

Per riferimenti a data e numero di protocollo vedi nota di trasmissione dell'allegato

Monza, 02 Dicembre 2014

Relazione Tecnica

Misure di campo elettromagnetico emesso da sistemi wi-fi

Liceo Scientifico Statale "Paolo Frisi" e sede Distaccata - via Sempione in Monza (MB)

Il personale ARPA del Dipartimento Provinciale di Monza e Brianza ha effettuato, come da richiesta dall'Amministrazione Comunale di Monza (su segnalazione dell'Amministrazione Scolastica del 28/05/2014 rif. prot. 3588/Ap13) pervenuta alla scrivente Agenzia in data 19/06/2014 (rif. ns. prot. arpa_mi.2014.0081515), rilievi di campo elettromagnetico a radiofrequenza al fine di monitorare i livelli di esposizione imputabili ai nuovi sistemi Wi-Fi installati all'interno del Liceo Scientifico "Paolo Frisi" in via Sempione, 21 e delle Succursale in via Sempione, 18 a Monza (MB). Le misure hanno interessato alcuni access point installati nei corridoi delle strutture scolastiche e alcune aule in cui si utilizzano tablet, come strumento didattico, connessi alla rete Wi-Fi dell'Istituto.

Le misure sono state richieste a seguito della sostituzione degli apparati Wi-Fi; anche gli apparati precedentemente presenti nell'istituto erano stati oggetto di monitoraggio da parte dell'agenzia come da relazione tecnica ARPA arpa_mi.2013.0163359 del 09/12/2013.

INTRODUZIONI ALLE RETE WIRELESS

All'interno dello spettro elettromagnetico l'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU), ha identificato alcune bande di frequenze (I.S.M. - Industrial, Scientific and Medical) da utilizzare al libero impiego, all'interno di proprietà private, per applicazioni con potenze EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) estremamente limitate.

Le bande I.S.M. sono state definite dal settore "Radiocommunication" dell'ITU nelle "Radio Regulations" 5.138 e 5.150. L'uso di queste bande può differire da stato a stato a causa di specifiche regolamentazioni nazionali.

Le bande ISM definite a livello mondiale sono:

- banda dei 900 MHz (902-928 MHz);
- banda dei 2,4 GHz (2,400-2,4835 GHz);
- banda dei 5,8 GHz (5,725-5,850 GHz).

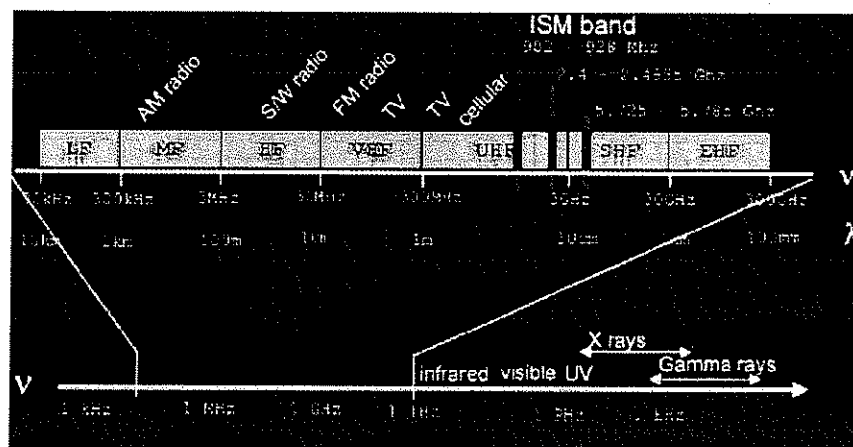


Figura 1 Suddivisione dello spettro elettromagnetico nelle bande di frequenza

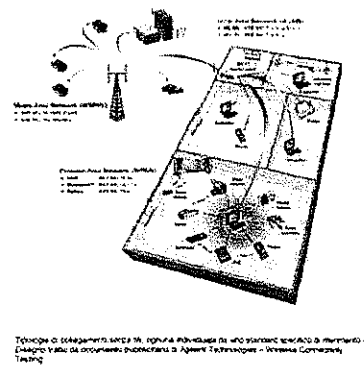
Tali bande sono utilizzate senza bisogno di licenze per sistemi di comunicazione senza fili come le wireless LAN (IEEE 802.11b,g,n e Bluetooth operano nella banda dei 2,4 GHz, mentre IEEE 802.11a opera nella banda dei 5,8 GHz e la IEEE 802.11ac opera nella banda dei 5 GHz).

I sistemi wireless (senza fili) permettono di interconnettere un grande numero di dispositivi senza ricorrere all'utilizzo di cavi o di supporti fissi. Questi collegamenti si possono realizzare veicolando l'informazione su tre tipologie di supporto fisico, tutte appartenenti alla sfera delle applicazioni pratiche dello spettro elettromagnetico: le onde radio sono utilizzate per realizzare reti che devono coprire ambienti eterogenei con postazioni non necessariamente disposte in condizioni di visibilità, l'infrarosso è utilizzato per collegare dispositivi visibili direttamente (sono sistemi lenti) e i fasci laser sono utilizzati per collegare sottoreti basate sull'utilizzo di altre tecnologie, wireless o wired (sono molto sensibili alle condizioni meteorologiche e alle vibrazioni e per questo motivo non sono troppo utilizzati). Una rete di elementi interconnessi da un mezzo fisico che scambiano informazioni attraverso un medesimo linguaggio, chiamato protocollo di comunicazione, identifica una "rete network".

Le reti network vengono classificate in relazione alla loro dimensione e alla destinazione d'uso; le caratteristiche di base della tipologia di rete, del suo utilizzo e conseguentemente dei parametri che ne caratterizzano il livello fisico (frequenza di portante, occupazione spettrale, modulazione, massima potenza impegnabile) sono normate da standard pubblicati dall'IEEE (Institute of Electrical & Electronics Engineers, ente che definisce protocolli standard in molti ambiti tecnici, in particolare quelli relativi alle comunicazioni) e dall'ETSI. Si distinguono:

- reti WPAN (Wireless Personal Area Networks); si tratta di collegamenti destinati ad uso personale, normati dai documenti IEEE 802.15; tra questi i più importanti sono il Bluetooth (standard IEEE 802.15.1.1a) che consente la connessione a basso costo di dispositivi quali auricolari, stampanti, mouse con computer o telefoni cellulari posti in prossimità, l'UltraWideBand (standard IEEE 802.15.3a) e lo ZigBee (standard IEEE 802.15.4). I sistemi di tipo WPAN mirano a soddisfare richieste di collegamenti wireless a distanze ridotte (pochi metri) e a velocità relativamente alte;
- Reti WLAN (Wireless Local Area Networks); si tratta di collegamenti di tipo punto-multipunto o punto-punto destinati ad applicazioni confinate, ad esempio per costruire reti locali all'interno di un edificio, di un'azienda o di un centro commerciale; sono normati dai documenti IEEE 802.11. I dispositivi ricetrasmittenti vengono genericamente indicati con l'acronimo Wi-Fi (Wireless Fidelity);
- reti WMAN (Wireless Metro Area Networks); si tratta di collegamenti di tipo punto-multipunto destinati ad applicazioni in spazi aperti, ad esempio in alternativa al doppino nella copertura dell'ultimo miglio, oppure per portare banda larga in regioni periferiche e prive di connettività cablata. Attualmente sono disponibili due tecnologie: HIPERLAN, standard dell'ETSI basato su tecnologia analoga a quella delle WLAN (IEEE 802.11-1997 e derivati) e Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access), standard IEEE basato sui documenti derivati da IEEE 802.16. La particolarità più importante di WiMax consiste nel superamento di due limiti tecnologici caratteristici dei sistemi WLAN e HIPERLAN: il mantenimento della connessione anche in assenza di linea di vista diretta e la possibilità di ricezione in movimento,
- Reti WWAN (Wireless Wide Area Networks); si tratta di collegamenti di tipo punto-punto fortemente direttivi destinati a realizzare connessioni chilometriche, basati su tecnologia di tipo WMAN e caratterizzati dall'utilizzo di trasmettitori a bassa potenza e ricevitori ad altissima sensibilità.

Figura 2 Esempi di applicazioni Wireless



Lo standard IEEE 802.11x definisce un insieme di specifiche per la realizzazione di una Wireless Local Area Network (WLAN) ed è la tecnologia standard per le comunicazioni informatiche senza fili WiFi. Nella prima versione di IEEE 802.11 si sono impiegate le tecniche FHSS e DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) con velocità massima garantita di bit-rate pari a 1 o 2 Mbps. I successivi nuovi standard, identificati da una lettera dell'alfabeto a seguito della sigla IEEE 802.11, garantiscono maggiore affidabilità a velocità maggiori (54 Mbps). Questa tecnologia opera nella banda ISM a 2,4 GHz. Lo standard IEEE802.11g impiega la tecnica OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) tipo di modulazione multi portante che utilizza un elevato numero di sotto portanti ortogonali fra loro e consente di raggiungere velocità di trasmissione di 54 Mbps; l'ultima evoluzione dello standard è l'802.11n e 802.11ac che, grazie rispettivamente alle tecniche MIMO (multiple input multiple output) e MU-MIMO consente di aumentare la velocità di trasmissione per il primo standard fino a 125 Mbit/s nella banda 2.4 GHz. e per il secondo standard maggiori a 1Gbit/s nella banda 5 GHz, migliorando anche la capacità di penetrazione attraverso le barriere architetture.

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche tecniche dello standard IEEE802.11.

Tabella 1 – Caratteristiche tecniche dello standard IEEE802.11

Standard	Frequenza portante	Velocità dei dati	Tipo di modulazione	Potenza massima in uscita EIRP	Potenza massima di alimentazione
802.11 a	5.8 Ghz	54 Mbps	OFDM	100 mW	50 mW
802.11 b	2.4 GHz	11 Mbps	HR - DSSS	100 mW	50 mW
802.11 g	2.4 GHz	54 Mbps	OFDM	100 mW	50 mW
802.11 n	2.4 GHz	125 Mbps	MIMO	100 mW	50 mW
802.11 ac	5 GHz	< 1 Gbps	MU -MIMO	100 mW	50 mW

Le reti su standard IEEE 802.11 prevedono quattro componenti fisici principali indicati in figura:

- i) Sistema di distribuzione;
- ii) Access Point
- iii) Mezzo Wireless
- iv) Stazione/Utente.

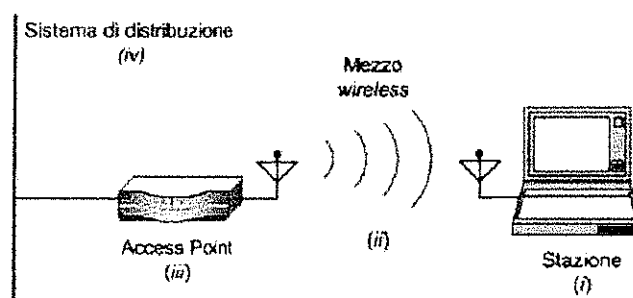


Figura 3 - Esempi di collegamento wireless

Strumentazione e Modalità di Misura

Le misure sono state eseguite con strumentazione a banda larga costituita da un misuratore PMM 8053B abbinato alla sonda isotropa per campo elettrico EP333 (intervallo di frequenza $0.3 \div 3500$ MHz). La sonda fornisce una misura caratterizzata da una incertezza tipica pari a ± 2 dB e una sensibilità pari a 0.15 V/m (certificato di calibrazione ACCREDIA LAT 69735-B del 25/10/2013). Lo strumento di misura viene posizionato alla sommità di un treppiede realizzato in materiale dielettrico.

In tutte le postazioni monitorate la distanza esistente tra i sistemi radianti e il sito di misura, in funzione delle dimensioni delle antenne e delle lunghezze d'onda emesse, è tale da soddisfare la condizione di zona di campo lontano, così come definita al par. 6.2.2 della Norma CEI 211-7. In tale condizione vi è una diretta proporzionalità tra la densità di potenza del campo e il valore quadratico della componente elettrica e magnetica del campo stesso. Di conseguenza è stato sufficiente verificare il rispetto dei limiti su una delle tre grandezze sopra citate per confermare anche il rispetto dei limiti sulle restanti.

Le misure sono state effettuate presso alcune aule ubicate in prossimità degli apparati della rete Wi-Fi installati all'interno dell'Istituto. In tutti i siti esaminati, in considerazione delle caratteristiche di funzionamento degli AP, si è provveduto a condurre misure in condizioni di rete "stressata" ovvero AP collegato a più device (notebook, tablet) in trasmissione/ricezione, scaricando file per tutta la durata della misura.

In particolare le misure eseguite in prossimità delle aule sono state condotte durante la normale attività didattica che prevede l'utilizzo di tablet collegati alla rete dell'Istituto da parte degli studenti.

Le misure effettuate in prossimità dell'aula informatica sono state eseguite nello stesso momento in cui la rete Wi-Fi veniva utilizzata per il download di file multimediali (15 computer portatili).

In particolare, al fine di confermare quest'ultima condizione di misura, si è provveduto ad effettuare anche una misura spettrale del campo elettromagnetico utilizzando l'analizzatore di spettro FSH8 Rohde Schwarz (9kHz - 8GHz, n. di serie 115317 - calibration certificate n. 069-816 del 07/08/201) abbinato all'antenna isotropica TS-EMF_ISO_SerNo 100149 Rohde Schwarz (30 MHz - 3 GHz tarata in data 25/07/2014 certificato n. 069 814).

Si riporta di seguito l'analisi spettrale del segnale wi-fi trasmesso sulla frequenza di 2437 MHz e avente una larghezza di banda di 22 MHz. La misura è stata eseguita ponendo la sonda alla quota di 1.5 m da terra in corrispondenza dell'apparato installato in prossimità dell'aula informatica.

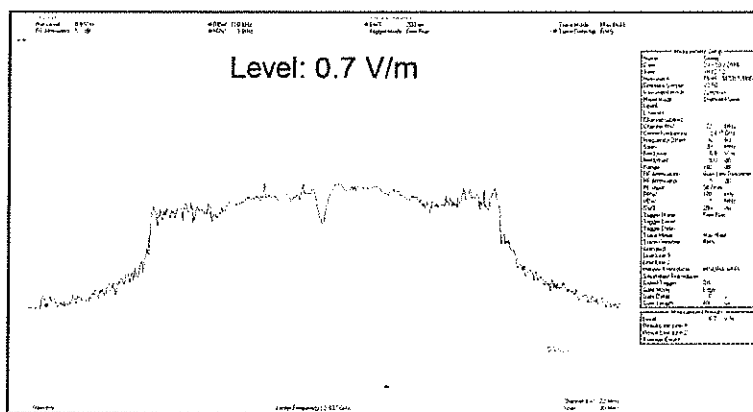


Figura 4 –analisi spettrale effettuata in corrispondenza dell'apparato Wi-Fi ubicato in prossimità dell'aula informatica

Risultati

Si riportano di seguito i risultati dei rilievi eseguiti il giorno 15 ottobre 2014 tra le ore 09.30 e le ore 12.30, presso le aule ubicate al 1°, 2° e 3° della sede e le aule ubicate al 1° piano della succursale, poste in prossimità degli AP installati; il nome delle aule è riferito all'anno scolastico in corso.

Tabella 2 – Misure puntuali acquisite in prossimità dell'AP installato nel corridoio est del primo piano

Piano	Corridoi	Punto di misura	Punto	Sito di misura	Altezza sonda da terra	Campo Elettrico	
1°	Lato Est	Corridoio in prossimità aula Informatica	1(*)	In corrispondenza degli apparati AD	1.8 m	1.0 V/m	
						1.5 m	0.9 V/m
			2	Vedi figura 4	1.8 m	0.5 V/m	
					1.5 m	0.5 V/m	
			3	Vedi figura 4	1.8 m	0.4 V/m	
					1.5 m	0.3 V/m	

(*) Punto di misura in cui è stata effettuata l'analisi spettrale.

Figura 5 – Misure puntuali acquisite in prossimità degli AP installati nel corridoio antistante l'aula informatica al primo piano dell'Istituto Frisi

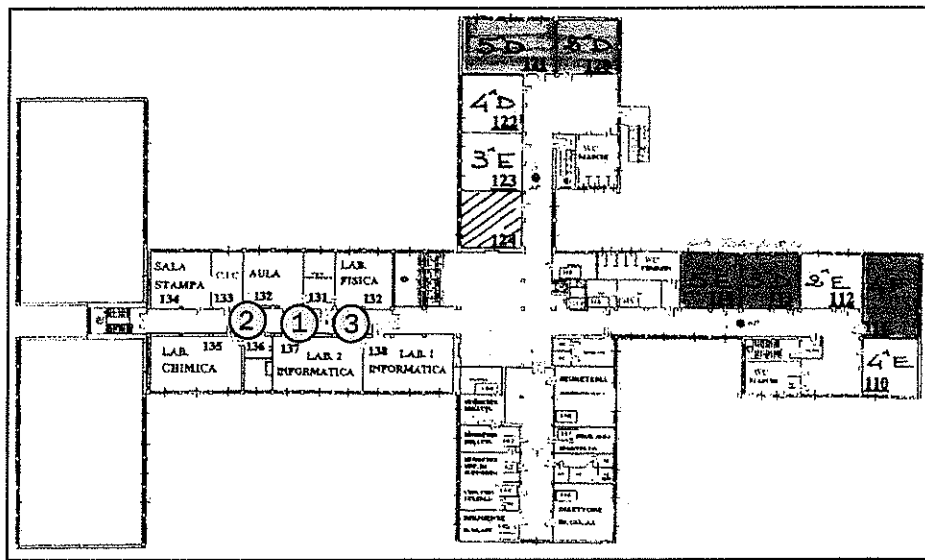


Tabella 3 – Misure puntuali acquisite in prossimità dell'AP installati nei corridoio Ovest e Sud del secondo piano

Piano	Corridoi	Punto di misura	Punto	Sito di misura	Altezza sonda da terra	Campo Elettrico
2°	Lato Ovest	Aula 3^A B	4	Ingresso aula	1.8 m	0.2 V/m
			5	Fondo Aula	1.8 m	0.2 V/m
	Lato Sud	Aula 2^A C	6	In corrispondenza degli apparati AD	1.8 m	0.7 V/m
			7	Centro aula	1.5 m	0.5 V/m

Figura 6 – Misure puntuali acquisite in prossimità degli AP installati nel corridoio del secondo piano dell'Istituto Frisi

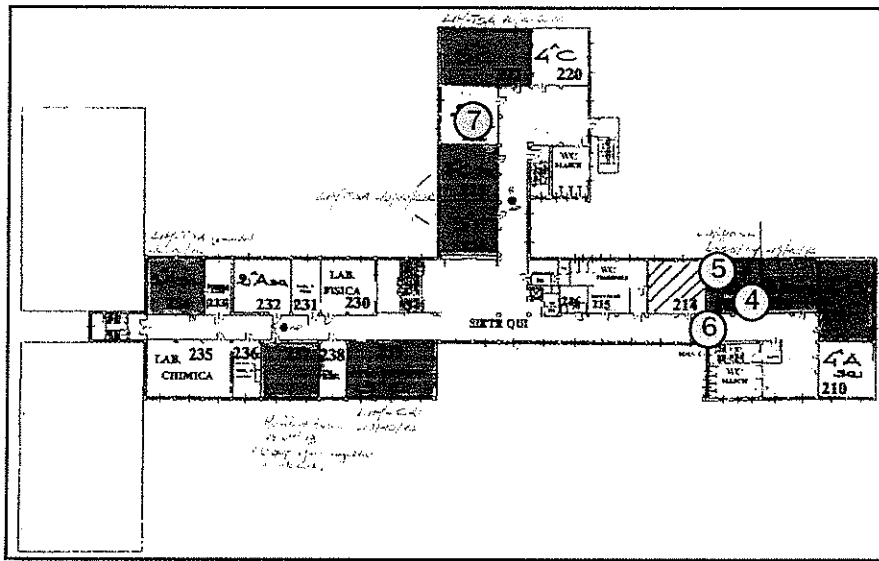


Tabella 4 – Misure puntuali acquisite in prossimità dell'AP installato nel corridoio sud del terzo piano

Piano	Corridoi	Punto di misura	Punto	Sito di misura	Altezza sonda da terra	Campo Elettrico
3°	Lato Sud	Aula 2^A	8	Ingresso aula (*)	1.8 m	0.9 V/m
		Corridoio	9	In corrispondenza dell'aula 2^A	1.8 m	0.9 V/m
		Corridoio	10	In corrispondenza degli apparati AD	1.8 m	0.5 V/m

(*) Misura influenzata dalla presenza dell'impianti di telefonia mobile ubicati in via Pellettier e via Sempione.

Figura 7 – Misure puntuali acquisite in prossimità degli AP installati nel corridoio del terzo piano dell'Istituto Frisi

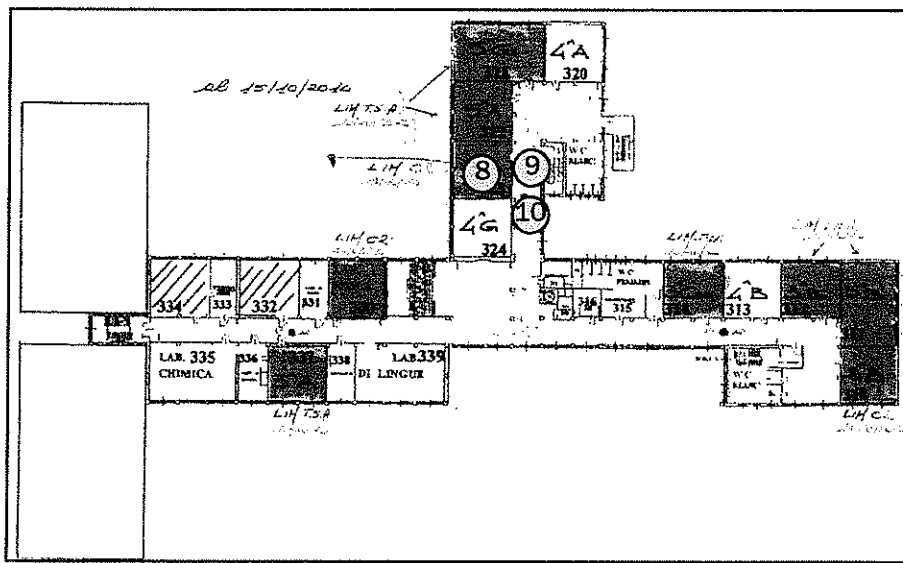
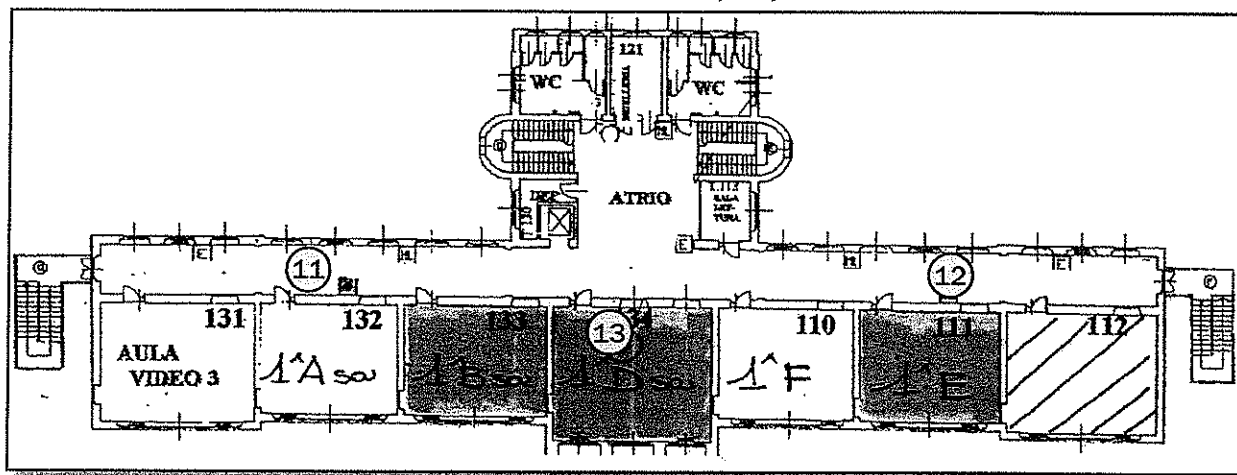


Tabella 5 – Misure puntuali acquisite in prossimità degli AP installati nel corridoio del primo piano della succursale

Piano	Corridoi	Punto di misura	Punto	Sito di misura	Altezza sonda da terra	Campo Elettrico
1°	Lato Nord	Corridoio (*)	11	In corrispondenza degli apparati AD	1.8 m	0.3 V/m
			12	In corrispondenza degli apparati AD	1.8 m	0.2 V/m
		Aula 1^D sa	13	Ingresso aula	1.8 m	0.2 V/m

(*) Gli apparati AD sono installati sul soffitto del corridoi ad una altezza di circa 4m.

Figura 8 – Misure puntuali acquisite in prossimità degli AP installati nel corridoio del primo piano della succursale



CONCLUSIONI

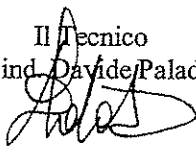
I risultati ottenuti nel corso della presente sessione di misura devono essere analizzati alla luce della legislazione nazionale vigente il cui testo di riferimento è costituito dal DPCM 8 luglio 2003 G.U. n. 199 del 28/08/2003, modificato dal DL 179/13 convertito con legge 221/13, che definisce il livello di esposizione al campo elettrico da parte della popolazione pari a 20 V/m e il livello di attenzione per la popolazione pari a 6 V/m.

I risultati sperimentali confermano il basso impatto elettromagnetico generati dai nuovi AP installati come già prevedibile da semplici considerazioni teoriche (esigui valori di potenza di trasmissione delle antenne). Ciò premesso è possibile affermare che il valore di attenzione di 6 V/m è abbondantemente rispettato dagli impianti presenti.

Per opportuna conoscenza si riportano, in allegato 2, il risultato del monitoraggio in continuo di campo elettromagnetico effettuato nell'estate scorsa presso l'istituto Frisi in relazione alla presenza degli impianti di telefonia mobile ubicati sullo stabile di Via Pellettier. Sulla base delle misure effettuate nel periodo in oggetto è possibile affermare che il valore di attenzione di 6 V/m fissato dal DPCM 8/7/2003 è rispettato dagli impianti considerati. Si precisa che i valori misurati nei siti, sono relativi alle caratteristiche tecniche degli impianti presenti all'atto dei rilievi; qualora siano apportate delle variazioni alle caratteristiche di tali impianti, o ne vengano installati di nuovi, l'intensità di campo elettrico potrebbe subire delle variazioni.

A disposizione per eventuali chiarimenti, cordiali saluti

Il Tecnico
per. ind. Davide Paladini



Il Fisico Dirigente
dott.ssa Mariaelena Zavatti



Allegato 1 - Riferimenti Normativi

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2003 (pubblicato sulla G.U. n.199 del 28.8.03) sono stati fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. Tale decreto fissa come limiti per l'esposizione della popolazione i valori riportati nella seguente tabella.

Limiti di esposizione per la popolazione (Tabella 1, allegato B al D.P.C.M. 8 luglio 2003).

Frequenza (MHz)	Intensità di campo Elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza (W/m ²)
0.1 - 3	60	0.2	-
>3 - 3.000	20	0.05	1
>3.000 - 300.000	40	0.1	4

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere (e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari) si assumono i seguenti valori di attenzione per la popolazione.

Valori di attenzione per la popolazione (Tabella 2, allegato B al D.P.C.M. 8 luglio 2003).

Frequenza (MHz)	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza (W/m ²)
0.1 - 300.000	6	0.0016	0.10

Si precisa che la recente legge 17 dicembre 2012, n. 221, recante "Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese", pubblicata sul Supplemento ordinario n. 208 della Gazzetta Ufficiale n. 294 del 18 dicembre 2012, ha convertito in legge il DL n. 179 del 18 ottobre 2012.

L'art. 14, comma 8 del DL n. 179/2012 introduce novità importanti per quanto riguarda la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. Il testo infatti modifica quanto stabilito dal DPCM 8 luglio 2003 e in particolare:

i livelli di campo da confrontare con i limiti di esposizione devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e devono essere mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti;

i livelli di campo da confrontare con i valori di attenzione devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore. Si specifica inoltre che i valori di attenzione devono essere applicati all'interno di edifici utilizzati come ambienti abitativi con permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere e nelle loro pertinenze esterne, quali balconi, terrazzi e cortili (esclusi i tetti ...). Per quanto riguarda le "pertinenze esterne" si rimanda comunque ad una successiva definizione che sarà contenuta all'interno di apposite Linee Guida predisposte dall'ISPRA e dalle ARPA/APPA;

i livelli di campo da confrontare con gli obiettivi di qualità devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore.

Sono inoltre indicati il sistema delle agenzie coordinate da ISPRA e il CEI quali enti preposti a definire linee guida e guide tecniche di supporto all'applicazione del dl 179/12: le guide tecniche CEI aggiornate sono state pubblicate a fine settembre mentre le linee guida ISPRA non sono ad oggi state emesse.

Allegato 2 – Monitoraggio delle stazioni Radio Base installate in via Pellettier, 4 in Monza

La misura è stata condotta dagli operatori ARPA in data 20/06/2014 a partire dalle ore 11.00 presso l'aula "2^A" ubicata al terzo piano del corridoi sud dell'Istituto "Paolo Frisi" posta di fronte alle stazioni radiobase installate in via Pellettier 4.

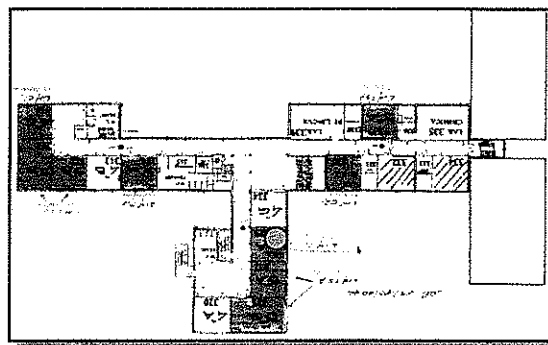
All'interno dell'aula si è effettuata una misura in continuo (poco meno di due settimane) utilizzando una centralina PMM mod. AMS-8060 in grado di monitorare in continuo, su periodi lunghi, l'intensità del campo elettrico; il rilevatore della centralina è costituito da un sensore isotropo di campo elettrico operante nell'intervallo di frequenza 75 MHz - 3 GHz ed è caratterizzato da una sensibilità pari a 0.01 V/m (certificato di calibrazione del 21/05/2014 n° 0016).

Si precisa che la distanza esistente tra gli impianti monitorati e il sito di misura, in funzione delle dimensioni dei sistemi radianti e delle lunghezze d'onda emesse, è tale da soddisfare la condizione di zona di campo lontano (o, nella peggiore dell'ipotesi, di campo vicino radiativo), così come definita al par. 6.2.2 della Norma CEI 211-7; tale condizione garantisce la proporzionalità diretta tra la densità di potenza del campo presente e il valore quadratico della componente elettrica e magnetica del campo stesso: è sufficiente pertanto verificare il rispetto dei limiti su una delle tre grandezze sopra citate (nel caso esaminato: campo elettrico) per confermare anche il rispetto dei limiti sulle restanti.

- Impianti radiobase monitorati e sito di misura (figura 1)

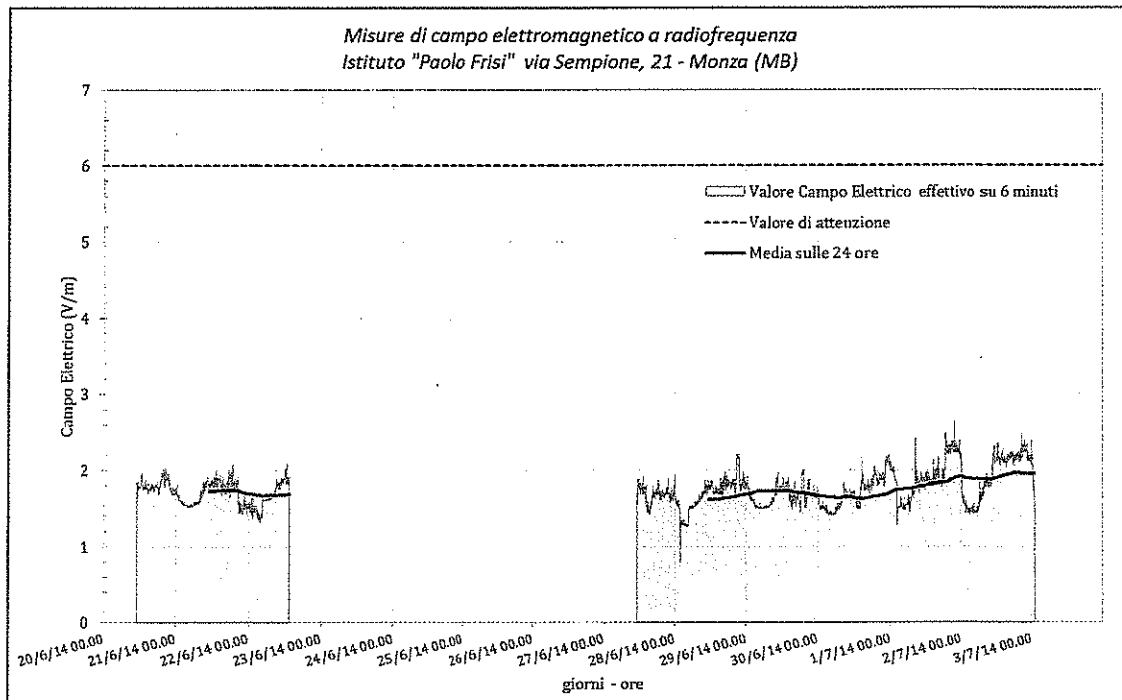
SRB Telecom	Ultimo parere tecnico ARPA del 12/04/2013 rif. prot. arpa_mi.2013.0051957
SRB H3G	Ultimo parere tecnico ARPA del 23/07/2004 rif. prot. arpa 98537/04
SRB Vodafone	Ultimo parere tecnico ARPA del 23/10/2009 rif. prot. arpa 139462/09
SRB Wind	Ultimo parere tecnico ARPA del 10/01/2014 rif. prot. arpa_mi.2014.0003596

Figura 1 – Punto di misura e ubicazione delle Stazioni Radio Base



● Punto di misura ● Stazione Radio Base

Punto e periodo di misura:	Terzo piano - Corridoi lato sud - aula "2^A"
Periodo di misura	Dal 20 giugno al 3 luglio 2014 (*)
Valore massimo su 6 minuti:	2.6 V/m
Valore massimo sulle 24 ore:	2.0 V/m



(*) A causa di un problema tecnico alla centralina di misura non sono disponibili i valori nel periodo compreso tra il giorno 22/06/2010 (ore 13.30) e il giorno 27/06/2014 (ore 11.15).

I risultati ottenuti nel corso della presente sessione di misura devono essere analizzati alla luce della legislazione nazionale vigente il cui testo di riferimento è costituito dal DPCM 8 luglio 2003 G.U. n. 199 del 28.08.2003, modificato dal DL 179/13 convertito con legge 221/13, che definisce il livello di esposizione al campo elettrico da parte della popolazione pari a 20 V/m, inteso come valore efficace mediato su qualsiasi intervallo temporale di 6 minuti, e il livello di attenzione per la popolazione pari a 6 V/m da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore.

Sulla base delle misure effettuate nel periodo in oggetto è possibile affermare che il valore di attenzione di 6 V/m fissato dal DPCM 8/7/2003 è rispettato dagli impianti considerati.

Si precisa che i valori misurati nei siti, sono relativi alle caratteristiche tecniche dell'impianto presente all'atto dei rilievi; qualora siano apportate delle variazioni alle caratteristiche di tale impianto, o ne vengano installati di nuovi, l'intensità di campo elettrico potrebbe subire delle variazioni.