



## HD32.3, HD32.3A STRUMENTO PER L'ANALISI DEGLI INDICI: WBGT - PMV - PPD

L'HD32.3 – WBGT - PMV - PPD Index è uno strumento realizzato da Delta Ohm Srl per:

- Analisi degli ambienti severi caldi mediante l'indice **WBGT** (Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globo-termometro) in presenza o assenza di irraggiamento solare.
- Analisi degli ambienti moderati mediante l'indice **PMV** (Predicted Mean Vote: Voto Medio Previsto).
- Analisi dell'indice **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied: Percentuale Prevista di Insoddisfatti).

### Normative di riferimento:

**ISO 7243:** Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro).

**ISO 8996:** Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico.

**ISO 7726:** Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.

**ISO 7730:** Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV, PPD e specifica delle condizioni di benessere.

Lo strumento è dotato di tre ingressi per sonde con modulo SICRAM: le sonde dispongono di un circuito elettronico che dialoga con lo strumento, nella loro memoria permanente sono conservati i dati di taratura del sensore.

Tutte le sonde SICRAM possono essere inserite in uno qualunque degli ingressi: vengono riconosciute automaticamente all'accensione dello strumento.

Le **caratteristiche principali** dello strumento sono:

- **Logging:** acquisizione dei dati e memorizzazione all'interno dello strumento. Capacità di memoria: **64 sessioni di logging** distinte, con la possibilità di impostare l'intervallo di acquisizione dei campioni. Si può impostare la **durata della memorizzazione** e, con la funzione **auto-start**, la data e l'ora di inizio e di fine memorizzazione.
- **L'unità di misura** delle grandezze di temperatura visualizzate: °C, °F, °K.
- La visualizzazione dei parametri statistici **massimo, minimo, media**.
- Il trasferimento dei dati tramite le porte seriali RS232 o USB.

Lo strumento **HD32.3** è in grado di rilevare contemporaneamente le seguenti grandezze:

- Temperatura di globotermometro **T<sub>g</sub>** con la sonda **TP3276.2 (o TP3275)**.
- Temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale **T<sub>n</sub>** con la sonda **HP3201.2 (o HP3201)**.
- Temperatura ambiente **T** con la sonda **TP3207.2 (o TP3207)**.
- Umidità relativa **RH** e temperatura ambiente **T** con la sonda **HP3217.2R (o HP3217R)**.
- Velocità dell'aria **V<sub>a</sub>** con la sonda **AP3203.2 (o AP3203)**.

Sulla base delle grandezze rilevate lo strumento HD32.3 è in grado di **calcolare** e di **visualizzare**, con le sonde **TP3207.2 (o TP3207)**, **TP3276.2 (o TP3275)** e **HP3201.2 (o HP3201)** i seguenti indici:

- Indice **WBGT(in)** (Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globotermometro) in assenza di irraggiamento solare.
- Indice **WBGT(out)** (Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globotermometro) in presenza di irraggiamento solare.

Sulla base delle grandezze rilevate lo strumento HD32.3 è in grado di **calcolare** e di **visualizzare**, con le sonde **HP3217.2R (o HP3217R)**, **TP3276.2 (o TP3276 o TP3275)** e **AP3203.2 (o AP3203)** i seguenti indici:

- Temperatura media radiante **Tr**.
- Indice **PMV** (Predicted Mean Vote: Voto Medio Previsto).
- Indice **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied: Percentuale Prevista di Insoddisfatti).

### Il WBGT

Il **WBGT** (Wet Bulb Globe Temperature – temperatura a bulbo umido e del globotermometro) è uno degli indici utilizzato per la determinazione dello stress termico a cui è soggetto un individuo in un ambiente caldo.

Rappresenta il valore, in relazione al dispendio metabolico associato ad una particolare attività lavorativa, oltre il quale il soggetto viene a trovarsi in una situazione di stress termico.

L'indice WBGT combina la misura della temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale **t<sub>nw</sub>** con la temperatura di globotermometro **t<sub>g</sub>** e, in alcune situazioni, con la temperatura dell'aria **t<sub>a</sub>**.

La formula per il calcolo è la seguente:

- all'interno di edifici e all'esterno di edifici in assenza di irraggiamento solare:

$$WBGT_{\text{ambienti chiusi}} = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g$$

- all'esterno di edifici in presenza di irraggiamento solare:

$$WBGT_{\text{ambienti esterni}} = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a$$

dove:

**t<sub>nw</sub>** = temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale;

**t<sub>g</sub>** = temperatura del globo termometro;

**t<sub>a</sub>** = temperatura dell'aria.

I dati rilevati devono essere confrontati con i valori limite prescritti dalla norma; qualora vengano superati occorre:

- ridurre direttamente lo stress termico sul posto di lavoro preso in esame;
- procedere ad un'analisi dettagliata dello stress termico.

**Per il calcolo dell'indice WBGT è necessario che siano collegate allo strumento:**

- **La sonda di temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale HP3201.2 (o HP3201).**

- **La sonda globotermometro TP3276.2 (o TP3275 o TP3276).**

- **La sonda di temperatura a bulbo secco nel caso in cui il rilievo venga effettuato in presenza di irraggiamento solare TP3207.2 (o TP3207).**

**Per la misura dell'indice WBGT si fa riferimento alle norme:**

- **ISO 7726**
- **ISO 7243**
- **ISO 8996**

### PMV - PPD

Il comfort termico viene definito dalla ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers INC) come una condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera. La valutazione di tale stato soggettivo può essere oggettivata e quantificata mediante l'utilizzo di indici integrati che tengono conto sia dei parametri microclimatici ambientali (T<sub>a</sub>, T<sub>r</sub>, V<sub>a</sub>, RH), sia del dispendio energetico (dispendio metabolico MET) connesso all'attività lavorativa, sia della tipologia di abbigliamento (isolamento termico CLO) comunemente utilizzato. Tra i suddetti indici quello che con maggiore precisione rispecchia l'influenza delle variabili fisiche e fisiologiche che sopracitate sul comfort termico è il **PMV** (Predicted Mean Vote). Sinteticamente esso deriva dall'equazione del bilancio termico il cui risultato viene rapportato ad una scala di benessere psicofisico ed esprime il parere medio (voto medio previsto) sulle sensazioni termiche di un campione di soggetti che si trovano nel medesimo ambiente.

Dal PMV è derivato un secondo indice denominato **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied) che quantifica percentualmente i soggetti comunque "insoddisfatti" in rapporto a determinate condizioni microclimatiche.

La norma ISO 7730 raccomanda l'uso del PMV in presenza dei seguenti ambiti di variazione delle variabili condizionanti il bilancio termico:

- dispendio energetico = 1 ÷ 4 met
- impedenza termica da abbigliamento = 0 ÷ 2 clo
- temperatura del bulbo secco = 10 ÷ 30°C
- temperatura radiante media = 10 ÷ 40°C

- velocità dell'aria = 0 ÷ 1 m/sec
- pressione di vapore = 0 ÷ 2,7 kPa

Il PMV risulta quindi un indice particolarmente adatto alla valutazione di ambienti lavorativi a microclima moderato, quali abitazioni, scuole, uffici, laboratori di ricerca, ospedali, ecc; esso è utile nel rilevare anche limitati gradi di disagio termico nei residenti in tali ambienti. La norma ISO 7730 suggerisce per lo stato di comfort termico valori di PMV compresi tra + 0,5 e - 0,5, cui corrisponde una percentuale di insoddisfatti delle condizioni termiche (PPD) inferiore al 10% (vedi tabella seguente).

Tabella 1: scala di valutazione dell'ambiente termico

PMV	PPD %	VALUTAZIONE AMBIENTE TERMICO
+3	100	Molto caldo
+2	75,7	Caldo
+1	26,4	Leggermente caldo
<b>+0,85</b>	<b>20</b>	<b>Ambiente termicamente accettabile</b>
<b>-0,5 &lt; PMV &lt; +0,5</b>	<b>&lt; 10</b>	<b>Benessere termico</b>
<b>-0,85</b>	<b>20</b>	<b>Ambiente termicamente accettabile</b>
-1	26,8	Fresco
-2	76,4	Freddo
-3	100	Molto freddo

Per il calcolo degli indici PMV e PPD è necessaria la conoscenza:

- del carico di lavoro (dispendio energetico);
- della impedenza termica del vestiario.



HD40.1

Esempio di stampa immediata dei dati del PMV, ottenuto con la stampante HD40.1

```

=====
ISO 7730 PMV Index
=====
Model HD32.3 WBGT - PMV
Firm.Ver.=01.00
Firm.Date=2008/12/05
SN=12345678
ID=00000000000000000000
-----
Probe ch.1 description
Type: Hot wire
Data cal.:2008/10/15
Serial N.:08109460
-----
Probe ch.2 description
Type: Pt100 Tg 50
Data cal.:2008/10/01
Serial N.:08109452
-----
Probe ch.3 description
Type: RH
Data cal.:2008/10/15
Serial N.:08109464
-----
Date=2008/11/21 15:00:00
Va      0.00 m/s
Tg      22.0 °C
Ta      22.0 °C
RH      39.1 %
MET     1.20
CLO     1.00
PMV     0.10
PPD     5.10 %
=====

```

**NOTE**

- Normativa di riferimento
- Modello dello strumento
- Versione del firmware dello strumento
- Data del firmware dello strumento
- Numero di Serie dello strumento
- Codice Identificativo
- Descrizione della sonda collegata all'ingresso 1
- Descrizione della sonda collegata all'ingresso 2
- Descrizione della sonda collegata all'ingresso 3
- Data e ora
- Velocità dell'aria
- Temperatura di globotermometro
- Temperatura di bulbo secco
- Umidità relativa
- Attività metabolica
- Resistenza del vestiario
- PMV – Voto Medio Previsto
- PPD – Percentuale Prevista di Insoddisfatti



HD32.3



Microclima - WBGT

### Temperatura media radiante $T_r$

La temperatura media radiante è definita come la temperatura di un ambiente fittizio termicamente uniforme che scambierebbe con l'uomo la stessa potenza termica radiante scambiata nell'ambiente reale. **Per valutare la temperatura media radiante si rilevano: la temperatura di globotermometro, la temperatura dell'aria e la velocità dell'aria misurate nelle vicinanze del globotermometro.**

### CARATTERISTICHE TECNICHE

#### Strumento

Dimensioni	
(Lunghezza x Larghezza x Altezza)	185x90x40 mm
Peso	470 g (completo di batterie)
Materiali	ABS, gomma
Display	Retroilluminato, a matrice di punti 160x160 punti, area visibile 52x42mm

#### Condizioni operative

Temperatura operativa	-5 ... 50°C
Temperatura di magazzino	-25 ... 65°C
Umidità relativa di lavoro	0 ... 90% UR no condensa
Grado di protezione	<b>IP65</b>

#### Incertezza dello strumento

± 1 digit @ 20°C

#### Alimentazione

Adattatore di rete (cod. SWD10)	
12Vdc/1A	
Batterie	4 batterie 1.5V tipo AA
Autonomia	200 ore con batterie alcaline da 1800mAh
Corrente assorbita a strumento spento	< 45µA

#### Sicurezza dei dati memorizzati

Illimitata

#### Sonda di temperatura TP3207.2 (TP3207)

Sensore tipo:	Pt100 a film sottile
Accuratezza:	Classe 1/3 DIN
Campo di misura:	-40 ÷ 100 °C
Risoluzione:	0.1°C
Deriva in temperatura @20°C:	0.003%/°C
Deriva ad 1 anno:	0.1°C/anno
Collegamento:	4 fili più modulo SICRAM
Connettore:	8 poli femmina DIN45326
Dimensioni:	Ø=14 mm L= 150 mm
Tempo di risposta $T_{95}$ :	15 minuti

#### Sonda globotermometro Ø50 mm TP3276.2 (Ø150mm TP3275)

Sensore tipo:	Pt100
Accuratezza:	Classe 1/3 DIN
Campo di misura:	-10 ÷ 100 °C
Risoluzione:	0.1°C
Deriva in temperatura @20°C:	0.003%/°C
Deriva ad 1 anno:	0.1°C/anno
Collegamento:	4 fili più modulo SICRAM
Connettore:	8 poli femmina DIN45326
Dimensioni gambo:	Ø=8 mm L= 170 mm
Tempo di risposta $T_{95}$ :	15 minuti

#### Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale HP3201.2 (HP3201)

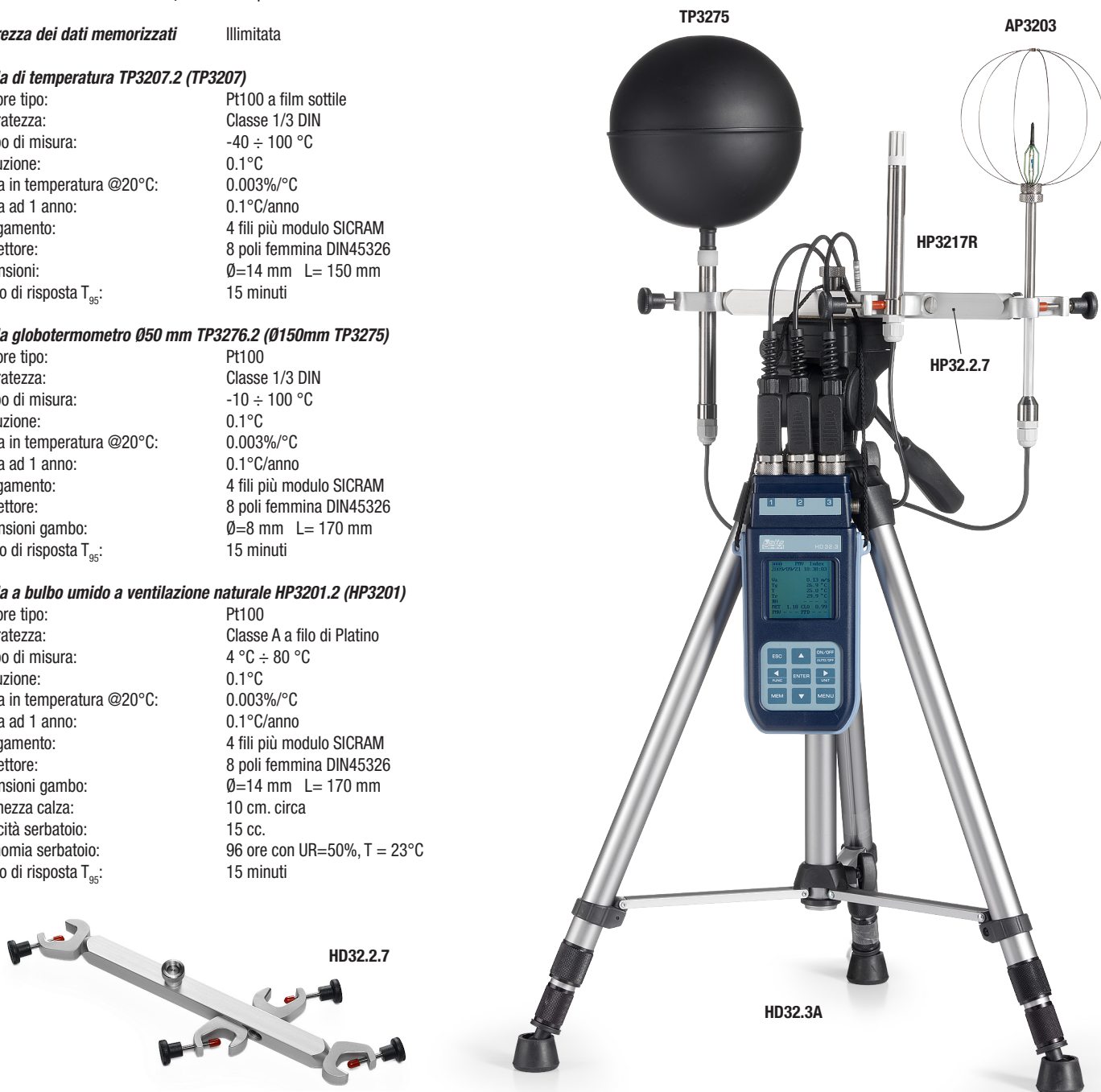
Sensore tipo:	Pt100
Accuratezza:	Classe A a filo di Platino
Campo di misura:	4 °C ÷ 80 °C
Risoluzione:	0.1°C
Deriva in temperatura @20°C:	0.003%/°C
Deriva ad 1 anno:	0.1°C/anno
Collegamento:	4 fili più modulo SICRAM
Connettore:	8 poli femmina DIN45326
Dimensioni gambo:	Ø=14 mm L= 170 mm
Lunghezza calza:	10 cm. circa
Capacità serbatoio:	15 cc.
Autonomia serbatoio:	96 ore con UR=50%, T = 23°C
Tempo di risposta $T_{95}$ :	15 minuti

#### Sonda combinata temperatura e umidità relativa HP3217.2R (HP3217R)

Sensori tipo:	Pt100 a film sottile per temperatura Sensore capacitivo per umidità relativa
Accuratezza temperatura:	1/3 DIN
Accuratezza umidità relativa:	± 1.5%UR (0...90%UR) ± 2.0%UR (altrove) per T=15...35°C ±(1.5+1.5% della misura) %UR per il restante campo di misura
Campo di misura:	temperatura: -40...100°C umidità relativa: 0...100%UR
Collegamento:	4 fili più modulo SICRAM
Connettore:	8 poli femmina DIN45326
Dimensioni:	Ø=14 mm L= 150 mm
Tempo di risposta $T_{95}$ :	15 minuti
Risoluzione:	0.1%UR, 0.1°C

#### Sonda filo caldo omnidirezionale AP3203.2 (AP3203)

Sensore tipo:	NTC 10kohm
Accuratezza:	± 0.2 m/s (0÷1 m/s) ± 0.3 m/s (1÷5 m/s)
Campo di misura:	0,1÷5 m/s 0 °C ÷ 80 °C
Collegamento:	7 fili più modulo SICRAM
Connettore:	8 poli femmina DIN45326
Dimensioni gambo:	Ø=8 mm L= 230 mm



Dimensione protezione: Ø=80 mm  
 Risoluzione: 0.01 m/s  
 Deriva in temperatura @20°C: 0.06% /°C  
 Deriva ad 1 anno: 0.12 °C/anno

#### Collegamenti

Ingresso per sonde con modulo SICRAM 3 Connettori 8 poli maschio DIN 45326

#### Interfaccia USB:

Tipo 1.1 o 2.0 isolata.  
 Connessione M12 8 poli  
 Baud Rate 460800 baud

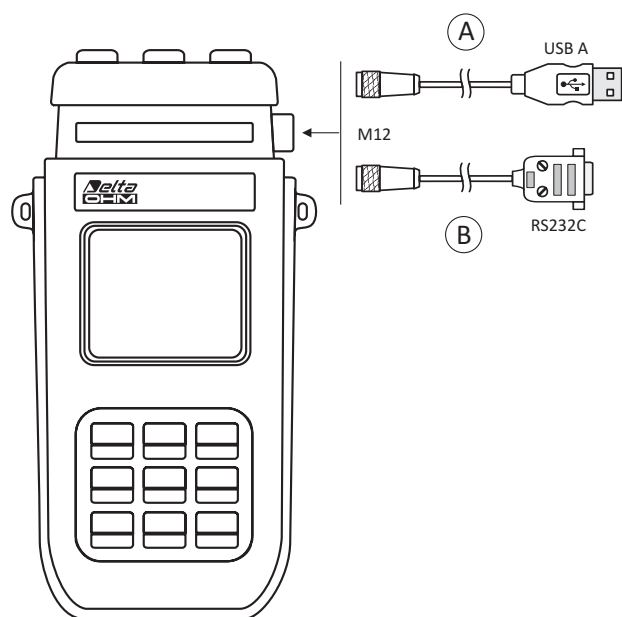
#### Interfaccia seriale RS232C:

Presca: M12 8 poli.  
 Tipo: RS232C (EIA/TIA574) isolata  
 Baud rate: da 1200 a 38400 baud.  
 Bit di dati: 8  
 Parità: Nessuna  
 Bit di stop: 1  
 Controllo di flusso: Xon-Xoff  
 Lunghezza cavo: max 15m

#### Memoria

Capacità di memoria suddivisa in 64 blocchi.  
 67600 memorizzazioni per ciascuno dei 3 ingressi.  
 Intervallo di memorizzazione selezionabile tra: 15, 30 secondi, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 minuti e 1 ora.

Intervallo di memorizzazione	Capacità di memoria
15 secondi	Circa 11 giorni e 17 ore
30 secondi	Circa 23 giorni e 11 ore
1 minuto	Circa 46 giorni e 22 ore
2 minuti	Circa 93 giorni e 21 ore
5 minuti	Circa 234 giorni e 17 ore
10 minuti	Circa 1 anno e 104 giorni
15 minuti	Circa 1 anno e 339 giorni
20 minuti	Circa 2 anni e 208 giorni
30 minuti	Circa 3 anni e 313 giorni
1 ora	Circa 7 anni e 261 giorni



**A** Connessione USB al PC: usa il cavo HD2110USB con connettori USB tipo A e M12. Richiede l'installazione dei driver USB.

**B** Connessione RS232C al PC. Vi si può collegare la porta seriale RS232C di un PC o la stampante HD40.1 con il cavo HD2110RS.

#### CODICI DI ORDINAZIONE

**HD32.3** è composto da:

- strumento **HD32.3**, 4 batterie alcaline da 1.5V tipo AA , manuale d'istruzioni, valigia.

**Software DeltaLog10 per analisi indici WBGT, PMV e PPD.**

**Le sonde e i cavi vanno ordinati a parte.**

**HD32.3A** è composto da:

- strumento **HD32.3**, 4 batterie alcaline da 1.5V tipo AA , manuale d'istruzioni, valigia.

**Software DeltaLog10 per analisi indici WBGT, PMV e PPD.**

**Le sonde e i cavi vanno ordinati a parte.**

Le **sonde** necessarie per la misura del **WBGT** sono:

- Sonda di temperatura di bulbo secco **TP3207.2 (TP3207)**.
- Sonda globotermometro **TP3276.2 (TP3275 o TP3276)**.
- Sonda di temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale **HP3201.2 (HP3201)**.

Le **sonde** necessarie per la misura del **PMV** sono:

- Sonda combinata temperatura e umidità relativa **HP3217.2R (HD3217R)**.
- Sonda a filo caldo omnidirezionale **AP3203.2 (AP3203)**.
- Sonda globotermometro **TP3276.2 (TP3275 o TP3276)**.

#### Sonde per HD32.3 (senza cavo)

**TP3207.2:** Sonda di temperatura sensore Pt100. Gambo sonda Ø 14mm, lunghezza 150 mm. Completa di modulo SICRAM. **Impiegata per la misura del WBGT.**

**TP3276.2:** Sonda globotermometro sensore Pt100, globo Ø 50 mm. Gambo Ø 8 mm, lunghezza 170 mm. Completa di modulo SICRAM. **Impiegata per la misura del WBGT e del PMV e PPD.**

**HP3201.2:** Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale. Sensore Pt100. Gambo sonda Ø 14 mm, lunghezza 170 mm. Completa di modulo SICRAM, di ricambio della calza e contenitore di 50cc di acqua distillata. **Impiegata per la misura del WBGT.**

**HP3217.2R:** Sonda combinata temperatura e umidità relativa. Sensore di UR capacitivo, sensore di temperatura Pt100. Gambo sonda Ø 14 mm, lunghezza 150 mm. Completa di modulo SICRAM. **Impiegata per la misura del PMV e PPD.**

**AP3203.2:** Sonda a filo caldo omnidirezionale. Campo di misura: velocità dell'aria 0.1÷5 m/s, temperatura 0÷80°C. Gambo sonda Ø 8 mm, lunghezza 230 mm. Completa di modulo SICRAM. **Impiegata per la misura del PMV e PPD.**

#### Sonde per HD32.3 versione A (con cavo)

**TP3207:** Sonda di temperatura sensore Pt100. Gambo sonda Ø 14mm, lunghezza 140 mm. Cavo lunghezza 2 metri. Completa di modulo SICRAM.

Impiegata nelle misure per il calcolo dei seguenti indici: **PMV, PPD, WBGT**. Impiegata nel calcolo della Temperatura media radiante.

**TP3275:** Sonda globotermometro sensore Pt100, globo Ø 150 mm. Gambo Ø 14 mm, lunghezza 110 mm. Cavo lunghezza 2 metri. Completa di modulo SICRAM. Impiegata nelle misure di: **Temperatura media radiante, WBGT**.

**HP3201:** Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale. Sensore Pt100. Gambo sonda Ø 14 mm, lunghezza 110 mm. Cavo lunghezza 2 metri. Completa di modulo SICRAM, di ricambio della calza e contenitore di 50cc di acqua distillata. Impiegata nelle misure di: **WBGT**.

**HP3217R:** Sonda combinata temperatura e umidità relativa. Sensore di UR capacitivo, sensore di temperatura Pt100. Gambo sonda Ø 14 mm, lunghezza 150 mm. Completa di modulo SICRAM. **Impiegata per la misura del PMV e PPD.**

**AP3203:** Sonda a filo caldo omnidirezionale. Campo di misura: velocità dell'aria 0.1÷5 m/s, temperatura 0÷80°C. Gambo sonda Ø 8 mm, lunghezza 230 mm. Completa di modulo SICRAM. **Impiegata per la misura del PMV e PPD.**

#### Accessori:

**VTRAP30:** Treppiede da fissare allo strumento altezza massima 280 mm

**HD32.2.7:** Supporto per le sonde, **si fissa su treppiede standard. Per versione HD32.3A.**

**HD2110RS:** Cavo di collegamento con connettore M12 dal lato strumento e con connettore a vaschetta SubD femmina 9 poli per RS232C dal lato PC.

**HD2110USB:** Cavo di collegamento con connettore M12 8 poli dal lato strumento e con connettore USB 2.0 dal lato PC.

**SWD10:** Alimentatore stabilizzato a tensione di rete 100-240Vac/12Vdc-1A.

**AQC:** 200cc di acqua distillata e n° 3 calze per sonde HP3201.2 e HP3201.

**HD40.1:** Stampante portatile a 24 colonne ( utilizza cavo **HD2110RS**).

**BAT.40:** Pacco di 4 batterie di ricambio per la stampante HD40.1 con sensore di temperatura integrato.

**RCT:** Kit di quattro rotoli di carta termica larghezza 57mm, diametro 32mm.