



REGIONE
TOSCANA



STUDIO E CONFRONTO TRA LE SOLUZIONI TECNOLOGICHE DISPONIBILI

D3.1.1	Studio e confronto tra le soluzioni tecnologiche disponibili	Azione	1.1
Partner Responsabile	Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII)		
Autori	Ing. V. Franchina, Ing. A. Buffi, Prof. Ing. P. Nepa		
Nome del file	Deliverable_3_1_1	Stato	Rev.



UNIVERSITÀ DI PISA



Cronologia di approvazione del documento:

Data	Stato (Bozza/Revisione/Finale)	Autore/Revisore
24.07.2017	Bozza	Vittorio Franchina
13.11.2017	Revisione	Vittorio Franchina

Scopo del documento

Lo scopo del presente documento è quello di offrire una comparazione tra le antenne RFID con cui realizzare il sistema di identificazione delle biciclette dotate di *tag*.

In particolare sono analizzate in dettaglio due tipologie di cavi radianti: un cavo coassiale con nucleo di ferrite con terminazione PCB, e due cavi coassiali fessurati. Mentre le antenne a palo o a pannello sono specifiche per applicazioni RFID, le antenne in cavo coassiale fessurato sono utilizzate in sistemi di comunicazioni wireless di tipo indoor (gallerie, miniere) e rappresenterebbero una soluzione innovativa nell'ambito dei sistemi RFID.

A conclusione è mostrata un'analisi comparativa tra le varie soluzioni prese in esame.

Destinatari del documento

- OP Leaders
- Partners
- Associates
- Stakeholders
- Decision Makers
- Altri _____

Tipo di documento

- Private
- Non private
- Public

INDICE

STUDIO E CONFRONTO TRA LE SOLUZIONI TECNOLOGICHE DISPONIBILI

INDICE	3
Introduzione	4
1 Caratterizzazione delle antenne a cavo radiante e misure di <i>read range</i>	5
1.1 Misure di coefficiente di riflessione	5
1.1.1 Antenna Harting <i>Locfield</i>	5
1.1.2 Cavo coassiale fessurato <i>RFS RADIAFLEX RLKU12-50JFLA</i>	7
1.1.3 Cavo coassiale fessurato <i>TIMES MICROWAVE T-RAD-600-FR</i>	8
1.2 Misure di <i>read range</i>	9
1.2.1 <i>Read range</i> dell'antenna <i>Harting Locfield</i>	12
1.2.2 <i>Read range</i> del cavo <i>RADIAFLEX RLKU12-50JFLA</i>	15
1.2.3 <i>Read range</i> del cavo <i>T-RAD-600-FR</i>	22
1.3 Analisi comparativa	25
1.3.1 Antenne da montare su palo	25
1.3.2 Antenne a pannello	26
1.3.3 Antenna <i>Harting Locfield</i>	26
1.3.4 Antenne a cavo coassiale fessurato	26
Appendice	28
Conclusioni	29
Bibliografia	30

Introduzione

Nel seguente documento vengono caratterizzate le antenne distribuite (già citate nel deliverable 1.2.1) che rappresenterebbero la soluzione maggiormente innovativa (rispetto alle antenna a pannello/palo) per applicazioni RFID relative alla ciclabilità. Insieme alle misure di coefficiente di riflessione, sono riportate le stime di *range* di lettura per l'antenna *Locfield*, e per i cavi coassiali fessurati.

Infine viene presentata un'analisi comparativa tra le caratteristiche delle varie antenne descritte, evidenziando vantaggi e svantaggi di ciascuna soluzione.

1 Caratterizzazione delle antenne a cavo radiante e misure di *read range*

I cavi radianti citati nel documento precedente (deliverable 1.2.1) sono stati caratterizzati attraverso misure di coefficiente di riflessione e *range* di lettura. Infine è mostrata un'analisi comparativa tra tutte le tipologie di antenne citate evidenziandone vantaggi e svantaggi.

1.1 Misure di coefficiente di riflessione

Le misure del coefficiente di riflessione sono state eseguite con un analizzatore di rete vettoriale (*Vector Network Analyzer - VNA*) modello Keysight E5071C (300 kHz – 20 GHz).

1.1.1 Antenna Harting Locfield

In Fig. 1.1 è rappresentato in setup di misura con l'antenna *Harting Locfield* [6], [7] collegata al VNA. Il cavo è stato fissato su blocchi di polistirolo avendo cura di lasciare sospeso in aria il PCB. L'andamento del coefficiente di riflessione è rappresentato in Fig. 1.2, relativamente ad un cavo lungo 2 m. Esso è al di sotto di -10 dB in un intervallo anche più ampio della banda ETSI di interesse.

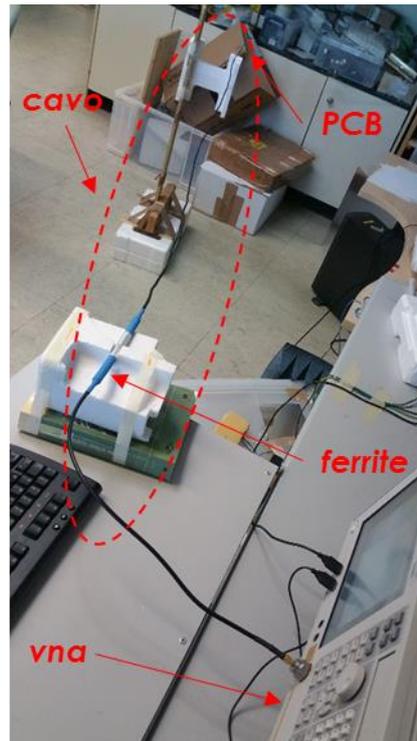


Fig. 1.1 – Setup sperimentale con l'antenna Harting Locfield connessa al VNA.

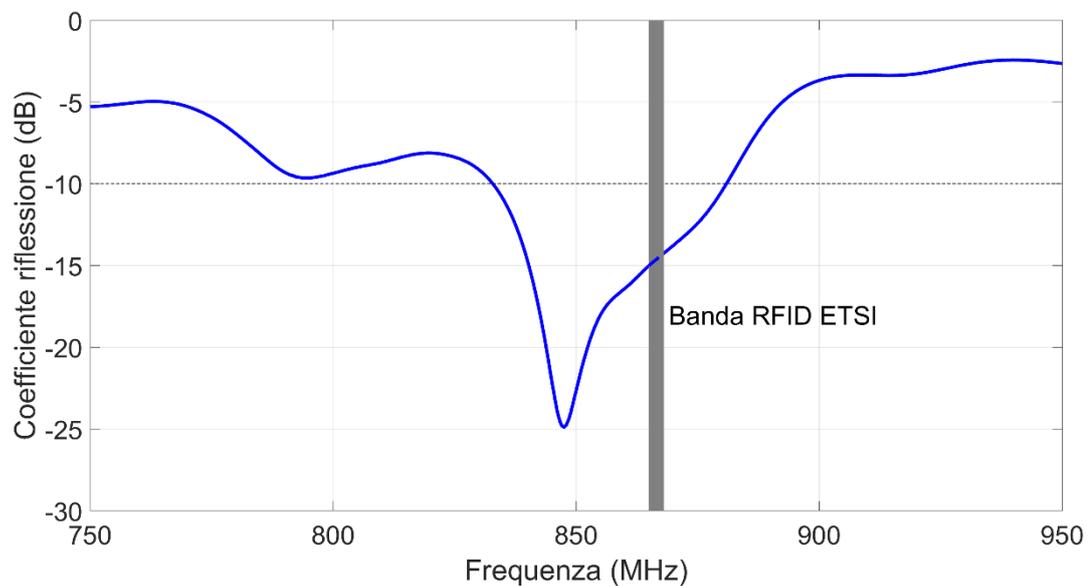


Fig. 1.2 – Coefficiente di riflessione misurato dell'antenna Harting Locfield.

Per verificare il funzionamento dell'antenna in presenza di ostacoli vicini, sono state effettuate misure di coefficiente di riflessione posizionando un ostacolo in vari punti della parte attiva (radiante) lungo

il cavo. Come si evince dalla Fig. 1.3, il coefficiente di riflessione varia al variare della distanza dalla ferrite a cui è presente l'ostacolo. Ponendo l'ostacolo sulla ferrite, la variazione è minima (curva blu) rispetto al caso in spazio libero (curva blu tratteggiata). Se l'ostacolo si trova in corrispondenza della parte attiva (radiante), si ottiene una leggera variazione della curva del coefficiente di riflessione, che tuttavia soddisfa ancora le specifiche di coefficiente di riflessione inferiore a -10 dB in banda ETSI (curve rossa, verde e nera). Se invece l'ostacolo ostruisce parzialmente (curva fucsia) o totalmente il PCB (curva celeste) si ottiene un totale disadattamento dell'antenna, che smette di funzionare. Questo conferma l'elevata criticità del posizionamento del PCB in fase di installazione dell'antenna che potrebbe compromettere l'operatività del sistema.

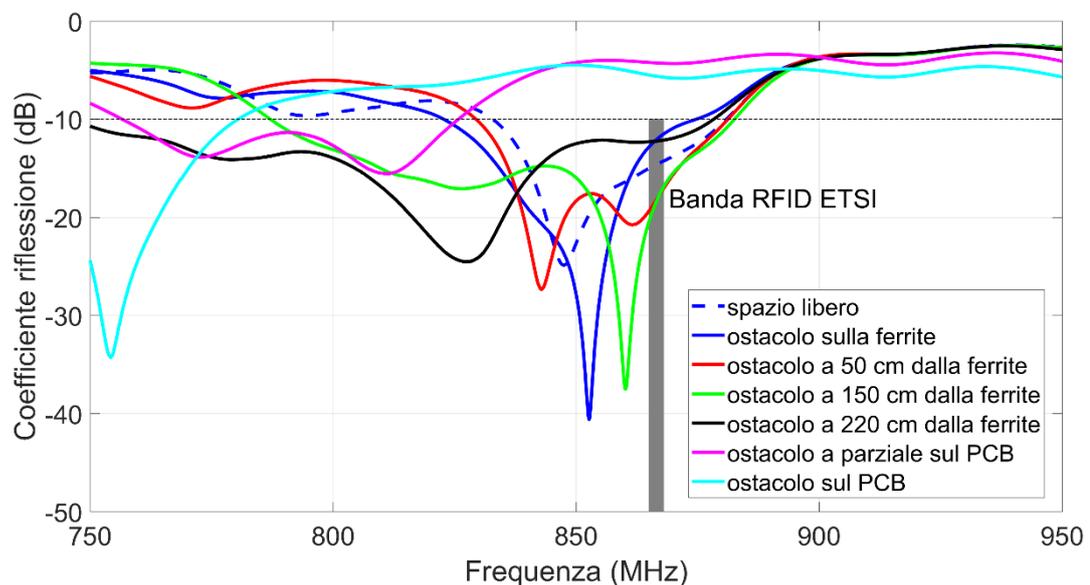


Fig. 1.3 – Coefficiente di riflessione misurato dell'antenna Harting Locfield in presenza di ostacoli accanto alla ferrite, alla parte attiva o al PCB.

1.1.2 Cavo coassiale fessurato *RFS RADIAFLEX RLKU12-50JFLA*

La campagna di misure è stata effettuata utilizzando uno spezzone di cavo *RFS RADIAFLEX RLKU12-50JFLA* [8] di lunghezza 10 m. Il cavo è stato collegato da un'estremità al VNA e dall'altra ad un carico adattato a 50 Ω. Tale carico, consente di non avere onda riflessa e deve essere utilizzato anche nel caso in cui l'antenna sia connessa ad un *reader* RFID.

L'andamento del coefficiente di riflessione è riportato in Fig. 1.4. Esso è al di sotto di -10 dB in una banda molto estesa, confermando il comportamento (a larga banda) tipico di un'antenna non risonante.

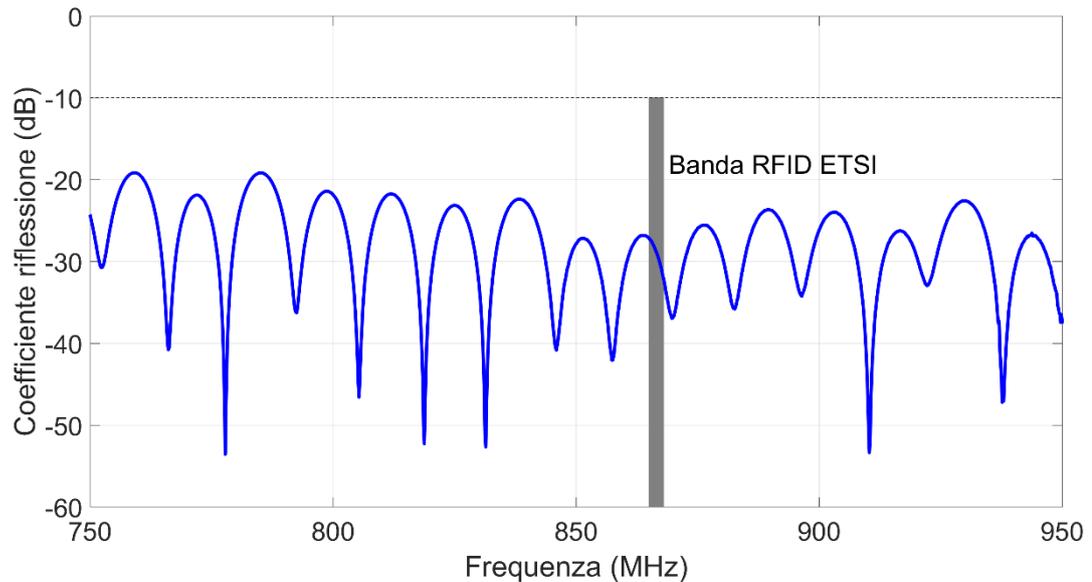


Fig. 1.4 – Coefficiente di riflessione misurato del cavo coassiale fessurato RFS RADIAFLEX RLKU12-50JFLA.

1.1.3 Cavo coassiale fessurato TIMES MICROWAVE T-RAD-600-FR

In questo caso, la campagna di misure è stata condotta utilizzando uno spezzone di cavo *TIMES MICROWAVE T-RAD-600-FR* [9] di lunghezza 11 m circa, collegandone un'estremità al VNA e l'altra ad un carico adattato a 50 Ω (Fig. 1.5), per non avere onda riflessa.

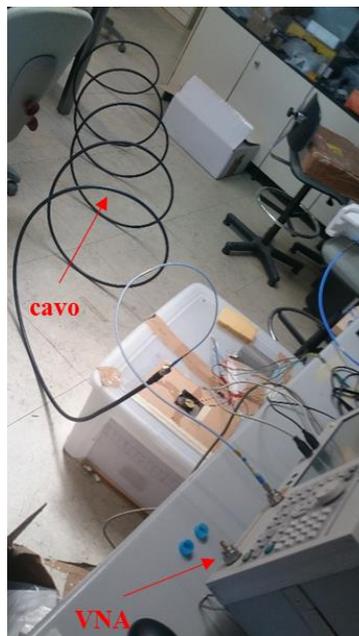


Fig. 1.5 – Cavo radiante T-RAD-600 connesso al VNA in un'estremità e ad un carico da 50 Ω all'altra.

L'andamento del coefficiente di riflessione è riportato in Fig. 1.6. Esso è al di sotto di -10 dB in una banda molto estesa, confermando il comportamento (a banda larga) tipico di un cavo radiante (antenna non risonante).

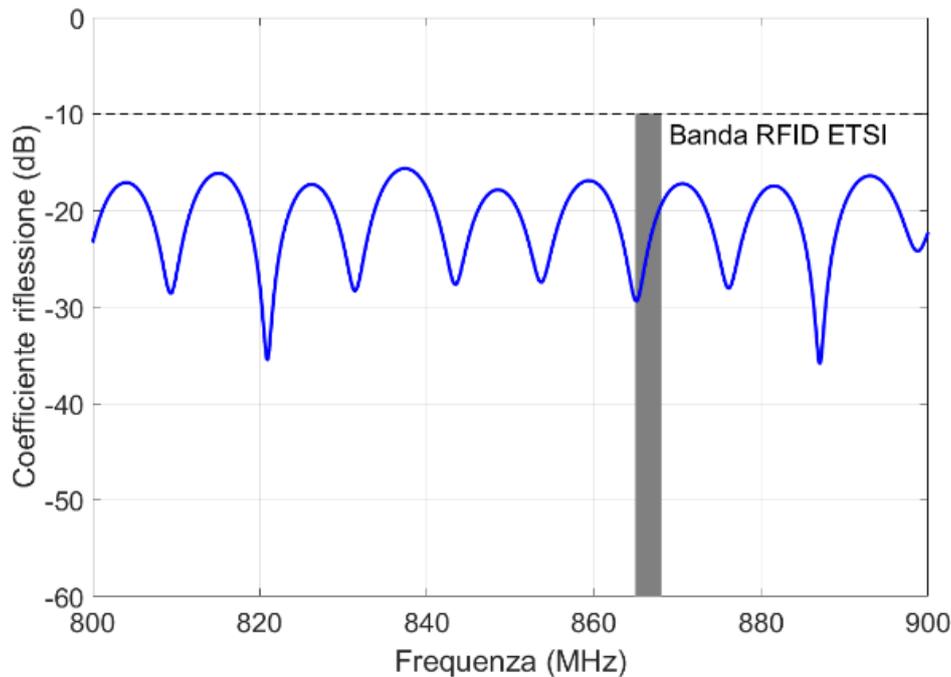


Fig. 1.6 – Coefficiente di riflessione del cavo T-RAD-600-FR misurato al vna.

1.2 Misure di *read range*

Per effettuare le misure della distanza di lettura dei cavi radianti, essi sono stati collegati ad un *reader* RFID commerciale dell'azienda C.A.E.N. RFID, modello *ION R4300P* (Fig. 1.8) operante in banda ETSI [2].

Facendo riferimento allo standard IEC 61196-4 [1], sono stati utilizzati dei blocchi di polistirolo per sorreggere i cavi in modo che fossero a circa 10 cm dalla superficie di appoggio. Uno schema esemplificativo del setup di misura è illustrato in Fig. 1.7. La potenza del *reader* (Fig. 1.8) è stata impostata al massimo consentito dallo strumento ($32 \text{ dBm} \cong 1.6 \text{ W}$) con il software *RSSITest* e connesso mediante protocollo TCP/IP ad un pc portatile. Ulteriori specifiche tecniche sono elencate in Fig. 1.9.

Il *read range* è stato misurato con un *tag* posto su un supporto di polistirolo al variare della sua orientazione e posizione lungo il cavo.

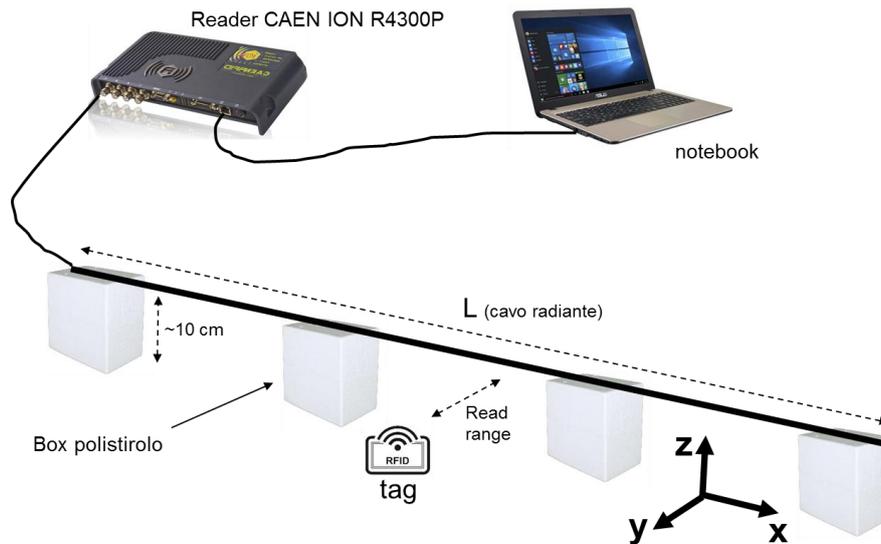


Fig. 1.7 – Schema del setup di misura con cavo radiante posto su sostegni di polistirolo a distanza di circa 10 cm dalla superficie di appoggio e collegato al reader C.A.E.N. RFID ION R4300P [2].



Fig. 1.8 – Reader CAEN ION 4300P utilizzato nelle misure sperimentali e descritto in [2].

Frequency Range	902÷928 MHz (FCC part 15) 865.600÷867.600 (ETSI EN 302 208)
RF Power	Up to 32 dBm (~1.6W) conducted
CPU	Intel Atom Z510 CPU @ 1.1Ghz
Memory	512 Mbytes RAM, 512 Mbytes SSD, 2Gbytes MicroSD
Operating System	Linux (Debian)
Scripting	- Python 2.5 language interpreter - Java Virtual Machine
Host Interface Protocols	- EPCglobal LLRP RFID host-to-reader protocol - CAEN RFID host-to-reader protocol
Antenna Connector	4 TNC Reverse Polarity
Receiving Capability	Gen 2 Dense Reader Mode Management Data rate up to 400 Kbits/s
Std. Compliance	EPC C1 G2/ISO 18000-6C
Digital I/O	13 GPIO pins, TTL level
Connectivity	RS232 Serial Communication (DB9); USB 2.0 High Speed Host Port; Ethernet 10/100BASE-T (RJ45)
Wireless Comm.	GSM/GPRS (SMA) (optional) WiFi (optional via USB host)
Internal Interfaces	MicroSD slot SIM card housing (optional)
IP Rating	IP52
MTBF	135'000 hours
Dimensions	(W)275 x (L)155 x (H)39 mm ³ (10.8 x 6.1 x 1.5 inch ³)
DC Power	9÷36 VDC(30W)
Operating Temp.	-20 °C to 55 °C
Weight	1.3 kg

Fig. 1.9 – Specifiche tecniche del reader CAEN ION 4300P [2].

Presumibilmente, per il presente progetto sarà necessario installare il *tag* RFID sul telaio della bicicletta. Di conseguenza essendo quest'ultimo di materiale metallico, sarà necessario impiegare *tag* leggibili su superfici metalliche (*tag on-metal*). Quelli utilizzati nei test sono riportati in Tab. 1.1, insieme ai *read range* indicati nei rispettivi *datasheet*: *Omni-ID Fit400* [3], *Omni-ID Prox* [4] e *Intermec Large* [5].

<i>Modello</i>	Dimensioni (mm³)	Read Range datasheet (m)	Applicazioni
<i>Omni-ID Fit-400</i> [3] 	13 × 7 × 3	Reader fisso: 4 Reader portatile: 2	Strumenti e componenti metallici
<i>Omni-ID Prox</i> [4] 	55 × 15 × 7	~ 2	Dispositivi elettronici, server ed altri oggetti
<i>Intermec Large</i> [5] 	155 × 30 × 8	~9 (<i>on-metal</i>) ~7.6 (legno, plastica) [EIRP = 4W]	Oggetti e superfici di legno, plastica, metallo

Tab. 1.1 – Caratteristiche dei tag commerciali utilizzati per la campagna sperimentale di misure. I valori di *read range* sono riportati dai produttori nei *datasheet* [3] - [5].

Ipotizzando una condizione di *line of sight*, ovvero in assenza di *multipath* e di ostacoli, in generale, si può considerare che con buona approssimazione è possibile stimare il *read range* di un *tag* mediante la seguente formula:

$$d_{tag} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{G_r \cdot P_{EIRP}}{P_{chip}}}$$

Dove P_{EIRP} è la potenza limite (3.28 W EIRP - *Effective Isotropic Radiated Power*), G_r è il *Realized Gain* relativo al *tag* e P_{chip} è la sensibilità del *chip* cioè la potenza minima necessaria al *chip* per potersi attivare e “rispondere” all’interrogazione di un *reader*.

1.2.1 Read range dell’antenna *Harting Locfield*

Per testare il *read range*, l’antenna *Harting Locfield* [6][7], è stata fissata su blocchi di polistirolo, ad altezza circa 10 cm dalla scrivania (Fig. 1.10); la terminazione è stata ancorata avendo cura di lasciare il PCB sospeso in aria. L’estremità d’ingresso è stata fissata al supporto in corrispondenza del nucleo di ferrite e connessa al *reader* [2] (cfr. Fig. 1.8).

Il *tag* è stato incollato su un supporto di polistirolo e spostato lungo la direzione longitudinale del cavo (asse *x*) a passi di circa 60 cm.

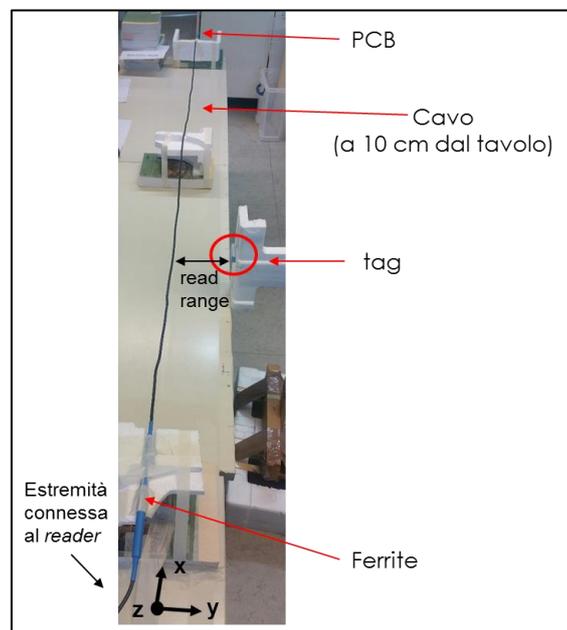


Fig. 1.10 – Setup di misura del *read range* dell’antenna *Harting Locfield* collegata al *reader* commerciale (operante in banda UHF RFID) C.A.E.N. RFID ION R4300P [2].

Oltre che con questa configurazione, sono state effettuate prove con il tag applicato ad una base di metallo (13 cm × 6 cm) per simulare l'effetto in presenza del telaio metallico della bicicletta (Fig. 1.11).



Fig. 1.11 – Esempio di tag posto su supporto di polistirolo con e senza piano metallico.

L'antenna *Locfield* è stata in grado di rilevare tutti e tre i tag utilizzati per la campagna di misure. Con il tag *Omni-ID Fit-400*, si ottengono distanze di lettura intorno a 5 cm con il tag orientato parallelamente al cavo (Fig. 1.12); utilizzando il piano metallico in tale configurazione è possibile estendere il *read range* fino ad un valore che oscilla tra 12 cm e 25 cm. Per tutte le altre orientazioni, le distanze di lettura sono al di sotto di 5 cm (curve rosse e verdi in Fig. 1.12).

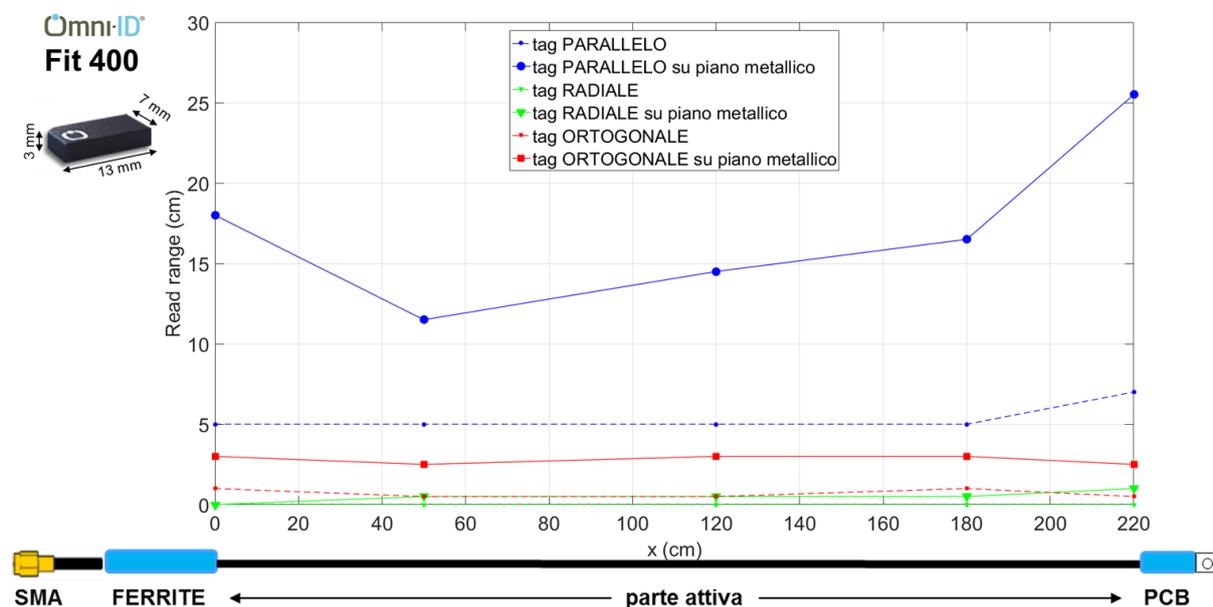


Fig. 1.12 – Read range misurato del tag *Omni-ID Fit 400* adottando l'antenna *Locfield* per diverse orientazioni del tag: tag parallelo (curva blu), tag ortogonale (curva rossa) e tag radiale (curva verde). Le curve continue sono relative al tag su piano metallico e quelle tratteggiate al tag in spazio libero.

Per *Omni-ID Prox*, si nota che la migliore orientazione è sempre quella parallela al cavo Fig. 1.13, con un *read range* massimo di 25 cm (curva tratteggiata blu) che scende a 19 cm per l'orientazione radiale (curva tratteggiata verde) e a 7 cm per quella ortogonale (curva tratteggiata rossa). Il piano metallico non introduce miglioramenti rilevanti a meno di un picco di 37 cm rilevato in prossimità del PCB nel caso dell'orientazione parallela (curva blu in Fig. 1.13).

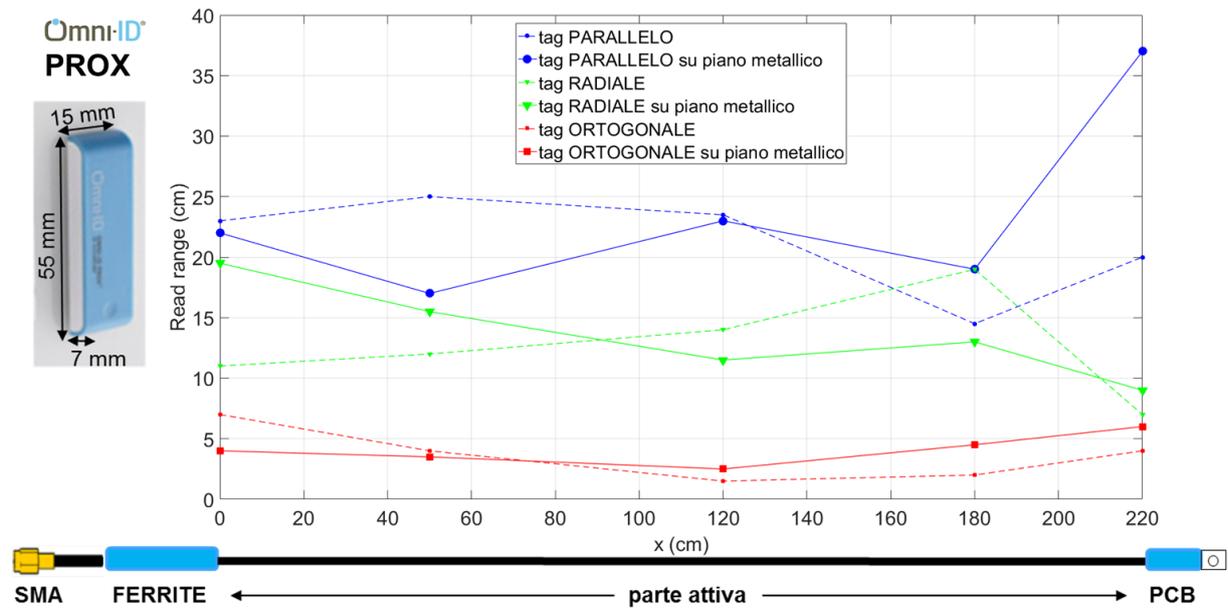


Fig. 1.13 - *Read range* misurato del tag *Omni-ID Prox* adottando l'antenna *Locfield* per diverse orientazioni del tag: tag parallelo (curva blu), tag ortogonale (curva rossa) e tag radiale (curva verde). Le curve continue sono relative al tag su piano metallico e quelle tratteggiate al tag in spazio libero.

A differenza dei risultati ottenuti con i tag più piccoli, dalle misure di *read range* del tag *Intermec Large* risulta evidente che la migliore orientazione è quella radiale, con un *read range* massimo di 67 cm (curva verde tratteggiata in Fig. 1.14). Per le altre orientazioni, la distanza di lettura media è di circa 50 cm per l'orientazione radiale (curva verde tratteggiata), 21 cm per quella ortogonale (curva rossa tratteggiata) e 40 cm per quella parallela (curva blu tratteggiata). Anche in questo caso, come per l'*Omni-ID Prox* il piano metallico non introduce miglioramenti rilevanti (Fig. 1.14), ciò è dovuto al fatto che le dimensioni del riflettore presente all'interno del tag sono sufficienti a garantirne prestazioni stabili indipendentemente dalla superficie su cui viene applicato.

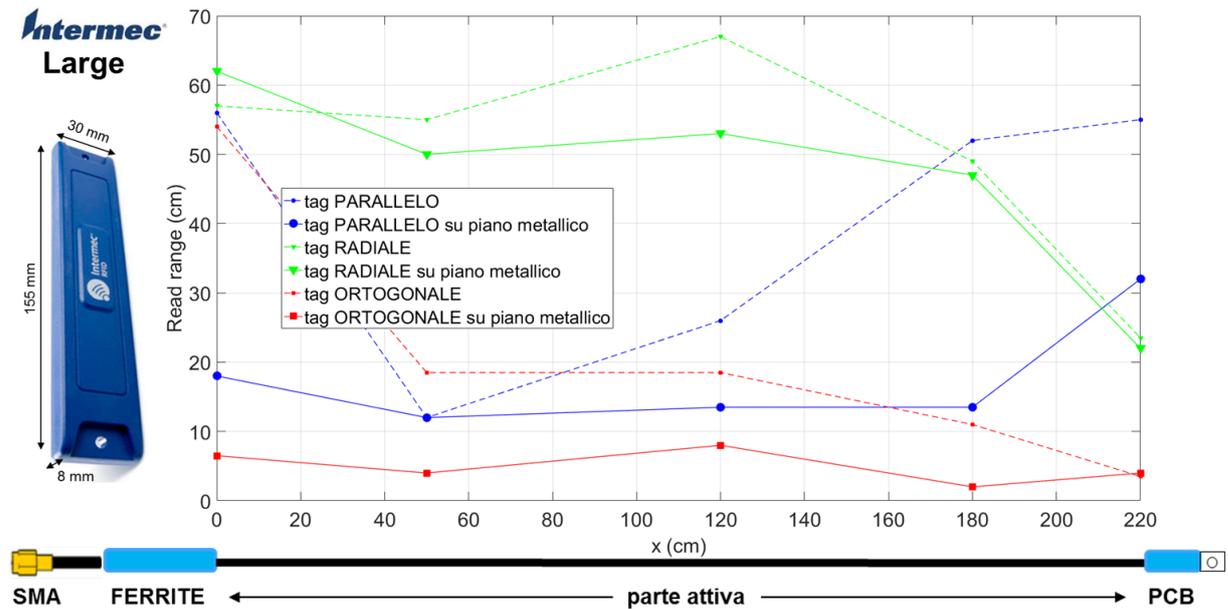


Fig. 1.14 - Read range misurato del tag Intermec Large adottando l'antenna Locfield per diverse orientazioni del tag: tag parallelo (curva blu), tag ortogonale (curva rossa) e tag radiale (curva verde). Le curve continue sono relative al tag su piano metallico e quelle tratteggiate al tag in spazio libero.

1.2.2 Read range del cavo RADIAFLEX RLKU12-50JFLA

Il setup di misura realizzato all'aperto, per le misure di *read range* del cavo coassiale fessurato *RFS RADIAFLEX RLKU12-50JFLA* [8] è illustrato in Fig. 1.15. Il cavo radiante è stato direttamente connesso al *reader* (impostato alla massima potenza) mediante connettore con transizione N-TNC (Fig. 1.15b) e l'altra estremità del cavo è stata collegata ad un carico adattato da 50 Ω. Il cavo è stato disteso in maniera diritta e le *slot* radianti si trovano in corrispondenza della parte superiore del cavo (asse della *slot* parallela all'asse *z*).



(a)



(b)

Fig. 1.15 – (a) Setup di misura del read range del cavo coassiale fessurato disteso collegato al reader commerciale (operante in banda UHF RFID) C.A.E.N. RFID ION R4300P [2]. (b) Particolare della connessione diretta del cavo al reader con transizione connettore N-TNC.

Le misure di *read range* sono state effettuate lungo la direzione longitudinale del cavo (asse x) a passi di 50 cm. Il *tag* è stato disposto su un supporto di polistirolo e legno.

I risultati relativi al *tag Intermec* sono riportati in Fig. 1.16, mentre i *tag Omni-ID Fit-400* e *Omni-ID Prox*, che hanno dimensioni ridotte, non sono stati rivelati dal cavo radiante.

Il *read range* massimo si ottiene con il *tag* orientato radialmente (curva verde) con un valore medio di circa 22 cm; con orientazione parallela invece si ottiene un *read range* medio di circa 16 cm (curva blu) e le prestazioni peggiori sono per l'orientazione ortogonale con un *read range* medio di circa 2 cm ma che è nullo in corrispondenza di diversi punti lungo il cavo (curva rossa). Si nota inoltre che in prossimità della porta di ingresso la distanza di lettura è maggiore (curve blu e verde).

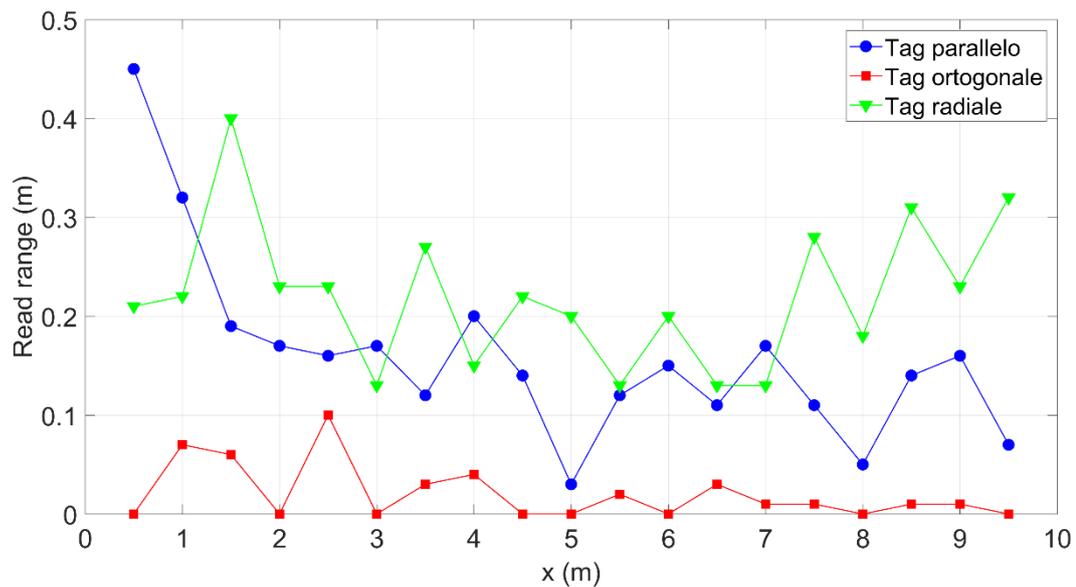


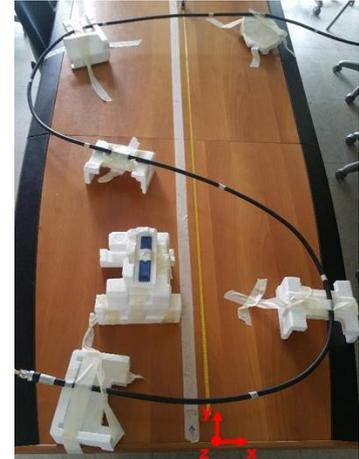
Fig. 1.16 - Read range misurato del tag Intermec Large adottando come antenna per il reader il cavo coassiale fessurato RFS RLKU12-50JFLA per diverse orientazioni del tag: tag parallelo (curva blu), tag ortogonale (curva rossa) e tag radiale (curva verde).

Per valutare l'effetto sul *read range* di altre configurazioni geometriche in cui disporre il cavo radiante, sono state ripetute le misure a parità di setup di misura, disponendo il cavo lungo una curva a forma di ellisse (Fig. 1.17a) e lungo una sinusoidale (Fig. 1.17b). L'idea alla base di questi test è verificare se, disponendo il cavo in configurazioni diverse da quella rettilinea, si ottengono contributi di campo che sommandosi in fase aumentano il *read range*.

Nella configurazione ad ellisse le *slot* radianti sono state orientate verso l'interno dell'ellisse (asse della *slot* parallela all'asse y).

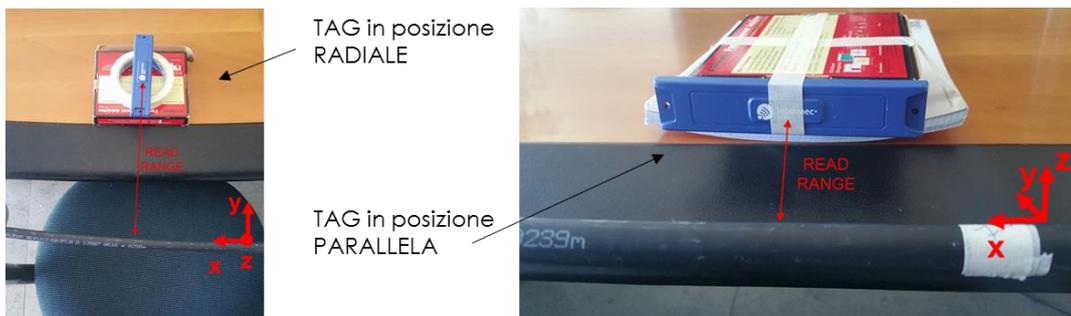


(a)



(b)

Fig. 1.17 – (a) Setup di misura del read range del cavo coassiale fessurato in configurazione ellittica e (b) lungo una sinusoide.



(a)

(b)

Fig. 1.18 – Tag Intermec Large in (a) orientazione radiale e (b) orientazione parallela rispetto al cavo coassiale fessurato.

Anche in questo caso, la misura del *read range* è stata eseguita a passi di 50 cm per tutta la lunghezza del cavo, al variare dell'orientazione del *tag*. In Fig. 1.18 sono rappresentate le orientazioni radiale (Fig. 1.18a) e parallela rispetto al cavo (Fig. 1.18b).

Il *read range* maggiore è stato ottenuto con il *tag* posto in posizione radiale (Fig. 1.19). In particolare, i valori medi della distanza lettura misurata sono rispettivamente di circa 16 cm per il *tag* posto in posizione radiale (curva verde), 8 cm con orientazione parallela (curva blu), e 0.9 cm per l'orientazione ortogonale (curva rossa) con cui la lettura del *tag* è avvenuta in diversi punti quasi a contatto del cavo.

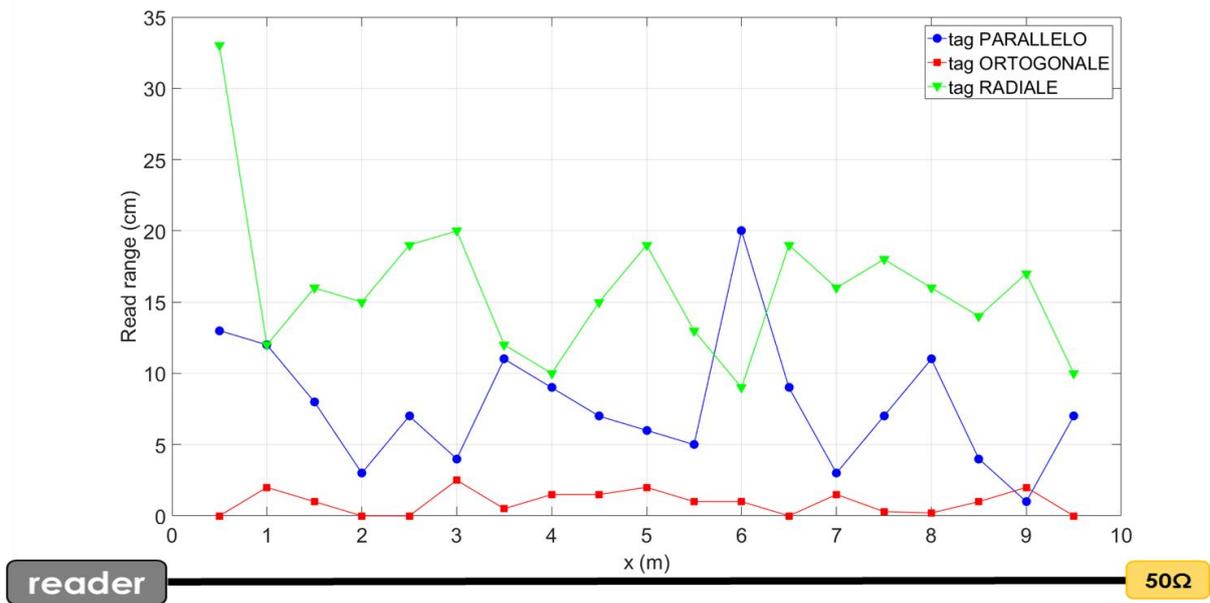


Fig. 1.19 – Read range misurato del tag Intermec Large adottando come antenna per il reader il cavo coassiale fessurato RFS RLKU12-50JFLA in configurazione ellittica per diverse orientazioni del tag: parallela (curva blu), ortogonale (curva rossa) e radiale (curva verde).

Lo schema geometrico del cavo coassiale fessurato disposto lungo una sinusoidale è rappresentato in Fig. 1.20. Lo scopo di tale configurazione è quello di verificare la possibilità di leggere il tag sui punti dell'area occupata dal cavo.

Le slot sono disposte nella parte superiore del cavo (asse delle slot parallelo all'asse z) e il tag Intermec è stato posto a due diverse altezze dal cavo pari a $h_{tag} = 2$ cm e $h_{tag} = 10$ cm (Fig. 1.21), effettuando misure di read range lungo y, attraversando la sinusoidale, a passi di 10 cm. Anche in questo caso le misure sono state eseguite al variare dell'orientazione del tag Intermec (Fig. 1.22).

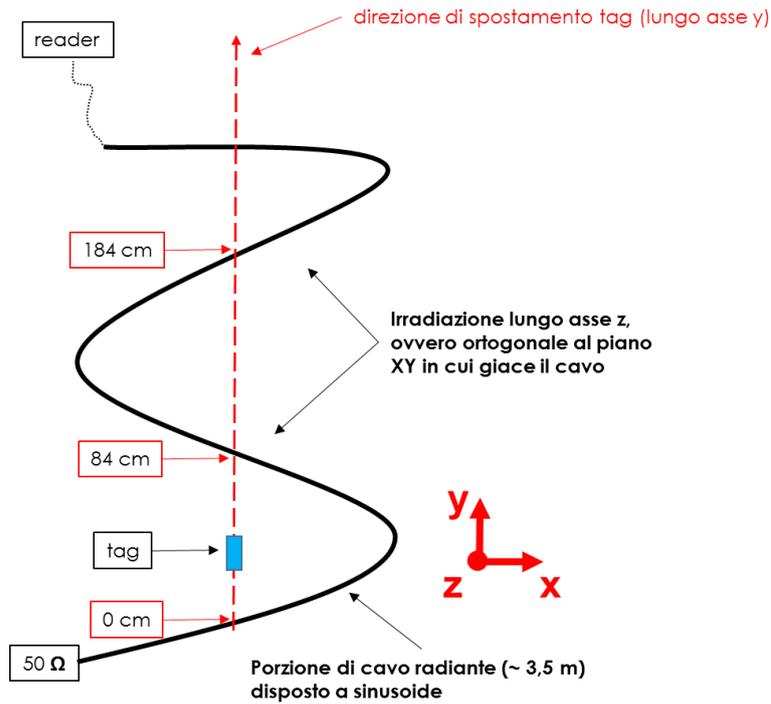


Fig. 1.20 – Schema generale del setup di misura con il cavo radiante disposto a sinusoidale che giace sul piano xy . La linea rossa tratteggiata indica la direzione in cui è stato spostato il tag per effettuare le misure di read range.



Fig. 1.21 – Supporto di polistirolo con il tag con orientazione parallela a distanza $h_{tag}=10$ cm dal cavo radiante.

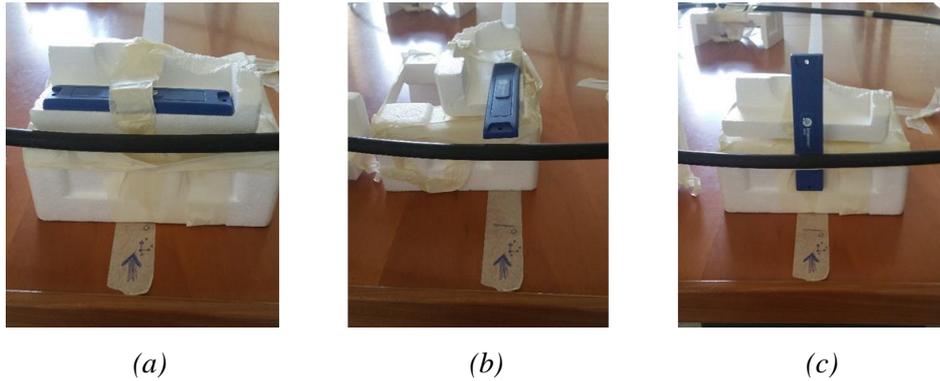


Fig. 1.22 – Tag Intermecc Large posto a $h_{tag}=2$ cm dal cavo radiante in (a) orientazione parallela, (b) orientazione ortogonale e (c) orientazione radiale.

I punti in cui il tag viene identificato sono rappresentati dal grafico in Fig. 1.23. In particolare, effettuando due test a distanza $h_{tag}=2$ cm e $h_{tag}=10$ cm, il grafico mostra l'avvenuta lettura del tag nelle varie orientazioni lungo la direzione di spostamento (asse y – cfr. Fig. 1.20).

Dalle misure è risultato che, a prescindere dalle orientazioni imposte al tag, le letture dello stesso vengono rilevate solo in prossimità del cavo (punti con riquadri rossi in Fig. 1.20).

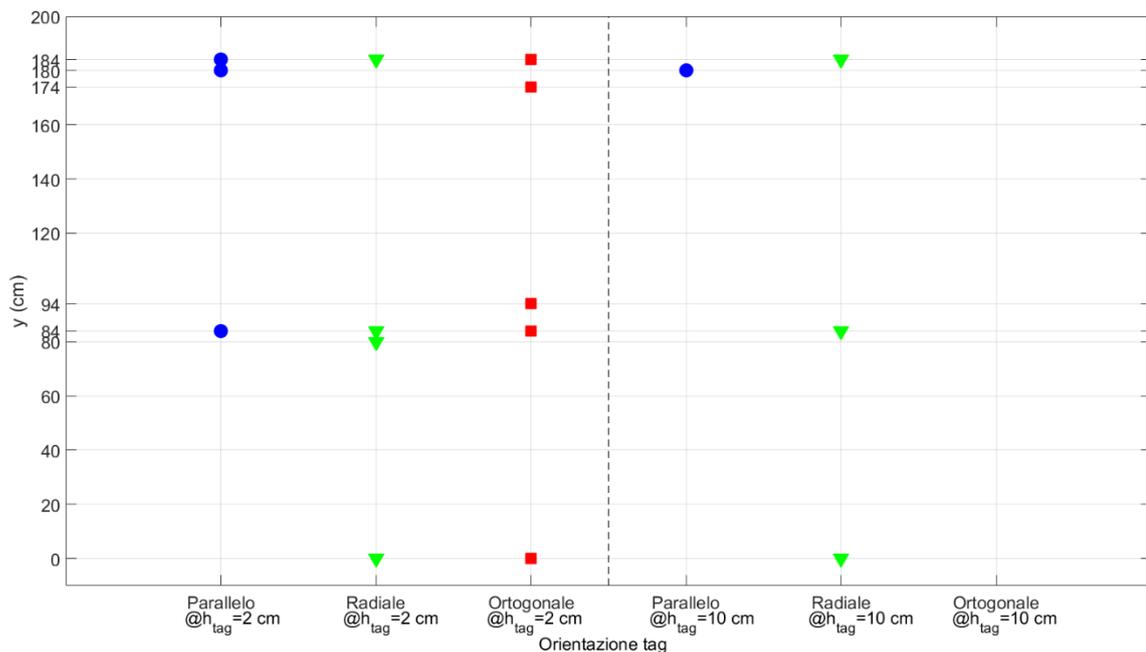


Fig. 1.23 – Letture rilevate del tag Intermecc Large al variare dell'orientazione e posto a distanza h_{tag} (2 cm e 10 cm) dal cavo RFS RADIAFLEX RLKU12-50JFLA.

1.2.3 Read range del cavo T-RAD-600-FR

Il setup di misura allestito per le misure di *read range* del cavo coassiale fessurato *TIMES MICROWAVE T-RAD-600-FR* [9] è illustrato in Fig. 1.24. Il cavo radiante è stato connesso al *reader* (impostato alla massima potenza) mediante connettore con transizione N-TNC (Fig. 1.24 b) e l'altra estremità del cavo è stata collegata ad un carico adattato da 50 Ω (Fig. 1.24 c) come per il cavo fessurato descritto precedentemente. Il cavo è stato disteso longitudinalmente ed il *range* di lettura è stato misurato lungo l'asse *y* (Fig. 1.24 a).

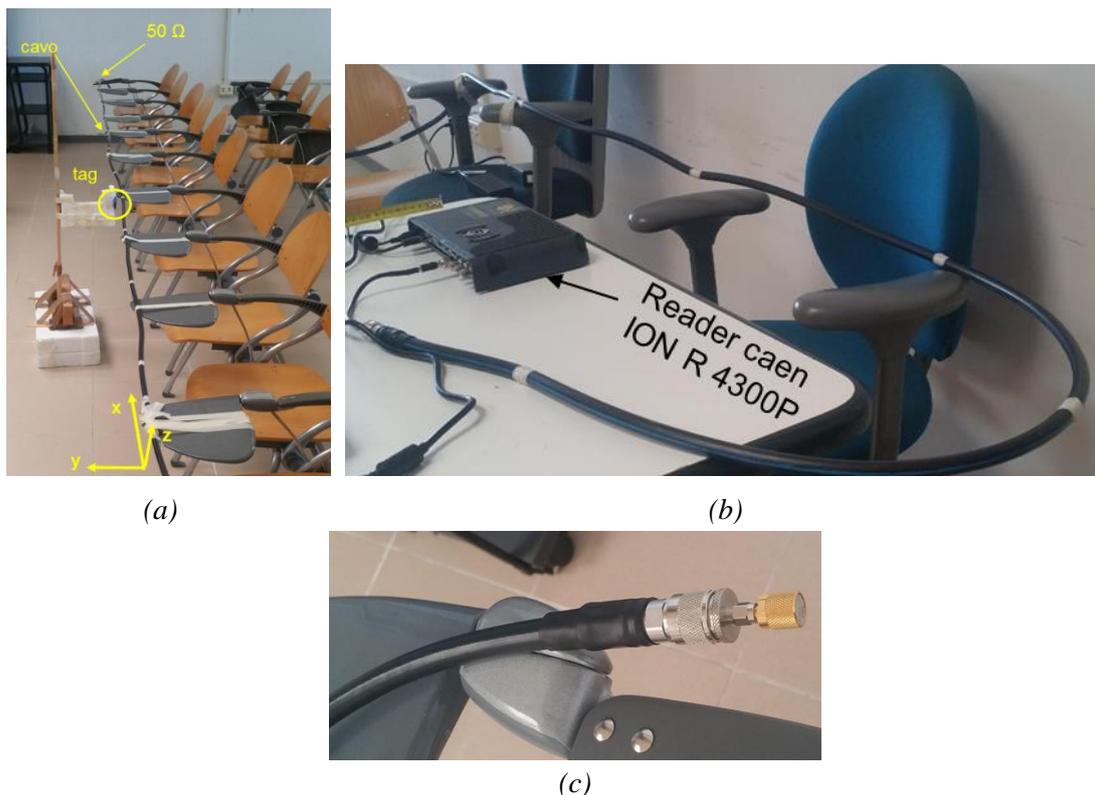


Fig. 1.24 – (a) Scenario di misura del *read range* del cavo coassiale fessurato disteso; (b) Particolare del cavo collegato con transizione connettore N-TNC al reader commerciale C.A.E.N. RFID ION R4300P (operante in banda UHF RFID) [2]; (c) Particolare del carico adattato a 50 Ω nella terminazione del cavo.

Le misure di *read range* sono state effettuate in direzione longitudinale (asse *x*) a passi di 50 cm (Fig. 1.24 a). Il *tag* è stato disposto su un supporto di polistirolo e legno nelle tre orientazioni previste dallo standard (Fig. 1.25).

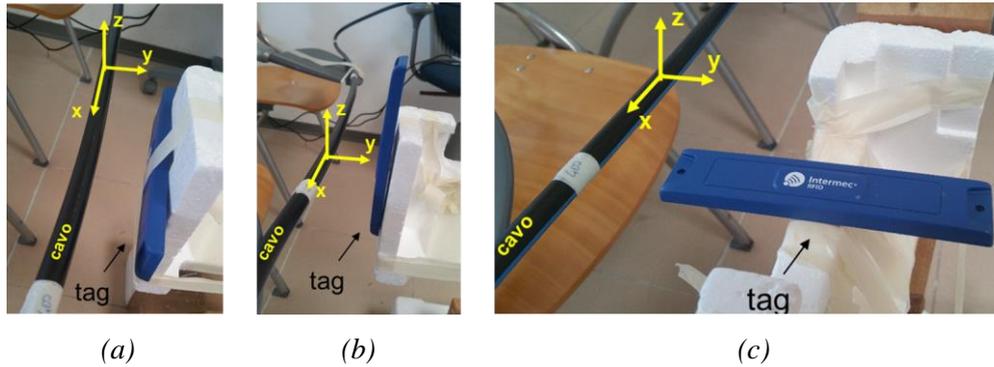


Fig. 1.25 – Tag intermec Large utilizzato nelle misure di read range nelle tre orientazioni: (a) parallela (b) ortogonale (c) radiale

Le misure di *read range* per il tag *Intermec* sono riportate in Fig. 1.27; altri tag *on-metal* testati come ad esempio *Omni-ID FLEX* [10] ed il *TAGAT 200X* [11] (mostrati in Fig. 1.26), di dimensioni inferiori rispetto al tag *Intermec* [5], non sono stati presi in considerazione a causa dei loro *read range* bassi (dell'ordine di qualche centimetro).

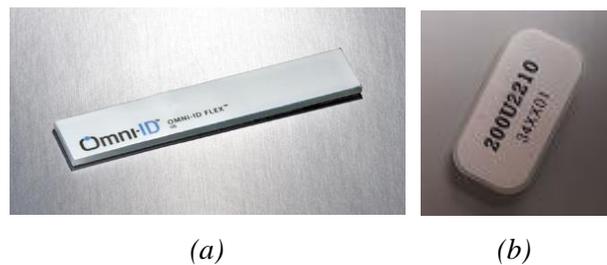
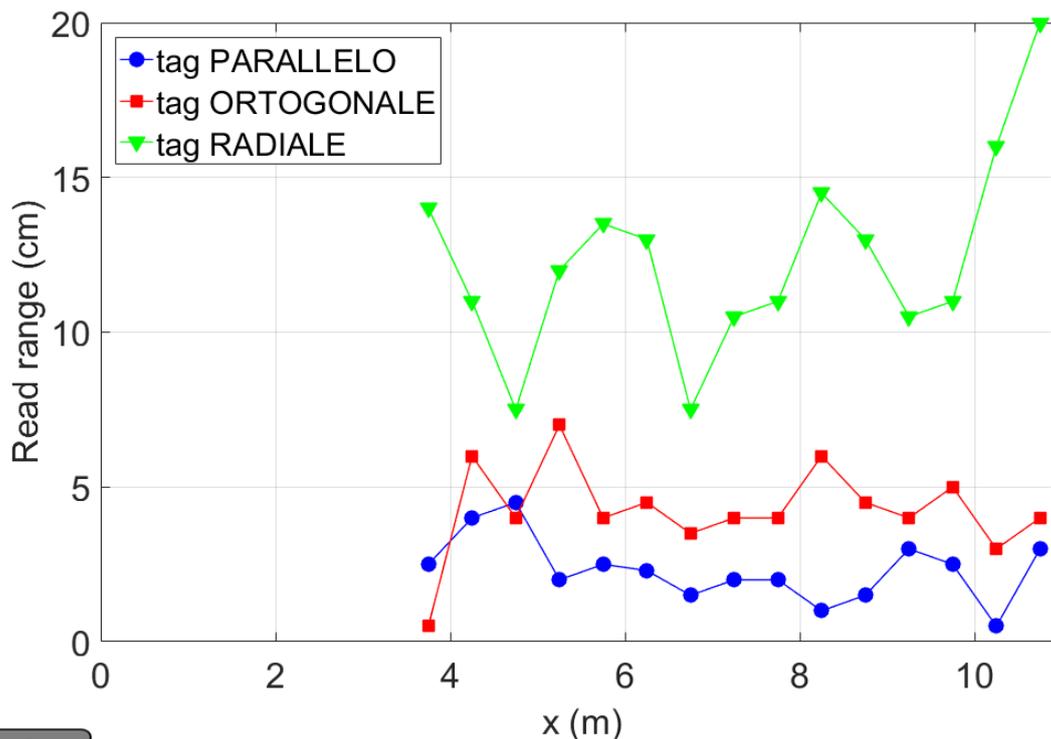


Fig. 1.26 – (a) *Omni-ID FLEX* avente dimensioni $77 \times 15 \times 2.8 \text{ mm}^3$ descritto in [10] (b) *TAGAT 200X* NiGK Corporation avente dimensioni $20 \times 10 \times 3.5 \text{ mm}^3$ descritto in [11].

Il *read range* massimo si ottiene con il tag *Intermec Large* [5] orientato radialmente (curva verde) con un valore medio di circa 12 cm; con orientazione ortogonale invece si ottiene un *read range* medio di circa 4 cm (curva rossa) e le prestazioni peggiori sono per l'orientazione parallela con un *read range* medio di circa 2 cm (curva blu), come mostrato in Fig. 1.27.



reader

50Ω

Fig. 1.27 - Read range misurato del tag Intermec Large [5] adottando come antenna per il reader il cavo coassiale fessurato T-RAD-600 per diverse orientazioni del tag: tag parallelo (curva blu), tag ortogonale (curva rossa) e tag radiale (curva verde). Le misure sono state effettuate in corrispondenza della porzione rettilinea di cavo da 3.75 m fino alla terminazione (~ 11.50 m).

In Fig. 1.28 è riportato lo schema riassuntivo dei risultati relativi ai *read range* di lettura ottenuti con i due cavi radianti analizzati. Il cavo T-RAD-600 è stato testato utilizzando solamente il tag Intermec per via dei *read range* bassi mostrati dagli altri tag. Esso ha mostrato *read range* maggiori con orientazione radiale per entrambi i cavi fessurati.

Come già affermato, da un cavo radiante con attenuazione longitudinale elevata, ci si aspettano *read range* alti (per via della maggiore potenza irradiata); tuttavia anche la geometria delle slot che determina le componenti di campo irradiate, influisce sulla distanza di lettura. Per tale motivo, con il cavo avente attenuazione maggiore (T-RAD-600) si sono rilevati *read range* più o meno confrontabili con quelli del cavo RLKU12-50JFLA. Bisogna anche tener presente che la caratterizzazione è stata eseguita in ambiente reale.

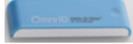
Tipologia Cavo	Costo al metro	TAG Fit 400 			TAG Prox 			TAG Intermec 		
		PARALLELO	RADIALE	ORTOGONALE	PARALLELO	RADIALE	ORTOGONALE	PARALLELO	RADIALE	ORTOGONALE
Harting LOCFIELD	150 €	5 cm	0 cm	0,7 cm	21 cm	12 cm	4 cm	40 cm	50 cm	21 cm
RFS RLKU12-50JFLA	5,14 € (4 €)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16 cm (cavo disteso) 8 cm (cavo ad ellisse)	22 cm (cavo disteso) 16 cm (cavo ad ellisse)	2 cm (cavo disteso) 0,9 cm (cavo ad ellisse)
TIMES MICROWAVE T-RAD-600	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2 cm	12 cm	4 cm

Fig. 1.28 – Schema riepilogativo dei range di lettura medi rilevati per ogni tag al variare dell’orientazione.

1.3 Analisi comparativa

A conclusione del lavoro, è mostrata una breve analisi comparativa delle quattro tipologie di antenne (già menzionate nel Deliverable 1.2.1) in banda UHF RFID sulla base delle specifiche tecniche e delle prove sperimentali effettuate.

1.3.1 Antenne da montare su palo

Le antenne da montare su palo [12] – [14], costituiscono una soluzione standard da applicare sia in ambiente *indoor* che *outdoor*. Sono di facile installazione e spesso vengono vendute in kit comprensivi di supporto metallico di aggancio. I costi si aggirano intorno a qualche centinaia di euro.

Essendo antenne con guadagno tipico di circa 6-8 dBi (in base alle dimensioni), sono capaci di irradiare in un’ampia zona e quindi con *tag* performanti sono in grado di raggiungere distanze di lettura di alcuni metri. Installando questa tipologia di antenne in prossimità di una ciclo stazione è possibile identificare contemporaneamente tutte le biciclette *taggate*. Inoltre è possibile installarle in un qualsiasi punto della città sia necessario identificare il passaggio di una bicicletta.

1.3.2 Antenne a pannello

Le antenne a pannello (*ground antenna* o *mat antenna*) [15] – [17] si prestano a varie tipologie di applicazioni sia *indoor* (es. identificazione partecipanti conferenze, gestione bagagli, logistica) che *outdoor* (es. *race timing*). La struttura plastica che accoglie l'elemento radiante conferisce robustezza all'antenna stessa, che tipicamente ha uno spessore di pochi centimetri. I costi si aggirano intorno ad alcune centinaia di euro (circa 800 € in media, in base al modello). L'installazione prevede di stendere l'antenna sul pavimento o sul terreno, quindi in applicazioni di ciclabilità potrebbe essere installata a terra in corrispondenza della ciclo stazione o in varco qualora si voglia monitorare il passaggio delle biciclette in un punto della città. Il *read range* è limitato a pochi metri (in condizioni di assenza di ostacoli).

1.3.3 Antenna Harting Locfield

L'antenna *Harting Locfield* [6], [7] è costituita da un cavo coassiale con nucleo di ferrite e terminazione PCB (tra i quali si estende la parte attiva dell'antenna) per applicazioni RFID in banda UHF. Essa può essere impiegata in applicazioni in cui ci sono spazi ridotti (es. cabine elettriche, *server rack*) o in cui è necessario disporre il cavo in modo curvilineo (es. varchi, gate). Le distanze di lettura sono dell'ordine del metro e l'antenna può anche essere installata in presenza di superfici metalliche mantenendo una distanza minima da esse superiore a 2 cm. Di fondamentale importanza è il posizionamento del PCB che deve essere lontano da ostacoli che comprometterebbero il funzionamento dell'antenna fino ad impedire l'identificazione dei *tag*. I costi si aggirano intorno ai 300 € per la versione con parte attiva lunga 2 m, ed aumentano in base alla lunghezza.

In applicazioni di ciclabilità potrebbe essere installata in corrispondenza dello stallo delle biciclette avendo cura di lasciare il PCB in spazio libero.

1.3.4 Antenne a cavo coassiale fessurato

I cavi coassiali fessurati nascono come soluzione da impiegare per comunicazioni in ambienti ostili come miniere, tunnel o gallerie. Essendo strutture non risonanti, sono robuste rispetto allo scenario circostante e possono essere utilizzate in una vasta gamma di frequenze. Per questo motivo, viene suggerita la possibilità di utilizzare un cavo coassiale fessurato come antenna per un *reader* RFID UHF in applicazioni di ciclabilità.

Il *range* di lettura di tali cavi radianti dipende dal valore dell'attenuazione, ad esempio per il cavo *RFS RLKU12-50JFLA* [8] analizzato, è dell'ordine delle decine di centimetri con i *tag* più performanti in assenza di ostacoli. Invece con il cavo *T-RAD-600-FR* della *TIMES MICROWAVE* [9], avente un valore di

	PROGETTO SaveMyBike	
	STUDIO E CONFRONTO TRA LE SOLUZIONI TECNOLOGICHE DISPONIBILI	

attenuazione di 1.5 dB superiore al precedente cavo, si è ottenuto un *read range* prossimo ad una decina di centimetri, per una precisa orientazione del *tag* ed in assenza di ostacoli

Ne consegue che il cavo deve essere posizionato vicino al *tag*, ad esempio potrebbe essere installato all'interno della struttura degli stalli su cui poggiano le biciclette o in una struttura posta sul terreno.

In fase di installazione, è necessario posizionare accuratamente il cavo in modo che le *slot* (attraverso cui avviene l'irradiazione) siano rivolte verso la porzione di spazio in cui si trovano i *tag* e in più il cavo deve trovarsi ad una distanza di almeno 8 cm dal terreno o dal muro.

Il grande vantaggio di questa soluzione è il prezzo che si aggira intorno ai 5 € al metro, permettendo di poter coprire ampie aree (antenna distribuita) a costi contenuti.

In appendice (cfr. pag. 28) è riportato un breve confronto tra i due cavi fessurati analizzati nei test ed altri disponibili in commercio.

Appendice

Di seguito viene mostrato un confronto tra alcune tipologie di cavi radianti fessurati esistenti in commercio; sono anche riportati i parametri fondamentali che caratterizzano un cavo fessurato radiante.

CAVO	Ø [mm]	ATT. LONG. [dB/100m]	CL50%, [dB]	CL95%, [dB]
COMMSCOPE RCT7-WBC-2A-RNAM [50 – 2700 MHz] 	49,784	1,90 @ 800 MHz 2,10 @ 900 MHz	69 @ 800 MHz 68 @ 900 MHz	71 @ 800 MHz 70 @ 900 MHz
RFS RLKU12-50JFLA [30 – 2700 MHz] 	14,7	8,75 @ 800 MHz 9,21 @ 870 MHz 9,40 @ 900 MHz	59 @ 800 MHz 60 @ 870 MHz 60 @ 900 MHz	65 @ 800 MHz 66 @ 870 MHz 66 @ 900 MHz
KABELWERK EUPEN RMC78B-HLFR-A [30 – 2700 MHz] 	27	4,19 @ 900 MHz	53 @ 900 MHz	56 @ 900 MHz
TIMES MICROWAVE T-RAD-600-FR [up to 2.5 GHz] 	13,46	10,98 @ 900 MHz	68 @ 900 MHz ¹	

Tab. A – Confronto tipologie di cavi radianti fessurati.

Come già accennato, l'attenuazione longitudinale aumenta proporzionalmente alla frequenza ed inversamente al diametro del cavo. Tale relazione teorica trova corrispondenza nella tabella A in cui sono riportate quattro tipologie di cavi radianti analizzati (due dei quali utilizzati nelle misure in laboratorio contraddistinti dal colore rosso).

¹ Tra le specifiche tecniche elencate in [9], il produttore non specifica quale coupling loss sia (medio, 50% percentile o 95% percentile)

Conclusioni

Il presente documento contiene lo studio e confronto di antenne da impiegare per l'identificazione dei *tag* RFID passivi in banda UHF RFID (865÷868 MHz) applicati in sistemi di ciclabilità.

Sono stati riportati i risultati relativi alla caratterizzazione delle antenne a cavo radiante in termini di coefficiente di riflessione; inoltre, per ogni cavo è stato verificato il *range* di lettura relativo ad alcuni *tag on-metal*.

A completamento, è stata presentata un'analisi comparativa tra le caratteristiche e le prestazioni delle varie soluzioni analizzate.

Bibliografia

- [1] International Standard IEC 61196-4,
http://www.normservis.cz/download/view/iec/info_iecdis61196-4%7Bed3.0%7Den.pdf
- [2] http://www.therfidshop.com/images/Ion_R4300P_flyer_2013.pdf?osCsid=32a72799a98d57dce5825edd2bb82a5d
- [3] https://www.omni-id.com/pdfs/Omni-ID_Fit_400_datasheet.pdf
- [4] http://www.autepra.lt/Pdf/Omni-ID_Short-Range_RFID_Tag_Prox_DS.pdf
- [5] https://www.prosign.dk/Intermec/IT65L_spec_web.pdf
- [6] <http://www.harting-rfid.com/fileadmin/harting/documents/rfid/produkte/antennen/LOCFIELD-Whitepaper.pdf>
- [7] http://www.harting-rfid.com/fileadmin/harting/documents/rfid/produkte/antennen/Ha-VIS_LOCFIELD_Travelling_wave_RFID_Antenna.pdf
- [8] <http://www.rfsworld.com/WebSearchECat/datasheets/pdf/cache/RLKU12-50JFLA.pdf>
- [9] <https://www.timesmicrowave.com/documents/resources/Radiating%20Cable-TRAD.pdf>
- [10] http://www.omni-id.com/pdfs/Omni-ID_Mid-Range_RFID_Tag_Flex_Label.pdf
- [11] https://www.nichigi.co.jp/en/en_products/en_rfid_tagats/en_rfid_nom.html
- [12] <http://www.mtiwe.com/?CategoryID=276&ArticleID=279>
- [13] <http://rfmax.us/public/images/products/RTAK-Datasheet.pdf>
- [14] <https://www.caenrfid.com/en/products/wantennax019/>
- [15] https://support.impinj.com/hc/article_attachments/203447970/Threshold%20Antenna%20Datasheet%20R2%2020160607.pdf
- [16] <http://www.times-7.com/assets/files/datasheets/Current%20Datasheets/A5530C%20Datasheet.pdf>

- [17] http://www.times-7.com/assets/files/datasheets/Current%20Datasheets/Slimline_RTAS_Datasheet.pdf