

Analiza e dispersionit kromatik në linjën optike backbone

Besim LIMANI¹
Mimoza DURRËSI
Arben SYLEJMANI

Abstrakt: *Me rritjen e vazhdueshme të kapaciteteve transmetuese në rrjetat e komunikimit, sistemet e transmetimit me fibra optike kanë zënë një pjesë shumë të rëndësishëm edhe në vendin tonë. Në këtë punim do të trajtojmë faktorët dhe karakteristikat e transmetimit të sinjaleve, në linjën me fibër optike, Prishtinë-Shkup. Fokusimi kryesor do të jetë në shkaqet dhe arsyet e humbjeve dhe shpërndarjes kromatike (Chromatic Dispersion) në këtë linjë. Dispersioni kromatik është një fenomen evolues, pra, vonesë për gjatësi të ndryshme valore dhe për gjatësi të fije optike. Në realitet, sinjali optik nuk është monokromatik, pra, posedon një grumbull të gjatësive valore dhe shpërndarja nuk është fenomen linear, por, varet nga frekuencat optike. Dispersioni kromatik konsiderohet seriozisht në komunikimet optike për të gjitha nivelet e bartjes së të dhënave. Në përgjithësi, dispersioni negativ bën, që gjatësitë valore më të shkurtra të udhëtojnë më ngadalë sesa gjatësitë valore më të gjata. Këtë efekt mund të shohim në DCF (dispersion compensated fiber).*

Ky punim do të bazohet në llogaritjet e humbjeve, gjithashtu, do të bëhen simulime në linjën backbone të transmetimit Prishtinë-Shkup. Do të përdoret simulatori OptiSystem për të analizuar shpërndarjen kromatike (Chromatic Dispersion). Analiza është bërë në dy raste; njëri rast është i implementuar në vitin 2007, ndërsa tjetri në vitin 2012. Në rastin e dytë, humbjet dhe shpërndarja kromatike janë me të vogla. Do të shohim sesi humbjet dhe shpërndarja kromatike në total, ndikojnë në kualitetin e transmetimit në linjën optike backbone.

Fjalë kyç: *kabulli optik, humbjet, DCF, dispersioni kromatik*

¹ Universiteti i Prizrenit, E-mail: besim.limani@uni-prizren.com

Abstract: *In my country the continuing growth in the transmission capacity of communication networks, transmission systems with optical fibers have occupied a very important place. In this paper I will address the factors and characteristics of the transmission of signals in optical fiber line Prishtina-Skopje, the main focus will be on the causes of losses and chromatic distribution in this line. Chromatic dispersion is an evolving phenomenon, is different length delay wave and optical string length. In reality, the optical signal is not monochromatic, therefore he possesses a multitude of wavelengths and also the distribution is not a linear phenomenon and it depends on optical frequencies.*

Chromatic dispersion in optical communications will be considered seriously for all levels of data transfer. Negative dispersion generally does that shorter wavelengths travel more slowly than longer wavelengths. This effect can be looked at DCF (dispersion compensated fiber). This paper will be based on calculations of losses, will also be simulation backbone transmission line Prishtina-Skopje. A OptiSystem Simulator will be used to analyze the Chromatic Dispersion. The analysis is done in two cases; the first case is implemented in year 2007 and the second in 2012. In the second case the losses and chromatic distribution are smaller than in the first case. We will see how Losses and chromatic distribution in total will impact on the quality of fiber optic in transmission backbone line.

Key words: *optical cable, losses, DCF, chromatic dispersion*

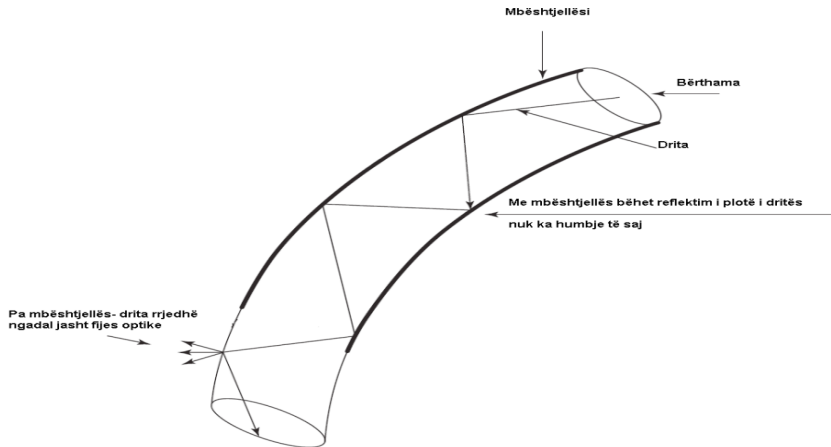
1.1 Historia e zhvillimit të rrjeteve optike

Komunikimi me anë të dritës ka filluar të përdoret që nga kohët e lashta, kur është zbuluar qelqi dhe pasqyra. Shumë shkencëtarë janë munduar të zbulojnë metoda të ndryshme të përdorimit të dritës për çështje shkencore, duke filluar që nga shkencëtari Daniel Colladon, në vitin 1841, i cili provoi të bëj reflektimin e dritës përmes një tubi të mbushur me ujë, pastaj, vazhduan më 1870, John Tyndall, i cili demonstroi bartjen e dritës së diellit nëpërmes një tubi, i cili barte ujë nga një enë në tjetrën dhe vërejti se drita përshkonte një rrugë zigzage brenda këtij tubi, më 1880 William Wheeling e patentoi këtë metodë të bartjes së dritës, duke e quajtur piping light, gjithashtu, më 1880, Alexander Graham Bell bëri bartjen e zërit të tij si sinjal telefonik deri në 200 metra në hapësirë të lirë (ajër), përmes një rrezeje drite, të cilën e përdori si bartës të sinjalit të zërit, ai e emërtoi këtë eksperiment si fotofon (photophone).

Kabulli i parë optik është krijuar nga një gjerman, student i mjekësisë, Heinrich Lamm më 1930, ai bëri të mundur, përmes këtij kabulli optik, të bartë pamje të figurave dhe qëllimi i tij ishte të bëj të mundur pamjen e brendshme të pjesëve të trupit. Në gjysmën e dytë të shekullit XX-të, teknologjia e fijos optike mori hov të madh zhvillimi, më 1958 Arthur L. Schawlow dhe Charles H. Townes zbuloi rrezën laser dhe botoi “Rrezet Infra të kuqe dhe Laserat Optik”, në American Physical Society’s. Të gjitha këto i motivuan shkencëtarët për të zbuluar kabllon optike me bërthamë qelqi, duke qenë e mbështjellë me një tjetër mbështjellëse qelqi, siç shihet në Figurën 1, e cila shërbente për të mbrojtur nga rrjedhja e dritës “ (Racca, 2007).

Më 1957 Gordon Gould, student i diplomuar në Universitetin e Columbia-s, përhap idenë e përdorimit të laserit, akronimi për Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Përforcimi i Dritës nga Emitimi i Simuluar i Rrezatimit). Ai e përshkroi laserin si një burim të fortë drite, pastaj, Charls Kao propozoi mundësinë e përdorimit praktik të fijos optike për telekomunikim, duke shpjeguar mundësinë e kapacitetit të bartjes së informacionit, 10.000 herë më të madhe se radio-frekuencat më të larta, të përdorura deri atëherë. Veprimet e

FIGURA 1. FIJA OPTIKE ME MBËSHTJELLËS TË QELQIT



ambientit rrethues të jashtëm, siç janë: shiu, bora, breshëri dhe mjegulla bëjnë që laseri të jetë i papërshtatshëm për përdorim në transmetimet ajrore të hapura.

Më 1966 Charles Kao dhe Charles Hockham propozuan, se mund të bartin sinjal të dritës përmes fjes optike, nëse fuqia e sinjalit të dritës dobësohet në 20dB/km. Edhe me këtë lloj dobësimi, prapë, 99% e dritës humbiste në 1000 metra gjatësi. Kërkimet e mëtejshme zbuluan, se këto humbje shkaktohen nga ndotjet e brendshme të fjes optike.

Më 1970, Robert Maurer, Donald Keck dhe Peter Schultz, nga Corning, patën sukses në prodhimin e qelqit të pastër, i cili e kaloi testin e dobësimit prej 20dB/km dhe kjo ishte një hap për të bërë fjet optike, një teknologji të suksesshme. Me fjalë tjera, Robert Maurer dhe ekipi i tij dizenuan dhe prodhuan fjen e parë optike (Racca, 2007).

Në kohën kur u zbulua fja e parë optike, burimet e dritës për fje optike nuk ishin të avancuara. Me rritjen e kërkesave u zhvilluan edhe burimet e dritës për fje optike, të cilat ofruan shpejtësi të madhe të ndryshimit (zhvendosjes), të përshtatshme për gjatësitë valore. Këto burime të dritës, së pari, kanë përdorur sistemin më të hershëm, i cili ka punuar në gjatësinë valore 850nm. Kjo gjatësi valore korrespondon me të ashtuquajturën dritare e parë e fjes optike të bazuar në silic. Sido që të jetë, kjo gjatësi valore filloi të bëhet më pak atraktive për arsye të humbjes relative të madhe 3dB/km.

Me një humbje më të vogël të fuqisë së dritës prej 0.5 dB/km, shumë kompani kaluan në të ashtuquajturën dritaren e dytë, në gjatësinë valore 1310 nm. Më 1977, Nippon Telegraph and Telephone (NTT) zhvilloi dritaren e tretë, e cila operonte në gjatësinë valore 1550nm dhe, teorikisht, ofron humbjet më të vogla prej 0.2dB/km në fjet optike të bazuara në silic.

Kështu, më 1977, shkencëtarët në laboratorin e Bell-it në AT&T janë interesuar për përdorimin e valëve të dritës, për komunikim në telefon. Ata instaluan sistemin me valë të dritës në kompaninë operatore të telefonisë. Ky instalim ishte sistemi i parë në botë me valë drite, e cila ofronte komplet rangun e shërbimeve të telekomunikacionit (voice, data, video) në një rrjetë publike. Sistemi shtrihej nën qendrën e qytetit të Çikagos me gjatësi 2400 m, duke përdorur fje optike qelqi, ku secila barte në vete 672 kanale të zërit (Racca, 2007).

Më 1988, është kompletuar instalimi i fjes optike të parë transatlantike, midis Evropës dhe Amerikës së Veriut, me gjatësi 5100 km, e cila barte 120,000 thirrje telefonike njëkohësisht në formë simulant. Sot, sistemet përdorin gjatësitë valor të dukshme rreth 660nm, 850nm, 1310nm, 1550nm. Çdo gjatësi valore ka përparësitë e veta, por vlen të theksohet se sa më e

gjatë të jetë gjatësia valore ka rendiment më të mirë, veçse, gjithmonë çmimi është më i lartë (Racca, 2007).

Me kalimin e kohës, kah fundi i viteve'90, rrjetat optike gjetën zbatim të madh tek operatorët e telefonisë, por, të gjithë këta operatorë ballafaqoheshin me kërkesa të mëdha, për rritjen e brezit të komunikimit. Më 1990 Laboratori i Bell-it arriti që të transmetoj 2.5Gb/s, në gjatësi 7500 km, pa rigjenerim të sinjalit. Për të ruajtur formën dhe dendësinë e gjatësisë valore të dritës, sistemi përdorte soliton-laser² dhe erbium-xhelatinë, si përforcues të dritës brenda fjes optike (EDFA)³. Më 1998, ata si hulumtues arritën të transmetojnë 100 sinjale optike njëkohësisht, secila prej tyre bartte në vete kapacitete të të dhënave prej 10Gb/s, në një distancë 400km. Këtë e bënë përmes teknologjisë së avancuar DWDM⁴ (Dence Wavelength Division Multiplexing) (Racca, 2007).

1.2 Çfarë është rrjeta optike?

Rrjeta Optike është një grumbull i elementeve (pajisjeve) optike, të lidhura në mes tyre me linja komunikuese, duke përdorur fije optike. Këto lidhje kanë mundësi të bartjes së të dhënave me kapacitete të larta, mund të themi se deri më sot, nga të gjitha mediumet e tjera të cilat përdoren për transport të të dhënave, fjetet optike kanë nivelin më të lartë të transportit.

TABELA 1. SHPEJTËSIA E TRANSMETIMIT TË TË DHËNAVE (GBIT/S)
NË KABLLON OPTIKE SIPAS ITU-T

Sinjali	Shpejtësia e transmetimit Gbps të të dhënave (Gbit/s)	Kanalet Optike (Optical Channel-OC)	Protokollet
ODU0	1.24416	OC-24	Ethernet, MPLS, IP
ODU1	2.498775126	OC-48	Ethernet, MPLS, IP
ODU2	10.03727392	OC-192	Ethernet, MPLS, IP
ODU3	40.31921898	OC-768	Ethernet, MPLS, IP
ODU4	104.7944458	40 x ODU1 ose 80 x ODU0	Ethernet, MPLS, IP

Sipas ITU-T⁵ janë paraqitur disa të dhëna nga kapacitetet bartëse të fijeve optike në tabelën 1. Aty janë paraqitur kapacitetet dhe teknologjitë përkatëse, për bartjen e të dhënave, duke përdorur fjetet optike. Si teknologji më të avancuara në ditët e sotme llogariten teknologjia WDM dhe DWDM, të cilat më shumë kanë gjetur përdorim në lidhjet Backbone (linjat kryesore optike).

² Soliton-Laser – Në matematikë dhe fizikë, soliton është valë e vetme e rirforuar nga vetja (puls), e cila e mban formën gjatë udhëtimit të tij në medium me shpejtësi konstante

³ EDFA – është një xhel (lëng i mpiksuar) me një element të rrallë të tokës, erbium, i cili mund të përforcojë dritën në gjatësinë valore 1550nm kur ajo dritë rrjedhë nga një burim i jashtëm i saj.

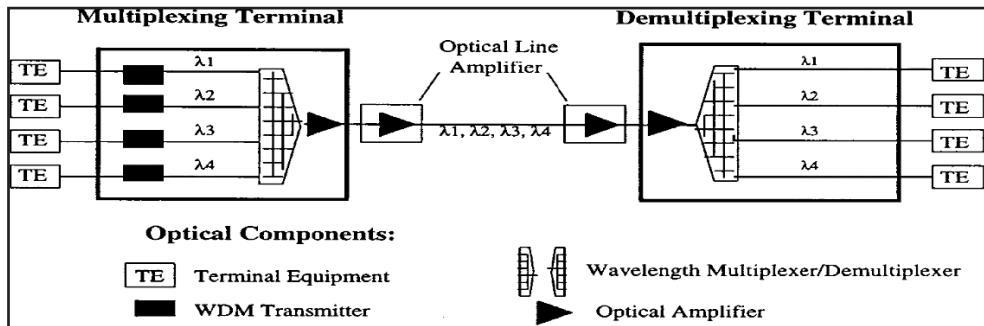
⁴ DWDM – është transmetimi i disa gjatësive valore në një fije të vetme optike, me hapsirë të ngushtë në mes tyre, në brezin 1550nm. Hapsirat e gjatësive valore zakonisht janë 100 ose 200 GHz, të cilat korrespondojnë në 0.8 ose 1.6 nm. Brezat DWDM përfshijnë C-brezin, S-brezin dhe L-brezin (C-band, S-band, L-band).

⁵ ITU-T- (International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector)

1.3 Teknologjia WDM

WDM është një teknologji, që mundëson bartjen e të dhënave, duke përdorur disa gjatësi valore të ndryshme të dritës, të cilat multipleksohen në një të vetme, dhe kjo reze e dritës mund të transportohet me një fije të vetme optike (Davis, Smolyaninov, Milner, 2003).

FIGURA 2. TRANSMETIMI POINT-TO-POINT I KATËR KANALEVE WDM



Qëllimi i përdorimit të kësaj teknologjie është shfrytëzimi maksimal i një fije optike për bartjen e të dhënave me kapacitete të larta, p.sh. duke shfrytëzuar 48 kanale OC-48 të gjatësive valore mund të barten të dhëna me kapacitet deri në 2.5 Gbit/s, në OC-192 kapaciteti do të jetë 10Gbit/s, ndërsa në OC-768 mund të barten të dhëna me kapacitet deri në 40Gbit/s d.m.th. për çdo kanal mund të bartet 51.84 Mbit “Christopher C. Davis, Igor I. Smolyaninov & Stuart D. Milner, (2003), Flexible Optical Wireless Links and Network”.

1.4 Metodat e hulumtimit

Në këtë temë jam fokusuar më shumë në rrjetat optike backbone të cilat në ditët e sotme i kushtojnë rëndësi të veçantë humbjeve të sinjalit në kabllon optike, humbje këto të cilat ndikojnë drejtpërdrejt në zvogëlimin e mundësisë së bartjes së të dhënave me kapacitet të lartë. Për të kuptuar më mire humbjet në backbone kam filluar të shpjegoj, së pari, historinë e zhvillimit të kabllove optike (Racca, 2007), e cila shpjegon brendinë e kabllos dhe mënyrën e të funksionarit të saj, përbërjen, e cila na ndihmon shumë më vonë për të shpjeguar, shpërndarjen e sinjalit të dritës në gjatësi të ndara valore, përmes teknologjisë WDM dhe DWDM (Murthy, Guruswamy, 2002), si dhe humbjet e sinjalit të dritës gjatë rrugëtimit të saj nëpër kabllon optike. Optical Signal analyzer tregon vlerat e matjeve dhe këto matje krahasohen më vonë, duke analizuar ndikuesit në humbje, siç janë vlera e zhurmave (OSNR) (Ab-Rahman, Mastang, Jumari 2012), vlera e humbjes së bitëve, dobësimi optik (BER), Dobësimi Optik (Optical Attenuation), dispersioni kromatik, por ekziston edhe mundësia e përforsimit të sinjalit të dritës, duke përdorur përforsuesit RAMAN dhe EDFA (Kartalopoulos, 2008).

Për të arritur deri te këto matje dhe analiza kam përdorur metodën e hulumtimit të bazuar në studimin e rasteve (Case Study), ku si rast studimi kam hulumtuar shtrirjen e kabllos optike backbone, Prishtinë-Shkup, të cilin e shpjegojmë në detaje, duke krahasuar 3 raste të ndryshme, forma ideale e simulatorit, rasti i parë nga projekti i implementuar në vitin 2007 dhe rasti i dytë nga projekti i implementuar në vitin 2012. Në fund nxjerrim konkluzionin, duke krahasuar rezultatet e këtyre hulumtimeve.

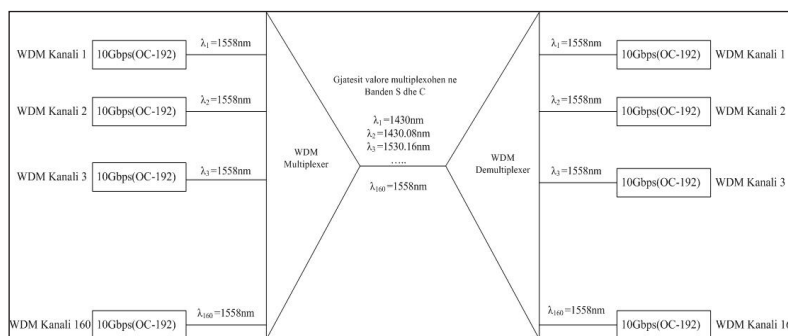
2. Rrjetat Optike Backbone

2.1 WDM dhe DWDM

WDM-Wavelength Division Multiplexing është një teknologji, e cila bashkon (multiplekson) një apo më shumë bartës të sinjalit optik (optical carrier) në një sinjal të vetëm, duke shfrytëzuar gjatësi të ndryshme valore (ngjyra të ndryshme) të dritës së laserit (Murthy, Guruswamy 2002).

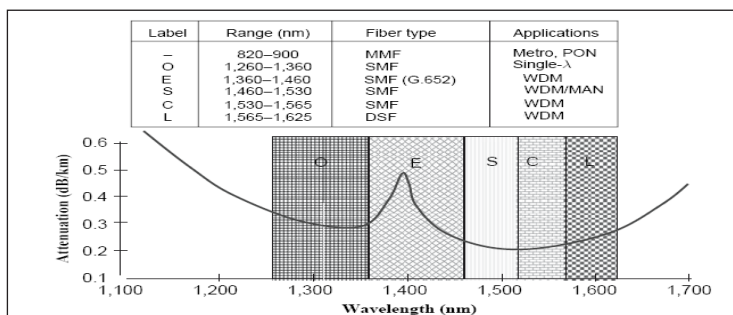
Shpjeguar më me detaje, një kanal WDM në vetvete mund të përmbajë disa kanale optike (Optical Channel), ku secili kanal optik mund të bart 51.84 Mbps, disa kanale të tilla WDM mund të bashkohen në multiplekser, i cili i bashkon këto kanale dhe i transporton në një rreze laser, por duke e ndarë për secilin kanal nga një gjatësi valore të ndryshme; p.sh.: nëse kemi një kabllo optike me 96 fije, secila fije mund të bartë maksimum 160 kanale me nga 10 Gbps, kur dihet se një WDM kanal, i cili bart 10 Gbps përbëhet nga 192 kanale optike (OC) me nga 51.84 Mbps, nëse llogaritim në tërësi 96 fije x 160 kanale x 10 Gbps, në total 150 Tbps, këtë shembull mund ta shihni në figurën 3, pra, kapaciteti maksimal i trafikut që mund të gjeneroj kjo kabllo është 150Tbps (Chochliouros, Heliotis, 2010).

FIGURA 3. MULTIPLEKSIMI I 160 WDM KANALEVE NGA 10 GBPS PËR SECILIN KANAL.



Transmetuesit WDM mund të transmetojnë vetëm një kanal të vetëm apo munden edhe më shumë, por, nëse transmetojnë në shumë kanale atëherë ato multipleksohen. WDM përdor rangun e gjatësive valore të bazuar në 1550 nm, si në figurën 4 (Kartalopoulos 2008), e këtë gjatësi valore e përdor për arsye të humbjeve të vogla të sinjalit në kabllo optike (Roychoudhuri, Nick Massa, 2000).

FIGURA 4. BANDAT WDM NË SPEKTRIN E KOMUNIKIMIT OPTIK.



Duke analizuar figurën 5 mund të themi, se brezat më të përdorura nga WDM teknologjia janë brezi C dhe L (Mukherjee, 2006).

Momentalisht janë duke dominuar dy standarde të kësaj teknologjie, ato janë (DWDM) dhe (CWDM). DWDM - Dense Wavelength Division Multiplexing është përcaktuar përgjatë rrjetit të frekuencave 25, 50, 100 dhe 200 GHz të ndarjes së kanaleve. Pika e frekuencës referuese është 196.10 THz ose 1528.77 nm në të cilën $n \times 50$ GHz ($n = 1, 2, 3, \dots$) janë shtuar apo hequr për të gjeneruar rrjetin. Momentalisht banda C dhe L përdoren me gjithsej, 320 kanale optike. DWDM është definuar që të aplikohet në vendet ku nevojitet performancë e lartë, trafik i madh i të dhënave dhe distanca të gjata, siç janë backbone etj. Në figurën 5 është paraqitur DWDM. CWDM - Coarse Wavelength Division Multiplexing është përcaktuar në 18 frekuenca të rrjetës optike prej 1280 nm deri në 1640 nm me 20 nm hapësirë (ndarje). CWDM është përcaktuar për vendet ku nevojitet kosto e ulët apo distancë e shkurtër, siç është LAN⁶, në figurën 6 është paraqitur CWDM (Kartalopoulos, 2008).

FIGURA 5. DWDM-DENCE WAWLENGTH DIVISION MULTIPLEXING

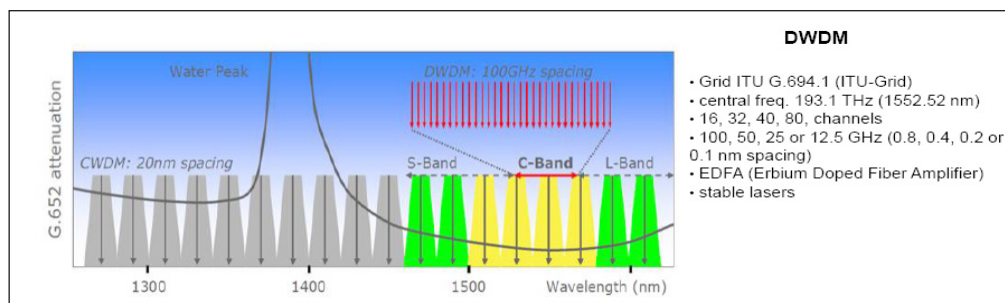
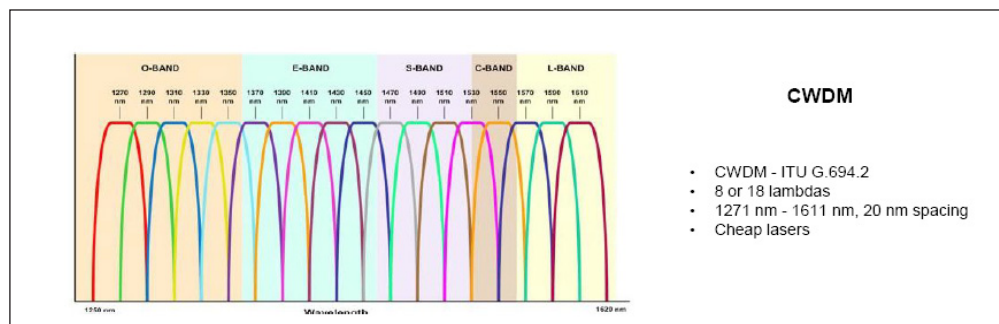


FIGURA 6. CWDM- COARSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING



2.2 Llojet e kablllos optike

Kabulli optik sipas mënyrës së veprimit (Mode-it) ndahet në dy lloje: single mode (një rrugëshe apo single path) dhe multi-mode (shumë rrugëshe apo multi path). Një dallim praktik në mes të këtyre dy llojeve të kabullit varet nga burimi i dritës i përdorur për të emetuar dritën nëpër bërthamën e kabullit. Në figurën 7 (Racca, 2007), është paraqitur forma e kabullit optik, ndërsa në tabelën 2 është paraqitur dallimi i kabullit optik, single-mode dhe multi-mode në disa pika.

⁶ LAN-Local Area Network (Rrjeti lokal kompjuterik)

FIGURA 7. SHITESAT E KABULLIT OPTIK

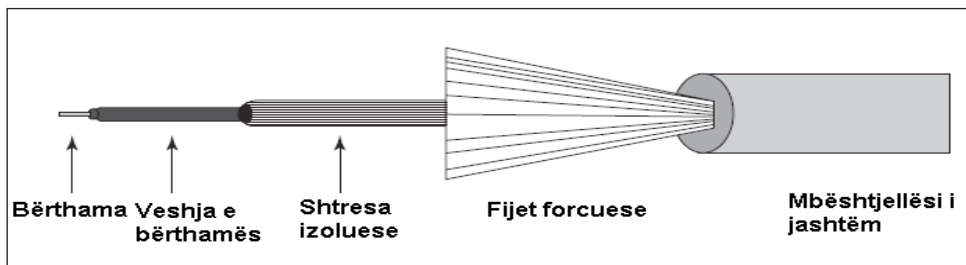


TABELA 2. DALLIMI I KABULLIT OPTIK MULTI-MODE NGA AI SINGLE-MODE

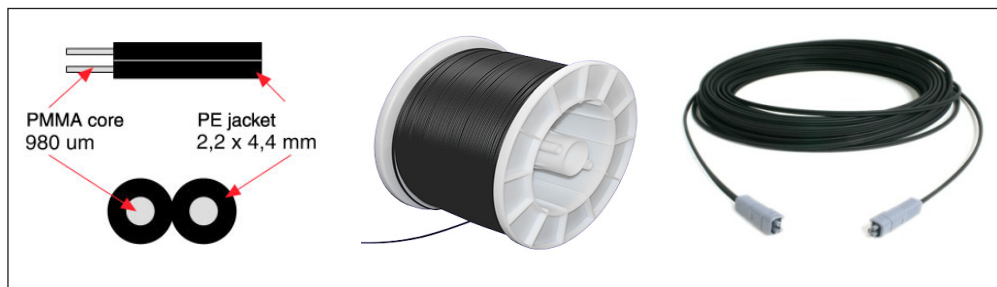
Multi-Mode	Single-Mode
Gjerësia e brendshme e bërthamës është 50µm--100µm-1500µm mesatare 62.5µm	Gjerësia e brendshme e bërthamës është 5µm-10µm mesatare 8.3µm
Në përgjithësi përdor burimin e dritës së lirë siç është LED-light emitting diode	Përdor burimin e dritës shumë të shtrenjtë
Rrugë të shumta që përdor drita	Drita përdor një rrugë të vetme në bërthamë
Përdoret për distanca të shkurtra < 8000 m	Përdoret për distanca të gjata >8000 m
Fuqia e dritës shpërndahet 100% në bërthamë dhe mbështjellës (Veshje të bërthamës)	Fuqia e dritës shpërndahet vetëm në bërthamë

Kështu sipas materialit prodhues kabllot optike ndahen në disa lloje, por do cekim vetëm disa prej tyre.

2.2.1 Kabllot optike të plastikës

Kabllot optike të plastikës janë një kompozim i plastikës së tejdukshme, që mundëson bartjen e dritës nga një pikë në tjetrën, me humbje minimale. Këto fije optike janë të njohura edhe si fije të konsumit të gjerë, për arsye të kostos së lirë të implementimit dhe të prodhimit të tyre. Në krahasim me fijet optike të qelqit, ky lloj i fijeve posedon dispersion më të madh, vlera e transmetimit është më e ulët, limitohet në 100 Mbps, distancë të limituar të transmetimit më të vogël se ai i qelqit dhe është më fleksibël, shiko në figurën 8 (Racca, 2007).

FIGURA 8. KABLLOT OPTIKE TË PLASTIKËS



2.2.2 Kabllot optike të mbushura me xhel (Gel)

Ky lloj kabulli është relativisht i ri. Ai i ul gabimet në transmetim të sinjalit të dritës, (siç janë shtrembërimet kur vala e dritës ngrihet shumë lart), por nuk mund të bëjë përf forcimin e tyre. Përderisa ky lloj kabulli nuk mund të bëjë përf forcimin e valëve të dritës, atëherë është përmirësuar në disa pika. Kabulli i përmirësuar posedon një rrjet të vrimave e cila mbështillet në bërthamën solide.

FIGURA 9. KABLLLOT OPTIKE TË MBUSHURA ME XHEL

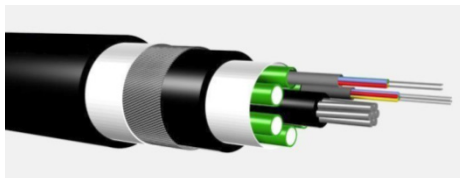


2.2.3 Kabllot optike të prodhuara me qelq të siliciumit

Kabllot optike të prodhuara me qelq të siliciumit janë kabllot, të cilat kanë përdorim të gjerë në teknologji informative.

Në vazhdim do të fokusohemi më tepër në llojin e kabllove optike me përbërje siliciumi, të cilat, siç e cekëm më herët, ndahen në dy grupe (Racca, 2007).

FIGURA 10. KABLLLOT OPTIKE TË BAZUARA NË SILICIUM



2.2.4 Single Mode

Burimi i dritës në këtë tip të kabullit është drita e laserit, e cila bartet apo kalon nëpër bërthamën e ngushtë, që e bën ideale bartjen apo transmetimin e dritës në distanca të mëdha, këtu, bërthama është aq shumë e vogël, sa thyerjet e dritës pothuajse janë eliminuar. Kabulli single-mode është një fije e hollë e qelqit me diametër $8.3\mu\text{m}$, e cila bartë sinjalin e dritës në një rrugë të vetme. Kur një dritë e ndritshme monokromatike dërgohet nëpër bërthamë, drita tenton që të udhëtoj vijëdrejtë, por sido që të jetë drita shpeshherë lakohet apo përdridhet, prandaj vështirë është të përshkroj në vijë të drejtë. Nëse fija optike lakohet, atëherë drita kalon në mes të bërthamës dhe mbështjellësit të bërthamës. Sa herë ndodh kjo sinjali dobësohet gradualisht dhe ky proces quhet shtrembërim kromatik (chromatic distortion). Përveç kësaj, sinjali dobësohet duke humbur një pjesë të energjisë, të cilën e thith qelqi (Racca, 2007).

2.2.5 Multi-Mode

Fija optike multi-mode është shumë e popullarizuar, duke përdorur burimin e dritës LED për të transmetuar sinjale. Valët e dritës transmetohen në shumë rrugë apo mode, me fjalë tjera, ky tip i kabllot mund të bartë më shumë se një frekuencë të dritës në të njëjtën kohë dhe posedon bërthamë të qelqit me diametër 62.5µm, e cila mund të jetë deri në 100 µm. Kur rrezet e dritës godasin mbështjellësin e bërthamës ato kthehen prapë në bërthamë, mirëpo nëse këto rreze godasin në një kënd kritik, ato humbin jashtë fijes optike. Përderisa valët e dritës udhëtojnë në rrugë të ndryshme, grupe të ndryshme të rrezeve arrijnë veç e veç në destinacion apo në pikën pranuese të tyre, të cilat ndahen nga pranuesi (Racca, 2007).

2.3 Humbjet e sinjalit në rrjetin optik

Rëndësi të veçantë në bartjen e sinjaleve (dritës) optike, në kabllot optike kanë humbjet e shkaktuara gjatë kësaj bartje. Në shumicën e rasteve, në humbjet e sinjalit, rol të veçantë luajnë karakteristikat e llojit të kabllot të dhëna nga prodhuesi, mënyra e vendosjes së kabllot, saldimit apo vazhdimi (splice) i kabllot, përdorimi i përforcuesve në gjatësi të mëdha të kabllot, kualiteti i sinjalit të dërguar me rreze laser nga Interface (Moduli) Optik etj. Të gjitha këto raste do të kuptohen më mirë duke shpjeguar OSNR, BER, RAMAN dhe EDFA, Optical Attenuation, Chromatic Dispersion, si dhe instrumentet që shërbejnë për matjen e sinjaleve optike.

2.3.1 OSNR

Kualiteti i sinjalit reprezentohet fillimisht nga OSNR, BER etj., dhe ndikohet nga pajisjet transmetuese, ky është problemi që paraqitet në të gjitha rrjetat optike.

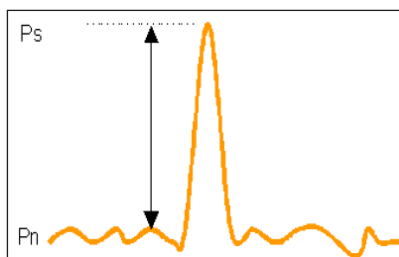
OSNR-Optical Signal to Noise Ratio është raporti në mes të fuqisë së sinjalit dhe fuqisë së zhurmës në një brez (bandwidth) të dhënë, figura 11 (Kartalopoulos, 2008), shprehur në formulë është:

$$\text{OSNR} = 10 \log_{10} (P_{s(w)} / P_{n(w)}) \quad (1)$$

$P_{s(w)}$ – Niveli i fuqisë së sinjalit në Wat

$P_{n(w)}$ – Niveli i fuqisë së zhurmave në Wat

FIGURA 11. NIVELI I SINJALIT PS DHE NIVELI I ZHURMAVE PN



$$\text{OSNR} = P_{n(\text{dBm})} - P_{s(\text{dBm})} \quad (2)$$

$P_{s(\text{dBm})}$ – Niveli i fuqisë së sinjalit në dBm

$P_{n(\text{dBm})}$ – Niveli i fuqisë së zhurmave në dBm

OSNR është vlera e zhurmave të cilat ndikojnë në sinjalin optik. Zakonisht për të llogaritur më saktë vlerën e këtyre zhurmave matjet llogariten me Q-factor. Q faktori është vlera absolute e kualitetit të sinjalit dhe shprehet me formulën

$$Q = \sqrt{\frac{B_0}{B_e}} \times \frac{2OSNR}{\sqrt{4OSNR + 1} + 1} \quad (3)$$

B_0 – Brezi (Bandwidth) Optik

B_e – Brezi (Bandwidth) Elektrik

Sikurse OSNR ashtu edhe Q-factor varet drejtpërdrejt nga humbjet në kablo, nëse humbjet rriten atëherë Q-factor zvogëlohet d.m.th. sa më të mëdha janë humbjet, Q-factor është më i dobët (Ab-Rahman, Mastang, Jumari, 2012).

2.3.2 BER (Bit Error Rate)

Shprehjen BER nganjëherë e gjejmë si BERatio-Bit Error Ratio, i cili definohet si numri i pranuar i bitëve me gabime nga një numër i madh i bitëve të transmetuar. Termi i dytë është BERate- Bit Error Rate, i cili definohet si vlera apo raporti i bitëve me gabime nga totali i bitëve të transmetuar në një interval kohor, këtë mund ta ilustrojmë edhe në shembullin si vijon: Për dy vlera të ndryshme 1Mbps dhe në 10 Gbps, nëse kemi 10 gabime në sekondë atëherë për vlerën e parë do të kemi 10/1,000,000 ose 10^{-5} dhe për vlerën tjetër prej 10 Gbps do të kemi 10/10,000,000,000 ose 10^{-9} (Kartalopoulos, 2008).

BER është në raport reciprok me Q-factor, sa më e madhe të jetë vlera e Q-factor aq më e vogël është BER apo gabimet janë më të vogla kur vlera absolute e kualitetit të sinjalit është e lartë. Krahësuar me humbjet në kablo, kuptojmë se sa më të mëdha të jenë humbjet, aq më të mëdha do të jenë bitët me gabime.

2.3.3 Dobësimi Optik (Optical Attenuation)

Dobësimi optik (Optical Attenuation) është humbja totale e sinjalit optik gjatë kalimit të tij nga transmetuesi deri te pranuesi i këtij sinjali, gjatë kësaj rruge ky sinjal kalon në kablo optike, konektor, patch panel, vendet ku është vazhduar (ngjitur) kabulli optik etj. Të gjitha këto shkaktojnë humbje të sinjalit optik përgjatë rrugëtimit të tij.

Humbja në kabllon optike shkaktohet nga mos reflektimi i plotë i dritës brenda gypit të qelqtë të kabullit, këtë e kemi shpjeguar në kapitullin e parë, se si humbet një pjesë e sinjalit optik kur takohet me muret e gypit të qelqtë të mbështjellë me izolatorë. Këto humbje ndryshojnë në bazë të gjatësisë valore p.sh. në gjatësinë valore $\lambda=1310\text{nm}$, humbjet janë më të mëdha sesa në $\lambda=1550\text{nm}$, kabllot optike single-mode në tregun e sotëm kanë përafërsisht këto humbje për $\lambda=1310\text{nm}$ Attenuation~0.33dB/km dhe për $\lambda=1550\text{nm}$ Attenuation ~ 0.22dB/km, sa më i gjatë kabulli, humbjet apo dobësimi i sinjalit është më i madh. Në vazhdimin e kabullit, këto humbje janë më të mëdha për arsye të reflektimit më të madh të dritës.

2.3.4 Shpërndarja Kromatike (Chromatic Dispersion)

Në realitet, sinjali optik nuk është monokromatik, por posedon një grumbull të gjatësive valore. Për arsye të konstantes së dielektrikut dhe indeksit pas thyerjes, të cilat janë funksione

të frekuencave optike, atëherë çdo gjatësi valore në një grumbull nuk përhapet me shpejtësi të njëjtë. Ky grumbull i frekuencave, i cili shpërndahet nëpër fijen optike do të jetë më i hapur (gjerë) në fund të fijes optike, sepse çdo gjatësi valore e këtij grumbulli arrin në kohë të ndryshme. Kjo formë e përhapjes së gjatësive valore të grumbulluar në një sinjal quhet shpërndarje kromatike. Shpërndarja kromatike matet me pikosekonda për nanometër ps/(nm*km) (Maier, 2008)

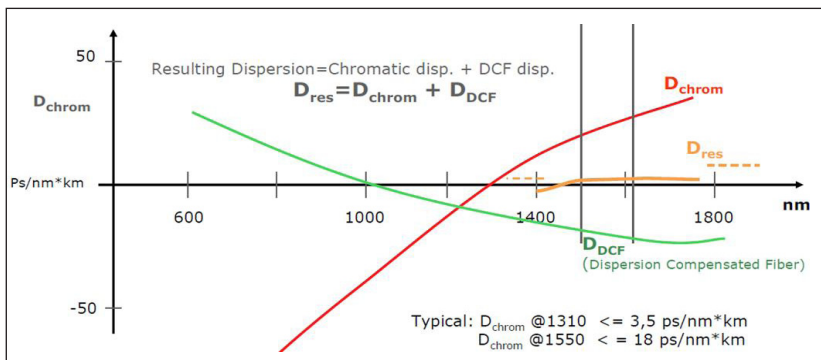
Për arsye se shpërndarja kromatike është një fenomen evolues (zhvillues), atëherë koeficienti i shpërndarjes kromatike definohet si D dhe matet në pikosekonda për nanometër- kilometër (vonesë për gjatësi të ndryshme valore dhe për gjatësi të fijes optike) $\Delta\tau = |D|L\Delta\lambda$ (Kartalopoulos, 2008).

Koeficienti i shpërndarjes kromatike mund të llogaritet edhe me formulën:

$$D = D_m + D_w + D_p \quad (4)$$

D_m – Material Dispersion; D_w – Waveguide Dispersion; D_p – Profile Dispersion

FIGURA 12. SHPËRNDARJA KROMATIKE DHE KOMPENSIMI I SHPËRNDARJES KROMATIKE



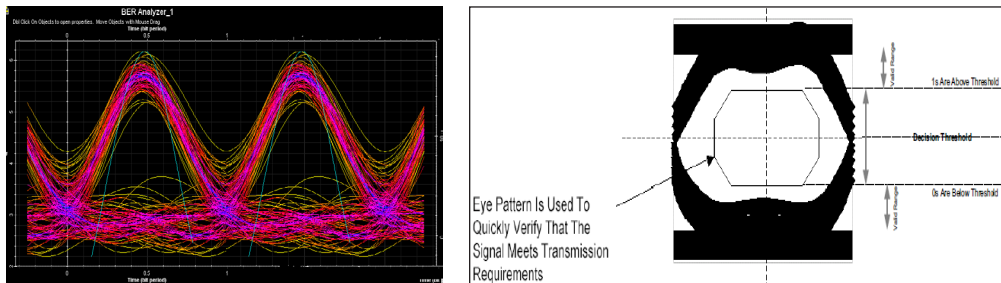
Pasi që shpërndarja nuk është fenomen linear dhe varet nga frekuencat optike, atëherë janë disa gjatësi valore apo frekuenca të caktuara, për të cilat shpërndarja (dispersion) bëhet zero dhe ato njihen si zero-dispersion wavelength (gjatësi valore me dispersion zero). Mbi këto gjatësi valore dispersioni është pozitiv dhe poshtë këtyre gjatësive valore dispersioni është negativ. Një kablllo tradicionale single-mode me bërthamë rreth 8.3μm dhe me indeksin e thyerjes, e cila varion rreth 0.37%, posedon zero-dispersion wavelength rreth gjatësisë valore 1.3μm. Fija optike me pikën zero të shpërndarjes, e zhvendosur në gjatësinë valore 1550nm quhet dispersion-shifted fiber (DSF). Ky lloj kabulli është kompatibël me përforcuesit optik, të cilët përforcojnë shumë mirë në gjatësinë valore 1550nm. Për të plotësuar kërkesat për transmetimet specifike optike janë prodhuar disa lloje të fibrave speciale, siç janë: dispersion-compensated fiber (DCF) etj. (Kartalopoulos, 2008).

Shpërndarja kromatike konsiderohet seriozisht në komunikimet optike për të gjitha nivelet e bartjes së të dhënave. Në përgjithësi, dispersioni negativ bën që gjatësitë valore më të shkurtra të udhëtojnë më ngadalë sesa gjatësitë valore më të gjata. Këtë efekt mund të shohim në DCF (dispersion compensated fiber) ose ODC (Optical Dispersion Compensation) të paraqitur në figurën 12.

Një shembull tjetër se si duket shpërndarja kromatike e sinjalit 10Gbps, në gjatësinë valore 1550 nm është paraqitur në figurën 13. Në këtë figurë vërejmë, se shpërndarja kromatike merr formën e syrit, prandaj hapësira në mes quhet eye pattern (model i syrit).

Modeli sy është paraqitje vizuale e formës valore të transmetuar për të parë dëmet. Ky model përmban formën valore për secilën gjatësi valore të rreshtuar në një ekran. Modeli sy na mundëson verifikimin e shpejtë të sinjalit, që përmbushë performancat e specifikuara. Në figurën 18 mund të shohim, se sinjalet me vlerë 1 janë mbi pikën qendrore (Decision Threshold) dhe sinjalet me vlerë zero janë nën pikën qendrore. Një Model sy i hapur korrespondon në shtrembërim minimal të sinjalit optik “Telecom Slovenia Group, Joze Zaren, (2012) The Ballkan DWDM Training Course, Prishtina”.

FIGURA 13. MODELI SY (EYE PATTERN) I SINJALIT OPTIK



2.3.5 Përforcuesit RAMAN dhe EDFA

Humbjet e sinjalit optik në kabllo mund të jenë edhe si rezultat i absorbimit të fotoneve nga shtresat e brendshme izoluese të kabullit optik, prandaj, në shumicën e rasteve të tilla duhet të përdoret përforcimi fotonik (photonic amplification), përforcimi fotonik nuk mund të jetë i njëjtë për të gjitha materialet në kushte të njëjta. Ekzistojnë tre tipa të përforcimit fotonik (RAMAN, EDFA, SOA), por, ne do të shpjegojmë dy tipa të përforcimit fotonik të sinjalit optik: përforcimi RAMAN dhe përforcimi EDFA (Kartalopoulos, 2008).

Për arsye të aspektit mekanik kuantik (quantum) të përforcimit optik dhe emetimit statik spontan të fotoneve, gjithashtu, edhe emetimit të simuluar (simulation emission), përforcuesit optik prodhojnë zhurma optike, të cilat njihen si emetimi spontan i përforcuesit (amplifier spontaneous emission ASE).

Kontribuuesit e zhurmave ASE varen nga materiali dielektrik, pastërtia e materialit, distanca në të cilën udhëton drita, gjatësia valore, fuqia optike, gjendja polarizuese e pompës dhe sinjalit etj.

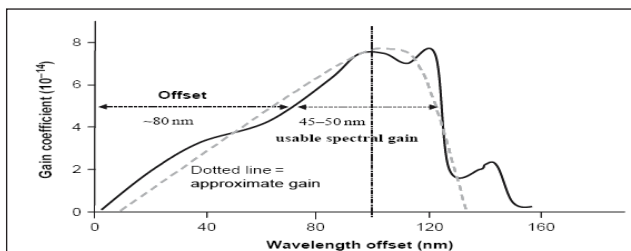
Karakteristikat bazë më të shpeshta të përforcuesve optikë janë:

- Gain (përforcimi) është raporti në mes fuqisë dalëse dhe asaj hyrëse (dB).
- Gain efficiency (efikasiteti i përforcimit) është gain si funksion i fuqisë hyrëse (dB/mW).
- Bandwidth (brezi) është funksion i frekuencës.
- Gain Bandwidth është brezi i frekuencave, në të cilat përforcuesi është efektiv.
- Gain Saturation është fuqia maksimale dalëse e përforcuesit, e cila nuk mund të rritet, përkundër fuqisë hyrëse.
- Noise (ASE) është zhurma karakteristike inherent e përforcuesve optik.
- Polarization sensitivity është gain e varur e përforcuesve optik në polarizimin e sinjalit.
- Output saturation power është e definuar si niveli i fuqisë dalëse, për të cilën gain i përforcuesve bie për 3dB (Kartalopoulos, 2008).

2.3.5.1 Përforcimi RAMAN

Një burim laser me një valë të vazhdueshëm me fuqi mesatare që pompon në një çift të fijeve optike single-mode, për arsye të jolinearitetit në mediumin e fijeve optike, shkakton eksitim të atomeve. Nëse atomet e eksituara nuk janë stimuluar, pas një kohe të shkurtër, ato spontanisht do të “bien” në një nivel mesatar, duke liruar energji të dritës në gjatësi valore më të gjatë se burimi i pompës. Përfundimisht, të gjitha atomet në nivelin mesatar, do të bien në nivelin e energjisë së tyre fillestare (apo zero), duke liruar energjinë e mbetur në formë të fotoneve, kjo është e njohur si Shpërndarja e stimuluar Raman (stimulated Raman scattering SRS). Shpërndarja Raman ndodh në të njëjtin drejtim (para ose mbrapa), duke respektuar drejtimin e pompës në fijen optike. Nëse atomet e eksituara janë stimuluar nga fotonet e sinjalit optik të dobët, që është në një gjatësi valore të kompensuar me 70-100 nm nga pompa e gjatësisë valore (wavelength pump), atëherë atomet e eksituara janë stimuluar dhe emetojnë fotone në gjatësi të njëjtë valore, me burimin e stimuluar. Sinjali i dobët tani është i përforcuar dhe kjo është e njohur si Përforcimi Raman (shiko figurën 14).

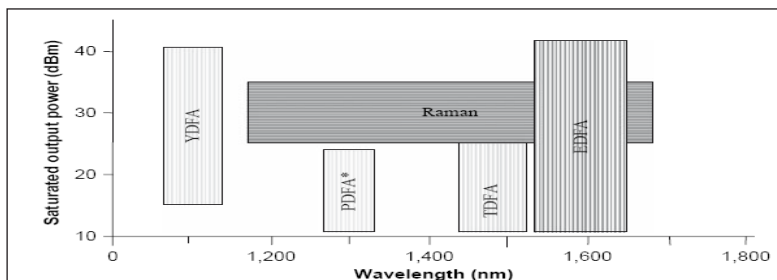
FIGURA 14. KARAKTERISTIKAT E PËRFORCIMIT RAMAN



2.3.5.2 Përforcuesi EDFA

Përforcuesit Optik janë të mbushura me elemente të rralla të tokës. Këto mbushje absorbojnë (thithin) energjinë optike të një spektri dhe emitojnë atë në një spektër tjetër. Sidoqoftë, secili element posedon karakteristikat e veta të absorbimit dhe emetimit. Disa elemente të rralla të tokës për përforcim të sinjalit optik në DWDM përforcues janë ato, në të cilat përforcimi spektral (spectral gain) përputhet me spektrin e humbjeve minimale të fibrës, këto janë Nd_{3+} dhe Er_{3+} të cilët emitojnë në rangun 1310nm dhe 1550nm. Elementet tjera të përshtatshme për përforcim optik janë Ho, Te, Th, Tm, Yb dhe Pr ose në kombinime p.sh. Er/Yb, secila operon në breza të ndryshëm të spektrit, si në figurën 15.

FIGURA 15. TEKNOLOGJITË E PËRFORCIMIT TË SPEKTRIT OPTIK TË KOMUNIKIMIT



Përforcuesi optik më i popullarizuar është EDFA (Erbium-doped fiber amplifier), erbiumi eksitohet në disa frekuenca (gjatësi valore) optike, siç janë 514, 532, 667, 800, 980 dhe 1480 nm, dhe prodhon emetimin e stimuluar në brezin 1530nm-1565nm, kjo është rreth brezit (bandës) C të DWDM-it. Principi i punës është i tillë, që gjatësitë valore më të shkurtra eksitojnë jonet e erbiomit në nivel të lartë të energjisë, ku atomet e eksituara bien në njërën nga katër nivelet mesatare të qëndrueshme (metastable). Fotonet e rrezatuara prej nivelit më të ulët të qëndrueshëm, përfundimisht bien në nivelin fillestar (zero) të emetimit të gjatësisë valore rreth 1550nm (Kartalopoulos, 2008). Për arsye se EDFA lejon që sinjali optik të rigjenerohet, duke mos e konvertuar atë në sinjal elektrik, sistemet janë më të shpejta dhe më të sigurta. Kur përdoren në lidhje me WDM apo DWDM, sistemet optike mund të transmetojnë kapacitete të larta të informatave, në distanca të largëta, me një siguri shumë të lartë (Roychoudhuri, Massa, 2000).

3. Testimi dhe Analiza

3.1 Problemi

Duke analizuar në thellësi rrjetat optike vërejmë se, këto rrjeta kanë diapazon shumë të gjerë të paraqitjes së problemeve në natyra të ndryshme dhe nëse mundohemi të përshkruajmë problemet e paraqitura në rrjetat optike nuk do të arrijmë të përfshijmë të gjitha, prandaj ne do të fokusohemi në problemin e paraqitur në kabullin optik, i cili përdoret si backbone për të lidhur qytetin e Prishtinës me qytetin e Shkupit. Problemi, i cili më së shumti paraqitet te kablloptike, që përdoren në gjatësi të mëdha si backbone, është humbja e fuqisë së sinjalit të dritës, gjatë bartjes së saj prej një pike në tjetrën.

Humbjet kryesisht shkaktohen në pika të cilat saldohen (ngjiten, vazhdohen) fijet e kabullit optik, në patch panel, në konektorë dhe në vendet ku mund të ndrydhet kabulli apo merr ndonjë hark më të ngushtë, sesa preferohet sipas standardeve. Për të shpjeguar më mirë dhe për të analizuar këtë lloj problemi do të marrim në krahasim projektin e projektuar në simulator dhe dy raste të studimit nga projektet e implementuara në teren nga operatorët e telefonisë mobile, njëri është kabulli optik i implementuar në projektin e realizuar në vitin 2007 në Kosovë, në relacionin Prishtinë-Shkup dhe, rasti tjetër, është kabulli i implementuar në projektin e realizuar në vitin 2012, në drejtimin e njëjtë.

Nëse bëjmë matjet me BER Analyzer në kanalën 1, 11, 22 dhe 44 në dalje të Resiverve Rx të lidhur në kanalet përkatëse të Demultipleksorit WDM ES, atëherë do të shohim shpërndarjen kromatike si në figurën 16, e cila ka një formë të rregullt, duke formuar formën e eye patternit në mes, dhe vërejmë se në spektër, valët kanë pothuajse shpejtësi të njëjtë të përhapjes.

Në vazhdim, po i paraqes në tabelat 3 dhe 4 rezultatet e matjeve në Simulator në rastin ideal si dhe vlera mesatare e nxjerrë nga matjet e kanaleve WDM 1, 11, 22 dhe 44.

TABELA 3. REZULTATET E MATJEVE NË SIMULATOR NË RASTIN IDEAL

Përshkrimi	Vlera	Njësia
Numri total i WDM Kanaleve	44	
Fuqia e transmetimit të sinjalit nga WDM Tx	7	dB
Gjatësia valore	1558	Nm
Spektri i gjatësisë valore të Multiplexerit WDM ES	1523.9447 deri 1558	Nm

FIGURA 16. MATJET E DISPERSIONIT KROMATIK TË KANALEVE 1, 11, 22, 44 ME BER ANALYZER(SIMULATOR)

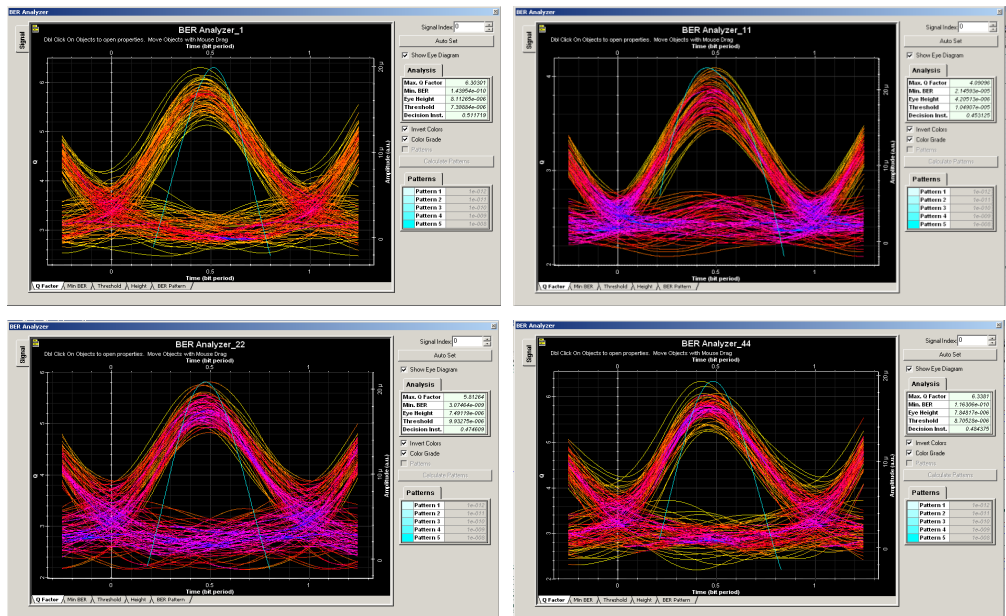
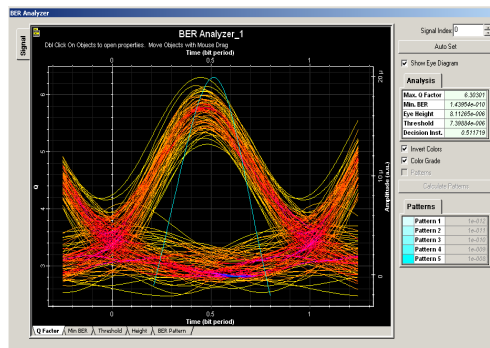


FIGURA 17. DISPERSIONI KROMATIK I KANALIT TË PARË NË RASTIN E SIMULATORIT.



Gjatësia e kabullit optik	107.56	Km
Humbjet totale të kabullit optik	22.587	dBm
Dispersioni Kromatik i kabullit optik	16.85	ps/nm*km
Kompensimi I Dispersionit Kromatik (DCF)	-165	ps/nm*km
Maximum Q Factor	5.6361775	
Minimum BER	5.36566E-06	
Eye Pattern Height	6.91429E-06	
Threshold	9.13189E-06	
Decision Inst.	0.480957	

TABELA 4. VLERA MESATARE E NXJERRË NGA MATJET E KANALEVE WDM 1, 11. 22 DHE 44.

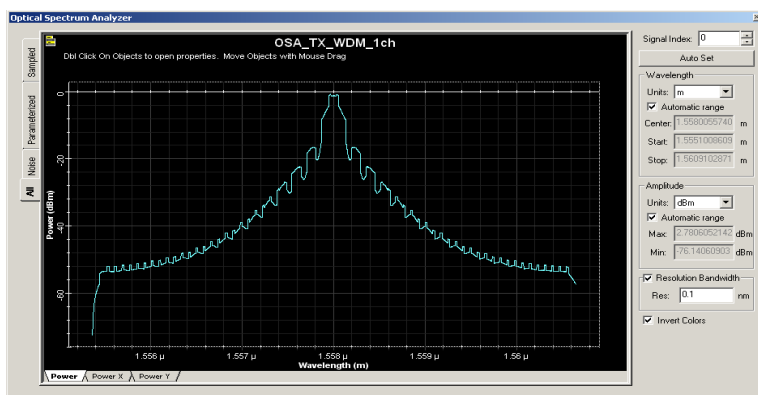
	Kanali 01	Kanali 11	Kanali 22	Kanali 44	Vlera mesatare
Maximum Q Factor	6.30301	4.09096	5.81264	6.3381	5.6361775
Minimum BER	1.43954E-10	2.14593E-05	3.07464E-09	1.16306E-10	5.36566E-06
Eye Patern Height	8.11265E-06	4.20513E-06	7.49119E-06	7.84817E-06	6.91429E-06
Threshold	7.39884E-06	1.04907E-05	9.93275E-06	8.70528E-06	9.13189E-06
Decision Inst.	0.511719	0.453125	0.474609	0.484375	0.480957

3.5 Rezultatet e Rastit të parë

Nëse transmetuesi WDM transmeton sinjalin optik me një fuqi prej 7 dB në 44 kanale optike (OC), duke përdorur kabullin optik me vlera të humbjes, sipas tabelës 10 dhe 11 dhe, duke përdorur DCF (Dispersion compensaiting Fiber) për të kompensuar dispersionin kromatik e për të paraqitur humbjet e shkaktuara në vazhdimin (ngjijtjen) e kabullit në 22 pika, prej të cilave 17 pika janë vazhdim apo ngjitje e kabullit dhe 5 tjera janë Patch Panel (ura), në të cilat vetëm kalohet me një patch kabllo nga një fije në tjetrën, duke mos përdorur asnjë pajisje aktive ndërmjetësuese si përforsues.

Nëse shikojmë vlerën e humbjes (Attenuation) në tabelën 11, vërejmë se, vlerës së përgjithshme 0.21 dB/km të humbjes në kabllo i shtohet edhe vlera totale e humbjes në vazhdim të kabllos, e kjo vlerë është 0.039 dB/km ose në gjatësinë e plotë të kabullit $L=107.56$ km është total 4.2dB, këtë vlerë e pjesëtojmë me 10 km të DCF-se fitojmë vlerën 0.42 dB e cila i shtohet vlerës së përgjithshme të humbjes në kabllo 0.21dB dhe fitojmë vlerën totale prej 0.63dB/km. Nga matjet e bëra në simulator do të kemi këto rezultate siç janë paraqitur në figurat në vijim.

FIGURA 18. MATJA E KANALIT TE PARË WDM ME OPTICAL SPECTRUM ANALYSER (RASTI I PARË)



Ne Figurën 18 shihet se secili WDM kanal nga Transmetuesi Tx WDM transmetohet në gjatësinë valore $\lambda=1558\text{nm}$.

FIGURA 19. MATJET E FUQISË SË SINJALIT OPTIK ME POWER METER (RASTI I PARË)

Nëse bëjmë matjet me BER Analyzer në kanalën 1, 11, 22 dhe 44 në dalje të Resiverve Rx të lidhur në kanalet përkatëse të Demultiplexerit WDM ES, atëherë do të shohim shpërndarjen kromatike në figurën 20, e cila ka një formë të çrregullt, duke mos arritur të krijoj një formë të rregullt të eye pattern-it në mes dhe vërejmë se, në spektër valët përhapen apo shpërndahen me shpejtësi të ndryshme.



FIGURA 20. MATJET E DISPERSIONIT KROMATIK TË KANALEVE 1, 11, 22, 44 ME BER ANALYZER (RASTI I PARË)

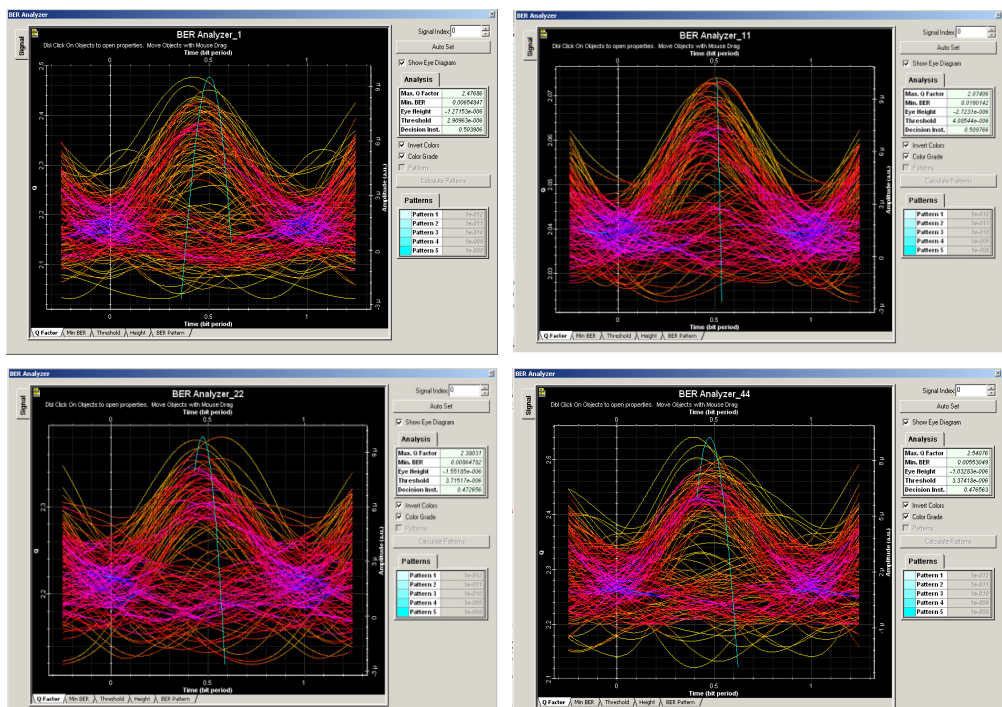
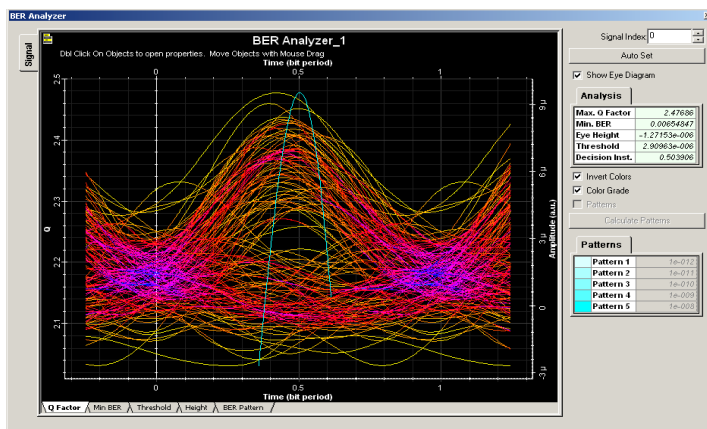


FIGURA 21. DISPERSIONI KROMATIK I KANALIT TË PARË NË RASTIN E PARË



Ndërsa në tabelat e mëposhtme 5 dhe 6 kemi të dhënat e matjeve të simuluar në rastin e parë. Vlera mesatare e nxjerrë nga matjet e kanaleve WDM 1, 11, 22 dhe 44 te rastit të parë. Si dhe matjet e fuqisë së sinjalit optik me Power Meter (rasti i dytë)

TABELA 5. REZULTATET E MATJEVE NË SIMULATOR TË RASTIT TË PARË

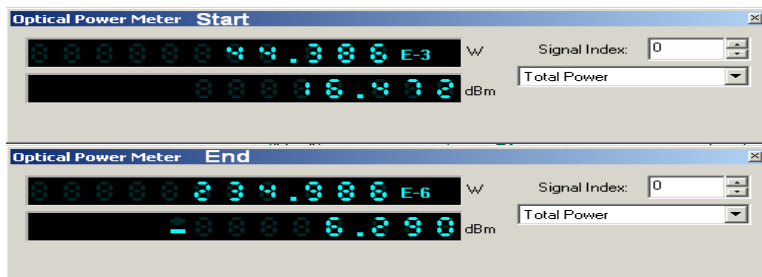
Përshkrimi	Vlera	Njësia
Numri total i WDM Kanaleve	44	
Fuqia e transmetimit te sinjalit nga WDM Tx	7	dB
Gjatësia valore	1558	Nm
Spektri i gjatësisë valore të Multiplexerit WDM ES	1523.9447 deri 1558	Nm
Gjatësia e kabullit optik	107.56	Km
Humbjet totale të kabullit optik	26.793	dBm
Dispersioni Kromatik i kabullit optik	16.85	ps/nm*km
Kompensimi i Dispersionit Kromatik (DCF)	-165	ps/nm*km
Maximum Q Factor	2.3679975	
Minimum BER	0.03974098	
Eye Patern Height	-1.64483E-06	
Threshold	3.52111E-06	
Decision Inst.	0.49072275	

TABELA 6. VLERA MESATARE E NXJERRË NGA MATJET E KANALEVE WDM 1, 11, 22 DHE 44 TE RASTIT TË PARË.

	Kanali 01	Kanali 11	Kanali 22	Kanali 44	Vlera mesatare
Maximum Q Factor	2.47686	2.07406	2.38031	2.54076	2.3679975
Minimum BER	0.00654847	0.0190142	0.00864782	0.00553049	0.03974098

Eye Pattern Height	-1.27153E-06	-2.7231E-06	-1.55185E-06	-1.03283E-06	-1.64483E-06
Threshold	2.90963E-06	4.08544E-06	3.71517E-06	3.37418E-06	3.52111E-06
Decision Inst.	0.503906	0.509766	0.472656	0.476563	0.49072275

FIGURA 22. MATJET E FUQISË SË SINJALIT OPTIK ME POWER METER (RASTI I DYTË)



Nëse bëjmë matjet me BER Analyzer, në kanalën 1, 11, 22 dhe 44, në dalje të Reservere Rx të lidhur në kanalet përkatëse të Demultiplexerit WDM ES, atëherë do të shohim shpërndarjen kromatike si në figurën 23, e cila ka një formë të rregullt, duke mos arritur të krijoj një formë të rregullt të eye patternit në mes dhe vërejmë se, në spektër valët përhapen apo shpërndahen me shpejtësi të ndryshme.

FIGURA 23. MATJET E DISPERSIONIT KROMATIK TË KANALEVE 1, 11, 22, 44 ME BER ANALYZER (RASTI I DYTË).

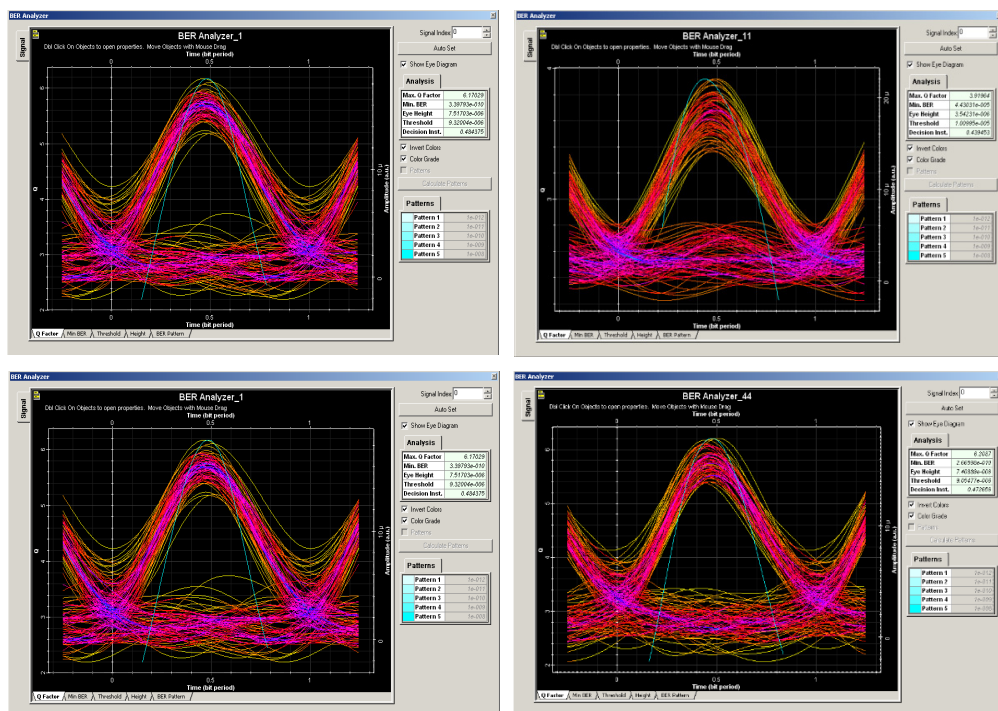
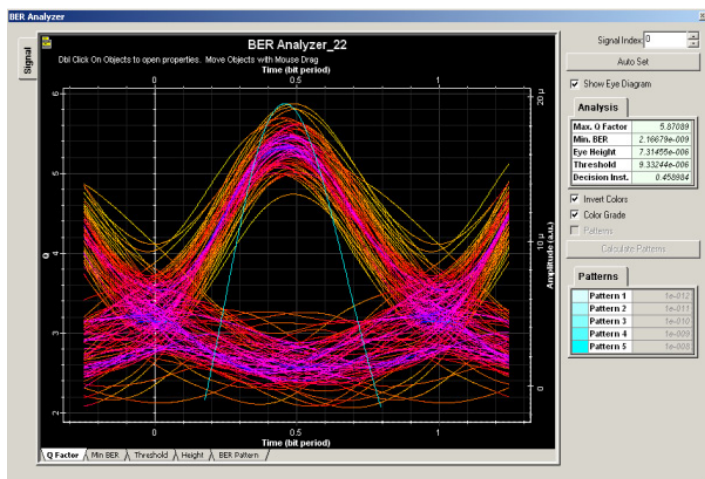


FIGURA 24. DISPERSIONI KROMATIK I KANALIT TË PARË NË RASTIN E DYTË



Në vazhdim, në tabelat 7 dhe 8 do të paraqesë edhe rezultatet e matjeve në simulator të rastit të dytë, si dhe vlerat mesatare të nxjerra nga matjet e kanaleve WDM 1, 11, 22 dhe 44 të rastit të dytë.

TABELA 7. REZULTATET E MATJEVE NË SIMULATOR TË RASTIT TË DYTË

Përshkrimi	Vlera	Njësia
Numri total i WDM Kanaleve	44	
Fuqia e transmetimit te sinjalit nga WDM Tx	7	dB
Gjatësia valore	1558	Nm
Spektri i gjatësisë valore të Multiplexerit WDM ES	1523.9447 deri 1558	Nm
Gjatësia e kabullit optik	107.56	Km
Humbjet totale të kabullit optik	22.762	dBm
Dispersioni Kromatik i kabullit optik	16.91	ps/nm*km
Kompensimi i Dispersionit Kromatik (DCF)	-165	ps/nm*km
Maximum Q Factor	5.54238	
Minimum BER	1.10765E-05	
Eye Patern Height	6.4457E-06	
Threshold	9.45169E-06	
Decision Inst.	0.463867	

TABELA 8. VLERA MESATARE E NXJERRË NGA MATJET E KANALEVE WDM 1, 11, 22 DHE 44 TË RASTIT TË DYTË.

	Kanali 01	Kanali 11	Kanali 22	Kanali 44	Vlera mesatare
Maximum Q Factor	6.17029	3.91964	5.87089	6.2087	5.54238

Minimum BER	3.39793E-10	4.43031E-05	2.16679E-09	2.66598E-10	1.10765E-05
Eye Patern Height	7.51703E-06	3.54231E-06	7.31455E-06	7.40889E-06	6.4457E-06
Threshold	9.32004E-06	1.00995E-05	9.33244E-06	9.05477E-06	9.45169E-06
Decision Inst.	0.484375	0.439453	0.458984	0.472656	0.463867

4. Konkluzioni

Për të arritur deri në një konkludim rreth humbjeve në kablo optike dhe efekti i tij në përdorimin e teknologjisë WDM në rrjetat backbone, ne do të krahasojmë rezultatet e nxjerra nga 3 rastet e studimit. Në tabelën 9 janë paraqitur rezultatet e humbjeve të sinjalit optik në kablo të 3 rasteve.

**TABELA 9. KRAHASIMET E HUMBJEVE (DOBËSIMIT)
TË SINJALIT OPTIK NË KABLLON OPTIKE BACKBONE.**

	Gjatësia e kabullit optik (km)	Humbjet standarde të kabllos në gjatësinë valore 1550nm (dB/km)	Humbjet totale në vazhdim dhe patch panel (dB)	Totali i humbjeve të sinjalit optik në kablo (dB)
Simulator	107.56	0.21	0	22.587
Rasti i parë	107.56	0.21	4.206	26.793
Rasti i dytë	107.56	0.21	0.174464	22.762

Nga tabela 9 vërejmë, se implementimi i kabllos në projektin e rastit të dytë i afrohet rastit ideal dhe kjo është arritur duke eliminuar humbjet në vazhdim (splice) dhe duke mos përdorur patch panel gjatë tërë gjatësisë së kabullit. Rasti i parë, duke përdorur minimumi 4 patch panel brenda gjatësisë së kabullit dhe nga numri i madh i vazhdimëve të cilat kanë humbje, reflektime dhe thyerje të dritës arrin humbjen, e cila dallon për ~4.03 dB më shumë se rasti i dytë.

Këto humbje kanë efekt negativ edhe në shpërndarjen e sinjalit optik (dispersionit kromatik) brenda kabullit optik këtë mund të vërejmë në krahasimin e figurave 17, 21 dhe 24, në të cilat është paraqitur matja e kanalit të parë WDM.

Duke analizuar figurat 17, 21 dhe 24, njëkohësisht edhe duke u bazuar në të dhënat e tabelës 10, vërejmë se humbjet apo dobësimet e sinjalit kanë një rol të rëndësishëm në kualitetin e sinjalit, sa më të vogla të jenë humbjet aq më i pastër do të jetë dispersioni kromatik.

**TABELA 10. KRAHASIMET E MATJEVE TË KANALIT TË PARË
WDM ME BER ANALYZER NË RRJETAT BACKBONE**

	Simulatori	Rasti i parë	Rasti i dytë
Maximum Q Factor	6.30301	2.47686	6.17029
Minimum BER	1.43954E-10	6.54847E-3	3.39793E-10
Eye Patern Height	8.11265E-06	-1.27153E-06	7.51703E-06
Threshold	7.39884E-06	2.90963E-06	9.32004E-06
Decision Inst.	0.511719	0.503906	0.484375

Nga Tabela 10 vërejmë, se rasti i dytë është shumë më afër me rastin ideal të paraqitur në simulator, kjo vërehet në kualitetin absolut të sinjalit Q-factor, në vlerën minimale të bitave me gabime (BER), në lartësinë e modelit sy (Eye Pattern), pragun (threshold) e sinjalit dhe Decision Instant⁷.

Nga këto analiza të bëra arrijmë në konkluzionin, se kabulli optik backbone i implementuar në rastin e dytë, në vitin 2012, është punuar me standarde dhe i ofrohet formës ideale, humbjet në kablo i ka të eliminuara maksimalisht, prandaj planifikuesit dhe implementuesit e rrjetit optik backbone, të cilët duan të përdorin teknologjinë WDM apo DWDM duhet t'i kushtojnë rëndësi të veçantë llojit të kabullit të cilin përdorin për kapacitete të caktuara të trafikut të të dhënave, duhet të ketë kujdes të veçantë në pikat vazhduese të kabullit (të jenë sa më pak vazhdimet dhe cilësia e vazhdimet të jetë sa më e mirë, duke ju afruar 0 dB humbje në ato vazhdimet), në vendet ku vazhdohet fja optike duhet të eliminohen papastërtitë, mundësisht nuk duhet të përdoren patch panel përgjatë kabullit backbone, por, nëse është i domosdoshëm përdorimi i patch panelit, atëherë duhet patjetër të përdoret edhe përforcuesi optik.

Bibliografia

- Antony, T., Gumaste, A., (2012), WDM Network Design, Marrë në Prill 2012 nga: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=30886&cseqNum=12>
- Chochliouros, I. & Heliotis, G., (2010). Optical Access Networks and Advanced Photonics: Technologies and Deployment Strategies. IGI Global. Hershey, USA. ISBN 978-1-60566-707-2 (hardcover). ISBN 978-1-60566-708-9 (ebook).
- Drazin, R., & Johnson, R., (1989), Solitons: an Introduction, Cambridge University Press, NY, USA, ISBN 0-521-33655-4.
- Davis, C., Smolyaninov, I., & Milner, S. (2003). Flexible Optical Wireless Links and Networks. IEEE Communications Magazine. Vol. 41. No. 3. 51–57.
- FOFS Wiki. Fiber Optics For Sale Co.. (2007). Fiber Optic Cable Splicing. Marrë më Maj 2012 nga : <http://www.fiberoptics4sale.com/Merchant2/fiber-optic-splicing-tutorial.php>,
- Kaminow, I., Li, T., & Willner, A., (2008). Optical Fiber Telecommunication V B: Systems and Networks. Elsevier Inc.. UK & USA. ISBN: 978-0-12-374172-1.
- Kartalopoulos, V., (2008). Next Generation Intelligent Optical Networks: From Access to Backbone. Springer Science & BusinessMedia LLC. New York. USA. ISBN: 978-0-387-71755-5.
- Maier, M., (2008). Optical Switching Networks. Cambridge University Press. NY. USA. ISBN: 978-0-511-38801-9 (ebook).
- Mitschke, F., (2009). Fiber Optics: Physics and Technology. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. ISBN 978-3-642-03702-3. e-ISBN 978-3-642-03703-0.
- Mukherjee, B., (2006). Optical WDM Networks. Springer Science & BusinessMedia Inc.. New York. USA. ISBN 978-0387-29055-3.
- Murthy C, S., Guruswamy, M., (2002). WDM Optical Networks. Concepts. Design. and Algorithms. Prentice Hall India. ISBN-81-203-2129-4
- PCOM Inc, (2012), Mechanical Splice Connection Theory, Marrë më Maj 2012 nga: <http://pcom.cc/resources/glossary.asp?cat=31&cha=O>
- Racca, J., (2007). Optical Networking Best Practices Handbook. John Wiley & Sons. Inc. Hoboken. New Jersey. ISBN-13: 978-0-471-46052-7. ISBN-10: 0-471-46052-4
- Roychoudhuri, C., Massa, N., (2000). Fundamentals of Photonics: Fiber Optic Telecommunication. modul 1.8.
- Syuhaimi, M., Mastang, A., & Jumari, K., (2012). The Influences of Connectors and Adaptors to Fiber-To-The-Home Network Performance. American Journal of Applied Sciences 9 (2).186-195.
- Telecom Slovenia Group, Joze Zaren, (2012) The Ballkan DWDM Training Course, Prishtina, RKS.

⁷ Decision Inst.- Decision Instant është një pikë e përcaktuar në simulator për analizimin e Modelit sy siç është kalkulimi i çrregullimit, histogramit dhe grafikut të probabilitetit në një Bit periode të caktuar.