

## Parametry złącz optycznych:

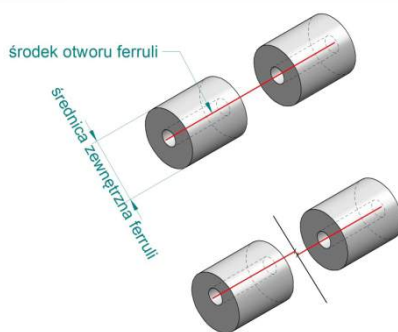
# KONCENTRYCZNOŚĆ FERRUL ŚWIATŁOWODOWYCH

Transmisja światłowodowa umożliwia przesyłanie informacji na znaczne odległości, jednak ze względu na ograniczenia wynikające między innymi z długości kabli, konieczne było opracowanie sposobu łączenia ze sobą poszczególnych elementów tworzących tor światłowodowy. Podstawowym elementem linii optycznych są złącza światłowodowe, które umożliwiają tworzenie połączenia w sposób rozłączny. Elementarną cechą każdej złączki jest możliwość swobodnego, wielokrotnego łączenia i rozłączania światłowodów. Połączenie włókien światłowodowych jest miejscem, gdzie występuje utrata pewnej części mocy, dlatego wtyki światłowodowe charakteryzowane są przez dwa podstawowe parametry – straty wtrąceniowe IL (Insertion Loss) oraz straty odbiciowe RL (Return Loss).

Tłumienność każdego toru światłowodowego jest w dużej mierze determinowana przez jakość i precyzję wykonania wtyków. Centralną i kluczową część każdego wtyku stanowi ferrula, wykonana najczęściej ze spieku ceramicznego. Włókno wklejane jest w otwór ferruli, po czym następuje wieloetapowy proces polerowania, zapewniający odpowiedni kształt i maksymalną gładkość czoła ferruli. Straty wtrąceniowe i odbiciowe zależą od końcowych parametrów geometrycznych czoła ferruli, ale warunkowane są także przez często pomijany i niedoceniany parametr, jakim jest **koncentryczność ferruli**.

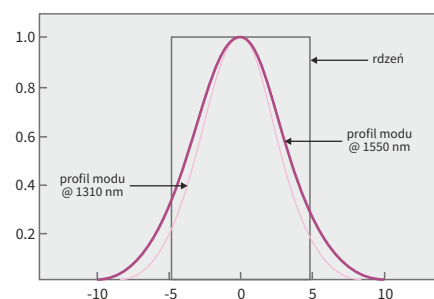
Koncentryczność ferruli wyznaczana jest na podstawie przesunięcia osi otworu ferruli w stosunku do jej środka. W przypadku idealnego złącza otwór ferruli, w którym prowadzone jest włókno światłowodowe znajduje się dokładnie w jej środku, jednak ze względów technologicznych otwór ten nie zawsze jest położony dokładnie centrycznie. Dla włókna jedno-modowego średnica rdzenia wynosi ok. 9  $\mu\text{m}$  (przy średnicy płaszczka 125  $\mu\text{m}$ ). Bardzo małe wymiary rdzeni włókien wymagają niezwykle wysokiej precyzji wykonania elementów złącza. Jakość wtyku optycznego (przede wszystkim jego **IL** i **RL**) zależy od jakości półproduktów składających się na złącze światłowodowe, w tym

**najistotniejszą rolę odgrywa klasa i jakość zastosowanej ferruli**. Na rys.1 poglądowo pokazano różne przypadki połączenia dwóch ferrul światłowodowych.



W górnej części schematu przedstawiono sytuację gdy zastosowano ferrule wysokiej jakości i otwory obydwu ferrul charakteryzują się dobrą centrycznością, co sprawia, że osie tych otworów pokrywają się i światło bezstratnie przechodzi z jednego wtyku do drugiego. Takie wtyki cechują się bardzo niskimi i powtarzalnymi stratami wtrąceniowymi IL (zwłaszcza w przypadku połączeń losowych). W drugim przypadku (dolna część rys.1) zastosowano ferrule niskiej jakości, o słabej koncentryczności.

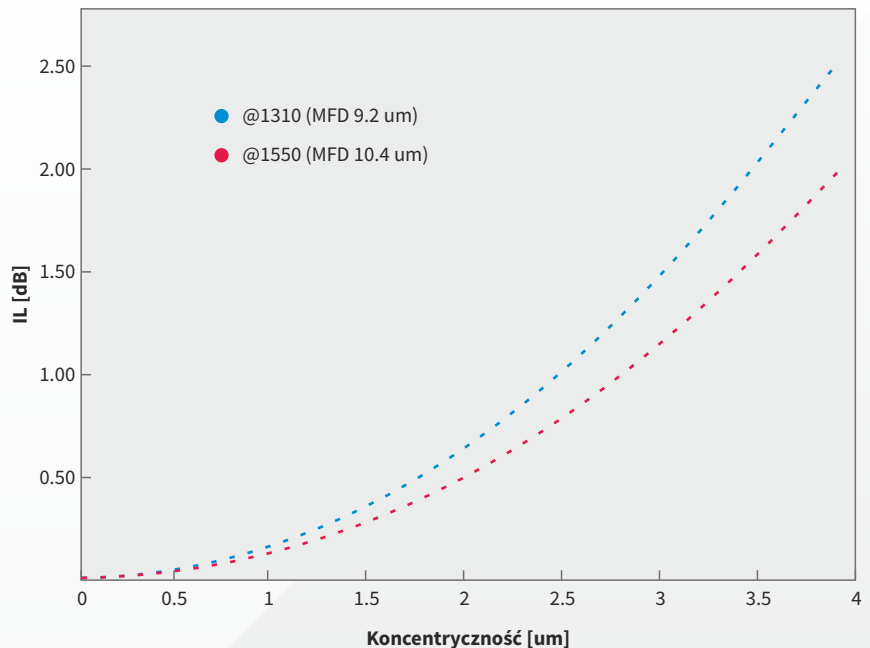
Po połączeniu dwóch wtyków światłowodowych z tak niecentrycznymi ferrulami powstaje, że ich rdzenie nie pokrywają się. Generuje to potencjalnie bardzo wysokie straty wtrąceniowe, zwłaszcza przy krótszych długościach fal. Związane jest to z faktem, iż średnica pola modu (MFD) zależna jest od długości fali i tak np. dla włókna G.652, MFD @1310 nm wynosi ok. 9.2  $\mu\text{m}$ , natomiast MFD @1550 nm wynosi już mniej więcej 10.4  $\mu\text{m}$ , (wykres poniżej).



Oznacza to mniejsze straty wtrąceniowe złącza o kiepskiej koncentryczności dla dłuższych fal, gdyż drugi rdzeń „tępie” więcej propagującej mocy. Zależność strat wtrąceniowych od koncentryczności dla dwóch długości fali pokazano na wykresie 3.

Co więcej, producent stosujący ferrule niskiej jakości może nawet nie być świadomy faktu, że wypuszcza na rynek wtyki o bardzo wysokim tłumieniu! Wynika to z faktu, że producent podczas kontroli jakości mierzy tłumienie wtyków względem złącza referencyjnego o kontrolowanej koncentryczności (zgodnie z normą PN-EN 61300-3-34), podczas gdy użytkownik realizuje połączenie losowe dwóch wtyków, każdy o nieznanym koncentryczności. W trakcie pomiaru względem wtyku referencyjnego offset pomiędzy osiami ferrul jest znacząco mniejszy (ze względu na doskonałą koncentryczność ferruli złącza referencyjnego). Tak więc połączenie badanego wtyku z wtykiem referencyjnym w takich warunkach będzie cechowało się dużo mniejszymi stratami wtrąceniowymi, niż faktycznie uzyskane w terenie połączenie losowe! Dla przykładu, jak wynika z rys. 3, **wtyk z ferrulą o koncentryczności 1 μm może mieć tłumienie ok 0.2 dB mierzone względem wtyku referencyjnego, ale aż prawie 2 dB przy połączeniu losowym!** Czy chciałbyś stosować taki wtyk w swojej sieci? Czy chciałbyś mieć w sieci wtyk, który wpięty w sąsiedni adapter nagle ma tłumienie o 1.5 dB wyższe? Czyż kupowanie takich patchcordów to nie jest pozorna oszczędność? Jeżeli masz w

### Zależność strat wtrąceniowych od koncentryczności



sieci złącze, które ma wyższe tłumienia dla fali 1310 nm niż dla 1550 nm, to jest bardzo duża szansa, że zakupiłeś patchcord o niskiej jakości, z niecentrycznymi ferrulami!

**Wartości tłumienia złączy przy połączeniu losowym są jednym z głównych wyróżników producentów dobrej klasy**, w porównaniu do producentów oferujących złącza wątpliwej jakości i w ogromnej mierze zależą od jakości ferrul. Koszt ferruli jest głównym składnikiem kosztowym każdego wtyku światłowodowego i dlatego istnieje pokusa stosowania jak najtańszych materiałów, ale **wszelkie oszczędności na ferruli zawsze przekładają się na jakość końcowego produktu!** Od jakości i tolerancji ferruli zależy klasa wtyku. Normy PN-EN-61755-3-1 & PN-EN-61755-3-2 definiują maksymalną dopuszczalną niecentryczność złączy światłowodowych dla poszczególnych klas tłumienia IL, jak przedstawiono w tabeli 1.

	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa D
IL (wartości średnie dla połączeń losowych)	—	<= 0.12 dB	<= 0.25 dB	<= 0.25 dB
IL (połączenia losowe max >= 97%)	—	0.25 dB	0.50 dB	1.0 dB
Koncentryczność dla wtyków APC	—	<= 1.0 μm	<= 1.4 μm	<= 1.5 μm
Koncentryczność dla wtyków PC	—	<= 1.2 μm	<= 1.5 μm	<= 1.6 μm

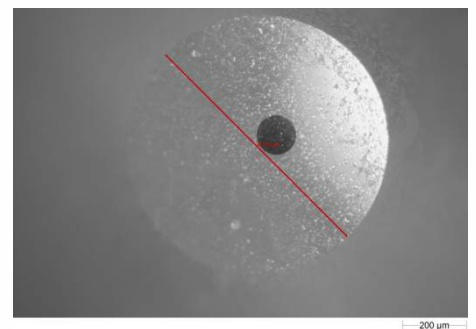
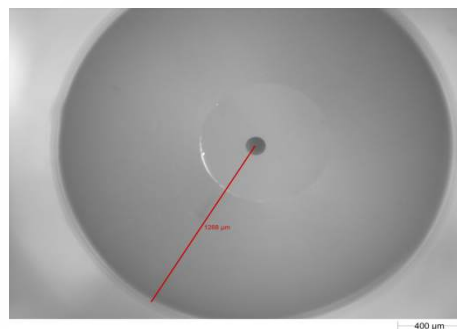
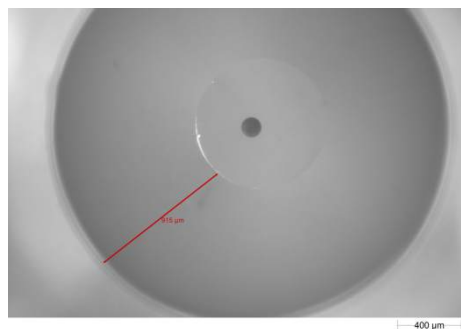
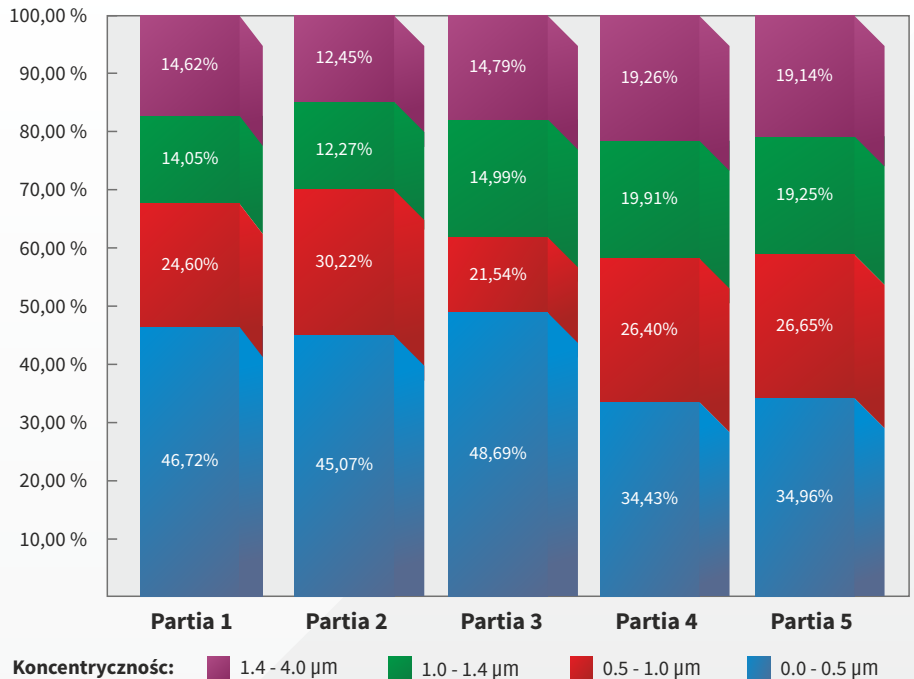
Co prawda Klasa A nie jest jeszcze znormalizowana, ale zwykle limit niecentryczności dla tej klasy wtyków przyjmuje się jako  $\leq 0.5 \mu\text{m}$ . Nie ma możliwości wyprodukowania złącza klasy A, B czy też C stosując niskiej jakości ferrule, bez kontroli położenia rdzenia, nawet jeśli producent wtyków uważa inaczej, na podstawie swoich pomiarów względem wtyku referencyjnego!

Tabela 1.

Pamiętajmy o tym, że tolerancja produkcyjna powoduje, że **dostawcy ferrul zawsze w procesie wytwarzania mają pewien odsetek odrzutów**, tj. ferrul nie spełniających wymagań technicznych, przede wszystkim na centryczność. Histogram przedstawiony na rys. 4 pokazuje typowy rozkład koncentryczności ferrul z kilku partii produkcyjnych naszego dostawcy. **Ferrule o kiepskiej koncentryczności >1.6 można kupować w cenie siedmiokrotnie niższej, niż ferrule dobrej klasy.** Zastanów się, czy to przypadkiem nie jest tajemnica niskiej ceny niektórych dostawców?

Niskiej jakości materiały zawsze oznaczają niskiej jakości produkt końcowy, zwłaszcza w tak precyzyjnej branży jak światłowodowa, gdzie wymagane są dokładności i tolerancje poniżej 1  $\mu\text{m}$ . **Dlatego też złącza światłowodowe produkowane przez firmę ELMAT zawsze wykorzystują komponenty wysokiej klasy.** Stosowane przez nas ferrule wykonane są z ceramiki cyrkonowej, która ma porównywalny współczynnik temperaturowy jak włókno światłowodowe, co gwarantuje stabilne optycznie połączenie w szerokim zakresie temperatur. Nasze ferrule cechują się wysoką precyzją wykonania, w tym koncentrycznością, która jest weryfikowana poprzez dodatkowe pomiary, aby zapewnić powtarzalność połączenia i niskie straty przy połączeniach losowych! Co więcej, regularnie wykonujemy kontrolne badania naszych złączy zgodnie z normą PN-EN 61300-3-34 na tłumienność połączeń losowych, żeby mieć pewność, że oddajemy do rąk użytkowników produkt, na którym będzie on mógł zawsze i wszędzie polegać. Oczywiście, oznacza to dodatkowe kilka procent kosztów, odbijających się w cenie produktu końcowego. Dla większości osób, które wyrosły już z wiary w św. Mikołaja jest jasne, że nie ma nic za darmo. **Czy spokojny sen i pewność działania sieci nie są dla świadomego i rozsądnego operatora ważniejsze, niż pozorne i krótkofalowe oszczędności?**

### Rozkład koncentryczności ferrul podczas produkcji



**Przygotowanie i opracowanie**  
Anna Łożańska  
Connectivity Product Manager

**P.H. ELMAT Sp. z o.o.**  
Centrum Logistyczne,  
Produkcyjno-Laboratoryjne

Rogoźnica 312  
36-060 Głogów Małopolski

tel. +48 17 866 08 00  
tel. +48 17 866 08 30  
fax: +48 17 866 08 10

[www.elmat.pl](http://www.elmat.pl)  
[elmat@elmat.pl](mailto:elmat@elmat.pl)