



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

ESITI DELL'INDAGINE CONOSCITIVA DI CUI ALLA DELIBERA N. 557/16/CONS

Con la delibera n. 557/16/CONS del 24 novembre 2016, pubblicata sul sito *web* in data 23 dicembre 2016, l'Autorità ha avviato un'indagine conoscitiva concernente le prospettive di sviluppo dei sistemi *wireless* e mobili verso la quinta generazione (5G) e l'utilizzo di nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz. Il successivo documento pubblicato il 28 marzo 2017 ha disposto le modalità di partecipazione e riportato un'analisi strutturata degli argomenti di indagine con una serie di quesiti volti a facilitare le osservazioni da parte dei soggetti rispondenti.

Nel termine previsto per la partecipazione all'indagine¹ sono pervenuti all'Autorità contributi da parte di 19 soggetti, con 10 richieste di audizione, che si sono svolte nel corso del mese di luglio 2017.

In particolare, come riportato in dettaglio nell'elenco allegato, sono pervenuti i contributi di alcuni dei principali costruttori internazionali di apparati e dispositivi di comunicazioni elettroniche, dei quattro operatori di rete mobile nazionali, di operatori di rete fissa o di accesso *wireless* fisso o virtuali, nonché di rappresentanti dell'industria satellitare ed associazioni.

Nei successivi capitoli 1 e 2 sono riportate rispettivamente una sintesi delle risposte fornite nell'ambito della presente indagine ed alcune considerazioni riassuntive sui principali aspetti trattati, anche in relazione al prosieguo dell'attività connessa ai temi trattati nell'indagine. Nel capitolo 3 sono infine riportate delle brevi conclusioni.

¹ Termine inizialmente fissato per il 26 giugno 2017 e successivamente prorogato, su richiesta di alcuni soggetti interessati, al 5 luglio 2017.

Quanto qui esposto non costituisce comunque alcun avallo da parte dell’Autorità rispetto alle posizioni espresse né vincolo o impegno circa le future attività dell’Autorità stessa.

1. Sintesi delle risposte fornite nell’ambito dell’indagine

1.1 Introduzione, standardizzazione e considerazioni generali

I soggetti rispondenti hanno generalmente apprezzato l’analisi puntuale ed esaustiva contenuta nel documento di lavoro dell’Autorità, pubblicato nel marzo 2017, sottolineando di aver accolto con favore l’opportunità di avviare un approfondito confronto sul tema dello sviluppo del 5G e rappresentando che l’analisi dell’Autorità meritoriamente affronta allo stato dell’arte tutti gli aspetti rilevanti.

Dal punto di vista generale, è stato sostanzialmente confermato come lo sviluppo del 5G riguardi un insieme estremamente variegato di servizi e applicazioni, che nel loro complesso non sono riconducibili all’impiego di una sola gamma di frequenze ma piuttosto ad un insieme di varie gamme, aventi ciascuna determinate caratteristiche, con infrastrutture di rete mobile e *wireless* diffusamente interconnesse con quelle di rete fissa e, in particolare, con quella in fibra ottica e con la possibilità, per talune funzionalità ed impieghi particolari, di collegamenti realizzati attraverso l’uso di reti satellitari.

Il 5G sarà caratterizzato da una nuova tecnologia radio (ad oggi indicata come NR - New Radio), ottimizzata anche per l’uso di bande larghissime ad alta frequenza, a cui si aggiunge l’evoluzione dell’LTE (*Long Term Evolution*). In linea con le decisioni in ambito 3GPP, a partire dalla Release 15 del 3GPP, l’evoluzione dell’LTE e la nuova interfaccia radio (NR) definiranno l’accesso 5G in un approccio multi-RAT (*Radio Access Technology*).

È stato evidenziato come il 5G non sia solo un “evento” tecnologico, ma rappresenti prima di tutto un’evoluzione nell’ecosistema, nelle tecnologie, nelle architetture, negli stessi modelli di *business* e dunque anche nell’organizzazione del lavoro dell’intera filiera.

La visione comune per la nuova generazione di telecomunicazioni mobili indica in particolare 3 principali scenari di impiego del 5G:

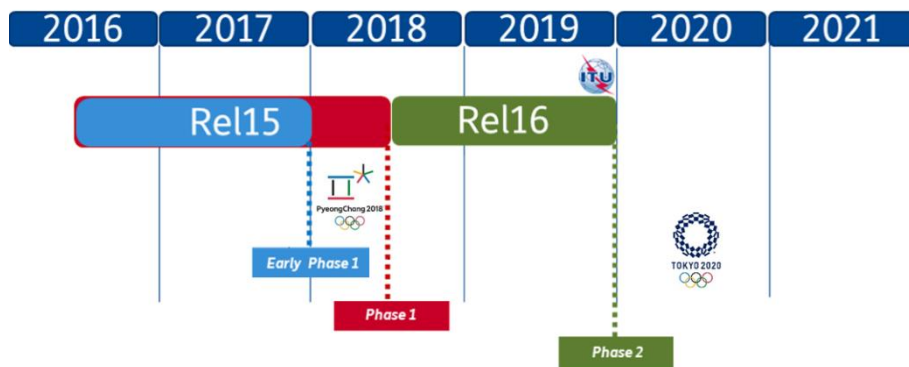
- *enhanced mobile broadband (eMBB)*,
- *massive machine type communications (mMTC)*
- *ultra-reliable and low latency communications (URLLC)*.

Le nuove reti 5G dovranno soddisfare le esigenze di tutti i nuovi casi d'uso, come l'IoT (*Internet of Things*), incluse le comunicazioni di tipo M2M (*Machine to Machine*) e supportare tutti i principali settori verticali (c.d. *verticals*), e le applicazioni cosiddette critiche.

Tenuto conto che il 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) ha predisposto i processi necessari ad assicurare il controllo efficace, a diversi livelli, del processo di standardizzazione, per assicurare la disponibilità dello standard 5G nei tempi previsti², vari soggetti si sono espressi in senso positivo in merito alle tempistiche descritte per lo sviluppo degli standard e per l'identificazione delle nuove bande 5G ritenendole adeguate.

Nella sua riunione di marzo 2017, il 3GPP ha stabilito le tempistiche per il rilascio delle specifiche radio del sistema 5G, LTE ed NR, a partire dalla Release 15 e ha confermato le tempistiche per la specifica della *Core Network*.

Il *workplan* approvato dal 3GPP è illustrato nella seguente figura:



La novità introdotta nella suddetta riunione è stata la decisione di rilasciare una prima versione delle specifiche radio a dicembre 2017 (indicata in figura come *Early Phase 1*), che dovrebbe poter essere utilizzata commercialmente, seppure con qualche limitazione, nel 2019, per far fronte alle accelerazioni nel frattempo impresse dai mercati

² Ovviamente a valle della standardizzazione occorre l'effettiva disponibilità commerciale degli apparati.

mondiali³. La soluzione di tale rilascio è focalizzata sul nuovo accesso radio con micro celle NR operanti in sinergia con celle LTE e controllate da queste ultime (*non standalone solution*). La *Release 15* include la definizione di una nuova *core network*, in grado di supportare nativamente funzionalità quali lo *slicing* e la virtualizzazione, abilitatori fondamentali per l'utilizzo delle nuove infrastrutture anche da parte di nuovi settori industriali, non-telco. La fase 2 è rappresentata dalla *Release 16* e terminerà a dicembre 2019. Le funzionalità specificate in questa versione saranno in grado di soddisfare formalmente tutti i requisiti ITU (*International Telecommunication Union*), sia in termini di *use case* che di tempistiche.

Secondo la GSMA (*GSM Association*), sono cinque gli obiettivi dell'industria del mobile che saranno conseguiti con il nuovo ciclo tecnologico e di *business* abilitato dal 5G: connettività illimitata per tutti, reti innovative, trasformazione digitale dei mercati verticali, trasformazione dell'*experience* del *mobile broadband* e lancio massivo di nodi di IoT intelligente per diversi scenari.

Sono stati poi evidenziati, in particolare da alcuni costruttori ed operatori, aspetti specifici concernenti la possibilità di rivedere alcune regole di assegnazione della banda 3.6-3.8 GHz di cui alla delibera n. 659/15/CONS, alla luce del mutato contesto di sviluppo del 5G⁴ (in generale dai costruttori e dagli operatori radiomobili), nonché, secondo alcuni, la necessità di valorizzare gli investimenti già effettuati sulle frequenze 3.4-3.6 GHz già assegnate per sistemi BWA-*Broadband Wireless Access/Wimax*, attraverso il prolungamento della durata dei correnti diritti d'uso. Per quanto riguarda la gamma dei 26 GHz, è stato invece evidenziato come l'attuale impiego della suddetta banda, nonché le prospettive di breve e medio periodo legate alla durata dei diritti d'uso e alla natura dei servizi erogati con licenza WLL (*wireless local loop*), possa rappresentare una criticità nell'introduzione dei sistemi 5G sulle medesime risorse spettrali. Alcuni soggetti hanno manifestato l'esigenza che anche per le porzioni di spettro a 26 e 28 GHz possano essere previsti meccanismi di proroga dei diritti d'uso, attualmente in scadenza al termine del 2022. Alcuni hanno intravisto pertanto nella parte più alta della 26 GHz (26.5-27.5 GHz),

³ Nel mese di dicembre 2017 sono state effettivamente approvate le specifiche tecniche per i sistemi 5G New Radio (NR) *non-standalone*, che definiscono la prima fase della *roadmap* 3GPP di standardizzazione 5G e la cui finalizzazione è attesa per giugno 2018.

⁴ Quali ad esempio la possibilità di prevedere maggiori larghezze di banda, es. 100 MHz per operatore, con eventuale eliminazione della suddivisione territoriale tra aree città e territorio, procedendo inoltre da parte del MISE ad un completo *refarming* della banda, in modo da eliminare o quantomeno limitare la necessità di protezione dei servizi *incumbent*.

attualmente in uso alla Difesa e non assegnata al WLL, la porzione su cui procedere prioritariamente ad assegnazioni in ottica 5G.

In termini di modelli di *business*, è stato sottolineato come il 5G nasca con un deciso cambio di prospettiva, come una tecnologia orientata non solo ai bisogni e per i servizi/offerte per i clienti *human* finali ma anche come un abilitatore dei mercati verticali dell'*industry* con un approccio B2B.

L'ecosistema 5G permetterà quindi, secondo varie opinioni espresse, lo sviluppo di nuovi modelli di *business* per la messa a disposizione dello spettro frequenziale e per l'offerta di servizi 5G, in particolare in relazione alle possibili nuove funzioni di *network slicing*. Tra i nuovi modelli abilitati dal 5G, rientrerebbe poi secondo alcuni anche il modello *neutral host*, rappresentato da un operatore *wholesale* aggregatore anche di frequenze spettrali, il quale, secondo alcuni, potrebbe dare un impulso al mercato, garantendo il rispetto di condizioni concorrenziali e la massimizzazione dell'economia di rete e degli investimenti, considerati requisiti necessari alla diffusione del 5G.

In ogni caso, data la convergenza in atto, è stato evidenziato come la disponibilità di risorse spettrali rappresenti uno degli *asset* strategici per lo sviluppo e il lancio non solo dei servizi mobili di quinta generazione ma anche per competere sul mercato del fisso. Dunque, lo spettro assumerebbe la caratteristica di risorsa essenziale ai fini di una effettiva competizione sul mercato fisso e mobile, essendo uno degli elementi principali a disposizione degli operatori per caratterizzare il proprio servizio in termini di copertura e di capacità. È stata quindi espressa da alcuni l'opinione che tutti gli operatori, indipendentemente dalla loro provenienza (dal servizio fisso o da quello mobile), debbano essere messi nelle condizioni di poter accedere alle risorse spettrali per lo sviluppo di servizi mobili 5G.

Nel rispetto del principio di neutralità tecnologica, è stata poi espressa l'opinione che la gestione e l'allocatione dello spettro in ottica 5G non debba escludere l'utilizzo di tale risorsa anche ai fini dell'erogazione di servizi su postazione fissa e/o nomadici, quali ad esempio quelli di tipo *Fixed Wireless Access* (FWA) e IoT (*Internet of Things*).

1.2 Sviluppi tecnologici ed implicazioni a livello di uso dello spettro in ottica 5G

1.2.1 Bande di frequenze candidate in ottica 5G

Il documento di lavoro ha fornito una ricognizione delle bande di frequenza già in uso o comunque armonizzate per le reti mobili in quanto già designate in sede ITU per i sistemi cosiddetti IMT - *International Mobile Telecommunication* (impiegate in 2G, 3G, 4G ed in futuro impiegabili per il 5G) e di quelle future candidate, poste nelle gamme di frequenze al di sopra dei 6 GHz. Le bande attualmente oggetto di studio in ITU per una futura designazione sono comprese in particolare tra 24.25 e 86 GHz.

Particolare *focus* è rivolto innanzitutto a tutte le **bande prioritarie** già identificate a livello comunitario, con particolare riferimento alle attività in corso del RSPG (*Radio Spectrum Policy Group*), che assiste la Commissione sui temi strategici concernenti l'uso dello spettro. L'RSPG ritiene che il 5G si possa sviluppare in tutte le bande già armonizzate o in corso di armonizzazione per i sistemi di comunicazione elettronica, e considera tre bande come prioritarie per l'Europa, precisamente quella a 700 MHz fra le bande sotto il GHz, quella a 3.6 GHz (3.4-3.8 GHz) come *range* intermedio, e quella a 26 GHz (24.25-27.5 GHz) fra le bande millimetriche sopra i 6 GHz. Tale identificazione anticipata potrebbe quindi garantire all'Unione europea una certa *leadership* mondiale negli sviluppi 5G, e consentire l'introduzione del 5G in Europa prima del 2020.

Le risposte fornite concordano con la sintesi fornita dall'Autorità. Per quanto riguarda le **bande di frequenza al di sotto dei 6 GHz**, da un punto di vista costruttivo e tecnologico, le basse frequenze (es. 700 MHz e 800 MHz) sono ovviamente da considerarsi imprescindibili per ottenere una copertura mobile diffusa e pervasiva, anche in contesti *indoor*, ma ovviamente le porzioni di banda disponibili a tali frequenze sono limitate e questo limita la possibilità di utilizzare tali bande per realizzare *layer* altamente capacitivi o prestazionali, in termini cioè di velocità di trasmissione/ricezione. La banda 3.4-3.8 GHz, se da un lato ha caratteristiche propagative inferiori rispetto alla precedente, dall'altro si presenta, allo stato, come la maggiore candidata (sotto i 6 GHz) per l'implementazione di tecnologie *Massive MIMO*, in quanto consente di allocare porzioni di banda rilevanti e di realizzare *array* di discreta direttività, mantenendo le dimensioni complessive all'interno di quelle che sono i fattori di forma delle antenne utilizzate oggi nella telefonia mobile. Essa consente inoltre ampie larghezze di banda.

Tra quelle di possibile interesse in ottica 5G alcuni soggetti hanno evidenziato anche la banda 2.3-2.4 GHz, previa liberazione dalle attuali utilizzazioni, l'intera banda 3.4-4.2 GHz, estesa quindi rispetto a quella già identificata ed armonizzata a livello europeo e le bande dei 5 GHz per uso condiviso a 5.2 GHz (5150-5350 MHz) e 5.8 GHz

(5725-5850 MHz). Peraltro anche la banda di frequenza 5.9 GHz (5875-5905 MHz) sta acquisendo rilevanza nel contesto delle comunicazioni V2V (*Vehicle to Vehicle*) e delle tecnologie di *Intelligent Transport Systems* (ITS). Inoltre, rispetto alle bande di cui si discute in ambito internazionale, sono state espresse posizioni discordanti circa l'uso della banda 1492-1518 MHz per il servizio mobile; il settore satellitare ritiene infatti che vi possano essere problemi di compatibilità con la banda mobile via satellite MSS (*Mobile Satellite Service*) superiore adiacente (1518-1559 MHz).

Per quanto riguarda la banda 700 MHz ed in particolare la porzione accoppiata in FDD (*Frequency Division Duplex*, 30x2 MHz) è stata generalmente espressa l'opinione che questa debba essere assegnata nel rispetto della Decisione (UE) 2017/899 (quindi entro il 2020 con la possibilità di 2 anni di deroga).

Relativamente alle altre porzioni di spettro della banda 700 MHz (sotto i 703 MHz e sopra i 788 MHz) alcuni hanno espresso l'opinione che debbano essere mantenute prive da ulteriori applicazioni, al fine di proteggere quelle esistenti nelle bande adiacenti, mentre altri hanno evidenziato l'opportunità di prevedere applicazioni PPDR. Per quanto riguarda, invece, la porzione di banda contenuta nell'intervallo di *central gap*, varie risposte hanno evidenziato la possibilità di assegnare tale banda alle comunicazioni mobili come *supplemental downlink* (SDL).

Per quanto riguarda la banda 3.6-3.8 GHz è stato evidenziato come la sperimentazione avviata dal MISE rappresenti un'opportunità interessante per testare sul campo la nuova tecnologia ed osservare le interazioni tra i vari attori del nuovo ecosistema (operatori, istituzioni, fornitori, *verticals*). Essa potrà consentire il monitoraggio di un ampio spettro di casi d'uso, con l'obiettivo da un lato di definire, testare sul campo e validare, prima del *roll-out* commerciale della nuova tecnologia, tutte le caratteristiche tecniche abilitanti del 5G, e dall'altro di identificare e validare le aree di applicazione della tecnologia più rilevanti, sia in termini economici che di utilità sociale.

Per quanto riguarda le **frequenze al di sopra dei 6 GHz** è stata espressa condivisione circa l'identificazione della banda 26 GHz e delle ulteriori gamme attualmente in fase di studio, nonché la rilevanza delle stesse nell'ottica dello sviluppo delle reti 5G, al fine di aumentare le *performance* e le capacità delle reti. Tali frequenze potrebbero, secondo alcuni, essere utilizzate sia per applicazioni di tipo FWA, in contesti propagativi caratterizzati da linea di vista, sia per realizzare coperture di tipo micro/pico

cellulare mediante l'impiego delle cosiddette *small cell* (*outdoor* o *indoor*), in contesti di rete *multilayer*.

Alcuni soggetti hanno richiesto la possibilità di continuare a fornire servizi satellitari nelle bande ad essi attribuite.

In merito alla cosiddetta *carrier aggregation* (CA), questa è considerata una funzionalità di rete imprescindibile per soddisfare la domanda di capacità, ma è emerso anche come questa possa comportare delle complessità implementative sui dispositivi d'utente, con impatti sulle *performance* (ad esempio per la durata delle batterie); per tali motivi, secondo alcuni, sarebbe preferibile poter operare su blocchi frequenziali contigui di ampiezza adeguata.

I servizi di comunicazione impiegati per la sicurezza e la protezione pubblica rappresentano inoltre, secondo alcuni, uno degli ambiti che possono maggiormente trarre beneficio, sia in termini prestazionali che funzionali, dalla disponibilità delle infrastrutture 5G e dalla realizzazione di soluzioni a supporto delle forze dell'ordine e in generale per offrire maggiore sicurezza ai cittadini. Le soluzioni tecnologiche che saranno dispiegate a tal fine sono molteplici e tra questi sono stati menzionati:

- strumenti di videosorveglianza per gli enti di Pubblica Sicurezza;
- apparati *wearable* impiegabili da parte delle forze dell'ordine;
- droni a supporto della gestione delle emergenze;
- soluzioni evolute di comunicazione diretta.

È stato ricordato che il 3GPP ha già introdotto, a partire dalle *Release* 12/13, il supporto di alcune importanti funzionalità (come il *Direct Mode*, la *Group Communication*, la *PPT communication*) che saranno ulteriormente implementate per rendere sempre più robuste le comunicazioni anche in scenari *mission critical*. Tali funzionalità, insieme alle caratteristiche intrinseche della nuova interfaccia radio 5G (bassa latenza ed elevata affidabilità) e alla flessibilità offerta dalle nuove architetture 5G come il *network slicing* potranno rappresentare pertanto un successivo *step* per realizzare reti che possano soddisfare in maniera efficace i requisiti previsti per le *Public Safety Networks*. A tal fine, sarà importante verificare, con i principali attori ed utilizzatori, l'effettiva possibilità di migrare verso le reti commerciali 5G alcuni dei servizi legati alla sicurezza, secondo quanto previsto dall'obiettivo 7 dell'Action Plan.

1.2.2 Aspetti tecnologici concernenti l'uso dello spettro relativi allo sviluppo delle reti 5G (*small cells, network densification, backhauling, massive MIMO*)

Nell'indagine sono stati affrontati alcuni aspetti tecnici connessi allo sviluppo del 5G. Nell'indagine è stato confermato come la **densificazione delle reti**, attraverso l'impiego di *small cell*, rappresenti una delle principali leve per il raggiungimento delle *performance* attese per i sistemi 5G, in particolare per gli scenari di utilizzo *enhanced mobile broadband*. Riguardo alle frequenze da impiegare per le *small cell* 5G, sono ritenute di particolare interesse la banda 3.4–3.8 GHz e le bande sopra i 6 GHz. Per particolari scenari di utilizzo (tipicamente con traffici *downlink/uplink* fortemente asimmetrici), sono considerate con interesse anche *small cell* 5G in bande SDL. Il concetto di *small cell* andrebbe comunque esteso, secondo alcuni, fino a comprendere anche altre tipologie di installazioni utilizzate per coprire ambienti *indoor* di medie e piccole dimensioni. È stato sottolineato che il ruolo delle *small cell* non sarà quello di sostituire i macro-siti nella realizzazione della copertura, ma piuttosto quello di complementare la macro rete per gestire in maniera efficiente i picchi di traffico o di connessioni attesi in particolare negli *hot spot* ed aumentare le *performance* dei singoli utenti, scaricando allo stesso tempo la rete macro cellulare (cosiddetto *traffic offload*).

Le *small cells* costituiranno quindi uno degli elementi fondamentali delle cosiddette *Heterogeneous Network (HetNet)*, ovvero delle reti costituite da un mix di *layer* differenti (macro, micro, pico, femto, ecc.).

Per tali ragioni, l'applicazione di un *framework* normativo che permetta di installare *small cell* in regime di autorizzazione generale, che eventualmente includa anche una revisione degli attuali limiti di emissioni elettromagnetiche (ritenuti da vari soggetti troppo stringenti) e/o dei relativi metodi di stima e misura, appare secondo alcuni la migliore strada percorribile, poiché garantirebbe non solo una semplificazione ed un'accelerazione dei processi di *roll-out*, ma faciliterebbe altresì il lavoro dei vari soggetti preposti al controllo regolamentare (ARPA, Enti locali, ecc.).

Sebbene il mercato delle *small cell* non abbia ancora raggiunto volumi significativi, alcuni prodotti (non 5G) sarebbero già commercialmente disponibili, con maturità in termini di funzionalità, prestazioni, fattore di forma, miniaturizzazione. Ciò

nonostante, secondo alcuni, non si ha ancora evidenza certa delle caratteristiche tecniche di dettaglio delle future *small cell* 5G.

È stato poi evidenziato come, per le *small cell*, sia già in vigore un quadro normativo basato sull'autocertificazione o sull'assenza dell'obbligo di comunicazione per apparati aventi determinate caratteristiche tecniche⁵. È stato pertanto auspicato che il medesimo approccio possa essere seguito anche per apparati 5G.

In riferimento alla disponibilità di soluzioni *off-the-shelf*, alcuni ritengono che queste siano possibili, in linea di principio, ma solo a condizione di garantire il pieno controllo dell'operatore mobile. È stata segnalata comunque l'esistenza di altre soluzioni flessibili e innovative quali il "*white-label*", in cui i sistemi *small cell* sono pre-integrati (ad es. all'interno di edifici quali stadi, stazioni, ecc. o in specifiche aree urbane quali fermate di autobus, pali di luce stradale, ecc.) da soggetti diversi dagli operatori di telecomunicazioni per poi essere connessi alle reti di uno o più operatori.

Il tema del ***backhauling*** è ritenuto anch'esso di particolare rilievo per assicurare velocità elevate dei servizi dati e la diffusione dei servizi a banda ultralarga in mobilità.

I requisiti che la nuova rete 5G pone nei confronti della rete di trasporto riguardano infatti principalmente la domanda di *throughput* e il limite di latenza massima da soddisfare; questi requisiti richiedono interventi significativi di adeguamento per tutta la rete di trasporto, a partire dalla componente di *backhauling*. Soluzioni basate su ponti radio operanti nelle bande ad alta frequenza e capacità assumerebbero, infatti, un ruolo importante ma ritenuto da alcuni complementare alla fibra. Un ulteriore requisito posto dalla nuova rete 5G e, in particolare, dalla natura TDD (*Time Division Duplex*) dello spettro radioelettrico utilizzato, consiste nell'esigenza di disporre di una sincronizzazione temporale stringente dei nodi della rete.

Alcuni rispondenti hanno evidenziato come anche i sistemi satellitari GEO e MEO siano in grado di fornire servizi di *backhauling* per 3G e 4G per cui, a parere di questi, è importante che anche i servizi satellitari FSS possano continuare in futuro ad utilizzare lo spettro che usano oggi, anche a supporto del 5G.

Vari rispondenti hanno inoltre concordato sul fatto che il ***Massive MIMO*** (*Multiple In Multiple Out*) sia una leva tecnologica rilevante per il raggiungimento delle

⁵ Per quanto riguarda in particolare dimensioni e potenza.

performance attese per i sistemi 5G. Tuttavia, occorre considerare anche che questa tecnica, secondo alcuni, nell'accezione in cui il numero di elementi radianti in trasmissione sia dell'ordine del centinaio, potrà essere pienamente applicabile in ambito *small cell* soprattutto alle bande di frequenze ad onde millimetriche, dato che le dimensioni delle antenne sono legate alla lunghezza d'onda del segnale trasmesso. Inoltre, per essere pienamente efficace in ambito 5G, la tecnica di "Massive MIMO" dovrà essere sfruttata su ampiezze di banda notevoli, dell'ordine delle centinaia di MHz.

Vari soggetti sono poi concordi sui benefici introdotti da meccanismi di coordinamento tra celle c.d. CoMP (*coordinated multipoint*); tuttavia allo stato attuale, secondo alcuni sembrerebbe che non vi siano sufficienti evidenze sperimentali in campo, in particolare per alcune applicazioni, sebbene alcuni *trial* effettuati in passato sia in laboratorio che in campo abbiano confermato i benefici che le tecniche di coordinamento tra celle possono comportare in termini di riduzione dell'interferenza ed incremento del *throughput* a bordo cella (fino al 100%).

1.2.3 Aspetti relativi alle modalità di assegnazione dello spettro relativi allo sviluppo delle reti 5G (*licensing, coverage, spectrum sharing*)

Tra gli aspetti di natura regolamentare connessi al tema del 5G è stato trattato il tema legato alle modalità di assegnazione ed alla possibile introduzione di nuove forme di *licensing*, da affiancare alle modalità classiche di assegnazione con diritti d'uso esclusivi. Sono state prese, infatti, in considerazione nuove forme di condivisione dello spettro c.d. di *light licensing* o *club use* o impiego di bande ad uso collettivo (*unlicensed*) ad esempio in modalità LAA (*licensed assisted access*), anche in possibile accoppiamento con bande licenziate. Ciò, in linea con le tendenze regolatorie del nuovo codice delle comunicazioni che vedono la necessità di un diritto d'uso classico esclusivo solo ove strettamente necessario ad evitare interferenze nocive.

Ciò nonostante sono emerse dall'indagine indicazioni preferenziali da parte di vari soggetti per l'assegnazione di diritti d'uso esclusivi, al fine di poter fornire maggiori garanzie sulla qualità e lo sfruttamento ottimale delle frequenze da parte dell'assegnatario. Le possibili bande candidate ai servizi IMT, allocate a servizi diversi dal mobile e che non siano usate in maniera efficiente, secondo alcuni, dovrebbero essere liberate dagli usi attuali perché sia possibile la loro assegnazione ai servizi mobili. Nei

solì casi in cui non sia possibile liberare in tempi rapidi tali frequenze dai cosiddetti *incumbent*, secondo alcuni, potrebbero essere applicate soluzioni temporanee di *sharing* verticale (c.d. *Licensed Shared Access - LSA*). Il ricorso all'LSA dovrebbe essere comunque, secondo alcuni, solo transitorio in attesa che la banda sia completamente liberata. Soluzioni di *sharing* verticale appaiono peraltro praticabili solo in bande in cui sia presente un solo *incumbent* "statico", rientrando in questa casistica le bande di frequenza utilizzate da soggetti governativi (ad esempio le frequenze per applicazioni militari radar). È stata quindi ricordata la consultazione pubblica effettuata dall'Autorità con la delibera n. 121/16/CONS sul tema e sono state ribadite le posizioni già espresse a suo tempo, rinviando alla sintesi della consultazione pubblicata sul sito *web* dell'Autorità

Relativamente alle bande al di sopra dei 6 GHz, ove ci sia la necessità di effettuare assegnazioni di specifiche frequenze e sufficiente disponibilità di spettro, come nel caso dei collegamenti in ponti radio, alcuni ritengono che la modalità di assegnazione maggiormente efficiente sia quella amministrativa, previa richiesta del soggetto interessato, a fronte di contributi predefiniti. Ove dovessero essere introdotte modalità di assegnazione condivisa, alcuni reputano l'approccio caso per caso quello da preferire, non essendo possibile determinare *ex ante* regole applicabili in tutti gli scenari.

Modelli di *club use* e *light licensing*, secondo alcuni, dovrebbero essere utilizzati in maniera residuale solo in alcuni casi specifici. Il modello *light licensing* presenterebbe infatti, secondo alcuni, delle problematiche quando aperto ad un numero illimitato di utenti. Il regime di *concurrent licensing*, basato su un numero limitato di licenze nazionali, rilasciate attraverso assegnazione, potrebbe rappresentare per alcuni un'alternativa migliore.

Secondo alcuni poi il modello di *individual licensing* non può prescindere, nel futuro scenario 5G, dall'introduzione di criteri premianti a favore degli operatori *wholesale* attivi esclusivamente nel mercato all'ingrosso, oppure dall'introduzione di obblighi *wholesale* a carico degli aggiudicatari.

Particolare interesse è stato rivolto anche al tema degli **obblighi di copertura** e della possibile estensione geografica dei diritti d'uso in particolare per le bande di futura assegnazione.

Questo tema risulta particolarmente interessante anche al di sotto di 1 GHz, ad esempio per la banda 700 MHz di futura assegnazione, tenuto conto, ad esempio, che la

stessa Decisione comunitaria approvata dal Parlamento europeo e dal Consiglio⁶ e che ne detta le tappe di rilascio evidenzia la necessità di una valutazione circa una possibile prioritizzazione per la copertura delle principali reti di trasporto e per un servizio ampiamente diffuso sul territorio.

A tale proposito è emerso anche che con l'introduzione del 5G, potrà aumentare il numero di applicazioni che richiedono una continuità territoriale. Sembra quindi opportuno per alcuni porre come obiettivo per la regolamentazione quello di incentivare ed assicurare la disponibilità di tali servizi agendo direttamente nei confronti delle entità che li offrono. Tenuto conto del fatto che le coperture degli operatori utilizzeranno più tecnologie in parallelo (2G, 3G, 4G, 5G) e più bande di frequenza (700, 800, 900, 1500, 1800, 2100, 2600, 3600 MHz), è stato pertanto suggerito un approccio complessivo per tutte le bande previste per il 5G, compresa la banda 700 MHz, legato al tipo di servizio offerto.

Alcuni ritengono opportuno introdurre specifici obblighi di copertura legati all'attribuzione dei diritti d'uso. In particolare tali obblighi potrebbero essere espressi sia in termini di popolazione che in termini di copertura ad esempio dei capoluoghi di provincia e delle arterie di trasporto terrestri, in modo così da recepire le indicazioni espresse dalla Commissione nell'*Action Plan 5G*. Inoltre, secondo alcuni, gli obiettivi di copertura dovrebbero essere calendarizzati, identificando una serie di *milestone* intermedi utili a verificare lo stato di avanzamento dei lavori. In aggiunta, è stato proposto che i vincoli di copertura debbano essere affiancati da obblighi di apertura di offerte *wholesale*. L'accesso condiviso allo spettro dovrebbe poter avvenire sia secondo i tradizionali meccanismi di *sharing* quali *roaming*, MORAN (*Multi-Operator Radio Access Network*), MOCN (*Multi-Operator Core Network*), che in prospettiva 5G, tramite la definizione di opportune *slice* dedicate al servizio *wholesale*.

Nell'individuazione delle aree prioritarie, qualora si considerino tra queste le direttrici di trasporto (possibilità ad oggi prevista nella Decisione (UE) 2017/899), secondo alcuni, occorre considerare le difficoltà realizzative che il raggiungimento di una tale copertura potrebbe comportare, in funzione della complessità orografica del territorio italiano, dell'estensione della rete stradale o ferroviaria, delle possibili soluzioni

⁶ Decisione (UE) 2017/899 del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 maggio 2017 relativa all'uso della banda di frequenza 470-790 MHz nell'Unione.

realizzative (con o senza antenna esterna) e dei vincoli che potrebbero essere presenti nel realizzare le coperture di specifiche aree (ed esempio aeroportuali).

Alcuni, viceversa, ritengono che non sia necessario imporre obblighi di copertura per la realizzazione delle reti 5G in quanto ritengono che sarà il mercato a spingere gli operatori a posare reti 5G il più velocemente possibile nelle aree in cui c'è maggior domanda. Ciò in particolar modo, secondo un'opinione espressa, in caso di utilizzo dell'asta come procedura di assegnazione.

Lo sviluppo pervasivo delle tecnologie IoT e non solo, impatterà numerosi mercati e settori industriali verticali, alcuni dei quali richiederanno l'interconnessione di dispositivi localizzati in ambienti *indoor* o *deep indoor*. Il raggiungimento di un ottimo livello di copertura *indoor* è visto come un requisito primario per le reti di quinta generazione, e lo spettro a 700 MHz rappresenta senza dubbio, per alcuni, un mezzo strategico per il raggiungimento di tale obiettivo, specialmente in riferimento alle aree industriali e rurali. Per alcuni, appare quindi corretto introdurre obblighi di copertura legati all'attribuzione dei diritti d'uso relativi all'utilizzo delle frequenze a 700 MHz, anche se detti vincoli di copertura non dovrebbero essere legati alle performance *indoor*, poiché da un lato si introdurrebbe un rischio di sovradimensionamento delle reti rispetto alle effettive esigenze del mercato, e dall'altro il livello di servizio *indoor* potrà essere perseguito anche tramite l'impiego di altre bande e la realizzazione di opportuni sistemi per realizzare tali coperture, quali *Distributed Antenna System (DAS)*, *femto* celle o *hot spot* Wi-Fi integrati con la rete 5G. Il ruolo principale della banda 700 MHz in taluni scenari potrà essere pertanto, secondo alcuni, non quello di abilitatore fondamentale di applicazioni 5G che richiedono copertura *indoor*, bensì quello di garantire una connettività stabile al *layer* capacitivo 5G, costituito quest'ultimo da celle di piccole dimensioni a frequenze più alte. Alcuni concordano peraltro con l'osservazione proposta nel documento di indagine per cui risulta particolarmente complesso misurare la copertura *indoor* a causa della disomogeneità delle strutture degli edifici che comporta fenomeni di propagazione estremamente variabili.

Con riguardo alle onde millimetriche vari soggetti ritengono che non siano idonei obblighi di copertura di tipo tradizionale, ovvero espressi in termini di popolazione o territorio coperti, i quali in molti contesti o casi d'uso potrebbero essere non pertinenti. Le aree effettive di copertura, estremamente limitate su tali gamme di frequenze, realizzate ad esempio in contesti *outdoor* o anche *indoor*, potrebbero infatti non avere una

relazione diretta con la popolazione residente o risultare irrilevanti rispetto alle aree di estensione geografica di assegnazione dei diritti d'uso. Di conseguenza, in proposito, viene suggerito di introdurre meri obblighi di utilizzo del tipo “*use it or lose it*”.

In merito all’**estensione geografica**, vari operatori mobili e costruttori, anche alla luce di quanto osservato al punto precedente, ritengono che quella nazionale sia quella più efficiente, in quanto minimizza le aree di rispetto e garantisce uno sviluppo omogeneo della tecnologia sul territorio nazionale.

Altri, considerate le caratteristiche di propagazione delle bande al di sopra dei 6 GHz, in tali casi suggerirebbero l’adozione di diritti d’uso aventi estensione geografica territoriale (regionale, locale ecc.), da determinarsi in funzione degli effettivi impieghi delle diverse porzioni di spettro da parte degli eventuali *incumbent*, dalle condizioni di armonizzazione comunitarie e dalle applicazioni che via via si affermeranno in ogni banda considerata. Alcuni ritengono che sia tuttavia prematuro esprimersi puntualmente su tale aspetto.

Tra gli aspetti di natura regolamentare, connessi al tema del 5G e rivolti in particolare all’impiego delle bande al di sopra dei 6 GHz, è stato poi trattato quello concernente lo *spectrum sharing*.

Benché vari rispondenti abbiano espresso preferenza affinché le bande 5G siano assegnate libere dagli usi esistenti, sono state riconosciute le specificità legate alle alte frequenze (superiori ai 6 GHz), aventi minori proprietà propagative ed agli specifici scenari di utilizzo previsti, che potrebbero facilitare la condivisione dello spettro con alcuni degli utilizzatori esistenti. Alcuni ritengono possibile, ad esempio, mantenere attive le stazioni di terra esistenti del servizio fisso via satellite (FSS – *Fixed Satellite Service*) e del servizio di ricerca spaziale e del servizio di esplorazione della terra (EESS - *Earth Exploration Satellite Service*). Tali stazioni infatti non sarebbero numerose e sono spesso situate in aree remote. Le assegnazioni di blocchi di frequenze agli operatori mobili potrebbero quindi essere soggette a specifiche restrizioni per un numero limitato di aree geografiche, definite attorno alle stazioni degli *incumbent* esistenti di cui si voglia preservare l’utilizzo. In tali aree l’uso del 5G non sarebbe consentito o non sarebbe protetto. Alcuni ritengono invece che l’accesso condiviso allo spettro possa indubbiamente rappresentare un’opportunità di sviluppo di mercato e debba pertanto essere maggiormente sostenuto e reso possibile.

Alcuni ritengono possibile implementare scenari di condivisione a patto di assicurare la protezione ai servizi satellitari.

È stata comunque sottolineata la centralità dello *sharing agreement*, quale strumento efficace ed abilitatore essenziale del buon funzionamento di un sistema basato sul LSA, a garanzia di un uso efficiente e tecnologicamente neutrale dello spettro.

È stato anche esaminato l'approccio di condivisione dello spettro che prevede la combinazione/aggregazione di bande ad accesso collettivo con bande ad uso esclusivo in ottica 5G, con particolare riferimento alla soluzione LAA (*licensed assisted access*) e ritenuto in generale particolarmente promettente nell'ambito delle *small cell*, soprattutto negli ambienti *indoor* caratterizzati dalla presenza di un'elevata numerosità di utenti localizzati all'interno di un'area ridotta.

1.3 Sviluppi del settore IoT e impatti del 5G

L'indagine 5G ha inoltre affrontato il tema dell'uso dello spettro impiegato in ambito IoT, con un focus sugli sviluppi di soluzioni tecnologiche che impiegano sia spettro di tipo licenziato che di tipo collettivo. Sono state acquisite informazioni sulla standardizzazione ad esempio di tecnologie NB-IoT (*Narrow Band IoT*), EC-GSM (*Extended Coverage GSM*) e LTE-eMTC tipicamente con spettro di tipo licenziato così come su quelle LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) o *Networked SRD/IoT*, con spettro di tipo collettivo, ed evidenziando possibili criticità e sinergie nell'utilizzo di diverse modalità di utilizzo e assegnazione dello spettro. Sono pertanto state fornite informazioni sulle prospettive di sviluppo e sull'interesse implementativo di entrambi gli approcci, con indicazioni in generale preferenziali da parte degli operatori mobili tradizionali e di alcuni costruttori, per quelle di derivazione 3GPP non di tipo proprietario e che usano spettro licenziato, in modo da poter garantire maggiori livelli di qualità del servizio e maggiori economie di scala. Tuttavia è emerso come si stiano sviluppando anche soluzioni basate su LTE per bande non licenziate e soluzioni di tipo proprietario.

Il **settore delle IoT** è in rapida evoluzione, in particolare per quanto concerne alcuni ambiti di applicazione quali ad esempio quello dello *smart metering* o delle *smart home*, per i quali sono già state sviluppate soluzioni tecnologiche (proprietarie o standardizzate a livello globale, come il *NarrowBand IoT*) che cominciano a diffondersi.

Data l'eterogeneità dei settori potenzialmente impattati dai servizi IoT, è emerso come non sia efficace allo stato una mappatura statica tra gli ambiti di applicazione e le diverse bande di frequenza. In linea generale è ragionevole ritenere che, poiché la maggior parte delle applicazioni IoT richiede un *deployment* a basso costo ed è caratterizzata dall'interconnessione di dispositivi localizzati in aree vaste e non particolarmente esigenti in termini di *data rate*, le frequenze al di sotto di 1 GHz possono essere inquadrare come le principali candidate allo sviluppo di tali servizi. Ciononostante, non possono essere escluse *a priori* applicazioni con requisiti di *throughput* maggiormente elevati e caratterizzate da scenari che prevedono la concentrazione di numerosi *device* in aree contenute; pertanto anche le bande intermedie o alte potrebbero avere un ruolo nello sviluppo dell'ecosistema IoT. In aggiunta, sebbene una parte consistente delle applicazioni IoT non presenti requisiti di affidabilità e latenza particolarmente restrittivi, alcuni ambiti di servizio di tipo *mission critical* potranno richiedere prestazioni superiori che potranno essere garantite, secondo alcuni, solamente tramite l'impiego di banda licenziata.

Le tecnologie *wireless* basate su frequenze assegnate ad uso esclusivo per servizi radiomobili appaiono quindi presentare caratteristiche in termini prestazionali (ad esempio di affidabilità, sicurezza, *privacy*) superiori rispetto alle soluzioni basate su frequenze ad uso collettivo. A seconda dei requisiti, è emersa la possibilità da parte dei vari soggetti di utilizzare la tecnologia più appropriata.

Un soggetto ha colto l'occasione per chiedere che l'Autorità si attivi con il coinvolgimento di tutti gli *stakeholder* per pervenire ad una definizione di “*Internet of Things*” e disporre di una definizione normativa efficace che consenta agli attori del settore di lavorare su oggetti circoscritti. Esso ritiene fondamentale che l'approccio regolamentare promuova l'innovazione e che le scelte tecnologiche siano guidate dal mercato, sulla base del principio di neutralità tecnologica.

Alcuni soggetti hanno evidenziato poi come, in ambito IoT, le soluzioni di accesso allo spettro di tipo collettivo, quali ad esempio *LoRa* e *Sigfox*, possano trovarsi in competizione con la tecnologia 3GPP NB-IoT, ad esempio per talune applicazioni IoT, in cui i requisiti di affidabilità e disponibilità sono basse, oppure i requisiti di latenza non sono stringenti. I due differenti approcci allo sviluppo di soluzioni IoT potrebbero comunque trovare sinergie nell'ambito dello sviluppo di alcune piattaforme di servizio ed applicazioni. Un esempio di sinergia è stato segnalato con riferimento ad alcuni servizi

relativi al movimento dei veicoli stradali, in quanto la comunicazione diretta tra veicoli (V2V) presumibilmente avverrà in una banda destinata ad uso collettivo (5.9 GHz).

Lo sviluppo e l'adozione di una piattaforma consolidata *standard*, ovvero costituita da un set di tecnologie standardizzate a livello internazionale, è quindi da considerarsi per alcuni la via preferibile per consentire uno sviluppo armonico ed efficace dei servizi IoT.

Considerate le previsioni di sviluppo del settore IoT (incluso il M2M), il documento ha consentito di acquisire informazioni sulle prospettive attese per gli operatori di comunicazione elettronica derivanti da **nuove possibili attività** di tipo *Business-to-Business* (B2B) e *Business-to-Business-to-Consumer* (B2B2C) e su quali saranno, in particolare, i nuovi modelli di *business* e le relative fonti di finanziamento.

Il mercato IoT si caratterizza per una complessità dovuta ai numerosi *vertical* che lo compongono e al vastissimo quanto eterogeneo mercato a cui fa riferimento. Nei prossimi anni è stato segnalato come lo stato delle relazioni di *business* che ad oggi è dominata da rapporti di tipo B2C (oltre il 90% del totale) potrà vedere crescere sempre di più il peso del B2B e del B2B2C. Gli operatori potranno quindi diversificare il portafoglio di servizi di connettività per offrire servizi avanzati ai singoli fornitori di soluzioni verticali, potendo così compensare l'eventuale rallentamento della crescita di ricavi nel segmento *consumer*.

1.4 Aspetti concernenti l'evoluzione delle architetture di rete 5G e modelli di *business*

L'indagine ha inoltre affrontato il tema dell'evoluzione delle architetture di rete 5G in termini di scalabilità e agilità nella gestione e creazione dei servizi e nella condivisione di elementi di rete.

Elementi cardine delle architetture di rete 5G saranno senza dubbio la flessibilità, la programmabilità e l'automazione dei processi che consentiranno una gestione differenziata ed agevole di differenti servizi con specifici requisiti in termini di *performance*, scalabilità, affidabilità, densità di oggetti, ecc. Grazie all'uso della virtualizzazione e della programmabilità della rete, attraverso funzionalità di SDN (*Software Defined Networks*), NFV (*Network Function Virtualization*) e MEC (*Mobile Edge Computing*), le reti 5G permetteranno di configurare e istanziare risorse fisiche e

logiche di rete sulla base delle specifiche esigenze. In tal modo su un'unica infrastruttura di rete potranno essere create reti virtuali, specializzate per singolo servizio secondo il concetto di affettamento virtuale della rete (*Network Slicing*).

Altra componente fondamentale del design architetturale 5G è rappresentata dalla funzionalità di orchestrazione (*orchestration*), che provvede alla gestione automatizzata delle risorse di rete, delle applicazioni e dei servizi, ma anche di altre attività come *provisioning*, *administration* e *maintenance*, garantendo al tempo stesso ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse, semplificazione dei processi e riduzione dei costi di esercizio. Per quanto riguarda l'accesso radio, la nuova interfaccia (NR) sarà caratterizzata sia da evoluzioni delle attuali tecnologie che da numerose nuove caratteristiche e funzionalità. Nella fase iniziale di sviluppo dell'ecosistema 5G, è prevedibile una soluzione di *dual connectivity* dove la nuova interfaccia radio (NR) potrà agire in modo ancillare all'LTE. Va aggiunta poi la tecnologia C-RAN (*Cloud Radio Access Network*), adottata per la virtualizzazione delle stazioni radio base.

Per quanto riguarda il mercato *wholesale*, l'attuale modello di fornitura di servizi, secondo alcuni, sarà profondamente modificato: l'architettura 5G abiliterà nuovi modelli di accesso ed interconnessione per offrire servizi ad operatori MVNO (*Mobile Virtual Network Operator*) e nuovi *player* del mercato. In particolare, la virtualizzazione della rete giocherà un ruolo fondamentale, permettendo di creare delle vere e proprie reti dedicate al fornitore dei servizi mobili.

La relazione tra gli operatori e le imprese che sviluppano e offrono contenuti verticali – e che potranno assumere il ruolo di *tenant* (inquilino/gestore) di una *slice* di rete – potrà evolversi inevitabilmente nella direzione di una più stretta collaborazione nelle fasi di progettazione e implementazione delle nuove soluzioni verticali. Tuttavia non è ben chiara ad oggi l'evoluzione delle reti e dei servizi che il mondo del 5G abiliterà, ed è pertanto ancora troppo presto per avere certezze su quali saranno i nuovi attori nella catena del valore e quale sarà il loro ruolo effettivo.

Ad ogni modo, poiché ci saranno attori appartenenti a diversi settori (*automotive*, *industry*, *energy*, ecc.) potranno essere coinvolti enti controllori/regolatori di diversi settori. Alcuni hanno auspicato pertanto un ruolo di guida del regolatore del settore delle telecomunicazioni. Secondo alcuni infatti, la presenza di nuovi *player* nella catena del valore non dovrebbe condizionare le procedure di assegnazione dello spettro, stante il

necessario ruolo di regia che dovrebbe, in ogni caso, essere svolto dall'operatore di comunicazione elettronica.

1.5 Sviluppo dei principali mercati verticali in ottica 5G

L'emergere delle reti di comunicazione elettronica 5G impatterà diversi mercati verticali, abilitando per ciascuno di essi lo sviluppo di diverse applicazioni grazie alle specifiche caratteristiche prestazionali garantite dalla tecnologia 5G. Tra questi rientrano sanità e benessere, sicurezza e sorveglianza, energia, *smart grid*, *smart energy*, auto e trasporti, manifattura e industria, *education*, *learning*, *entertainment*.

L'impatto della tecnologia 5G su ciascuno dei predetti mercati verticali non è facilmente stimabile ad oggi, anche considerando che l'intera *roadmap* di standardizzazione dovrebbe portare la rete di nuova generazione a supportare tutti i requisiti tecnici (*eMBB*, *m-MTC*, *URLLC*) soltanto alla fine del 2020.

Considerando che la propensione alla spesa degli utenti finali è limitata, è presumibile che i nuovi servizi 5G possano diffondersi solo attraverso approcci relativamente innovativi per la maggior parte dei consumatori, basati sull'integrazione con i mercati adiacenti. A supporto dei mercati verticali precedentemente elencati sono stati in particolare evidenziati i seguenti servizi/soluzioni: *Smart City*, *Public Safety*, Monitoraggio ambientale, *Smart Utilities*, Industria 4.0, *e-Health / Care & Surgery*, Turismo e Cultura, *Connected Vehicles e ITS - Logistic*, *Media e Entertainment / Virtual Reality*, *Smart Agriculture*, *Smart Home & Enterprise Building*.

Particolare attenzione è stata dedicata al settore automobilistico e trasporto, per il quale sono già state identificate e in alcuni casi allocate specifiche bande, o identificate specifiche categorie d'uso nelle bande collettive.

In particolare è emerso come la tecnologia 5G potrà rispettare pienamente i requisiti previsti dall'ITS (*Intelligent Transport System*) e il TTT (*Transport and Traffic Telematics*), in quanto sono stati avviati lavori con numerosi partner all'interno della 5G *Automotive Association* (5GAA) per identificare le prospettive di utilizzo di specifiche bande per questa categoria di applicazioni. La 5GAA ha recentemente pubblicato un *position paper* sulle tematiche di coesistenza nella banda ITS/TTT a 5.9 GHz per utilizzo di tale banda per applicazioni *Vehicle to Vehicle* (V2V) o in generale V2X.

Secondo alcuni, diversi scenari applicativi potranno essere ragionevolmente indirizzati anche tramite l'utilizzo delle attuali tecnologie 4.5G, di tecnologie radio alternative quali ad esempio Wi-Fi o *LoRa* WAN, o attraverso la connettività delle reti fisse (si pensi ad esempio al settore *Smart Home*). Alcuni mercati verticali sarebbero comunque necessariamente legati al 5G. In particolare quelli che richiedono prestazioni non raggiungibili dagli attuali sistemi come ad esempio una *reliability* molto elevata, una latenza garantita e stringente (come per esempio taluni requisiti della robotica industriale che richiedono latenze dell'ordine di 1 *msec*) o una banda elevata (come lo *streaming* di video ad alta definizione e contenuti immersivi in *virtual reality*) o un'elevata densità di *smart things* abbastanza tipica in molti *use case* IoT. Benché alcune applicazioni IoT si possano sviluppare anche con le tecnologie attuali, se i volumi e le densità dovessero diventare molto più elevati, potrebbero risultare necessarie soluzioni m-MTC (*Massive-Machine Type Communication*) in ottica 5G.

Per quanto concerne le criticità, che si intravedono legate al soddisfacimento dei requisiti di servizio di ciascun mercato verticale, sono stati evidenziati in particolare i seguenti aspetti.

L'ITU nel proprio documento "DRAFT NEW REPORT ITU-R M.[IMT-2020.TECH PERF REQ]" ha individuato, come dotazione minima per i servizi radiomobili di quinta generazione, 100 MHz di spettro. Tale dotazione secondo alcuni potrà essere raggiunta anche attraverso l'aggregazione di più portanti, impiegando tecniche di *carrier aggregation*. Ciononostante, la scarsità di banda disponibile, soprattutto nelle frequenze al di sotto dei 6 GHz, e l'alta domanda del mercato, potrebbero limitare l'ingresso nel mercato di nuovi operatori nativamente 5G. A tal proposito, secondo alcuni, per ovviare a tale problematica, occorrerebbe l'istituzione di obblighi di condivisione dello spettro, tramite meccanismi di *sharing* della rete quali *roaming*, MORAN, MOCN ed in un'ottica futura anche di *slicing*, per i licenziatari delle bande a 700 MHz e a 3.4-3.8 GHz. Inoltre, per il raggiungimento dei target di *data rate* per utente definiti dalle specifiche (100 Mbps in *downlink* e 50 Mbps in *uplink*), sarà necessario un *deployment* di densissime reti di *small cell*.

Secondo alcuni, infine, il dispiegamento di tale infrastruttura potrebbe inoltre essere compromesso dalla sussistenza di limiti troppo stringenti relativamente alle emissioni elettromagnetiche (l'attuale valore di attenzione italiano è posto a 6 V/m). È stata quindi proposta anche l'introduzione di incentivi e/o obblighi per le aziende

municipalizzate (compagnie che gestiscono la pubblica illuminazione, i trasporti locali e/o le reti elettriche), affinché queste concedano agli operatori la possibilità di installare le *small cell* sui loro *asset*.

2. Considerazioni riassuntive sui principali aspetti dell'indagine e sul prosieguo dell'attività connessa ai temi trattati

2.1 Bande pioniere per lo sviluppo del 5G

Uno dei temi principali dell'indagine, evidenziato peraltro anche nel titolo stesso, riguardava le bande di frequenze considerate di principale interesse per i futuri sviluppi del 5G, con un *focus* sulle nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz. Ciò, in quanto, mentre al di sotto dei 6 GHz le bande di possibile utilizzo per i sistemi mobili 5G sono già state sostanzialmente identificate e sono o assegnate e adoperate, e quindi già implicitamente candidate all'uso 5G, ovvero già allo studio per possibili attività di *refarming*, per reperire invece bande totalmente nuove, che possano fornire ulteriore capacità con ampie larghezze delle portanti ai sistemi di comunicazione senza fili, occorre esaminare le porzioni alte dello spettro.

Su tale aspetto, come atteso, particolare enfasi da parte dei rispondenti è stata dedicata alle bande 700 MHz, 24.25-27.5 GHz (banda 26 GHz) e 3.4-3.8 GHz, che, come noto, sono le bande identificate come pioniere in ambito Unione europea per lo sviluppo del 5G.

Con riferimento a quest'ultima banda si osserva che la porzione bassa 3.4-3.6 GHz risulta in parte⁷ già assegnata in Italia ad operatori per servizi BWA/*Wimax*, e nell'indagine alcuni di essi hanno manifestato l'esigenza di una proroga dei propri diritti d'uso, anche al fine di poter avere certezze sull'utilizzo delle frequenze secondo un piano temporale adeguato a permettere gli sviluppi 5G.

Di recente, la maggior parte degli operatori con diritti d'uso in tale porzione di banda ha presentato in effetti istanza al MISE di proroga dei propri diritti, secondo quanto previsto dall'art. 25, comma 6, del Codice. In relazione a tali istanze il MISE nel mese di novembre 2017 ha richiesto il parere dell'Autorità e sono attualmente in corso le attività

⁷ Parte della banda risulta infatti ancora in uso al Ministero della difesa, secondo quanto previsto dal PNRF.

di consultazione pubblica di cui alla delibera n. 503/17/CONS. Gli esiti di tale procedimento saranno successivamente pubblicati sul sito dell’Autorità.

Per quanto riguarda invece la parte alta della citata banda, corrispondente all’intervallo 3.6-3.8 GHz, alcuni partecipanti all’indagine hanno richiesto di adeguare le procedure di assegnazione e le regole d’uso stabilite con la delibera n. 659/15/CONS, al fine di renderle più aderenti alle nuove esigenze di disponibilità dello spettro per la realizzazione delle reti di quinta generazione. In particolare, nel corso dell’indagine è stata evidenziata la necessità di disporre di ampi blocchi di frequenza ad uso esclusivo dei servizi mobili (almeno 80 MHz, e preferibilmente fino a 100 MHz contigui⁸, considerando comunque multipli di 20 MHz, quantità indicata come la tipica portante minima per l’implementazione dei sistemi 5G nelle bande in esame); tali frequenze inoltre secondo alcuni rispondenti dovrebbero essere omogeneamente impiegabili su tutto il territorio nazionale, in quanto la separazione geografica tra “città” e “territorio” prevista dalla predetta delibera non sarebbe rispondente alle nuove esigenze tecnologiche e di servizio in ottica 5G. In tal senso, è stata anche rilevata la necessità, unitamente alla liberazione della banda dai ponti radio del servizio fisso da parte del MISE, di rivedere il *cap* di 50 MHz previsto nella delibera n. 659/15/CONS, al fine di favorire lo sviluppo di servizi 5G con maggiori prestazioni.

Ad ogni modo, successivamente all’indagine, come noto tale porzione di banda 3.6-3.8 GHz, assieme alla 700 MHz ed alla parte alta 26.5-27.5 GHz della banda 26 GHz, è stata inclusa nelle misure previste dalla recente legge 27 dicembre 2017, n. 205 (Legge di Bilancio 2018), che prevedono la definizione da parte dell’Autorità delle relative procedure di assegnazione.

Pertanto il pacchetto di frequenze nelle bande 700 MHz, 3.6-3.8 GHz e 26.5-27.5 GHz è già allo studio dell’Autorità per le attività di competenza previste dalla detta legge. Le risultanze dell’indagine potranno dunque già da subito validamente informare la predisposizione delle proposte di soluzioni tecnico-regolamentari sul tema da porre a consultazione pubblica. Sulla base del regolamento che l’Autorità dovrà predisporre, è previsto che il MISE proceda successivamente all’adozione del bando di gara per permettere l’assegnazione delle predette frequenze entro l’anno, pur se l’uso della banda

⁸ Diversi soggetti hanno sottolineato l’importanza della contiguità delle portanti a radiofrequenza, evidenziando anche come la richiesta di 100 MHz contigui sia in linea con quanto messo a disposizione dal MISE per le sperimentazioni 5G nella banda 3.7-3.8 GHz.

700 MHz, per lo meno sull'intero territorio nazionale, non sarà possibile come noto prima del 2022⁹.

2.2 Ulteriori bande di frequenze per il 5G

Per quanto riguarda le ulteriori bande di frequenze in ottica 5G discusse nell'indagine, e premesso che tutte le frequenze già in possesso degli operatori di mercato quali la 800, 900, 1500 (cosiddetta banda L), 1800, 2100 e 2600 MHz saranno, presumibilmente, prima o poi migrate all'uso 5G, quello che è stato maggiormente rilevante nell'indagine sono le frequenze di futura assegnazione. Fra queste occorre distinguere quelle già armonizzate o il cui percorso di armonizzazione è già avviato (estensione banda L, banda 2300-2400 MHz) e quelle che invece non sono ancora state identificate.

Per quanto riguarda le prime, in particolare per la banda L è in corso di finalizzazione il processo di armonizzazione comunitaria di ampliamento da 40 a 91 MHz di tale banda¹⁰, mentre per la banda 2300-2400 MHz il processo è ancora in una fase di studio, in quanto non è ancora chiara a livello tecnico europeo la fattibilità di un meccanismo efficace di *sharing*, che si reputa necessario per proteggere i sistemi *incumbent*. L'Autorità naturalmente segue attentamente i predetti processi in vista della definizione delle opportune procedure di assegnazione le cui attività saranno avviate non appena necessario.

Per quanto riguarda invece le frequenze non ancora identificate per usi mobili (o IMT - *International Mobile Telecommunication*) e di interesse per il 5G, posizionate nella gamma delle onde millimetriche da 24 fino ad 86 GHz, dettagliatamente elencate nel documento di indagine, pur osservando che l'Autorità non ha diretta competenza riguardo all'allocazione delle varie bande ai servizi di radiocomunicazione, che come noto compete in primo luogo al MISE, l'Autorità continuerà nella propria costante attività di presidio alle attività in corso in ambito CEPT e ITU, e nel supporto al MISE. Ciò, anche

⁹ Ciò è in linea con la possibilità di deroga prevista dalla decisione del Parlamento e Consiglio europei (UE) 2017/899. Invece la disponibilità delle bande 3.6-3.8 GHz (libere dai ponti radio) e 26 GHz (parte alta), secondo la legge di bilancio, dovrebbe essere a partire dal 1 dicembre 2018.

¹⁰ Alla porzione *core* 1452-1492 MHz, già assegnata in Italia ai sensi della delibera n. 259/15/CONS, si dovrebbero aggiungere, tra la fine del 2018 e il 2023, anche frequenze all'interno della estensione inferiore 1427-1452 MHz e all'interno della estensione superiore 1492-1518 MHz, anche se non necessariamente tutte.

nell'ambito della preparazione della prossima Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni (WRC-19)¹¹, che dovrebbe svolgersi tra ottobre e novembre 2019, ed a cui l'Autorità sarà chiamata a partecipare, come di consueto, nell'ambito della delegazione italiana coordinata dal MISE.

Oltre alle frequenze per sistemi tradizionalmente mobili (IMT), in particolare alcune possibili nuove frequenze sono posizionate intorno alla gamma dei 5/6 GHz, già impiegata in parte per sistemi R-LAN/WAS (*wireless access systems*)¹² ed in parte per sistemi di trasporto di tipo ITS¹³, in entrambi i casi per applicazioni di libero uso. Gli studi avviati potrebbero pertanto portare ad una possibile futura estensione delle porzioni già allocate, e quindi al miglioramento della capacità delle applicazioni già in uso (es. WiFi) o in sviluppo (es. *automotive*).

In relazione ai sistemi R-LAN/WAS (*Radio Local Area Network – Wireless Access Systems*) una disponibilità di banda aggiuntiva non licenziata potrebbe anche venire incontro alle richieste di operatori di poter fornire migliori connessioni sul territorio di tipo FWA. L'ulteriore designazione della sotto-banda 5905-5925 MHz per le applicazioni ITS con requisiti di sicurezza, data la sua adiacenza alla banda 5875-5905 MHz, potrebbe invece favorire una migliore fornitura di comunicazioni di tipo *vehicle-to-vehicle*, *vehicle-to-roadside*, *vehicle-to-pedestrians* o *vehicle-to-network*, consentendo pertanto ai veicoli, alle infrastrutture stradali ed agli utenti di comunicare attraverso tali frequenze direttamente tra loro, per alcune funzionalità anche indipendentemente dalle reti degli operatori mobili¹⁴.

Ulteriori gamme sotto osservazione trattate nell'indagine riguardano, nella parte bassa dello spettro, le porzioni 870-876 MHz e 915-921 MHz, per applicazioni legate a

¹¹ In ambito ITU sono in corso nelle varie Commissioni, come noto, gli studi che saranno portati nelle riunioni conclusive del CPM-19 (*Conference Preparatory Meeting*), della RA-19 (*Radio Assembly*) e della Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni (WRC-19). L'organizzazione regionale della CEPT, con il contributo delle varie amministrazioni europee, nel gruppo di lavoro CPG (*Conference Preparatory Group*), ha in corso la predisposizione delle posizioni europee sui vari punti in Agenda della WRC-19 ed in ambito comunitario, l'RSPG, ha in corso la preparazione di una Opinione concernente gli obiettivi politici comuni dell'Unione in vista di tale Conferenza.

¹² Per tali frequenze la Commissione ha recentemente incaricato la CEPT di attività di studio in un *Draft Mandate to CEPT on RLAN in the 6 GHz band (concernente la banda 5925-6425 MHz)*.

¹³ Analogamente è stato approvato il *Mandate to CEPT to study the extension of the Intelligent Transport Systems (ITS) safety-related band at 5.9 GHz*.

¹⁴ A tale proposito dall'indagine è emerso come sia da valutare con attenzione la possibilità di consentire anche alle tecnologie RLAN di operare nella banda 5875-5925 MHz. Le possibili interferenze co-canale tra i sistemi RLAN ed ITS potrebbero infatti avere impatti sul corretto funzionamento dei sistemi ITS nei confronti della sicurezza stradale.

localizzazione, acquisizione dati ed identificazione di oggetti di tipo IoT incluso RFID (*Radio Frequency Identification*) ed applicazioni di tipo ferroviario, e, nella parte alta, la banda 66-71 GHz, per lo sviluppo di accesso a larga banda.

Per la prima banda è in corso un'attività a livello comunitario ai fini di una possibile armonizzazione di alcune porzioni della stessa¹⁵ per soluzioni avanzate di identificazione RFID e nuove tipologie di apparati a corto raggio (SRD – *short range devices*) di tipo *networked*, ovvero connessi attraverso un apparato con funzioni di *network access point*, tali da abilitare nuove applicazioni *machine-to-machine* ed IoT (es. di tipo metropolitano a supporto dei sistemi di *smart city* o *smart grid*, o per la domotica)¹⁶. Le discussioni ancora in corso in sede comunitaria prevedono allo stato anche una possibile allocazione di banda addizionale per i sistemi di radiomobile ferroviario, che nei prossimi anni dovranno migrare dai sistemi a banda stretta GSM-R (*GSM-Railway*) a quelli a larga banda che non sono stati ancora identificati¹⁷, che dovranno presumibilmente coesistere per qualche tempo, e nello stesso tempo permettere lo sviluppo dei predetti nuovi sistemi SRD di tipo *networked* ed RFID di nuova generazione. E' richiesto pertanto un quadro di impiego e coesistenza di applicazioni diverse, che sarà presumibilmente reso flessibile dalla norma in itinere, per dar modo alle amministrazioni di tener conto di eventuali specificità nazionali, ma al tempo stesso complesso da implementare, considerato anche che gli apparati SRD/RFID operano generalmente su base di non interferenza e senza diritto a protezione, mentre i sistemi della Difesa e quelli ferroviari possono avere requisiti di tipo *mission critical*.

Poiché in Italia le porzioni di banda 870-876 MHz e 915-921 MHz sono al momento occupate dalla Difesa, sono in corso interlocuzioni da parte del MISE con tale dicastero, per verificare gli impatti di tale attività di armonizzazione e il grado di applicabilità in Italia. Non è escluso che una volta che l'attività di armonizzazione di tale banda sia conclusa, sia necessario definire un quadro regolatorio per l'offerta di servizi pubblici su banda condivisa, in maniera simile a quanto avvenuto nel caso WiFi¹⁸, ovvero

¹⁵ L'armonizzazione completa appare, al momento, difficile per la presenza di sistemi *incumbent* legati alla Difesa, per cui viene sempre fatta salva la possibilità da parte degli Stati Membri di adottare le opportune misure di protezione delle utilizzazioni esistenti.

¹⁶ *Draft Commission Implementing Decision on the harmonisation of the radio spectrum for use by short range devices in the 870-876 and 915-921 MHz frequency bands.*

¹⁷ La comunità ferroviaria ha richiesto 3 MHz accoppiati in tale banda. Attualmente una opzione su cui è in corso la discussione prevede di attribuirne almeno 1.3 o 1.4 MHz.

¹⁸ Delibera n. 183/03/CONS recante le "Misure relative all'offerta pubblica di servizi mediante l'utilizzo di Radio LAN".

con meccanismi di “*light licensing*”, come indicato anche in alcuni documenti di lavoro CEPT. A tal fine sarà necessario stabilire con il MISE un possibile piano di azione in dipendenza dagli esiti delle precedenti attività.

La banda 66-71 GHz è invece emersa come novità e, in ambito europeo, è quella, attualmente vista con maggior interesse per lo sviluppo 5G dopo quelle prioritarie già identificate. Tale banda, nella quale potrebbero essere applicate forme di *light licensing*, potrebbe risultare una valida alternativa/complemento alle bande millimetriche più basse (i.e. 26 GHz), con celle che si stima possano avere dimensioni dai 50 ai 200 metri. Essa risulta peraltro adiacente alla porzione 57-66 GHz, in cui si sta sviluppando la tecnologia WiGig (*Wireless Gigabit*, cosiddetto *super WiFi*), per cui potrebbe beneficiare in futuro di un ecosistema già sviluppato e consolidato. In termini di considerazione prioritaria, fra le bande citate nell’indagine, la 66-71 GHz ha quindi soppiantato la banda a 32 GHz, le cui problematiche di coesistenza si sono nel frattempo rivelate più ostiche.

Infine, in merito alla banda 26 GHz ed alla banda “gemella” 28 GHz, l’Autorità segue costantemente l’evoluzione della normativa tecnica e delle attività di standardizzazione sia in quanto alcune porzioni di tali bande (sia della 26 che della 28 GHz) sono già assegnate in Italia per sistemi WLL (*wireless local loop*), con scadenza dei diritti d’uso al 31 dicembre 2022, sia in quanto come detto la porzione alta della banda 26 GHz è oggetto delle misure stabilite dalla legge 27 dicembre 2017, n. 205 (e quindi per questa porzione l’Autorità, come accennato, ha in programma la predisposizione di un piano di assegnazione per l’uso 5G). Occorre in particolare sottolineare il fatto che mentre la banda 26 GHz è sicuramente destinata all’utilizzo 5G non così è invece, almeno allo stato, per quella a 28 GHz¹⁹.

2.3 Sviluppi tecnologici connessi all’uso delle frequenze per il 5G

Per quanto riguarda gli aspetti tecnologici concernenti l’uso dello spettro relativi allo sviluppo delle reti 5G l’indagine ha consentito di acquisire numerosi elementi concernenti il tema della densificazione delle reti, all’interno del quale rientra l’obiettivo dell’*Action Plan* comunitario rivolto a facilitare il dispiegamento delle *small cells* ed a

¹⁹ La banda 28 GHz è prevista per l’uso 5G in regioni diverse dall’Europa, mentre a livello europeo CEPT vi sono posizioni contrarie.

rimuovere i possibili ostacoli, in linea con le previsioni della proposta di Codice europeo delle comunicazioni elettroniche attualmente in discussione.

In merito alla diffusione di *small cell*, vari rispondenti hanno evidenziato la necessità di prevedere in ottica 5G un quadro normativo basato sull'autocertificazione ai fini dell'installazione di apparati di ridotte dimensioni e potenza e che il dispiegamento dell'infrastruttura 5G potrebbe risultare vincolata dalla presenza di limiti ritenuti troppo stringenti relativamente alle emissioni elettromagnetiche. A tal proposito si osserva che l'Autorità non ha specifica competenza riguardo alla standardizzazione e certificazione tecnica dei dispositivi o alle norme concernenti la loro immissione sul mercato che invece competono al MISE, o sui limiti di emissione, fissati da leggi dello Stato. Tali argomenti pertanto potranno essere oggetto delle interlocuzioni istituzionali con il MISE, con l'auspicio che in ogni caso eventuali requisiti tecnici che potranno essere definiti a livello di standardizzazione per questa tipologia di apparati 5G, non siano peggiorativi rispetto alla normativa attualmente vigente a livello nazionale.

Per quanto riguarda le modalità di installazione, sono state evidenziate nuove soluzioni flessibili ed innovative denominate "*white-label*", in cui i sistemi *small cell* risultano integrati ad es. all'interno di edifici, quali stadi, stazioni, etc., o in specifiche aree urbane, quali fermate di autobus, pali di luce stradale, etc., da soggetti anche diversi dagli operatori di telecomunicazioni, per poi essere connessi ad uno o più operatori di telecomunicazioni. E' stata anche ad esempio proposta la possibile introduzione di incentivi e/o obblighi per le aziende municipalizzate (compagnie che gestiscono la pubblica illuminazione, i trasporti locali e/o le reti elettriche), affinché concedano agli operatori la possibilità di installare le *small cell* sui propri *asset* infrastrutturali.

Pur non avendo competenze dirette su tali aspetti, l'Autorità prende comunque atto di tali osservazioni, che potranno utilmente informare la successiva attività regolatoria dell'Autorità, per lo meno nei termini di non introdurre ostacoli regolatori non necessari per lo sviluppo di tali nuove tecnologie ed architetture di rete.

2.4 Aspetti di natura regolamentare connessi all'uso delle frequenze per il 5G

Tra gli aspetti di natura regolamentare, connessi al tema del 5G e rivolti in particolare all'impiego delle bande al di sopra dei 6 GHz, nell'indagine è stato trattato il tema legato alla possibile introduzione di nuove forme di *spectrum sharing*, di

condivisione dello spettro c.d. di *light licensing o club use* o di impiego di bande ad uso collettivo (*unlicensed*) anche in modalità LAA (*Licensed Assisted Access*), cioè in accoppiamento con bande licenziate. Ciò, anche in linea con le proposte regolatorie del nuovo codice delle comunicazioni, attualmente in discussione comunitaria, che pongono enfasi sulla necessità di un diritto d'uso classico esclusivo solo ove strettamente necessario a evitare le interferenze nocive.

Tali nuove forme di accesso sono viste con interesse da alcuni partecipanti, principalmente fra quelli potenzialmente nuovi entranti nel mercato mobile e/o *wireless*, rilevando tuttavia, allo stato, che le risposte fornite dall'indagine conoscitiva, ai fini dello sviluppo delle reti 5G, sotto la spinta principalmente degli operatori mobili tradizionali, propendono generalmente per modalità di assegnazioni tradizionali con diritti d'uso rilasciati su base esclusiva.

Ad ogni modo si ritiene che ogni banda di frequenza debba essere valutata caso per caso, in particolare per quelle di futura armonizzazione, le cui condizioni di impiego non sono al momento ancora note, tenendo anche conto del fatto che proprio nel campo delle onde millimetriche eventuali meccanismi di *sharing* potrebbero essere facilitati dalle più circoscritte caratteristiche di propagazione delle frequenze.

In tale contesto, l'Autorità, nella propria attività regolatoria, potrà valutare, come sempre fatto in passato, la possibile adozione di una serie di *tool*, costituiti da misure a favore di possibili nuovi entranti (da considerare in senso ampio, specialmente in ottica 5G), tra cui la previsione di riserve di (ragionevoli) porzioni di spettro, o misure anti-accaparramento (ad esempio, *cap* intra-banda e inter-banda), obblighi di accesso, di servizio o di utilizzo collettivo, meccanismi di *leasing* e *sharing*, etc. L'applicazione di tali misure regolamentari non può in ogni caso seguire un approccio di tipo "*one size fits all*", bensì dovrà essere valutata caso per caso a seconda dello scenario prospettato per l'assegnazione della specifica banda, considerate le sue caratteristiche e la relativa situazione di mercato.

Particolare interesse nell'indagine è stato rivolto anche al tema degli obblighi di copertura e della possibile estensione geografica dei diritti d'uso di frequenze, relativi ad esempio a frequenze radiomobili al di sopra dei 24 GHz, rilevando come queste appaiano idonee a fornire capacità aggiuntiva ed in generale prestazioni aggiuntive in zone ad alta densità di popolazione ed estensione geografica limitata, piuttosto che copertura, per cui potrebbe risultare non proporzionato imporre obblighi di copertura stringenti.

Viceversa, il tema degli obblighi di copertura appare estremamente interessante per frequenze al di sotto di 1 GHz, che sono tipicamente bande di copertura, e quindi in particolare per la banda 700 MHz di prossima assegnazione, tenuto conto, ad esempio, che la stessa decisione comunitaria del Parlamento europeo e del Consiglio (UE) 2017/899 sulla banda in questione evidenzia la necessità di una valutazione circa possibili zone prioritarie nazionali, come quelle lungo i principali assi di trasporto terrestri, affinché le applicazioni senza fili e la *leadership* europea nei nuovi servizi digitali possano contribuire efficacemente alla crescita economica dell'Unione.

2.5 Sviluppi del settore IoT

Per quanto riguarda gli sviluppi generali dell'IoT, data l'eterogeneità dei settori potenzialmente impattati dai relativi servizi, è emerso come non sia efficace una mappatura statica tra gli ambiti di applicazione e le diverse bande di frequenza che possono essere impiegate.

È emerso quindi come le reti 5G siano in grado di supportare una moltitudine di applicazioni IoT che potranno essere implementate sia all'interno delle bande di frequenze già assegnate che in quelle di futura assegnazione. In ogni caso lo sviluppo delle applicazioni IoT non deve essere necessariamente correlato al 5G, in quanto numerose applicazioni sono in corso di sviluppo già sulle reti esistenti.

L'indagine ha consentito quindi di acquisire informazioni sullo stato di sviluppo delle tecnologie di tipo NB-IoT, EC-GSM e LTE-eMTC tipicamente impieganti frequenze licenziate ed anche di quelle LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) o *Networked SRD/IoT* tipicamente impieganti frequenze collettive e di tipo proprietario.

A tal fine sono emerse indicazioni circa una maggiore idoneità degli approcci di matrice cellulare che impiegano frequenze licenziate rispetto a quelli di estrazione collettiva, in particolar modo per applicazioni e servizi con elevate caratteristiche qualitative e prestazionali. A ciò, vanno aggiunte le maggiori economie di scala raggiungibili da soluzioni di matrice cellulare che impiegano *standard* rientranti nella famiglia IMT/3GPP rispetto a quelle di tipo proprietario. Ciò nonostante, anche la seconda tipologia di reti è oggetto di sviluppi tecnologici importanti e potrebbe trovare settori specifici di applicazione. Ad esempio nuove prospettive d'uso sono emerse, come

esposto precedentemente, nella banda già indicata a 870/925 MHz, dove si affacciano i sistemi SRD cosiddetti *networked* (es. Lo.Ra, Sigfox).

Per quanto riguarda le bande licenziate, si osserva che gli sviluppi delle tecnologie proseguiranno secondo i percorsi già delineati dagli organismi tecnici e non sono al momento richieste specifiche attività da parte dell’Autorità in relazione alle questioni di *spectrum management*. In particolare si ricorda che l’Autorità ha da poco approvato, a conclusione del procedimento avviato con la delibera n. 184/17/CONS, un parere al MISE in relazione alla proroga dei diritti d’uso delle frequenze mobili a 900 e 1800 MHz, prevedendo l’obbligo di mantenimento del servizio GSM fino al 2022 (termine rivedibile con 2 anni di anticipo) da parte dei gestori interessati. Ciò ha affrontato un problema di non secondaria importanza per la comunità degli utilizzatori di dispositivi IoT/M2M, in particolare gli *smart meter*, che avevano manifestato preoccupazione circa la possibile dismissione di un ecosistema basato sul GSM, nell’incertezza dei tempi e delle condizioni per la migrazione alle nuove tecnologie. Occorrerà quindi in tempo utile, orientativamente verso la fine del 2019, verificare la diffusione di tali nuove tecnologie sulle reti licenziate e l’eventuale slittamento o conferma della data indicata.

Per quanto riguarda invece le bande non licenziate, appare abbastanza condiviso il fatto che le condizioni d’uso sono quelle previste dalle norme tecniche internazionali di armonizzazione e che i problemi di utilizzo in ambiente multiutente e multioperatore dovrebbero essere gestiti a livello applicativo.

Su un argomento così ampio e variegato di applicazioni e soluzioni occorrerà quindi rimanere in linea con gli sviluppi comunitari ed agire in maniera da favorire gli sviluppi delle innovazioni, e pertanto si ritiene utile continuare l’analisi degli sviluppi e delle esigenze regolatorie in un contesto più ampio del solo *spectrum management*, ad esempio, se del caso, nell’ambito dell’esistente Comitato M2M.

2.6 Architetture di rete, modelli di *business* e mercati verticali in ambito 5G

Una sezione importante dell’indagine è stata dedicata all’evoluzione delle architetture di rete 5G che garantiscono scalabilità e agilità nella gestione e creazione dei servizi e nella condivisione di elementi di rete.

Allo stato, tali requisiti sembrano poter essere soddisfatti mediante l'impiego estensivo di tecnologie di virtualizzazione della rete, operanti sia nel nucleo della rete, come quelle di tipo SDN (*Software Defined Networks*) e NFV (*Network Function Virtualization*), sia ai bordi della rete, come ad esempio la tecnologia C-RAN (*Cloud Radio Access Network*), adottata per la virtualizzazione delle stazioni radio base.

L'approfondimento di tali aspetti, che rappresentano gli strumenti per la realizzazione del concetto di "affettamento" (*slicing*) virtuale, che è uno degli elementi qualificanti dell'intero ecosistema 5G, appare sicuramente rilevante per valutare il potenziale impatto sulla gestione dello spettro radio.

In relazione alle architetture di rete 5G ed ai modelli di *business* è emerso come la tecnologia 5G potrà comportare la creazione di nuovi modelli ed un'evoluzione degli stessi, sia in ambito *retail* che in ambito *wholesale*, con la creazione di nuovi attori nella catena del valore, quali ad esempio nuovi soggetti intermediari legati ai servizi di connettività. Per quanto riguarda in particolare il mercato *wholesale*, l'attuale modello di fornitura di servizi potrà evolvere in futuro, dal momento che l'architettura 5G potrà abilitare nuove forme di accesso ed interconnessione soprattutto in relazione all'introduzione delle caratteristiche di virtualizzazione e *slicing* delle reti. Tra i nuovi modelli abilitati dal 5G, rientrerebbe, come segnalato in relazione alla posizione di alcuni operatori, il modello *neutral host*, rappresentato da un operatore *wholesale* aggregatore anche di frequenze spettrali. Ciò, anche al fine promuovere condizioni concorrenziali e la massimizzazione dell'economia di rete e degli investimenti, considerati requisiti necessari alla diffusione del 5G. Lo sviluppo della tecnologia 5G, attraverso il coinvolgimento di diversi attori, si potrebbe comunque prestare anche a modelli di co-investimento tra operatori ed altri soggetti.

Tale argomento potrà emergere anche nell'ambito del procedimento che, come descritto, riguarda la definizione delle procedure di assegnazione e delle regole d'uso delle bande 700 MHz, 3.6-3.8 GHz e 26 GHz ai sensi della legge di bilancio 2018. La presenza contemporanea, infatti, di una banda di copertura, di una banda intermedia e di una banda capacitiva da assegnare, fornisce un'occasione estremamente interessante per far emergere nuovi modelli di *business* oltre che offrire dei vantaggi in termini di pianificazione delle attività di *roll-out*.

L'emergere delle reti 5G impatterà inoltre diversi mercati verticali, abilitando per ciascuno di essi lo sviluppo di diverse applicazioni grazie alle specifiche caratteristiche prestazionali garantite dalla tecnologia 5G. Tra i vari settori verticali presenti nella letteratura dedicata al 5G (auto e trasporti, manifattura e industria, *media & entertainment*, energia, sanità e benessere, etc.) è stato trattato con un grado maggiore di dettaglio il settore dell'*automotive* per il fatto che sono già state identificate e in alcuni casi allocate specifiche bande di frequenze, o identificate specifiche categorie d'uso nelle bande collettive, in particolare per applicazioni ITS (*Intelligent Transport Systems*) e TTT (*Transport and Traffic Telematics*) e per le quali è stata confermata una complementarietà tra reti tipicamente mobili commerciali e frequenze impiegate anche ad uso collettivo. L'impatto della tecnologia 5G su ciascuno dei predetti mercati verticali non è in ogni caso ancora, allo stato, facilmente stimabile.

Peraltro nessuno dei potenziali attori cosiddetti *verticals* o le loro associazioni di categoria ha direttamente partecipato alla presente indagine, presumibilmente a causa di uno stadio ancora preliminare delle soluzioni implementative specificatamente basate sul 5G nonché di una mancanza di consolidata conoscenza/consapevolezza negli ambienti industriali dei predetti *verticals* circa le nuove possibilità connesse al 5G stesso. Alcuni elementi utili potranno in tal senso pervenire dalla sperimentazione avviata dal MISE sulla banda 3.7-3.8 GHz, che coinvolge insieme ad operatori e costruttori, che hanno fatto da traino per la definizione delle proposte progettuali, anche numerosi *partner* legati all'espletamento di servizi innovativi. Di recente sono state rese note dal MISE le descrizioni dei 3 progetti sperimentali, all'interno dei quali sono infatti rappresentati ampiamente i settori automobilistico, energetico, agricolo, sanitario, universitario, intrattenimento, etc.

Tra questi in particolare, in linea con quanto sopra accennato, il settore automobilistico appare quello numericamente più rappresentato nei 3 progetti, anche se le proposte sono estremamente variegate, includendo ciascuna di esse varie aree di sviluppo, attraverso il coinvolgimento di numerosi partner tecnologici ed industriali, aziende, università, enti di ricerca e varie istituzioni locali²⁰.

²⁰ Per maggiori dettagli si rimanda alla pagina del sito web del MISE dedicata ai progetti sperimentali 5G <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/normativa/notifiche-e-avvisi/2036226-5g-avviso-pubblico-per-progetti-sperimentali>

3. Conclusioni

Nell'ambito della presente indagine, come indicato nel relativo documento di lavoro, l'Autorità si è riservata di identificare, all'esito della stessa, specifici temi che eventualmente richiedono supplementi di indagine e di avviare ulteriori specifiche attività su temi connessi allo sviluppo del 5G.

Alla luce di quanto precedentemente esposto, si ritiene che il tema della proroga dei diritti d'uso in banda 3.4-3.6 GHz, che è in corso di trattazione con procedimento separato, e l'attuazione delle misure previste in tema di uso efficiente dello spettro e transizione alla tecnologia 5G incluse nella legge 27 dicembre 2017, n. 205, che prevede la definizione da parte dell'Autorità delle procedure di assegnazione delle bande 700 MHz, 3.6-3.8 GHz e 26 GHz entro il mese di aprile 2018, possano già ritenersi quali primi naturali *spin-off* dell'indagine, beneficiando pertanto del lavoro finora svolto e della mole di informazioni acquisite.

Oltre poi all'attività indicata, in termini di collaborazione con il MISE negli ambiti di attività di comune interesse, e all'azione del Comitato permanente per lo sviluppo dei servizi di comunicazione *Machine To Machine* (M2M) sulle questioni legate all'IoT, l'Autorità si riserva di valutare successivamente l'opportunità di avviare eventuali ulteriori supplementi di indagine o altre attività su temi specifici connessi al 5G.

L'Autorità intende ringraziare infine tutti i rispondenti alla presente indagine per la partecipazione e gli importanti contributi forniti.

Marzo 2018

Elenco dei soggetti rispondenti all'indagine conoscitiva di cui alla delibera n. 557/16/CONS:

1. HUGHES – ECHOSTAR
2. ERICSSON
3. TISCALI ITALIA*
4. WIND TRE*
5. TELESPAZIO – ESOA (EMEA SATELLITE OPERATORS ASSOCIATION)
6. ILIAD ITALIA*
7. GO INTERNET*
8. CFWA (COALIZIONE FIXED WIRELESS ACCESS)*
9. HUAWEI*
10. EOLO*
11. POSTE MOBILE
12. LINKEM
13. OPEN FIBER*
14. FASTWEB
15. VODAFONE*
16. AIIP
17. TELECOM ITALIA*
18. RUCKUS WIRELESS - BROCADE COMMUNICATIONS SYSTEMS, INC.
19. QUALCOMM

(*) Soggetto anche sentito in audizione su specifica istanza.