

# PROJEKTIRANJE I IZGRADNJA MONOLITNIH OPTIČKIH KABELSKIH SUSTAVA

---

Sead Dubravić

## **Sažetak:**

*U suvremenim strukturalnim kabelskim sustavima značajno mjesto zauzima primjena svjetlovodnih vlakana za izgradnju pojedinih elemenata sustava. Tehničke prednosti i danas prihvatljiva cijena optičke tehnologije uvjetuju da se projektanti današnjih mreža vrlo često odlučuju na takav izbor, posebice stoga što je primjena svjetlovodnih vlakana standardizirana i često jedini mogući tehnički izbor. Pri tome se optički kabeli najčešće koriste za izgradnju optičkih magistrala-okosnica, od kojih se očekuje maksimalna protočnost i bezuvjetna pouzdanost. Ovaj izbor intenziviran je i činjenicom da se agregatna brzina računalnih mreža sve više povećava, i iznad 100 Mbit/sec, te je primjena UTP/STP tehnologije u izgradnji okosnica strukturalnih kabelskih sustava nemoguća za iole veće udaljenosti.*

*Sve zahtjevniji komunikacijski sustavi i moćna korisnička računala doveli su do potrebe za realizacijom čistih (monolitnih) optičkih mreža gdje se svjetlovodno vlakno dovodi do krajnjeg korisničkog priključka ("fiber-to-the-desk"). Pravilno dimenzioniranje ovakvih sustava bitno se razlikuje od načina pristupa izgradnji (već) klasičnih optičkih okosnica sa UTP/STP okruženjem. Tema ovog rada jeste upravo analiza monolitnog optičkog kabelskog sustava i njegova ATM aplikacija na instalaciji u objektu "INA-Naftaplin" u Zagrebu.*

## **1. UVOD**

Primjena svjetlovodnih vlakana danas je udomaćena u izgradnji kabelskih sustava sa ciljem efikasnog posluživanja informacijskih sustava. Već činjenica da ne postoji konkurentan medij koji bi mogao prenositi toliko velike količine informacije na toliko velike udaljenosti čini optički kabel nezamjenjivim u izgradnji okosnica komunikacijskih sustava.

Za realizaciju komunikacijskih okosnica-magistrala naselja (engl. "campus") ,svjetlovodno vlakno se koristi za međusobno povezivanje objekata sa ciljem:

- prijenosa masovnih podataka
- prijenosa video signala (u digitaliziranom obliku)
- prijenosa govora (u digitaliziranom obliku)

U izgradnji kabelskog sustava unutar objekta (engl "building"), svjetlovodno vlakno se koristi za:

- izgradnju horizontalnih i vertikalnih okosnica za prijenos masovnih podataka
- aplikacije krajnjih korisnika koje su zahtjevne (CAD/CAM, grafičke obrade itd...)
- prijenos ostalih nepodatkovnih informacija (video nadgledanje, telekomanda itd...)

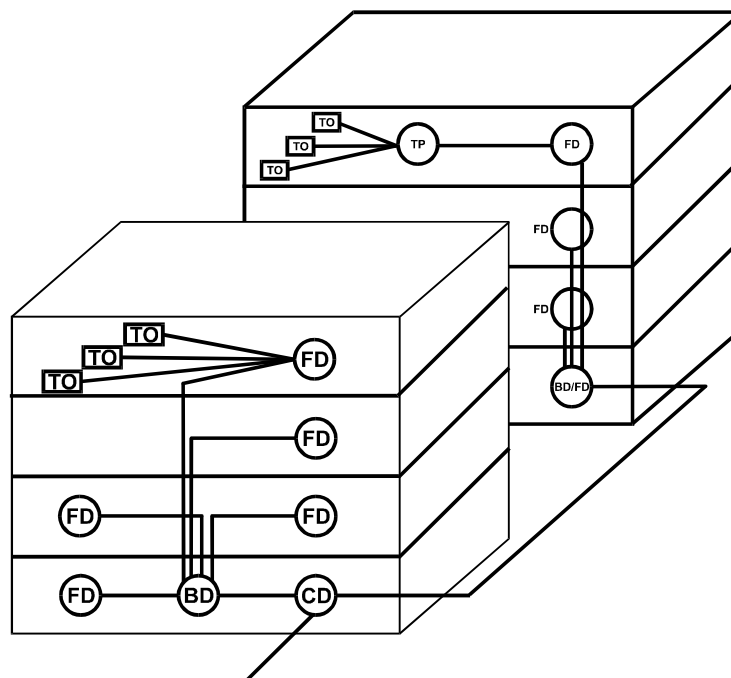
Obzirom na način korištenja optičke tehnologije razlikujemo dvije topološke izvedbe:

- “point-to-point” aplikacije za direktnu komunikaciju dva komunikacijska čvora (direktne optičke linije, prijenos digitaliziranog govora, CAD/CAM, mostovi između mreža itd...)
- LAN aplikacije, kada više od dva komunikacijska čvora komuniciraju putem optičkog kablenskog sustava (topologija zvijezde, prstena, sabirnice, drveća itd...)

Iz navedenog je vidljivo da primjena svjetlovodnih vlakana obuhvaća okosnice, ali i krajnje korisničke linije kablenskog sustava. Zadaća međunarodnih normi jeste da standardiziraju optimalne načine primjene optičkih elemenata u kablenskim sustavima.

## 2. MOGUĆNOSTI PRIMJENE SVJETLOVODNIH VLAKANA PREME NORMI ISO/IEC 11801 (Generic Cabling)

Norma ISO 11801 preuzeta je uz manje izmjene, sredinom 1995. godine, od EIA/TIA568 američke norme za strukturalne kablenske sustave i u osnovi preporuča način infrastrukturnog kabliranja unutar i između objekata jednoga naselja (engl. “Campus”), na način da se omogući direktna primjena sadašnjih i budućih standardiziranih komunikacijskih protokola viših slojeva OSI modela. Ovako predložen generički sustav je optimiziran za integraciju područja u okrug do 3000 metara i gdje obitava ili radi 50-50.000 osoba. Osnovna i najvrednija osobina generičkog kabliranja jeste da se kabliranje vrši neovisno i bez poznavanja aplikacije koja će se na njemu odvijati, pa je stoga i tako koncipiran da prihvaća najrazličitije primjene. Generički kablenski sustav sastoji se od podsustava prema **Slici 1**.



Slika 1: Generički kablenski sustav po ISO 11801

Topološki gledano generički kablenski sustav je u biti hijerarhijska zvjezdasta struktura gdje broj paralelnih podsustava ovisi o veličini i naseljenosti područja koje se želi

kablirati. Fleksibilnost i univerzalnost jesu osnovne osobine ovog sustava u nastojanju da se omogući prihvat najrazličitijih korisničkih aplikacija

*CAMPUS backbone* duljine do 1500 met (2500m opcija) jeste glavna okosnica naselja namjenjena za povezivanje objekata međusobno.

*BUILDING backbone* duljine do 500 met namjenjen je za vertikalne okosnice unutar objekta

*HORIZONTAL cabling* duljine do 90 met jeste horizontalno razvođenje po etažama do korisničkog priključka TO (engl. "telecommunications outlet")

*WORK AREA cabling* duljine do 5 met predstavlja ožičenje radne prostorije i kao takovo nije integralni dio sustava generičkog kabliranja, te je ovisan o korisničkoj aplikaciji.

Na odabranim mjestima nalaze se kablanski razdjelnici (engl. "distributors") koji predstavljaju koncentratore gdje se dolazni i odlazni kabele raspodjeljuju i međusobno povezuju. Shodno primjeni postoje Glavni Koncentrator naselja (engl "Campus" - CD), Glavni Koncentrator objekta (engl. Building - BD), te Etažni Koncentratori (engl. "Floor" - FD). Na svaki distributor i završnu priključnicu TO može se spajati korisnička oprema. Mora postojati najmanje jedna FD na svakih 1000 kvadratnih metara podne površine. Na svakih 10 kvadratnih metara poda potrebno je predvidjeti po dva priključna mjesta TO, pri čemu svakoj radnoj okolini (work area) pripada barem jedan TO. Neke udaljenosti su limitirane: udaljenost CD (Campus Distributor) i FD (Floor Distributor) ne smije preći 2.000 met, osim pri upotrebi monomodnog vlakna (3000 met). Analogno, distanca FD-BD (Building Distributor) iznosi maksimalno 500 met.

Za ostvarenje generičkog kabliranja predviđeni su parični i optički kabele. Predmet ovog rada nije UTP/STP razvod, te se dalje *razrađuju norme za korištenje svjetlovodnih vlakana*.

Predviđene aplikacije su prijenos govora te podataka malih, srednjih i velikih brzina.

Za HORIZONTALNO KABLIRANJE standardizirane su slijedeće vrste optičkih vlakana:

- višemodno svjetlovodno vlakno MM dimenzija 62.5/125um (bazično)
- višemodno svjetlovodno vlakno MM dimenzija 50 /125um (opcija)

Maksimalne duljine horizontalnih dionica su limitirane i iznose i za optički kabel 90 metara. Iznimno, u skladu sa novim standardom TSB-67 "Centralized Optical Fiber Cabling Guidelines" dozvoljeno je (samo u optičkoj izvedbi!) integrirati horizontalni i vertikalni optički kabel u jedinstvenu neprekinutu dionicu (engl. "pull-through cable") maksimalne duljine do 300 metara, pri čemu i dalje vrijedi uvjet da duljina horizontalnog dijela ne prelazi 90 metara.

Za OKOSNICE (Campus i Building) standardizirane su slijedeće vrste optičkih vlakana:

- višemodno svjetlovodno vlakno MM dimenzija 62.5/125um (bazično)
- monomodno svjetlovodno vlakno SM dimenzija 8,3-10/125um (opcija)

Treba istaći da je po ISO 11801 maksimalna duljina okosnice prema *Tabeli 1*:

*Tabela 1: Maksimalne duljine optičkih okosnica*

TIP VLAKNA	max CD-FD	max BD-FD	max CD-BD
MM 62.5/125um	2000 met	500 met	1500 met

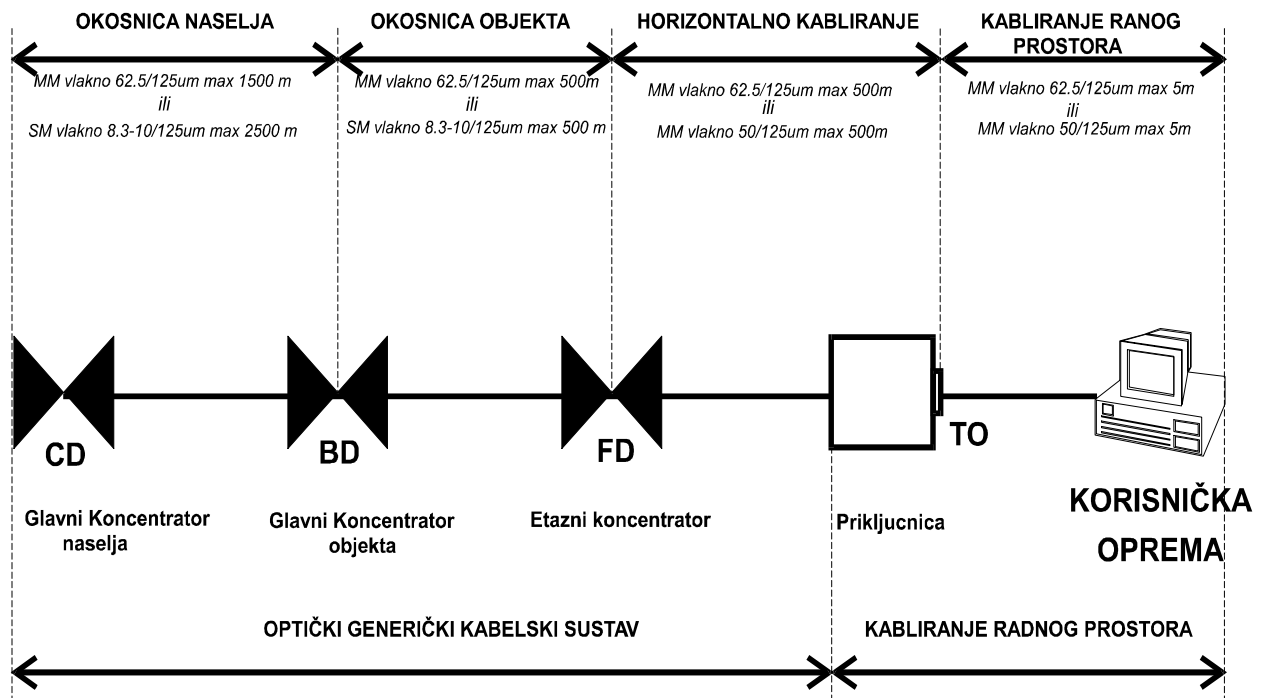
SM 8.3-10/125um

| 3000 met

500 met

2500 met

Na *Slici 2* su prikazane mogućnosti primjene svjetlovodnih vlakana u generičkom kablenskom sustavu, prema ISO11801:



Slika 2: Optički generički kablenski sustav po ISO11801 i TSB-72

Glede odabira aplikacija na ovako odabranom optičkom kablenskom sustavu, definirana je posebna *optička klasa* (engl. "optical class"), za prijenos masovnih podataka čiji frekvencijski pojas zahtjeva minimalno 10 MHz. Preporuke za frekvencijsku širinu svjetlovodnih vlakana su međutim takve da, generalno uzevši, one ne limitiraju mogućnosti aplikacije, te je komunikacijske parametre potrebno odabrati tako da pojedini elementi kablenskog sustava zadovolje *Tabelu 2* i *Tabelu 3*:

Tabela 2: Maksimalno gušenje optičkih dionica za pojedine elemente kablenskog sustava

Gušenje dionice u dB	MM 850 nm	MM 1300 nm	SM 1310 nm	SM 1550 nm
Horizontalno kabliranje	2,5 dB	2,2 dB	2,2 dB	2,2 dB
Vertikalna okosnica	3,9 dB	2,6 dB	2,7 dB	2,7 dB
Okosnica naselja	7,4 dB	3,6 dB	3,6 dB	3,6 dB

Tabela 3: Minimalne prijenosne širine za pojedine elemente kablenskog sustava

	Širina dionice	Spektar izvora	Širina prozora	Nominalna nm
MM 850 nm	100 MHz	50 nm	790-910 nm	850 nm
MM 1300 nm	250 MHz	150 nm	1265-1330 nm	1300 nm

<b>SM 1310 nm</b>	-	10 nm	1288-1310 nm	1310 nm
<b>SM 1550 nm</b>	-	10 nm	1525-1575 nm	1550 nm

Treba uočiti da Tabele ne predstavljaju nominalne komunikacijske osobine vlakna (koje se izražavaju u dB/km, odnosno MHz\*km), već ukupne komunikacijske osobine instalirane dionice, što uključuje osobine vlakna, konektora, prespojnih optopanela, spojnika i prespojnih optokabela, te efekte “micro” i “macrobendinga”.

Ukoliko se u kalkulaciju uzmu maksimalno dozvoljene duljine pojedinih elemenata generičkog kablenskog sustava, te navedene komunikacijske osobine dionica, dobivamo slijedeće preporučene nominalne osobine svjetlovodnog vlakna (*Tabela 4*):

*Tabela 4: Nominalne komunikacijske osobine svjetlovodnog vlakna*

	<b>max duljina</b>	<b>max gušenje</b>	<b>min Pojas</b>
<b>MM 850 nm</b>	2000 met	3.5 dB/km	200 MHz*km
<b>MM 1300 nm</b>	2000 met	1.0 dB/km	500 MHz*km
<b>SM 1310 nm</b>	3000 met	1.0 dB/km	-
<b>SM 1550 nm</b>	3000 met	1.0 dB/km	-

Preporuka za elemente za spajanje svjetlovodnih vlakana je slijedeća:

- Optički konektori: 125um keramički konektori max gušenja 0.5 dB / SC tip/
- Optičke spojnice: mehaničke ili varene spojnice max gušenja 0.3 dB/spojnici
- Optički upareni konektor na optopanelu: max 0,75 dB po paru konektora

Dakle, dozvoljeno je korištenje svih poznatih metoda terminiranja svjetlovodnog vlakana. Preporuka autora jeste prelazak na SC konektor, iako standard dozvoljava i korištenje ST konektora, ukoliko postojeća aktivna posjeduje taj tip optičkog sučelja.

SC konektor se preferira iz slijedećih razloga:

- SC je u biti dvostruki (engl. “duplex”) konektor, te predstavlja jednu optodionicu Tx/Rx
- SC je konektor utičnog (engl. “push-pull”) tipa, što omogućava veliku gustoću konektora na optopanelu
- SC je konstrukcijom otporniji na stres prilikom spajanja i odspajanja

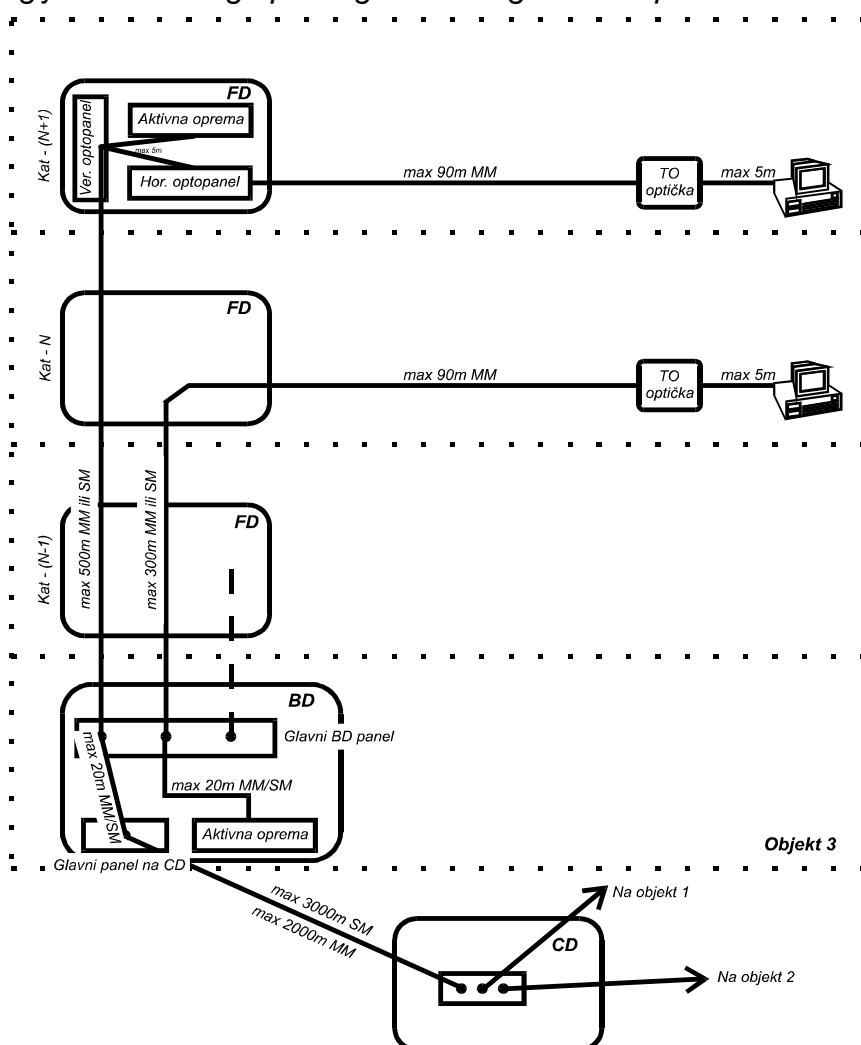
Odluka da li direktno konektorizirati optički kabel ( za engl. “Breakout” kabele), ili se koristiti metodom trajnih varenih ili mehaničkih spojnika (za engl. “Distribution” kabele) ostavljena je na izbor projektantu. Također, preporuča se gdje je to god moguće koristiti višemodno (MM) vlakno, radi jednostavnijeg spajanja i niže cijene aktivne opreme.

### **3. STRUKTURA MONOLITNOG OPTIČKOG KABELSKOG SUSTAVA**

Pod pojmom monolitnog kablenskog sustava podrazumijeva se kablenski sustav čiji su svi sastavni elementi izrađeni od istog prijenosnog medija. Monolitni optički kablenski sustav jeste monolitni kablenski sustav čiji su svi elementi izrađeni u tehnologiji svjetlovodnog vlakna. To u biti predstavlja ISO11801 normu u njenoj optičkoj varijanti.

Na *Slici 3* je prikazana topologija monolitnog optičkog kablenskog sustava prema ISO 11801. Okosnica naselja BD-CD (engl. "Campus backbone") za standardne distance (2000 met) izvodi se višemodnim vlaknom 62.5/125 $\mu$ m, a za distance do 3000 metara monomodnim vlaknom. Ova vlakna u pravilu završavaju na optopanelima CD, odnosno BD. Maksimalna duljina prespojnih optokabela može u CD i FD iznositi do 20 metara, dok je u FD to do 5 metara. Unutar CD nalazi se glavni optopanel objekta i pripadna aktivna oprema, ali i optopaneli koji vode na koncentratore pojedinih katova (etaža) objekta FD. Veza BD-FD ostvaruje se vertikalnom optičkom okosnicom. Po želji, međusobno prespajanje ovih panela vrši se prespojnima optokabelima, ili se prespaja na aktivnu opremu. Ukoliko se prespajanje vrši pasivno (tj. između optokabelskih dionica), potrebno je odabrati da vertikalni kablenski sustav bude od istog tipa optokabela kao i okosnica naselja (MM ili SM).

*Slika 3: Topologija monolitnog optičkog kablenskog sustava po ISO 11801*



Unutar etažnih koncentratora FD u pravilu se nalaze se optopaneli vertikalnog i horizontalnog kablenskog sustava, koji se povezuju međusobno ili na aktivnu opremu, prespojnima optokabelima duljine do 5 metara. Vertikalna okosnica može biti SM ili MM tipa, ali ne smije prijeći duljinu od 500 metara. Iznimno, ukoliko u katnom koncentratoru FD ne postoji aktivna oprema, prema normi TSB-67 dozvoljeno je izvesti horizontalnu i vertikalnu dionicu kao monolitnu optodionicu BD-TO, čime se smanjuje njeno gušenje i cijena, ali se gubi modularnost sustava. U takvoj "prolaznoj" (engl. "pull-through") izvedbi

mora se koristiti MM vlakno, jer njen horizontalni dio po ISO 11801 može biti samo MM tipa, za razliku od vertikale. I ovdje postoji ograničenje horizontalnog dijela "pull-through" dionice na 90 metara, uostalom kao i za bilo koju drugu dionicu horizontalnog kablenskog sustava. Krajnji korisnici priključuju se direktno na optičke korisničke priključnice TO (engl. "Telecommunications Outlet") putem spojnog optičkog kabela duljine do 5 metara. Ukupan broj konektorskih prijelaza u ovakvoj strukturi je velik i prema *Slici 3* iznosi 6 prijelaza, što daje visoke iznose ukupnog gušenja kako slijedi:

• ukupno gušenje konektorskih spojeva od	6 x 0,75 = 4,50 dB
• ukupno gušenje dodatnih trajnih spojnika (opcionalno)	6 x 0,30 = 1,80 dB
za maksimalnu dozvoljenu duljinu optičkog kablenskog sustava od 2000+100=2100metara, uz nominalno gušenje vlakna dB/km dobiva se ukupno gušenje	2,1x3.50 =7,35 dB
-----	
	Sveukupno: 13,65 dB
• maksimalno dozvoljeno gušenje po ISO11801	13,80 dB
• ukupna pričuva optičke snage u sustavu	0,15 dB

Tipična normirana dinamika današnjih LAN optopretvarača (par prijemnik-predajnik ) iznosi 15dB,dakle ove osobine kablenskog sustava zadovoljavaju i kod graničnog slučaja.

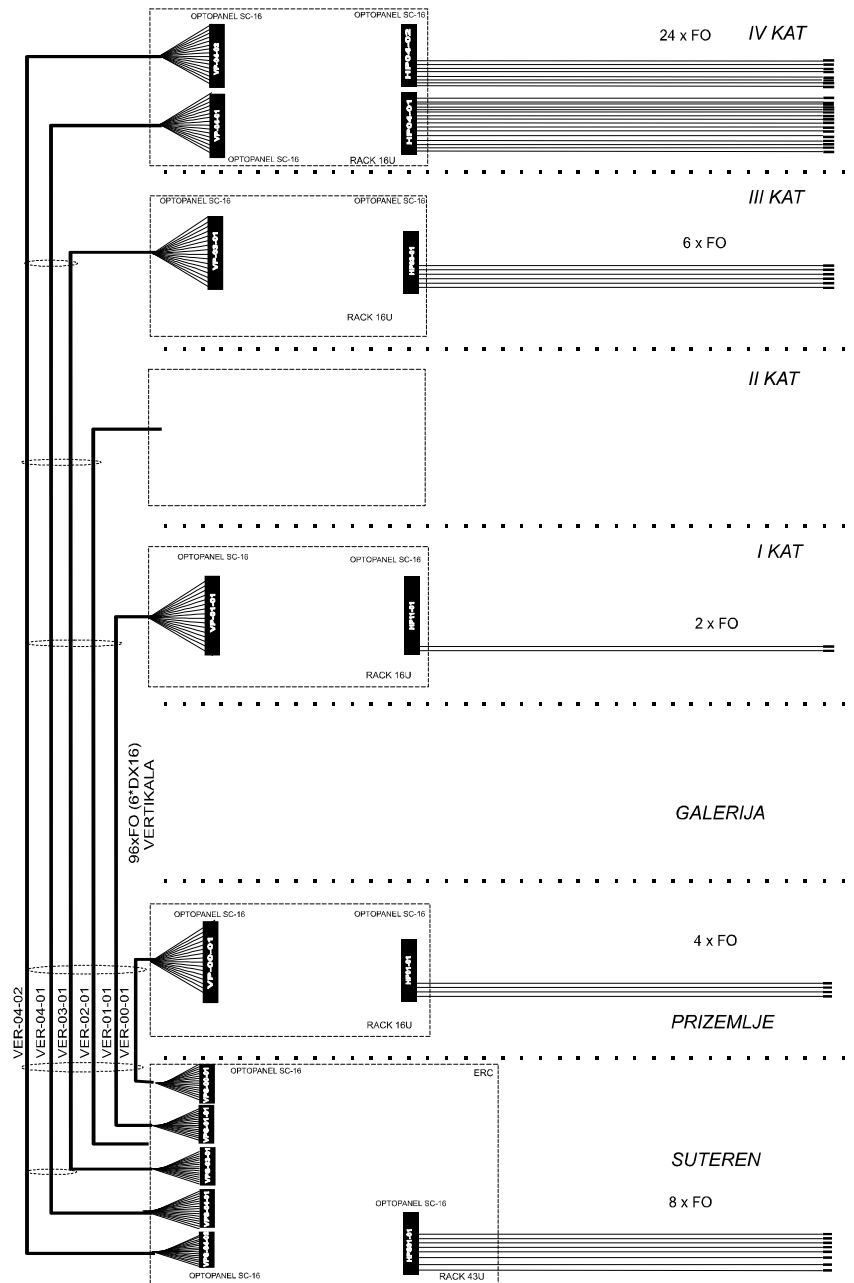
Treba međutim uočiti da je navedena kalkulacija zasnovana na premisi kvalitetno instaliranih kablenskih završnika, te da je potrebno obratiti izuzetnu pažnju kvalitetnom konektoriziranju. Ovo nije bio slučaj kod "point-to-point" optičkih veza gdje je broj konektorskih prijelaza malen, pa nesavršenost konektiranja bitno ne utječe na kvalitet veze.

#### 4. MONOLITNI OPTIČKI KABELSKI SUSTAV "INA-NAFTAPLIN" - ZAGREB

Odabrano topološko rješenje monolitnog optičkog kablenskog sustava "INA-NAFTAPLIN" -Zagreb maksimalno je modularno i prilagodljivo mrežnim aplikacijama, u skladu sa *Slikom 4*. Rješenje se bazira na slijedećim premisama:

- Glavni (centralni koncentrador) objekta GC nalazi se u Sistem sali ERC-a u Suterenu objekta
- Na ostalim etažama uz vertikalnu objekta nalaze se Katni koncentratori KC i to na : 4. katu, 3. katu, 1. katu i Prizemlju, dok se za sada ne predviđa instalacija istih na 2. katu i na Galeriji. Radi zalihosti ipak se povlači jedan vertikalni optokabel sa 16 optičkih niti na 2. kat, ali se ne konektorizira.
- Kablenski sustav sastoji se od vertikalnog kablenskog podsustava izvedenog sa 16-nitnim multimodnim optokabelom DX16 (engl. "Distribution type"), te od horizontalnog kablenskog podsustava koji je izveden sa 2-nitnim multimodnim kabelom AX02 (Engl. "Breakout type")
- Priključenje krajnjih korisnika predviđeno je putem zidnih priključnica sa direktnim optičkim ulazom, putem prespojnih optokabela duljine 5 metara. Najveća koncentracija priključaka nalazi se na 3. katu (12), dok Galerija i 1. kat za sada nisu populirani, ali je priključivanje predviđeno. Ukupno se izvode 22 optička korisnička priključka TO.

- Vertikalni kabelski podsustav je odabran tako da se maksimalno iskoristi mogućnost efikasnog povezivanja etaže Suterena (Sistem Sala-GC) sa ostalim etažama objekta (KC), obzirom da se očekuje glavna koncentracija aktivne opreme u Sistem Sali
- Ugrađena je mogućnost direktne konekcije dvaju etaža KC-KC direktno, uz adekvatno prespajanje na koncentratore GC



Slika 4: Topologija monolitnog optičkog kabelskog sustava "INA-NAFTAPLIN"

- Broj vertikalnih optovlakana po etažama procjenjen je na osnovu trenutnog broja poznatih priključaka, uz solidnu pričuvu. Procjena je Projektanta da po jedan 16-nitni vertikalni optokabel za vezu GC-KC zadovoljava sadašnje i buduće zahtjeve.
- Komunikacijske osobine vlakna i pripadajuće opreme odabrani su da direktno podržavaju ATM OC-3 standard na 155 Mbit/sec, ali i buduće ubrzanje na OC-12 (622 Mbit/sec)



- Prespajanje se vrši putem prespojnih optopanela i prespojnih optokabela tipa SC-SC duljine 1 metar

Značajke rješenja usklađene su sa navedenim premisama, te je u skladu sa *Slikom 4*. odabrano slijedeće:

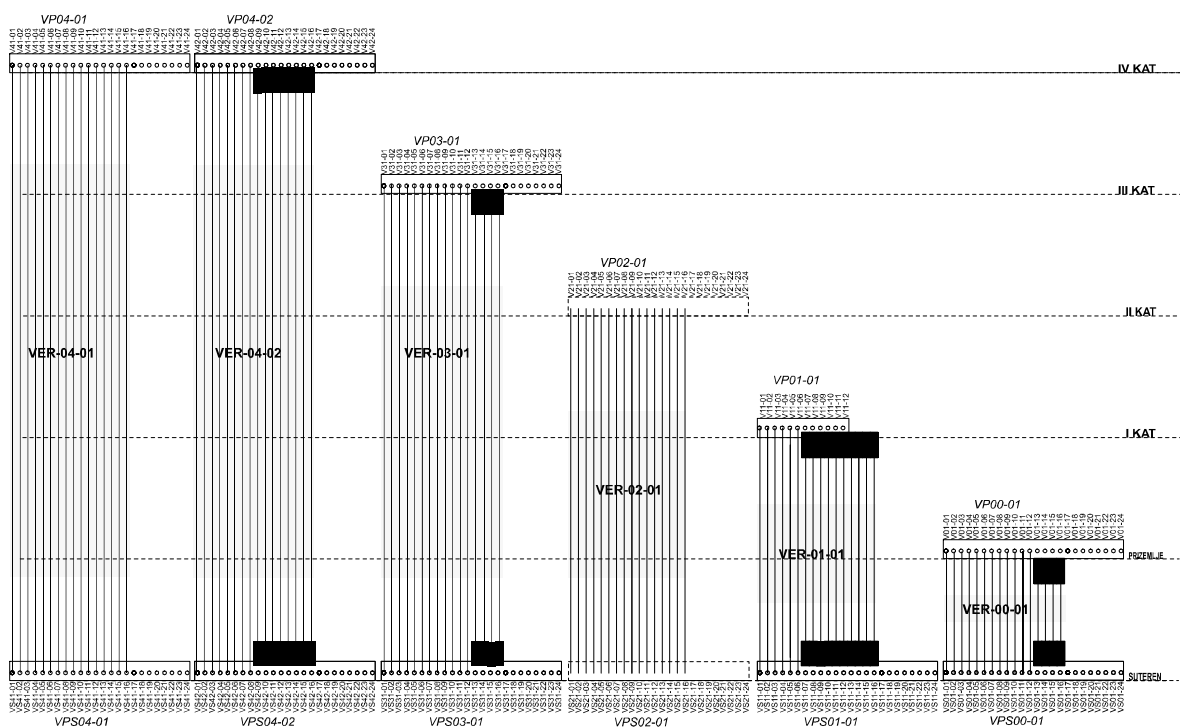
- *Vertikalni kabelski sustav* sastoji se od 6 optičkih kabela sa po 16 svjetlovodnih vlakana, čime je omogućeno ostvarenje ukupno 48 vertikalnih optičkih linkova. Od Sistem Sale vodi po jedan 16-žilni optokabel DX16 na svaku od etaža (osim Galerije i 4. kata), čime je moguće ostvariti do 8 istovremenih optokonekcija po etaži. Radi većeg broja priključaka, 4. etaža je izuzetak - povučena su 2 kabela, za ostvarenje do 16 istovremenih veza. Vertikala se obzirom na neosjetljivost optokabela na EMI smetnje povlači postojećim komunikacijskim vertikalnim kanalom objekta.
- *Horizontalni kabelski sustav* izveden je dvonitnim kabelima AX02 za ostvarenje jedne optičke veze po naprednom konceptu "fiber-to-the desk". Na krajevima optokabela gdje se priključuju korisnici nalaze se optičke nadžbukne priključnice sa po jednim dvostrukim SC priključkom. Veza od priključnice do korisnika realizirana je spojnim optokabelima duljine 5 metara (duplex) konektoriziranim SC konektorima. Povlačenje horizontalnih optokabela obavlja se uglavnom unutar postojećih podnih kanala, a ponegdje unutar duplog poda, spušenog stropa ili estetskim zidnim kanalicama.
- *Prespajanje* je predviđeno pomoću prespojnih modularnih optopanela sa po 16 portova tipa SC i spojnih optokabela duljine 1 metar. Posebno su odvojeni vertikalni optopaneli, a posebno horizontalni optopaneli. Veza vertikalnog i horizontalnog kabelskog podsustava time se jednostavno i pregledno ostvaruje međusobnim vezama ova 2 tipa panela.
- *Konektoriziranja* se vrše direktno na optičkom kabelu, što je moguće zahvaljujući naprednoj tehnologiji "vrućeg" konektoriziranja (engl. "hot melt"), koji osigurava monolitnu integraciju vlakna i SC keramičkog konektora (3M). Horizontalni optokabel AX02 dodatno je zaštićen kevlarom i PVC plaštom (tkzv, "breakout type"), kao i prespojni i spojni optokabeli, radi njihove dostupnosti korisniku. Navedene značajke znatno utječu na visoku pouzdanost izgrađenog kabelskog sustava.
- Optopaneli su smješteni unutar 19" ormara (jedan po etaži) zajedno sa korisnikovom aktivnom opremom

#### **4.1 Vertikalni kabelski podsustav**

Za kabliranje vertikalnog kabelskog podsustava odabran je optički kabel američkog proizvođača "Optical Cable Corporation" kataloške oznake DX16-070D-W3SB/1UC-900R sa 16 svjetlovodnih niti. Kabel je "Distribution type" konstrukcije te je predviđen za vanjsku i/ili unutarnju montažu, sa zaštitom od atmosferskih utjecaja. Unutar kabela nalazi se 16 svjetlovodnih multimodnih vlakana 62.5/125um, sa primarnom elastomerskom vodonepropusnom zaštitom debljine 900um tipa "tight buffered". Cijeli kabel jeste homogena vodonepropusna cjelina konstrukcijom optimizirana za primjenu u lokalnim računalskim mrežama. Kabel im ISO 9001 atest kvalitete.

Glede komunikacijskih osobina svjetlovodnih vlakana, kabel je tako odabran da zadovoljava zahtjeve ISO 11801 norme strukturalnog kabliranja (optical class). Prijenos se može primijeniti u prvom prozoru na 850nm, odnosno u drugom prozoru na 1300 nm.

Topologija vrtikalnog kabelskog podsustava prikazana je *Slikom 5*.



Slika 5: Vertikalni optički kabelski podsustav "INA-NAFTAPLIN"

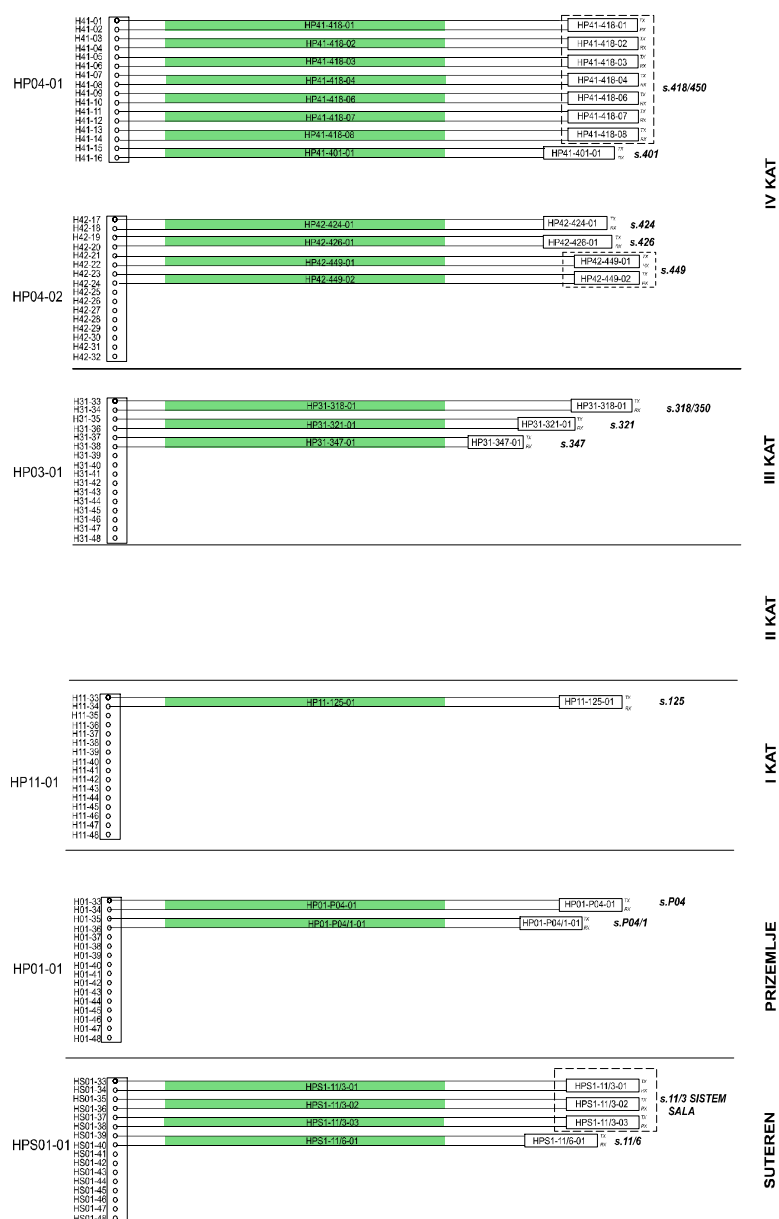
Položeno je ukupno 6 vertikalnih optokabela DX16 sa po 16 niti, označenih sa VER-00-01 do VER-04-02 prema. Jedino vertikalna VER-02-01 nije konektorizirana. Svakoj etaži pripada po jedna 16-nitna vertikalna, sa izuzetkom 4. kata gdje su povučena 2 16-nitna kabela. Time je moguće ostvariti do 8 istovremenih optokonekcija po etaži, a na 4. katu do 16. Svi optokabli vode od Glavnog koncentratora GC u Sistem sali Suterena do katnih koncentratore KC pojedinih etaža i vođeni su zajedno postojećim vertikalnim komunikacijskim kanalom objekta.

Svaka nit vertikalnih optokabela direktno je terminirana na oba kraja SC multimodnim konektorom 125 $\mu$ m, te je spojena na odgovarajući port vertikalnog prespojnog optopanela. Po svakoj etaži nalaze se 16-portni vertikalni optopaneli označeni sa VPS-00-01 do VPS-04-02, prema Slici 5. Pri tome su po tri optopanela grupirana u jedan integrirani 19" optokabinet visine 2U, čineći ukupno maksimalno 48 portova po kabinetu. Pristup bilo kojoj vertikali ostvaruje se preko odgovarajućeg porta prespojnog panela prema shemi labeliranja, upotrebom prespojnih optokabela. Moguće je prespajanje vertikalnih panela međusobno, te prespajanje na horizontalni kabelski podsustav ili kativnu opremu.

#### 4.2 Horizontalni kabelski podsustav

Za kabliranje vertikalnog kabelskog podsustava odabran je optički kabel američkog proizvođača "Optical Cable Corporation" tip AX02-030N-W3SB/1UC-900R sa 2 svjetlovodne niti.

Kabel je "Breakout type" konstrukcije te je predviđen za unutarnju montažu, sa zaštitom od vanjskih utjecaja. Konstrukcija omogućava direktno terminiranje optokabela, bez dodatnih zaštita. Unutar kabela nalazi se 2 svjetlovodna multimodna vlakana 62.5/125um, sa primarnom elastomerskom vodonepropusnom zaštitom debljine 900um tipa "tight buffered". Cijeli kabel jeste homogena vodonepropusna cjelina konstrukcijom optimizirana za primjenu u lokalnim računalnim mrežama. Kabel ima ISO 9001 atest kvalitete.



Slika 6. Horizontalni kabelski podsustav "INA NAFTAPLIN"

Glede komunikacijskih osobina svjetlovodnih vlakana, kabel je tako odabran da zadovoljava zahtjeve ISO 11801 norme strukturalnog kabliranja (optical class). Prijenos se može primijeniti u prvom prozoru na 850nm, odnosno u drugom prozoru na 1300 nm.

Optičke niti su u biti iste kao u vertikalnom kablskom podsustavu. Topologija Horizontalnog kablskog podsustava prikazana je *Slikom 6*, te u biti predstavlja grane zrakaste (zvjezdaste) strukture čije deblo čini vertikalni kablski podsustav. horizontala za jednu dvosmjernu vezu. Svi horizontalni optokabeli vode od Katnog koncentratora KC promatrane etaže do određene krajnje priključnice TO.

Položena su ukupno 22 horizontalna optokabela AX02 sa po 2 niti, označenih sa oznakama prema *Slici 6*. Svakom korisničkom priključku pripada po jedna 2-nitna Svaka nit horizontalnih optokabela direktno je terminirana je na oba kraja SC multimodnim konektorom 125um, te je spojena na odgovarajući port horizontalnog prespojnog optopanela promatrane etaže. Na svakoj etaži nalaze se 16-portni horizontalni optopaneli označeni sa HPS-01-01 do HP-04-02, prema *Slici 6*. Pri tome su po tri optopanela (vertikalna i/ili horizontalna) grupirana u jedan 19" kabinet visine 2U, čineći ukupno maksimalno 48 portova po kabinetu. Pristup bilo kojoj horizontali ostvaruje se preko odgovarajućeg porta prespojnog panela prema shemi labeliranja, upotrebom prespojnih optokabela. Prespajanje horizontalnih i vertikalnih panela pojedine etaže ostvaruje se putem spojnih optokabela duljine 1 metar.

#### **4.3 Označavanje (labeliranje)**

Obzirom na velik broj dionica, primjenjen je kompleksan i jednoznačan sustav označavanja preporučeni po standardu ISO 11801. Odabran je sustav modulo 100, koji omogućuje jednoznačno označavanje 0-99 jedinki istog tipa po etaži (panela, koncentratora, kablskih dionica, priključnica po prostoriji itd.), radi budućih proširivanja. Pri tome je u sustav označavanja ugrađena asocijativnost, radi brže identifikacije lokacije elemenata kablskog sustava. Slijedeći elementi kablskog sustava su jednoznačno označeni: vertikalni i horizontalni paneli, optičke kablške dionice, korisničke priključnice i koncentratori.

#### **4.4. Optička mjerenja na kablskom sustavu**

Sve optokablške dionice su po završenoj instalaciji izmjerene i testirane na sukladnost sa standardom ISO 11801. Mjerenja gušenja su vršena metodom dvije točke u oba smjera, pri čemu je konačna izmjerena vrijednost uzeta kao aritmetička sredina ovih mjerenja. Izvršena su slijedeća mjerenja:

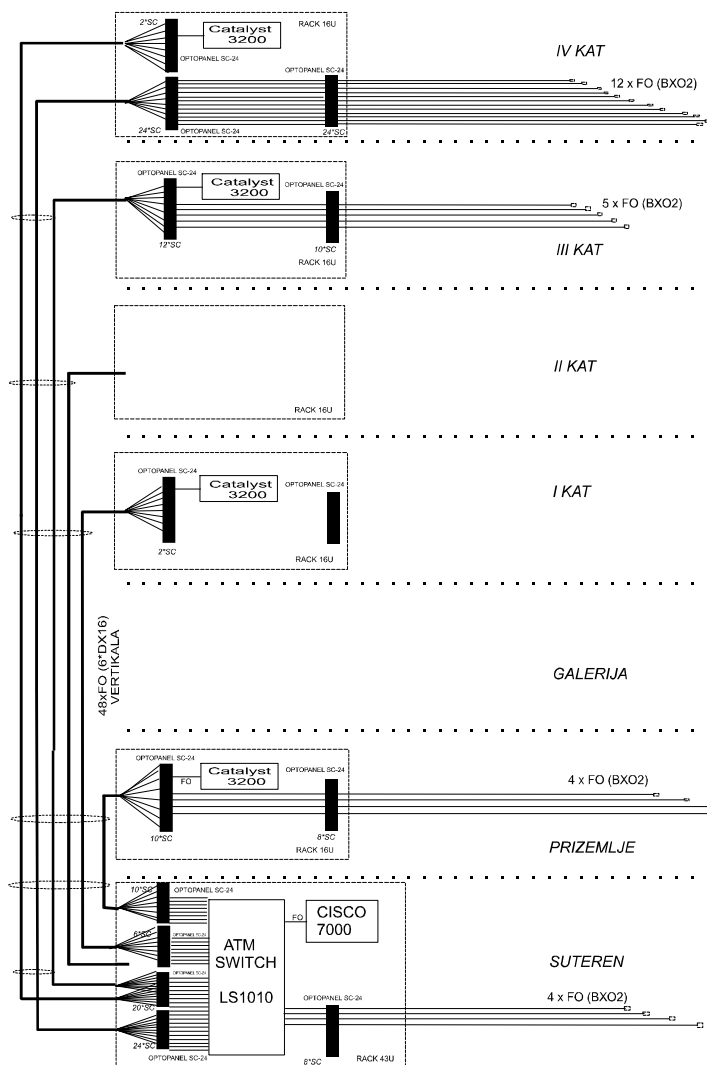
- mjerenje gušenja vertikalnih optodionica mjereno između portova vertikalnih panela VP (engl. "basic test")
- mjerenje gušenja horizontalnih optodionica mjereno između portova horizontalnih panela HP i krajnjih korisničkih priključnica TO (engl. "basic test")
- mjerenje gušenja između krajnjih točaka kablskog sustava mjereno između portova panela Glavnog koncentratora GC i portova krajnjih korisničkih priključnica TO horizontalnih kablških dionica (engl. "channel test")

Mjerenja vertikalnih i horizontalnih dionica su obavljena u prvom prozoru na 850 nm. "Channel test" mjerenja izvršena su u oba prozora (850nm i 1300nm). Najveće izmjereno "channel test" gušenje preko četiri prespojne točke iznosi 6,08 dB na 850nm, odnosno 5,88 dB na 1300nm, što je daleko ispod normiranog dinamičkog raspona aktivne komunikacijske opreme (tipično 15dB).

Najuža prijenosna širina dionice na 850nm iznosi 880 Mhz, a na 1300nm 2750 Mhz, što daleko nadmašuje postavljene zahtjeve po ISO 11801.

#### **4.5 ATM OC-3 aplikacija kablskog sustava**

Navedeni optički kabelski sustav izveden je sukladno sa standardom generičkog kabliranja ISO 11801 i kao takav može prihvatiti različite aplikacije viših slojeva OSI modela. Svaka primjena na kabelskom sustavu dinamički je prilagodljiva putem prespojnih kabela na optopanelima, u okviru položenih optokabelskih dionica.



Slika 7: ATM OC-3 aplikacija monolitnog optičkog kabelskog sustava "INA NAFTAPLIN"

U Na Slici 7 prikazana je primjena sustava za aplikaciju ATM OC-3 na brzini od 155 Mbit/sec. U Glavnom koncentratu GC u Suterenu primjenjen je ATM SWITCH sa 32 optička porta OC-3 priključka. Na njega su spojeni pojedini portovi vertikalnih panela putem prespojnih optokabela, čime je ostvarena veza na vertikalne panele katnih koncentratu KC0-KC4. Na pojedinim etažama na istovjetan način je izvršeno prespajanje vertikalnih i horizontalnih etažnih panela tako da se ostvaruje veza prema željenim horizontalnim dionicama prema Slici 7. Na krajnjim korisničkim priključnicama TO nalaze se grafičke stanice sa ATM OC-3 komunikacijskim adapterom, čime je ostvarena logička veza na ATM SWITCH.

nutar Katnih koncentratora KC spojnim optokabelom su povezani uređaji preklopnog Ethernet (putem ugrađenog ATM komunikacijskog modula vezanog na optičku okosnicu) na SWITCH u GC Suterena. Daljnji razvod topologije vodi u smjeru UTP Cat5 razvoda pojedinih etaža preko UTP priključaka preklopnih uređaja, za povezivanje manje zahtjevnih korisnika. Cjelokupna optička komunikacija odvija se brzinom od 155 Mbit/sec u drugom prozoru na 1300nm. Injektirana optička snaga primjenjenih optopretvarača iznosi -17dBm za vlakno 62.5/125um, a granična osjetljivost prijemnika iznosi -32dBm. Time određeni dinamički raspon od 15 dB znatno je iznad najvećeg izmjerenog gušenja optodionice od 5,88 dB (zalihost snage iznosi više od 9 dB).

Glede prijenosne širine kabelski sustav daleko premašuje zahtjeve OC-3 standarda, dapače i znatno zahtjevnijeg OC-12 standarda.

Mjerenja "channel test" iz prethodnog podnaslova u biti su odabrana za verifikaciju primjene ove aplikacije.

## 5. ZAKLJUČAK

Svjetlovodna vlakna i pripadni optički kabeli pronašli su definitivno svoje mjesto u primjeni u prijenosu podataka lokalnim računalnim mrežama. Postojeći ISO standardi predviđaju korištenje višemodnih, ali i monomodnih vlakana na fizičkom nivou suvremenih komunikacijskih sustava.

Od posebne je važnosti pojava ISO/IEC 11801 standarda generičkog kabliranja. Ovaj projekt standardizacionog tijela ima infrastrukturni značaj unutar objekata i naselja, kao uostalom i drugi infrastrukturni zahvati. Ovo je međutim prvi puta da se isto postiže sa informatičkim komunikacijskim sustavom. Izgradnja budućih naselja i objekata svakako treba sadržavati generički kabelski sustav kao komunikacijsku infrastrukturu fleksibilnu za primjenu najrazličitijih aplikacija korisnika iz domene prijenosa govora i podataka.

Optički kabeli čine svakako važnu kariku u realizaciji ovakvih rješenja zbog svojih izuzetnih komunikacijskih osobina. Njegova primjena u magistralama lokalnih i urbanih mreža neizostavan je dio efikasnih komunikacijskih sustava. Dapače, nove informatičke tehnologije zasigurno vode u implementaciju čistih, monolitnih optičkih mreža, gdje se korisnik veže direktno na optički kabelski sustav. Prednosti takvog priključivanja su opće poznate i napomenute u okviru ovog rada.

Ovim radom također je prezentiran izvedeni monolitni optički kabelski sustav korisnika "INA-NAFTAPLIN" u Zagrebu, koji u biti predstavlja komunikacijsko okruženje fizičkog sloja OSI modela usklađeno sa normom generičkog kabliranja ISO 11801. Način korištenja sustava ostavljen je na izbor korisniku, pri čemu ograničenje predstavlja izmjereni komunikacijski parametri, te fizički raspored položenih optičkih dionica. Trenutna primjena ATM OC-3 komunikacijske mreže samo je jedna iz mnoštva mogućnosti. Pri projektiranju sustava ugrađena je velika zalihost svih elemenata kabelskog sustava. Kabelski sustav je otvoren za proširenja na nove horizontalne dionice, koje tek trebaju biti položene, što je osigurano moćnim vertikalnim kabelskim sustavom velike zalihosti, kako u smislu položenih optodionica, tako i u smislu instaliranih prespojnih panela.

Odabrana rješenja i tehnološki nivo opreme osiguravaju pouzdanu i efikasnu kabelsku infrastrukturu objekta. Već samim odabirom svjetlovodnog vlakna kao prijenosnog medija, i to ne samo kao okosnice sustava, već i na nivou krajnjih priključaka, stvoreno je napredno rješenje koje trenutno nadmašuje mogućnosti tehnološki najsavršenijih aktivnih komunikacijskih uređaja ("fiber-to-the-desk"). Svako daljnje proširivanje kabelskog sustava modularno i jednostavno i znatno smanjuje prosječnu cijenu po priključku, budući

da je komunikacijska osnova postavljena tako da se novi korisnici mogu priključivati bez velikih investicija.

## **LITERATURA**

- *EIA/TIA-568 Commercial Building Telecommunications Wiring Standard SP-1907B, Telecommunications Industry & Electronic Industries Association, August 1990,*
- *ISO/IEC 11801 International Standard, The International Organization for Standardization, May 1995, Generic Cabling for Customer Premises, First Edition*
- *Mr Sead Dubravić "Primjena optičkih kabela u lokalnim računalnim mrežama po standardima ISO", , KOM'95: Zbornik radova sa Savjetovanja, prosinac 1995,*
- *"Projekt optičkog kablenskog sustava ATM OC-3 komunikacijske mreže INA NAFTAPLIN Šubićeva", Netiks d.o.o. Zagreb, travanj 1997,*
- *Charles K.Kao, "Optical Fiber Systems: technology, design and applications", McGraw -Hill Book company, Charles K.Kao, 1985,*
- *ISO 8802-3 International Standard, The International Organization for Standardization, February 1989, Local Area Networks - Part 3, First Edition, 149-163*
- *IEEE Std 802.3i Supplement to ISO/IEC 8802-3, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, System Considerations for Multisegment 10 Mb/s Baseband Networks (Section 13), September 1990, 15-19*
- *ISO 9314 International Standard, The International Organization for Standardization, April 1989, Fibre Distributed Data Interface , First Edition*

*Autor:*

*Mr Sead Dubravić, NETIKS d.o.o. za telekomunikacije i informatiku , E-mail: netiks@zg.tel.hr, Borovje 19B, 10000ZAGREB, tel (01)6137201, 6137202, fax 6137282*