








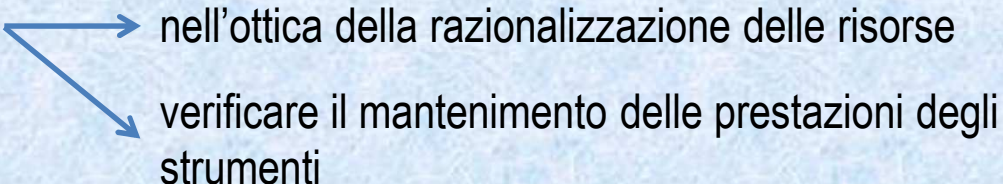
# DEFINIZIONE DI UN METODO PER L'ESECUZIONE DEI CONTROLLI INTERMEDI DEGLI STRUMENTI DI MISURA DI CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A RADIOFREQUENZA E A BASSA FREQUENZA



Desandr  C., Bottura V., Imperial E., Cerise L., Cappio Borlino M.  
Arpa Valle d'Aosta, Localit  Grande Charri re 44, 11020 Saint-Christophe (AO),  
[c.desandre@arpa.vda.it](mailto:c.desandre@arpa.vda.it)

-  INTRODUZIONE
-  STRUMENTI: strumenti di misura utilizzati
-  SITI E MISURE: scelta dei siti ed esecuzione delle misure
-  DEFINIZIONE DEL METODO
-  CONCLUSIONI

Il lavoro ha lo scopo di presentare il metodo messo a punto dall' Agenzia per effettuare i controlli intermedi tra una taratura e la successiva di tutti gli strumenti in dotazione alla sezione NIR

Individuazione di un periodo di taratura più lungo   
nell'ottica della razionalizzazione delle risorse  
verificare il mantenimento delle prestazioni degli strumenti

ARPA VDA non dispone di un laboratorio per le tarature o di sorgenti costanti di campo elettromagnetico

→ per controlli intermedi → misure direttamente in campo → problematiche:  
- scelta del sito  
- modalità di misura

Elaborazione del metodo → procedura di elaborazione dei dati e di presentazione dei risultati il più possibile uniforme e speditiva per le varie tipologie di strumenti e misure testati

A BANDA LARGA  
4 strumenti

2 misuratori a banda larga  
Wandel & Goltermann  
EMR300 con la sonda di  
campo elettrico,  
da 100 kHz a 3 GHz



2 centraline di monitoraggio  
per la misura in continuo del  
campo elettrico PMM 8057,  
con sonda di campo elettrico  
da 100 kHz a 3 GHz

A BANDA STRETTA  
2 catene di misura

Analizzatore di spettro  
HP ESA E4407B + cavo  
coassiale da 5 metri +  
antenna Seibersdorf  
ResearchPCD 8250 con  
rotore motorizzato,  
da 80 MHz - 2.50 GHz



Analizzatore di spettro  
portatile NARDA SRM-  
3000 + cavo RF da 1,5 m +  
sonda di campo elettrico  
triassiale, da 75 MHz a 3  
GHz

**CAMPO MAGNETICO**

6 strumenti



2 misuratori di campo  
elettrico e magnetico  
Enertech Consultants  
EMDEX II

2 misuratori di campo  
magnetico Enertech  
Consultants EMDEX LITE



1 misuratore di campo  
magnetico Narda EFA 300

**CAMPO ELETTRICO**

3 strumenti

2 misuratori di campo  
elettrico e magnetico  
Enertech Consultant  
EMDEX II accoppiati al  
sistema E-PROBE



1 sonda di campo elettrico e magnetico Narda EHP 50D

## SITI DI MISURA

### Caratteristiche comuni

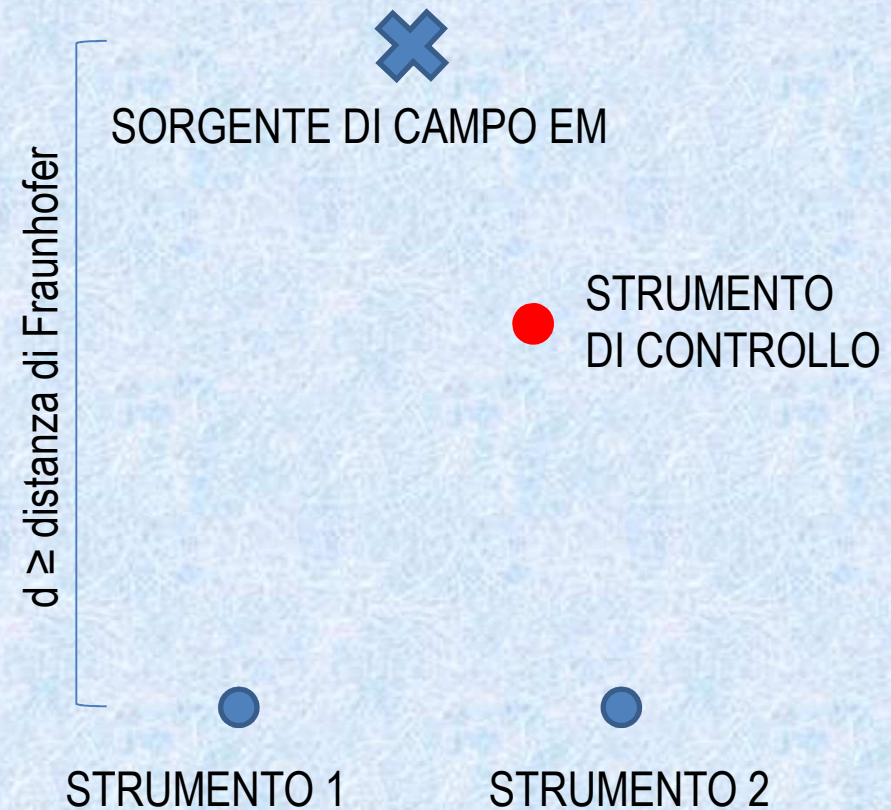
- generazione di un segnale stabile nel tempo
- accessibilità al sito di misura
- generazione di un segnale significativo da misurare



**SORGENTI:** stazione radiofonica, ponti radio, stazioni wireless.

**SEGNALE POCO VARIABILE** dipendente dal segnale generato alla frequenza radio e funzione delle caratteristiche radioelettriche (potenza, guadagno, tilt elettrico) e geometriche (altezza centro elettrico e tilt meccanico) delle antenne utilizzate dal servizio

## BANCO DI PROVA

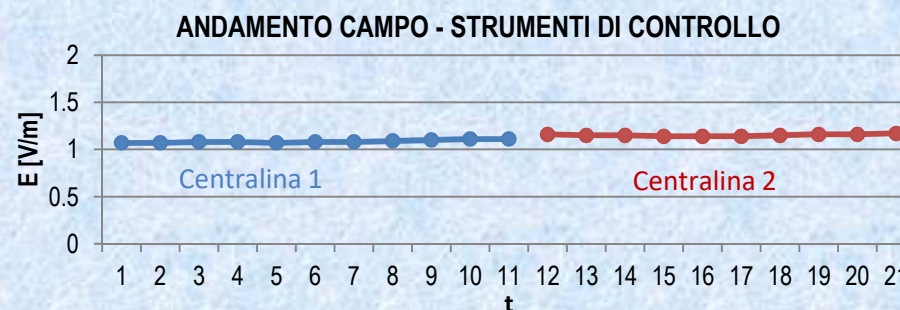


## Modalità di misura

- Strumenti posti sugli appositi cavalletti a 150 cm dal piano di calpestio

- Strumento di controllo posizionato per verificare la stabilità del campo generato dalla sorgente (due centraline alternativamente)

- Misure effettuate ponendo contemporaneamente in acquisizione una centralina e un misuratore di campo EMR 300

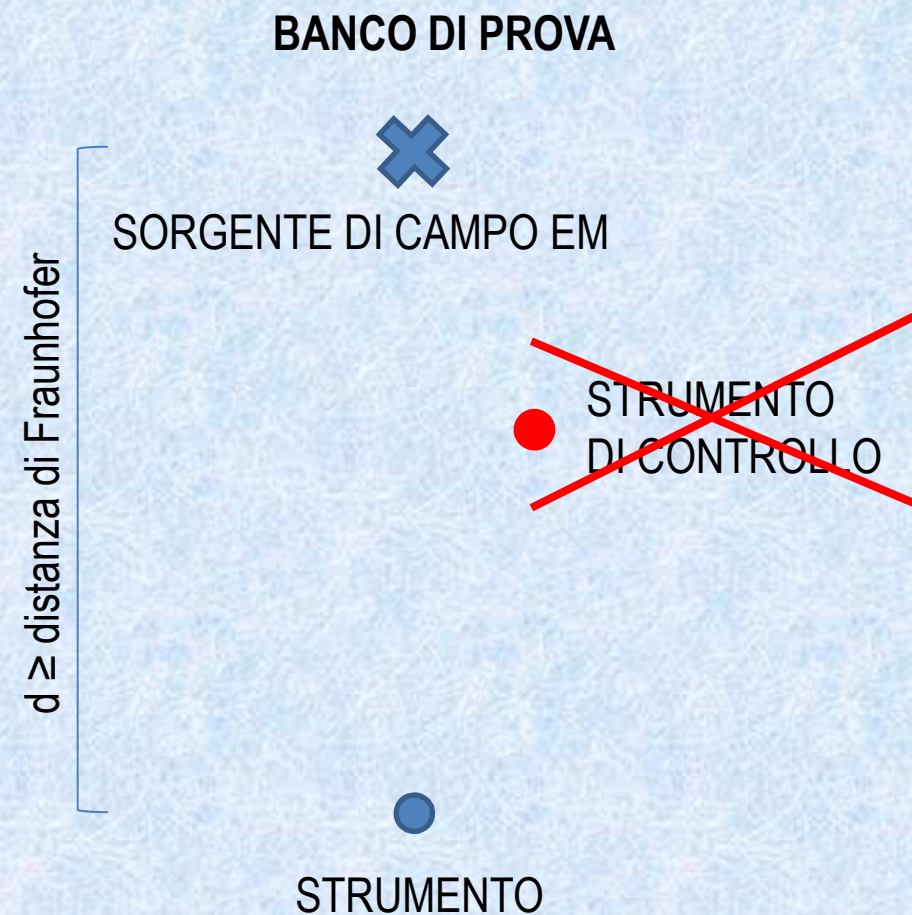


Modalità di acquisizione:

- **centralina**: un valore ogni 6 min mediato sui valori acquisiti nei 6 min
- **EMR 300**: un valore ogni min mediato sui valori acquisiti nei precedenti 6 min (media mobile)

Strumento	Ora misura	Valore [V/m]	Strumento	Ora misura	Valore [V/m]	Strumento	Ora misura	Valore [V/m]
Centralina	1 (11.06.00)	1,71	EMR300 (1)	1 (11.06.00)	1,89	EMR300 (2)	1 (11.38.00)	1,81
	2 (11.12.00)	1,72		2 (11.08.00)	1,90		2 (11.40.00)	1,82
	3 (11.18.00)	1,73		3 (11.10.00)	1,90		3 (11.42.00)	1,82
	4 (11.24.00)	1,75		4 (11.12.00)	1,90		4 (11.44.00)	1,81
	5 (11.30.00)	1,74		5 (11.14.00)	1,90		5 (11.46.00)	1,81
	6 (11.36.00)	1,72		6 (11.16.00)	1,90		6 (11.48.00)	1,81
	7 (11.42.00)	1,74		7 (11.18.00)	1,90		7 (11.50.00)	1,81
	8 (11.48.00)	1,74		8 (11.20.00)	1,90		8 (11.52.00)	1,81
	9 (11.54.00)	1,74		9 (11.22.00)	1,90		9 (11.54.00)	1,81
	10 (12.00.00)	1,74		10 (11.24.00)	1,91		10 (11.56.00)	1,81

**10 valori per strumento**





## Modalità di misura

- Misure effettuate a 150 cm dal piano di calpestio
- NO strumento di controllo per la banda stretta
- Acquisizione di uno spettro per ogni banda
- Medesimi parametri di misura impostati sugli strumenti

<b>FM</b>	Bande di frequenza	B1	87-91,2 MHz
		B2	91,2-95,4 MHz
		B3	95,4-99,6 MHz
		B4	99,6-103,8 MHz
		B5	103,8-108 MHz
	RBW		30 kHz
	WBW		30 kHz
	SPAN		4,2 MHz

<b>GSM 900</b>	Bande di frequenza	B1	925-935 MHz
		B2	935-945 MHz
		B3	945-955 MHz
		B4	955-965 MHz
	RBW		30 kHz
	WBW		30 kHz
	SPAN		10 MHz

- Misure effettuate alternativamente con i vari strumenti



**SORGENTI:** due elettrodotti a 220 kV che condividono gli stessi sostegni.

**Valore di campo magnetico  $\alpha$  corrente**  $\rightarrow$  variabile nel tempo all'interno della giornata e nel corso dell'anno



### Modalità di misura

- Misure effettuate a 150 cm dal piano di calpestio su un piano orizzontale su cavalletto
- Misura in contemporanea degli strumenti
- Acquisizione di un valore di campo ogni 30 sec



### Modalità di misura

- Misure effettuate a 150 cm dal piano di calpestio su cavalletto apposito isolato
- Misura successiva con strumenti differenti
- Acquisizione di un valore di campo ogni 30 sec

## Caratteristiche generali

- Procedura di elaborazione dei dati e di presentazione dei risultati il più possibile uniforme per le varie tipologie di strumenti e di misure testati
- Esecuzione delle misure secondo quanto detto precedentemente
- Individuazione dell'incertezza estesa degli strumenti o delle catene strumentali utilizzate, in base all'ordine di grandezza dei valori misurati
- Analisi misure singolo strumento: calcolo di alcune statistiche legate alla distribuzione di dati acquisiti: media, deviazione standard **coefficiente di variazione (V)**

$$V = \frac{\sigma}{m}$$

- ✓ Fornisce un'indicazione della variabilità delle osservazioni rilevate
- ✓ Numero puro → confronto diretto tra serie di dati eterogenee
- ✓ Scopo → verificare se la **media** delle osservazioni è un buon indicatore della serie
- ✓  **$V = 1 \rightarrow \sigma = m \rightarrow$  la media non è un buon indicatore per la distribuzione**  
 **$V < 0,5 \rightarrow$  variabilità accettabile → i valori della serie temporale di dati possono essere sostituiti**  
 **$V > 0,5 \rightarrow$  forte variabilità intorno alla media**  
 **$V = 0 \rightarrow \sigma = 0 \rightarrow$  la media è un indice perfetto per la distribuzione**

- Confronto tra strumenti differenti

Esempio di elaborazione riferito ad uno degli strumenti

N°misura (hh.mm.ss)	Valore	Minimo	Massimo
	[V/m]	[V/m]	[V/m]
1 (11.06.00)	1,71	1,32	2,10
2 (11.12.00)	1,72	1,33	2,11
3 (11.18.00)	1,73	1,34	2,12
4 (11.24.00)	1,75	1,35	2,15
5 (11.30.00)	1,77	1,37	2,17
6 (11.36.00)	1,72	1,33	2,11
7 (11.42.00)	1,74	1,34	2,14
8 (11.48.00)	1,74	1,34	2,14
9 (11.54.00)	1,74	1,34	2,14
10 (12.00.00)	1,74	1,34	2,14

→ Range calcolato sulla base all'incertezza

Statistiche		
Valor medio	1,74	V/m
Deviazione standard	0,01713	V/m
Coefficiente di variazione	0,00986577	-
TEST <sub>coeff variazione</sub>	OK	

**$V < 0,5$  → la media della distribuzione può essere considerata come valore indice della distribuzione**

Coefficiente di variazione dei vari strumenti

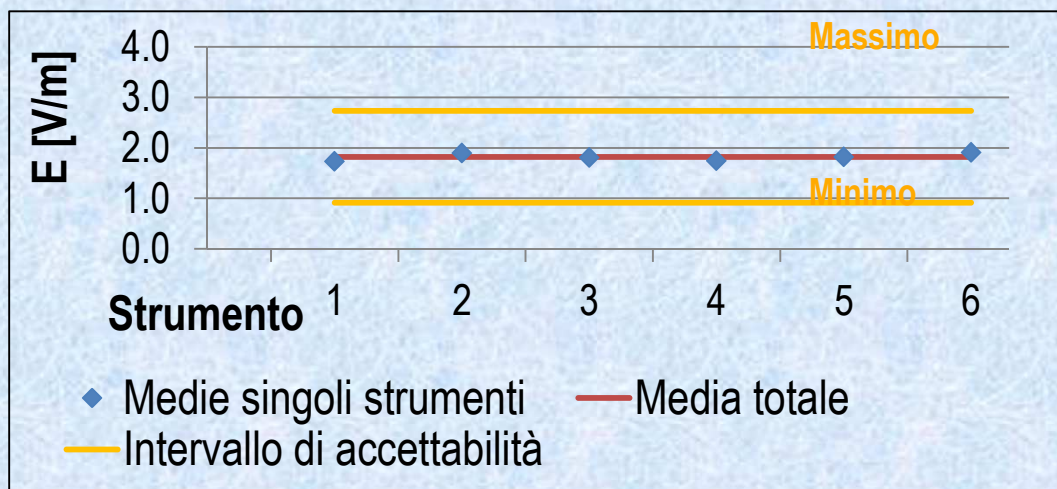
**$V < 0,5$  per tutti gli strumenti → per tutti gli strumenti possiamo quindi prendere la media come valore di riferimento**

Strumento	Coefficiente di variazione
Centralina (ARPA 10)	0,00986577
EMR 300 (202 NIR)	0,00248108
EMR 300 (201 NIR)	0,00232692
Centralina (ARPA 6)	0,00471249
EMR 300 (201 NIR)	0,00283113
EMR 300 (202 NIR)	0,0083471

Confronto tra strumenti

Strumento	Media V/m	Media <sub>tot</sub> V/m	Massimo V/m	Minimo V/m	TEST
1 Centralina (ARPA) 10	1,74	1,82	2,73	0,91	OK
2 EMR300 (202 NIR)	1,90				OK
3 EMR 300 (201 NIR)	1,81				OK
4 Centralina (ARPA 6)	1,75				OK
5 EMR 300 (201 NIR)	1,82				OK
6 EMR300 (202 NIR)	1,91				OK

Definiscono l'intervallo di accettabilità entro il quale le misure sono accettabili



$$\text{Massimo} = \text{Media}_{\text{tot}} + \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$$\text{Minimo} = \text{Media}_{\text{tot}} - \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$\alpha_{\text{RF}} = 50 \rightarrow$  ricavato dai criteri di accettabilità dei risultati delle misure (Norma CEI 211-7 par. 13.5.1)

**CONFRONTO  $\rightarrow$  OK**

Esempio di elaborazione riferito ad frequenza → un valore acquisito da ogni singolo strumento

Frequenza [MHz]	Strumento	Valore [V/m]	Minimo [V/m]	Massimo [V/m]
935,86	1 SRM3000	0,25	0,18	0,32
	2 HP	0,31	0,22	0,40

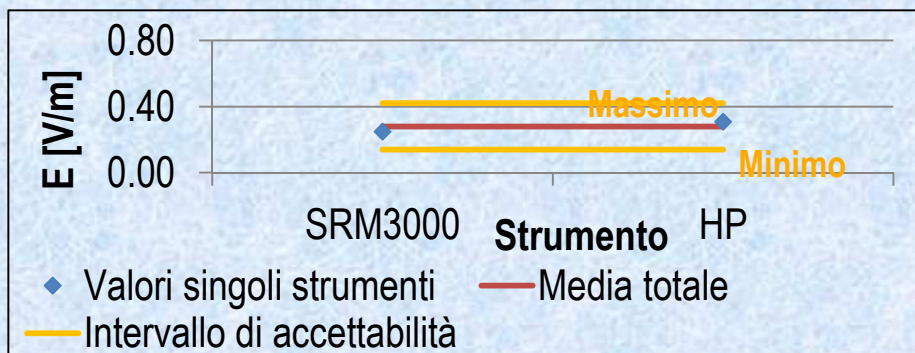
Range calcolato sulla base all'incertezza

Valori di campo acquisito dagli strumenti

Confronto tra strumenti RF (frequenza GSM)

Frequenza [MHz]	Strumento	Valori [V/m]	Media <sub>tot</sub> [V/m]	Massimo [V/m]	Minimo [V/m]	TEST
935,86	SRM3000	0,25	0,28	0,42	0,14	OK
	HP	0,31				OK

Definiscono l'intervallo di accettabilità entro il quale le misure sono accettabili



$$\text{Massimo} = \text{Media}_{\text{tot}} + \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

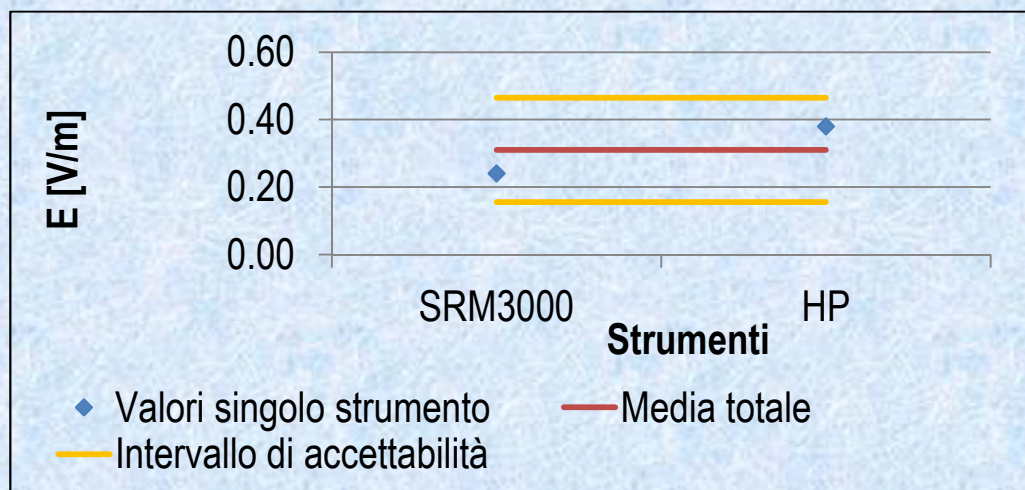
$$\text{Minimo} = \text{Media}_{\text{tot}} - \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$\alpha_{\text{RF}} = 50 \rightarrow$  ricavato dai criteri di accettabilità dei risultati delle misure (Norma CEI 211-7 par. 13.5.1)

**CONFRONTO → OK**

Confronto tra strumenti RF a banda stretta (frequenze radio)

Frequenza [MHz]	Strumento	Valori [V/m]	Media <sub>tot</sub> [V/m]	Massimo [V/m]	Minimo [V/m]	TEST
88,31	SRM3000	0,24	0,31	0,47	0,16	OK
	HP	0,38				OK



# CONFRONTO → OK



## Esempio di elaborazione riferito ad uno degli strumenti

N°misura (hh.mm.ss)	Valore	Minimo	Massimo
	[V/m]	[V/m]	[V/m]
1	3280	3242.28	3317.72
2	3280	3242.28	3317.72
3	3280	3242.28	3317.72
4	3290	3252.17	3327.84
5	3290	3252.17	3327.84
6	3290	3252.17	3327.84
7	3300	3262.05	3337.95
8	3290	3252.17	3327.84
9	3300	3262.05	3337.95
10	3290	3252.17	3327.84
11	3300	3262.05	3337.95
12	3300	3262.05	3337.95
13	3300	3262.05	3337.95
14	3300	3262.05	3337.95
15	3300	3262.05	3337.95

→ Range calcolato sulla base all'incertezza

## Statistiche

Valor medio	3292.67	V/m
Deviazione standard	7.988086367	V/m
Coefficiente di variazione	0.002426023	-
TEST <sub>coeff.variazione</sub>	OK	

$V < 0,5 \rightarrow$  la media della distribuzione può essere considerata come valore indice della distribuzione

## Coefficiente di variazione dei vari strumenti

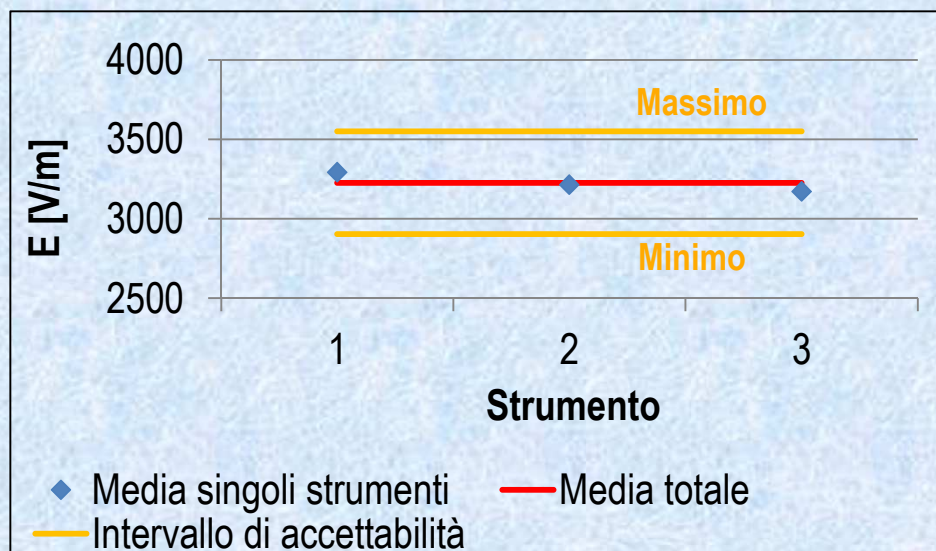
Strumento	Coefficiente di variazione
EMDEX II	0.002426023
EMDEX II	0.002576474
EHP 50D	0.002325573

$V < 0,5$  per tutti gli strumenti  $\rightarrow$  per tutti gli strumenti possiamo quindi prendere la media come valore di riferimento

## Confronto tra strumenti

Strumento	Media V/m	Media <sub>tot</sub> V/m	Massimo V/m	Minimo V/m	TEST
EMDEX II	3292.67	3226.62	3549.28	3549.28	OK
EMDEX II	3214.00				OK
EHP 50D	3173.20				OK

Definiscono l'intervallo di accettabilità entro il quale le misure sono accettabili



$$\text{Massimo} = \text{Media}_{\text{tot}} + \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$$\text{Minimo} = \text{Media}_{\text{tot}} - \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$\alpha_{\text{ELF}} = 10 \rightarrow$  ricavato dai criteri di accettabilità dei risultati delle misure (Norma CEI 211-7 par. 13.5.1)

**CONFRONTO → OK**

Ora	Misura	EMDEX II Valore [ $\mu$ T]	EMDEX II Valore [ $\mu$ T]	EMDEX LITE Valore [ $\mu$ T]	EMDEX LITE Valore [ $\mu$ T]	EHP 50D Valore [ $\mu$ T]	EFA300 Valore [ $\mu$ T]
10.59.00				1.39			
10.59.30				1.42			
11.00.00				1.41	1.36		
11.00.30				1.42	1.37	1.36	1.28
11.01.00		1.37	1.31	1.43	1.37	1.37	1.28
11.01.30		1.34	1.28	1.35	1.38	1.35	1.33
11.02.00		1.36	1.31	1.37	1.33	1.38	1.34
11.02.30		1.30	1.25	1.35	1.33	1.38	1.36
11.03.00		1.31	1.25	1.48	1.31	1.40	1.37
11.03.30		1.28	1.23	1.52	1.38	1.36	1.30
11.04.00		1.32	1.26	1.50	1.45	1.36	1.31
11.04.30		1.44	1.36	1.56	1.46	1.34	1.33
11.05.00	1	1.38	1.34	1.55	1.48	1.46	1.30
11.05.30	2	1.52	1.42	1.58	1.51	1.50	1.45
11.06.00	3	1.44	1.38	1.53	1.44	1.52	1.45
11.06.30	4	1.56	1.46	1.69	1.50	1.56	1.44
11.07.00	5	1.54	1.42	1.58	1.51	1.52	1.46
11.07.30	6	1.44	1.38	1.56	1.48	1.44	1.50
11.08.00	7	1.50	1.46	1.57	1.51	1.56	1.47
11.08.30	8	1.54	1.46	1.40	1.49	1.52	1.49
11.09.00	9	1.52	1.46	1.60	1.48	1.56	1.52
11.09.30	10	1.52	1.42	1.62	1.53	1.56	1.48
...	...	...	...	...	...	...	...

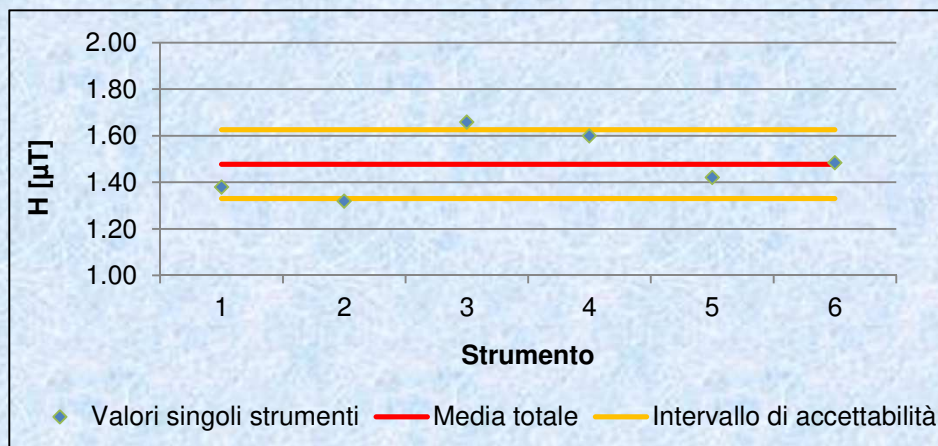
Prima misura utile

All'incirca 50 misure  
totali per ogni strumento

Misure da considerare  
separatamente

N° misura	Strumento	Valore [μ]	Minimo [μ]	Massimo [μ]	Media <sub>tot</sub> [μ]	Minimo	Massimo	TEST
12	EMDEX II	1.38	1.27	1.49	1.48	1.33	1.63	0.10
	EMDEX II	1.32		1.41				0.16
	EMDEX LITE	1.66		1.79				0.18
	EMDEX LITE	1.60		1.67				0.12
	EHP 50D	1.42		1.45				0.06
	EFA 300	1.48		1.52				0.01
Coeff.variazione		0.08862	Range calcolato sulla base all'incertezza				Fuori	range = 2
<b>TEST</b>		<b>OK</b>						

Definiscono l'intervallo di accettabilità entro il quale le misure sono accettabili

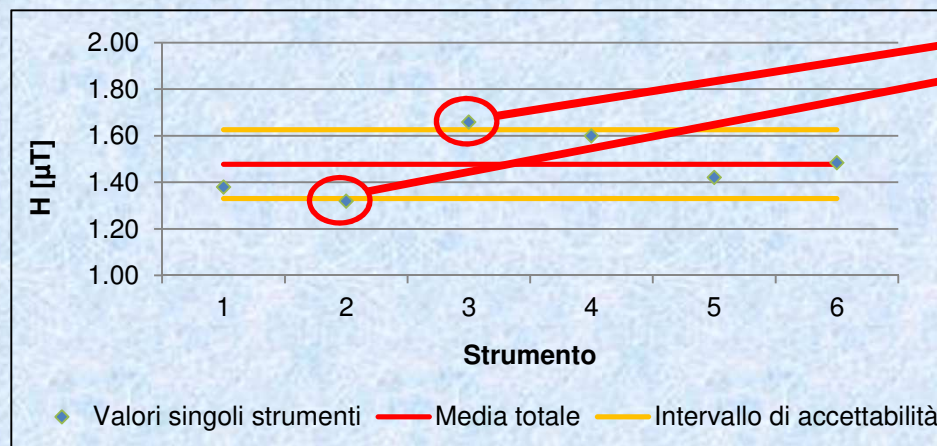


$$\text{Massimo} = \text{Media}_{\text{tot}} + \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$$\text{Minimo} = \text{Media}_{\text{tot}} - \frac{\alpha}{100} \text{Media}_{\text{tot}}$$

$\alpha_{\text{ELF}} = 10 \rightarrow$  ricavato dai criteri di accettabilità dei risultati delle misure (Norma CEI 211-7 par. 13.5.1)

N° misura	Strumento	Valore [ $\mu$ ]	Minimo [ $\mu$ ]	Massimo [ $\mu$ ]	Media <sub>tot</sub> [ $\mu$ ]	Minimo	Massimo	TEST	
12	EMDEX II	1.38	1.27	1.49	1.48	1.33	1.63	0.10	OK
	EMDEX II	1.32	1.23	1.41				0.16	OUT
	EMDEX LITE	1.66	1.53	1.79				0.18	OUT
	EMDEX LITE	1.60	1.53	1.67				0.12	OK
	EHP 50D	1.42	1.39	1.45				0.06	OK
	EFA 300	1.48	1.45	1.52				0.01	OK
Coeff.variazione 0.08862								Fuori range =	2
<b>TEST OK</b>									



Valori fuori range

**CONFRONTO → non  
positivo per alcuni  
strumenti**

## Conclusioni:

- Considerazione sui primi risultati ottenuti:

RF → strumenti ok

ELF → un EMDEX II e un EMDEX LITE escono in alcune misure dai range individuati → tali strumenti non vanno mandati immediatamente in taratura ma vanno tenuti sotto controllo. Tale risultato non è allarmante e inaspettato in quanto le tarature avevano già portato alla luce un avvicinamento dell'incertezza estesa a quel limite del 10 % individuato dalla normativa vigente oltre il quale la taratura non è più accettabile.

- Sviluppo di un metodo per il controllo intermedio degli strumenti per lo più omogeneo per le differenti classi di strumenti

- Metodo utile alla determinazione di derive degli strumenti.

La serie storica dei confronti che si avrà con l'implementazione del metodo negli anni successivi permetterà di evidenziare ancor meglio l'eventuale deriva degli strumenti

- Deriva di uno degli strumenti? → Taratura necessaria → **Strumento cambiato**

- Intervallo di taratura passato da 2 anni a 4 anni con controlli intermedi annuali

## Sviluppi:

- Implementazione del metodo anche per lo strumento FSH8, comprato per la misura dell'LTE
- Misure in banda stretta anche per UMTS 2100 MHz e LTE 1800 MHz e 2600 MHz



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE !**



*Il controllo degli agenti fisici: ambiente, territorio e nuove tecnologie*  
Alessandria, 6-7-8 giugno 2016