

**Allegato B alla delibera n. 162/23/CONS**

## **SCHEMA DI PROVVEDIMENTO**

### **DEFINIZIONE DEGLI STANDARD TECNICI PER I CAVI IN FIBRA OTTICA A CUI DEVONO ATTENERSI GLI AGGIUDICATARI DEI BANDI PER LA REALIZZAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA DI RETE**

#### **L'AUTORITÀ**

NELLA riunione del Consiglio del \_\_\_\_\_;

VISTA la legge 14 novembre 1995, n. 481, recante “*Norme per la concorrenza e la regolazione dei servizi di pubblica utilità. Istituzione delle Autorità di regolazione dei servizi di pubblica utilità*”;

VISTA la legge 31 luglio 1997, n. 249, recante “*Istituzione dell’Autorità per le garanzie nelle comunicazioni e norme sui sistemi delle telecomunicazioni e radiotelevisivo*”;

VISTA la direttiva (UE) 2018/1972 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell’11 dicembre 2018, che istituisce il codice europeo delle comunicazioni elettroniche (rifusione) nel seguito indicato anche come CCEE;

VISTO il decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 207, recante “*Attuazione della direttiva (UE) 2018/1972 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell’11 dicembre 2018, che istituisce il Codice europeo delle comunicazioni elettroniche (rifusione)*”, di seguito denominato *Codice*;

VISTA la delibera n. 223/12/CONS, del 27 aprile 2012, recante “*Regolamento concernente l’organizzazione e il funzionamento dell’Autorità per le garanzie nelle comunicazioni*”, come modificata, da ultimo, dalla delibera n. 434/22/CONS;

VISTA la delibera n. 383/17/CONS, del 5 ottobre 2017, recante “*Adozione del Regolamento recante la disciplina dell’accesso ai sensi degli articoli 22 e seguenti della 7 agosto 1990, n. 24 e degli articoli 5 e seguenti del decreto legislativo 14 marzo 2013, n. 33*”;

VISTA la delibera n. 107/19/CONS, del 5 aprile 2019, recante “*Adozione del regolamento concernente le procedure di consultazione nei procedimenti di competenza dell’Autorità*”;

VISTA la legge 1° febbraio 2023, n. 10, recante “*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 dicembre 2022, n. 187, recante misure urgenti a tutela dell’interesse nazionale nei settori produttivi strategici*”;

VISTA la Comunicazione della Commissione europea (2023/C 36/01), del 31 gennaio 2023, recante “*Orientamenti in materia di aiuti di Stato a favore delle reti a banda larga*”;

VISTA la direttiva n. 2014/61/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 maggio 2014, recante *misure volte a ridurre i costi dell’installazione di reti di comunicazione elettronica ad alta velocità*;

VISTO il decreto legislativo 15 febbraio 2016, n. 33, recante “*Attuazione della direttiva 2014/61/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 maggio 2014, recante misure volte a ridurre i costi dell’installazione di reti di comunicazione elettronica ad alta velocità*”;

VISTA la delibera n. 406/21/CONS, del 16 dicembre 2021, recante “*Linee guida per le condizioni di accesso wholesale alle reti a banda ultra-larga destinate ai contributi pubblici*”;

VITA la delibera n. 67/22/CONS, del 3 marzo 2022, recante “*Linee guida per le condizioni di accesso wholesale alle reti a banda ultra-larga destinate al contributo pubblico – integrazione per le reti 5G*”;

CONSIDERATO che la legge 1° febbraio 2023, n. 10, ha disposto che l’Autorità per le garanzie nelle comunicazioni, “*sentito il parere del Ministero delle imprese e del made in Italy e nel rispetto della normativa europea e internazionale, individua, per i cavi in fibra ottica, gli standard tecnici a cui devono attenersi gli aggiudicatari dei bandi per la realizzazione dell’infrastruttura di rete, in modo da assicurare adeguati livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività*”;

VISTA la nota prot. 86038 del 28 marzo 2023 con cui l’Autorità ha chiesto ai principali soggetti attivi nella realizzazione delle reti in fibra ottica di fornire informazioni sulla normativa di riferimento e su aspetti tecnici ritenuti utili per la fase preistruttoria del procedimento;

VISTE le risposte alla richiesta di informazioni inviate con note prot. 123513 del 9 maggio 2023, 127474, 127477, 127480, 128123 e 128476 del 12 maggio 2023 da parte delle società Fastweb S.p.A., Retelit S.p.A., Irideos S.p.A., Tim S.p.A., Open Fiber S.p.A., Unidata S.p.A.;

VISTO il questionario trasmesso dall’Autorità alle altre Autorità nazionali di regolamentazione partecipanti al Berc al fine di acquisire informazioni sulle esperienze internazionali in materia di definizione degli *standard* per le fibre ottiche da utilizzare per la realizzazione di reti a banda ultralarga e le risposte fornite dalle Autorità di Austria, Cipro, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Lussemburgo, Norvegia, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Repubblica Slovacca, Romania, Serbia, Slovenia, Spagna, Svizzera e Ungheria;

CONSIDERATO quanto segue:

## SOMMARIO

<b>1. IL QUADRO REGOLAMENTARE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
1.1. La legge 1° febbraio 2023, n. 10 .....	6
1.2. La disciplina degli aiuti di Stato a favore delle reti a banda larga .....	6
1.2.2. Il ruolo delle Autorità Nazionali di Regolamentazione (ANR) nella progettazione degli interventi statali.....	8
1.2.3. Il ruolo di Agcom nella Strategia italiana per la banda Ultra Larga .....	8
1.3. Scopo del procedimento .....	9
<b>2. GENERALITÀ SULLE FIBRE OTTICHE .....</b>	<b>10</b>
<b>3. STANDARD DEI CAVI IN FIBRA SECONDO I PRINCIPALI ORGANISMI DI STANDARDIZZAZIONE INTERNAZIONALI E NAZIONALI .....</b>	<b>11</b>
3.1. ITU .....	12
3.2. IEC .....	14
3.3. CEI .....	15
3.4. IEEE .....	17
<b>4. ESPERIENZE INTERNAZIONALI IN MATERIA DI DEFINIZIONE DEGLI STANDARD PER LE FIBRE OTTICHE.....</b>	<b>17</b>
4.1. Austria .....	17
4.2. Finlandia.....	20
4.3. Francia.....	21
4.4. Portogallo .....	24
4.5. Regno Unito .....	26
4.6. Spagna .....	27
4.7. Svizzera .....	28
4.8. Conclusioni sulle esperienze internazionali in materia di definizione degli <i>standard</i> per le fibre ottiche .....	30
<b>5. LE INFORMAZIONI ACQUISITE DALL'AUTORITÀ NELLA FASE PREISTRUTTORIA .....</b>	<b>31</b>
5.1. Normativa europea e/o internazionale di riferimento .....	31
5.2. Livelli qualitativi e prestazionali .....	32
5.3. Differenze tra le diverse tratte di rete .....	33
5.4. Differenze tra le tecnologie di realizzazione delle reti in fibra ottica .....	34
5.5. <i>Standard</i> tecnici in uso da parte degli operatori .....	35
5.6. Impatti tecnici ed economici.....	36
5.7. Costi di approvvigionamento, installazione e manutenzione.....	38

5.8.	Conclusioni sulle informazioni acquisite dall’Autorità nella fase preistruttoria.....	38
<b>6.</b>	<b>PROPOSTA DI DEFINIZIONE DEGLI STANDARD TECNICI PER LA REALIZZAZIONE DELL’INFRASTRUTTURA DI RETE IN FIBRA OTTICA .....</b>	<b>38</b>
6.1.	Adeguati livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività.....	39
6.2.	Architettura di riferimento della rete .....	40
6.3.	Normativa tecnica di riferimento.....	43
6.3.1.	Normativa tecnica internazionale.....	43
6.3.2.	Normativa tecnica di riferimento applicata nei Bandi pubblici.....	46
6.4.	Principali standard ITU-T per le fibre ottiche monomodali .....	46
6.4.1.	ITU-T G.652 – Characteristics of a single-mode optical fibre and cable .....	47
6.4.2.	ITU-T G.654 – Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable.....	47
6.4.3.	ITU-T G.655 – Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.....	48
6.4.4.	ITU-T G.657 – Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable.....	48
6.5.	<i>Standard</i> tecnici per i cavi in fibra ottica a cui devono attenersi gli aggiudicatari dei bandi per la realizzazione dell’infrastruttura di rete.....	49
6.5.1.	Cavi in fibra ottica .....	49
6.5.2.	Fibre ottiche per le diverse tratte di rete.....	52
6.5.2.1	Backhauling .....	52
6.5.2.2	Rete ottica primaria e secondaria.....	53
6.5.2.3	Cablaggio dell’edificio .....	53

## 1. IL QUADRO REGOLAMENTARE DI RIFERIMENTO

### 1.1. La legge 1° febbraio 2023, n. 10

1. La legge 1° febbraio 2023, n. 10, recante “*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 dicembre 2022, n. 187, recante misure urgenti a tutela dell’interesse nazionale nei settori produttivi strategici*”, ha previsto che (enfasi aggiunta):

*Dopo l’articolo 2 è inserito il seguente:*

*«Art. 2-bis. - (Misure a tutela degli interessi nazionali nel settore delle comunicazioni) - 1. In considerazione del carattere strategico dell’infrastruttura di rete in fibra ottica e al fine di assicurare l’interesse nazionale ad una rete che garantisca servizi altamente performanti in banda larga e ultra larga, all’articolo 1, comma 6, lettera a), della legge 31 luglio 1997, n. 249, dopo il numero 4) è inserito il seguente:*

*"4-bis) sentito il parere del Ministero delle imprese e del made in Italy e nel rispetto della normativa europea e internazionale, [l’Autorità per le garanzie nelle comunicazioni] individua, per i cavi in fibra ottica, gli standard tecnici a cui devono attenersi gli aggiudicatari dei bandi per la realizzazione dell’infrastruttura di rete, in modo da assicurare adeguati livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività".*

*2. Le disposizioni di cui all’articolo 1, comma 6, lettera a), numero 4-bis), della legge 31 luglio 1997, n. 249, come introdotto dal comma 1 del presente articolo, si applicano ai bandi pubblicati successivamente alla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto».*

2. La legge 1° febbraio 2023, n. 10, modifica pertanto la legge 31 luglio 1997, n. 249, istitutiva dell’Autorità, attribuendo a quest’ultima una nuova competenza in materia di definizione degli *standard* tecnici per la realizzazione dell’infrastruttura di rete in fibra ottica da parte degli aggiudicatari di bandi per lo sviluppo di reti a banda larga finanziate con aiuti di Stato.

### 1.2. La disciplina degli aiuti di Stato a favore delle reti a banda larga

3. La connettività costituisce una componente fondamentale della trasformazione digitale e riveste un’importanza strategica per la crescita e l’innovazione in tutti i settori economici dell’Unione europea (UE) e ai fini della coesione sociale e territoriale. La Commissione europea (CE) ha fissato obiettivi ambiziosi in materia di connettività dapprima con la Comunicazione del 2016 sulla Connettività per un mercato unico digitale

europeo (“*Gigabit Society*”<sup>1</sup>) e successivamente rafforzati con la Comunicazione del 2021 sul decennio digitale (“*Digital compass*”<sup>2</sup>); tali obiettivi sono confluiti nella recente Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il programma strategico per il 2030 “*Percorso per il decennio digitale*”<sup>3</sup> che rappresenta la concretizzazione della proposta del *Digital Compass* e istituisce un meccanismo di cooperazione tra le istituzioni dell’Unione europea e gli Stati membri, finalizzato a conseguire una serie di obiettivi digitali vincolanti, che corrispondono ai quattro punti cardinali individuati nella citata Comunicazione, identificati come i quattro settori fondamentali per la trasformazione digitale dell’Unione: competenze digitali; infrastrutture digitali; digitalizzazione delle imprese; digitalizzazione dei servizi pubblici.

4. Per quanto attiene alle infrastrutture digitali, la Decisione prevede che “*la rete gigabit fino al punto terminale sia estesa a tutti gli utenti finali di rete fissa e tutte le zone abitate siano coperte da reti senza fili di prossima generazione ad alta velocità con prestazioni almeno equivalenti al 5G, conformemente al principio della neutralità tecnologica*”. Il conseguimento di tali obiettivi richiede investimenti adeguati: gli investitori privati costituiscono la prima fonte di investimento, che all’occorrenza può essere integrata da fondi pubblici nel rispetto delle norme sugli aiuti di Stato.

5. La normativa di settore è stata recentemente aggiornata con la Comunicazione della CE “*Orientamenti in materia di aiuti di Stato a favore delle reti a banda larga*”<sup>4</sup> (“Orientamenti”), dove si definiscono le modalità con cui la Commissione valuterà le misure di aiuto di Stato notificate dagli Stati membri a sostegno della diffusione e dell’adozione di reti a banda larga nell’UE.

6. I nuovi Orientamenti riflettono gli attuali sviluppi normativi, di mercato e tecnici e, conseguentemente, rispetto ai precedenti Orientamenti del 2013<sup>5</sup>, sono state riviste le soglie di intervento: gli Stati membri possono sostenere gli investimenti in reti fisse in aree in cui non è probabile che il mercato fornisca agli utenti finali una velocità di *download* di almeno 1 Gbps e una velocità di *upload* di almeno 150 Mbps; inoltre, per la prima volta, gli orientamenti forniscono anche un quadro di riferimento per la valutazione degli aiuti alla diffusione delle reti mobili e al potenziamento delle reti di *backhaul*, oltre a fornire criteri per la valutazione di misure di sostegno alla domanda.

7. Per individuare la necessità di un intervento statale in una determinata area, gli Stati membri devono verificare, sulla base di una mappatura particolareggiata e di una consultazione pubblica, le prestazioni delle reti fisse di accesso, delle reti mobili di

---

<sup>1</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0587>

<sup>2</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0118>

<sup>3</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022D2481>

<sup>4</sup> [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023XC0131\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023XC0131(01))

<sup>5</sup> <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2013:025:0001:0026:IT:PDF>

accesso o delle reti di *backhauling* esistenti nell'area interessata o delle quali è programmata in modo credibile la realizzazione nell'orizzonte temporale di riferimento.

8. Gli aiuti devono rispettare il principio di neutralità tecnologica e devono essere concessi sulla base di una procedura di selezione su base competitiva aperta, trasparente e non discriminatoria, in linea con i principi in materia di appalti pubblici.

9. Affinché l'aiuto sia appropriato, le reti fisse o mobili finanziate dallo Stato devono presentare caratteristiche notevolmente più avanzate rispetto alle reti esistenti, inducendo pertanto un "*salto di qualità*" (*step change*) che si ottiene se, a seguito dell'intervento statale, sono soddisfatte le condizioni seguenti: a) lo sviluppo della rete fissa o mobile finanziata dallo Stato rappresenta un nuovo, ingente investimento; e b) la rete finanziata dallo Stato apporta al mercato nuove capacità di rilievo in termini di disponibilità, capacità, velocità e concorrenza dei servizi a banda larga.

### **1.2.2. Il ruolo delle Autorità Nazionali di Regolamentazione (ANR) nella progettazione degli interventi statali**

10. Il ruolo delle ANR nella progettazione degli interventi statali più appropriati a sostegno delle reti a banda larga è particolarmente importante. Le ANR hanno acquisito conoscenze e competenze tecniche grazie al ruolo cruciale loro assegnato dalla regolamentazione settoriale e sono nella posizione migliore per sostenere le autorità pubbliche per quanto riguarda la progettazione degli interventi statali.

11. Gli Stati membri sono incoraggiati a coinvolgere sistematicamente le ANR nella progettazione, nell'attuazione e nel monitoraggio degli interventi statali e, in particolare, ma non solo, per a) l'individuazione delle aree bersaglio (mappatura e consultazione pubblica), b) la valutazione del rispetto degli obblighi di "*step change*" c) i meccanismi di risoluzione dei conflitti, anche in caso di controversie relative a uno qualsiasi di tali aspetti.

12. In considerazione della particolare competenza delle ANR sui mercati nazionali, gli Stati membri devono consultare le ANR che si trovano nella posizione migliore per quanto riguarda: a) i prodotti, le condizioni e i prezzi di accesso all'ingrosso e b) le infrastrutture esistenti soggette a regolamentazione *ex ante*. Laddove l'ANR è stata investita delle competenze necessarie per partecipare agli interventi statali per lo sviluppo di reti a banda larga, lo Stato membro dovrebbe inviare all'ANR una descrizione dettagliata delle misure di aiuto, almeno 2 mesi prima della notifica degli aiuti di Stato, per consentire all'ANR di disporre di un periodo di tempo ragionevole per fornire il proprio parere.

### **1.2.3. Il ruolo di Agcom nella Strategia italiana per la banda Ultra Larga**

13. Si richiama che sin dal 2021 l’Autorità è coinvolta nell’attuazione della “*Strategia italiana per la Banda Ultra Larga - Verso la Gigabit Society*”<sup>6</sup>, approvata il 25 maggio 2021 dal Comitato interministeriale per la transizione digitale che, in attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza, definisce le azioni necessarie al raggiungimento degli obiettivi di trasformazione digitale indicati dalla Commissione europea con la Comunicazione “*Gigabit Society*” e con la Comunicazione “*Digital compass*” e dei relativi Piani di intervento ivi contenuti, con particolare riguardo al Piano “*Italia a 1 Giga*”<sup>7</sup> e al Piano “*Italia 5G*”<sup>8</sup>.

14. Nello specifico, l’Autorità con la delibera n. 406/21/CONS, a seguito di consultazione pubblica, ha adottato le Linee guida che identificano le condizioni di accesso *wholesale* alle reti a banda ultra-larga destinate di contributi pubblici mediante il modello di intervento ad incentivo, mentre con la delibera n. 67/22/CONS, a valle della consultazione pubblica, ha adottato l’integrazione per le reti 5G alle Linee guida suddette che identifica le condizioni di accesso *wholesale* alle reti 5G a banda ultra-larga destinate di contributi pubblici mediante il modello di intervento ad incentivo. Tali delibere hanno rappresentato la base regolamentare – per quanto attiene alla definizione delle condizioni di accesso all’ingrosso alla rete sussidiata e dei prezzi massimi dei servizi essenziali richiesti dal bando – rispetto alla quale, ai sensi degli Orientamenti 2013 allora vigenti, sono stati definiti i bandi per la concessione degli Aiuti di Stato conferiti nell’ambito del Piano “*Italia a 1 Giga*” e del Piano “*Italia 5G*”.

15. Da ultimo, si segnala che l’Autorità ha valutato, ai sensi delle suddette Linee guida e della documentazione tecnica di gara, le proposte di Listini presentate dagli aggiudicatari dei bandi relativi alle gare indette dalla Stazione appaltante (Infratel Italia S.p.A.) in attuazione dei suddetti due Piani di intervento.

### 1.3. Scopo del procedimento

16. Alla luce di quanto richiamato e ai sensi di quanto previsto dalla legge 1° febbraio 2023, n. 10, l’Autorità intende:

---

<sup>6</sup> <https://assets.innovazione.gov.it/1622021525-strategia-bul.pdf>

<sup>7</sup> Con il Piano “*Italia a 1 Giga*” il Governo italiano ha previsto di garantire la connettività ad almeno 1 Gbit/s in *download* e 200 Mbit/s in *upload* alle unità immobiliari che, a seguito della mappatura delle infrastrutture presenti o pianificate al 2026 dagli operatori di mercato, sono risultate non coperte da almeno una rete in grado di fornire in maniera affidabile velocità di connessione in *download* pari o superiori a 300 Mbit/s.

<sup>8</sup> Con il Piano “*Italia 5G*” il Governo italiano si è posto l’obiettivo di incentivare la diffusione di reti mobili 5G in grado di assicurare un significativo salto di qualità della connettività radiomobile mediante rilegamenti in fibra ottica delle stazioni radio base (Primo Intervento “*5G Backhaul*”) e la densificazione delle infrastrutture di rete (Secondo Intervento “*5G Densificazione*”), al fine di garantire la velocità ad almeno 150 Mbit/s in *downlink* e 30 Mbit/s in *uplink*, in aree in cui non è presente, né lo sarà entro il 2026, alcuna rete idonea a fornire connettività a 30 Mbit/s in tipiche condizioni di punta del traffico.

- a) definire gli *adeguati livelli qualitativi* e le *prestazioni elevate di connettività*;
- b) in modo corrispondente identificare, *per i cavi in fibra ottica, gli standard tecnici a cui devono attenersi gli aggiudicatari dei bandi per la realizzazione dell'infrastruttura di rete.*

## 2. GENERALITÀ SULLE FIBRE OTTICHE

17. La presente sezione fornisce una descrizione generale delle principali caratteristiche delle fibre ottiche. Per una trattazione approfondita si può fare riferimento al rapporto tecnico ITU-T “*Optical fibres, cables and systems*”<sup>9</sup> che, affrontando le principali tematiche legate alle applicazioni delle fibre ottiche, descrive in maniera funzionale le Raccomandazioni elaborate dall’*International Telecommunication Union* (cfr. par. 3.1) e illustra come queste ultime indirizzino le suddette tematiche in termini di definizione delle caratteristiche di fibre e cavi ottici, interfacce ottiche fisiche, sistemi di cavi terrestri e sottomarini in fibra ottica.

18. Con fibra ottica si intende un materiale realizzato in modo da condurre al proprio interno la radiazione luminosa ed agendo, pertanto, come una guida d’onda. La fibra ottica è composta da due strati concentrici: un nucleo cilindrico centrale (*core*) e un mantello (*cladding*) che lo circonda. La luce inserita nel *core* entro un certo angolo (angolo limite) si propaga per riflessione sulla superficie di separazione tra *core* e *cladding* sfruttandone il diverso indice di rifrazione; in base alla modalità con cui la luce si propaga all’interno della fibra, la prima grande differenziazione che si può apprezzare è tra fibre ottiche multimodali e monomodali.

19. Nelle fibre ottiche multimodali, la luce all’interno del nucleo può seguire diversi percorsi di riflessione. Seguendo percorsi diversi e quindi percorrendo distanze diverse, i “modi” arrivano all’estremità della fibra ottica in tempi diversi con perdita di coerenza e conseguente dispersione (*spreading*) dell’impulso luminoso trasmesso dalla sorgente. Tale effetto limita la massima velocità di trasmissione ottenibile nelle fibre multimodali.

20. Riducendo il diametro del nucleo, si riduce il numero di modi di riflessione. Nelle fibre ottiche monomodali, la luce all’interno del nucleo segue un unico percorso di riflessione e non si genera il fenomeno dello *spreading*, consentendo quindi di coprire maggiori distanze e di ridurre le interferenze rispetto alle fibre multimodali, dove la trasmissione contemporanea di più impulsi luminosi produce rumore e attenuazione, con conseguente deterioramento del segnale.

---

<sup>9</sup> ITU-T (2015), *Technical Report on Optical fibres, cables and systems*. <https://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2015-OFCS>

21. Di contro, gli apparati elettronici necessari all'inserimento della luce nel *core* sono tipicamente più costosi rispetto al caso multimodale in quanto è richiesta una maggiore precisione.

22. Infatti, mentre il diametro del *cladding* è pari a 125  $\mu\text{m}$  per entrambe le tipologie, il diametro del *core* è pari per le fibre ottiche multimodali a 50  $\mu\text{m}$  e per quelle monomodali tra 8 e 10  $\mu\text{m}$ .

23. Le fibre ottiche sono generalmente definite in termini di caratteristiche geometriche, ottiche, trasmissive e meccaniche.

24. La seguente tabella elenca i principali attributi per le fibre ottiche, per i cavi e per i *link* (cavi concatenati).

Attributo	Descrizione	Unità	Rilevante per fibre monomodali	Rilevante per fibre multimodali
Fibre ottiche				
Diametro del core		$\mu\text{m}$	---	Sì
Diametro del cladding		$\mu\text{m}$	Sì	Sì
Lunghezza d'onda di cut-off	Minima lunghezza d'onda alla quale è possibile la propagazione in singolo-modo	nm	Sì	---
Macrobending loss	Perdita rilevabile sotto diversi raggi di curvatura, numero di spire e lunghezze d'onda per valutare le prestazioni di flessione delle fibre ottiche	dB o dB/curva	Sì	Sì
Microbending loss	Perdita di potenza dovuta a micro-curvature presenti tra <i>core</i> e <i>cladding</i>	dB/km	Sì	Sì
Cavi				
Coefficiente di attenuazione	Attenuazione per unità di lunghezza nel caso di fibre ottiche uniformi	dB/km	Sì	Sì
Link				
Attenuazione	Perdita di potenza ottica tra due sezioni trasversali della fibra ottica	dB	Sì	---
Dispersione cromatica	Dispersione dell'impulso luminoso causata dalle diverse velocità alle diverse lunghezze d'onda che compongono lo spettro della sorgente luminosa	ps/nm	Sì	---

### **3. STANDARD DEI CAVI IN FIBRA SECONDO I PRINCIPALI ORGANISMI DI STANDARDIZZAZIONE INTERNAZIONALI E NAZIONALI**

25. Nel seguito della sezione si rappresenta sinteticamente l'attività dei principali enti ed organismi che, in ambito internazionale e nazionale, si occupano di elaborare norme e

*standard* per le fibre ottiche e i cavi che le contengono, rimandando alla sezione 6 per un'analisi comparativa tra le diverse nomenclature adottate e le caratteristiche individuate dai differenti organismi all'interno delle specifiche norme.

### 3.1. ITU

26. L'Unione Internazionale per le Telecomunicazioni (ITU – *International Telecommunication Union*) è l'agenzia delle Nazioni Unite specializzata nel campo delle telecomunicazioni e delle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni (ICT). Il settore ITU per la standardizzazione (ITU-T) è un organo permanente dell'ITU responsabile dell'analisi di aspetti tecnici, operativi ed economici. L'ITU-T adotta, a tale riguardo, Raccomandazioni al fine di standardizzare le telecomunicazioni a livello mondiale.

27. Nell'ambito del settore “*Transmission media and optical systems characteristics*”, le Raccomandazioni che trattano i cavi in fibra ottica appartengono alla serie G.650-G.659<sup>10</sup>:

---

<sup>10</sup> ITU-T. *Transmission systems and media, digital systems and networks*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en>

Raccomandazione	Descrizione
G.650	Definition and test methods for the relevant parameters of single-mode fibres
G.650.1	Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable
G.650.2	Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable
G.650.3	Test methods for installed single-mode optical fibre cable links
G.651	Characteristics of a 50/125 $\mu\text{m}$ multimode graded index optical fibre cable
G.651.1	Characteristics of a 50/125 $\mu\text{m}$ multimode graded index optical fibre cable for the optical access network
G.652	Characteristics of a single-mode optical fibre and cable
G.653	Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fibre and cable
G.654	Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable
G.655	Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable
G.656	Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport
G.657	Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable

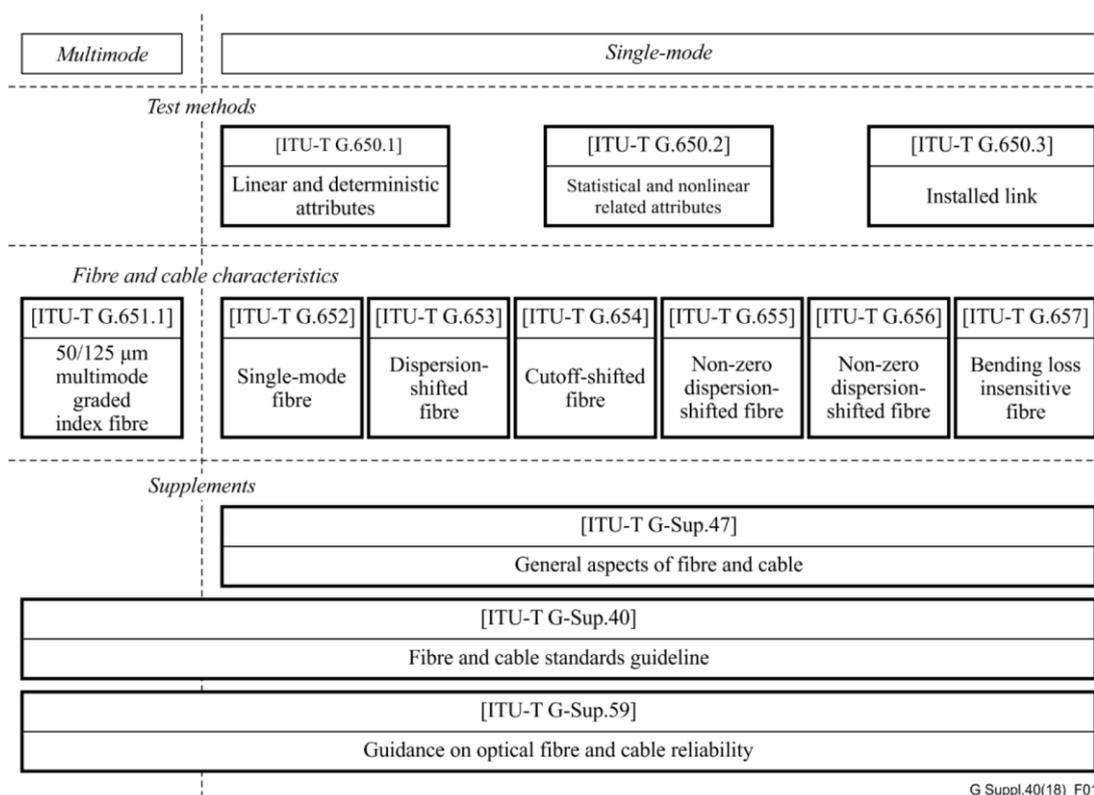
28. Le definizioni e i metodi di prova di fibre e cavi monomodali sono descritti nella serie di Raccomandazioni ITU-T G.650.x. Nello specifico, ITU-T G.650.1 copre le definizioni e i metodi di prova per i parametri lineari e deterministici di una fibra monomodale, mentre le definizioni e i metodi di prova per i parametri statistici e non lineari correlati ad una fibra monomodale sono descritti in ITU-T G.650.2. Inoltre, ITU-T G.650.3 descrive i metodi di prova relativi a un collegamento realizzato con un cavo in fibra ottica monomodale.

29. Le caratteristiche delle fibre ottiche e dei cavi sono specificate nella serie di Raccomandazioni ITU-T G.651 – G.657. La Raccomandazione ITU-T G.651.1 descrive le specifiche che deve soddisfare la fibra multimodale da 50/125  $\mu\text{m}$  per la rete di accesso ottica, mentre le ulteriori serie di Raccomandazioni ITU-T G.652, ITU-T G.653, ITU-T G.654, ITU-T G.655, ITU-T G.656 e ITU-T G.657 specificano le caratteristiche dei vari tipi di fibre e cavi monomodali.

30. Le Raccomandazioni possono pertanto essere classificate sulla base di diverse dimensioni:

- a) la tipologia di fibra ottica (monomodale o multimodale);
- b) lo scopo della Raccomandazione (definizione di caratteristiche, metodi di misura, annessi tecnici).

31. Per una più immediata comprensione, le diverse Raccomandazioni possono essere rappresentate in forma sinottica come nella figura seguente<sup>11</sup>, la quale chiarisce quale Raccomandazione si applica in funzione della tipologia di fibra ottica e di obiettivo dello *standard*:



**Figura 1 - Relazioni tra le Raccomandazioni ITU-T in materia di fibre e cavi ottici (fonte: ITU-T, *G-series Recommendation – Supplement 40*).**

32. In alcune aree ICT che rientrano nell'ambito di competenza dell'ITU-T, gli *standard* necessari allo scopo sono predisposti in collaborazione con gli organismi ISO e IEC.

### 3.2. IEC

<sup>11</sup> ITU-T, *G-series Recommendation – Supplement 40, Optical fibre and cable Recommendations and standards guideline* (2018), <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/recommendation.asp?lang=en&parent=T-REC-G.Sup40>

33. La Commissione elettrotecnica internazionale (IEC – *International Electrotechnical Commission*) è un’organizzazione internazionale per la definizione di *standard* in materia di elettricità, elettronica e tecnologie correlate.

34. Nell’ambito di IEC, è presente il comitato tecnico TC 86 il cui obiettivo è definire gli *standard* per i sistemi in fibra ottica, moduli, dispositivi e componenti utilizzati principalmente negli apparati di trasmissione. Tale attività riguarda la definizione della terminologia, delle caratteristiche, dei test, dei metodi di misura e calibrazione, delle interfacce funzionali, dei requisiti ottici, ambientali e meccanici per assicurare prestazioni affidabili dei sistemi.

35. All’interno del TC 86, il sottocomitato SC 86A si occupa di definire gli *standard* internazionali per le fibre ottiche e i cavi ottici per tutte le comunicazioni. Le attività di definizione, ereditate dal TC 86, sono applicate a tutte le tipologie di fibre ottiche monomodali e multimodali, ai cavi ottici da interno e da esterno, al fine di assicurare prestazioni affidabili dei sistemi.

36. In particolare, il documento IEC 60793-2, nella versione del 2019, redatto dal sottocomitato SC 86A, contiene le specifiche generali per le fibre ottiche monomodali e multimodali<sup>12</sup>:

Document ID	Fibre category/class	Cladding material	Core material	Index profile
IEC 60793-2-10	A1 multimode	Glass	Glass	Graded
IEC 60793-2-20	A2 multimode	Glass	Glass	Quasi-step or step
IEC 60793-2-30	A3 multimode	Plastic	Glass	Step or graded (under
IEC 60793-2-40	A4 multimode	Plastic	Plastic	Step, multi-step or graded
IEC 60793-2-50	B single-mode	Glass	Glass	Not applicable
IEC 60793-2-60	C single-mode	Glass	Glass	Not applicable
IEC 60793-2-70	D polarization-maintaining	Glass	Glass	Not applicable

### 3.3. CEI

37. Il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) è un’associazione di diritto privato, senza scopo di lucro, responsabile in ambito nazionale della normazione tecnica in campo

---

<sup>12</sup> IEC (2019). *IEC 60793-2:2019 Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*. <https://webstore.iec.ch/publication/63390>

elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni, con la partecipazione diretta, su mandato dello Stato italiano, nelle corrispondenti organizzazioni di normazione europea (CENELEC – *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*) e internazionale (IEC – *International Electrotechnical Commission*).

38. Riconosciuto dallo Stato italiano e dall'Unione europea, il CEI propone, elabora, pubblica e divulga Norme Tecniche che costituiscono il riferimento per la presunzione di conformità alla “regola dell’arte” di prodotti, processi, sistemi e impianti elettrici. La Legge italiana del 1° marzo 1968, n. 186, stabilisce infatti che *“Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d’arte”* e che gli stessi *“realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d’arte”*.

39. Le norme CEI, in larga maggioranza recepimenti di documenti normativi internazionali, costituiscono anche uno strumento per soddisfare le prescrizioni di natura obbligatoria previste dalla legislazione nazionale ed europea. Il processo di normazione nasce per rispondere a specifiche esigenze espresse dal mercato di disporre di riferimenti condivisi a livello nazionale (oltre che europeo o internazionale) e si sviluppa nell’ambito dei circa 140 Comitati Tecnici (CT), alcuni articolati anche in Sottocomitati (SC), finalizzati alla predisposizione e al continuo aggiornamento alla “regola dell’arte” delle norme CEI nel campo di loro competenza.

40. Nel caso dei cavi in fibra ottica e dei componenti attivi e passivi per la trasmissione del segnale, la competenza generale è del CT 86, mentre per cavi e fibre ottiche si fa riferimento al SC 86A, il quale partecipa alle attività internazionali sia in ambito IEC/CENELEC che in ambito ITU-T/ETSI.

41. Tra le norme tecniche di interesse per il presente procedimento, si richiamano le Linee guida CEI 306-2 *“Guida al cablaggio per le comunicazioni elettroniche negli edifici residenziali”* e 64-100 parti 1/2/3 *“Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni”*, richiamate dall’art. 135-bis recante *“Norme per l’infrastrutturazione digitale degli edifici”* del *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”* (D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380). Inoltre, si segnalano le norme della serie EN 50173 relative ai *“Sistemi di cablaggio strutturato”*, le norme della serie EN 61754 riguardanti i *“Dispositivi di interconnessione e componenti passivi per fibre ottiche - Interfacce di connettori per fibre ottiche”* e della serie EN 61755 riguardanti i *“Dispositivi di interconnessione e componenti passivi per fibre ottiche - Interfacce ottiche di connettori per fibre ottiche monomodali”*.

42. Per le specifiche di prodotto e i metodi di misura e di prova delle fibre ottiche, il riferimento è costituito dalla serie di norme EN 60793; mentre per i cavi in fibra ottica il riferimento generale è alle serie EN 60794, in cui si definiscono, tra l’altro, le procedure di prova fondamentali, i principali elementi costitutivi dei cavi ottici e i requisiti per il loro impiego da interno o da esterno.

### 3.4. IEEE

43. L’*“Institute of Electrical and Electronics Engineers”* (IEEE) è la più grande associazione internazionale di scienziati professionisti con l’obiettivo di promuovere le scienze tecnologiche. Lo IEEE è composto da 39 società e 7 comitati tecnici, divisi per gruppi settoriali specifici e pubblica a livello mondiale circa un terzo della letteratura tecnica nei campi dell’ingegneria elettrica, elettronica, informatica e delle telecomunicazioni.

44. Tra i principali *standard* internazionali elaborati dall’*IEEE Standards Association* si annovera la famiglia di protocolli *standard* IEEE 802 per la trasmissione di dati a pacchetti di dimensione variabile su reti di telecomunicazioni realizzate con diversi mezzi fisici, tra cui spiccano le reti *Ethernet* (802.3) e le *Wireless LAN* (802.11); all’interno dello *standard* 802.3 per quanto attiene i requisiti previsti per i cavi in fibra ottica, questi risultano soddisfatti, a seconda delle configurazioni di rete, dalle fibre che rispondono agli *standard* IEC 60793-2 Type B1.1 (*dispersion un-shifted SMF*) o Type B1.3 (*low water peak SMF*) ovvero agli *standard* ITU-T G.652 o ITU-T G.657 mentre, per quanto attiene alle specifiche per il cablaggio strutturato degli edifici, il riferimento generale è la norma ISO/IEC 11801.

## 4. ESPERIENZE INTERNAZIONALI IN MATERIA DI DEFINIZIONE DEGLI STANDARD PER LE FIBRE OTTICHE

45. Nel mese di aprile 2023, l’Autorità ha trasmesso alle NRA europee partecipanti al Berc un questionario finalizzato ad acquisire informazioni su eventuali esperienze internazionali inerenti alla definizione degli *standard* per le fibre ottiche.

46. Hanno risposto al questionario 19 autorità (Austria, Cipro, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Lussemburgo, Norvegia, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Repubblica Slovacca, Romania, Serbia, Slovenia, Spagna, Svizzera, Ungheria), di cui 9 (Austria, Cipro, Finlandia, Francia, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Spagna, Svizzera) hanno rappresentato di aver svolto attività in merito. Nel seguito si descrivono le principali esperienze internazionali acquisite dall’Autorità.

### 4.1. Austria

47. In Austria il Ministero federale dei Trasporti, dell’Innovazione e della Tecnologia ha definito in una guida tecnica<sup>13</sup> gli *standard* che devono essere adottati nei progetti di

---

<sup>13</sup> Guida tecnica consultabile al link: [https://www.sfg.at/wp-content/uploads/2020/05/zukunftvernetzen\\_verlegeleitfaden-bundesministerium.pdf](https://www.sfg.at/wp-content/uploads/2020/05/zukunftvernetzen_verlegeleitfaden-bundesministerium.pdf)

realizzazione delle reti in fibra ottica finanziati da aiuti di Stato<sup>14</sup>. L'obiettivo della strategia per la banda larga del Ministero prevedeva di garantire una velocità di trasmissione di almeno 100 Mbit/s a livello nazionale entro il 2020. La guida tecnica redatta dal Ministero è altresì finalizzata a raggiungere un livello minimo di standardizzazione al fine di facilitare la cooperazione tra i proprietari dell'infrastruttura e gli operatori di rete.

48. Nella guida tecnica, la rete è considerata suddivisa in tre porzioni logiche: l'area di accesso ("Access Network"), l'area *feeder* ("Backhaul Network") e l'area *core* ("Core Network"). La guida tecnica è limitata alla "Access Network".

49. La guida affronta in modo approfondito gli aspetti legati alle opere civili, anche al fine di ridurre i costi di realizzazione dell'infrastruttura. In via generale, la guida raccomanda di progettare le infrastrutture di posa come infrastrutture "neutre", ossia in grado di supportare sia architetture punto-punto (P2P) sia punto-multipunto (P2MP).

50. Per la posa di nuove linee nella tratta *feeder*, la guida consiglia di utilizzare fasci di microtubi interrati per l'infilaggio delle fibre ottiche. Ciò consente anche di creare diramazioni verso altre sezioni della rete con costi contenuti. La guida richiede l'utilizzo di una dimensione del tubo di 14 mm con uno spessore della parete di almeno 2 mm. Dovrebbe inoltre essere prevista una capacità *spare* per i futuri sistemi di comunicazione mobile (5G).

51. Per la sezione di rete in ingresso alle abitazioni, la guida consiglia di utilizzare solo fasci di microtubi sotterranei. Il più comunemente usato è un microtubo con diametro di 7 o 10 mm. Nelle zone a bassa densità edilizia sono consigliati microtubi da 10 mm.

52. Per quanto concerne le tecnologie per le fibre ottiche, la guida specifica che nelle reti di accesso dovrebbero essere utilizzate solo fibre monomodali le quali presentano bassa attenuazione. Le caratteristiche della fibra ottica sono specificate negli *standard* internazionali ITU e IEC. A tale riguardo vengono indicati solo due tipi di fibra monomodale standardizzati:

Tipo di fibra	Codifica ITU	Codifica IEC
Cavo esterno	G.652.D	CEI 60793-2-50 B1.3
Cavo esterno	G.657.A	CEI 60793-2-50 B6.a
Cavo interno	G.657.A	CEI 60793-2-50 B6.a

53. La guida specifica che lo *standard* G.657.A si applica sia a G.657.A1 che a G.657.A2 (con proprietà di flessione ancora migliori). Le fibre ottiche G.657.B2 e

---

<sup>14</sup> Ulteriori *standard* sono stati definiti per il cablaggio interno agli edifici.

G.657.B3, ottimizzate per la curvatura, non devono tuttavia essere utilizzate al fine di evitare possibili incompatibilità con le fibre G.652.D.

54. Sono consigliate sia le fibre G.652.D sia G.657.A1, poiché soddisfano i requisiti dei cavi sia per esterni sia per interni e si armonizzano bene anche con le fibre più datate. Queste fibre offrono anche un'attenuazione ridotta e sono già ottimizzate per i futuri sistemi di trasmissione ad alta velocità.

55. Sono inoltre fornite ulteriori indicazioni rispetto a:

a) **raggio di curvatura.** Se il raggio di curvatura della fibra scende al di sotto del valore minimo, la riflessione totale non ha più luogo sul rivestimento con conseguente dispersione di parte della luce e aumento dell'attenuazione. Grazie alle nuove tipologie di fibre ottiche sviluppate dai produttori appositamente per le installazioni domestiche FTTH (G.657.A1 e G.657.A2), meno sensibili alla flessione, è possibile garantire una trasmissione quasi senza perdite anche con raggi di curvatura inferiori a 10 mm. I raggi di curvatura minimi sono:

- i) G.652.D: 30 mm
- ii) G.657.A1: 10 mm
- iii) G.657.A2: 7,5 mm

b) **Attenuazione.** Secondo la specifica ITU, le perdite per attenuazione delle fibre monomodali sono al massimo di 0,4 dB/km a 1.310 nm e 0,4 dB/km a 1.550 nm. Ciò consente di realizzare reti P2P con collegamenti in fibra fino a 70 km. Nelle reti P2MP, la distanza massima è ridotta a causa della presenza degli *splitter* ottici. Per i cavi interni con fibre ITU-T G.657.A, considerate le brevi distanze in gioco, l'attenuazione risulta essere un fenomeno trascurabile.

56. In merito ai cavi in fibra ottica, la guida richiama che questi hanno il compito di proteggere le fibre dagli effetti ambientali. Per tale motivo, viene fatta una distinzione fondamentale tra i cavi per esterni e quelli per interni, in quanto devono soddisfare requisiti diversi. I cavi per esterni sono costruiti e dimensionati in modo tale da soddisfare tutti i requisiti relativi alle canaline per cavi: elevata resistenza alla trazione, protezione longitudinale dall'acqua, ecc. I relativi metodi di prova sono specificati nella norma IEC 60794-1-2. I cavi per interni sono ottimizzati per la posa negli edifici in cui la protezione antincendio è di grande importanza: bassa propagazione del fuoco, basso sviluppo di fumo, assenza di alogeni.

57. Nelle reti FTTH si utilizzano i seguenti tre tipi di cavi esterni in fibra ottica:

- a) **Cavo interrato:** ha un diametro esterno fino a 18 mm e contiene fino a 432 fibre. È utilizzato prevalentemente nella sezione *feeder* in canaline di protezione cavi, canaline per cavi e microtubi;
- b) **Minicavo per linee principali:** ha un diametro esterno superiore a 4-12 mm e contiene da 48 a 288 fibre. È ottimizzato per il soffiaggio nei microtubi;

- c) **Microcavo per ingresso negli edifici:** ha un diametro esterno inferiore a 4 mm con un numero di fibre compreso tra 2 e 48. È ottimizzato per il soffiaggio nei microtubi.

#### 4.2. Finlandia

58. In Finlandia, l'ANR ha emanato a fine 2022 un Regolamento<sup>15</sup> che si applica alle reti e ai sistemi di comunicazione interna degli immobili residenziali o ad uso ufficio e degli immobili pubblici, in caso di nuova realizzazione o di ampliamento di edifici esistenti. Il Regolamento, focalizzato sulle reti interne e i locali apparati ad esse necessari e funzionali, ne stabilisce i requisiti in termini di struttura, qualità tecnica, prestazioni e affidabilità, sicurezza e protezione, ispezioni e collaudi, documentazione. Il Regolamento è vincolante per progettisti, costruttori, sviluppatori, proprietari e gestori di reti interne; nonché per gli appaltatori delle società di telecomunicazioni.

59. Il Regolamento è implementato in accordo con la normativa EN 50173 che disciplina i cablaggi strutturati e non si applica alla rete pubblica di comunicazione di un operatore di telecomunicazioni.

60. Tra i requisiti previsti per il cablaggio ottico degli edifici, a partire dal punto di terminazione della rete pubblica dell'operatore (i.e. distributore primario), questo deve essere implementato installando almeno quattro fibre ottiche monomodali per ogni appartamento. Inoltre, dal distributore di edificio a ciascun eventuale distributore secondario devono essere installate almeno sei fibre ottiche monomodali.

61. Nelle proprietà residenziali, l'attenuazione dei collegamenti permanenti del cablaggio ottico nelle lunghezze d'onda di 1.310 nm e 1.550 nm non deve essere superiore a:

- a) 1,2 dB, se la lunghezza del collegamento permanente è  $\leq 250$  m
- b) 1,4 dB, se la lunghezza del collegamento permanente è  $> 250$  m e  $\leq 500$  m;
- c) se sono presenti giunzioni meccaniche di fibre nell'assemblaggio dei collegamenti permanenti, l'attenuazione non può essere superiore ai limiti basati sulla lunghezza dei collegamenti permanenti sopra specificati, considerando un incremento di 0,2 dB per ogni giunzione meccanica presente nel collegamento.

62. Nelle proprietà residenziali, le fibre ottiche utilizzate per il cablaggio ottico devono essere conformi alle fibre monomodali di categoria OS2 della norma EN 50173-1. Nelle proprietà residenziali, i connettori ottici devono essere di tipo LC o SC lucidati ad angolo (APC) e soddisfare i requisiti di attenuazione e riflessione del segnale ottico in conformità con lo standard EN 61755-2-2 ed i requisiti geometrici per l'interconnessione delle fibre

---

<sup>15</sup> [https://www.finlex.fi/data/normit/48858/M\\_65\\_E2022\\_M\\_EN.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/48858/M_65_E2022_M_EN.pdf)

in conformità con norma EN 61755-3-2. La struttura e le dimensioni dei connettori e degli adattatori LC devono essere conformi alla norma EN 61754-20 mentre la struttura e le dimensioni dei connettori e degli adattatori SC devono essere conformi alla norma EN 61754-4.

63. Il Regolamento, inoltre, indica che l'apparecchiatura di misura per il cablaggio ottico deve essere conforme alla norma EN 61280-4-2.

### 4.3. Francia

64. Arcep ha istituito un Comitato per la rete locale in fibra ottica (“*Comité d’experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu’à l’abonné*”), composto da esperti che rappresentano l’intero ecosistema relativo alle reti locali in fibra ottica: gestori di infrastrutture, operatori commerciali, installatori, produttori di apparati passivi e attivi, enti di normazione, ecc.

65. Dal 2013, il lavoro del comitato di esperti per l’accesso locale in fibra ottica si è concentrato sullo sviluppo di un compendio finalizzato alla condivisione delle migliori pratiche nella diffusione delle reti FTTH nelle aree meno dense del Paese; le specifiche elaborate dal Comitato non sono vincolanti per gli operatori ma, in caso di finanziamento pubblico delle reti in fibra ottica, gli enti locali ne impongono il rispetto nei relativi bandi di gara.

66. Il compendio attualmente in vigore<sup>16</sup> analizza in dettaglio tutti gli elementi infrastrutturali ed impiantistici che coinvolgono la tratta di rete di accesso compresa tra il punto di concentrazione di una rete in fibra ottica (NRO, dove sono installati gli apparati che permettono all’operatore commerciale di attivare gli accessi per i suoi clienti), il punto di mutualizzazione (PM) ed il dispositivo passivo di terminazione ottica (DTIo) all’interno dell’abitazione o del locale commerciale, che costituisce il punto di confine tra la rete di accesso in fibra ottica e la rete interna del cliente finale.

67. Le specifiche proposte per il NRO sono destinate a gestori di infrastrutture che desiderano offrire servizi di *hosting* (colocazione) di apparati attivi e di trasporto ottico agli operatori commerciali e riguardano aspetti come l’organizzazione degli spazi, gli impianti di condizionamento e alimentazione elettrica, i raccordi ottici da e verso gli apparati OLT degli operatori ivi collocati.

68. Per quanto riguarda i PM, possono essere collocati all’interno del NRO, realizzati all’interno di un locale tecnico, oppure installati in *outdoor* sotto forma di armadio stradale. Il compendio indica i parametri per il dimensionamento del PM e descrive, per

---

<sup>16</sup> [https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1677573101/reprise/dossiers/fibre/CE\\_recueil\\_specification\\_ZMD\\_V10.pdf](https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1677573101/reprise/dossiers/fibre/CE_recueil_specification_ZMD_V10.pdf)

ognuna delle suddette tre opzioni, gli schemi per configurarne gli spazi e raccordarvi le fibre in ingresso e uscita dal PM con i relativi connettori.

69. Un ulteriore elemento infrastrutturale oggetto di specifiche nel Compendio è il punto di derivazione ottica (PBO) situato alla base o all'esterno dell'edificio o, in caso di edifici multipiano, nelle colonne montanti degli stessi, permette di collegare i cablaggi di distribuzione a monte con il cavo di derivazione che raggiunge il DTIO.

70. La regolamentazione vigente in Francia prevede criteri minimi di dimensionamento della rete secondaria ottica (ad esempio una linea per abitazione e almeno una linea per locale commerciale da servire) ma il Comitato raccomanda di progettare le reti con un dimensionamento maggiore, considerando una sovracapacità media in termini di linee installate di almeno il 15% e una riserva di spazio aggiuntivo nel PM di almeno il 25%.

71. Nello specifico delle reti PON, il Comitato rileva come gli operatori tendano ad installare architetture con fattori di *splitting (couplage)* di 1:64 o 1:32 per un PM che deve coprire aree estese e scarsamente popolate e gli *splitter* risultano solitamente installati nel PM. Il numero di fibre per le esigenze di una rete PON può essere calcolato dividendo il numero di locali a monte del PM per il tasso medio di *splitting*. Il Comitato di esperti ritiene che un rapporto di *couplage* di 1 a 30 sia abbastanza realistico e conservativo da poter essere utilizzato nei calcoli di dimensionamento del collegamento ottico. Infine, ogni operatore potrebbe non saturare la capacità dei suoi *splitter*, e quindi le sue fibre primarie; pertanto, si rende necessario prevedere un certo numero di fibre primarie aggiuntive (almeno una fibra aggiuntiva per operatore)

72. Nello specifico delle reti P2P, gli operatori hanno tre strategie:

- a) Installare un apparato attivo nel PM;
- b) Installare un apparato attivo nel NRO del gestore dell'infrastruttura (affittando le fibre sul cavo che collega il NRO al PM);
- c) Installare un apparato attivo nel proprio NRO (portando un cavo dedicato tra questo NRO e il PM)

73. La strategia adottata può dipendere dalla dimensione del PM ed evolvere nel tempo (a seconda del numero di clienti considerati), considerando che il costo di attivazione di un PM è relativamente alto ed a carico dei soli operatori che desiderano installarvi apparati attivi e che, generalmente, saranno necessarie almeno due fibre ottiche dedicate nella tratta NRO-PM.

74. In generale il Comitato ritiene auspicabile l'applicazione di una norma comune per il dimensionamento di tutti i collegamenti primari, basata sul numero dei locali serviti dal PM e sulla necessità di fibre dedicate ai singoli clienti finali.

75. In merito ai vincoli derivanti dall'attenuazione ottica nelle reti GPON, il Compendio illustra le massime distanze NRO-DTIO attualmente raggiungibili in funzione delle tecnologie a seconda del tasso di *splitting* selezionato (1/32 o 1/64) e della classe di

sistemi ottici utilizzati dato che, per la tecnologia GPON, lo standard ITU-T G.984.2 definisce 2 classi di *budget* ottico, B+ e C+, pari a 28 dB e 32 dB rispettivamente.

76. Inoltre, nel documento vengono presentate tutte le principali tecnologie per le trasmissioni ottiche standardizzate dall'ITU-T e dall'IEEE, nonché le rispettive lunghezze d'onda di esercizio (Figura 2). A fronte dell'introduzione in rete di una nuova tecnologia, è utile verificare la possibile coesistenza delle diverse lunghezze d'onda impiegate sulla tratta, in quanto, allo stato attuale degli *standard* e delle tecnologie di trasmissione la coesistenza è assicurata solo tra norme/raccomandazioni dello stesso organismo (ITU-T o IEEE), e se la fibra è assegnata a un unico operatore. D'altra parte, ad esempio, non è possibile combinare tecnologie GPON ed EPON (o rispettivamente XGS-PON e 10G EPON) sulla stessa fibra. L'obiettivo finale della coesistenza quindi, oltre alla possibilità di una transizione graduale quando si passa da una tecnologia all'altra, è quello di consentire un uso ottimale della rete in fibra già implementata.

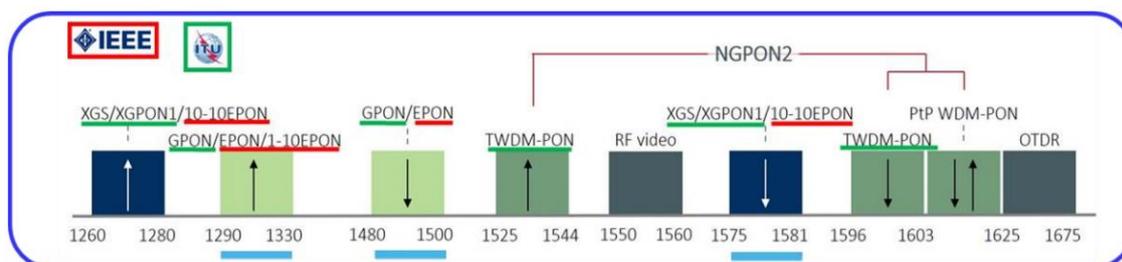


Figura 2 - Lunghezze d'onda utilizzate nelle diverse tecnologie FTTH PON.

77. Il comitato individua due principali soluzioni per introdurre nuove tecnologie PON, evolutive rispetto alla GPON, ma coesistenti con essa sulla stessa fibra: l'introduzione di elementi di coesistenza ottica (del tipo WDM1r o CEx/CEMx, che consentono di moltiplicare diverse lunghezze d'onda secondo la norma ITU-T G.984.5), oppure l'utilizzo di nuove schede OLT che combinano direttamente 2 tecnologie (GPON e XGS-PON) ed integrano il *multiplexer* WDM1r. Per questo scenario di rete multi-tecnologia, nel documento vengono definite per le diverse lunghezze d'onda trasmesse sulla fibra le modalità di misura e i parametri di attenuazione massima consentiti, nelle tratte di accesso primarie e secondarie.

78. Nelle appendici del Compendio, sono dettagliate, tra l'altro, le specifiche tecniche per gli armadi stradali (con o senza elementi attivi al loro interno), per i PBO, per i cavi da interno o esterno, per le bretelle ottiche (consigliato l'uso di fibre poco sensibili alla curvatura corrispondenti alla Raccomandazione ITU-T G.657.A2), per i connettori (consigliato il tipo SC/APC di grado almeno C1 per ambiente esterno protetto, definiti secondo le norme IEC 61753-1 e 61300-3-34).

79. Per quanto riguarda le caratteristiche della fibra da utilizzare nell'intera tratta di accesso locale che va dal NRO al DTIO, **il Comitato individua come più idonea la fibra**

**rispondente alla raccomandazione ITU-T G.657.A2, in quanto permette di garantire la trasmissione nel range 1.260-1.625 nm anche con raggi di curvatura di 7,5 mm.** Particolarmente interessante è infatti il suo comportamento nelle macro-curvature e nelle micro-curvature durante le operazioni di installazione e manutenzione della fibra in ambiente interno (NRO, edifici, appartamenti, case) ma anche all'aperto (*box* di giunzione, armadi stradali, ecc.). **Si segnala che gli studi condotti dal Comitato da settembre 2018 a giugno 2020 hanno dimostrato che in un contesto di rete ottica di accesso condivisa, l'uso di fibre del tipo G.652.D porterebbe a un sistema nel complesso meno robusto;** il parere del comitato di esperti del luglio 2020<sup>17</sup> presenta i risultati che portano a questa conclusione: in sintesi, il suo utilizzo è possibile solo in caso di accertata carenza (ovvero indisponibilità di lunga durata e di rilievo della fibra G.657.A2) e deve essere limitato al segmento di tratta primaria NRO – PM.

#### 4.4. Portogallo

80. In Portogallo, le VHCN sono normalmente di proprietà di operatori privati, sebbene possano esserci reti pubbliche, costruite dagli Enti locali, e queste devono essere conformi all'ultima versione del manuale ITUR (*Infraestruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Conjuntos de Edifícios*) adottato da ANACOM nel 2020<sup>18</sup>. Scopo del manuale è garantire la semplificazione e la riduzione dei costi dei requisiti tecnici e delle specifiche per le infrastrutture di telecomunicazione nelle urbanizzazioni e nei complessi di edifici, senza comprometterne la qualità, la funzionalità e la sicurezza. Oltre ai requisiti tecnici e alle specifiche, di natura minima e cogente, vengono anche presentate raccomandazioni che comprendono una serie di procedure considerate come *best practices*, che, pur non essendo vincolanti, mirano a consentire a progettisti e installatori di trovare le migliori soluzioni per lo specifico progetto/installazione.

81. Le ITUR in ambito pubblico, situate in lottizzazioni e urbanizzazioni, sono obbligatoriamente costituite da tubazioni; mentre le ITUR private, realizzate in un complesso di edifici, con confini ben definiti, sono obbligatoriamente costituite sia da tubazioni che da cablaggi.

82. Nel manuale i confini dell'ITUR sono definiti come i punti di interconnessione dell'ITUR con le reti di comunicazioni elettroniche pubbliche, le ITUR di altre urbanizzazioni o le ITED (*Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios*), ovvero le reti interne agli edifici che devono essere realizzate secondo il manuale ITED adottato da ANACOM nel 2020<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> <https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1600420872/reprise/dossiers/fibre/avis-CE-utilisation-G652D-sur-transport.pdf>

<sup>18</sup> <https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1519465>

<sup>19</sup> <https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1519466>

83. Entrambi i manuali richiamano, per quanto attiene ai cavi da impiegare nelle infrastrutture per telecomunicazioni, il rispetto dei requisiti di reazione al fuoco come da normativa CPR (*Construction Products Regulation*).

84. Il manuale ITUR definisce le caratteristiche geometriche, meccaniche e dei materiali per tubi, pozzetti di ispezione, armadi stradali, gallerie e locali tecnici che costituiscono l'infrastruttura. Ad esempio, tra le varie prescrizioni per gli armadi di telecomunicazioni di un'urbanizzazione (ATU), il cui scopo è consentire l'interconnessione delle reti pubbliche di comunicazione elettronica (ITUR pubblica) con le reti cablate dell'urbanizzazione (ITUR privata), vi è la prescrizione di alloggiare gli elementi necessari a distribuire il segnale sulle tre reti considerate come obbligatorie (rame, cavo coassiale e fibra ottica).

85. Il manuale ITUR definisce le caratteristiche dei cavi in fibra ottica (diametri di nucleo/guaina) e categoria. Le fibre ottiche utilizzate in un dato collegamento trasmissivo devono avere la stessa specifica tecnica costruttiva ed appartenere alla stessa categoria. Tutti i cavi in fibra ottica utilizzati nelle reti di cablaggio ITUR devono essere conformi ai requisiti delle norme EN 60793-2-50 e EN 60794-1-1. Per quanto riguarda la sensibilità alla curvatura, le fibre ottiche devono soddisfare i requisiti della raccomandazione ITU-T G.652, mentre per prestazioni superiori devono essere osservate le raccomandazioni di ITU-T G.657.

86. Per quanto riguarda le prescrizioni per le reti di distribuzione all'interno delle ITUR private, le reti in fibra ottica devono essere dimensionate considerando almeno 2 fibre per unità immobiliare, basate su fibra monomodale e realizzate con topologia a stella, ovvero punto-punto. Il manuale individua anche il valore massimo delle perdite da attenuazione ammissibili, in base alla lunghezza del collegamento e alla categoria della fibra (OS1a o OS2), per le due lunghezze d'onda di 1.310 nm e 1.550 nm. Per l'esecuzione delle prove si applicano le disposizioni delle norme EN 50346 e IEC 61280-4-2.

87. Il manuale ITED (*Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios*), basato sulle norme di standardizzazione europee, si applica a tutte le infrastrutture di telecomunicazioni negli edifici nuovi o soggetti a modifiche. Partendo dalla fase di progettazione definisce i requisiti generali per il cablaggio applicabili a vari tipi di edifici (EN 50173); identifica a seguire i requisiti dei cavi e delle tubazioni, nonché le modalità di manutenzione (EN 50174-1), i requisiti per l'installazione (EN 50174-1), le modalità di *test* a valle dell'installazione dei cablaggi (EN 50346) e la realizzazione dei sistemi di messa a terra (EN 50310).

88. Nel manuale vengono indicate sia le categorie di fibre ottiche ammesse (OS1a o OS2), come definite nella serie EN 50173-1, che le attenuazioni massime consentite, riferite ai soli cavi in fibra, senza considerare l'installazione dei connettori, per le due lunghezze d'onda di 1.310 nm e 1.550 nm.

89. Il manuale identifica, sia per quanto riguarda le tubazioni che i cablaggi, i confini dell'infrastruttura di edificio come i punti di interconnessione delle infrastrutture ITED con le reti pubbliche di comunicazione elettronica o con le infrastrutture ITUR.

90. La fibra ottica monomodale è l'unico tipo di fibra che può essere installato in ITED, secondo i requisiti della norma EN 60793-2-50. I dispositivi da installare nella rete in fibra ottica devono essere compatibili con la terminazione con connettori SC/APC, in particolare conformi ai requisiti della serie EN 61300, mentre le prese devono essere conformi ai requisiti di sicurezza previsti dalle norme EN 60825-1 e 2.

91. I cavi in fibra ottica da interno devono essere dielettrici, con bassa sensibilità a raggi di curvatura stretti e adeguata resistenza alla trazione meccanica; i cavi da esterno devono garantire protezione dall'umidità, essere totalmente dielettrici, avere adeguata resistenza alla trazione meccanica e permettere l'installazione a trazione o a soffiaggio. È obbligatorio installare cavi in fibra ottica con bassa sensibilità ai raggi di curvatura conformi ai requisiti minimi dello standard ITU-T G.657.

#### 4.5. Regno Unito

92. Nel Regno Unito la definizione degli *standard* tecnici per le reti in fibra ottica FTTP (*Fiber To The Premises*) non è svolta dalla NRA (Ofcom) ma da NICC, un ente separato ed indipendente che sviluppa *standard* per le reti e servizi pubblici di comunicazione elettronica.

93. Con riferimento alle reti in fibra ottica ed ai livelli di qualità che devono essere garantiti, NICC ha definito la guida tecnica<sup>20</sup> "*End-to-End Network Performance Rules & Objectives for the Interconnection of NGNs*". In particolare, la guida fornisce regole e indicazioni (classificate con diversi livelli prescrittivi come *shall, should, may, can, will*) per gestire correttamente le prestazioni *end-to-end* tra reti NGN interconnesse fisse e mobili che forniscono servizi di fonia, VBD<sup>21</sup> e *Clearmode*<sup>22</sup>.

94. Le linee guida forniscono indicazioni su requisiti quali il ritardo dei pacchetti trasmessi in rete, la variazione di tale ritardo (*jitter*), il tasso di perdita dei pacchetti, i *codec* da utilizzare per la codifica e decodifica dei segnali, il controllo dell'eco, il tempo di instaurazione della chiamata, la stabilità ed affidabilità del servizio.

95. La guida, tuttavia, non fornisce indicazioni per i livelli inferiori del modello di riferimento ISO-OSI<sup>23</sup> relativi alla trasmissione fisica dei segnali e, quindi, alle specifiche

---

<sup>20</sup> Consultabile al link: <https://niccstandards.org.uk/wp-content/uploads/2022/05/ND1704V4.2.1.pdf>

<sup>21</sup> Servizio che supporta la trasmissione affidabile di dati in banda fonica (come le applicazioni *machine-machine* che usano toni DTMF).

<sup>22</sup> Servizio che supporta la trasmissione affidabile di flussi di dati a 64 kbit/s nel protocollo di trasporto *real-time RTP*.

<sup>23</sup> Open Systems Interconnection, standard ISO che definisce il modello di riferimento per l'interconnessione e la comunicazione tra reti e sistemi.

tipologie di fibre e cavi da utilizzare per supportare il soddisfacimento dei requisiti indicati.

#### 4.6. Spagna

96. In Spagna i regolamenti edilizi considerano l'Infrastruttura Comune di Telecomunicazioni (CTI) un elemento essenziale per tutti i nuovi edifici, analogamente ai cavi elettrici o alle condutture idriche. Dal 1998 ogni nuovo edificio deve essere dotato di doppipli in rame e cavidotti idonei a raggiungere, in cavo coassiale o fibra ottica, ogni abitazione dell'edificio. Nel 2011 è stato approvato il Regolamento delle infrastrutture comuni di telecomunicazioni per l'accesso ai servizi di telecomunicazione all'interno degli edifici<sup>24</sup>, più volte aggiornato per tenere conto delle evoluzioni tecnologiche. Dal 2012 ciascun nuovo edificio deve essere dotato di infrastruttura FTTH per ogni abitazione, e se necessario anche di infrastruttura in rame: il progettista della CTI per il nuovo edificio deve chiedere agli operatori attivi sul territorio se esiste qualche parte dell'infrastruttura che non si intende utilizzare (ovvero se è necessaria una rete in rame per quello specifico edificio); pertanto, la fibra sarà sempre inclusa e il rame solo nel caso (attualmente raro) che sia necessario dietro specifica indicazione di un operatore consultato.

97. Il Regolamento individua, tra l'altro, il dimensionamento minimo dei cablaggi interni agli edifici, individuato considerando il numero e la tipologia di unità immobiliari da servire, inclusa una scorta pari al 20% del totale di fibre stimate come necessarie; nella rete verticale dovrà essere utilizzato un cavo multifibra standardizzato di capacità pari o superiore a detto valore.

98. Il cavo in fibra ottica multifibra per la distribuzione verticale avrà preferibilmente fino a 48 fibre ottiche. Le fibre ottiche che verranno utilizzate in questo tipo di cavo saranno di tipo G.657 monomodale, categoria A2 o B3, con bassa sensibilità alle curvature come definite nella Raccomandazione ITU-T G.657; le fibre ottiche devono essere compatibili con il tipo G.652.D, definito nella Raccomandazione ITU-T G.652.

99. Il cavo deve essere completamente dielettrico, non avere alcun elemento metallico e il materiale della guaina del cavo deve essere termoplastico, privo di alogeni, non propagante la fiamma e a bassa emissione di fumi. Le fibre ottiche saranno distribuite in micromoduli da 1, 2, 4, 6 o 8 fibre. Il cavo deve essere realizzato con sufficienti elementi di rinforzo, per garantire che per una trazione di 1.000 N non si verifichino allungamenti permanenti delle fibre ottiche o aumenti dell'attenuazione. Il diametro di questi cavi sarà di circa 8 mm e il loro raggio minimo di curvatura in posa dovrà essere dieci volte questo diametro (ovvero 8 cm). In alternativa, può essere considerato valido un progetto di cavo realizzato con singole fibre ottiche da 900 *micron*, piuttosto che con micromoduli

---

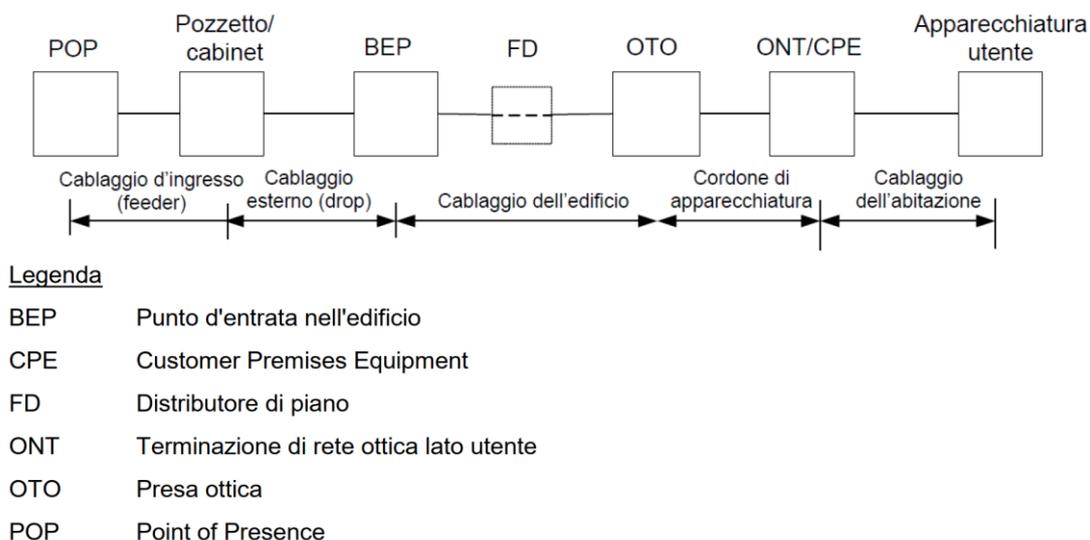
<sup>24</sup> <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-5834-consolidado.pdf>

multifibra. Il diametro di questi cavi sarà circa 15 mm e il suo raggio minimo di curvatura in posa deve essere dieci volte il suddetto diametro (ovvero pari a 15 cm).

100. Per quanto attiene ai parametri della rete di distribuzione interna all'edificio, dovrà essere verificata la continuità delle fibre ottiche mediante un generatore di segnali ottici a diverse lunghezze d'onda (1.310 nm, 1.490 nm e 1.550 nm) in una estremità e un rilevatore o misuratore adatto all'altra estremità. Il Regolamento raccomanda che l'attenuazione ottica misurata non superi 1,55 dB e, in nessun caso, la suddetta attenuazione dovrà superare i 2 dB.

#### 4.7. Svizzera

101. Un gruppo di lavoro composto da operatori, fornitori, associazioni ed enti regolatori, guidato dalla NRA, ha prodotto delle linee guida non vincolanti per la realizzazione degli impianti FTTH interni agli edifici<sup>25</sup> secondo lo schema di rete riportato in Figura 3.



**Figura 3 - Modello di riferimento per l'impianto FTTH dell'edificio.**

102. La guida fornisce le seguenti definizioni:

<sup>25</sup> "Scheda tecnica relativa agli impianti FTTH interni agli edifici: mezzo fisico del livello 1", [https://www.bakom.admin.ch/dam/bakom/it/dokumente/tc/technische\\_richtlinienbetreffendftth-installationeningebaeudenph.pdf.download.pdf/scheda\\_tecnica\\_relativaagliimpiantiftthinterniagliedificim ezzofi.pdf](https://www.bakom.admin.ch/dam/bakom/it/dokumente/tc/technische_richtlinienbetreffendftth-installationeningebaeudenph.pdf.download.pdf/scheda_tecnica_relativaagliimpiantiftthinterniagliedificim ezzofi.pdf)

- a) Punto d'entrata nell'edificio (BEP): Il BEP consente il collegamento dal cavo esterno (cablaggio *drop*) al cavo interno (cablaggio dell'edificio). Il collegamento può avvenire tramite una giunzione a fusione oppure un cavo in fibra ottica. Nota: per le unità residenziali unifamiliari la funzione BEP può non essere necessaria e, in questo caso, il cablaggio *drop* termina direttamente nella presa ottica (OTO).
- b) Distributore di piano (FD): Il distributore di piano è un elemento opzionale che permette il passaggio dal cablaggio verticale a quello orizzontale interni all'edificio.
- c) Cablaggio dell'edificio: Il cablaggio dell'edificio collega il BEP all'OTO. I suoi componenti principali sono un cavo da interno in fibra ottica o altri elementi in fibra ottica installati attraverso la tecnica di soffiaggio. Uno degli elementi centrali della guida tecnica è la previsione che tra il BEP e ciascuna OTO siano installate quattro fibre.
- d) Presa ottica (OTO): L'OTO è un dispositivo di connessione fisso dove termina il cavo in fibra ottica interno all'edificio. Esso fornisce un'interfaccia ottica per il cordone di ONT/CPE.
- e) Terminazione di rete ottica lato utente (ONT): L'ONT rappresenta la terminazione della rete ottica FTTH presso l'abitazione dell'utente. Comprende un convertitore optoelettronico. L'ONT e il CPE possono essere integrati.
- f) *Customer Premises Equipment* (CPE): Il CPE è qualsiasi dispositivo attivo, ad es. il *set-top-box*, che fornisce i servizi FTTH (trasmissione dati ad alta velocità, TV, telefonia, ecc.) all'utente finale. L'ONT e il CPE possono essere integrati.
- g) Cablaggio dell'abitazione: Il cablaggio dell'abitazione dell'utente supporta la distribuzione in quest'ultima di un'ampia gamma di applicazioni (TV, telefono, accesso Internet, ecc.). È escluso l'hardware specifico per le applicazioni.
- h) Apparecchiatura dell'utente: L'apparecchiatura dell'utente (TV, telefono, personal computer, ecc.) permette l'accesso di quest'ultimo ai servizi FTTH.

103. Lo scopo del documento è di *“permettere che due o più reti in fibra ottica che servono lo stesso edificio possano condividere un unico impianto installato all'interno dello stesso: ne deriva infatti il vantaggio di poter costruire un solo impianto per ogni stabile”*. La scheda tecnica è volontaria e non vi è un obbligo legale per le parti di rispettarla. Il gruppo di lavoro, tuttavia, raccomanda a tutte le parti coinvolte nella costruzione di impianti in fibra ottica interni agli edifici di osservarla.

104. Per quanto concerne le caratteristiche delle fibre, la guida indica l'utilizzo della fibra monomodale nel rispetto delle tipologie indicate nella seguente tabella.

**Tabella 1 - Caratteristiche delle fibre da utilizzare per la realizzazione delle reti FTTH.**

Tipo di fibra	Codice UIT	Codice IEC
Cavi da esterno	G. 652D	IEC 60793-2-50 B1.3
Cavi da esterno	G. 657A*	IEC 60793-2-50 B6_a
Cavi da interno	G. 657A*	IEC 60793-2-50 B6_a

\* G.657A include G.657A1 e A2.

105. La guida sconsiglia le fibre con un raggio di curvatura ridotto G.657.B2 e G.657.B3 per problemi di compatibilità. A tale riguardo la guida fornisce alcune prescrizioni relative al raggio di curvatura:

- a) In corrispondenza del BEP e delle sezioni di cavo esterno il raggio di curvatura delle fibre monomodali del tipo G.652.D o G.657.A deve essere pari o superiore a 30 mm.
- b) In corrispondenza dell'OTO e delle sezioni di cavo interno il raggio di curvatura delle fibre G.657.A deve essere pari o superiore a 15 mm.

106. Per quanto concerne i cavi, la guida fornisce le seguenti indicazioni:

- a) In corrispondenza del BEP devono essere utilizzati cavi ottici in tubi *loose* conformi alla serie IEC 60794 oppure un cablaggio in microcondotti per installazione mediante soffiaggio conforme alla serie IEC 60794-5.
- b) I requisiti dei cavi da esterno sono disciplinati dalla IEC 60794-3-11 con intervallo di temperatura operativa tra -30°C e +70°C.
- c) I requisiti dei cavi da interno sono disciplinati dalla IEC 60794-2-20 e devono condurre 4 fibre tra il BEP e ogni OTO con intervallo di temperatura operativa tra -20°C e +60°C.
- d) La risposta alle fiamme dei cavi interni ed esterni deve rispettare i requisiti fissati nelle serie IEC 60332, IEC 60754 e IEC 61034.

#### **4.8. Conclusioni sulle esperienze internazionali in materia di definizione degli *standard* per le fibre ottiche**

107. Alla luce di quanto rappresentato, dalle principali esperienze internazionali emerge che:

- a) in molti paesi europei, si è avvertita l'esigenza di uniformare e armonizzare la realizzazione delle reti in fibra ottica mediante l'individuazione degli *standard* da utilizzare nelle diverse tratte di rete ottica;

- b) i principali riferimenti normativi per la definizione degli *standard* per le fibre ottiche sono rappresentati dalle Raccomandazioni ITU-T della serie G.65X;
- c) gli *standard* per le fibre ottiche ad oggi maggiormente utilizzati sono:
  - i) per la tratta di *backhauling*: **G.652.D, G.657**;
  - ii) per le tratte di rete ottica primaria e secondaria: **G.652.D, G.657.A1, G.657.A2**;
  - iii) per il cablaggio dell'edificio: **G.657.A1, G.657.A2, G.657.B3**;
- d) in merito alla fibra ottica G.657.B3, alcuni paesi (Spagna) ne consigliano l'utilizzo in virtù del ridotto raggio di curvatura mentre altri (Austria, Francia, Svizzera) la vietano o la sconsigliano al fine di evitare possibili incompatibilità con altre tratte più a monte in cui potrebbe essere presente fibra ottica del tipo G.652.D.

## 5. LE INFORMAZIONI ACQUISITE DALL'AUTORITÀ NELLA FASE PREISTRUTTORIA

108. Con nota del 28 marzo 2023, l'Autorità ha chiesto ai principali operatori attivi nella realizzazione di reti in fibra ottica alcune informazioni ritenute utili al fine di individuare gli standard tecnici per i cavi in fibra ottica. Nel seguito è riportata una sintesi delle risposte degli operatori ai principali quesiti posti dall'Autorità.

### 5.1. Normativa europea e/o internazionale di riferimento

109. Tutti gli operatori hanno indicato quale ente internazionale di riferimento per gli *standard* tecnici relativi ai cavi in fibra ottica l'ITU-T *International Communication Union*. Nello specifico, è all'interno delle Raccomandazioni ITU-T della Serie G.65X ("*Transmission systems and media, digital systems and networks*") che si identificano le proprietà fisiche e trasmissive per le fibre ottiche cablate.

110. Alcuni operatori segnalano anche le Raccomandazioni della Serie L.XXX ("*Environment and ICTs, climate change, e-waste, energy efficiency; construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant*") che disciplinano, tra l'altro, le principali caratteristiche dei componenti "accessori" ai cavi come, ad esempio, i connettori (ITU-T L.36) o le giunzioni.

111. Un operatore cita come riferimento generale la normativa CEI, elaborata in seno al comitato CT86 "*Fibre Ottiche*" ed ai suoi sottocomitati (SC86A "*Fibre e cavi*", SC86B "*Dispositivi di connessione e componenti passivi per fibre ottiche*" e SC86C "*Sistemi ottici e dispositivi attivi*"), mentre un altro operatore indica come riferimento le serie di norme CEI/EN/IEC 60793 "*Optical Fibres*" e 60794 "*Optical Fibre Cables*".

112. Un operatore precisa che, con riguardo ai cavi in fibra ottica, allo stato attuale non sussiste alcuna normativa europea e/o internazionale di riferimento che definisca gli *standard* tecnici specifici attinenti alle modalità di costruzione delle diverse tipologie di cavo. Pertanto, è solo sulla base delle diverse applicazioni e dei contesti installativi dei cavi medesimi, nonché dei criteri relativi alla progettazione e realizzazione adottati dall'operatore, che vengono definiti i requisiti necessari.

113. Un operatore propone come ulteriori riferimenti un elenco di norme ISO/IEC relative ai cablaggi strutturati, alcuni *standard* della serie IEEE 802.3 riguardanti la tecnologia “*Power over Ethernet*” e le reti locali a velocità superiori ai 10 Gbit/s, nonché le norme CEI relative ai sistemi di cablaggio strutturato e alle reti di connessione equipotenziale e di messa a terra per gli edifici.

114. Un operatore indica come riferimento anche la normativa Europea CPR (*Construction Products Regulation*), che nel caso dei cavi ottici, disciplina la reazione e la resistenza al fuoco dei cavi in caso di incendio, fissando *standard* comuni per effettuare valutazioni comparative a parità di condizioni ed introducendo criteri di classificazioni validi a livello europeo. Inoltre, l'operatore segnala l'esistenza di altre norme europee strettamente correlate, come ad esempio la serie EN 50173 che disciplina i cablaggi strutturati.

## 5.2. Livelli qualitativi e prestazionali

115. Tutti gli operatori dichiarano di impiegare, ritenendoli idonei a garantire adeguati livelli prestazionali e qualitativi, le fibre ottiche rispondenti ai requisiti delle Raccomandazioni ITU-T G.652.D – G.657.A1 – G.657.A2. Alcuni operatori segnalano anche l'utilizzo di fibre rispondenti ai requisiti previsti nella Raccomandazione ITU-T G.655; infine, un paio di operatori indicano, nell'ambito di applicazione dei collegamenti sottomarini, la Raccomandazione ITU-T G.654.E.

116. Un operatore segnala che i livelli qualitativi e prestazionali all'interno dei bandi gara, e più in generale nei contratti nel settore delle TLC, sono di norma qualificati in termini di *Service Level Agreement* (SLA) e corrispondenti penali. Tale approccio, per l'operatore, è confermato dall'analisi delle Offerte di Riferimento di TIM (che rappresentano un *benchmark* di mercato), dove gli SLA relativi alla fornitura di fibre ottiche “spente”, sia relativi alle diverse tratte di rete che alle diverse tecnologie di realizzazione, appaiono definiti in termini di disponibilità del servizio. Ne consegue che una declinazione più specifica degli indicatori di qualità e prestazionali, ad esempio in termini di attenuazione, dispersione cromatica, caratteristiche antifiama, rischierebbero di rappresentare un esercizio meramente teorico in quanto difficilmente declinabili in SLA di *assurance* riguardanti la disponibilità del servizio nel suo complesso, che è ciò che richiede il mercato ed è normalmente disciplinato nei contratti fra operatori (o fra operatori e fornitori).

117. Un operatore segnala la presenza in letteratura di alcuni *Technical Report* (es. IEC TR 62000 “*Guidelines for combining different single-mode fibre sub-categories*”) e di linee guida ITU-T (es. ITU-T *Handbook “Optical fibres, cables and systems*”) che rappresentano un utile riferimento tecnico sia nella scelta di utilizzo di alcuni cavi o fibre ottiche che per valutare quali parametri e requisiti analizzare per garantire elevate prestazioni, oltre la serie di norme relative ai componenti ottici passivi.

118. Un operatore individua, tramite una serie di misure delle fibre ottiche (diagramma della potenza retrodiffusa, lunghezza ottica *end-to-end*), eseguite alla lunghezza d’onda di 1.550 nm ed effettuate mediante OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*), e tramite la misura dei parametri di trasmissione in termini di massima attenuazione *end-to-end*, i livelli qualitativi a cui i cavi devono rispondere per il collaudo delle proprie ed altrui infrastrutture di rete.

119. Un operatore ritiene come rilevanti i livelli qualitativi e le prestazioni di connettività dei cavi in fibra ottica previsti dalla norma IEC 60794 – parte 1 e 2 – che vengono impiegati nella definizione e redazione delle specifiche tecniche circa le prove e i *test* a cui in cavi medesimi vengono sottoposti e che definiscono, tra gli altri, i requisiti meccanici, ambientali e di installazione dei cavi in fibra ottica.

### 5.3. Differenze tra le diverse tratte di rete

120. Due operatori per le tratte di trasporto/*backhauling* rilevano come principali indicatori di prestazione della fibra ottica i seguenti parametri: bassa attenuazione sulla banda disponibile, dispersione di polarizzazione (PMD) controllata e ottime caratteristiche meccaniche, caratteristiche specifiche di dispersione cromatica (CD) in base alle esigenze sistemistiche. Un operatore individua anche il *bending* (curvatura) come caratteristica significativa in questo ambito.

121. Un operatore per le tratte di trasporto/*backhauling* rileva come principali indicatori di prestazione dei cavi i seguenti parametri: bassa attenuazione, PMD, specifica CD, potenzialità, robustezza.

122. Un operatore per le tratte di accesso in rete primaria e secondaria rileva come principali indicatori di prestazione della fibra ottica i seguenti parametri: bassa attenuazione sull’intera gamma di lunghezze d’onda di possibile utilizzo, controllo dei parametri geometrici per ottimizzazione delle operazioni di connettività.

123. Un operatore per le tratte di accesso in rete primaria e secondaria rileva come principali indicatori di prestazione dei cavi i seguenti parametri: bassa attenuazione su tutta la banda anche per alte potenzialità e ridotte dimensioni, tecnologia che permetta l’impiego di tecniche di posa poco invasive (scavi, impatto estetico, ecc.).

124. Un operatore per il segmento di terminazione rileva come principali indicatori di prestazione della fibra ottica i seguenti parametri: bassa attenuazione sull’intera banda di lunghezze d’onda di possibile utilizzo, controllo dell’incremento di attenuazione per la

curvatura, controllo dei parametri geometrici per agevolare e garantire la qualità delle interconnessioni, robustezza della fibra ottica per *handling*.

125. Un operatore per il segmento di terminazione rileva come principali indicatori di prestazione dei cavi i seguenti parametri: bassa attenuazione su tutta la banda anche in caso di curvatura, ridotte dimensioni, robustezza, flessibilità, estetica gradevole per le parti a vista, rispetto dei requisiti di reazione a fuoco come da normativa CPR (*Construction Products Regulation*).

126. Un operatore segnala come non vi siano differenze significative circa gli indicatori di qualità di prestazione per le diverse tratte di rete, precisando che la scelta tra le diverse tipologie di cavi in fibra ottica vari in funzione della sede (i.e. tubazioni interrato, palifiche, facciata) e delle modalità di posa.

127. Un operatore per le tratte di *backhauling*, accesso in rete primaria e secondaria prevede l'uso di microcavi per posa soffiata (*blowing*), idonei alla posa di cavo in fibra ottica su infrastrutture interrate all'interno di minitubi o in facciata (su supporto portante), in ambiente esterno rispetto all'edificio.

128. Un operatore per le tratte di *backhauling*, accesso in rete primaria e secondaria prevede l'uso di cavi autoportanti per la posa aerea, idonei alla posa della fibra su infrastrutture in palifica ovvero in facciata.

129. Un operatore per le tratte di accesso in rete secondaria e i segmenti di terminazione, prevede l'uso di cavi multifibra, monofibra e *minibundle*, idonei alla posa della fibra in ambiente interno ed esterno rispetto all'edificio, con fibra ottica più performante in termini di raggio di curvatura minimo applicabile.

130. Un operatore per le tratte di rete di trasporto/*backhauling* impiega preferibilmente fibra di tipo monomodale conforme agli standard ITU-T G.652.D, G.657, G.655 (in ambito WDM e regionale) e G.654.E.

131. Un operatore per le tratte di rete di accesso e verticale/segmento di terminazione, oltre agli indicatori definiti da ITU-T, considera l'indicatore c.d. *insertion loss* (utile alla verifica che non venga applicato sul cavo in fibra ottica un raggio di curvatura eccessivo), impiegando di norma per le tratte verticali cavi con fibre G.657.A1 o A2 che presentano migliori comportamenti alle curvature (*bend-insensitive*).

#### **5.4. Differenze tra le tecnologie di realizzazione delle reti in fibra ottica**

132. L'Autorità ha chiesto agli operatori quali differenze ritengano significative nell'identificazione degli indicatori di qualità e prestazione in funzione delle diverse tecnologie di realizzazione delle reti in fibra ottica (ad esempio, EPON, GPON, XG-PON, XGS-PON, P2P, WDM).

133. Gli operatori rispondenti ritengono che, con riferimento agli indicatori di qualità e di prestazione, non vi sia una differenziazione in base al tipo di architettura di rete in fibra ottica.

134. Uno degli operatori ha tuttavia chiarito che, con riguardo invece alla fibra ottica utilizzata per la costruzione di cavi, i fattori distintivi più significativi nell'identificazione degli indicatori di qualità e di prestazione sono contenuti nelle Raccomandazioni ITU di riferimento e attengono, tra le altre, alle caratteristiche geometriche e di propagazione.

135. Un altro dei rispondenti ha specificato che le fibre ottiche G.652.D e le fibre G.657.A sarebbero entrambe in grado di supportare le suddette tecnologie di realizzazione delle reti in fibra ottica, anche in base alle indicazioni fornite negli *standard* internazionali.

### **5.5. Standard tecnici in uso da parte degli operatori**

136. Un operatore ha rappresentato che gli *standard* tecnici dallo stesso utilizzati per i cavi in fibra ottica idonei al soddisfacimento dei requisiti di qualità e prestazione sono quelli contenuti nella normativa costituita dalle Raccomandazioni ITU-T G.652.D – G.657.A1 – G.657.A2. Tale normativa, secondo l'operatore, rappresenta la principale fonte per la redazione delle specifiche tecniche contenenti, tra le altre, (i) le caratteristiche (requisiti meccanici, ambientali, di installazione) necessarie per ciascuna tipologia di cavo utilizzato e (ii) i requisiti dei test/prove a cui i cavi medesimi vengono sottoposti.

137. Altri operatori hanno rappresentato che, in base alla tipologia di connessione da realizzare, sono stati utilizzati cavi con fibre ottiche ITU-T G.652, G.655, G.657 e G.654.E (per cavi sottomarini) in varie configurazioni di rivestimento del cavo (in termini di cavi CPR, cavi armati, anti-roditori).

138. Un altro rispondente ha rappresentato che la fibra ottica impiegata nei cavi ottici sia in rete di accesso sia per reti di trasporto/*backhauling*, ritenuta idonea all'impiego per tutte le tecnologie indicate al punto precedente, è la fibra mono-modale a dispersione non spostata corrispondente agli standard ITU-T G.652.D (o IEC B-652 secondo la Norma CEI/EN/IEC 60793-2-50 "*Fibre ottiche Parte 2-50: Specifiche di prodotto - Specifica settoriale per fibre monomodali di classe B*"). Secondo l'operatore la tecnologia delle fibre ottiche mono-modali G.652 è matura e molto diffusa e, inoltre, la sottocategoria D rappresenta un'evoluzione tecnologica in quanto, rispetto alle altre sottocategorie, presenta un maggior controllo dei parametri geometrici (con conseguente minore attenuazione di giunzioni e connettorizzazioni), una più bassa PMD<sup>26</sup> e una più bassa attenuazione sulla banda estesa di lunghezze d'onda da 1.260 nm a 1.625 nm. Per applicazioni in cavi particolarmente compatti e/o ad alta potenzialità, l'operatore ritiene che la fibra ottica di riferimento sia la fibra mono-modale a dispersione non spostata a

---

<sup>26</sup> Dispersione dei modi di polarizzazione.

bassa sensibilità alla curvatura corrispondente alla Raccomandazione ITU-T G.657.A (o IEC B-657 secondo la Norma CEI/EN/IEC 60793-2-50 “*Fibre ottiche Parte 2-50: Specifiche di prodotto - Specifica settoriale per fibre monomodali di classe B*”). Tale fibra ottica costituisce il riferimento soprattutto per la parte di terminazione di rete ed è idonea all’impiego per tutte le tecnologie indicate al punto precedente. Le fibre ottiche G.657.A sono infatti perfettamente compatibili con le fibre ottiche G.652.D a livello sistemistico e in termini di interconnessione: le caratteristiche ottiche, meccaniche e geometriche di tali fibre sono una selezione di quelle delle fibre ottiche G.652.D. Contribuiscono inoltre a limitare l’incremento di attenuazione *end-to-end* della rete anche in ambiti installativi congestionati e tortuosi come quelli interni agli edifici per le loro caratteristiche ottimizzate di bassa attenuazione in condizioni di curvatura.

139. Un operatore ha specificato in dettaglio le tipologie di cavi utilizzati:

- a) Tipologia di fibra nei microcavi ottici con rivestimento in polietilene per impiego generale:
  - i) Single Mode SM 9/125/250  $\mu\text{m}$  (ITU-T G.652.D)
  - ii) Single Mode non-zero dispersion SMNZD (ITU-T G.655)
- b) Tipologia di fibra nei microcavi ottici LSZH (Low Smoke Zero Halogen) per installazioni indoor/più resistenti a incendi:
  - i) Single Mode SM 9/125/250  $\mu\text{m}$  (ITU-T G.652)
  - ii) Single Mode non-zero dispersion SMNZD (ITU-T G.655)
  - iii) Single Mode SM 9/125/250  $\mu\text{m}$  (ITU-T G.657.A1)
  - iv) Single Mode SM 9/125/200  $\mu\text{m}$  (ITU-T G.657.A1)
  - v) Single Mode SM 9/125/250  $\mu\text{m}$  (ITU-T G.657.A2)
  - vi) Single Mode non-zero dispersion SMNZD (ITU-T G.655)

140. Un operatore, infine, ha aggiunto che, rispetto alla robustezza dell’infrastruttura civile atta ad ospitare i cavi in fibra ottica, occorre considerare che, oltre all’utilizzo delle tecniche di scavo tradizionali, sono sempre più diffuse quella a basso impatto ambientale (le c.d. micro/mini trincee) unitamente all’utilizzo di infrastrutture esistenti idonee allo scopo con eventuale sotto equipaggiamento (ossia inserimento di minitubi in tubazioni esistenti). Tutti i materiali utilizzati sono idonei, in termini di robustezza meccanica e pressione, alla posa dei cavi ottici con le varie tecniche di posa scelta in base alla lunghezza delle tratte da posare (manuale o ad aria/acqua).

## 5.6. Impatti tecnici ed economici

141. Tre operatori non rilevano particolari impatti di tipo tecnico ed economico derivanti dalla scelta di specifici cavi o produttori, dal momento che essi sono generalmente conformi agli *standard* ITU-T. Due di questi ritengono che possibili impatti derivino

piuttosto dal numero di cavi che si intende posare e soprattutto dal luogo dove si ha necessità di posare il cavo. In particolare, ad oggi i cavi più utilizzati sono i microcavi (con potenzialità anche di 288 fibre) che si posano in microtubi del diametro di 10/12 mm; in tale contesto i lavori civili connessi alla posa sono guidati dal numero di cavi che si intende posare e ancora di più dal luogo dove si ha necessità di posare il cavo (infrastruttura di nuova posa, infrastruttura esistente, interno ad edifici).

142. Due operatori ritengono, invece, che possibili impatti possano riguardare gli aspetti infrastrutturali. I principali e possibili impatti di tipo tecnico ed economico che ne derivano attengono alla scelta di uno specifico produttore o alla tipologia di cavo - che può presentare diverse caratteristiche (meccaniche, ambientali) - da utilizzare per le diverse metodologie di posa:

- a) per le infrastrutture di tipo interrato, si rende necessario l'impiego di microcavi per la posa soffiata (*blowing*) in ambiente esterno rispetto all'edificio;
- b) per le infrastrutture in facciata ovvero a parete, si rende necessario l'impiego di:
  - i) microcavi per la posa in ambiente esterno rispetto all'edificio su supporto autoportante,
  - ii) cavi autoportanti, multifibra, monofibra, minibundle, nel caso in cui la posa avvenga su tratte di accesso in rete secondaria ovvero segmenti di terminazione;
- c) per le infrastrutture aeree, si rende necessario l'impiego di:
  - i) microcavi per la posa in ambiente esterno su supporto autoportante,
  - ii) cavi autoportanti.

143. In particolare, l'utilizzo della tecnologia a tubetti consente di impiegare la tecnica di posa autoportante prediligendo la semplicità e la rapidità di dispiegamento della rete ottica; l'utilizzo della tecnologia dei minicavi, tramite la tecnica del soffiaggio in minitubi, unitamente alle tecniche di scavo a basso impatto (minitrincea), consente anche in questo caso un rapido sviluppo della rete.

144. Uno degli operatori ritiene comunque che la scelta dell'utilizzo di un determinato tipo di cavo in fibra ottica non incida in modo determinante sulla tipologia degli elementi ottici passivi adottati per la costruzione della rete (quali muffole, *box*, elementi di gestione del cavo e così via), in quanto gli stessi sono in grado di gestire tutte le tipologie di cavo impiegate.

145. A tale riguardo, un altro operatore ritiene che l'utilizzo della fibra ottica monomodale G.652.D in tutte le sezioni di rete unitamente a fibre ottiche di tecnologia simile e altamente compatibili, quali le G.657.A, garantisca, grazie alla maturità tecnologica e alla grande diffusione, uniformità qualitativa, vantaggi in termini di connettività, di approvvigionamento e di compatibilità con apparati e componenti ottici.

## 5.7. Costi di approvvigionamento, installazione e manutenzione

146. L'Autorità ha chiesto agli operatori, per le diverse tratte delle reti in fibra ottica e per i diversi *standard* tecnici utilizzati, di fornire una stima dei prezzi medi di acquisto (prezzo al metro lineare) e dei costi delle attività di installazione e manutenzione.

147. Tenuto conto, in via preliminare, che il prezzo di fornitura varia a seconda del tipo di cavo (ad esempio, armato, CPR, ecc.), della tipologia di fibra e del numero di fibre che lo compongono, gli operatori hanno rappresentato un prezzo medio di acquisto compreso tra 1 euro/m e 3 euro/m. In particolare, nelle tratte di rete ottica primaria e secondaria (cavi con potenzialità fino a 100 fibre ottiche), il prezzo medio è compreso tra 1 e 2 euro/m, mentre nella tratta di *backhaul* (cavi con potenzialità fino a 200 fibre ottiche) il prezzo di acquisto è compreso tra 2 e 3 euro/m. Cavi con particolari prestazioni (autoportanti o con alta potenzialità) presentano prezzi superiori, fino a un massimo di circa 10 euro/m.

148. Per quanto concerne l'installazione, alcuni operatori hanno riportato un costo medio pari a circa 2 euro/m. Altri operatori hanno indicato un costo compreso tra 2 e 5 euro/m.

149. In merito alla manutenzione, diversi operatori hanno indicato un costo medio intorno a 0,20 euro/m.

## 5.8. Conclusioni sulle informazioni acquisite dall'Autorità nella fase preistruttoria

150. Alla luce di quanto rappresentato, dalle informazioni fornite dagli operatori emerge che:

- a) i principali riferimenti normativi per la definizione degli *standard* per le fibre ottiche sono rappresentati dalle Raccomandazioni ITU-T della serie G.65X;
- b) gli *standard* per le fibre ottiche ad oggi maggiormente utilizzati sono:
  - i) per la tratta di *backhauling*: **G.652.D, G.654.E, G.655;**
  - ii) per le tratte di rete ottica primaria e secondaria: **G.657.A1, G.657.A2;**
  - iii) per il cablaggio dell'edificio: **G.657.A1, G.657.A2;**
- c) non sono state presentate differenze significative nei prezzi di acquisto delle diverse tipologie di fibre ottiche (ad esempio tra G.652 e G.657) atteso che il principale *driver* di costo risulta essere la tipologia di cavo (potenzialità, resistenza a fattori ambientali) legata alla specifica tipologia e contesto di installazione.

## 6. PROPOSTA DI DEFINIZIONE DEGLI STANDARD TECNICI PER LA REALIZZAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA DI RETE IN FIBRA OTTICA

## 6.1. Adeguate livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività

151. Giova, in primo luogo, richiamare quali siano le condizioni di *“fallimento del mercato”* che rendono ammissibile il finanziamento pubblico per la realizzazione di reti a banda larga, secondo i vigenti *“Orientamenti”*<sup>27</sup> i quali, ai fini della valutazione dell’aiuto di Stato, distinguono tra reti fisse di accesso ultraveloci (o reti fisse), reti mobili di accesso (o reti mobili) e reti di *backhauling*. Si richiama che l’intervento di definizione degli *standard* per i cavi in fibra ottica, assegnato all’Autorità con la novella legislativa introdotta con la legge n. 10 del 1° febbraio 2023, deve essere funzionale a garantire *“adeguati livelli qualitativi”* e *“prestazioni elevate di connettività”* per tutte le tipologie di reti che verranno realizzate con finanziamenti pubblici, pur conservando per ogni singola tipologia le distinte caratteristiche, in termini di requisiti e prestazioni, che si illustrano a seguire sulla base delle indicazioni contenute negli Orientamenti.

152. Per le reti fisse può sussistere *“un fallimento di mercato se quest’ultimo non fornisce e non è probabile che fornisca agli utenti finali una velocità di scaricamento di almeno 1 Gbps e una velocità di caricamento di almeno 150 Mbps”*, mentre per le reti mobili si ritiene che *“un fallimento del mercato sussista nelle aree in cui non è presente una rete mobile in grado di rispondere alle esigenze degli utenti finali o non ne è programmata in modo credibile la realizzazione entro l’orizzonte temporale di riferimento”*.

153. Le reti di *backhauling*, definite come *“la porzione di una rete a banda larga che collega la rete dorsale alla rete di accesso”*, in quanto reti di trasporto del traffico generato su varie reti fisse o mobili di accesso, necessitano di una capacità di trasmissione notevolmente maggiore rispetto alle singole reti di accesso; per evitare che una rete di *backhauling* dia luogo a strozzature, può essere necessario aumentarne la capacità per accompagnare lo sviluppo di reti mobili o fisse di accesso efficienti. Può quindi sussistere *“un fallimento del mercato quando la capacità di backhauling, esistente o prevista, non è in grado di far fronte allo sviluppo atteso delle corrispondenti reti fisse o mobili di accesso sulla base delle esigenze attuali e future degli utenti finali”*. Gli Orientamenti segnalano che, nell’attuale fase di sviluppo tecnologico, è generalmente possibile soddisfare l’aumento della domanda di capacità mediante reti di *backhauling* in fibra ottica o basate su altre tecnologie in grado di fornire il medesimo livello di prestazioni e affidabilità delle reti di *backhauling* in fibra.

154. Gli Orientamenti non prevedono la possibilità di finanziamento pubblico nella realizzazione di una rete dorsale (i.e. rete di *backbone* o *core*), definita come *“rete centrale che interconnette le reti di backhauling di zone geografiche o regioni diverse”*.

155. Per quanto riguarda invece gli interventi a supporto della domanda, gli Orientamenti individuano gli strumenti dei *“buoni sociali”*, riservati a determinate categorie di singoli consumatori le cui condizioni economiche giustificano il versamento

---

<sup>27</sup> [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023XC0131\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023XC0131(01))

di aiuti per motivi sociali, e dei “*buoni per il collegamento ad Internet*”, destinati a categorie più ampie di utenti finali, al fine di incentivare la diffusione di servizi banda larga che contribuiscono allo sviluppo di un’attività economica. Entrambi gli strumenti prevedono che “*I costi ammissibili possono essere il canone mensile, i costi standard di installazione e l’apparecchiatura terminale di cui il consumatore necessita per l’accesso ai servizi a banda larga. Anche i costi del cablaggio interno all’abitazione e di una limitata installazione nella proprietà privata dei consumatori o nella proprietà pubblica nelle immediate vicinanze della proprietà privata dei consumatori possono essere ammissibili, nella misura in cui sono necessari e complementari alla prestazione del servizio.*”

156. Il Governo italiano, in attuazione della “*Strategia italiana per la Banda Ultra Larga - Verso la Gigabit Society*” e coerentemente con gli obiettivi indicati nella Comunicazione della CE del 2021 sul decennio digitale (“*Digital compass*”) e nella Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il “*Percorso per il decennio digitale*”<sup>28</sup>, ha elaborato una serie di interventi o Piani, di seguito elencati: “*Italia a 1 Giga*”; “*Italia 5G*”; “*Scuole Connesse*”; “*Sanità connessa*”; “*Isole Minori*”; completamento “*Aree bianche*”; “*Voucher a sostegno della domanda*”.

157. I suddetti Piani prevedono di finanziare la realizzazione di sezioni diverse di una rete in fibra ottica, come ad esempio la rete di accesso (*Italia a 1 Giga*), i rilegamenti di *backhauling* delle SRB privi di tali rilegamenti (*Italia 5G*), i cavi sottomarini per il trasporto del traffico da e verso le isole minori, ovvero i segmenti di terminazione che rilegano le abitazioni degli utenti finali (*rif. fase 2 dello schema di voucher per le famiglie attualmente in consultazione*<sup>29</sup>).

## 6.2. Architettura di riferimento della rete

158. L’analisi delle esperienze nazionali e internazionali ha evidenziato l’utilizzo di fibre ottiche diverse per le diverse porzioni della rete in fibra ottica. Infatti, la realizzazione della rete in fibra ottica presenta requisiti sia in termini di trasmissione del segnale sia meccanici strettamente dipendenti dalle specificità infrastrutturali della sezione di rete oggetto di realizzazione. Infatti, i requisiti per il cablaggio interno degli edifici, in cui la realizzazione è vincolata alla disponibilità o alla realizzazione della relativa infrastruttura per il passaggio dei cavi, includono indicatori, quali ad esempio il raggio di curvatura, che tipicamente non costituiscono un fattore di criticità nelle sezioni a monte della rete.

---

<sup>28</sup> Tra i cui obiettivi si stabilisce che “*la rete gigabit fino al punto terminale sia estesa a tutti gli utenti finali di rete fissa e tutte le zone abitate siano coperte da reti senza fili di prossima generazione ad alta velocità con prestazioni almeno equivalenti al 5G, conformemente al principio della neutralità tecnologica*”.

<sup>29</sup> <https://www.infratelitalia.it/archivio-news/notizie/consultazione-voucher-famiglie-fase-2>

159. Per tale ragione, l’Autorità ritiene necessario identificare un’architettura di riferimento per le reti in fibra ottica procedendo alla definizione dei relativi *standard* da utilizzare nelle diverse tratte della rete.

160. Poiché, come detto, non è possibile conoscere a priori quali potrebbero essere le sezioni di rete oggetto di futuri finanziamenti pubblici, non è possibile escludere dalla definizione specifiche tratte della rete in fibra ottica, tranne la rete di *backbone* o dorsale, il cui finanziamento non rientra tra le previsioni degli Orientamenti. L’Autorità ritiene opportuno, pertanto, definire gli *standard* per ciascuna tratta individuata nel modello di riferimento.

161. Nelle linee guida<sup>30</sup> allegate alla delibera n. 406/21/CONS è indicato che:

*«Gli Orientamenti europei 2013 prevedono esplicitamente la necessità di realizzare infrastrutture tecnologicamente neutrali, per consentire agli interessati l’uso di una qualsiasi delle tecnologie disponibili per la fornitura di servizi agli utenti finali; alla luce di tale principio, in caso di architetture di tipo FWA deve essere consentita la connessione ai nodi di rete di tipo Fixed Wireless Access (FWA), in modalità VULA o bitstream, purché siano in grado di garantire i livelli di servizio e le prestazioni di connettività indicate dal bando.»*

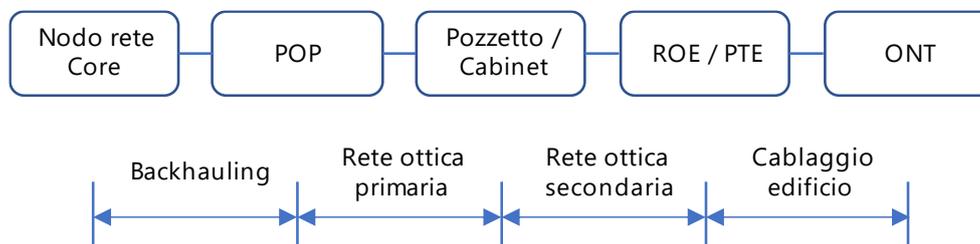
*Nel caso di realizzazione di infrastruttura di rete finanziata di tipo FTTB/H, che può essere realizzata secondo un’architettura punto-punto oppure punto-multipunto (GPON), ai fini della fornitura del servizio di accesso al segmento di terminazione l’operatore aggiudicatario dovrà prevedere l’installazione di un idoneo punto di terminazione di edificio (PTE/ROE), in ottemperanza agli obblighi simmetrici in materia di accesso alle infrastrutture fisiche di rete disciplinati dalla delibera n. 538/13/CONS oltre che tenendo conto di quanto indicato nella delibera n. 293/21/CONS recante “Linee guida di cui alla delibera n. 449/16/CONS in materia di accesso alle unità immobiliari e ai condomini per la realizzazione di reti in fibra ottica”.*

*L’aggiudicatario dovrà garantire la copertura con la rete realizzata fino al ROE/PTE posizionato al limite della proprietà privata (o con l’installazione dell’antenna FWA sull’edificio) per tutti i civici inclusi nel lotto di aggiudicazione.»*

162. Tenuto conto di quanto rappresentato e della *best practice* internazionale, l’architettura di riferimento considerata ai fini del presente provvedimento è rappresentata nella figura seguente:

---

<sup>30</sup> Cfr. pagina 13.



**Figura 4 - Architettura di riferimento ai fini della definizione degli *standard* tecnici per i cavi in fibra ottica.**

163. Ai fini del presente provvedimento si richiamano le seguenti definizioni già fornite nella delibera n. 348/19/CONS<sup>31</sup>:

- a) POP (*Point Of Presence*) o centrale locale: edificio o locale ove sono presenti gli apparati attivi (quali gli OLT) di multiplazione, commutazione, conversione ottico/elettrico e passivi (quali gli ODF) di connessione e permutazione delle linee in fibra ottica;
- b) Pozzetto/Cabinet o punto di distribuzione: nodo intermedio in una rete di accesso NGA dove uno o più linee in fibra ottica provenienti dall'ODF sono "divise" (diramate) e distribuite per connettere le abitazioni degli utenti finali (attraverso il segmento terminale di rete). Un Punto di Distribuzione in genere serve diversi edifici o abitazioni. Può essere collocato o alla base di un edificio o nella strada. Un Punto di Distribuzione contiene, in genere, un permutatore di attestazione delle linee del cliente finale e, in funzione del tipo di architettura, uno *splitter* ottico passivo;
- c) ROE/PTE: il punto di distribuzione generalmente posto alla base dell'edificio, o appena al di fuori dello stesso, da cui inizia il segmento di terminazione;
- d) ONT: apparato attivo, installato presso la sede dell'utente finale, che svolge le funzionalità di terminazione di rete ottica in una rete di accesso FTTH. Tale elemento di rete si interfaccia con l'OLT e svolge le funzionalità di conversione elettro ottica dei segnali in ingresso e implementa gli *standard* trasmissivi di accesso al mezzo fisico (secondo gli *standard* previsti quali, ad esempio, G-PON, XG-PON, EPON e sue evoluzioni, per la tecnologia GPON, o *Gigabit P2P Ethernet*, nelle topologie P2P). Presenta specifiche interfacce verso l'utente finale (come la GE RJ-45). L'ONT e gli apparati lato cliente (*modem, router, apparecchio telefonico, apparati TV*) possono essere o meno integrati in un unico dispositivo;

---

<sup>31</sup> "Analisi coordinata dei mercati dei servizi di accesso alla rete fissa ai sensi dell'articolo 50 ter del Codice".

- e) *Backhauling*: il servizio di trasporto dati costituito dalla fornitura dei collegamenti tra gli apparati di multiplazione (OLT) ubicati nella centrale locale ed il nodo cui sono direttamente attestati;
- f) Rete ottica primaria: la porzione di rete che si estende dalla centrale locale di accesso, esclusa la tratta di accesso alla centrale, fino al primo punto di giunzione (punto di giunzione intermedio);
- g) Rete ottica secondaria: la porzione di rete che collega, a partire dal punto di giunzione intermedio, la rete ottica primaria al punto dove comincia il cablaggio verticale del palazzo;
- h) Cablaggio edificio o segmento di terminazione: il segmento di rete che collega la borchia localizzata all'interno dell'abitazione dell'utente finale al primo punto di distribuzione; tale segmento di terminazione comprende il cablaggio verticale all'interno dell'edificio e, eventualmente, il cablaggio orizzontale fino a un punto di terminazione o divisore ubicato nel seminterrato dell'edificio o in un pozzetto in prossimità dello stesso, posizionato all'interno o all'esterno della proprietà privata;

D1. Si condivide la necessità di identificare un'architettura di riferimento per le reti in fibra ottica procedendo poi alla definizione degli *standard* per tutte le diverse tratte della rete?

D2. Si condivide l'architettura di riferimento proposta dall'Autorità per le reti in fibra ottica ai fini del presente provvedimento?

D3. Si condividono le definizioni degli elementi e dei collegamenti di rete proposti dall'Autorità?

### **6.3. Normativa tecnica di riferimento**

#### **6.3.1. Normativa tecnica internazionale**

164. Come riportato nella sezione 3, l'attività di standardizzazione delle fibre ottiche e dei cavi è svolta da diversi organismi di normazione. In particolare, anche sulla base delle informazioni acquisite a livello nazionale e internazionale, è emerso che gli organismi che possono ritenersi rilevanti ai fini del presente provvedimento, in quanto richiamati sia nelle linee guida definite in ambito internazionale sia dagli operatori in merito alla rete ottica già cablata, sono ITU-T, IEC e CEI.

165. A tale riguardo, sono emerse specifiche relazioni gerarchiche o di dipendenza causale tra le raccomandazioni e le norme emesse dai diversi organismi.

166. Infatti, per quanto concerne le fibre ottiche monomodali, la norma IEC 60793-2-50<sup>32</sup>, nella revisione più aggiornata delle specifiche (2018), include uno schema di *naming* con categorie e sottocategorie **per meglio riflettere il corrispondente *naming* delle Raccomandazioni ITU-T G.652, G.653, G.654, G.655, G.656, e G.657** rispetto alla versione 2015:

Annex	Category	Sub Category	Description	IEC 60793-2-50:2015	ITU-T Rec
	B-652		Dispersion unshifted fibre		G.652
A		B-652.B		B1.1	G.652.B
A		B-652.D		B1.3	G.652.D
	B-653		Dispersion shifted fibre		G.653
B		B-653.A		B2_a	G.653.A
B		B-653.B		B2_b	G.653.B
	B-654		Cut-off shifted fibre		G.654
C		B-654.A		B1.2_a	G.654.A
C		B-654.B		B1.2_b	G.654.B
C		B-654.C		B1.2_c	G.654.C
C		B-654.D		N/A	G.654.D
C		B-654.E		N/A	G.654.E
C	B-655		Non-zero dispersion shifted fibre	B4	G.655
D		B-655.C		B4_c	G.655.C
D		B-655.D		B4_d	G.655.D
D		B-655.E		B4_e	G.655.E
E	B-656		Wideband non-zero dispersion shifted fibre	B5	G.656
F	B-657		Bending loss insensitive fibre	B6	G.657
F		B-657.A1		B6_a1	G.657.A1
F		B-657.A2		B6_a2	G.657.A2
F		B-657.B2		B6_b2	G.657.B2
F		B-657.B3		B6_b3	G.657.B3

**Figura 5 - Corrispondenza tra gli schemi di *naming* IEC 2018 con categorie e sottocategorie, IEC 2015 e ITU-T.**

<sup>32</sup> IEC (2018). *IEC 60793-2-50:2018: Optical fibres - Part 2-50: Product specifications - Sectional specification for class B single-mode fibres*. <https://webstore.iec.ch/publication/61070>

167. Analoga corrispondenza è riportata nella Raccomandazione ITU-T G-Sup 40<sup>33</sup>, in particolare nell'allegato V, in cui sono indicate le tabelle con le relazioni tra le specifiche ITU-T e IEC:

Optical fibre specification			
ITU-T		IEC	
Fibre category	Recommendation	Fibre category	Document
Single-mode optical fibre	ITU-T G.652	B-652 (ex. B1.1/ex. B1.3) single-mode fibre	IEC 60793-2-50
Dispersion-shifted single-mode optical fibre	ITU-T G.653	B-653 (ex. B2) single-mode fibre	
Cut-off shifted single-mode optical fibre	ITU-T G.654	B-654 (ex. B1.2) single-mode fibre	
Non-zero dispersion shifted single-mode optical fibre	ITU-T G.655	B-655 (ex. B4) single-mode fibre	
Non-zero dispersion shifted single-mode optical fibre for wideband optical transport	ITU-T G.656	B-656 (ex. B5) single-mode fibre	
Bending loss insensitive single-mode optical fibre	ITU-T G.657	B-657 (ex. B6) single-mode fibre	

**Figura 6 - Tabella delle relazioni tra le specifiche ITU-T e IEC per fibre ottiche monomodali riportata nella Raccomandazione ITU-T G-Sup 40.**

168. A tale riguardo, con la costituzione nel 2001 della *World Standard Cooperation*<sup>34</sup> (WSC), le tre organizzazioni internazionali ITU, ISO e IEC cooperano per affermare e diffondere il ruolo strategico degli *standard* nel settore ICT assicurando altresì che non vi siano né divergenze né duplicazioni tra le attività delle tre organizzazioni.

169. Per quanto concerne le fibre ottiche, i relativi *standard* sono definiti da ITU-T e IEC (con il recepimento nazionale fornito da CEI). Come detto, le specifiche ITU-T e IEC risultano allineate e, in particolare, le specifiche IEC appaiono completare quelle ITU aggiungendo ulteriori requisiti di tipo meccanico e ambientale oltre che metodi standardizzati di misura e verifica delle fibre ottiche.

170. Dall'analisi della *best practice* internazionale riportata nella sezione 4 e di quanto rappresentato, si ritiene che il riferimento normativo da assumersi come principale, in quanto richiamato dagli altri *standard*, ai fini della definizione degli *standard* per le fibre ottiche e per i cavi sia costituito dalle Raccomandazioni ITU-T della serie G.65X.

<sup>33</sup> ITU-T (2018). *G-series Recommendation – Supplement 40, Optical fibre and cable Recommendations and standards guideline*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/recommendation.asp?lang=en&parent=T-REC-G.Sup40>

<sup>34</sup> <https://www.worldstandardscooperation.org/>

D4. Si condivide che gli organismi di standardizzazione e normazione rilevanti ai fini del presente provvedimento siano ITU-T, IEC e CEI?

D5. Si condivide che gli *standard* per le fibre ottiche e per i cavi siano definiti con riferimento alle Raccomandazioni ITU-T della serie G.65X?

### 6.3.2. *Normativa tecnica di riferimento applicata nei Bandi pubblici*

171. Si riportano, a titolo di esempio, le indicazioni sulla tipologia di fibra ottica da impiegare nella realizzazione del “*Piano isole minori*” rinvenibili all’interno della documentazione di gara elaborata dalla Stazione appaltante Infratel Italia S.p.A. “*per l’affidamento di appalto per la progettazione, fornitura e posa in opera del cavo sottomarino a fibre ottiche e relativa manutenzione, e della progettazione ed esecuzione dei lavori di realizzazione di infrastrutture costituite da impianti in fibra ottica*”.<sup>35</sup>

172. Il documento di “*Specifica Tecnica – Cavi Multifibra, Monofibra, Minibundle per posa esterna e Accessori*” prevede, al par. 3.5, che “**Le fibre ottiche inserite all’interno del cavo multifibra e del cavo singolo rinforzato devono essere del tipo a bassa sensibilità alla curvatura ed in accordo con la raccomandazione ITU-T G.657.A2. Per i cavi multifibra (...) è consentito anche l’uso di fibre in accordo con la raccomandazione ITU-T G.657.A1**”.

173. Il documento di “*Specifica Tecnica – Cavi in fibra ottica per posa aerea*” prevede, al par. 4.1, che “**Le fibre sono del tipo monomodale a dispersione non spostata a banda estesa (SM) le cui caratteristiche ottiche, meccaniche e geometriche devono essere conformi alle indicazioni ITU-T G.657 A1/A2**”.

174. Il documento “*Specifica Tecnica – Microcavi in fibra ottica per posa soffiata*” prevede, al cap.1, che “**Le caratteristiche delle fibre ottiche monomodali a dispersione non spostata a banda estesa (SM) devono essere conformi alla raccomandazione ITU-T G.652.D, ITU-T G.657 A1 e/o A2**”.

175. Infine, il documento “*ST1- Specifiche Tecniche ed Operative per la progettazione e la posa del cavo sottomarino e per la relativa manutenzione*” prevede, al sottopar. 7.2.2 che “**Le caratteristiche dimensionali e prestazionali devono riferirsi alla raccomandazione ITU-T G.652.D o opzionalmente G.654**”.

### 6.4. **Principali standard ITU-T per le fibre ottiche monomodali**

176. Dall’esperienza nazionale e internazionale è emerso l’utilizzo in via esclusiva della fibra ottica monomodale in tutte le diverse tratte di rete oggetto del presente

---

<sup>35</sup> Documentazione accessibile mediante piattaforma telematica all’indirizzo: <https://ingate.invitalia.it/>

provvedimento. A tale riguardo, ai fini di una migliore comprensione della proposta dell’Autorità, si ritiene opportuno fornire una sintetica descrizione delle caratteristiche per i principali *standard* ITU-T precedentemente citati.

177. Si richiama che le specifiche per le fibre monomodali sono contenute nelle Raccomandazioni G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 e G.657. Le Raccomandazioni definiscono per le fibre ottiche un insieme di 17 sottocategorie che presentano livelli di prestazione diversi per specifici attributi quali, ad esempio, il coefficiente di attenuazione o il raggio minimo di curvatura.

#### **6.4.1. ITU-T G.652 – Characteristics of a single-mode optical fibre and cable**

178. La Raccomandazione ITU-T G.652 descrive le caratteristiche geometriche, meccaniche e di trasmissibilità di una fibra ottica monomodale e di un cavo con zero-dispersione per le lunghezze d’onda intorno a 1.310 nm. La Raccomandazione è stata inizialmente definita nel 1984 per l’uso ottimizzato a tale lunghezza d’onda, sebbene sia possibile l’uso della fibra ottica anche nella regione a 1.550 nm.

179. Lo standard G.652 è suddiviso nelle 4 sottocategorie G.652.A – G.652.D.

180. Le sottocategorie B e D hanno una minore dispersione dei modi di polarizzazione (PMD) rispetto alle sottocategorie A e C. Le sottocategorie C e D presentano una minore attenuazione (*low water peak*<sup>36</sup>) che ne permette l’uso con uno spettro più ampio.

181. La sottocategoria G.652.D è quella più ampiamente utilizzata poiché presenta le migliori caratteristiche trasmissive. Il raggio minimo di curvatura è pari a 30 mm.

#### **6.4.2. ITU-T G.654 – Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable**

182. La Raccomandazione G.654 descrive le caratteristiche di una fibra ottica con lunghezza d’onda a dispersione zero intorno a 1.300 nm, con perdita ridotta e *cut-off* spostato a 1.550 nm.

183. Questa tipologia di fibra può essere usata per applicazioni di trasmissione digitale a lunga distanza come sistemi di cavi terrestri a lungo raggio e sistemi di cavi sottomarini che utilizzano amplificatori ottici.

- a) La sottocategoria G.654.A è la tipologia base adatta per i sistemi di trasmissione a 1.550 nm.

---

<sup>36</sup> Le fibre con *low water peak* presentano il picco di assorbimento a 1.390 nm (imputabile alla presenza di ioni ossidrilici) fortemente attenuato che permette il pieno utilizzo della banda 1.300-1.650 nm.

- b) La sottocategoria G.654.B può essere utilizzata per sistemi di trasmissione WDM con distanze e capacità maggiori, ad esempio sistemi sottomarini.
- c) La sottocategoria G.654.C è simile a G.654.A ma con PMD ridotto.
- d) La sottocategoria G.654.D è simile a G.654.B ma con diverse specifiche di curvatura e minore attenuazione ed è raccomandata per trasmissioni sottomarine.
- e) La sottocategoria G.654.E è simile a G.654.B ma con migliore resistenza alla curvatura (equivalente a G.652.D), oltre a migliori caratteristiche fisiche che ne consentono l'utilizzo nelle trasmissioni ad alta velocità (100 Gbps).

#### **6.4.3. *ITU-T G.655 – Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable***

184. La Raccomandazione G.655 descrive le caratteristiche di una fibra ottica con coefficiente di dispersione cromatica, in valore assoluto, maggiore di un valore non-zero nelle lunghezze d'onda maggiori di 1.530 nm. Questa dispersione riduce la formazione di effetti non-lineari particolarmente nocivi nei sistemi di trasmissione DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*).

#### **6.4.4. *ITU-T G.657 – Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable***

185. L'uso della fibra ottica nelle reti di accesso impone vincoli supplementari legati allo spazio generalmente limitato per l'installazione, alla facilità di realizzazione del collegamento e alla sensibilità alla curvatura.

186. Lo scopo della Raccomandazione G.657 è di supportare la capacità e la facilità di installazione della fibra ottica nelle reti di accesso migliorando i parametri di curvatura rispetto alla Raccomandazione G.652. Ciò è ottenuto attraverso due tipologie di fibre ottiche:

- a) G.657.A: pienamente compatibile con G.652 in quanto costituisce un sottoinsieme della G.652.D. Può essere utilizzata sia nella rete di accesso sia nella rete di trasporto.
  - i) La sottocategoria ITU-T G.657.A1 è adatta per applicazioni con raggio minimo di curvatura pari a 10 mm.
  - ii) La sottocategoria ITU-T G.657.A2 è adatta per applicazioni con raggio minimo di curvatura pari a 7,5 mm.

- b) G.657.B: definita per consentire raggi di curvatura ancora più ridotti, risulta compatibile con la G.657.A e con la G.652 solo nell'ambito rete di accesso<sup>37</sup> in quanto concepita per collegamenti di brevi distanze (inferiori a 1.000 m). Per tale ragione è usata nella rete all'interno degli edifici o nella loro prossimità.
- i) La sottocategoria ITU-T G.657.B2 è adatta per applicazioni con raggio minimo di curvatura pari a 7,5 mm.
  - ii) La sottocategoria ITU-T G.657.B3 è adatta per applicazioni con raggio minimo di curvatura pari a 5 mm.

187. Le fibre ottiche G.657 sono adatte per l'utilizzo con lunghezze d'onda da 1.260 nm a 1.625 nm. Ciò garantisce la compatibilità con la fibra G.652.D a 1.310 nm o 1.550 nm. Tuttavia, le sottocategorie B2 e B3 non risultano completamente compatibili con G.652.D in termini di coefficiente di dispersione cromatica e dispersione dei modi di polarizzazione (PMD).

## **6.5. Standard tecnici per i cavi in fibra ottica a cui devono attenersi gli aggiudicatari dei bandi per la realizzazione dell'infrastruttura di rete**

188. Alla luce di quanto rappresentato, si ritiene che sia all'interno delle Raccomandazioni ITU-T della Serie G.65X che si identificano le proprietà fisiche e trasmissive per le fibre ottiche cablate *in modo da assicurare adeguati livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività*.

### **6.5.1. Cavi in fibra ottica**

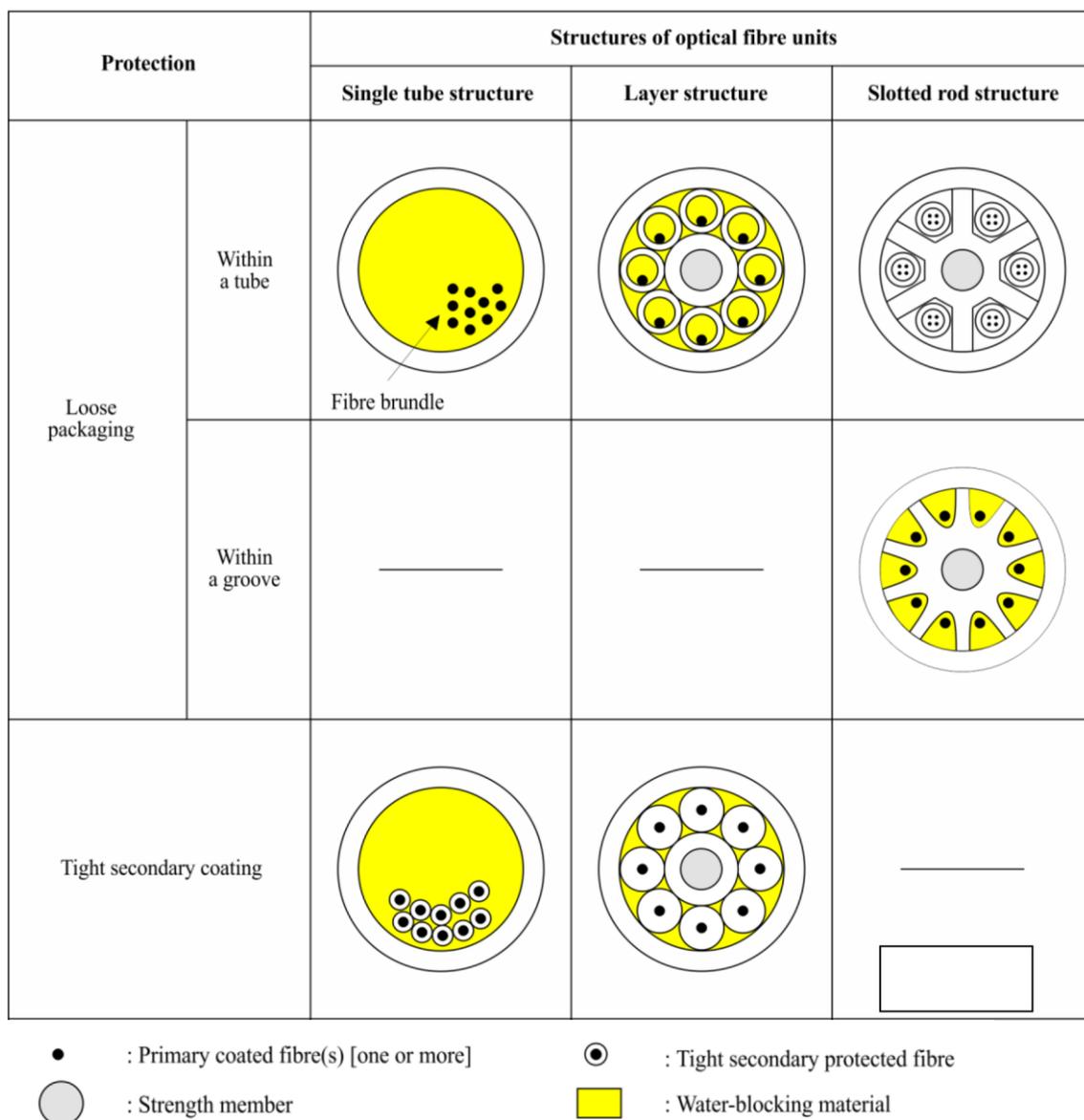
189. Si richiama che la connessione, ossia il collegamento che fornisce la capacità di trasmettere segnali, è garantita dalla fibra ottica mentre il cavo ha la finalità di proteggere e preservare nel tempo le proprietà trasmissive e meccaniche della fibra ottica anche a seguito delle operazioni di installazione e manutenzione. In tal senso, la fibra ottica *connette* mentre il cavo fa sì che la fibra *possa connettere*.

190. Il cavo protegge le fibre ottiche dagli effetti meccanici dovuti alla curvatura, alla tensione, alla torsione, agli urti, oltre che dagli effetti ambientali quali umidità, infiltrazioni d'acqua, variazioni di temperatura, fuoco.

191. All'interno del cavo, le fibre ottiche possono essere posizionate in maniera libera oppure secondo una particolare struttura, come rappresentato, a titolo di esempio non esaustivo, nella figura seguente.

---

<sup>37</sup> Le fibre G.657.B non risultano compatibili con G.652.D in termini di coefficiente di dispersione cromatica e dispersione dei modi di polarizzazione (PMD).



**Figura 7 – Esempi di posizionamento, con vista in sezione, delle fibre ottiche all'interno dei cavi. Riproduzione parziale da: ITU-T (2015). *Technical Report on Optical fibres, cables and systems.***

192. Le Raccomandazioni ITU-T G.65X forniscono sia le caratteristiche intrinseche delle fibre ottiche (ad esempio il diametro del *core* e del *cladding*) sia le caratteristiche trasmissive (ad esempio coefficienti di attenuazione e di dispersione dei modi di polarizzazione) che devono essere garantite una volta che le fibre ottiche sono fisicamente realizzate sotto forma di cavi.

193. Per quanto concerne la tipologia di cavo (ad esempio microcavo, interrato, posa aerea, multifibra, monofibra), si ritiene che la scelta debba essere dettata dalle specifiche condizioni infrastrutturali e realizzative. Si ritiene, a tal riguardo, che una eventuale declinazione della tipologia di cavo da utilizzare nella singola tratta possa, al contrario, risultare ambigua e non apportare benefici per il raggiungimento dei livelli qualitativi e di prestazioni elevate di connettività, sia perché l'elenco potrebbe rivelarsi non esaustivo rispetto a tutte le possibili casistiche implementative che possono verificarsi, sia perché la valutazione dell'effettivo contesto potrebbe condurre a ritenere una diversa tipologia di cavo più idonea allo scopo. Analoga considerazione è applicabile alle caratteristiche geometriche, meccaniche e dei materiali costruttivi dei cavi che contengono le fibre ottiche (ad es. tipologia di guaina/armatura, parametri di resistenza alla fiamma e di emissione di fumi ecc.), in quanto fortemente dipendenti dal contesto in cui vengono impiegati.

194. Si richiama che, a differenza dei cavi monofibra, i cavi multifibra si compongono di un numero di fibre variabile da circa dieci ad alcune centinaia raggruppate, per i cavi di maggiore potenzialità, in tubetti *loose* (tipicamente fino a dodici). Fermo restando che la potenzialità del cavo da utilizzare dipende dallo specifico contesto di installazione, l'Autorità ritiene tuttavia opportuno fornire, laddove considerato adeguato per le diverse tratte di rete, indicazioni sui principi che devono essere rispettati nella scelta della potenzialità del cavo.

195. Sebbene l'Autorità ritenga che *adeguati livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività* dipendano dalla particolare Raccomandazione ITU-T adottata per la scelta della fibra ottica, si rileva che la realizzazione del collegamento deve comunque avvenire nel rispetto della normativa nazionale relativa alla produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici di cui alla legge n. 186 del 1° marzo 1968, ossia nel rispetto delle corrispondenti norme CEI che definiscono la realizzazione a regola d'arte.

196. Nei paragrafi che seguono, per ciascuna tratta di rete, sono indicati, *per i cavi in fibra ottica, gli standard tecnici a cui devono attenersi gli aggiudicatari dei bandi per la realizzazione dell'infrastruttura di rete, in modo da assicurare adeguati livelli qualitativi e prestazioni elevate di connettività*. Si richiama che tali prescrizioni si applicano ai **bandi pubblicati successivamente alla data di entrata in vigore della legge 1° febbraio 2023, n. 10**.

D6. Si condivide che, per quanto concerne la tipologia di cavo (microcavo, interrato, posa aerea, multifibra, monofibra), la scelta da parte della Stazione appaltante debba essere dettata dalle specifiche condizioni infrastrutturali e realizzative o, al contrario, si ritiene che dovrebbero essere definite le tipologie per ogni specifica realtà di installazione? In quest'ultimo caso, il rispondente proponga una classificazione completa delle casistiche di installazione e le relative tipologie di cavo che ritiene debbano essere utilizzate.

D7. Si ritiene adeguato che la realizzazione dell'infrastruttura di rete avvenga nel rispetto dei generali principi normativi di esecuzione a regola d'arte secondo le norme CEI applicabili al caso specifico? In caso contrario, il rispondente indichi la normativa specifica che ritiene dovrebbe essere rispettata.

## 6.5.2. *Fibre ottiche per le diverse tratte di rete*

### 6.5.2.1 *Backhauling*

197. Per le tratte di *backhauling*, data l'ampia casistica di questa tipologia di collegamenti (ad es. trasporto aggregato verso i nodi di rete *core* del traffico generato in rete di accesso, rilegamento delle SRB, ecc.) e delle possibili infrastrutture per la posa dei cavi, conformemente al dettato normativo dell'articolo 4bis della legge 1° febbraio 2023, n. 10, e sulla base delle caratteristiche tecniche definite dalle raccomandazioni ITU-T, **l'Autorità individua come più adeguate allo scopo le fibre conformi alle Raccomandazioni ITU-T G.652.D e, per i cavi sottomarini, G.654.E.**

198. Tale scelta risulta pressoché allineata alle attuali esperienze rilevate in ambito nazionale e internazionale, seppure emerga come alcuni operatori o NRA ritengano idonea per queste tratte anche la fibra tipo G.657.A.

199. Per quanto attiene al dimensionamento dei collegamenti, vista l'elevata eterogeneità degli stessi, risulta poco pertinente individuare dei parametri comuni. Si richiamano, a tale proposito, le previsioni del documento Infratel denominato "*STI-Specifiche Tecniche ed Operative per la progettazione e la posa del cavo sottomarino e per la relativa manutenzione*" che specifica "*La potenzialità del cavo, sia per le componenti marine sia per quelle terrestri, deve essere pari a 48 fibre ottiche (24 coppie)*" e, al contempo, le previsioni del Capitolato tecnico del Bando nell'ambito del Piano "*Italia 5G*" per la realizzazione di rilegamenti in fibra ottica di siti radiomobili, in cui era previsto che "*i soggetti aggiudicatari dei contributi dovranno dimensionare e realizzare i collegamenti di backhauling in fibra ottica dei siti radiomobili oggetto dell'intervento in modo da garantire l'accesso all'ingrosso a tutte le sue componenti, attive e passive, a condizioni eque e non discriminatorie, a tutti i soggetti interessati*".

D8. Si condivide che l'infrastruttura di rete ottica nella tratta di *backhauling* sia realizzata con cavi di fibre ottiche conformi alle Raccomandazioni ITU-T G.652.D e, per i cavi sottomarini, G.654.E?

D9. Per quanto concerne la potenzialità dei cavi, si ritiene necessario quantificare in questa sede la capacità aggiuntiva disponibile al fine di garantire l'accesso all'ingrosso a tutte le sue componenti, attive e passive, a condizioni eque e non discriminatorie, a tutti i soggetti interessati? O si ritiene più congruo che la capacità aggiuntiva del singolo collegamento venga individuata dalla Stazione appaltante all'interno dei Bandi di gara, sulla base delle specifiche progettuali?

### 6.5.2.2 *Rete ottica primaria e secondaria*

200. Per le tratte di rete di accesso primaria e secondaria, conformemente al dettato normativo dell'articolo 4bis della legge 1° febbraio 2023, n. 10, e sulla base delle caratteristiche tecniche definite dalle raccomandazioni ITU-T, **l'Autorità individua come più adeguata allo scopo la fibra conforme alla Raccomandazione ITU-T G.657.A2**, in quanto permette di garantire la trasmissione nel *range* 1.260-1.625 nm anche con raggi di curvatura di 7,5 mm, risultando idonea anche per le future evoluzioni delle reti *Gigabit* (in ottica *future proof*) e assicurando la piena compatibilità con la fibra tipo G.652.D eventualmente presente nelle sezioni più a monte della rete.

201. Tale indicazione appare ulteriormente suffragata dal succitato studio del Comitato francese per la rete locale in fibra ottica, a cui si rimanda per i dettagli. Si richiama che, oltre alla fibra tipo G.657.A2, la maggioranza degli operatori e delle NRA considera idoneo per queste tratte l'impiego di fibra tipo G.657.A1, mentre solo una minoranza include anche la fibra tipo G.652.D. Quest'ultima, tuttavia, non appare adeguata a supportare le future evoluzioni tecnologiche della rete di accesso sia in virtù delle peggiori caratteristiche trasmissive rispetto alla fibra G.657.A1/A2 (ad esempio in termini di gamma di lunghezze d'onda di lavoro o di raggio minimo di curvatura) sia a causa delle possibili incompatibilità con la fibra ottica G.657.B2/B3 che potrebbe essere stata già installata all'interno degli edifici.

202. Per quanto concerne la potenzialità dei cavi, si rileva che le reti in fibra ottica punto-multipunto prevedono la condivisione tra più utenti di alcune tratte di rete. In particolare, la tratta di rete ottica primaria risulta condivisa mentre la tratta di rete ottica secondaria è condivisa nelle reti c.d. a *splitter* distribuiti, mentre è dedicata al singolo utente finale nel caso di reti c.d. a *splitter* concentrati.

203. Indipendentemente dalla tecnologia con cui è realizzata la rete, comunque nel rispetto dei requisiti previsti dai futuri bandi, l'Autorità ritiene opportuno che i cavi per la realizzazione dell'infrastruttura di rete ottica primaria e secondaria prevedano una capacità aggiuntiva disponibile pari ad almeno il 30% di quella necessaria per offrire il servizio all'utenza potenzialmente collegabile.

D10. Si condivide che l'infrastruttura di rete ottica primaria e secondaria sia realizzata con cavi di fibre ottiche conformi alla Raccomandazione ITU-T G.657.A2?

D11. Si condivide che l'infrastruttura di rete ottica primaria e secondaria da realizzare preveda una capacità aggiuntiva disponibile pari ad almeno il 30% di quella necessaria per offrire il servizio all'utenza potenzialmente collegabile?

### 6.5.2.3 *Cablaggio dell'edificio*

204. Anche per le sezioni interne all'edificio, conformemente al dettato normativo dell'articolo 4bis della legge 1° febbraio 2023, n. 10, e sulla base delle caratteristiche tecniche definite dalle raccomandazioni ITU-T, **l'Autorità individua come più**

**adeguata allo scopo la fibra conforme alla Raccomandazione ITU-T G.657.A2**, con motivazioni analoghe a quelle indicate al paragrafo precedente per le tratte di accesso.

205. Tale scelta risulta ampiamente coerente con le attuali esperienze nazionali e internazionali, seppure emerga come alcuni operatori o NRA ritengano idonea per queste tratte anche la fibra tipo G.657.A1.

206. Sebbene il raggio minimo di curvatura risulti un fattore rilevante nella scelta della fibra ottica più idonea, si ritiene di escludere le fibre di cui alle Raccomandazioni ITU-T G.657.B2 e B3, che presentano raggi di curvatura inferiori, a causa delle possibili incompatibilità con le fibre presenti nelle tratte di rete ottica primaria e secondaria. Infatti, nonostante gli operatori abbiano rappresentato di utilizzare in tali tratte fibre ottiche G.657.A1 e A2, non è possibile escludere la presenza in tali porzioni di rete di fibra ottica G.652.D già posata da altri operatori a cui il cablaggio interno potrebbe essere collegato, anche in considerazione della possibile definizione di procedure di passaggio degli utenti tra operatori di rete fissa che prevedano il riutilizzo del solo cablaggio di edificio esistente. Si ritiene, pertanto, prioritario garantire la piena compatibilità tra le infrastrutture di rete in fibra ottica già posata e quelle da realizzare. Inoltre, la scelta della fibra ottica G.657.A2 garantisce, in termini di raggio minimo di curvatura, le medesime prestazioni della fibra G.657.B2 (7,5 mm) e solo pochi mm in più rispetto alla fibra G.657.B3 (5 mm) che non appaiono precludere la realizzazione del cablaggio.

207. Per quanto riguarda il dimensionamento del cablaggio interno a partire dal ROE/PTE, l'Autorità ritiene adeguato un criterio che preveda la terminazione di almeno due fibre ottiche per ogni unità immobiliare e di almeno due fibre ottiche per i locali commerciali.

208. Tuttavia, nel caso in cui sia presente un ulteriore elemento di flessibilità (tipicamente per il cablaggio verticale) quale, ad esempio, un distributore di piano, l'Autorità ritiene che il cavo tra il ROE/PTE e il distributore di piano debba disporre di una sovracapacità di scorta pari ad almeno il 30% delle utenze potenzialmente collegabili.

D12. Si condivide che l'infrastruttura di rete all'interno degli edifici sia realizzata con cavi di fibre ottiche conformi alla Raccomandazione ITU-T G.657.A2?

D13. Si condivide che il dimensionamento del cablaggio interno a partire dal ROE/PTE preveda la terminazione di almeno due fibre ottiche per ogni unità immobiliare e di almeno due fibre ottiche per i locali commerciali?

D14. Si condivide che, nel caso in cui sia presente un ulteriore elemento di flessibilità (tipicamente per il cablaggio verticale) quale, ad esempio, un distributore di piano, il cavo tra il ROE/PTE e il distributore di piano debba disporre di una sovracapacità di scorta pari ad almeno il 30% delle utenze potenzialmente collegabili?