



ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI

## BELSORP MINI X

**Per una caratterizzazione semplice, veloce e altamente accurata dei materiali porosi**

**Le eccezionali caratteristiche del BELSORP MINI X di Microtrac si traducono in una ripetibilità ineguagliabile, con tempi di misura significativamente ridotti. Il MINI X è dotato di un massimo di 4 porte di misurazione dei campioni e di nuove funzioni ad alta produttività, tra cui il controllo multidispositivo.**

BELSORP MINI X è stato meticolosamente progettato per misurare l'area superficiale specifica, la distribuzione delle dimensioni dei pori e il volume dei pori con estrema precisione. Dotato di sensori di pressione dedicati su ogni porta di misurazione del campione e di una porta dedicata per la pressione del vapore saturo, consente misurazioni simultanee completamente indipendenti. Il nuovo software di misura migliora la produttività dell'utente semplificando le procedure con istruzioni passo-passo, visualizzando l'avanzamento della misurazione e inviando i risultati via e-mail. A seconda della produttività del campione, sono disponibili modelli a 3 e a 4 porte. Inoltre, il nuovo software di analisi (BELMASTER™) consente la valutazione strutturale di una gamma di materiali più ampia che mai.

## LIVELLI DI RIPRODUCIBILITÀ DI PRIMA CLASSE

- | Fino a quattro porte di misura indipendenti e una porta dedicata per le misure di pressione del vapore saturo
- | Il più piccolo e il più leggero al mondo
- | Riproducibilità imbattibile grazie all' AFSM™ brevettato
- | Misurazione dell'isoterma di adsorbimento dei gas e dell'adsorbimento NET tramite AFSM™2 senza bisogno di gas He
- | Metodi di misurazione multipli: misurazioni ad alta precisione, misurazioni multi-campione e modalità di misurazione rapida BET per soddisfare le vostre esigenze.
- | Trasduttore di pressione dedicato per ciascuna porta
- | Controllo simultaneo di fino a 20 porte di misura tramite controllo multidispositivo (5 unità)
- | Tempo di misura ridotto con l'ottimizzazione del dosaggio del gas (GDO)
- | IoT: Monitoraggio dei processi tramite sistema di notifica via e-mail
- | Analisi opzionale dei micropori con il metodo della sonda molecolare
- | Conformità opzionale alla FDA 21 CFR Parte 11



ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

## CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Aree superficiali specifiche BET da  $0.01 \text{ m}^2/\text{g} \sim (\text{N}_2)$  e distribuzione delle dimensioni dei pori da  $0.7 \sim 500 \text{ nm}$  (opzione:  $0,35 \sim 500 \text{ nm}$  con il metodo della sonda molecolare).



### Misura simultanea di più campioni

È possibile misurare contemporaneamente fino a 4 campioni, riducendo in modo significativo i tempi di misurazione di più campioni.

### Opzioni di misura multiple

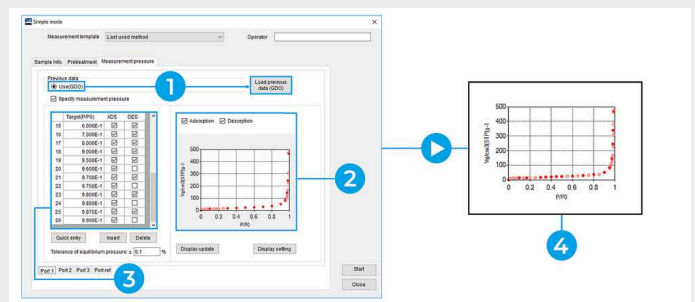
Questo strumento combina misure altamente accurate con diverse modalità ad alta produttività (ad esempio, modalità Quick BET, ottimizzazione del dosaggio del gas). Può essere utilizzato in modo flessibile a seconda delle esigenze del cliente, mentre le istruzioni integrate passo-passo lo rendono facile da usare anche per gli utenti meno esperti.

## Facilità d'uso: semplice impostazione del software di misura

BELSORP MINI X è un sistema di misurazione completamente automatico che consente all'utente di impostare facilmente le condizioni di misurazione utilizzando la modalità semplice. Questa modalità consente di effettuare misurazioni accurate con informazioni minime sul campione (ad esempio, le condizioni di pretrattamento e l'intervallo di misurazione). È particolarmente utile per i materiali sconosciuti. Le configurazioni di misura dettagliate possono essere impostate da utenti esperti in modalità Professional. Questo sistema consente a chiunque di ottenere facilmente risultati di misura accurati.

## Ottimizzazione del dosaggio del gas (GDO)

La modalità semplice include l'opzione Ottimizzazione del dosaggio del gas (GDO), che calcola automaticamente la quantità ottimale di gas da dosare in base ai risultati delle misurazioni precedenti. Con questa funzione è possibile ottenere in modo affidabile i set point di misura e ridurre notevolmente i tempi di misurazione.



1. Caricare un'isoterma esistente | 2. Visualizzazione dell'isoterma prevista | 3. Ingresso del campo di misurazione | 4. Ottimizzazione automatica delle condizioni, come il volume di introduzione del gas |

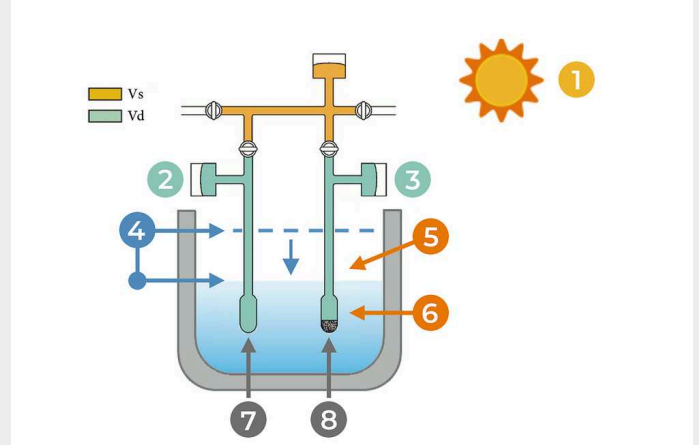
## Misura innovativa dello spazio libero per la massima precisione (AFSM™)

Con AFSM™, il controllo del livello del refrigerante liquido (ad esempio azoto liquido o argon) non è più necessario. Abbiamo invece adottato il nostro innovativo metodo di misurazione continua nello spazio libero, il brevettato Advanced Free Space Measurement (AFSM™). Questo metodo ha raggiunto la massima riproducibilità grazie all'utilizzo di una cella di riferimento (cella campione vuota; lo stesso tipo di cella campione utilizzata per la misurazione) per seguire le variazioni dello spazio libero da un secondo all'altro. Il nostro strumento determina uno spazio libero iniziale della cella campione e della cella di riferimento. Poiché la variazione dello spazio libero è uguale in entrambe le celle (stesse condizioni ambientali), la variazione dello spazio libero può essere seguita continuamente dalla variazione di pressione della cella di riferimento. È possibile considerare le fluttuazioni dello spazio libero causate da fattori ambientali:

- | Variazioni del livello di LN<sub>2</sub>
- | Variazioni di temperatura / pressione atmosferica
- | Variazioni di temperatura del refrigerante dovute alla dissoluzione dell'ossigeno

Grazie a questa tecnica superiore, è possibile tenere conto di fattori ambientali che prima non venivano considerati.

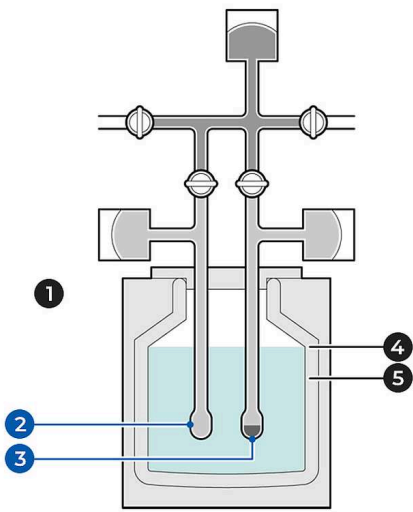
Per ulteriori informazioni, utilizzate la nostra knowledge base.



1. Variazione della temperatura ambiente | 2.  $P_{ref}$  | 3.  $P_{smp}$  | 4. Pressione iniziale | 5. La temperatura del tubo campione cambia a causa della variazione del livello di LN<sub>2</sub>. | 6. Variazioni di temperatura dell'azoto liquido dovute alla dissoluzione dell'ossigeno | 7. AFSM | 8. Campione

## Misura dell'adsorbimento senza l'utilizzo di elio gassoso (AFSM™2)

In una prima fase, la misurazione dello spazio libero per una cella campione vuota e una cella di riferimento vuota viene eseguita con il gas adsorbente alla temperatura di adsorbimento appropriata. Successivamente, la misura dell'adsorbimento può essere effettuata utilizzando entrambe le celle senza l'uso di gas elio. Nella stessa condizione di misura, poiché le variazioni di spazio libero per entrambe le celle sono le stesse, i risultati della misurazione possono essere ottenuti in tempi più brevi. Non sono necessarie operazioni dispendiose in termini di tempo, come mantenere costante il livello del liquido refrigerante tra la misura del bianco e la misura dell'adsorbimento dello spazio libero.



1. Cella di riferimento per la misurazione continua delle fluttuazioni nello spazio libero | 2. Cella di riferimento | 3. Cella campione | 4.

Livello di liquido 1 | 5. Livello di liquido 2

AFSM (Metodo basato sull'He)

1. **Campione di scarico**
2. Misura in spazio libero (a temperatura ambiente) con campione
3. Campione di scarico
4. **Tubo di riferimento, tubo p0 introduzione del gas**
5. Misura nello spazio libero (temperatura di adsorbimento) con il campione
6. Campione di scarico
7. **Misura dell'adsorbimento, acquisizione della variazione dello spazio libero**
8. **Campione di scarico**
9. **Epurazione**

**AFSM2 (Metodo senza He):** Step 1 --> 4 --> 7 --> 8 --> 9

## Compatto e leggero

Grazie alla completa ottimizzazione e razionalizzazione dei materiali, siamo riusciti a ridurre le dimensioni e il peso del dispositivo.

## Pretrattamento opzionale dei campioni alla porta di misurazione

Per una misurazione accurata dell'adsorbimento, è necessario un pretrattamento dei campioni. Il processo di pretrattamento (spesso chiamato processo di attivazione) viene solitamente eseguito applicando il vuoto sotto calore per rimuovere il gas adsorbito e/o le molecole d'acqua dalla superficie del materiale senza influenzare la struttura del campione (evitando la denaturazione). Microtrac offre due opzioni per il pretrattamento del campione. In primo luogo, può essere eseguito esternamente utilizzando BELPREP VAC II o VAC III, che di solito è consigliato se l'obiettivo è aumentare la produttività del campione. In alternativa, il processo di attivazione può essere eseguito direttamente sulla porta di misurazione del BELSORP MINI X utilizzando un riscaldatore (vedere l'elenco degli accessori). Utilizzando l'accessorio riscaldatore, è possibile evitare il trasferimento dal dispositivo di pretrattamento esterno alla porta di misurazione, un'opzione importante per i campioni sensibili (ad es. idrofili).

## Analisi dei dati

Il software di analisi BELMASTER consente agli utenti di ottenere un'ampia varietà di risultati d'analisi attraverso operazioni quali la visualizzazione delle isoterme di adsorbimento/desorbimento, la valutazione delle aree superficiali specifiche con il metodo BET, e la valutazione dei volumi dei pori (dagli ultra-micro ai meso- e macro-pori) applicando il metodo t-plot o  $\alpha S$ . Inoltre, è possibile effettuare l'analisi dei mesopori con i metodi DH e BJH, l'analisi dei micropori con i metodi HK o SF o l'analisi opzionale GCMC / NLDFT. Ulteriori opzioni di analisi sono disponibili nel nostro software di analisi BELMASTER.

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

## **BELCONTROL: NUOVO SOFTWARE OPERATIVO**

La versatilità delle apparecchiature BELSORP è davvero all'avanguardia a livello mondiale. Le numerose caratteristiche e capacità sono completate da BELCONTROL, il software operativo intuitivo e facile da usare. Il software guida l'utente passo dopo passo attraverso il processo di analisi. Ciò include l'impostazione delle condizioni di analisi, l'esecuzione delle misure, il riempimento e l'impostazione del bagno di azoto liquido o altro, la sostituzione della bombola di gas, le fasi di degassificazione e molto altro ancora. Il software è stato progettato per rendere lo strumento accessibile e utilizzabile da tutti, anche dagli utenti meno esperti.

Per gli utenti inesperti o per le misure di campioni sconosciuti, BELCONTROL richiede solo le informazioni di base sul campione (nome, massa, ecc.), le condizioni di pretrattamento (se non eseguite esternamente) e il campo di misura.

È possibile un controllo dettagliato della configurazione e delle impostazioni di misura per ottimizzare le condizioni di misurazione (ad es. impostazioni di dosaggio, criteri di equilibrio, opzione di prova di tenuta, ecc.) Ciò consente all'utente di personalizzare completamente l'analisi del campione in base alle proprie esigenze.

---

### **BELCONTROL**

Quick BET	si	Superficie BET in più punti in meno di 20 minuti
Analisi senza elio	si	AFSM™ 2 consente di effettuare misure senza He con una precisione in
Cinetica di adsorbimento	opzionale	Misure della velocità di adsorbimento per l'analisi della diffusio

## ALTRE CARATTERISTICHE DI BELCONTROL

- | Sovrapposizione delle isoterme di adsorbimento/desorbimento e confronto dei dati misurati tra le varie porte durante la misurazione
- | Tutte le pressioni, le temperature, gli azionamenti delle valvole, ecc. vengono memorizzati nei dati di tendenza, consentendo un esame immediato.
- | È disponibile una funzione di controllo del sistema per diagnosticare lo stato dello strumento.
- | La notifica via e-mail trasmette automaticamente lo stato e i risultati delle misure.
- | Il programma interattivo in giapponese o inglese garantisce un funzionamento semplice e affidabile
- | Ampie funzioni di supporto, incluse istruzioni passo-passo durante il funzionamento



ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

## ACCESSORI ED OPZIONI

Microtrac offre vari accessori per l'intera linea di prodotti per l'adsorbimento di gas e vapori.

### CONSUMABILI STANDARD



I materiali di consumo standard comprendono celle di campionamento, aste di riempimento, filtri, O-ring, tappi e piattaforme di pesata. Sono inoltre disponibili celle di campionamento di varie dimensioni, guarnizioni rapide e altri materiali di consumo opzionali.

### BAGNOMARIA



È possibile sostituire facilmente il Dewar con un bagno d'acqua per temperature di misurazione comprese tra  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $70^{\circ}\text{C}$ . È necessario un circolatore refrigerato/riscaldato.

## RISCALDATORE



Pretrattamento in situ del campione da 50°C a 450°C. Con questa opzione, i campioni possono essere pretrattati direttamente sulla porta di misura, senza dover trasferire la cella del campione prima dell'analisi. Particolarmente utile per i campioni sensibili.

## SELETTORE DEL GAS

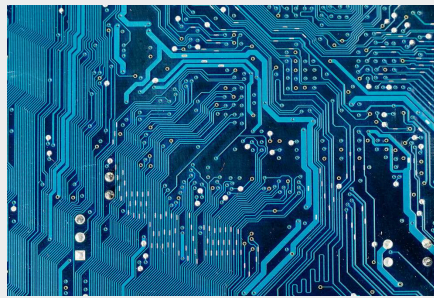


Il selettore di gas consente di collegare fino a 4 assorbitori contemporaneamente (1 x Elio + 4 x assorbitori).

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

## APPLICAZIONI TIPICHE

Gli analizzatori di adsorbimento di gas di Microtrac sono utilizzati in diversi campi applicativi. Tra questi catalizzatori, batterie, fibre, materiali polimerici, zeolite, celle a combustibile, prodotti chimici, pigmenti, cosmetici, MOF / PCP, polveri magnetiche, membrane di separazione, filtri, toner, cemento, ceramica, semiconduttori e molti altri materiali.



- | materiali per batterie
- | catalizzatori
- | zeolite
- | ceramica
- | Carbonio

- | componenti elettronici
- | Pila a combustibile
- | toner
- | cemento
- | medicine/farmaci

- | Silice
- | MOF / PCP
- | pigmenti
- | cosmetici

... e molti altri!

I principi della misurazione dell'adsorbimento volumetrico sono spiegati nella nostra knowledge base:

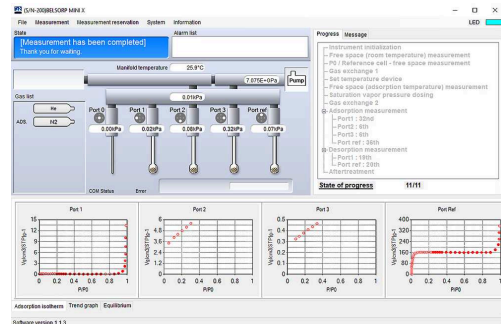
## ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

### DATI TECNICI

<b>Principio di misurazione</b>	Metodo volumetrico + AFSM™
<b>Gas di adsorbimento</b>	Azoto (N <sub>2</sub> ), argon (Ar), metano (CH <sub>4</sub> ), etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ), anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ), idrogeno (H <sub>2</sub> ), n-butano (n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ), iso-butano (iso-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) e altri gas non corrosivi.
<b>Porte Gas</b>	2 porte (5 porte max.)
<b>Numero di misurazioni (modalità Alta Precisione)</b>	Max. 4 porte simultaneamente (3 porte in modalità Alta Precisione)
<b>Range di misura (superficie specifica)</b>	0,01 m <sup>2</sup> /g e oltre (N <sub>2</sub> ) (a seconda della densità del campione)
<b>Distribuzione della dimensione dei pori (diametro)</b>	0.7 - 500 nm, Opzione: 0,35 nm con metodo a sonda molecolare possibile
<b>Isotherma a bassa pressione</b>	p/p <sub>0</sub> = 10 <sup>-4</sup> (N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)
<b>Trasduttore di pressione</b>	133 kPa (1000 Torr) x 6 unità
<b>vacuometro / pompa</b>	Pompa rotativa
<b>Tubo di campionamento</b>	Tubo standard, ca. 1,8 cm <sup>3</sup> (opzionale: 5 cm <sup>3</sup> )
<b>Dewar (Vaso di Dewar)</b>	Volume: 2 l tempo di mantenimento: 30 h
<b>Heater di pretrattamento</b>	50 - 450°C (4 porte)
<b>Bagno termostatico</b>	-10 - 70°C (4 porte)
<b>Software di analisi BELMaster™ 7</b>	Isotherma di adsorbimento, area specifica di tipo I BET (ISO9277), autoanalisi BET, specifica area superficiale Langmuir, BJH, DH, CI, metodo INNES
<b>Software di analisi BELMaster™ 7 cont.</b>	t-plot, NLDFT / GCMC (OP BELSim™), metodo MP, metodo Dubinin-Astakhov, sonda molecolare, as-plot
<b>Dimensioni (L x A x P)</b>	280 x 650 x 465 mm (esclusi pompa a vuoto e PC)
<b>Peso (corpo principale)</b>	38 kg (esclusa pompa a vuoto e PC)
<b>Gas</b>	He, N <sub>2</sub> (99.999% o purezza maggiore), 0.1 ± 0.02 MPa, giunzione: 1/8" Swagelok Scarico: Porta di scarico della pompa rotativa, ø 11 mm
<b>Energia</b>	Monofase, AC 100~240 V (50 / 60 Hz) / 10A (incl. R.P.), 50 / 60 Hz
<b>Certificato CE</b>	si
<b>Monitor Consigliato</b>	Monitor Full HD

## ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X SOFTWARE OPERATIVO

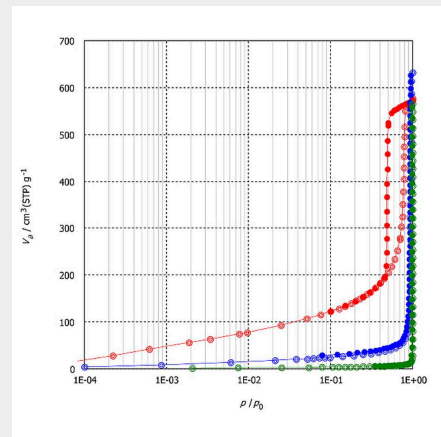
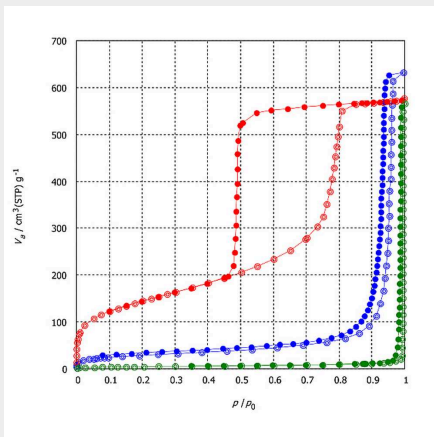
Nello sviluppo del software, ci siamo concentrati sulla semplificazione delle operazioni e lo abbiamo dotato di molte funzioni per aumentare la produttività del lavoro. Poiché gli strumenti BELSORP offrono così tante funzioni, è importante renderle facili da usare. Il nostro software vi guiderà passo dopo passo nell'esecuzione di diverse procedure, come l'esecuzione delle misure, la sostituzione delle bombole di gas e lo spurgo del collettore. Le istruzioni passo-passo consentono agli utenti di qualsiasi livello di esperienza di utilizzare la macchina in modo sicuro ed efficace. A seconda del livello di esperienza dell'utente, sono disponibili due modalità: Modalità semplice e Modalità professionale. La modalità semplice consente un funzionamento semplice, riducendo la personalizzazione della misura: le uniche informazioni necessarie sono l'etichettatura del campione, la selezione delle condizioni di pretrattamento (che possono essere saltate se eseguite esternamente) e i punti di misura. Questa misura a bassa manutenzione è ideale per misurare campioni sconosciuti. Se è disponibile una misura precedente con un comportamento di assorbimento comparabile, è possibile utilizzare la funzione GDO per ridurre il tempo di misura. La modalità professionale offre all'utente una configurazione dettagliata della misura, ad esempio le impostazioni di dosaggio, i criteri di equilibrio, l'opzione di controllo delle perdite e altro ancora.



MISURE DI ADSORBIMENTO DI GAS IN MATERIALI POROSI E NON POROSI: MOF, ZEOLITI, CARBONI E ALTRO ANCORA

## SOFTWARE DI VALUTAZIONE BELMASTER

L'isoterma di assorbimento è definita come la relazione tra la quantità adsorbita su un adsorbente e la pressione di equilibrio del gas adsorbito - comunemente correlata alla pressione di saturazione del vapore - a temperatura costante. L'isoterma di assorbimento di un gas (ad esempio l'azoto) fornisce informazioni sull'area superficiale specifica, sulla distribuzione delle dimensioni dei pori e sul volume dei pori del materiale misurato. Nel grafico seguente sono mostrate alcune isoterme di assorbimento esemplari.



L'area superficiale specifica (SSA) si riferisce alla superficie accessibile del campione ed è di grande importanza nell'adsorbimento, nella catalisi eterogenea e nelle reazioni sulle superfici. L'area superficiale specifica può essere calcolata secondo la norma ISO 9277 con il metodo BET (BET: Brunauer, Emmett e Teller) o con il metodo Langmuir. I grafici seguenti mostrano esempi di valutazione dell'area superficiale specifica secondo il metodo BET nel nostro software BELMASTER:



Selezionando il giusto intervallo di pressione (BET a più punti) o il punto di misura (BET a punto singolo), l'area superficiale verrà calcolata automaticamente. Il software BELMASTER fornisce il calcolo dell'area superficiale BET secondo la norma ISO 9277 Allegato C (noto anche come diagramma di Rouquerol) raccomandato per i materiali microporosi.

Il BELSORP MINI X convince per la possibilità di misurare campioni a bassa superficie con la massima precisione senza l'uso di gas krypton (non è necessario un trasduttore di pressione aggiuntivo o un regolatore di temperatura criogenico). In alternativa, la misurazione nella cosiddetta modalità Quick BET consente di ottenere aree superficiali specifiche BET (ad esempio, tre punti BET) di quattro campioni in circa 15 minuti. Inoltre, è possibile ottenere distribuzioni delle dimensioni dei pori da 0,7 a 500 nm (opzionale 0,35 nm).

MASSIMA PRECISIONE CON LE SUPERFICI PIÙ BASSE

## AFSM™

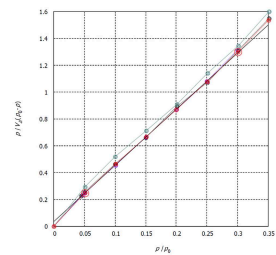
The following measurements are conducted using our patented, Advanced Free Space Measurement (AFSM™). This method allows for high reproducibility by using a reference cell to follow the changes in the free space volume. Our instrument measures the initial free space of the sample cell and reference cell. Since the change of the free space is equal in both cells (same environmental conditions), the change can be continuously followed by the pressure change of the reference cell.

In a product test, a certified reference material CRM-170 (nonporous alpha alumina; certified value of nitrogen BET specific surface area SSA:  $1.05 \pm 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ ) is used to check the accuracy of measurement in low total surface area (TSA) measurements. Although the TSA is reduced from approx.  $2 \text{ m}^2$  to lower than  $0.4 \text{ m}^2$ , the determined BET specific surface areas SSA stay almost identical.

### VANTAGGI DELLA TECNICA BREVETTATA AFSM

- | Il mantenimento del livello di  $\text{LN}_2$  è meno significativo
- | Migliora la riproducibilità sia dell'area superficiale che del volume dei pori.
- | Consente l'isoterma di adsorbimento di materiali a bassa area superficiale senza utilizzare il gas krypton (fino a una superficie totale di  $0,1 \text{ m}^2$ )

Campione	Ads.	Superficie totale della cella [ $\text{m}^2$ ]	Quantità del campione [g]	SSA BET [ $\text{m}^2/\text{g}$ ]*1	C costante
BCR-170_1	$\text{N}_2$	$\sim 2 \text{ m}^2$	$\sim 1.94$	1.03	114
BCR-170_2	$\text{N}_2$	$\sim 1 \text{ m}^2$	$\sim 1.12$	1.02	143
BCR-170_3	$\text{N}_2$	$\sim 0.7 \text{ m}^2$	$\sim 0.75$	1.03	101
BCR-170_4	$\text{N}_2$	$\sim 0.4 \text{ m}^2$	$\sim 0.38$	1.02	50

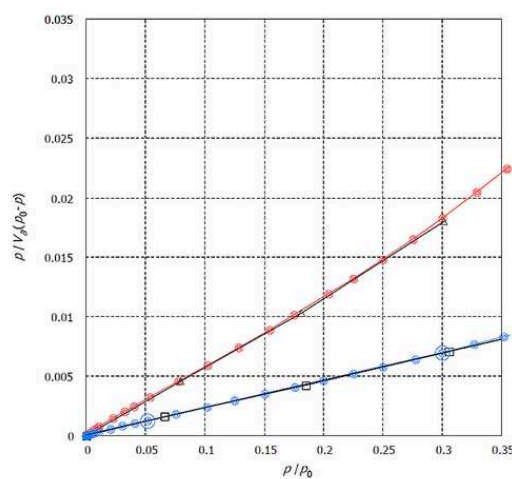
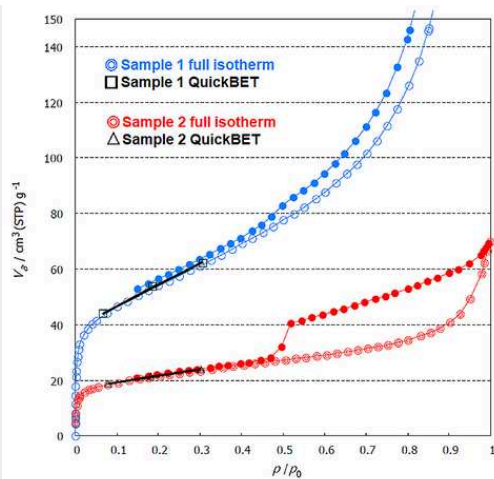


\*Coefficiente di correlazione 0,9995 o superiore

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

## **MODALITÀ QUICK BET**

La modalità BET rapida può essere utilizzata per massimizzare la produttività dei campioni per le misurazioni dell'area superficiale specifica BET. In questa modalità è possibile misurare tre punti di adsorbimento BET di quattro campioni in circa 15 minuti (è richiesta la densità del campione). Inoltre, la modalità BET rapida offre due tipi di misurazioni dello spazio libero: In primo luogo, l'opzione di input dello spazio libero offre la maggiore opportunità di risparmiare tempo. Una volta determinato lo spazio libero per la cella campione, il file di misurazione dello spazio libero (file dvd) può essere riutilizzato per future misurazioni BET rapide. In secondo luogo, lo spazio libero può essere determinato con la misurazione effettiva. Un confronto tra l'area superficiale BET ottenuta dalla misurazione dell'isoterma completa (modalità standard) e la modalità BET rapida è riportato nei grafici e nella tabella seguenti:



Campione	Ads.	BET SA a più punti [ $m^2/g$ ]		Punto singolo BET SA [ $m^2/g$ ]	
		Modalità standard	Scommessa rapida	Modalità standard	Scommessa rapida
1	N <sub>2</sub>	189.9	190.5	188.1	190.3
2	N <sub>2</sub>	75.7	77.4	74.7	75.7

\*BET a più punti nell'intervallo  $p/p_0$  di 0,05 - 0,30, BET a un punto a  $p/p_0$  di 0,20.

Si presume che i risultati di misura ottenuti con la modalità BET a più punti in modalità standard siano i più accurati. Le misurazioni dell'area superficiale BET a più punti e a singolo punto in modalità Quick BET forniscono risultati del tutto paragonabili a quelli della modalità standard, sebbene il tempo di misurazione sia notevolmente ridotto a circa 15 minuti per tre campioni (BET a più punti). Questa funzione è consigliata per ottimizzare la produzione di campioni, ad esempio nel controllo qualità.

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MINI X

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

### Analisi della distribuzione dimensionale dei pori con il metodo NLDFT e GCMC

I metodi classici per determinare le distribuzioni dimensionali dei pori (PSD) sono i metodi BJH, DH, CI che valutano i mesopori sulla base della teoria della condensazione capillare. I metodi HK (fessura), SF (cilindro) e CY (gabbia) possono essere utilizzati per valutare i micropori sulla base della teoria del potenziale di adsorbimento. Anche il metodo DA e il metodo DR sono comunemente utilizzati per la valutazione del volume dei pori. I moderni metodi di valutazione della PSD, NLDFT e GCMC, sono spesso considerati più accurati su una range dimensionale dei pori più ampio (da micro a meso e macropori), come specificato nella norma ISO15901-2.

Teoria	Interazione Superficie e gas	Adsorbato	Intervallo di dimensioni
Metodi BJH, CI, DH, INNES	Equazione di Kelvin (Tensione superficiale e angolo di contatto)	Densità del liquido in massa	> 20 nm Meso e macropori
Metodi HK, SF, CY	Potenziale Lennard-Jones (Forza di interazione e repulsione)	Densità del liquido in massa	0.4 - 20 nm Micropori e mesopori
NLDFT, GCMC	Modello statistico termodinamico		0.35 - 1000 nm Intera gamma di dimensioni

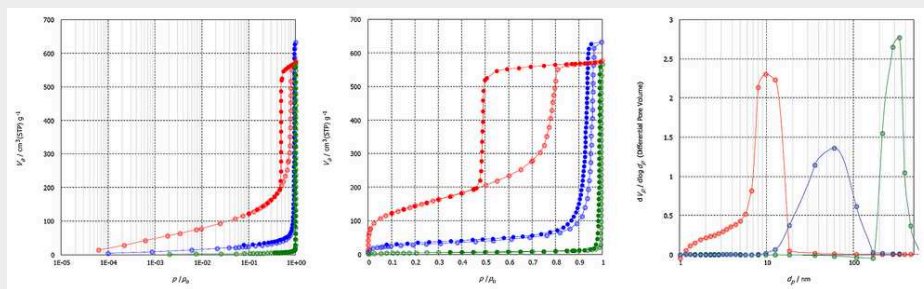
\*<sup>1</sup> BELSORP MINI X è dotato di trasduttori di pressione da 1000 torr; l'isoterma parte da  $\sim p/p_0$  of  $1 \times 10^{-4}$

\*<sup>2</sup> Opzione: 0,35 nm possibile con il metodo della sonda molecolare

Negli ultimi anni, l'attenzione si è concentrata sui metodi di valutazione della struttura dei pori utilizzando tecniche di simulazione al computer come la NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) e la GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), che presentano una teoria unificata per la caratterizzazione delle distribuzioni dei pori dai micropori ai mesopori e ai macropori. Le distribuzioni delle dimensioni dei pori (PSD) ottenute dalla stessa isoterma di adsorbimento utilizzando analisi classiche e basate sulla simulazione possono differire, così come i risultati ottenuti da diversi metodi di simulazione, perché la pressione di riempimento ottenuta da ciascuna teoria è diversa. Microtrac fornisce metodi di valutazione che coprono un'ampia gamma di dimensioni dei pori e di adsorbenti basati sull'adsorbimento di  $N_2$  (77.4 K), Ar (87.3 K), e  $CO_2$  (298 K). Questi metodi di valutazione utilizzano kernel NLDFT / GCMC di modelli di pori a fessura, cilindro e gabbia con atomi di superficie di carbonio e ossido di metallo, ottenendo la descrizione più appropriata dei materiali porosi.

Il software BELMASTER consente un facile confronto tra isoterme sperimentali e simulate, con l'isoterma simulata che serve come base per il calcolo della PSD.

Nella parte seguente viene fornito un esempio di calcolo della distribuzione dimensionale dei pori con il metodo BJH:



[www.microtrac.it/belsorp-mini-x](http://www.microtrac.it/belsorp-mini-x)