

**«Efektivitātes paaugstināšanas iespēju novērtējums
optisko šķiedru pārraides sistēmās un jaunas optiskās
datu pārraides tehnoloģijas izstrādāšana»**

VPP Projekts – Tehnoloģijas drošai un uzticamai gudrajai pilsētai

Jurgis Poriņš, Sandis Spolītis

e-pasts: jurgis.porins@rtu.lv

Mērķis un uzdevumi

Mērķis:

Skaitliski, ar simulācijas programmas, un praktiski, ar eksperimentu palīdzību izpētīt ātrdarbīgu viļņgarumdales blīvētu (WDM-PON) optisko piekļuves sakaru sistēmu veidus un izstrādāt jaunu ŠOPS tehnoloģiju ātrai datu pārraidei.



Darba uzdevumi:

1. Novērtēt laikdales (TDM) un viļņgarumdales blīvētu (WDM) optisko piekļuves sakaru sistēmu tehnoloģisko risinājumus un to galvenos elementus.
2. Novērtēt hromatiskās dispersijas kompensācijas metožu pielietojumu datu pārraides kvalitātes uzlabošanai un maksimālā pārraides attāluma palielināšanai, izveidojot līdz 16 kanālu WDM-PON un SS-WDM PON sakaru sistēmu simulācijas modeļus ar pārraides ātrumu līdz 10 Gbit/s kanālā.

3. Izveidot WDM-PON un SS-WDM PON sakaru sistēmu eksperimentālo maketu ar dispersijas kompensāciju un veikt praktiski iegūto rezultātu iespējamo salīdzinošo analīzi ar simulācijas datiem.

4. Izstrādāt elektrooptiska spektrāli-sagriezta raiduztvērēja prototipu ātrdarbīgu optisko signālu pārraidei un uztveršanai, kā arī, novērtēt tā darbību, realizējot 1 Gbit/s NRZ elektriskā signāla sagriešanu, pārraidi caur 25 km garu standarta vienmodas optiskās šķiedras posmu, un atjaunošanu, izmantojot ierobežotu līdz 500 MHz elektrisko komponentu frekvenču caurlaides joslu.

5. Novērtēt pārraidāmā signāla latentuma cēloņus ātrdarbīgās optiskajās piekļuves sakaru sistēmās un izveidot modeli šo sistēmu iespējami zemākās laika aiztures iegūšanai.

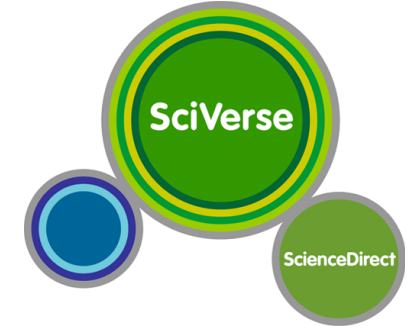
Pētījuma metodika

Literatūras analīze:

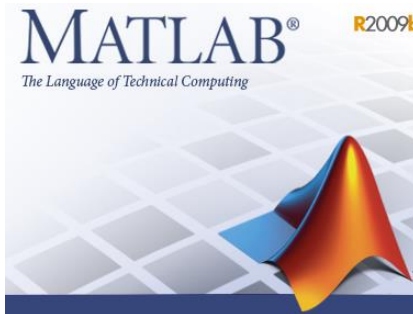


Literatūra tiek iegūta no **IEEE Xplore**, **Optics Infobase**, **SPIE Digital Library**, **Science Direct** un citām datu bāzēm, kā arī no citiem zinātniskās literatūras avotiem.

Matemātiskā modelēšana:



Optisko sakaru sistēmas matemātisko modeļu realizācija tiek veikta datorsimulācijas programmā **OptSim**, savukārt spektrāli sagriežta raiduztvērēja realizācijai nepieciešamā ciparu signālu apstrāde (DSP) tiek realizēta **Matlab** datorprogrammā.

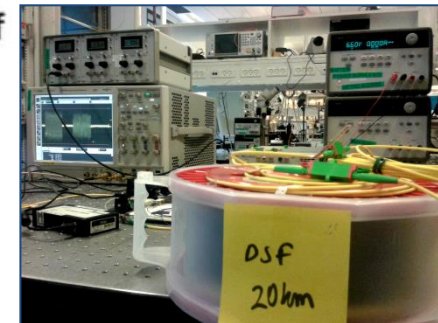


Eksperiments:



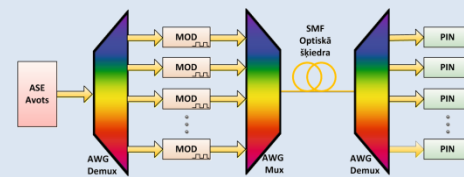
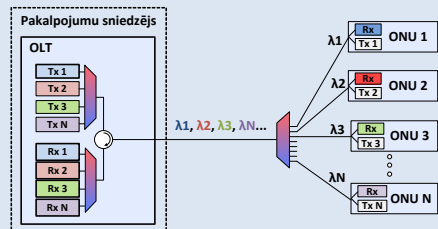
Technical University of Denmark

Zinātniskie pētījumi tiks veikti gan RTU Telekomunikāciju institūta **ŠOPS** laboratorijā, gan DTU Fotonikas institūta **METRO-ACCESS** laboratorijā.

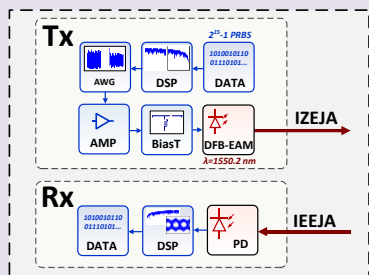


Pētījuma struktūra

1. WDM-PON UN SS-WDM PON PIEKĻUVES SISTĒMAS



2. SPEKTRĀLI SAGRIEZTA RAIDUZTVĒRĒJA IZVEIDE



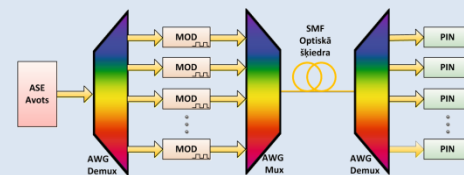
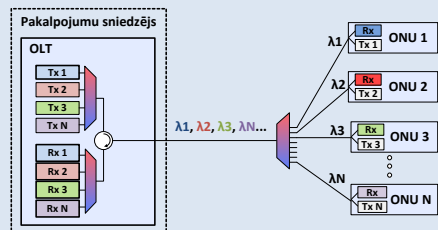
ĀTRDARBĪGĀKI UN EFEKTĪVĀKI WDM OPTISKIE PIEKĻUVES TĪKLI

3. SIGNĀLA LATENTUMS OPTISKAJOS PIEKĻUVES TĪKLOS

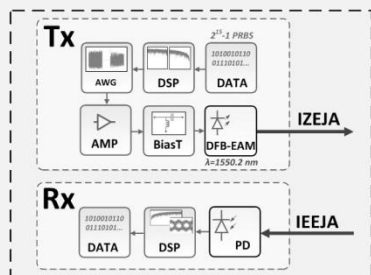


Darba struktūra

1. WDM-PON UN SS-WDM PON PIEKĻUVES SISTĒMAS

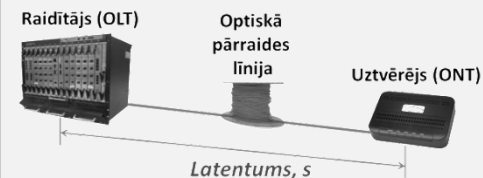


2. SPEKTRĀLI SAGRIEZTA RAIDUZTVĒRĒJA IZVEIDE



ĀTRDARBĪGĀKI UN EFEKTĪVĀKI WDM OPTISKIE PIEKĻUVES TĪKLI

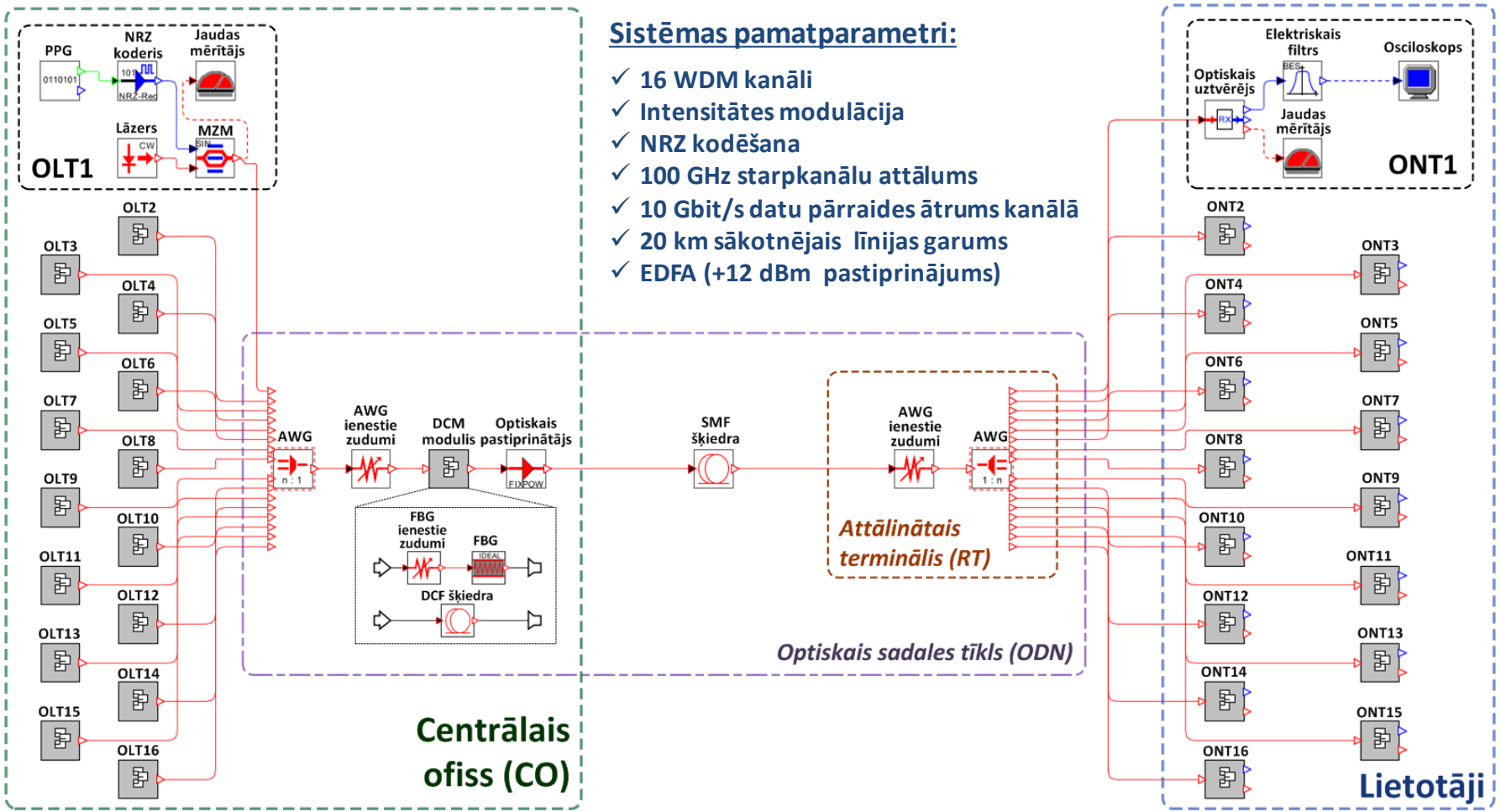
3. SIGNĀLA LATENTUMS OPTISKAJOS PIEKĻUVES TĪKLOS



WDM-PON UN SS-WDM PON SISTĒMU PAMATPARAMETRI

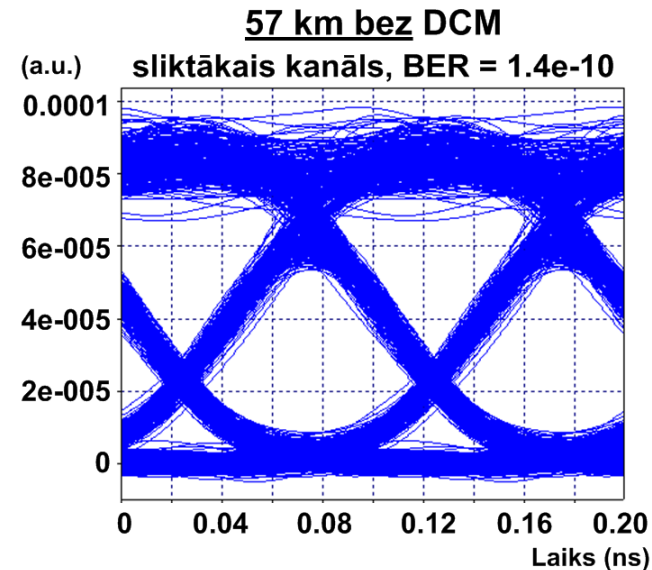
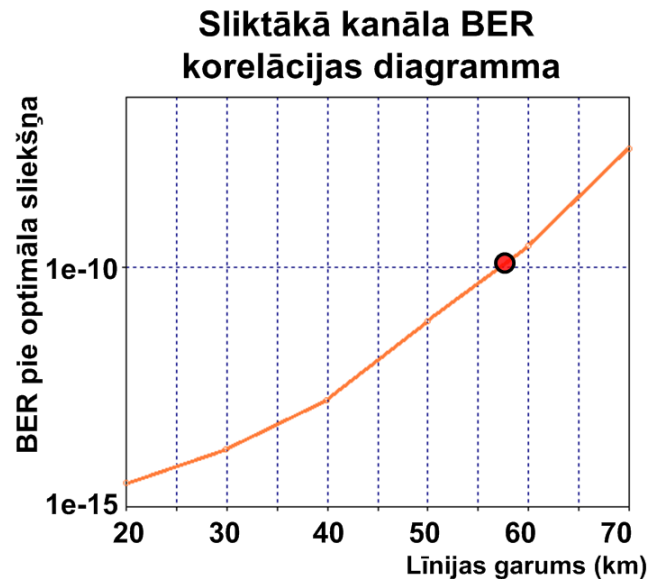
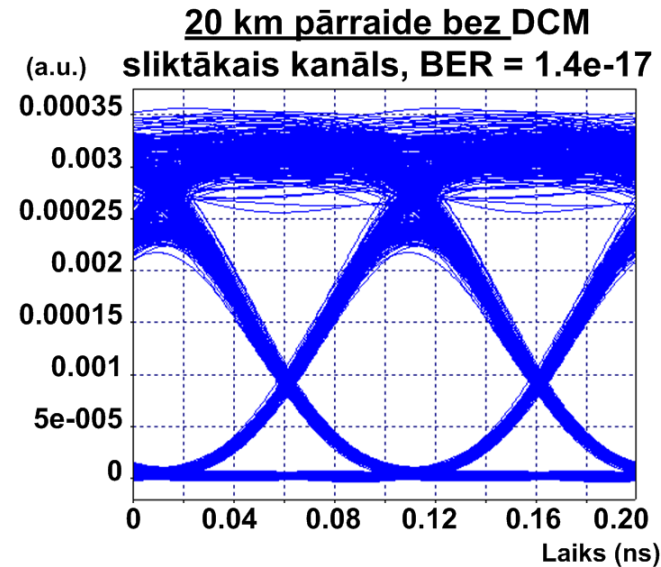
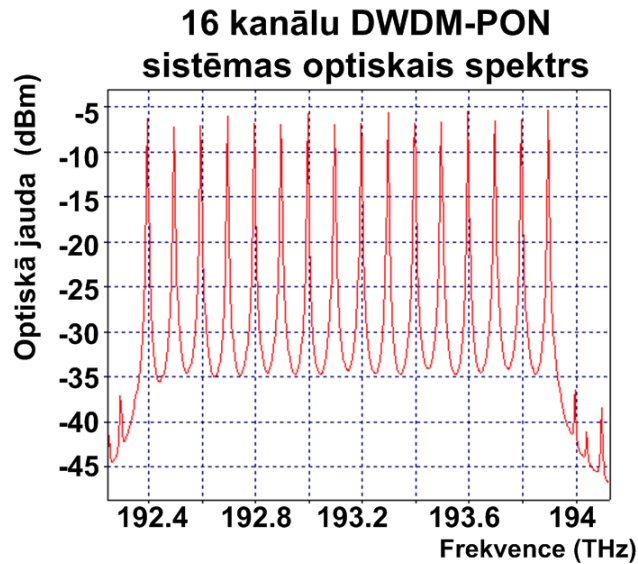
	WDM-PON	SS-WDM PON
Informācijas pārraides ātrums	10 Gbit/s	2.5 un 10 Gbit/s
Kanālu skaits	16 kanāli	8 un 16 kanāli
Pārraides līnijas garums ar un bez hromatiskās dispersijas kompensācijas (DCM)	Bez DCM līdz 57 km Ar DCM līdz 72 km	Bez DCM līdz 12 km Ar DCM līdz 26 km
Uztvertā signāla bitu kļūdu varbūtība (BER)	$BER < 10^{-10}$	$BER < 10^{-10}$
Izmantotās vienmodas optiskā šķiedras veids	ITU-T G.652	ITU-T G.652
Centrālā kanāla frekvence atbilstoši ITU-T G.694.1	193.1 THz	193.1 THz

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

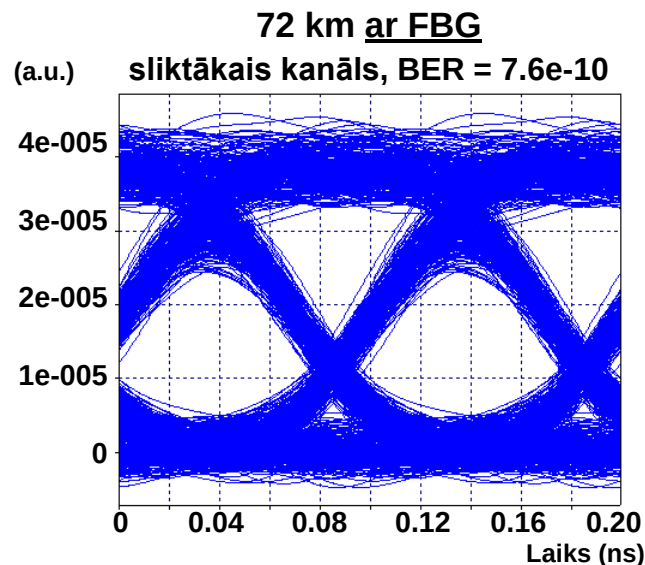
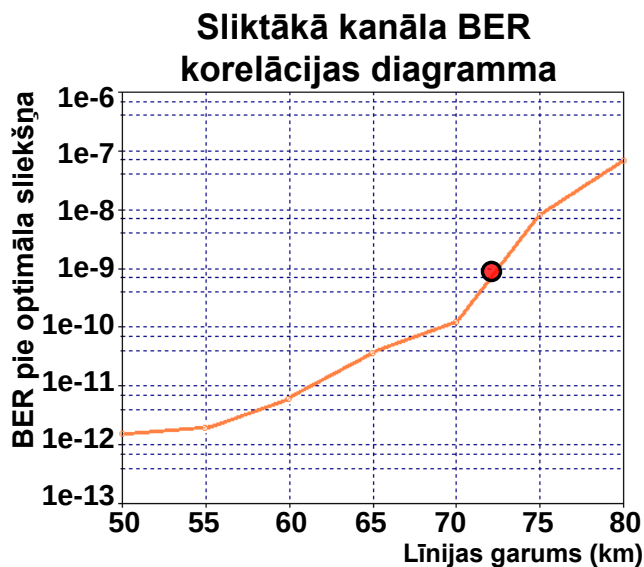
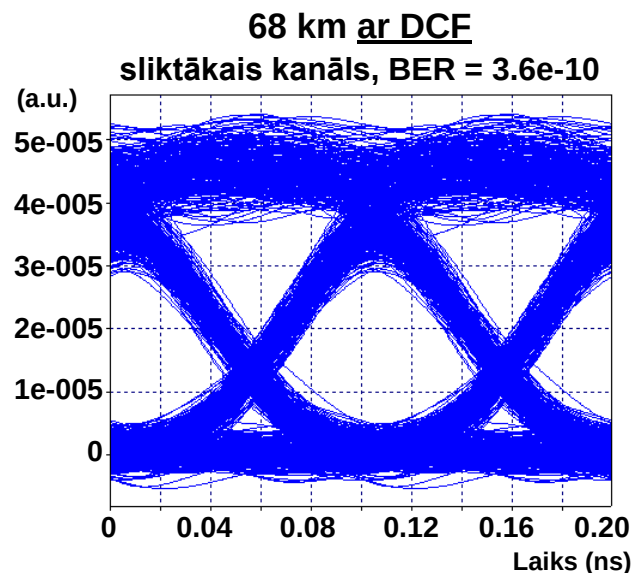
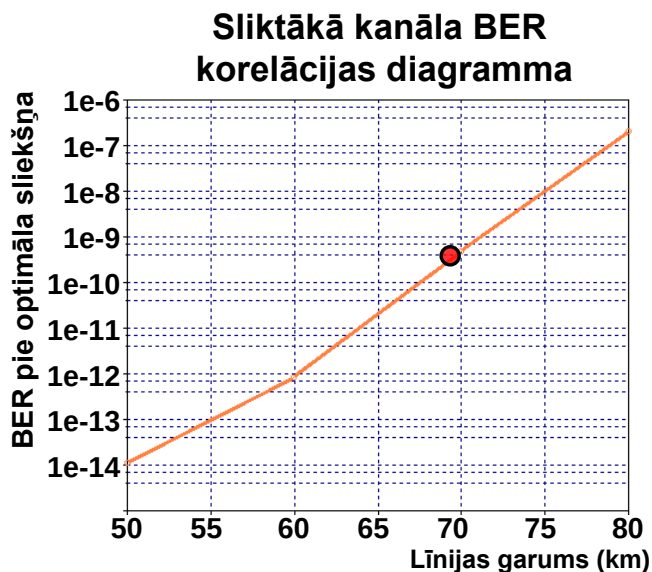


Augsta blīvuma 16 kanālu WDM-PON sistēmas simulācijas shēma ar NRZ kodēšanu, 10 Gbit/s pārraides ātrumu kanālā un DCM moduli līnijas daļā

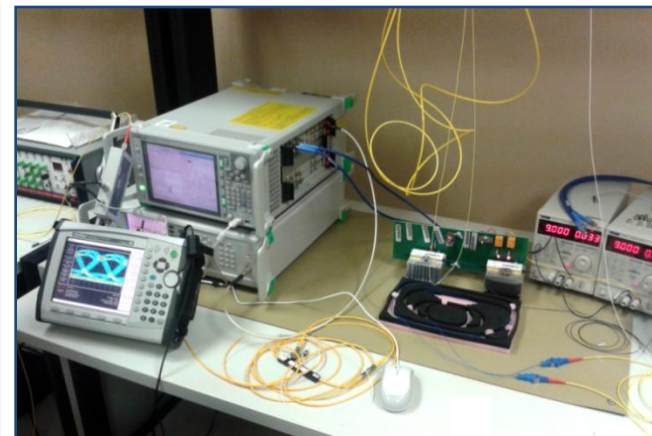
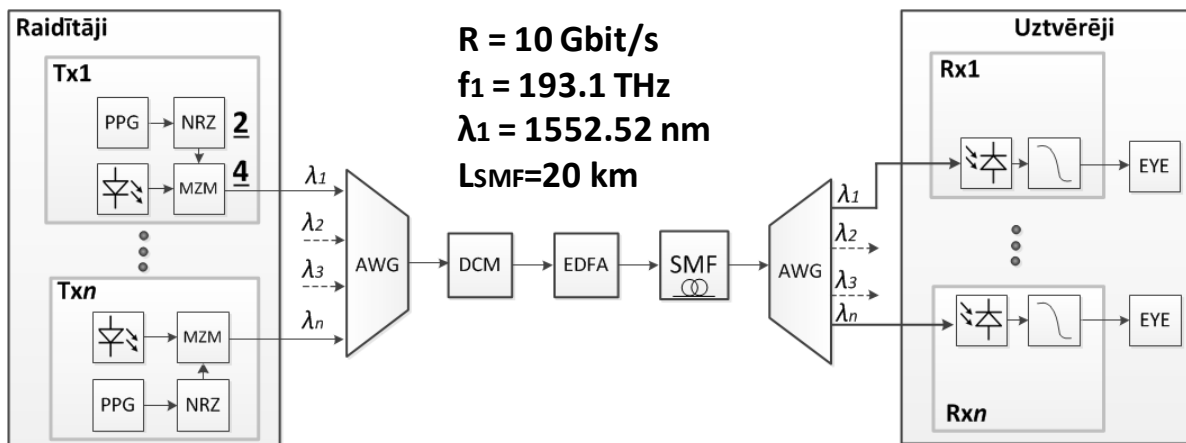
MAKSIMĀLAIS WDM-PON SISTĒMAS NODROŠINĀMAIS PĀRRAIDES ATTĀLUMS: BEZ HROMATISKĀS DISPERSIJAS KOMPENSĀCIJAS



MAKSIMĀLAIS WDM-PON SISTĒMAS NODROŠINĀMAIS PĀRRAIDES ATTĀLUMS: REALIZĒJOT HROMATISKĀS DISPERSIJAS KOMPENSĀCIJU AR DCF UN FBG DCM

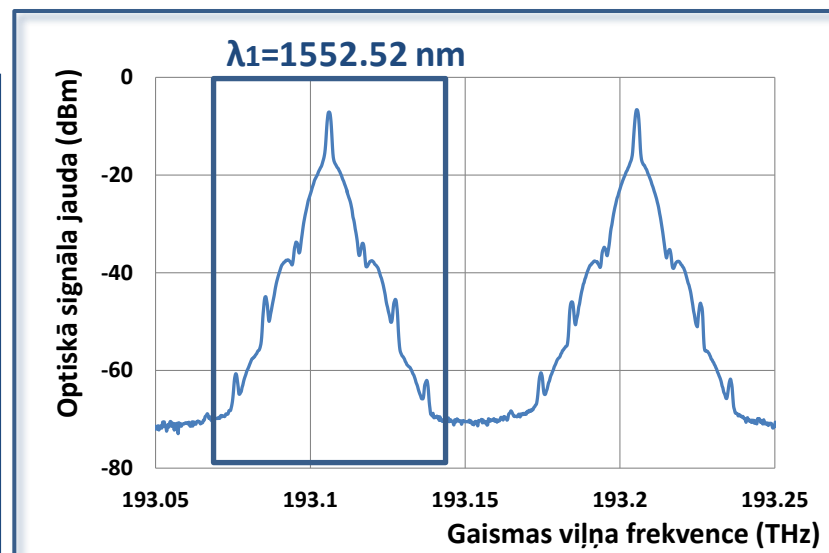
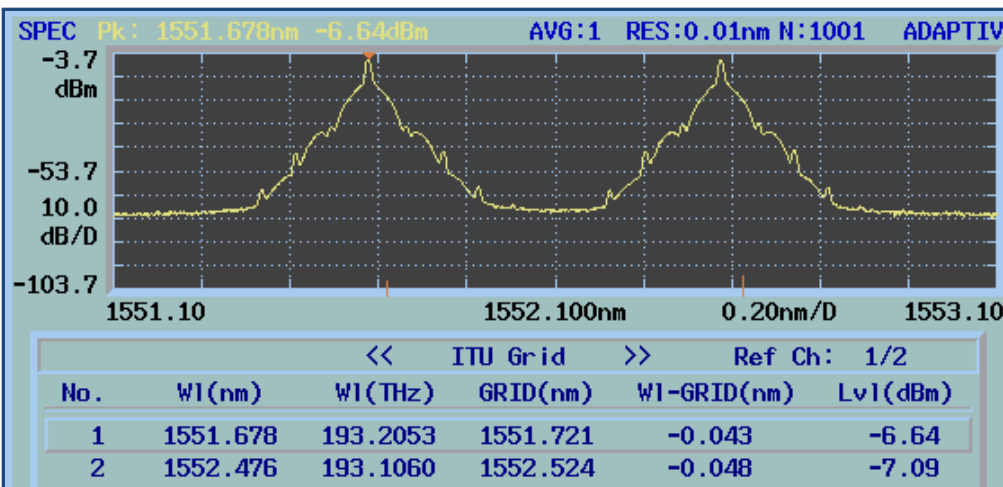


EKSPERIMENTĀLAS DAUDZKANĀLU WDM-PON SISTĒMAS MAKETA IZVEIDE TI ŠOPS LABORATORIJĀ



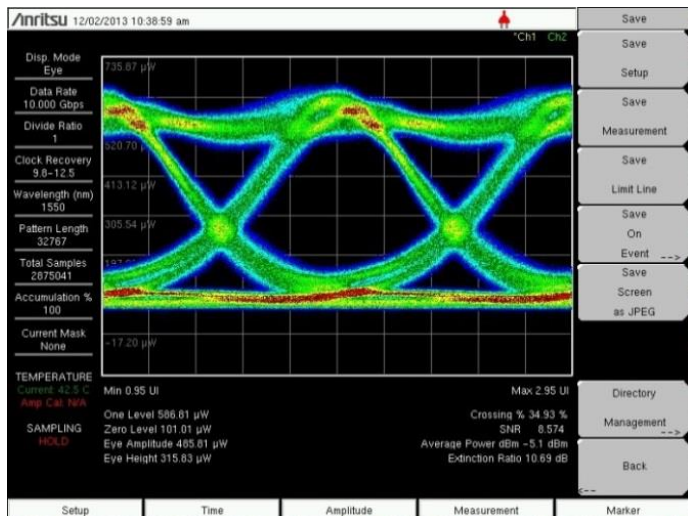
NRZ – kodu formētājs
PPG - elektriskā signāla ģenerators
BER – acu diagrammas analizators
MZM - optiskā signāla modulators
EDFA – erbija leģētas šķiedras pastiprinātājs

OLT - optiskās līnijas terminālis
ONT - optiskais tīkla elements
DCM – dispersijas kompensācijas modulis
SMF – standarta vienmodas optiskās šķiedras posms
AWG – optisko signālu sadalītājs pēc viļņa garuma

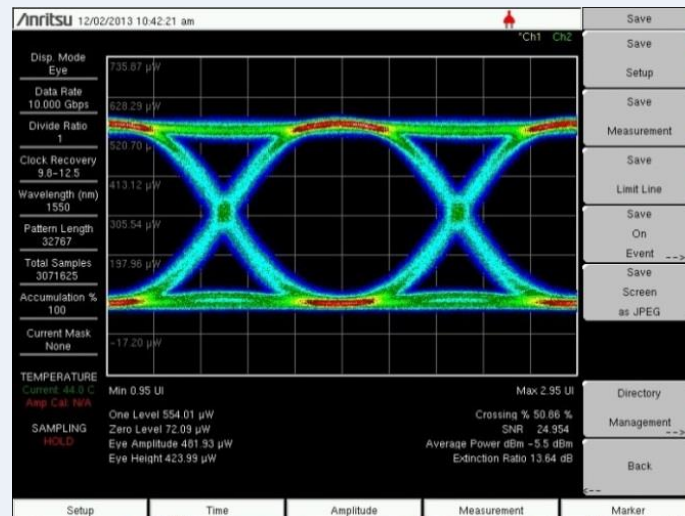


OPTISKĀS SIGNĀLA UZKRĀTĀS HROMATISKĀS DISPERSIJAS KOMPENSĀCIJA WDM-PON SISTĒMAI PĒC 20 KM SMF PĀRRAIDES AR FBG DCM MODULI

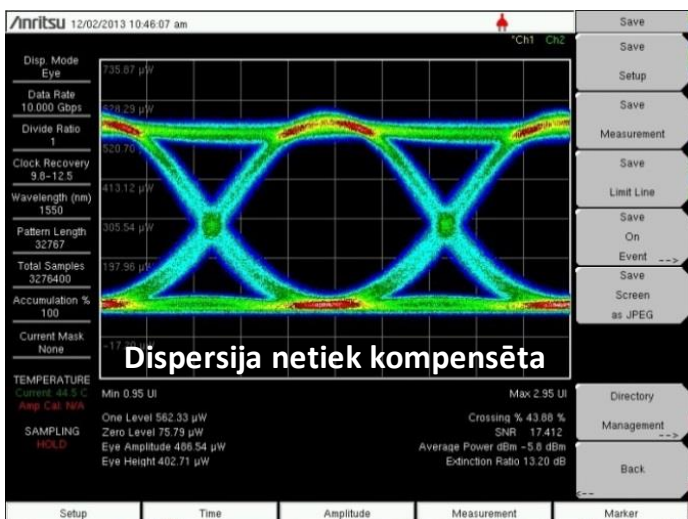
$Dk = -1000 \text{ ps/nm}$



$Dk = -320 \text{ ps/nm}$



$Dk = 0 \text{ ps/nm}$



Dispersija netiek kompensēta

Dk - ar DCM kompensējamās dispersijas apjoms (ps/nm/km)



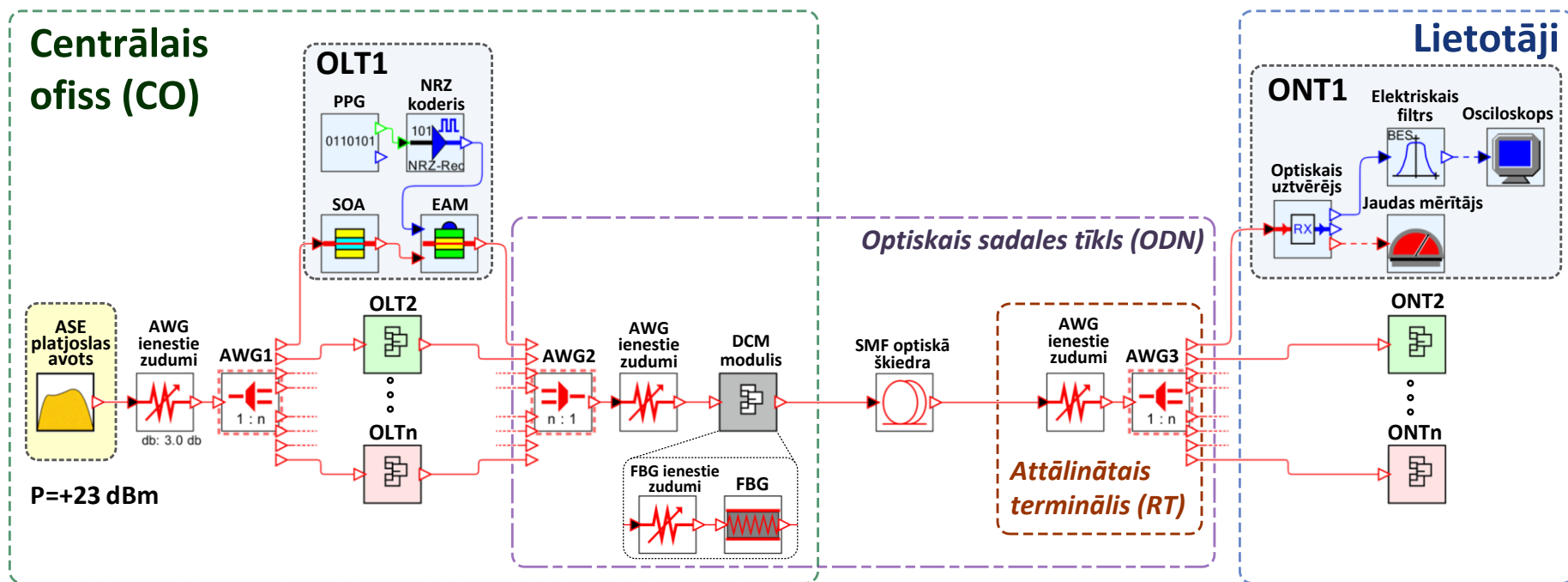
TeraXion FBG DCM modulis

ĀTRDARBĪGAS LĪDZ 10 GBIT/S KANĀLĀ SPEKTRĀLI SAGRIEZTAS VIĻŅGARUMDALES BLĪVĒTAS (SS-WDM PON) SISTĒMAS **SIMULĀCIJAS SHĒMA**

SS-WDM PON sistēma

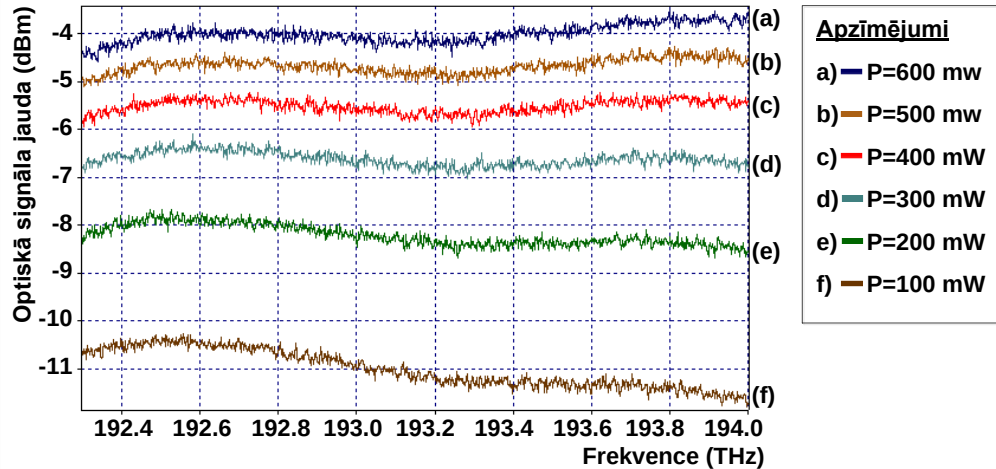
Sistēmas pamatparametri:

- ✓ līdz 16 WDM kanāli
- ✓ Intensitātes modulācija
- ✓ NRZ kodēšana
- ✓ 100 GHz starpkanālu attālums
- ✓ līdz 10 Gbit/s datu pārraides ātrums kanālā
- ✓ realizētā platjoslas gaismas avota izejas jauda 200 mW



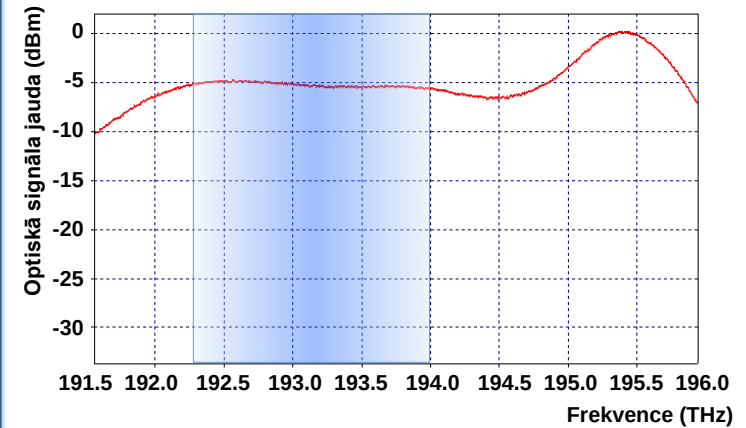
Daudzkanālu AWG filtrētas SS-DWDM PON sistēmas simulācijas shēma ar spektrāli sagrieztu platjoslas ASE gaismas avotu un dispersijas kompensācijas moduli (DCM).

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



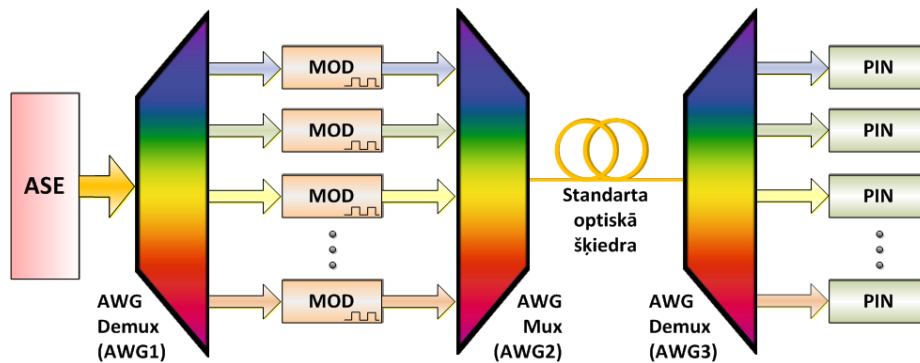
ASE avota izejas spektrs EDFA kaskādes slēguma izejā, SS-WDM PON sistēmas darbības diapazonā, pie dažādām pumpējošo gaismas avotu jaudām

1.



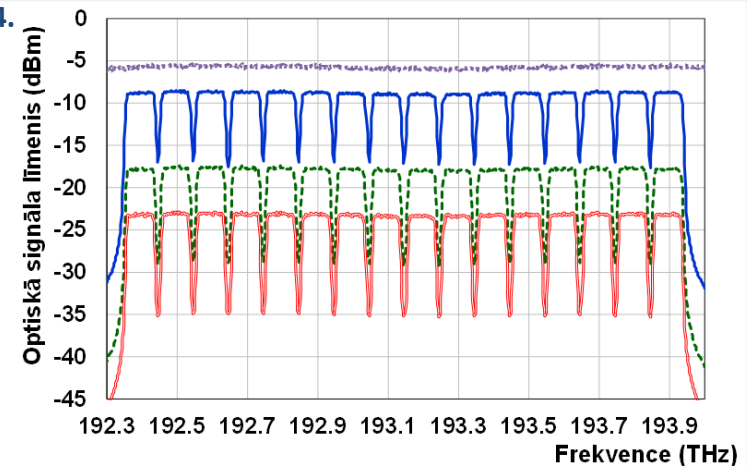
Izveidotā nekoherentā platjoslas ASE gaismas avota izstarotais spektrs

2.



Platjoslas gaismas avota spektrālās sagriešanas darbības princips izmantojot AWG demultipleksoru

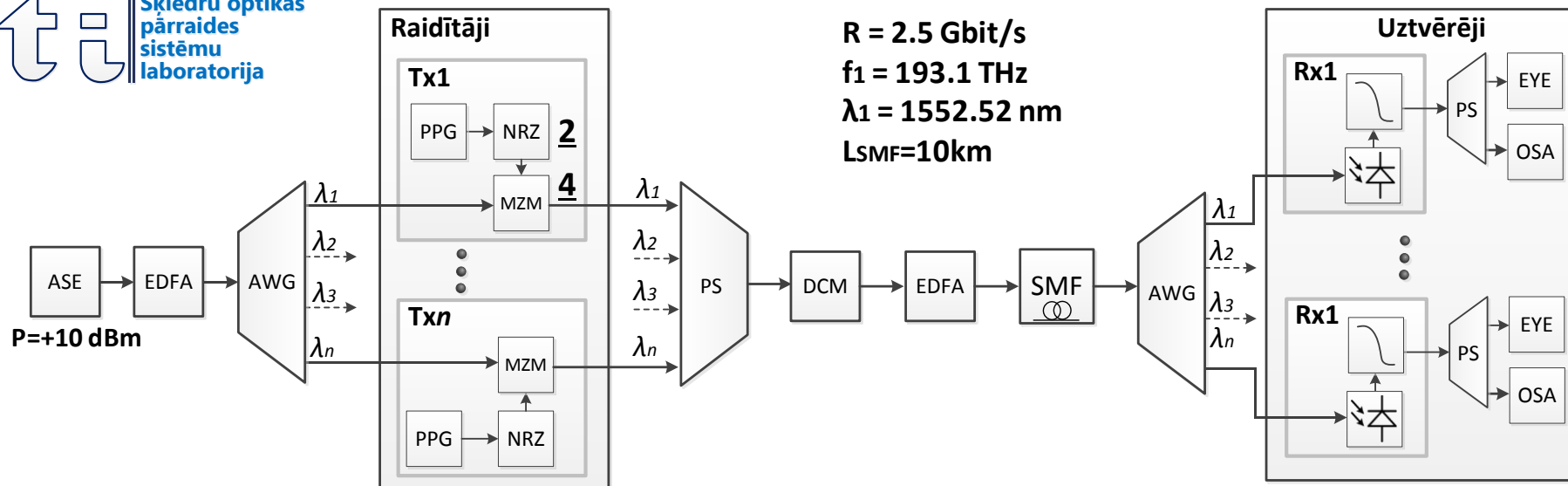
3.



Apzīmējumi ASE — AWG1 --- AWG2 — AWG3

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

EKSPERIMENTĀLAS DAUDZKANĀLU SS-WDM PON SISTĒMAS MAKETA IZVEIDE TI ŠOPS LABORATORIJĀ



OLT - optiskās līnijas terminālis

ONT - optiskais tīkla elements

DCM - dispersijas kompensācijas modulis

EDFA - erbija leģētas šķiedras pastiprinātājs

AWG - optisko signālu sadalītājs pēc viļņa garuma

PS - optiskā signāla sadalītājs pēc jaudas

ASE - pastiprinātas spontānās emisijas avots

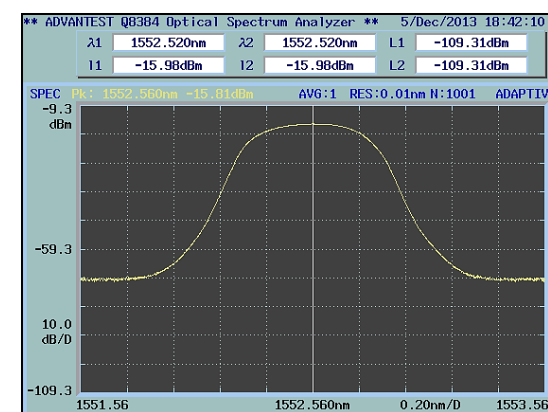
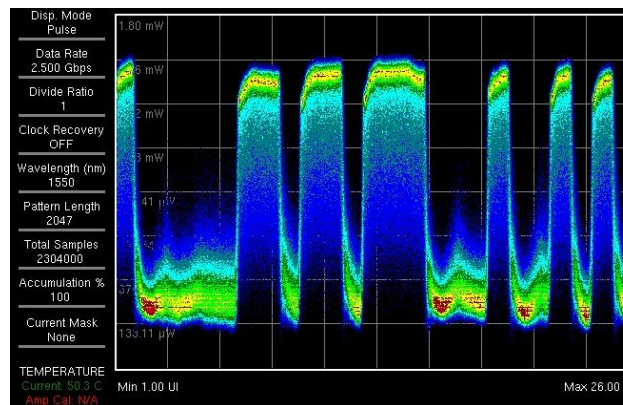
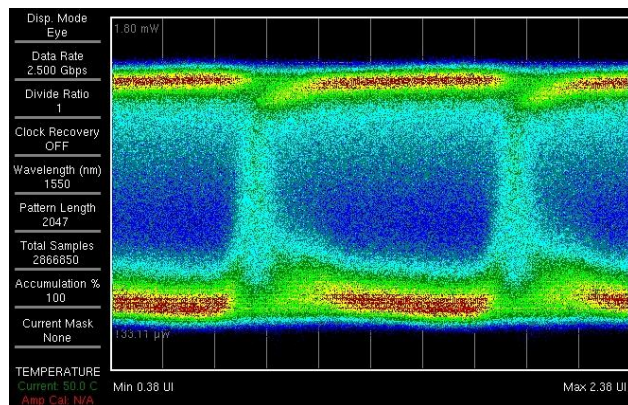
SMF - standarta vienmodas optiskās šķiedras posms

PPG - elektriskā signāla ģenerators

BER - acu diagrammas analizators

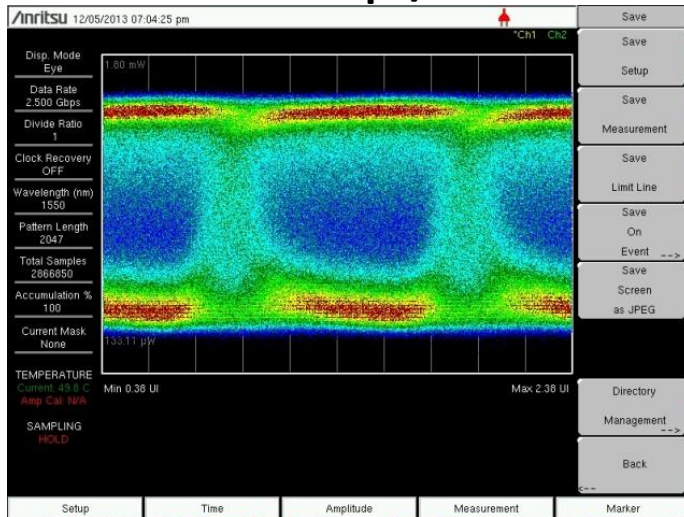
MZM - optiskā signāla modulators

NRZ - kodu formētājs

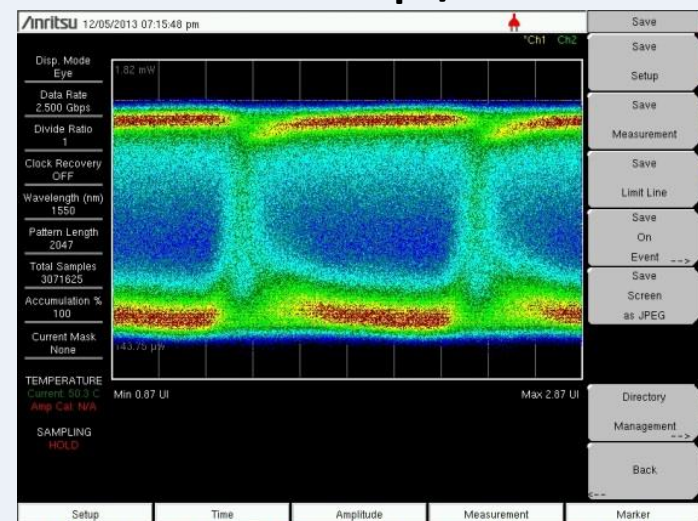


OPTISKĀ SIGNĀLA UZKRĀTĀS HROMATISKĀS DISPERSIJAS KOMPENSĀCIJA SS-WDM PON SISTĒMAI PĒC 10 KM SMF PĀRRAIDES AR FBG DCM MODULI

$Dk = -600 \text{ ps/nm}$



$Dk = -160 \text{ ps/nm}$

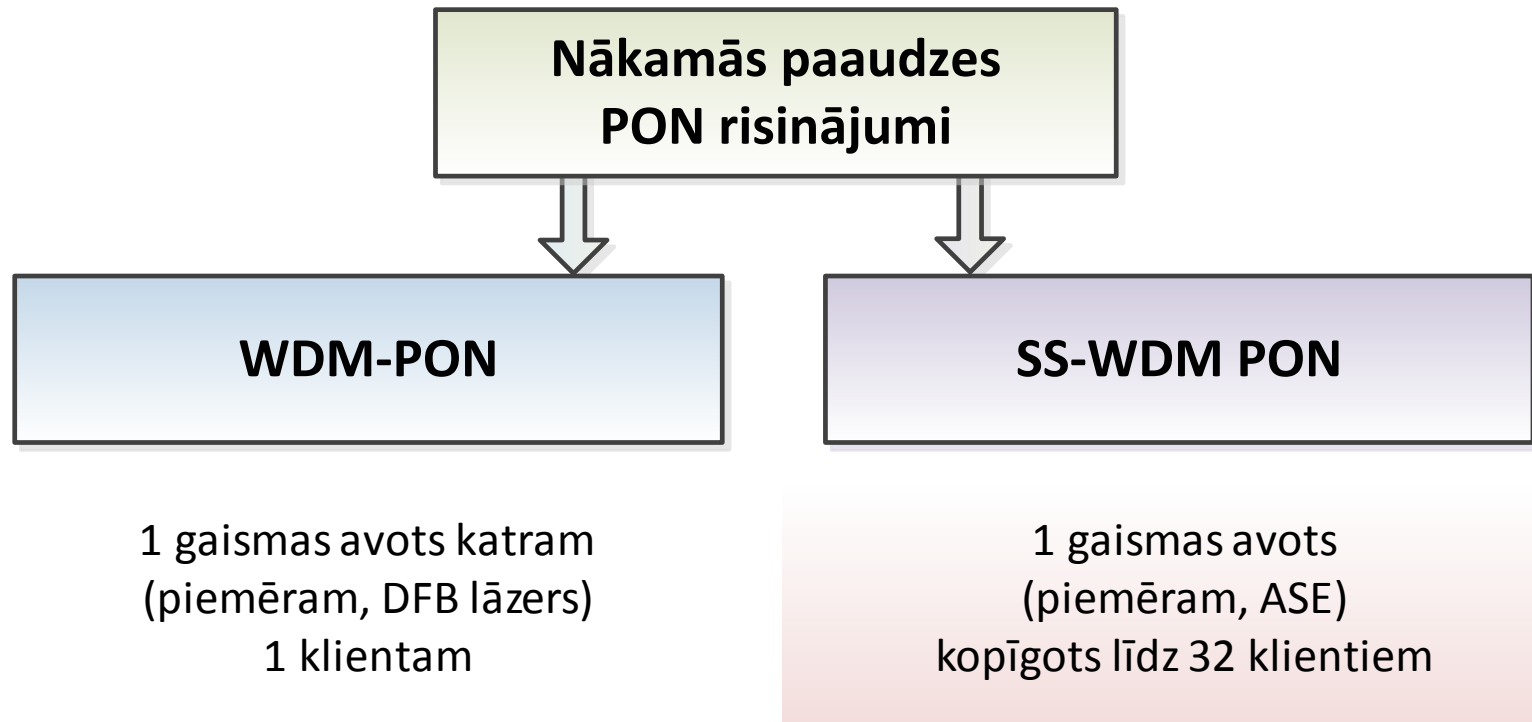


$Dk = 0 \text{ ps/nm}$



Dk - kompensējamās dispersijas
apjoms (ps/nm/km)

NĀKAMĀS PAAUDZES PON RISINĀJUMI OPTISKĀS PIEKĻUVES TĪKLIEM



Iesniegts un apstiprināts zinātnisks raksts:

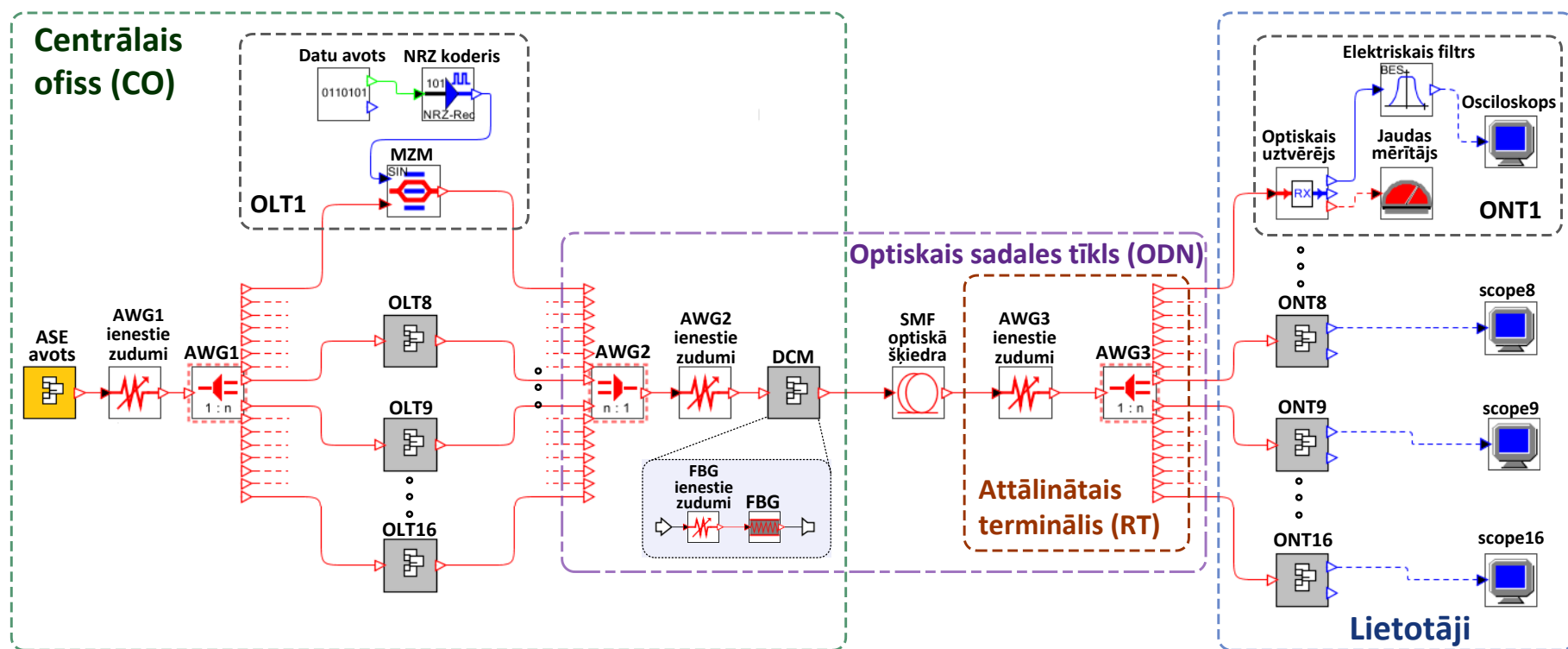
Spolitis S., Gegere L., Alsevska A., Trifonovs I., Porins J. and Bobrovs V., Optical WDM-PON Access System With Shared Light Source. Proceedings of Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2015), Prague, Czech Republic, July 6-9, 2015, pp. 1 – 5.



NĀKAMĀS PAAUDZES PON RISINĀJUMI OPTISKĀS PIEKĻUVES TĪKLIEM

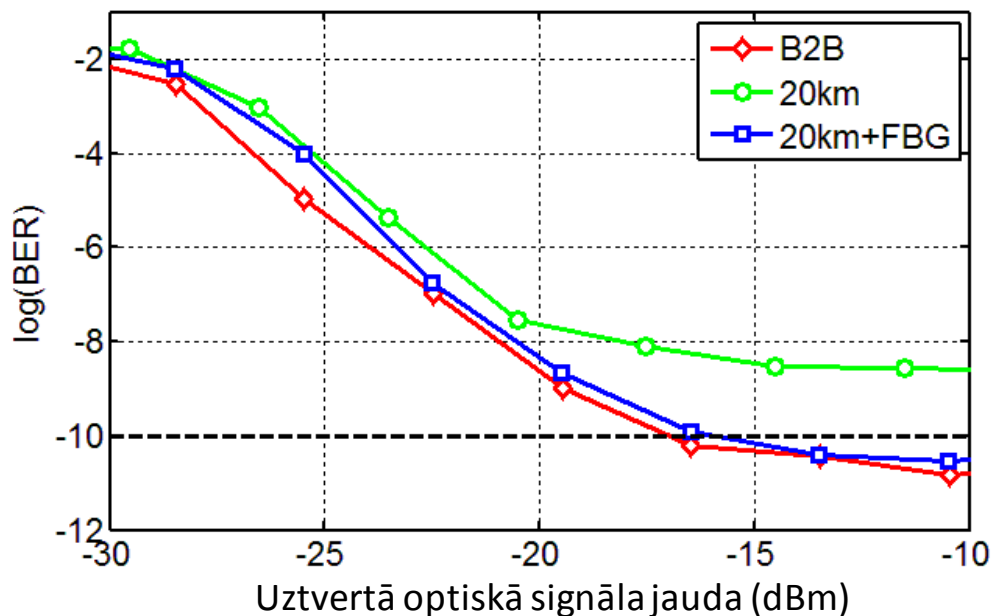
Izveidotās sistēmas pamatparametri:

- ✓ 16 WDM kanāli
- ✓ Intensitātes modulācija
- ✓ NRZ kodēšana
- ✓ 100 GHz starpkanālu attālums
- ✓ Vismaz 2.5 Gbit/s datu pārraides ātrums kanālā
- ✓ realizētā platjoslas gaismas avota izejas jauda 200 mW



16 kanālu AWG sagrieztas ātrdarbīgas SS-WDM PON sistēmas ar dispersijas kompensācijas (FBG DCM) realizāciju simulācijas modelis

NĀKAMĀS PAAUDZES PON RISINĀJUMI OPTISKĀS PIEKĻUVES TĪKLIEM



Uztvertā signāla BER atkarībā no uztvertā signāla vidējās jaudas 16 kanālu SS-WDM PON sistēmā

SS-WDM PON var tik uzskatīts par nākamās paaudzes optisko piekļuves tīklu, kurš pilnībā iekļaujas NG-PON tehnoloģiskajā risinājumā.

Dotajā SS-WDM PON sistēmā tiek izmantota dispersijas kompensācija ar FBG DCM, kas nodrošina uztvertā signāla kvalitāti vismaz $BER < 1 \cdot 10^{-10}$.

Izveidotā 16 kanālu spektrāli sagriepta sistēma ir balstīta uz ITU-T G.694.1 DWDM frekvenču režģi, un spēj nodrošināt kopēju datu pārraides ātrumu vismaz 40 Gbit/s, optiskajiem piekļuves tīkliem atbilstošā - 20 km attālumā no OLT (radītāja puses) līdz ONT (uztvērēju puses).

Paldies par uzmanību!