



Stazioni Ambientali Compatte ToTEM

- ▶ Stazione compatta per la misura delle principali grandezze meteorologiche con accuratezze conformi alle specifiche del WMO (World Meteorological Organization)
- ▶ Famiglia composta da diversi modelli a seconda delle grandezze misurate e della tipologia di comunicazione
- ▶ Diverse possibilità di comunicazione: locale con uscite digitali, remota con modem LTE-M (e-SIM integrata) o radio LoRa
- ▶ Possibilità di connessione di sensori aggiuntivi tramite Modulo Estensione Ingressi
- ▶ Riscaldamento smart incluso in tutti i modelli
- ▶ Sensori di T/UR/P e radiazione facilmente sostituibile in campo
- ▶ Certificabile dal laboratorio LSI LASTEM accreditato ISO17025

ToTEM, acronimo di **ToTal Environmental Monitoring**, è una nuova famiglia di stazioni ambientali compatte progettata per la misura accurata delle principali grandezze meteorologiche e ambientali. Grazie all'integrazione di sensori ad alte prestazioni, sistemi di comunicazione flessibili e funzionalità smart, ToTEM rappresenta una soluzione completa per il monitoraggio ambientale in applicazioni professionali dove affidabilità, precisione e continuità di misura sono requisiti fondamentali.

Le prestazioni di misura della famiglia ToTEM sono **conformi alle specifiche di accuratezza definite dal WMO – World Meteorological Organization**, rendendo queste stazioni idonee per applicazioni meteorologiche professionali e per tutti quei contesti in cui la qualità del dato è un elemento essenziale. A supporto dell'affidabilità metrologica dei prodotti, LSI LASTEM dispone di un **laboratorio interno accreditato ISO/IEC 17025:2017**, a garanzia della competenza tecnica e della tracciabilità delle attività di taratura.

La famiglia ToTEM è stata sviluppata per rispondere alle esigenze di **svariati ambiti applicativi**, tra cui meteorologia, viabilità, energie rinnovabili, valutazione dello stress termico, smart cities, agricoltura, monitoraggio ambientale e infrastrutturale. Il design compatto consente un'installazione semplice e rapida anche in contesti dove lo spazio disponibile è limitato, mantenendo al tempo stesso elevate prestazioni di misura e una struttura robusta, adatta all'utilizzo in ambiente esterno.

La gamma è composta da **diversi modelli**, configurabili in funzione delle grandezze da monitorare e della tipologia di comunicazione richiesta. Il modello di partenza integra sensori per la misura di velocità e direzione del vento mediante tecnologia ultrasonica, temperatura dell'aria, umidità relativa e pressione atmosferica. I modelli più completi permettono di estendere il monitoraggio ad altre grandezze, come precipitazione, radiazione solare mediante radiometri di classe A, B o C, temperatura di globo nero e particolato atmosferico. Questa modularità consente di scegliere la configurazione più adatta alla specifica applicazione, ottimizzando funzionalità, costi e semplicità di gestione.

Uno degli elementi distintivi della famiglia ToTEM è l'**ampia disponibilità di soluzioni di comunicazione**. Le stazioni possono essere utilizzate in modalità locale tramite uscite digitali, tra cui RS-485, RS-232 e SDI-12, oppure in modalità remota grazie a sistemi integrati modem LTE-M con e-SIM o radio LoRa. Questa flessibilità rende ToTEM adatto sia a installazioni stand-alone sia a reti di monitoraggio distribuite, facilitando l'integrazione con data logger, piattaforme cloud, sistemi di supervisione e infrastrutture IoT.



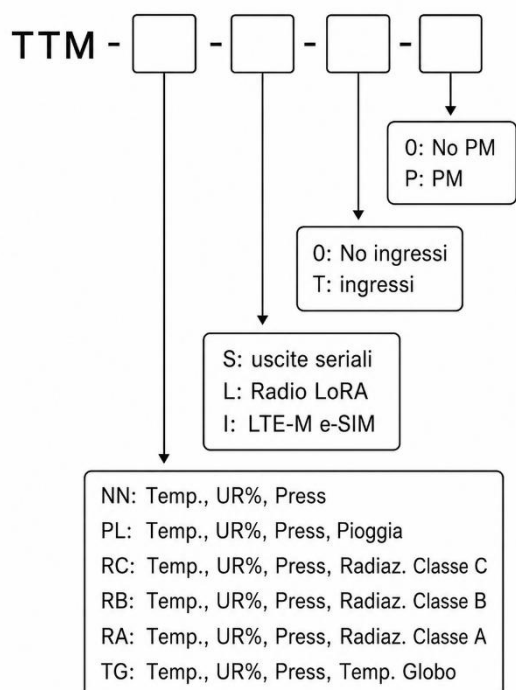
Alcuni modelli della famiglia sono dotati di un **Modulo Ingressi Aggiuntivi**, che consente la connessione di sensori aggiuntivi, anche di terze parti. Questa caratteristica amplia ulteriormente le possibilità di utilizzo della stazione, permettendo di integrare grandezze specifiche non incluse nella configurazione standard e di realizzare sistemi di monitoraggio personalizzati in base alle necessità del progetto. Il modulo può ospitare anche un polverimetro per le misure di qualità dell'aria.

Per garantire continuità e qualità della misura anche in condizioni ambientali critiche, tutti i modelli ToTEM integrano un sistema di **riscaldamento smart**. I trasduttori ultrasonici per la misura del vento e il tetto del sensore sono riscaldati in modo intelligente per ridurre il rischio di condensa e accumulo di ghiaccio, contribuendo a mantenere l'affidabilità delle misure anche in presenza di basse temperature o elevata umidità. Inoltre, il corpo del sensore integra una funzione di ventilazione smart, studiata per migliorare le condizioni di misura del termo-igrometro.

Particolare attenzione è stata dedicata alla **semplicità di manutenzione**. La testina di misura di temperatura, umidità relativa e pressione è facilmente sostituibile dall'utente, così come i sensori di radiazione solare Classe A e B, riducendo i tempi di fermo e semplificando le operazioni di assistenza periodica. La presenza di una porta USB-C consente inoltre una configurazione semplice e immediata della stazione, agevolando le attività di installazione, parametrizzazione e diagnostica.



La codifica dei modelli



Le stazioni ambientali compatte ToTEM possono essere installate in diverse configurazioni a seconda delle esigenze: alimentate da rete o da pannello solare, collegate a sensori aggiuntivi, installate stand-alone con comunicazione remota senza la necessità di essere collegate a un data logger.

Modelli ToTEM (solo sensori integrati, senza misura particolato - PM)

	PN					
Uscite seriali	TTMNNS00	TTMPLS00	TTMRCS00	TTMRBS00	TTMRAS00	TTMTGS00
LTE-M e-SIM	TTMNNI00	TTMPLI00	TTMRCI00	TTMRBI00	TTMRI00	TTMTGI00
Radio LoRa**	TTMNNL00	TTMPLL00	TTMRCL00	TTMRBL00	TTMRAL00	TTMTGL00
						
Velocità vento	X	X	X	X	X	X
Direzione vento	X	X	X	X	X	X
Temperatura aria	X	X	X	X	X	X
UR%	X	X	X	X	X	X
Pressione	X	X	X	X	X	X
Pioggia	-	X	-	-	-	-
Radiazione solare	-	-	Radiometro Classe C	Radiometro Classe B	Radiometro Classe A	-
Temperatura globo						X
Uscita	TTMxxSxx: RS-485, RS-232, SDI-12; TTMxxLxx: LTE-M; TTMxxLxx: radio LoRa					
Dimensioni / Peso	280x106 mm / 1,4 kg	304x106 mm / 1,5 kg	321x106 mm / 1,5 kg	390x119 mm / 2 kg	390x119 mm / 2 kg	453x152 mm / 1,7 kg

**Modelli disponibili da giugno 2027.



La famiglia ToTEM si adatta a numerose applicazioni grazie alla disponibilità di diversi modelli, selezionabili in base alle grandezze da misurare, e alla possibilità di integrare sensori aggiuntivi anche di terze parti. Questa modularità consente l'impiego del sistema in ambiti quali meteorologia professionale, viabilità, energie rinnovabili, stress termico, smart cities, qualità dell'aria, agricoltura, monitoraggio ambientale. Le diverse opzioni di comunicazione, locali o remote tramite LTE-M con e-SIM o radio LoRa, rendono ToTEM adatto sia a installazioni puntuali sia a reti di monitoraggio distribuite.

Modelli ToTEM con capannina per Modulo Estensione Ingressi e/o misura particolato (PM)

	PN					
Uscite seriali						
• PM	TTMNN50P	TTMPL50P	TTMRCS0P	TTMRBS0P	TTMRAS0P	TTMTGS0P
• Ingressi*	TTMNN50T	TTMPL50T	TTMRC50T	TTMRB50T	TTMRA50T	TTMTG50T
• PM+ingressi*	TTMNN50P	TTMPL50P	TTMRC50P	TTMRB50P	TTMRA50P	TTMTG50P
Modem LTE-M						
• PM	TTMNNI0P	TTMPLI0P	TTMRCI0P	TTMRBI0P	TTMRAI0P	TTMTGI0P
• Ingressi*	TTMNNI0T	TTMPLI0T	TTMRCI0T	TTMRBI0T	TTMRAI0T	TTMTGI0T
• PM+ingressi*	TTMNNI0P	TTMPLI0P	TTMRCI0P	TTMRBI0P	TTMRAI0P	TTMTGI0P
Radio LoRa **						
• PM**	TTMNNL0P	TTMPLL0P	TTMRCL0P	TTMRBL0P	TTMRAL0P	TTMTGL0P
• Ingressi**	TTMNNL0T	TTMPLL0T	TTMRCL0T	TTMRBL0T	TTMRAL0T	TTMTGL0T
• PM+ingressi**	TTMNNL0P	TTMPLL0P	TTMRCL0P	TTMRBL0P	TTMRAL0P	TTMTGL0P
						
Velocità vento	X	X	X	X	X	X
Direzione vento	X	X	X	X	X	X
Temperatura aria	X	X	X	X	X	X
UR%	X	X	X	X	X	X
Pressione	X	X	X	X	X	X
Pioggia	-	X	-	-	-	-
Radiazione solare	-	-	Radiometro Classe C	Radiometro Classe B	Radiometro Classe A	-
Temperatura globo						X
Modulo Ingr. Add.	Incluso per modelli TTMxxxTx					
Particolato (PM1-2.5-10)	Incluso per modelli TTMxxxxP					
Uscita	TTMxxSxx: RS-485, RS-232, SDI-12; TTMxxLxx: LTE-M; TTMxxLxx: radio LoRa					
Dimensioni / Peso	366x106 mm / 2,4 kg	407x106 mm / 2,5 kg	390x106 mm / 2,5 kg	476x119 mm / 3 kg	476x119 mm / 3 kg	539x152 mm / 2,7 kg

*Modelli disponibili da aprile 2027. **Modelli disponibili da giugno 2027.

Caratteristiche Tecniche

Velocità del vento	Principio	Ultrasonico
	Campo	0...70 m/s
	Accuratezza	<35 m/s: 0,3 m/s (or 3%); >35 m/s: 5%
	Soglia	0,3 m/s
	Risoluzione	0,01 m/s
	Tempo di risposta	250 ms
	Grandezze calcolate	- Raffica di vento - Turbolenza % di calma di vento - Velocità del vento teorica a 2 m - Wind chill
Direzione del vento	Principio	Ultrasonico
	Campo	0...360°
	Accuratezza	1%
	Soglia di velocità per calcolo direzione del vento	0,3 m/s
	Risoluzione	0,01°
	Tempo di risposta	250 ms
Temperatura aria	Principio	Sensore a semiconduttore
	Campo	-30...70 °C, max. -40...80 °C
	Accuratezza	Typ. ±0,1 °C (@ 5...60 °C), ±0,2 °C (@ <5 e >60 °C) Max. ±0,3 °C (@ -40...80 °C)
	Risoluzione	0,01 °C
	Stabilità a lungo termine	<0,03 °C/anno
	Elemento misura sostituibile	Sì
	Grandezze calcolate	- Punto di rugiada - Umidità assoluta - Umidità specifica - Heat Index
Umidità relativa	Principio	Capacitivo con polimero igroscopico
	Campo	0...100%
	Accuratezza	@ 25 °C: Typ. ±1 % (@ 20...70%), ±1,5% (@ <20 e >70%) Max. ±2 % (@ 0...90%), ±3% (@ >90%)
	Risoluzione	0,01%
	Tempo di risposta (T63)	- Cella: 4 s - Sensore: 10 s @ Vair=1 m/s, isoterma (senza filtro digitale)
	Stabilità a lungo termine	<0,25% / anno
	Isteresi	±0,5%
	Desaturazione elemento sensibile	Algoritmo di riscaldamento per la desaturazione della cella di misura dell'umidità
	Elemento misura sostituibile	Sì
Pressione	Principio	Principio piezoresistivo MEMS
	Campo	850...1050 hPa, max. 260...1260 hPa

	Accuratezza	$\pm 0,2 \text{ hPa @ } -20...65 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Risoluzione	0,1 hPa
	Tempo di risposta (T90)	1 s
	Stabilità a lungo termine	0,1 hPa / anno
	Deriva termica	0,0045 hPa / $^{\circ}\text{C}$
	Elemento misura sostituibile	Sì
	Grandezze calcolate	QNH (pressione a livello mare)
Radiazione solare Classe C (solo modelli TTMRCxxx)	Principio	Termopila
	Classificazione ISO 9060:2018	Spectrally flat Classe C
	Stima sulla precisione ottenibile per somme giornaliere WMO	$\pm 10\%$
	Campo spettrale	285...3000 nm
	Campo di misura	0...2000 W/m ²
	Tempo di risposta	<30 s
	Zero offset A (risposta a una radiazione termica netta di 200 W/m ²)	<20 W/m ²
	Zero offset B (risposta a 5 K/h di variazione della temperatura ambiente)	< $\pm 5 \text{ W/m}^2$
	Zero offset totale	< $\pm 30 \text{ W/m}^2$
	Non stabilità	< $\pm 1\%$ / anno
	Non linearità	$\pm 1\%$ (100...1000 W/m ²)
	Risposta direzionale (0...180 $^{\circ}\text{C}$ campo di vista)	< $\pm 30 \text{ W/m}^2$
	Errore spettrale dell'irraggiamento globale orizzontale con cielo sereno	< $\pm 1\%$
	Risposta alla temperatura	<7% (-10...40 $^{\circ}\text{C}$)
	Risposta all'inclinazione	< $\pm 1\%$
	Errori aggiuntivi di elaborazione del segnale	< $\pm 2 \text{ W/m}^2$
	Bolla per livellamento	No
	Elemento misura sostituibile	No
Radiazione solare Classe B (solo modelli TTMRBxxx)	Principio	Termopila
	Classificazione ISO 9060:2018	Spectrally flat Classe B
	Stima sulla precisione ottenibile per somme giornaliere WMO	$\pm 5\%$
	Campo spettrale	285...3000 nm
	Campo di misura	0...2000 W/m ²
	Tempo di risposta	<15 s
	Zero offset A (risposta a una radiazione termica netta di 200W/m ²)	<12 W/m ²
	Zero offset B (risposta a 5 K/h di variazione della temperatura ambiente)	< $\pm 3 \text{ W/m}^2$
	Zero offset totale	< $\pm 21 \text{ W/m}^2$

	Non stabilità	$<\pm 1\%$ / anno
	Non linearità	$<\pm 1\%$ (100...1000 W/m ²)
	Risposta direzionale (0...180 °C campo di vista)	$<\pm 20$ W/m ²
	Errore spettrale dell'irraggiamento globale orizzontale con cielo sereno	$< \pm 0,5\%$
	Risposta alla temperatura	$<2\%$ (-15...35 °C)
	Risposta all'inclinazione	$<\pm 2\%$
	Errori aggiuntivi di elaborazione del segnale	$<\pm 5$ W/m ²
	Bolla per livellamento	Sì
	Elemento misura sostituibile	Sì
Radiazione solare Classe A (solo modelli TTMRAxxx)	Principio	Termopila
	Classificazione ISO 9060:2018	Spectrally flat Classe A
	Stima sulla precisione ottenibile per somme giornaliere WMO	$\pm 2\%$
	Campo spettrale	285...3000 nm
	Campo di misura	0...2000 W/m ²
	Tempo di risposta	<5 s
	Zero offset A (risposta a una radiazione termica netta di 200 W/m ²)	$<\pm 7$ W/m ²
	Zero offset B (risposta a 5 K/h di variazione della temperatura ambiente)	$<\pm 2$ W/m ²
	Zero offset totale	$<\pm 10$ W/m ²
	Non stabilità	$<\pm 0,8\%$
	Non linearità	$<\pm 0,5\%$
	Risposta direzionale (0...180 °C campo di vista)	$<\pm 10$ W/m ²
	Errore spettrale dell'irraggiamento globale orizzontale con cielo sereno	$<\pm 0,5\%$
	Risposta alla temperatura	$<\pm 1\%$
	Risposta all'inclinazione	$<\pm 0,5\%$
	Errori aggiuntivi di elaborazione del segnale	± 2 W/m ²
	Bolla per livellamento	Sì
	Elemento misura sostituibile	Sì
Pioggia totale (solo modelli TTMPLxxx)	Principio	Ottico
	Campo di misura	0...200 mm/h
	Risoluzione	0,2 mm
	Grandezza calcolate	- Intensità di pioggia - Totale pioggia su 1, 10, 60 minuti
Temperatura di globo (solo modelli TTMTGxxx)	Principio	Digitale I2C
	Campo di misura	-20...80 °C
	Accuratezza	$\pm 0,1$ °C @ -20...50 °C $\pm 0,15$ °C @ 50...70 °C

		±0,2 °C @ 70...80 °C
	Risoluzione	0,01 °C
	Tempo di risposta	Tip. (in riscaldamento) 10 min; Max (in raffreddamento) 20 min
	Materiale	Rame
	Grandezza calcolata	- WBGT con e senza carico solare - Temperature Umida (Tnw) - UTCI (Universal Thermal Climate Index)
Particolato PM1, PM2.5, PM10 (solo modelli TTMxxxxP)	Principio	Laser scattering
	Campo di misura	0...1000 µg/m³
	Sensitività	<1 µg/m³
	Errore lineare	<5%
	Ripetibilità	<3%
	Deriva termica	0%/°C @ 0...30 °C <+1%/°C @ -20...0 °C <-0,8%/°C @ 30... 70 °C
	Accuratezza	10% @ 0...30 °C
	Coefficiente di correlazione R2 vs sistemi FEM (Federal Equivalent Method)	- PM2.5: 0,95 – 0,99 - PM1: ~0,97 - PM10: ~0,88 – 0,95
	Elemento misura sostituibile	Sì
Uscite Digitali	Tipologia	RS-485, RS-232, SDI-12
	Protocolli	Modbus RTU, SDI-12 V. 1.4
	Parametri configurabili Modbus	- Baud rate, parity, stop bits - Indirizzo di rete - Codice funzione (Read holding/read input register) - Formato dati: floating, intero 16 bit, intero con segno 16 bit, intero 32 bit, intero con segno 32 bit - Ordine dei byte (default endian o little endian o big endian o reverse endian) - Valore di errore utilizzato in caso di problemi della misura
Comunicazione con radio LoRa	Modulo	Comunicazione a 8 canali
	Frequenza	EU868 (Europa) 863-870 MHz
	Sensibilità in ricezione	-148 dBm @ 10,4 kHz; spreading factor 12
	Potenza in ricezione	14 dBm (25 mW)
	Antenna	LoRa: RP-SMA female connector
Comunicazione con modem integrato LTE-M	E-SIM	Fornita da LSI LASTEM o acquistata dal cliente
	Parametri configurabili	- Frequenza di campionamento del vento - Frequenza di campionamento per le altre variabili - Frequenza di comunicazione
	Protocolli	MQTT, JSON
	Formato dati	ASCII (delimitatori configurabili)
Modulo Estensione Ingressi per sensori aggiuntivi	Tipologia ingressi	3 Analogici Tensione/Corrente (Risoluzione ADC 24 bit); 1 Impulsivo (pluviometro); 1 RS-485 Modbus Master; 1 SDI-12; 1 I2C; 1 RS-232 dedicato per campionatore PM
	Uscite per alimentazione	Uscite commutate per alimentazione sensori
Generali	Alimentazione	9...30 V DC; 24 AC/DC (riscaldamento)

Riscaldamento	Sì per trasduttori sonici del vento, per tetto del sensore sonico, per la decontaminazione del sensore di T/UR%
Ventilazione forzata	Sì a modulazione variabile in base a condizioni ambientali
Inclinazione	Inclinometro integrato
Connettore cavo	M16
Ingresso per configurazione	USB-C
Cavo	Non incluso (vedi Accessori)
Materiale	ASA
Temperatura e UR operativa	-40...60 °C
Grado di protezione	IP66 / IP65 a seconda del modello
Montaggio	Su palo Ø 35...50 mm con supporto (incluso)

Accessori

	CCCFA6300	Cavo L=5 m
	CCCFA6400	Cavo L=10 m
	CCCFA6500	Cavo L=25 m
	CCCFA6600	Cavo L=50 m
	SPMCA1006	Testina di misura intercambiabile di T/UR/Press per ToTEM
	SVICA2203	Rapporto di taratura in accordo con ISO 9001 (Velocità vento)
	SVICA2304.1	Rapporto di taratura in accordo con ISO 9001 (Direzione vento)
	SVACA2216	Certificato di taratura in accordo con ISO/IEC 17025-ACCREDIA (Velocità vento)
	SVICA0003	Rapporto di taratura in accordo con ISO 9001 (Temperatura)
	SVACA0006	Certificato di taratura in accordo con ISO/IEC 17025-ACCREDIA (Temperatura)
	SVICA1003	Rapporto di taratura in accordo con ISO 9001 (UR%)
	SVICA1005.1	Certificato di taratura in accordo con ISO/IEC 17025-ACCREDIA (UR%)
	SVICA4001	Rapporto di taratura sotto sole in accordo con ISO 9001 (Irradianza)
	SVICA4701	Rapporto di taratura sotto lampada in accordo con ISO 9001 (Irradianza)
	SVACA4001	Certificato di taratura sotto lampada in accordo con ISO/IEC 17025-ACCREDIA (Irradianza)