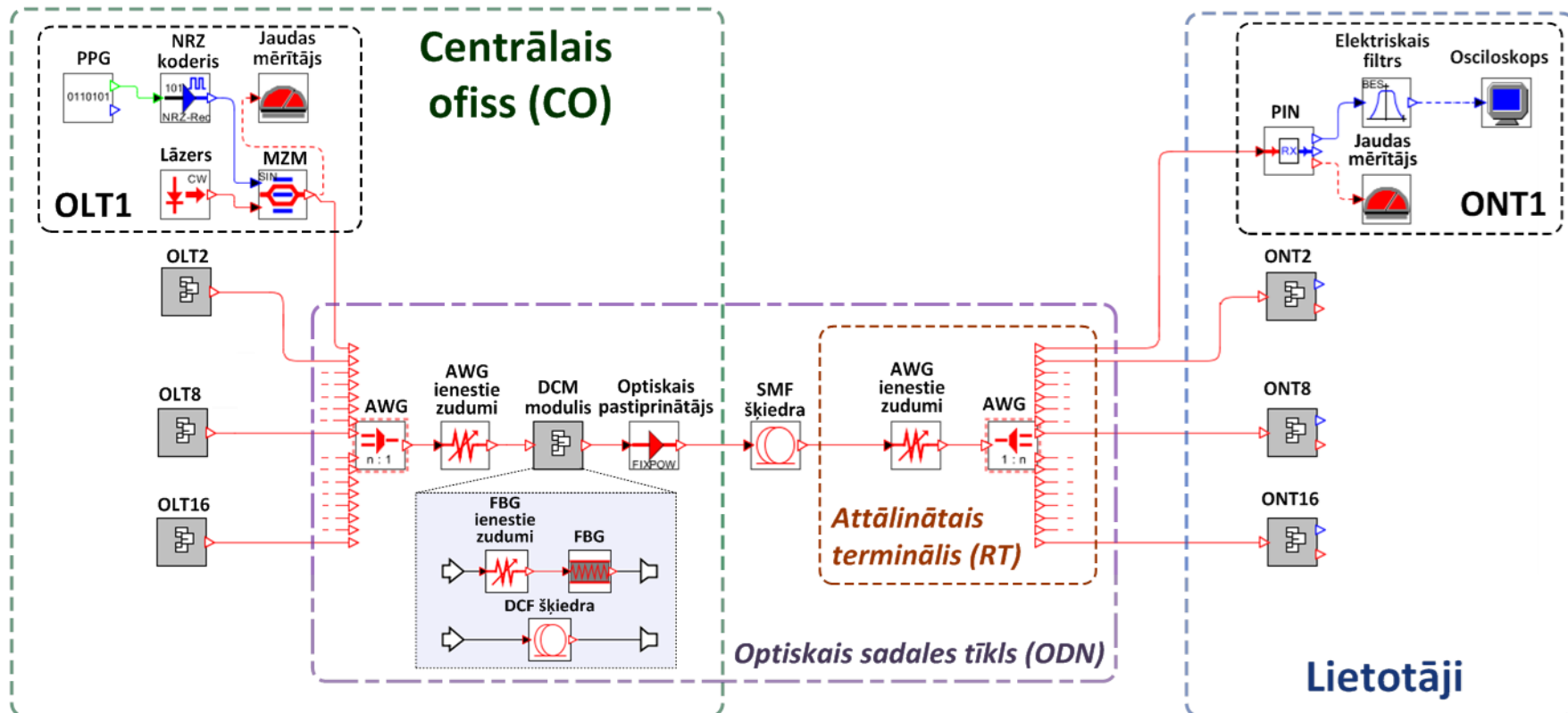
ĀTRDARBĪGAS LĪDZ 10 GBIT/S KANĀLĀ VIĻŅGARUMDALES BLĪVĒTAS PASĪVĀS OPTISKĀS SISTĒMAS (WDM-PON) **SIMULĀCIJAS SHĒMA**

Sistēmas pamatparametri:

- ✓ 16 WDM kanāli
- ✓ Intensitātes modulācija

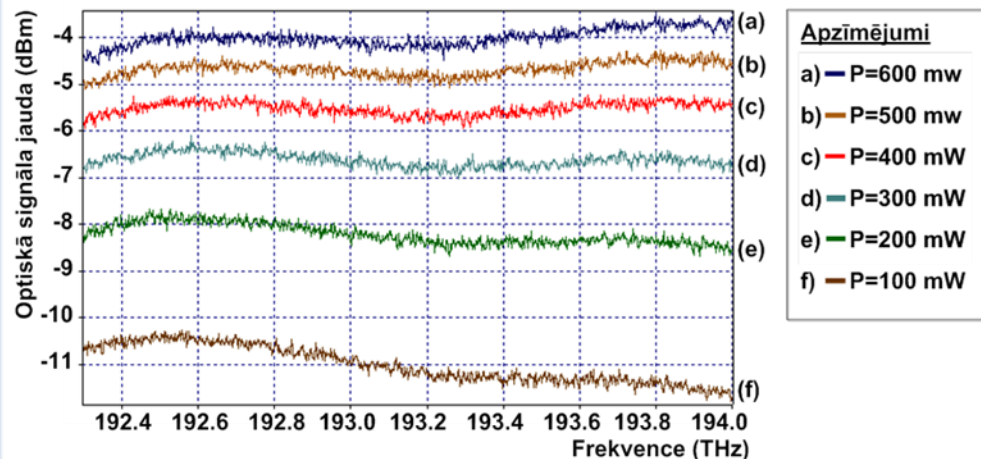
- ✓ NRZ kodēšana
- ✓ 100 GHz starpkanālu attālums
- ✓ 10 Gbit/s datu pārraides ātrums kanālā

- ✓ 20 km sākotnējais līnijas garums
- ✓ EDFA (+12 dBm pastiprinājums)

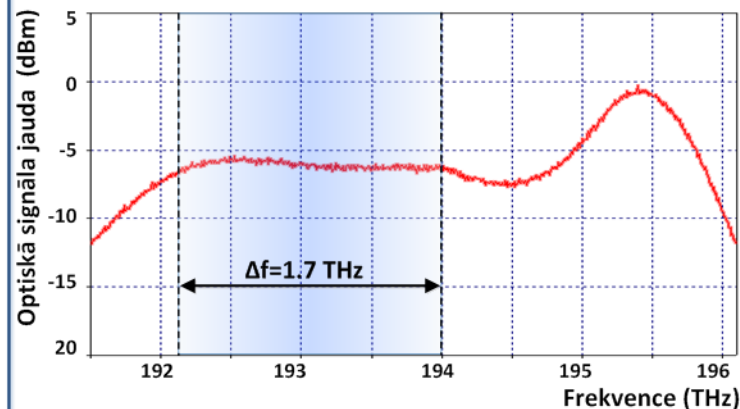


Augsta blīvuma 16 kanālu WDM-PON sistēmas simulācijas shēma ar NRZ kodēšanu, 10 Gbit/s pārraides ātrumu kanālā un DCM moduli līnijas daļā

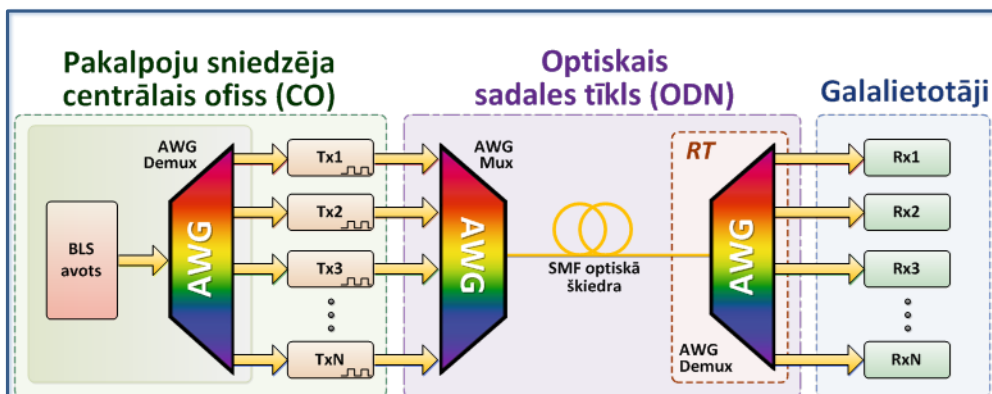
DAUDZKANĀLU SS-WDM PON SISTĒMAI NEPIECIEŠAMĀ PLATJOSLAS ASE GAISMAS AVOTA MODEĻA IZVEIDE SIMULĀCIJAS VIDĒ (2/2)



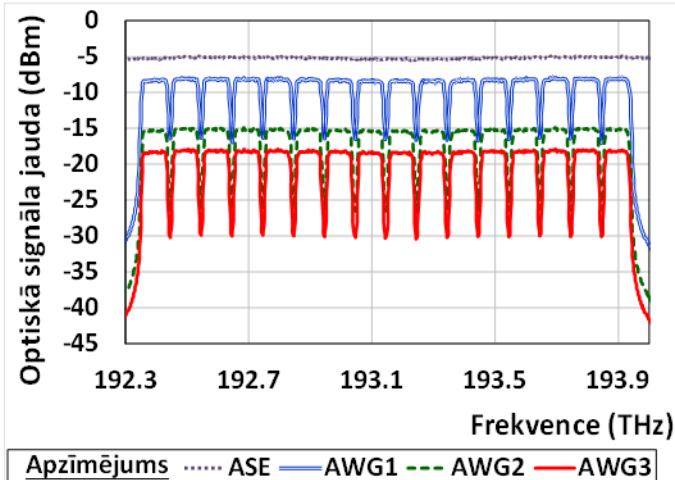
ASE avota izejas spektrs EDFA kaskādes slēguma izejā,
SS-WDM PON sistēmas darbības diapazonā,
pie dažādām pumpējošo gaismas avotu jaudām



Izveidotā nekoherentā platjoslas ASE gaismas
avota izstarotais spektrs



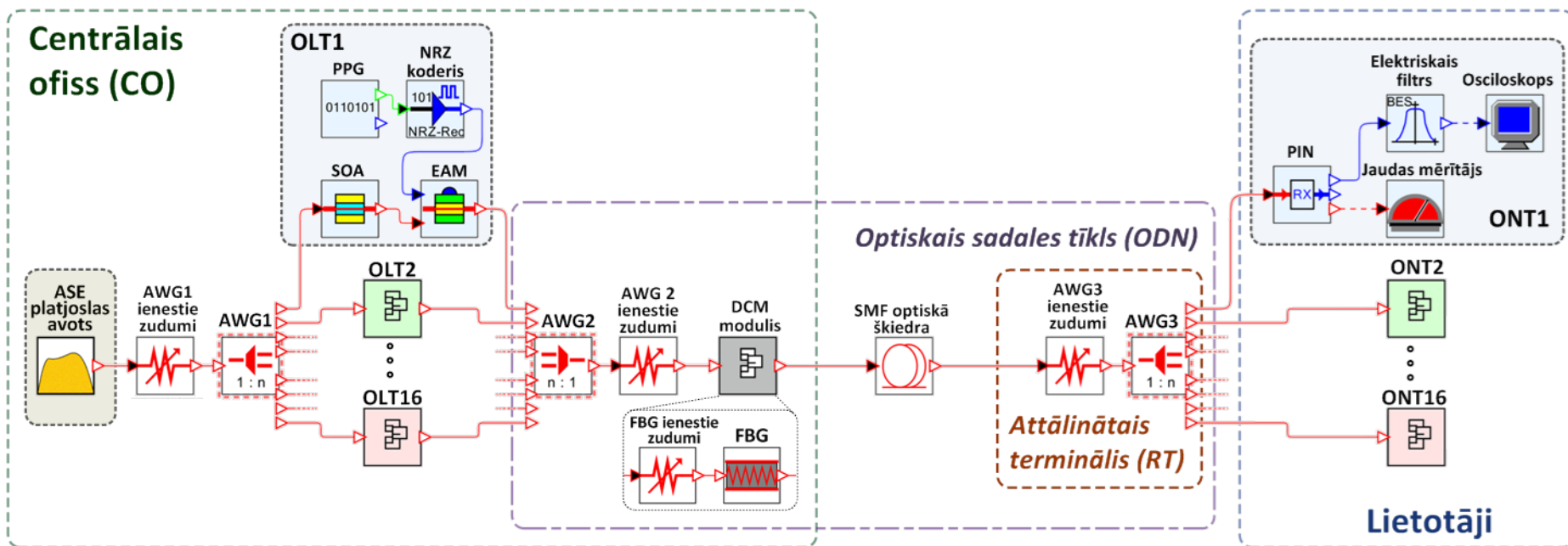
Platjoslas gaismas avota spektrālās sagriešanas darbības
princips izmantojot AWG demultipleksoru



Izlīdzināta ASE avota un 16 kanālu SS-WDM
PON sistēmas optiskie izejas spektri

PUSVADĪTĀJU OPTISKĀ PASTIPRINĀTĀJA (SOA) PIELIETOJUMA IZPĒTE

INTENSITĀTES TROKŠŅU NOSPIEŠANAI 10 GBIT/S SS-WDM PON SAKARU SISTĒMĀ



16 kanālu SS-WDM PON sistēmas ar EAM modulatoru, intensitātes trokšņu nospiešanu ar SOA un dispersijas kompensācijas moduli (DCM) simulācijas blokshēma

INTENSITĀTES TROKŠŅU NOSPIEŠANAS NEPIECIEŠAMĪBAS PAMATOJUMS

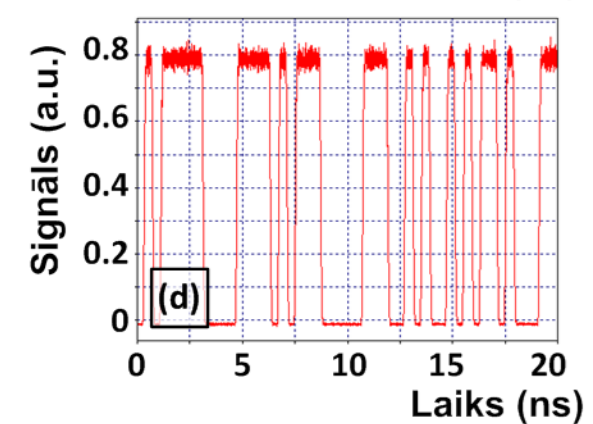
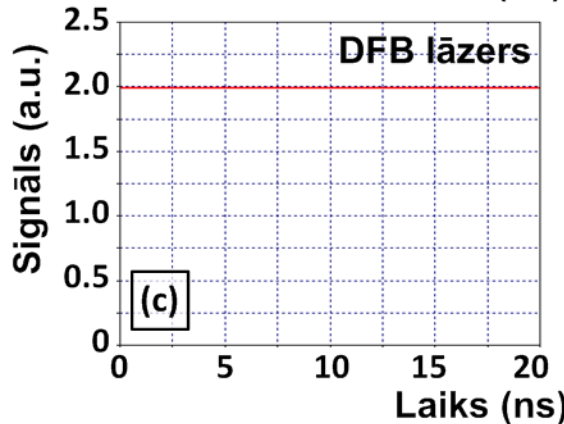
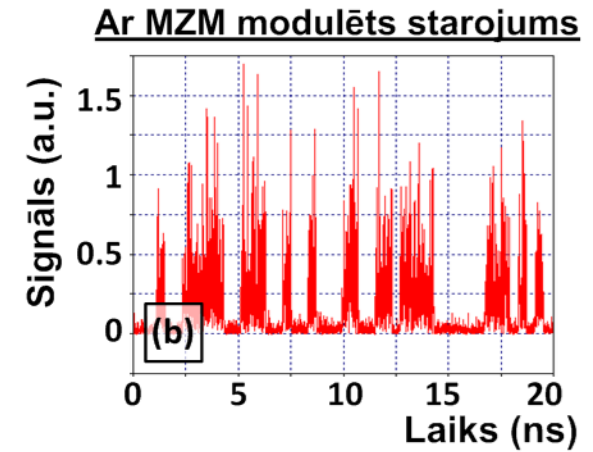
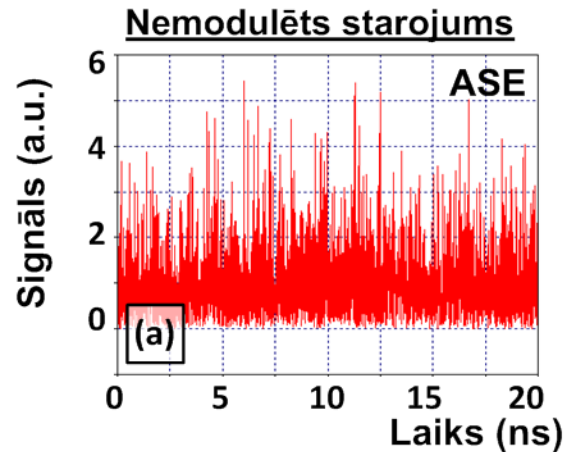
Optiskā signāla laika diagrammas:

(a) ASE sagrieztā optiskā signāla jeb gaismas šķēles laika diagramma MZM modulatora ieejā un

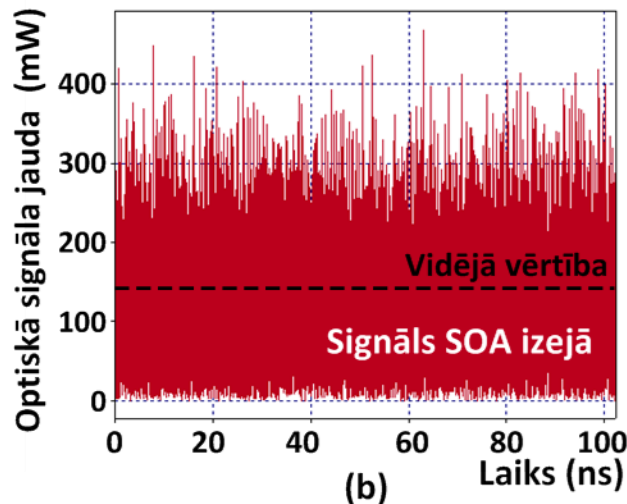
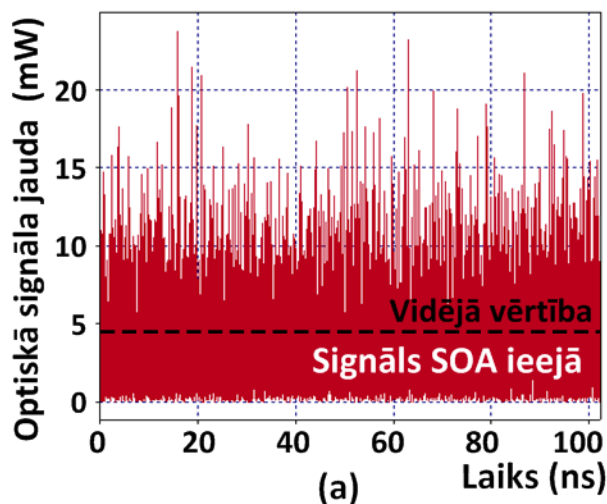
(b) MZM modulatora izejā pēc modulācijas;

(c) DFB lāzera starojums un

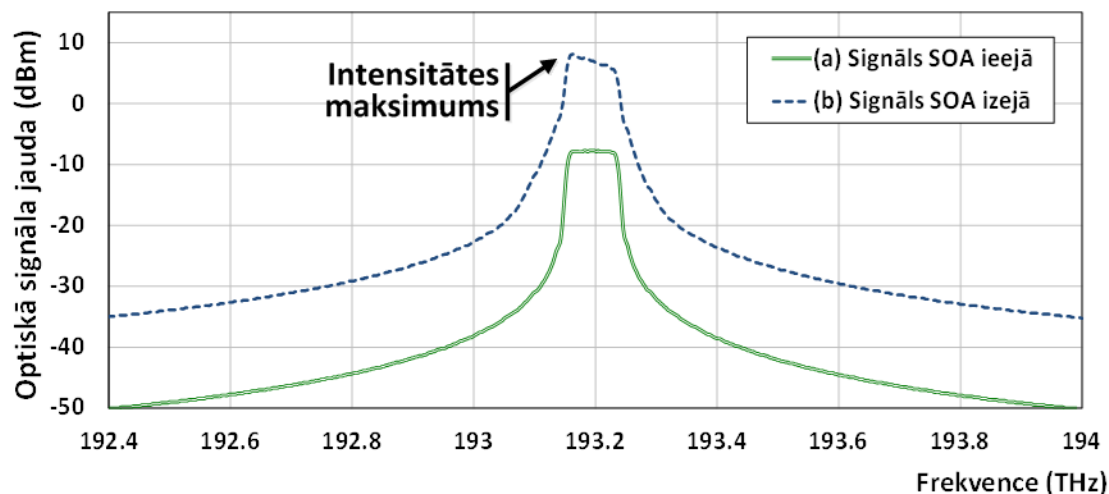
(d) informatīvs optiskais signāls pēc modulācijas



PUSVADĪTĀJU OPTISKĀ PASTIPRINĀTĀJA (SOA) PIELIETOJUMS INTENSITĀTES TROKŠŅU NOSPIEŠANAI SS-WDM PON SAKARU SISTĒMĀ

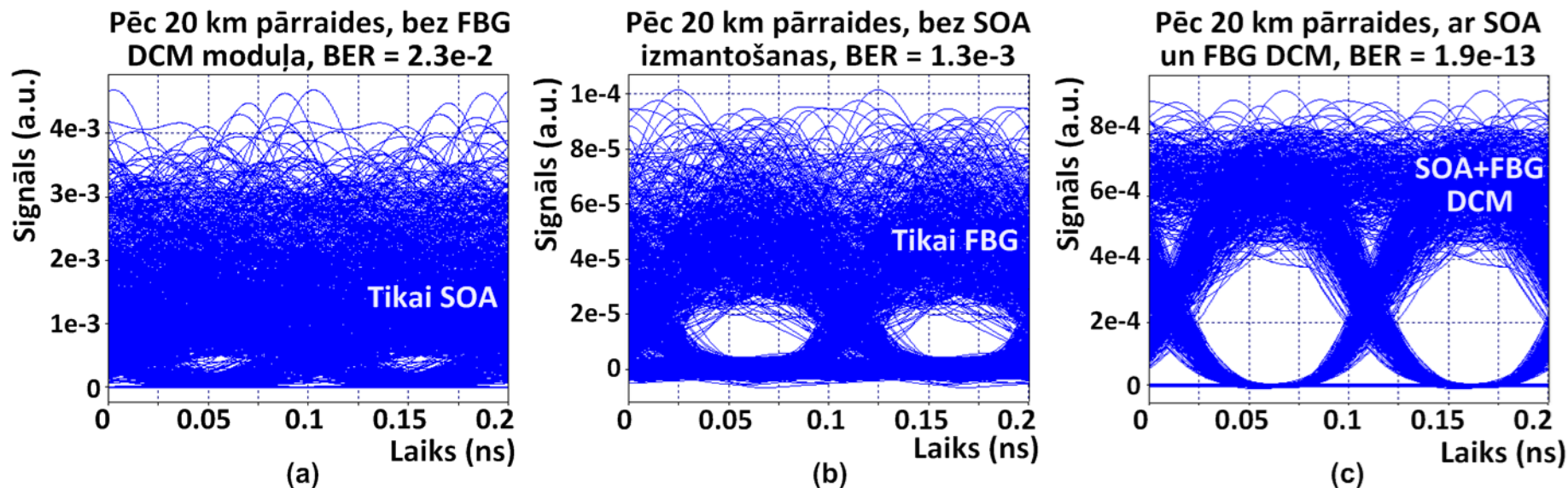


Signāls attēlots laikā
(a) SOA ieejā un
(b) SOA izejā pēc
pastiprināšanas un
intensitātes trokšņu
nospiešanas



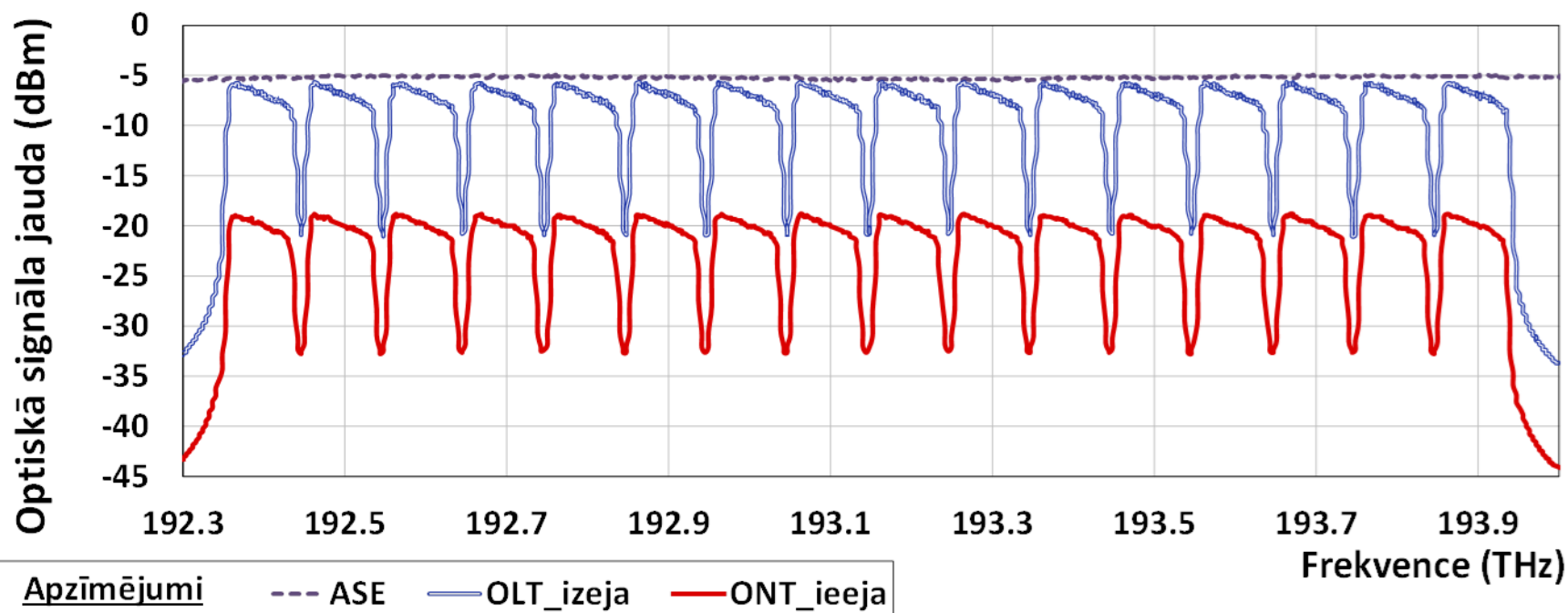
Optiskā signāla gaismas
«šķēles» spektrs
(a) SOA ieejā un
(b) SOA izejā pēc
pastiprināšanas un
intensitātes trokšņu
nospiešanas

PUSVADĪTĀJU OPTISKĀ PASTIPRINĀTĀJA (SOA) PIELIETOJUMS INTENSITĀTES TROKŠŅU NOSPIEŠANAI SS-WDM PON SAKARU SISTĒMĀ



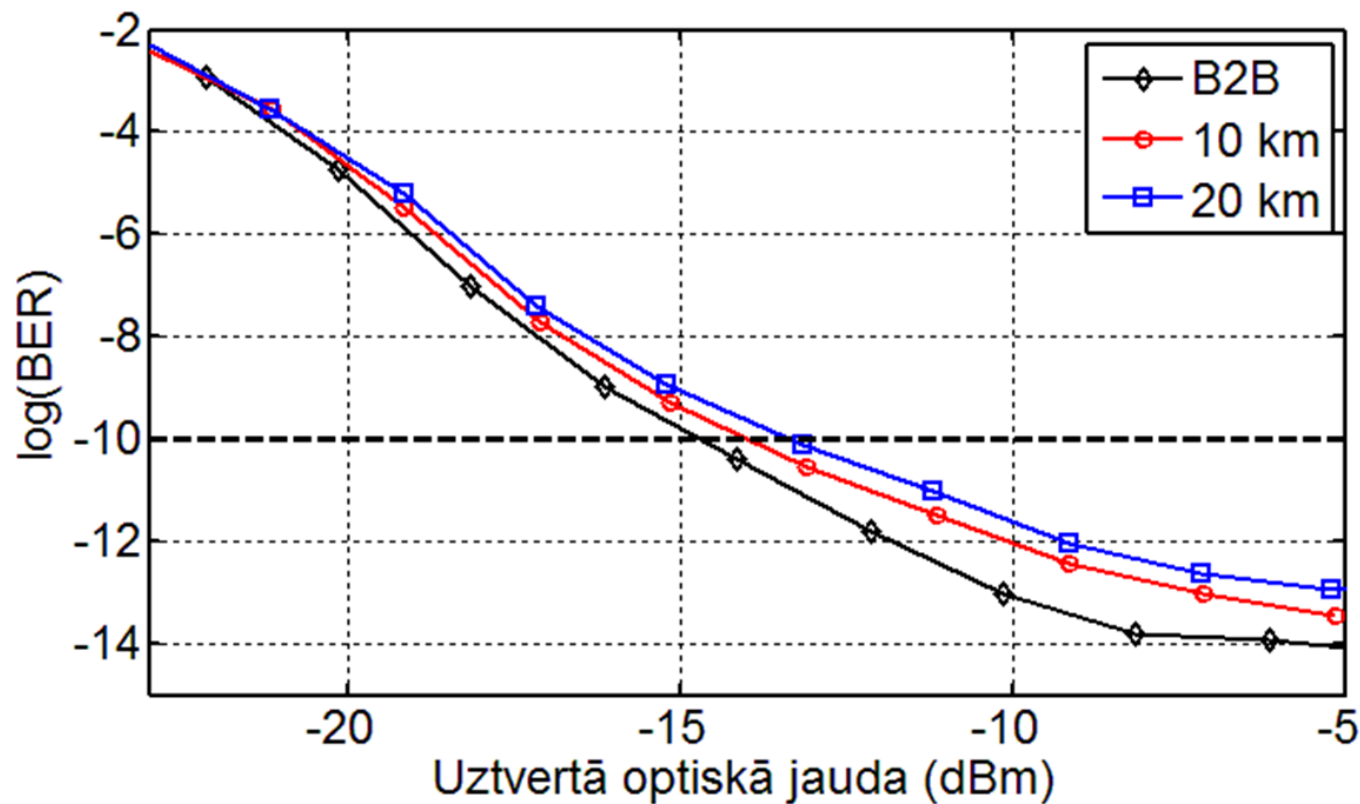
Uztvertā signāla acu diagrammas 16 kanālu SS-WDM PON sistēmai pēc 20 km pārraides:
(a) bez CD kompensācijas, (b) bez SOA pielietošanas OLT un (c) ar vienlaicīgu SOA un FBG DCM pielietošanu raidītāja pusē

PUSVADĪTĀJU OPTISKĀ PASTIPRINĀTĀJA (SOA) PIELIETOJUMS INTENSITĀTES TROKŠŅU NOSPIEŠANAI SS-WDM PON SAKARU SISTĒMĀ



ASE platjoslas gaismas avota optiskais izejas spektrs, optiskā signāla spektrs *OLT* iekārtas izejā (*AWG2* ieejā) un spektrs pirms *ONT* iekārtām (*AWG3* izejā) 16 kanālu *SS-WDM PON* sistēmai ar līnijas garumu 20 km

PUSVADĪTĀJU OPTISKĀ PASTIPRINĀTĀJA (SOA) PIELIETOJUMS INTENSITĀTES TROKŠŅU NOSPIEŠANAI SS-WDM PON SAKARU SISTĒMĀ



BER kā funkcija no uztvertās jaudas 16 kanālu SS-WDM PON sistēmā B2B konfigurācijā, kā arī pēc pārraides caur 10 km un 20 km garu optisko līniju

Paldies par uzmanību!

Valsts pētījumu programma
“Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un
biofotonika drošai & viedai pilsētai un sabiedrībai”
(VPP SOPHIS)



Rīgas Tehniskā Universitāte
Telekomunikāciju institūts
WEB: www.ti.rtu.lv