

Be sure. **testo**



Ghid practic
Măsurători ale fluxului
de aer în conducte
conform DIN EN 12599.

Introducere.

În zilele noastre ne petrecem majoritatea timpului în spații închise. Acesta este motivul pentru care se instalează sisteme de încălzire, ventilație și climatizare (HVAC) care au rolul de a asigura condiții ambientale plăcute la interior, ventilația jucând aici un rol deosebit de important. Pentru început trebuie menționat că scopul ventilației nu este doar de a furniza aer proaspăt ci și de a extrage poluanții, ca de pildă umiditatea excesivă din încăperi.

Asigurarea unui schimb de aer adecvat și astfel determinarea debitului volumic reprezintă un factor calitativ principal

pentru darea în exploatare și funcționarea sistemelor HVAC. Determinarea fiabilă a vitezei aerului în conductele de ventilație reprezintă una dintre cele mai provocatoare măsurători pe care trebuie să le efectueze un tehnician din sectorul HVAC.

Cuprins:

1. Importanța vitezei aerului	04
2. Măsurarea vitezei corecte a aerului	05
3. Locul optim de măsurare.....	06
3.1 Regimuri de curgere în conducte.....	07
3.2 Distanța față de elemente perturbatoare	08
4. Metoda de măsurare	10
4.1 Metoda trivială	11
4.2 Metoda axei centroidale.....	12
4.3 Calculul debitului volumic	13
5. Evaluarea valorilor măsurate	14
6. Procesul verbal de măsurare	20

1. Importanța vitezei aerului

Conform mottoului: „Cu cât mai mult, cu atât mai bine”, sistemele HVAC funcționează frecvent cu volume de aer prea mari, acest exces determinând frecvent costuri operaționale inutil de ridicate. Consumul de energie pentru ventilatoare crește, deoarece prin sistem trebuie trecută un volum de aer mai mare. Totodată cresc și cheltuielile aferente condiționării aerului (răcire, încălzire, umidificare sau dehumidificare), cheltuieli ce pot fi reduse dacă sistemul este setat corect, la parametri optimi. Mai mult, un schimb de aer prea mare creează tiraje în încăperi, contribuind la disconfortul persoanelor. Pe de altă parte, un debit volumic prea mic poate fi la rândul-i problematic întrucât persoanele din încăperi vor beneficia de prea puțin aer proaspăt. Aerul interior este „îmbâcsit” deoarece concentrația de CO_2 din încăpere este prea mare. Debitele volumice mici pot, de aseme-

nea, afecta negativ starea igienică a sistemului: când viteza de deplasare a aerului umidificat prin conducte este prea mică apare riscul de formare a gemenilor. Așadar, un sistem HVAC corect setat ajută nu doar la crearea unui climat interior confortabil ci și la reducerea cheltuielilor.

2. Măsurarea vitezei corecte a aerului

Debitul volumic este parametrul cheie pentru evaluarea capacității funcționale a sistemului HVAC, acesta reprezentând produsul dintre viteza fluxului de aer și suprafața conductei. Întrucât, în practică, viteza fluxului prin secțiunea transversală a conductei nu este constantă, un singur punct de nu este suficient pentru a determina viteza medie a aerului. Elemente perturbatoare, precum clapete, coturi și altele asemenea, influențează profilul de viteză din conductă, ceea ce înseamnă că este necesar să se efectueze o așa-numită măsurătoare tip grilă în câteva locații din conductă.

Pentru a respecta cerințele de calitate în determinarea debitului volumic, există diferite standarde în întreaga lume care reglementează măsurarea corectă a vitezelor fluxului de aer. În completarea

standardului EN 12599, care reprezintă standardul primar în Germania și în mare parte în Europa, există și standardele EN 16211 și ASHRAE 111. Ceea ce au în comun toate metodele este faptul că punctele de măsurare sunt distribuite pe secțiunea transversală a conductei în funcție de mărimea conductei, conform specificațiilor definite, faptul că se face o deosebire între conducte dreptunghiulare și conducte circulare și că se face media valorilor măsurate.

Vom detalia acum măsurarea corectă a debitului volumic în conformitate cu EN 12599.

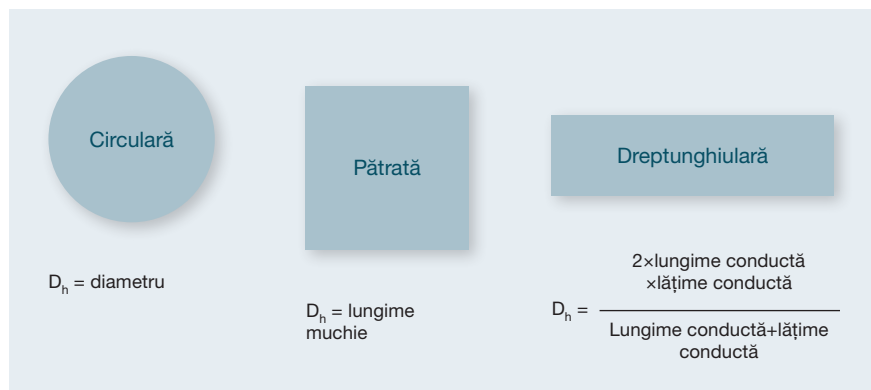
3. Locul optim de măsurare

Factorul decisiv atunci când dorim măsurători concludente îl reprezintă selectarea unui punct de măsurare adecvat. Acest lucru este stabilit deja de proiectantul sistemului în proiectul de execuție (planul proiectului). Trebuie avute în vedere următoarele criterii:

- Trebuie prevăzute punctele de măsurare a fluxului de aer pe toate conductele principale și pe conductele de admisie aer în încăperi cu cerințe ridicate.
- Distanțele minime de la elementele perturbatoare trebuie să respecte principiul: cel puțin de 6 ori diametrul

hidraulic în aval și de 2 ori diametrul hidraulic în amonte

- Punctele de măsurare trebuie să fie ușor accesibile și trebuie să existe suficient spațiu pentru manevrarea instrumentului de măsură.
- Fluxul de aer trebuie să fie liber de orice flux de retur sau flux turbionar.



Calculul diametrului hidraulic D_h pentru diferite forme de conductă.

3.1. Regimuri de curgere în conducte

Aerul care trece prin conductă nu are o viteză constantă. De regulă, aerul din mijloc are o viteză mai mare decât aerul dinspre pereții conductei. Din cauza frecării, la nivelul pereților conductei există rezistențe mai mari care trebuie depășite. Se face distincția între două regimuri principale de curgere:

Curgere laminară.

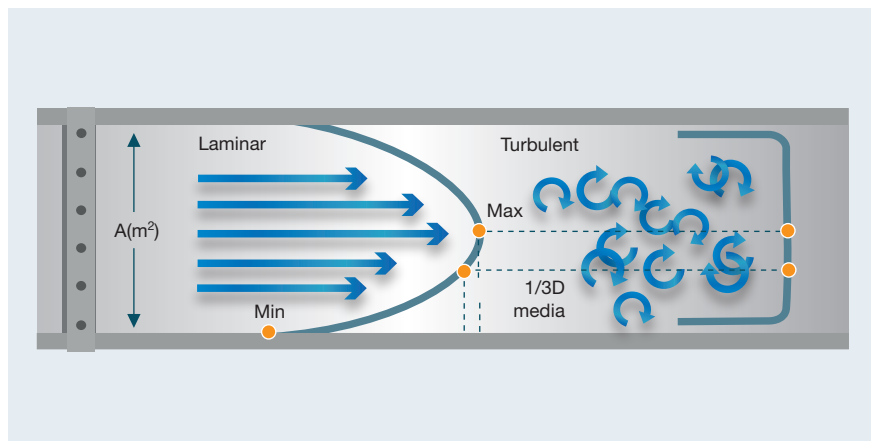
Curgerea laminară implică un flux de aer uniform cu liniile de flux paralele unele cu altele. Nu există nicio turbulență și nu se distinge nicio viteză maximă în mijlocul tubulaturii. Viteza medie a fluxului este aproximativ la o treime din diametrul conductei. De îndată ce viteza aerului crește, curgerea laminară devine progresiv curgere turbulentă.

Curgere turbulentă.

În acest caz, vitezele fluxului sunt în mare parte identice prin mijlocul diametrului conductei, însă viteza scade drastic la perete. Cu toate acestea, liniile de flux sunt nedirecționale, cu alte cuvinte aerul se deplasează haotic și cu

un grad mare de frecare.

Între cele două forme ideale sunt posibile orice combinații, fiecare element de perturbare (precum clapete, coturi, supape, regulatoare de debit volumic, etc.) schimbând regimul de curgere. În practică, așa-numita măsurătoare tip grilă pe toată secțiunea transversală a conductei de ventilație este indispensabilă pentru obținerea unor rezultate reproductibile.



Viteza curgerii laminare și turbulente. Se generează regimuri de curgere diferite în funcție de viteza fluxului.

3.2. Distanța față de elemente perturbatoare

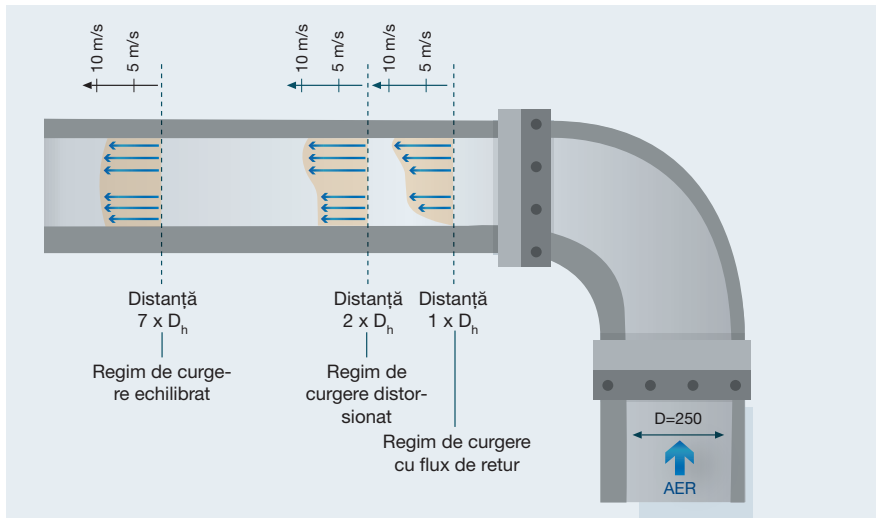
Regimuri de curgere ideale se întâlnesc aproape în exclusivitate în conducte foarte lungi, în linie dreaptă și fără elemente perturbatoare. Din acest motiv, trebuie respectate distanțele minime față de elementele perturbatoare.

Acolo unde distanța față de elementele perturbatoare este suficientă, numărul punctelor de măsurare din secțiunea transversală a conductei poate fi considerabil redus.

În practică, clapetele, supapele, coturile și alte curburi împiedică formarea unui flux constant. În circumstanțe

nefavorabile, acest lucru face ca maximum regimului de curgere să nu se afle în mijlocul conductei, ci să fie deplasat spre marginea acesteia, iar în situațiile și mai problematice, pot apărea fluxuri de retur sau zone fără flux.

Ca regulă generală, fluxurile de retur se diminuează după o distanță egală cu de 2 ori diametrul hidraulic de respectivul element perturbator, însă regimul de curgere este distorsionat atât de puternic încât este nevoie de un număr mare de puncte de măsurare pentru a păstra imprecizia măsurătorilor la minim.

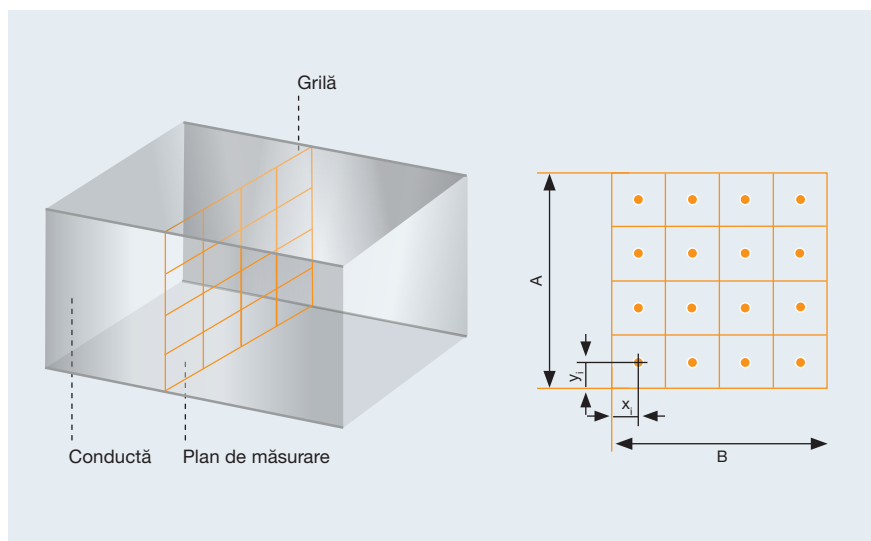


Deviațiile regimului de curgere se reduc pe măsură ce distanța de la elementul perturbator crește. Cu cât este mai mare distanța de la elementul perturbator, cu atât mai uniform devine regimul de curgere și cu atât mai mare va fi precizia măsurătorilor sau cu atât mai mic va fi numărul necesar de puncte de măsurare.

4. Metoda de măsurare

Pentru a determina debitul volumic, trebuie stabilită valoarea medie reprezentativă a fluxului din secțiunea transversală a conductei. În acest sens, suprafața de măsurare se împarte în suprafețe parțiale și se determină viteza în centrul suprafețelor parțiale. Această metodă este denumită măsurătoare tip grilă. Metoda de împărțire a secțiunii transversale a conductei în suprafețe parțiale este diferită pentru conductele dreptunghiulare și cele circulare. Standardul DIN EN 12599 prevede următoarele două metode de măsurare:

- metoda trivială pentru măsurători în conducte de aer cu o secțiune dreptunghiulară sau pătrată
- metoda axei centroidale pentru măsurări în conducte cu secțiune circulară



Împărțirea secțiunii transversale a conductei conform metodei triviale. Punctele de măsurare se află în centrele suprafețelor.

4.1. Metoda trivială

Metoda trivială nu presupune nicio distribuție specială a vitezei în conductă. Secțiunea transversală a conductei se împarte simplu în câteva zone de măsurare de dimensiuni identice. Punctul de măsurare se află în centrul fiecărei zone.

Acolo unde există un profil de viteză uniform, se obține un rezultat concludent chiar și cu un număr mic de puncte de măsurare. Acolo unde există diferențe mai mari de viteză a fluxului, numărul de puncte de măsurare trebuie mărit în consecință. Numărul de puncte de măsurare se consideră a fi suficient de mare atunci când fluctuațiile valorilor măsurate într-o zonă parțială sunt atât de mici încât valorile măsurate în punctele

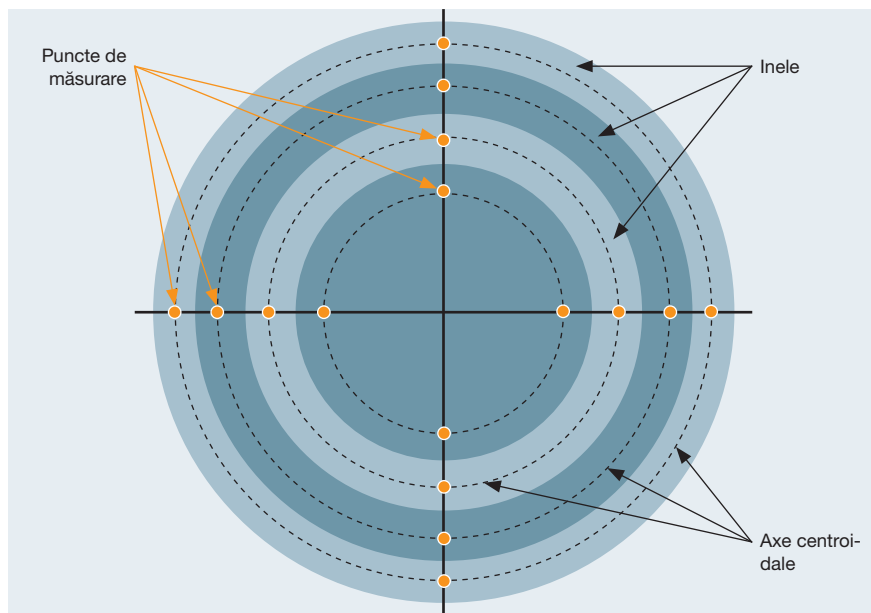
centrale pot fi considerate valori medii în contextul preciziei de măsurare specificate.

Valoarea măsurată a debitului volumic pentru întreaga conductă se calculează atunci ca media aritmetică dintre valorile măsurate ale zonelor parțiale.

4.2. Metoda axei centroidale

Procedura pentru metoda axei centroidale ce trebuie aplicată în cazul conductelor circulare sau similare. Aceasta implică împărțirea secțiunii transversale circulare a conductei în inele cu o suprafață egală și un cerc în mijloc. Punctul de măsurare pe suprafața inelului și în cercul interior este cel de pe axa centroidală a fiecărei suprafețe parțiale. În acest sens, axa centroidală este raza (y) ce intersectează suprafața parțială.

Întrucât nu se poate presupune întotdeauna că fluxul se va deplasa înainte prin conductă într-o mișcare de rotație simetrică, pentru conductele circulare trebuie alese două planuri de măsurare cu un unghi de 90° între ele.



Determinarea locurilor de măsurare ale unei secțiuni circulare prin metoda axei centroidale.

4.3. Calculul debitului volumic

Valorile măsurate ale vitezei prin metoda trivială sau metoda axei centroidale ar trebui utilizate pentru a calcula viteza medie a fluxului din care se calculează apoi debitul volumic al aerului. Calculul se efectuează cu următoarea formulă:

$$\dot{V} = A \times \bar{v} \times 3600$$

$\dot{V}$ = debitul volumic în m³/h

$\bar{v}$ = viteza medie a fluxului în m/s

A = secțiunea transversală a fluxului în m²

Exemplu:

Având o secțiune transversală A de 0,5 m² și o viteză medie măsurată de 4 m/s rezultă un debit volumic de 7200 m³/h.

Determinarea debitului volumic pe baza vitezei medii a fluxului și secțiunii transversale a conductei

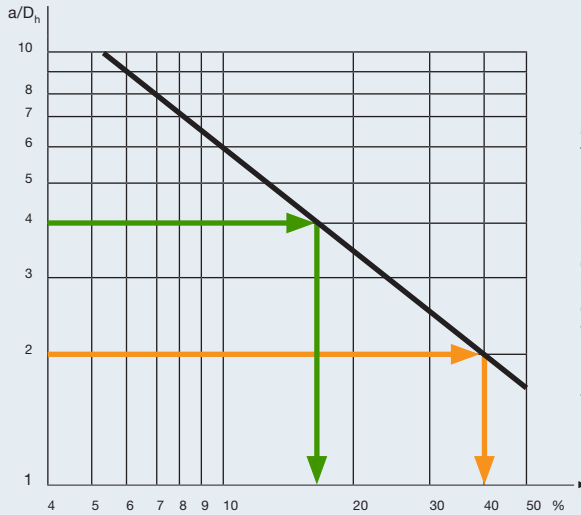
5. Evaluarea valorilor măsurate

Standardul DIN EN 12599 conține o cerință privind precizia debitului volumic al aerului de determinat cu o marjă de eroare de $\pm 10\%$. Întrebarea la care însă se pune aici este cât de precisă a fost măsurătoarea care tocmai a fost efectuată. DIN EN 12599 oferă și răspunsul la această întrebare.

În plus față de imprecizia instrumentului de măsură și a sondei utilizate, neregularitatea regimului de curgere reprezintă un factor esențial în determinarea erorii totale. Acolo unde neregularitatea regimului de curgere este mare, eroarea de măsurare specificată de $\pm 10\%$ se poate obține doar cu un număr de puncte de măsurare care este la fel de mare, ceea ce implică un proces cu consum mare de timp. Numărul de puncte de măsurare trebuie privit, așadar, întotdeauna în raport cu distanța de la elementele perturbatoare, deoarece acestea sunt decisive în ceea ce privește neregularitățile regimului de curgere.

Numărul de puncte de măsurare într-o secțiune transversală a conductei depinde de neregularitatea (distorsiunea) regimului de curgere a aerului. Diagrama de mai jos prezintă relația empirică dintre distanța relativă a/D_h (distanța de la perturbare exprimată ca valoare a diametrelor hidraulice) și neregularitatea U a regimului de curgere (exprimată ca procent). Se poate observa că neregularitatea regimului de curgere se diminuează pe măsură ce distanța de mărește.

Pasul 1: Determinarea neregularității regimului de curgere



Determinarea neregularității U a regimului de curgere în funcție de distanța de la elementul perturbator.

Exemplu:

Pentru o măsurătoare la o distanță de două ori diametrul hidraulic, U este 40% (pentru direcția de măsurare a se vedea săgețile galbene). Pe de altă parte, pentru $a = 4 D_h$, U este sub 20% (săgețile verzi).

Pasul 2: Determinarea numărului necesar de puncte de măsurare

Cu valoarea U care a fost determinată folosind diagrama, din tabelul următor puteți citi acum numărul de puncte de măsurare necesare pentru a respecta o precizie de măsurare specificată.

Numărul de puncte de măsurare	Imprecizia măsurătorii τ_u ca % Neregularitatea regimului U ca %					
	2	10	20	30	40	50
4	6	12	20	28	36	42
5	5	11	17	24	31	36
6	5	10	15	21	27	32
8	4	8	13	18	23	27
10	3	7	12	16	20	24
20	2	5	8	11	14	16
30	2	4	7	9	11	14
50	1	3	5	7	8	10
100	1	2	3	5	6	7
200	1	1	2	3	4	5

Imprecizia măsurătorii depinde de numărul de puncte de măsurare.

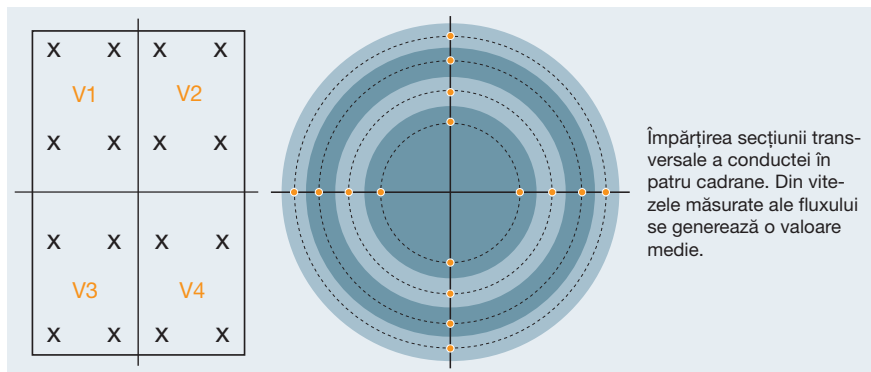
Exemplu: Pentru $U = 40\%$ și o imprecizie de măsurare specificată de $\tau_U = \pm 15\%$, sunt necesare 20 de puncte de măsurare (reper galbene, direcția de măsurare de sus în jos și apoi spre stânga). Pentru $U = 20\%$, sunt suficiente 8 puncte de măsurare (marcaje verzi).

Pont: Pe măsură ce distanța de la elementul perturbator crește, puteți reduce numărul de puncte de măsurare necesare și astfel efortul de măsurare, fără a periclita precizia măsurătorii.

Pasul 3: Calcularea neregularității regimului de curgere

Folosind valorile măsurate, puteți verifica aritmetic neregularitatea regimului de curgere. În acest scop, împărțiți secțiunea transversală a conductei în patru cadrane egale și determinați media

aritmetică a valorilor măsurate pentru fiecare cadran.



Din valoarea medie cea mai mare și cea mai mică se obține neregularitatea regimului de curgere conform formulei

de mai jos:

$$U = \frac{\bar{V}_{\max} - \bar{V}_{\min}}{\bar{V}}$$

U (*100) = neregularitatea regimului de curgere exprimată ca %

Vmax (m/s) = maximul mediei aritmetice a tuturor celor patru cadrane

Vmin (m/s) = minimul mediei aritmetice a tuturor celor patru cadrane

V (m/s) = media aritmetică a vitezei în întreaga secțiune transversală

Pasul 4: Calcularea erorii totale conform DIN EN 12599

Pe lângă imprecizia măsurătorii datorată influențelor (fuxului) în punctul de măsurare, există și alte surse de eroare posibile pe care este posibil să fie nevoie să le luați în considerare:

- Imprecizia măsurătorilor la citire
- Imprecizia valorii medii (cu parametri de măsurare fluctuanți)
- Eroarea afișajului instrumentului de măsurare (eroarea instrumentului de măsurare)
- Imprecizii de măsurare ale valorilor importante, ex. densitatea aerului
- Imprecizii de conversie

Imprecizia datorată influențelor din punctul de măsurare și erorilor instrumentului de măsurare (precizia instrumentului de măsurare și/sau sondelor) are cea mai mare influență în acest sens. Grație instrumentelor de măsurare moderne, precum testo 400, aceste variabile sunt luate automat în considerare în calculul impreciziei totale,

venind astfel în sprijinul unui proces conform standardelor aplicabile și documentării rezultatelor.

6. Evaluarea valorilor măsurate

Un proces verbal complet de măsurare trebuie emis clientului cel târziu la data predării sistemului. Acest proces verbal de măsurare acoperă toate detaliile clădirii și denumirea proiectului, locația specifică a măsurătorii, valoarea țintă agreată, instrumentul de măsurare utilizat, valorile măsurate înregistrate și marja de eroare a rezultatelor măsurătorilor, împreună cu data și locul măsurătorii.

Testo 400 vă permite să întocmiți acest proces verbal direct în instrumentul de măsurare și să îl trimiteți prin e-mail. Nu poate fi mai eficient de atât.

