

**TEHNIČNE SPECIFIKACIJE
ZA ENORODOVNE OPTIČNE KABLE
SLOVENSКИH ŽELEZNIC**

Velja od 01.06.2011

PODATKI O PREDPISU:

IZDELAL-a: Peter Korbar, univ.dipl.inž.el.
Andrej Rebselj, inž.el..

DATUM: 15.10.2007

PODPIS: na originalu

PREGLEDAL: Peter Korbar, univ.dipl.inž.el

DATUM: 20.05.2011

PODPIS: na originalu

ODOBRIL: Direktor PE Infrastruktura
Marjan Zaletelj, univ.dipl.inž.grad.

DATUM: 25.05.2011

PODPIS: na originalu

IZDAJA: prva

NAKLADA 10

ŠT. STRANI: 22

ŠT. PRILOG: 10

IZDALE: Slovenske železnice, d.o.o.

TABELA SPREMEMB

Zaporedna številka spremembe	Z A D E V A	Objavljeno v Uradnih objavah		Velja od
		Številka	Leto	
1	2	3	4	5

KAZALO:

TEHNIČNE SPECIFIKACIJE	1
1. SPLOŠNA DOLOČILA	5
2. KONSTRUKCIJA OPTIČNIH KABLOV	5
2.1. SPLOŠNO	5
2.2. OPTIČNA VLAKNA	6
2.3. OZNAČEVANJE VLAKEN	6
2.4. JEDRO KABLA	7
2.5. CEVKE IN OPREDANJE	7
2.6. POLNILO JEDRA	8
2.7. NOSILNI ELEMENT	8
2.8. PLAŠČ KABLA	9
2.9. OSTALE SPLOŠNE ZAHTEVE	10
3. OPTIČNO VLAKNO	10
3.1. DOLŽINA VLAKNA	11
3.2. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE VLAKNA	11
3.3. OPTIČNE KARAKTERISTIKE VLAKNA	11
3.4. MEHANSKE LASTNOSTI VLAKEN	13
4. MEHANSKE, GEOMETRIJSKE IN KLIMATSKE KARAKTERISTIKE OPTIČNEGA KABLA	13
4.1. GEOMETRIJSKE IN MEHANSKE KARAKTERISTIKE KABLA	13
4.2. KLIMATSKE KARAKTERISTIKE OPTIČNEGA KABLA	16
5. PAKIRANJE KABLA	16
6. OZNAČEVANJE	16
6.1. OZNAČEVANJE BOBNOV	16
6.2. OZNAČEVANJE KABLA	17
6.3. MERILNI LISTI	17
7. TABELE	18
TABELA A1: GEOMETRIJSKE IN MEHANSKE KARAKTERISTIKE VLAKEN	18
TABELA A2: OPTIČNE KARAKTERISTIKE VLAKEN	19
TABELA A3: MEHANSKE IN GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE KABLA	20

1. SPLOŠNA DOLOČILA

Ti tehnični pogoji predpisujejo namen, osnovne konstrukcije, geometrijske, optične, prenosne, mehanske in klimatske karakteristike optičnega kabla in njegovih delov ter način preizkusa in prevzema optičnih kablov z enorodovnimi optičnimi vlakni.

Optični kabli morajo ustrezati standardom IEC 60793, IEC 60794, EN 187000 in EN188000 ter priporočilom ITU-T G.650 in G.652.

Enorodovna vlakna so optimizirana za uporabo pri valovni dolžini v okolici 1300 nm ter 1550 nm. Po načinu polaganja optične kable ločimo na zračne in na zemeljske optične kable.

Pri polaganju optičnih kablov v zrak govorimo o samonosilnih optičnih kabljih (SOK) in jih lahko polagamo oziroma obešamo na:

- drogove vozne mreže - DVM,
- lesene drogove,
- ostale, mehansko ustrezne drogove.

Pri polaganju optičnih kablov v zemljo pa govorimo o zemeljskih optičnih kabljih (ZOK) in jih polagamo v predhodno položene PEHD cevi različnih premerov.

2. KONSTRUKCIJA OPTIČNIH KABLOV

2.1. SPLOŠNO

2.1.1. Osnovna zgradba

V samonosilni optični kabel morajo biti vgrajena enorodovna optična vlakna. Ta so zaščiteni s cevkami v katerih mora biti zagotovljena preprečitev vdora in širjenja vode. Vsa vlakna vgrajena v kابلu morajo biti istega izvora. Okoli centralnega nekovinskega elementa so opredene cevke z optičnimi vlakni. Jedro je zaščiteni polietilenskim plaščem pri čemer mora biti nad jedrom tudi plast nosilnega elementa - aramidna vlakna.

2.1.2. Vgrajeni material

V kabel vgrajeni materiali morajo zagotavljati, da bodo imeli kabli izdelani po tej specifikaciji preko cele življenjske dobe (30 let) zahtevane lastnosti.

2.1.3. Spremenjena konstrukcija

Če je konstrukcija kabla drugačna od navedene, mora kabel kljub temu ustrezati zahtevam iz 3. in 4. poglavja. Proizvajalec je dolžan navesti vse konstrukcijske detajle

in prednosti predlagane konstrukcije, ki predstavljajo prednost glede na specificirano konstrukcijo. Priložiti mora tudi:

- opis in risbe konstrukcije kabla,
- navodila za montažo kabla, z navedbo potrebnega instalacijskega pribora.

2.2. OPTIČNA VLAKNA

2.2.1. Splošno o optičnih vlaknih

V kabel morajo biti vgrajena enorodovna disperzijsko nepremaknjena optična vlakna v skladu s priporočilom ITU-T G.652-D in standardom IEC 60793. Optično vlakno mora biti brez vidnih izboklin, vdolbin, prelomov, razpok in prask. Popravila vlaken z varjenjem ali drugimi postopki niso dovoljena. Primarna zaščita vlaken mora biti lahko odstranljiva s kemičnimi ali mehanskimi sredstvi. Proizvajalec mora podati najprimernejše metode odstranjevanja primarne zaščite. Minimalni dovoljeni radij krivljenja mora biti manjši od 30 mm.

2.3. OZNAČEVANJE VLAKEN

2.3.1. Barvne označbe

Za identifikacijo vlaken se uporabljajo v tabeli 1 navedene barve skladne z IEC 60304.

Vlakno št.	Barva
1	rdeča
2	zelena
3	modra
4	rumena
5	bela ali nebarvana
6	siva
7	rjava
8	vijolična
9	turkizna
10	črna
11	oranžna
12	rožnata

tabela 1

2.3.2. Lastnosti označevalne barve

Barve vlaken morajo biti razpoznavne preko cele življenjske dobe kabla. Primarna zaščita vlaken mora dopuščati lokalno detekcijo in injekcijo svetlobe.

2.4. JEDRO KABLA

2.4.1. Tvorba jedra

Cevke z vgrajenimi optičnimi vlakni, centralni element ter drugi polnilni elementi skupaj tvorijo cilindrično jedro kabla. Elementi za povezavo elementov jedra v čvrsto grupo morajo biti nehigroskopični in dielektrični. Jedro kabla se ovija z enim ali več termoplastičnimi trakovi, ki se med seboj prekrivajo. Glede na kapaciteto kabla so dovoljene konstrukcije optičnih kablov podane v spodnji tabeli.

število vlaken	Število cevk	število vlaken na cevko
12	6	2
24	4	6
36	6	6
48	8	6
72	6	12
96	8	12
144	12	12

tabela 2

2.4.2. Centralni element

Centralni element, ki kablu zagotavlja togost in dodatno čvrstost je načeloma izdelan iz steklenih vlaken ter epoksidnih smol. Centralni element sam zase ne opravlja funkcije nosilnega elementa.

2.4.3. Zaščita jedra

Iz konstrukcijskih razlogov, je lahko preko centralnega elementa nanesen ustrezen sloj PE, ki jedro kabla ščiti pred zunanjimi mehanskimi in ostalimi vplivi.

2.5. CEVKE IN OPREDANJE

2.5.1. Namembnost in lastnosti cevk

Več cevk je opredelih okrog centralnega elementa. Cevke ščitijo vlakna pred zunanjimi vplivi določenimi s temi pogoji. Zaščitne cevke morajo biti polnjene z maso v skladu z IEC 60794-1-2, ki preprečuje dostop vlage in vode k vlaknom. Dopustna je tudi drugačna zaščita pred vdorom in širjenjem vode/vlage pri čemer mora biti zadoščeno pogojem iz točke 4.2.2..

2.5.2. Označevanje cevk

Cevke morajo biti preko cele dolžine označene z isto barvo, brez prekinitev ali nepravilnosti. Cevke kablov so označene kot sledi v spodnji tabeli 3. Barve cevk morajo biti razpoznavne preko cele življenjske dobe kabla.

Cevka	barva
1.	Rdeča
2.	Zelena
3.	Modra
4.	Rumena
5.	Bela ali naravna
6.	Siva
7.	Rjava
8.	Vijolična
9.	Turkizna
10.	Črna
11.	Oranžna
12.	Rožnata

tabela 3

2.5.3. Opreданje

Cevke morajo okoli centralnega elementa biti opredene izmenično v eno in drugi smer (SZ opredanje), kar kablu omogoča boljšo odpornost proti nateznim silam.

2.6. POLNILO JEDRA

2.6.1. Namen

Da bi preprečili vdor vode v jedro kabla in njeno širjenje ter tako stik z vlakni, mora biti tudi jedro zemeljskega kabla polnjeno z vodoneprepustno maso skladno z IEC 60794-3. Dopustna je tudi drugačna zaščita pred vdorom in širjenjem vode/vlage pri čemer mora biti zadoščeno pogojem iz točke 4.2.2..

2.6.2. Zahteve

Masa mora biti homogena, brez nečistoč, kovinskih delcev, enostavno odstranljiva, nestrupena, ne sme pa tudi imeti škodljivega vpliva na kožo. Polnilna masa mora biti združljiva s sestavnimi deli kabla. Točka kapljanja mora biti nad 80⁰C.

2.7. NOSILNI ELEMENT

2.7.1. Namen

Nosilni element mora biti nekovinski in mora kablju omogočati odpornost na mehanske natezne in druge sile. Pri samonosilnem optičnem kablju mora le-ta biti vgrajen med notranji in zunanji plašč kabla medtem, ko se nosilni element v zemeljskem kablju nahaja med jedrom in plaščem.

2.7.2. Zahteve

V kablju mora biti vgrajena taka količina in kvaliteta nosilnega materiala - aramidnih in/ali steklenih vlaken, da izdelan kablju ustreza zahtevam navedenim v teh specifikacijah.

2.8. PLAŠČ KABLA

2.8.1. Namen

Kablju mora biti zaščiten z brezšivnim plaščem iz PE v skladu s standardom IEC 60708-1. Plašč kabla ščiti jedro kabla pred zunanjimi silami in vplivi okolice. Kablju mora omogočati:

- učinkovito preprečevanje prodiranja vode in vlage v jedro,
- mehansko stabilnost kabla pri transportu, skladiščenju, montaži in eksploataciji preko pričakovane življenjske dobe,
- dobro funkcioniranje pri različnih klimatskih pogojih in njihovih spremembah,
- odpornost na kemijske vplive,
- odpornost na UV svetlobo,
- zanesljivo in enostavno montažo.

2.8.2. Dimenzije plaščev

Debelina notranjega in zunanjega plašča, morata biti taka, da bo zagotovljena odpornost kabla v skladu z zahtevami in testnimi postopki za optične kable navedenimi v nadaljevanju glede na tlačno odpornost, odpornost proti strelom iz puške ter udarno odpornost kabla, vendar skupna minimalna debelina plaščev ne sme biti manjša od 2,5 mm pri samonosilnem oziroma 2,0mm pri zemeljskem kablju.

2.8.3. Odstranjevanje plaščev

Pod vsak plašč kabla mora biti vstavljena vsaj ena nekovinska vrvica za paranje plašča, ki omogoča paranje kabla v dolžini vsaj 1 m.

2.8.4. Ostale zahteve za plašč kabla

Za zaščito kabla proti vplivom UV svetlobe mora le-ta vsebovati $2,5 \pm 0,5\%$ saj. Plašč kabla mora vzdržati najmanj 300% podaljšanja pred pretrgom. Modul elastičnosti mora biti večji od 10 N/m^2 .

2.9. OSTALE SPLOŠNE ZAHTEVE

2.9.1. Življenjska doba

Življenjska doba kabla po montaži mora biti najmanj 30 let.

2.9.2. Odpornost kabla

Samonosilni kabel mora vzdržati obremenitve, ki jih povzroča delovanje vetra hitrosti 160 km/h pri temperaturi 0°C ali 22 mm debelo ledeno oblogo pri temperaturi -5°C s stranskim vetrom 55km/h. Kabel mora biti konstruiran za razpon med sosednjima podporama na razdalji 60 m z nazivnim povosom 1% razpona pri čemer mora vzdržati maksimalni razpon dveh razpetin t.j. 120m.

2.9.3. Radij krivljenja kabla

Minimalni dovoljeni radij krivljenja pri montaži mora biti 10x zunanji premer kabla med samim polaganjem, medtem ko mora biti stalni radij ukrivljenosti kabla v delovanju manjši od 20x zunanjega premera kabla.

2.9.4. Temperaturno področje

Temperaturna področja, ki jih morajo optični kabli prenesti brez kakršnihkoli posledic so:

- pri polaganju od -5°C do +40°C,
- med skladiščenjem in prevozom od -25°C do +60°C,
- med obratovanjem -30°C do +65°C.

3. OPTIČNO VLAKNO

Proizvajalec mora navesti vrsto materiala (kremenovo steklo, sintetični silicij, steklo iz več komponent, drugi materiali ustreznih lastnosti), iz katerega se proizvajajo vlakna in sicer za:

- jedro vlakna,
- oblogo vlakna,
- plašč vlakna.

Vsa vlakna v kablu morajo biti izdelana iz istega materiala, saj v nasprotnem primeru pride do problemov pri spajanju in določevanju parametrov vlaken oziroma kabla ter do motečih odbojev.

3.1. DOLŽINA VLAKNA

Vsaka proizvodna dolžina vlakna mora biti proizvedena iz istega predforma. Podaljševanje vlakna z varjenjem ali kakšnim drugim postopkom ni dovoljeno. Krivulja, ki jo dobimo z optičnim reflektometrom, ne sme imeti diskontinuitete večje od 0,02dB.

3.2. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE VLAKNA

3.2.1. Premer polja osnovnega rodu

Nominalna vrednost premera polja osnovnega rodu pri valovni dolžini 1310 nm mora biti v razponu od 8,6 - 9,5 μm \pm 0,6 μm v skladu s priporočilom ITU-T G.652 - tabela 4 / G.652.D

Pri Gaussovi porazdelitvi polja je premer osnovnega rodu enak razdalji med točkama v katerih krivulja amplitude polja upade na $1/e$ svoje maksimalne vrednosti ali krivulja intenzitete (optične moči) na $1/e^2$ svoje maksimalne vrednosti. Eliptičnost jedra vlakna mora biti manjša od 6%.

3.2.2. Obloga vlakna

Nominalni premer obloge vlakna je 125 μm \pm 1 μm . Eliptičnost obloge ne sme presežati 1%, koncentričnost oziroma razdalja med osema jedra in obloge je lahko maksimalno 0,8 μm za posamezno vlakno in 0,5 μm za statistično povprečje 50-ih vlaken.

3.2.3. Plašč vlakna - primarna zaščita vlakna

Za zaščito vlakna pred poškodbami se mora na oblogo vlakna nanesti primarna zaščita oziroma plašč vlakna, ki mora dobro nalegati in ne sme vplivati na optične lastnosti vlakna. Proizvajalec mora navesti fizikalne in kemične lastnosti materiala, ter najboljšo metodo za njihovo odstranitev. Plašč vlakna mora biti vodoodporen, njegova odstranitev pa mora, z ustreznim raztopilom, biti krajša od 10 sekund. Zunanji premer neobarvanega plašča mora biti 245 \pm 10 μm (G.652), obarvanega plašča pa 250 \pm 15 μm . Koncentričnost med oblogo vlakna in plaščem vlakna mora biti manjša od 12 μm , eliptičnost plašča pa manjša od 6%.

3.3. OPTIČNE KARAKTERISTIKE VLAKNA

3.3.1. Mejna valovna dolžina

Mejna valovna dolžina je valovna dolžina svetlobe, nad katero razmerje med celotno optično močjo in močjo osnovnega rodu pade pod določeno vrednost. Omenjeno razmerje je po definiciji enako 0,1dB za 2m dolgo vlakno v zanki s polmerom 140mm. Mejna valovna dolžina λ_c mora biti v intervalu med 1150 in 1315nm, medtem ko je mejna valovna dolžina λ_{cc} lahko največ 1270nm.

3.3.2. Slabljenje

Koeficient slabljenja α v vlaknih mora biti v skladu s priporočilom ITU-T G.652 - tabela 4 / G.652.D

- na območju med 1310 in 1625 nm, maksimalna vrednost koeficienta slabljenja ne sme preseči 0,4dB/km,
- pri valovni dolžini $1383\text{nm}\pm 3\text{nm}$, potem ko je bilo vlakno izpostavljeno staranju pod vplivom vodika po IEC 60793-2-50, vrednost koeficienta slabljenja ne sme preseči maksimalne vrednosti koeficienta slabljenja določenega za območje med 1310 in 1625 nm
- pri 1550 nm koeficient slabljenja ne sme preseči 0,3dB/km za posamezno vlakno

3.3.3. Makroupogibno slabljenje

Makroupogibno slabljenje vlakna ne sme preseči vrednosti 0,2dB po 100 upogibih vlakna preko droga s polmerom 30mm tako pri 1310 kot pri 1550nm.

3.3.4. Temperaturno območje delovanja

Maksimalna sprememba koeficienta slabljenja v temperaturnem območju med -60°C in $+85^{\circ}\text{C}$ je lahko 0,05dB/km za 1310 in 1550nm pri čemer mora koeficient slabljenja po vzpostavitvi prvotne temperature in vsaj dveh prehodih temperaturnega območja zavzeti začetno vrednost (preostalega slabljenja ne sme biti).

3.3.5. Kromatska disperzija

Koeficient kromatske disperzije, ki jo sestavljata materialna in valovodna disperzija, mora biti za valovne dolžine:

- 1285 - 1330nm $< 3,5\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$
- 1550nm $< 18,0\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$
- 1550nm: v območju $+30/-70\text{nm}$ $< 21\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ in v območju $+10/-10\text{nm}$ $< 19\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$.

Pri tem mora biti ničelna disperzija v področju med 1300 in 1320nm z naklonom v ničelni točki $< 0,092\text{ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$.

3.3.6. Polarizacijska disperzija - PMD

Vrednost polarizacijske disperzije – PMD določa statistično zgornjo mejo učinka PMD. Vrednosti PMD morajo biti skladne s priporočilom ITU-T G.652 - tabela 4 / G.652.D

3.4. MEHANSKE LASTNOSTI VLAKEN

3.4.1. Sila odluččenja plašča vlakna

Zaradi enostavnosti implementacije in vzdrževanja ter minimalnih vplivov na vlakno pri odstranjevanju plašča na prenosne karakteristike vlakna, mora sila odluččenja plašča vlakna od obloge biti med 1N in 5N.

3.4.2. Vzдолžna sila na vlakno

Pri izdelovanju vlaken lahko v strukturi pride do napak, ki vodijo do mehanskih nestabilnosti vlakna, ki jih pri meritvah slabljenja ne moremo odkriti. Da se morebitne takšne napake odkrijejo se izvede testiranje vlaken na njihovo vzdolžno obremenitev. Vlakno mora brez poškodb in brez trajnega preostanka slabljenja prenesti silo $0,7\text{GN/m}^2$, kar za enorodovno vlakno s premerom $125\mu\text{m}$ pomeni silo 8,6N v trajanju 1s. Pri tem se vlakno mora raztegniti za 0,5% njegove prvotne dolžine.

4. MEHANSKE, GEOMETRIJSKE IN KLIMATSKE KARAKTERISTIKE OPTIČNEGA KABLA

4.1. GEOMETRIJSKE IN MEHANSKE KARAKTERISTIKE KABLA

Proizvajalec mora v dokumentaciji navesti nazivne vrednosti in tolerance za naslednje karakteristike kabla:

- premer kabla,
- debelino zunanjšega plašča kabla,
- premer in debelino notranjšega plašča,
- premer jedra kabla,
- zunanji in notranji premer zaščitne cevke (ali njeno debelino),
- premer centralnega nosilnega elementa,
- premer slepega elementa (dummy buffer),
- težo kabla na enoto dolžine,
- modul elastičnosti kabla,
- temperaturno območje delovanja, transporta in vgradnje kabla,
- minimalne upogibne radije.

4.1.1. Maksimalna dovoljena vlečna sila kabla

Proizvajalec mora deklarirati maksimalno dovoljeno vlečno silo za kabel, ki se definira kot maksimalna sila raztegovanja kabla. Ta sila mora biti:

ZA ZRAČNI KABEL:

- stalna sila (10min) >8800N: $\Delta\alpha \leq 0,05\text{dB/km}$ brez raztezka vlaken - preostalega slabljenja po meritvi ne sme biti,
- kratkotrajna dopustna sila (1min) >12750N: $\Delta\alpha \leq 0,1\text{dB/km}$,
- sila pretrganja kabla >17000N.

ZA ZEMELJSKI KABEL:

- stalna sila (10min) >2000N: $\Delta\alpha \leq 0,05\text{dB/km}$ brez raztezka vlaken - preostalega slabljenja po meritvi ne sme biti,
- kratkotrajna dopustna sila (1min) >4500N: $\Delta\alpha \leq 0,1\text{dB/km}$,
- sila pretrganja kabla >7000N.

Maksimalna dovoljena vlečna sila se preverja z raztegovanjem kabla dolžine približno 100m, pri čemer se z optičnim reflektometrom spremlja morebitna sprememba dolžine medsebojno spojenih vlaken, ki se odraža v spremembi slabljenja vlakna. Proizvajalec mora deklarirati vlečno silo, pri kateri znaša dodatno vzdolžno slabljenje 0,2dB/km.

Preostalega dodatnega slabljenja po dveh ciklih meritev do maksimalne dovoljene stalne sile ne sme biti. Pri dvakratnem raztegovanju do kratkotrajne dovoljene sile mora preostalo slabljenje biti manjše od 0,05dB/km. Pri maksimalni stalni dovoljeni sili se vlakna lahko raztegnejo za največ 0,2%, pri čemer sprememba slabljenja ne sme biti. Pri sili, ki je enaka kratkotrajno dopustni sili pa se vlakna lahko raztegnejo za največ 0,5% pri čemer lahko nastopi sprememba slabljenja 0,1dB/km.

4.1.2. Modul elastičnosti

Poleg maksimalnih vlečnih sil, ki jih mora prenesti zračni optični kabel, mora le-ta izpolniti še dodatni pogoj o raztegljivosti kabla, ki je definirana z modulom elastičnosti. Modul elastičnosti je pogojen z zahtevo, da mora kabel, ki je na razdalji 1000m čvrsto pritrjen in je ponapet preko kolesc po drogovih, na medsebojni razdalji 60m, na višini 6,5m nad tlemi, brez poškodb prenesti vpad drevesa na razdalji 1m od droga, pri čemer se mora kabel raztegniti do tal oziroma za 6,0m.

4.1.3. Tlačna sila

Pri različnih izrednih dogodkih in ob instalaciji kabla prihaja do tlačnih obremenitev na optični kabel, ki se mora zato s svojo trdno konstrukcijo tem silam zoperstaviti. Tako mora samonosilni optični kabel zdržati stalno silo 5000N (10 min) in kratkotrajno obremenitev s 6000N (1 min) na 10-ih centimetrih dolžine. Za zemeljski kabel sta ti sili 4000N za stalno obremenitev in 5000N za kratkotrajno obremenitev.

Med testom lahko nastopi sprememba slabljenja največ 0,1dB, ki pa mora biti reverzibilna (po testu preostalega slabljenja ne sme biti). Na zunanjem plašču kabla in na vseh notranjih elementih kabla po testu ne sme biti vidnih trajnih poškodb.

4.1.4. Udarna odpornost optičnega kabla

Po 5-ih spustih kladiva z maso 1kg, premerom 50mm in radiusa 300mm iz višine 100mm (energija vpada je 10 Nm), se prvotno slabljenje ne sme spremeniti. Na zunanjem plašču kabla in na vseh notranjih elementih kabla po testu ne sme biti vidnih trajnih poškodb.

4.1.5. Preizkus odpornosti samonosilnega optičnega kabla na strele iz šibrovke

Pri tem preizkusu je potrebno simulirati razmere v kablu kakršne so pri obešenemu kablu. Kabel je potrebno obesiti med dve točki, ki sta medsebojno oddaljeni za cca 50m. Pri tem mora povese kabla na sredini med točkama znašati 1% razdalje med njima oz. ustrezno več ali manj (po povese tabeli). Kabel na enem koncu zategnemo preko dinamometra z ustrezno silo, ki jo moramo stalno kontrolirati. Vlakna na koncih kabla medsebojno spojimo tako, da je vsaj 600m vlaken v področju testiranih 50-ih metrov (12x50m=600m). En konec tako spojenih vlaken priključimo na OTDR merilnik, kjer kontroliramo dogajanje pri testiranju.

Pri tako obešenem kablu pred streli posnamemo reflektograf pri 1550nm ter izmerimo silo natezanja.

V kabel na tri mesta, ki so medsebojno oddaljena cca 2m, iz razdalje 40 m izstrelimo šibre kalibra 12/70 (svinčene krogel premerov 2.5, 3.0 in 3.5 mm).

Po strelah preverimo:

- globino vdora svinčenih krogel v kabel,
- poškodbe na nosilnem elementu (aramidnih vlaknih),
- poškodbe jedra kabla (cevk, vlaken, centralnega elementa).

Ponovno izmerimo natezno silo na kabel ter posnamemo reflektograf pri 1550nm.

Preizkus je uspešno opravljen, če pri strelah iz razdalje ≥ 40 m:

- ni sprememb pri natezni sili v kablu,
- ni spremembe slabljenja in slike reflektografa,
- ni poškodb nosilnega elementa, ki se odraža običajno že v prvi alineji.

4.1.6. Upogibanje optičnega kabla

Za en upogib se šteje upogib kabla v eni smeri in nato v drugi za 90° glede na izravnano lego okrog zaoblitve premera 10-ih premerov kabla in ob ustrezni natezni sili na kabel 80N. Med testom 1000 upogibov sprememba slabljenja ne sme biti večja od 0,1dB, preostalega slabljenja ne sme biti. Na zunanjem plašču kabla in na vseh notranjih elementih kabla po testu ne sme biti vidnih trajnih poškodb.

4.1.7. Torzijski test

Testna dolžina kabla mora biti 1m. Kabel mora brez posledic prenesti 5 zasukov v obeh smereh za 180°. Pri tem mora kabel biti pod obremenitvijo 400N. Sprememb slabljenja ne sme biti. Na zunanjem plašču kabla in na vseh notranjih elementih kabla po testu ne sme biti vidnih trajnih poškodb.

4.2. KLIMATSKE KARAKTERISTIKE OPTIČNEGA KABLA

4.2.1. Temperaturne spremembe

Optična testna dolžina kabla podvrženega temu testu mora biti večja od 2000m. Kabel mora pri tem biti navit na boben s premerom >1,5m s silo 1500N. Začetna temperatura je +20°C, nato kabel postopoma ohladimo na -25°C, kjer ne sme biti nobene spremembe slabljenja. Kabel nato ohladimo do -40°C, kjer je sprememba slabljenja lahko največ 0,1dB/km, vendar se mora slabljenje po vzpostavitvi prvotne temperature vrniti na začetno vrednost. Kabel iz -40°C segrejemo na +60°C, kjer zopet ne sme biti odstopanja slabljenja od vrednosti pri +20°C. Kabel nato ohladimo nazaj na +20°C. Potrebno je izvesti dva cikla ohlajanja in segrevanja. En cikel traja 24ur. Kakršnekoli razlike med slabljenjem pred testom in po testu niso dopustne.

4.2.2. Vdor vode

Na en konec 3m dolgega konca kabla namestimo 1m visok stolpec obarvane vode pri $T=20\pm 5$ °C. Po 24 urah na drugem koncu kabla ne smemo zaslediti sledi vode.

5. PAKIRANJE KABLA

S posebnim dogovorom med prodajalcem in kupcem se lahko predvidijo posamezne tovarniške dolžine kablov, ki jih določi kupec iz investicijsko-tehnične ali druge dokumentacije. Tovarniške dolžine kabla se preveri z optičnim reflektometrom. V kolikor ni drugače dogovorjeno morajo biti dolžine kabla na bobnu 4000m.

Vsaka tovarniška dolžina kabla mora biti navita na boben določene velikosti. Notranji premer bobna mora biti vsaj 20-krat večji od zunanjšega premera kabla. Na enem bobnu je lahko navita le ena dolžina kabla.

Konci kabla morajo biti hermetično zaprti. Kabel na bobnu mora biti zavarovan pred mehanskimi poškodbami. Pod mehansko zaščito se postavi tudi plast za termično zaščito.

6. OZNAČEVANJE

6.1. OZNAČEVANJE BOBNOV

Vsak boben je potrebno opremiti z dokumentom na katerem naj bodo:

- ime proizvajalca,
- leto izdelave,
- tip kabla,
- dolžina kabla v metrih,
- bruto težo,
- identifikacijska številka merilnih listov.

6.2. OZNAČEVANJE KABLA

Kabel naj bo na vsak meter njegove dolžine označen:

- s tekočim metrom,
- s tipom kabla,
- z letom izdelave,
- z imenom lastnika: SLOVENSKE ŽELEZNICE,
- z opozorilom: POZOR! NEVARNOST LASERSKEGA SEVANJA!

Oznake morajo biti jasne in lepo vidne. Oznaka tekočega metra ne sme odstopati za več kot $\pm 10\text{cm}/100\text{m}$.

6.3. MERILNI LISTI

Merilni listi morajo biti narejeni za vsako tovarniško dolžino kabla posebej in morajo biti priloženi v vsakem bobnu posebej ter poleg tega tudi v kompletu pri dokumentaciji, ki se mora kupcu dostaviti vsaj sedem dni pred prevzemom (velja le za količinski prevzem). Vsebovati morajo:

- identifikacijsko številko merilnega lista,
- tip kabla,
- leto izdelave,
- slabljenje vsakega vlakna pri 1310 in 1550nm (2-way OTDR),
- maksimalno in povprečno slabljenje vlakna v kablu pri 1310 in 1550nm (2-way OTDR),
- dolžino kabla (označeni metri),
- dolžino vlakna (optična - OTDR),
- reflektometrično sliko vsakega vlakna pri 1310 in 1550nm.

Temperatura pri meritvah mora biti 20 °C.

7. TABELE

TABELA A1: Geometrijske in mehanske karakteristike vlaken

Property	Lastnost	Zahteva	ITU-T
Mode field diameter 1310nm	Premer polja osnovnega rodu 1310nm	8,6-9,5 $\mu\text{m}\pm 0,5\mu\text{m}$	tabela G.652.D
Cladding diameter	Premer obloge jedra	125 $\pm 1\ \mu\text{m}$	tabela G.652.D
Cladding non circularity	Eliptičnost obloge maksimalno	< 1 %	tabela G.652.D
Core - Cladding concentricity error	razlika osi jedra in obloge (koncentričnost) posameznega vlakna povprečje vlaken	< 0,6 μm	tabela G.652.D
Minimum fibre tensile load of the fibre (Proof stress)	Vzdolžna sila na vlakno (>0,7GN/m ²)	> 8,6N za 1s	tabela G.652.D

TABELA A2: Optične karakteristike vlaken

Property	Lastnost	Zahteva pri T=20°C	ITU-T
Attenuation coefficient maximum from 1310 in 1625 nm	Največji koeficient slabljenja α v območju med 1310 in 1625 nm	< 0,4dB/km	G.652.D
Att. coefficient maximum at 1383nm \pm 3nm	Največji koeficient slabljenja α pri 1383nm \pm 3nm	Opomba 1.	G.652.D
Att. coefficient at 1310 nm for each fibre average	koeficient slabljenja α pri 1310nm: posamezno vlakno povprečje vlaken	< 0,36 dB/km < 0,34 dB/km	
Att. coefficient at 1550 nm for each fibre average of fibres	koeficient slabljenja α pri 1550nm: posamezno vlakno povprečje vlaken	< 0,25 dB/km < 0,22 dB/km	
Chromatic dispersion between 1285 and 1330nm	koeficient disperzije D v območju 1285-1330nm	< 3,5ps/(nm*km)	
Chromatic dispersion at 1550nm	koeficient disperzije D pri 1550nm	< 18ps/(nm*km)	
Chromatic dispersion at 1550nm and +30/-70nm +10/-10nm	koeficient disperzije D pri 1550nm in +30nm/-70nm +10nm/-10nm	<21ps/(nm*km) <19ps/(nm*km)	
Cut-off wavelength	mejna valovna dolž.	< 1260 nm	G.652.D
Zero dispersion wavelength and inclination at zero disp. wavelength	ničelna disperzija in naklon krivulje pri ničelni disperziji	1300-1320nm <0,092ps/(nm ² *km)	G.652.D
Macrobending attenuation (100 turns, 30mm mandrel radius) at 1625 nm	Makroupogibno slabljenje (100 ovojev preko droga z radijem 30mm) pri 1625nm	< 0,1 dB	G.652.D
Polarization mode dispersion – PMD PMD Link value Max. Individual fiber	Polarizacijska disperzija – PMD (ps/km ^{1/2}) Vrednost PMD povezave Max. Vr. Posam. vlakna	=<0.1 =<0.2	G.652.D

Opomba 1. Vrednost koeficienta slabljenja na vlaknu izpostavljenem staranju pod vplivom vodika po IEC 60793-2-50 ne sme preseči maksimalne vrednosti koeficienta slabljenja določenega za območje med 1310 in 1625 nm

TABELA A3: Mehanske in geometrijske karakteristike kabla

Property	Lastnost	Zahteva pri T=20°C	Opombe
Tensile load test for Aerial cable: a) Permanent load (10min) b) Short time (1min) c) Breaking tensile load	Maksimalna natezna sila v zračnem kablu: a) stalna sila (10min) b) kratkotrajna (1min) c) pretržna sila	>8,8 kN >12,750 kN >17kN	$\Delta\alpha < 0,05\text{dB/km}$ – reverzibilno; $\Delta\alpha < 0,1\text{dB/km}$ po dveh ciklih do Fb; $\Delta\alpha < 0,05\text{dB/km}$
Tensile load test for Duct cable: d) Permanent load (10min) e) Short time (1min) f) Breaking tensile load	Maksimalna natezna sila v zemeljs. kablu: d) stalna sila (10min) e) kratkotrajna (1min) f) pretržna sila	>2,0 kN >4,5 kN >7kN	$\Delta\alpha < 0,05\text{dB/km}$ – reverzibilno; $\Delta\alpha < 0,1\text{dB/km}$ po dveh ciklih do Fb; $\Delta\alpha < 0,05\text{dB/km}$
Fibre elongation during the test	Raztezek vlakna med testom nat. sile F_a	<0,2% - 0dB <0,5% <0,1dB	Slabljenje mora biti reverzibilno
Side pressure test – Crush test for Aerial cable	Tlačna sila – zračni kabel: Dolgotrajna (10min) Kratkotrajna (1min)	5000N/10cm 6000N/10cm	Preostalega slab. po testu ne sme biti Med testom $\Delta\alpha < 0,1\text{dB}$
Side pressure test – Crush test for Duct cable	Tlačna sila – zemeljski kabel: Dolgotrajna (10min) Kratkotrajna (1min)	4000N/10cm 5000N/10cm	Preostalega slabljenja po testu ne sme biti Med testom $\Delta\alpha < 0,1\text{dB}$
Impact test E=10Nm (m=1000g, h=100mm, 5 impac.)	Udarna odpornost: E=10Nm (m=1000g, h=100mm, 5 vpadov)	$\Delta\alpha = 0\text{dB}$	Brez vidnih trajnih poškodb na vseh delih kabla
Repeated bending test: 10xD, F=80N, +/-90°, 1000cycles	Upogibanje kabla: 10xD, F=80N, +/-90°, 1000ciklov	Med testom $\Delta\alpha < 0,1\text{dB}$; slabljenje mora biti reverzibilno	Brez vidnih trajnih poškodb na vseh delih kabla
Torsion test	Torzijski test: L=1m, $\phi = +/-180^\circ$ F=400N	$\Delta\alpha = 0\text{dB}$	Brez vidnih trajnih poškodb na vseh delih kabla
Shotgun pellets resistance	Odpornost proti strelom iz puške; kaliber 12/70 razdalja 40m $r_{\text{šiber}} (2,5; 3; 3,5\text{mm})$	Brez vpliva in poškodb na cevkah in nosilnem elementu	
Water penetration	Vdor vode: h=1m; l=3m 24h pri 20+/-5°C	Ni vode na drugem koncu	Voda se lahko obarva s fluorescentno barvo
Modul of elasticity (aerial cable only)	Modul elastičnosti (samo zračni kabel)	E (N/mm ²) lc=1000m $\Delta lc = 6,0\text{m}$	Preostalega slab. po testu ne sme biti. Med testom $\Delta\alpha < 0,1\text{dB}$