



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

DIVG dipartimento
di matematica
e geoscienze
Oceanografia e Meteorologia

Rapporti OM

N. 163

Stefano Cirilli

Analisi tecnica e caratterizzazione del pluviometro NESA PLUV ANS-PL1000 riscaldato



Trieste, 2015

Indice

	<i>pag.</i>
Premessa	3
Descrizione del pluviometro	3
Strumentazione di misura utilizzata	5
Metodologia di indagine e test di laboratorio	6
Conclusioni	10

Premessa

Due pluviometri a bascula NESA identici, mod. PLUV ANS-PL1000 (modello attualmente commercializzato come sensore di precipitazione di classe A secondo la norma UNI 11452:2012) sono stati scelti casualmente dal medesimo lotto di produzione della NESA S.r.l. di Vidor (Treviso) e messi gentilmente a disposizione del Laboratorio di Meteorologia e Oceanografia del Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste.

Uno dei due pluviometri è stato installato nel maggio 2011 sul tetto di un edificio in località Padriciano (Trieste) per essere testato nel tempo in condizioni naturali (fig. 1a). L'altro è stato utilizzato per l'analisi tecnica e per le prove di laboratorio (fig. 1b), condotte nel giugno-luglio del 2011 sottoponendo lo strumento a diverse intensità di pioggia simulata. Il computo degli errori ha permesso la caratterizzazione dello strumento mediante una formula di correzione da inserire nei modelli di *datalogger* dotati di software che lo consentano.

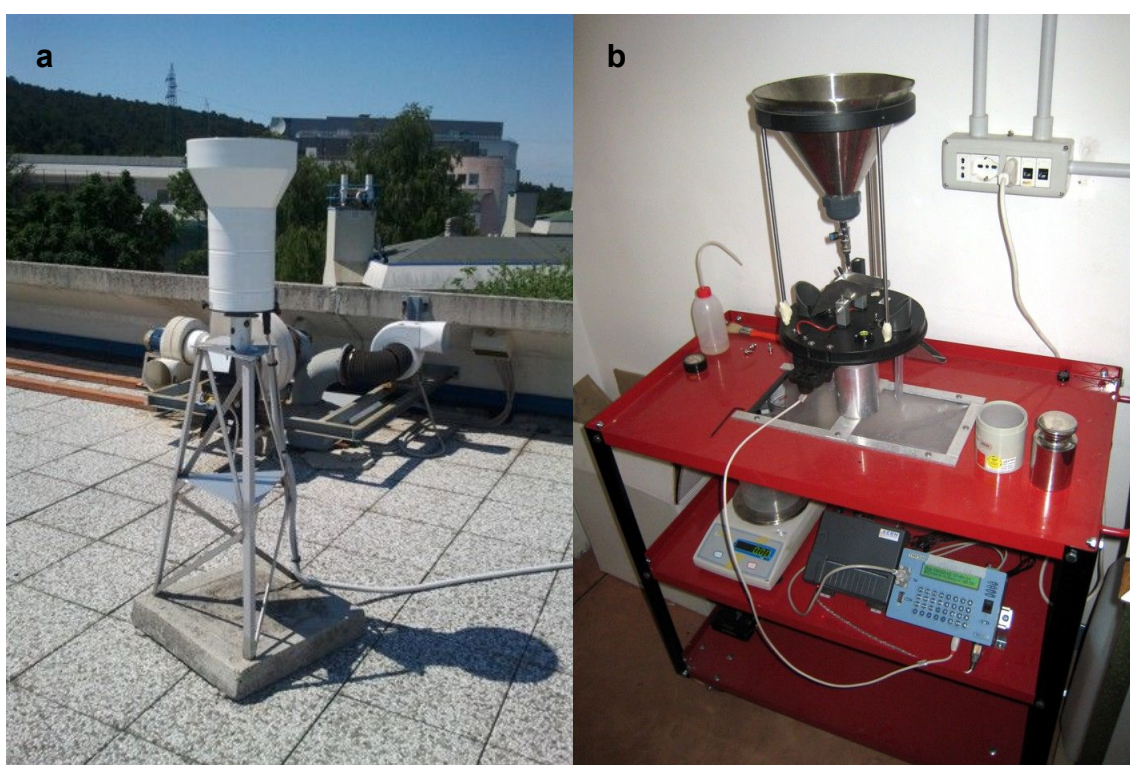


Fig. 1 - Pluviometro NESA PLUV ANS-PL1000 in normali condizioni operative (a) e identico pluviometro NESA PLUV ANS-PL1000 testato in laboratorio (b).

Descrizione del pluviometro

Il pluviometro NESA PLUV ANS-PL1000 (fig. 1a) è composto da un corpo cilindrico con apertura a imbuto e da una base, al cui interno alloggia il sistema di misurazione, collegati da una cerniera, che consente di ribaltare lateralmente la parte superiore portando a giorno la base. Un perno a vite con pomello assicura la chiusura anche in caso di forti sollecitazioni (urti accidentali, pressione del vento ecc.).

La parte superiore del pluviometro, costituita da un cilindro a bocca troncoconica di 360 mm di diametro esterno con una superficie di raccolta dichiarata di 1000 cm², è realizzata in lega di alluminio verniciata a polveri di colore bianco RAL 9001.

Il sistema di raccolta dell'acqua convoglia il precipitato nel sistema di misura montato internamente.

Sulla base (fig. 2), realizzata in teflon, è fissato un sistema a bilancia a doppia vaschetta che costituisce il sensore di misura vero e proprio, conforme agli standard WMO (World Meteorological Organization).



Fig. 2 - Interno del pluviometro aperto.

La livellazione dello strumento è assicurata da una livella a bolla sferica alloggiata sulla base a fianco della bilancia e da tre viti di serraggio che ne permettono la regolazione (fig. 3).



Fig. 3 - Vista dall'alto del pluviometro aperto. Sono visibili la cerniera (a), la bolla sferica (b), la bilancia (c) e le 3 viti di regolazione (d).

La bilancia, a doppia vaschetta, realizzata in acciaio inox da 0.3 mm di spessore, è incernierata con un sistema a lama di coltello poggiante su due viti registrabili con testa sferica, sulle quali è possibile intervenire per regolare l'ampiezza delle oscillazioni e quindi la quantità di acqua raccolta da ciascuna vaschetta. La bilancia è calibrata per rovesciarsi con un accumulo di acqua pari a 20 g, corrispondenti a 0.2 mm di precipitazione. Il sistema a lama di coltello assicura un'oscillazione della bilancia virtualmente priva di attriti.

Lateralmente alla bilancia è fissato un piccolo magnete permanente che al ribaltamento della stessa eccita un contatto puro "on/off" (fig. 4), collegato a un connettore alloggiato sotto la base del pluviometro a sua volta connesso al sistema di acquisizione, che registra e memorizza le chiusure del contatto, ossia il numero di oscillazioni della bilancia.

Al rovesciamento della bilancia l'acqua viene sversata a perdere alternativamente in uno dei due fori scavati nella base, su ciascuno dei quali sono montate due protezioni in plastica che, incanalando i flussi in uscita, proteggono l'interno dello strumento da eventuali fuoriuscite d'acqua. Ai fori di scarico è possibile collegare due tubi di sezione opportuna per raccogliere il precipitato in un recipiente esterno ai fini di una successiva verifica ponderale delle precipitazioni.

Sotto la bocca di raccolta è alloggiata la parte riscaldante, con resistenza di 100 W, che viene attivata da un termostato ambiente per sciogliere eventuali precipitazioni in fase solida o semisolida (grandine, neve, nevischio, pioggia mista a neve eccetera) e per impedire il congelamento dell'acqua nello strumento qualora la temperatura scendesse sotto lo zero.



Fig. 4 - Collegamenti elettrici, contatto magnetico e riscaldatore.

Strumentazione di misura utilizzata

Per eseguire i test di laboratorio è stata impiegata una strumentazione realizzata *ad hoc* e costituita dai seguenti elementi, singolarmente certificati ove previsto (fig. 5):

- bilancia Kern K03 078, con certificato di calibratura recante contrassegno G2-595 DKD-K-11801 03-11, calibrata prima e verificata dopo ogni test con un peso campione di kg 2 fornito dal produttore e a sua volta certificato;
- datalogger NESA TMF 500 matricola 1001225, certificato SIT, centro di taratura n. 124, certificato n. 08001443 d.d. 28/07/2008;
- stampante Kern modello YKB-01;
- imbuto in acciaio inox con ugello di uscita del flusso regolabile (v. fig. 1b).



Fig. 5 - Sistema di acquisizione dati.

Metodologia di indagine e test di laboratorio

Per individuare la metodologia sperimentale più idonea all'analisi e alla caratterizzazione del pluviometro sono state eseguite alcune prove preliminari, prima e dopo ciascuna delle quali è stata controllata la calibratura della bilancia tramite peso campione. E' stata inoltre verificata la corrispondenza della superficie dell'orifizio di raccolta con il valore di 1000 cm² dichiarato dal costruttore.

Prove preliminari

Misurazioni multiple del diametro interno della bocca del pluviometro effettuate in punti diversi hanno rilevato una superficie di raccolta delle precipitazioni pari a 1004 ± 3 cm², corrispondenti a un errore dello 0.4% rispetto al valore nominale dichiarato di 1000 cm², errore che può pertanto ritenersi trascurabile nel normale utilizzo dello strumento.

Per esigenze sperimentali, la parte superiore del pluviometro è stata dunque rimpiazzata in laboratorio da un imbuto in acciaio inox, opportunamente posizionato al di sopra della bilancia in modo tale che il flusso d'acqua risultasse perfettamente centrato rispetto alla bilancia stessa, per ricalcare le normali condizioni operative dello strumento. Sono state quindi eseguite diverse prove, facendo defluire dall'imbuto diversi flussi di acqua distillata (figg. 6, 7) simulanti diverse intensità di

precipitazione, al fine di testare il pluviometro in differenti condizioni operative. Ciascun test si è concluso al ventesimo scatto della bascula, con una corrispondente quantità teorica di precipitato pari a 400 g (figg. 8, 9). L'acqua raccolta in uscita dal pluviometro è stata raccolta e pesata in continuo in un becher posto al di sopra di una bilancia collegata al datalogger, che memorizzava in contemporanea le oscillazioni della bascula, consentendo la lettura in tempo reale dell'intensità della precipitazione espressa in mm/h.

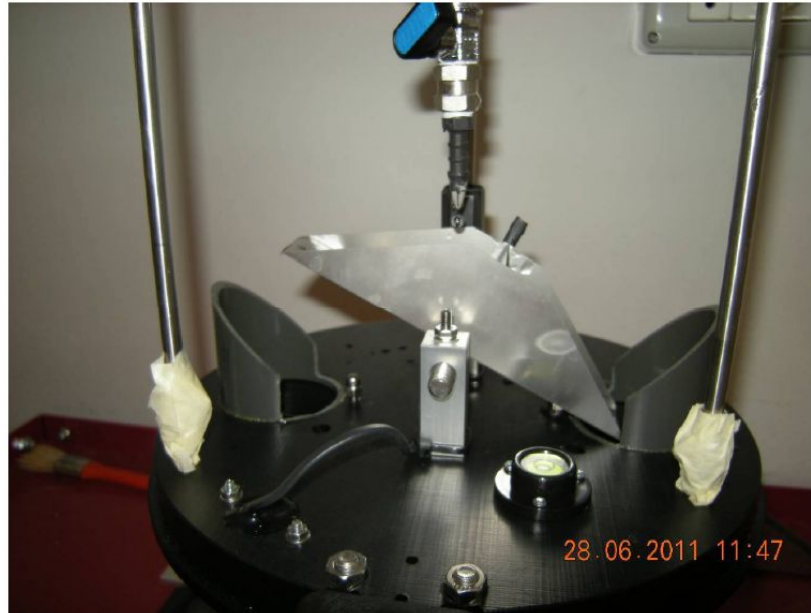


Fig. 6 - Caduta dell'acqua nella bascula (vista frontale).



Fig. 7 - Caduta dell'acqua nella bascula (vista laterale).

Al termine di ogni test il datalogger, opportunamente programmato, stampava un report con i seguenti dati: data, ora, numero di scatti della bilancia, durata della prova, intensità media della precipitazione simulata, peso dell'acqua in uscita dal pluviometro ed errore percentuale di ciascuna misura.

Il test è stato eseguito 8 volte secondo la procedura sopra descritta per le seguenti intensità di precipitazione: 7, 11, 16, 22, 29, 33, 40, 45 mm/h, ottenendo un errore di misurazione compreso tra -2.3% e +1.9%. In corrispondenza dell'intensità intermedia di 22 mm/h l'errore è risultato nullo.

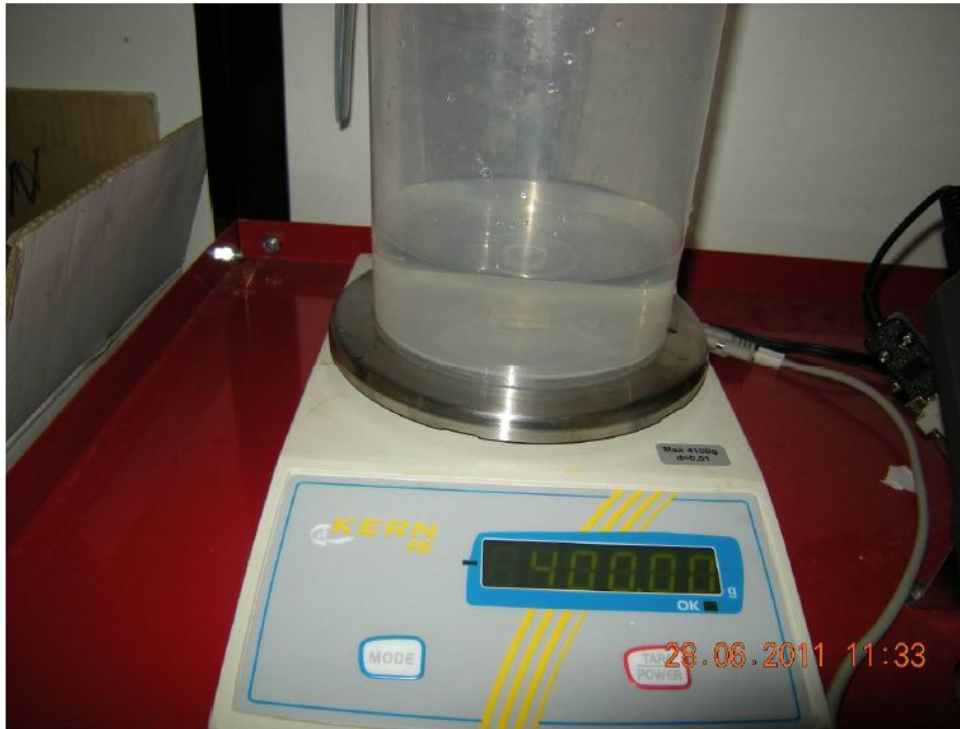


Fig. 8 - Bilancia al termine di una prova indicante i 400 g di acqua totali.

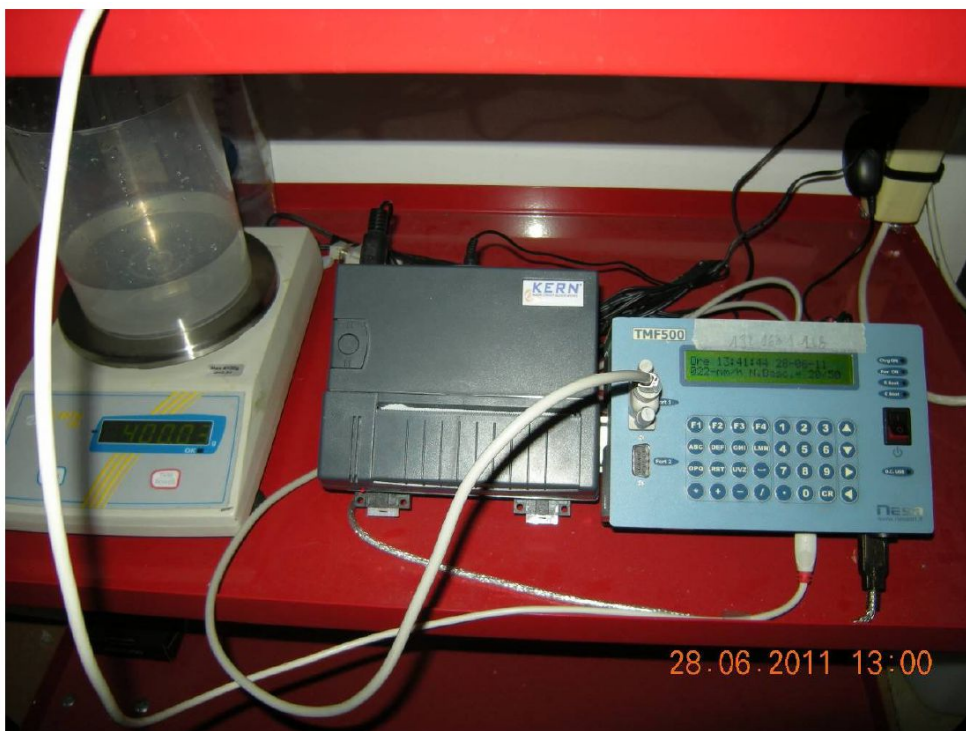


Fig. 9 - Strumentazione al termine di una prova (20 bascule).

Sulla scorta dei risultati emersi dalle prove preliminari si è passati quindi a eseguire una serie di test finalizzata a calcolare con la massima precisione possibile l'errore strumentale, allo scopo di ricavare l'algoritmo di caratterizzazione del pluviometro, ossia una formula correttiva da applicare allo strumento per aumentarne l'accuratezza.

Prove sperimentali

Per il computo degli errori si è scelto in questa fase di far riferimento alla quantità di acqua in ingresso, anziché a quella in uscita dal pluviometro, in modo da eliminare eventuali sottostime dovute a un non completo recupero dell'acqua in uscita.

Per ciascuna prova è stata versata nell'imbuto una quantità in eccesso di acqua distillata pari a 500 g, che è stata fatta defluire nella bilancia regolando di volta in volta l'ugello, in modo da simulare differenti intensità di precipitazione, fino al raggiungimento del ventesimo scatto della bilancia, corrispondente a 400 g teorici di precipitato. La reale quantità di acqua precipitata è stata ricavata per differenza ponderale, pesando l'imbuto contenente l'acqua prima e dopo ciascuna prova. A ulteriore verifica è stata pesata anche l'acqua in uscita, secondo quanto già descritto per le prove preliminari.

Seguendo questa procedura sono stati eseguiti 7 test per differenti intensità di precipitazione: 4, 13, 18, 24, 31, 38 e 44 mm/h, i cui risultati sono riassunti in tabella 1.

Intensità media precipitazione(mm/h)	Peso imbuto vuoto (g)	peso imbuto + acqua (500g)	Peso imbuto + acqua residua (g)	Acqua caduta per 20 bascule	Precipitazione effettiva (mm)	Errore calcolato (%)	Correzione da apportare
4	757.48	1257.48	863.96	393.52	3.94	1.6%	0.984
13	757.48	1257.48	855.74	401.74	4.02	-0.4%	1.004
18	757.48	1257.48	858.16	399.32	3.99	0.2%	0.998
24	757.48	1257.48	859.25	398.23	3.98	0.4%	0.996
31	757.48	1257.48	856.01	401.47	4.01	-0.4%	1.004
38	757.48	1257.48	852.25	405.23	4.05	-1.3%	1.013
44	757.48	1257.48	846.86	410.62	4.11	-2.7%	1.027

Tab. 1 - Dati sperimentali relativi ai differenti flussi di precipitazione.

L'errore massimo è risultato compreso tra -2.7% e +1.6%, con un range di variazione del tutto comparabile con quello ottenuto dai test preliminari, e con i due valori estremi corrispondenti rispettivamente al massimo e al minimo del flusso.

Calcolo dell'algoritmo di correzione

Ai fini di consentire un utilizzo di tipo scientifico del pluviometro in test è stato dunque calcolato un algoritmo di correzione reale, ossia una formula correttiva che consenta di minimizzare sull'intero range di misurazione dello strumento lo scarto tra la quantità di pioggia realmente caduta nell'imbuto e il corrispondente dato registrato. La correzione c è ottenuta dalla seguente retta di regressione lineare (fig. 10):

$$c = 0.001 I + 0.98$$

dove I è l'intensità della precipitazione.

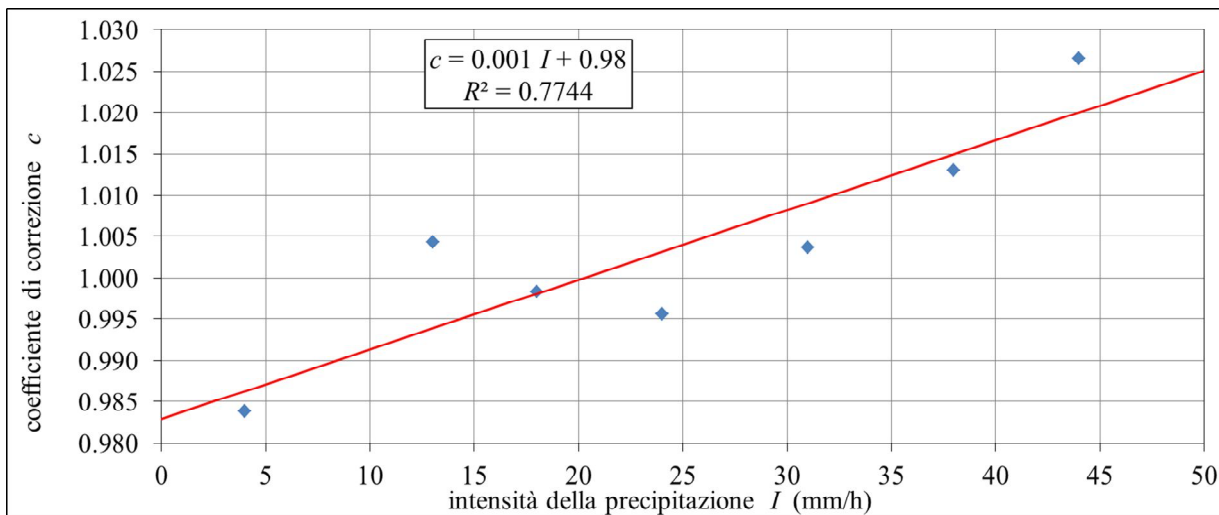


Fig. 10 - Retta di regressione degli errori in funzione dell'intensità delle precipitazioni.

La formula correttiva così ricavata può essere agevolmente inserita nei datalogger Nesa di tipo TMF, che sono dotati di un software opportuno.

Conclusioni

I test effettuati sul pluviometro NESA PLUV ANS-PL1000 hanno evidenziato una buona qualità e attendibilità dello strumento. Non è stato necessario ricalibrare il pluviometro, che già in uscita dalla fabbrica è risultato possedere una affidabilità e una precisione più che accettabili per un comune utilizzo di tipo non scientifico. Facendo precipitare nella bocca del pluviometro una quantità nota di acqua a diversi flussi e misurando lo scostamento tra la quantità di acqua effettivamente versata e il corrispondente valore di precipitazione letto dallo strumento, l'errore è infatti risultato nullo per precipitazioni di intensità attorno ai 20 mm/h e mediamente compreso tra $\pm 2\%$, con tendenza a sovrastimare leggermente le precipitazioni di più debole intensità e a sottostimare lievemente quelle più intense.

La curva di risposta del pluviometro analizzato alle diverse intensità di precipitazione ha consentito di ottenere una formula correttiva in grado di minimizzare l'errore strumentale e aumentarne sensibilmente l'accuratezza. Ai fini di un utilizzo di tipo scientifico dello strumento che soddisfi gli standard della classe A secondo la norma UNI 11452:2012 è possibile, nei datalogger che lo consentono (modelli TMF), applicare alle letture pluviometriche direttamente in fase di acquisizione lo specifico algoritmo di caratterizzazione reale, ricavato ad hoc per ciascun pluviometro prodotto utilizzando il metodo descritto.