	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2024

Číslo úkolu: **VII/5/24**

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Název úkolu:

„Aspekty kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu a jejich interpretace v podobě přílohy osvědčení o akreditaci“

Řešitel: Ing. Martin Valenta

Spoluřešitelé: Ing. Jiří Bílek
Ing. Josef Vojtíšek

Schválil:

Datum: 22.10.2024

Rozdělovník: 2× ÚNMZ
1× ČIA
2× oponenti

Výtisk č.:




Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024


	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

1. Úvod

Předkládaná zpráva je výsledkem práce, která měla za úkol provést rešerši stávajících příloh osvědčení o akreditaci, shrnout současný stav s jeho přednostmi a nedostatky a dát podklad pro další vývoj posuzování vlhkosti vzduchu. Ta je při posuzování součástí skupiny fyzikálně-chemických veličin, kde má vlhkost svoje vlastní místo. Situaci komplikuje skutečnost, že naprostá většina kalibračních laboratoří se nevěnuje kalibraci vlhkosti jako takové, ale pouze její části – vlhkosti vzduchu. Práce by měla dát doporučení, zda je vhodné vyčlenit vlhkost vzduchu jako samostatný obor (tabulku ve formuláři pro POA), který by z logiky věci byl zařazen k oboru teplota, ke kterému je prakticky velmi často připojován.

Práce respektuje výsledky úkolů PRM, řešených ČIA v předchozích letech, a využívá i podněty z praxe. Již tradičně se předpokládá nabídnutí článku shrnujícího zprávu do média určeného širší odborné veřejnosti a příprava otevřeného semináře, v němž dostane široká odborná veřejnost možnost seznámit se s výsledky řešení úkolu.

Předkládaný úkol vychází ze skutečnosti, že pro obor vlhkosti vzduchu byly rozsahy akreditace ve stávajících POA definovány nedostatečně. Nebyl totiž uváděn podstatný parametr, kterým je teplotní rozsah, pro který udávaná CMC nejistota platí. Dlouhodobou strategií ČIA je definovat rozsah akreditace dostatečně přesně a s maximální vypovídací schopností, nebylo tedy možné na tuto situaci nereagovat. Z diskusí s jednotlivými odbornými posuzovateli vyplynula poměrně velká shoda na základním teplotním rozsahu, blízko standardnímu laboratornímu rozsahu, v odlehlejších rozsazích už byla shoda významně menší. Smyslem řešení zadaného úkolu je odhalit kritická místa kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu (z hlediska hodnot CMC nejistot i z hlediska jejich výpočtu) a k nim doporučit vhodný postup, jak stanovit CMC nejistoty včetně příslušného teplotního rozsahu. Výstupem řešení mají být nejen doporučení ke správnému uvádění rozsahu akreditace v oboru vlhkost vzduchu v POA, ale také stanovení reálně dosažitelných nejistot při kalibraci měřidel vlhkosti vzduchu v závislosti na teplotě prostředí a definování extrémních hodnot, jejichž dosahování by kalibrační laboratoř měla velmi pečlivě prokázat teoreticky i prakticky.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

2. Cíl

2.1. Zadání

Zadání úkolu je přesně definováno v plánovacím listu, jeho podstatou bylo vytvořit přehled aktuálního stavu příloh osvědčení o akreditaci s přihlédnutím k dříve zjištěnému nedostatku, kterým bylo neuvažování teploty měřeného prostředí jako podstatného vlivu na nejistotu kalibrace. S tím logicky souvisí i definice hodnot CMC dané laboratoře, tyto hodnoty proto mohly být zpochybňovány.

Kalibračním laboratořím má výsledek úkolu dát určitý návod, jak přistupovat ke kalibracím v oboru vzdušná vlhkost, jak pracovat s informacemi o teplotě prostředí s kalibrovanou vlhkostí, jaké podstatné příspěvky nejistot nelze zanedbat a jaké principy kalibrace a jejich názvy jsou doporučované.

Nezanedbatelným má být příspěvek ke sjednocování pohledu posuzovatelů ČIA i pohledu kalibračních laboratořích na kalibraci vlhkosti a uvádění informací o rozsahu akreditace a jejich chápání v široké odborné veřejnosti.

2.2. Stručná charakteristika úkolu, jak je uvedena v plánovacím listu

Sjednocený pohled ČIA (vč. odborných posuzovatelů) i kalibračních laboratořích na kalibraci vzdušné vlhkosti a uvádění informací o rozsahu akreditace do přílohy osvědčení o akreditaci (POA). Do toho spadá jak výpočet nejmenší uváděné nejistoty vzhledem k rozsahu měřené veličiny, tak i správné uvádění principů kalibrace z hlediska vypovídací schopnosti i jednotnosti pro různé kalibrační laboratoře. Porovnatelnost výkonu jednotlivých laboratořích je tím významně spolehlivější.

Výsledkem řešení úkolu bude základní přehled o kalibraci v oboru vzdušná vlhkost s přehledem faktorů, ovlivňujících nejistotu, jejichž vliv je nutné při stanovování CMC laboratoře vzít v úvahu. Druhým důležitým výstupem budou informace o vlivu teploty na kalibrovanou vlhkost s důrazem na souvislosti mezi vlhkostí a teplotou prostředí jako parametrem měření a dosažitelnou nejistotou kalibrace pro různé použitelné kombinace těchto veličin. Součástí výsledku úkolu bude, stejně jako v případě předchozích úkolů PRM, zpřístupnění řešení úkolu odborné veřejnosti formou semináře a článkem v odborném periodiku.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

3. Obsah

1.	Úvod	3
2.	Cíl	4
2.1.	Zadání	4
2.2.	Stručná charakteristika úkolu, jak je uvedena v plánovacím listu	4
3.	Obsah	5
4.	Zvolené řešení	8
5.	KCDB databáze cmc národních metrologických institutů pro obor termometrie - vlhkost	9
5.1.	Teplota rosného bodu	9
5.2.	Relativní vlhkost.....	10
6.	Celkové hodnocení obsahu databáze kcdb v oboru vlhkosti.....	11
6.1.	Relativní vlhkost.....	12
6.2.	Teplota rosného bodu	18
6.3.	Celkové hodnocení obsahu KCDB.....	27
7.	Zahraníční přílohy oa.....	28
7.1.	TESTO Švýcarsko	28
7.2.	TESTO Rakousko.....	28
7.3.	TESTO Francie.....	32
7.4.	TESTO Německo.....	34
7.5.	TESTO Velká Británie.....	34
7.6.	RH Systems USA	38
7.7.	VAISALA Finsko	39
7.8.	ROTRONIC Švýcarsko	41
7.9.	Celkové hodnocení obsahu zahraničních příloh OA v oboru vlhkosti	43
8.	POA kalibračních laboratoří v ČR.....	45
8.1.	Komentované POA kalibračních laboratoří v ČR.....	45
8.2.	Celkové hodnocení příloh OA českých subjektů	71
8.2.1.	Obor měřené veličiny	71
8.2.2.	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	71
8.2.3.	Jmenovitý rozsah.....	72
8.2.4.	Parametry měřené veličiny	73
8.2.5.	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření	73
8.2.6.	Princip kalibrace	73




Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran


Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

8.2.7.	Identifikace kalibračního postupu.....	73
9.	Teoretické aspekty měření vlhkosti vzduchu za vyšších teplot	74
9.1.	Úvod.....	74
9.2.	Měření teploty rosného bodu, rosnobodové vlhkoměry	75
9.2.1.	Chyby měření teploty.....	78
9.2.2.	Chyby realizace rosného bodu.....	78
9.3.	Psychrometrické měření RH	78
9.4.	Kapacitní snímače vlhkosti	86
9.5.	Shrnutí.....	94
10.	Podmínky používání a způsoby zajištění návaznosti různých typů etalonových vlhkoměrů při různých teplotách	95
10.1.	Rosnobodové vlhkoměry.....	95
10.1.1.	Příklad výpočtu nejistoty měření rosnobodovým vlhkoměrem	96
10.2.	Psychrometrické vlhkoměry.....	100
10.2.1.	Příklad výpočtu nejistoty měření psychrometrem	102
10.2.2.	Matematický model a koeficient citlivosti	103
10.2.3.	Standardní nejistota psychrometrického koeficientu.....	104
10.2.4.	Standardní nejistota barometrického tlaku.....	104
10.2.5.	Standardní nejistota suchého teploměru	105
10.2.6.	Standardní nejistota vlhkého teploměru	105
10.2.7.	Shrnutí	106
10.3.	Kapacitní vlhkoměry	107
10.3.1.	Příklad výpočtu nejistoty měření kapacitním snímačem	107
11.	Společná pravidla pro všechny typy vlhkoměrů	109
12.	Doporučení pro tvorbu přílohy osvědčení o akreditaci v oboru vlhkost vzduchu ...	112
12.1.	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	112
12.2.	Jmenovitý rozsah	112
12.3.	Parametry měřené veličiny	112
12.4.	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření	113
12.5.	Princip kalibrace.....	113
12.6.	Identifikace kalibračního postupu	113
13.	Další výstupy z řešení úkolu	114
13.1.	Článek pro časopis Metrologie	114
13.2.	Seminář pro odbornou veřejnost	114
13.3.	Koncepce prezentace.....	114

 <small>NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN</small>	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

14.	Shrnutí	115
15.	Závěr.....	116
16.	Literatura.....	117
17.	Přílohy.....	119

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

4. Zvolené řešení

Předpokladem pro řešení bylo provedení rešerše všech vydaných příloh osvědčení o akreditaci pro obor vlhkosti vzduchu v ČR a vybraných (náhodný výběr z dostupných) osvědčení o akreditaci v zahraničí.

Po shromáždění uvedených podkladů odborní řešitelé provedli jejich rešerši a zhodnocení informací na osvědčení uváděných. Je nutno mít na paměti, že teplotní rozsah jako parametr byl do POA ČIA doplněn až v poslední době jako důsledek evaluace v relativně krátkém čase. Vzhledem k možnostem, které ČIA dává správní řád, byla POA dotčených laboratoří upravována až při požadavku laboratoře na změnu POA, tedy v delším časovém období. V jeho průběhu se poměrně výrazně ukázalo, že v určitém základním rozsahu vlhkosti vzduchu jsou náhledy posuzovatelů na vliv teploty jako parametru velmi blízké, ovšem zejména v extrémních oblastech se názory navzájem nezanedbatelně vzdalují. Tato skutečnost vedla k debatě se skupinou zainteresovaných OP, z níž pak vzešel námět, který byl následně přepracován do návrhu tohoto úkolu PRM.

V následujících kapitolách je uveden přehled a hodnocení údajů v databázi KCDB pro jednotlivé metrologické instituty a příloh osvědčení kalibračních laboratoří v zahraničí i u nás.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

5. KCDB databáze CMC národních metrologických institutů pro obor Termometrie - vlhkost

Pro porovnání CMC národních metrologických institutů (NMI) zapsaných v databázi KCDB byly zvoleny NMI citované v níže uvedené tabulce. Záznamy obsahují jednak CMC v relativní vlhkosti a jednak CMC v teplotě rosného bodu. Porovnáváno bylo celkem 15 NMI, z nichž 1 NMI má záznam pouze pro relativní vlhkost 7 NMI má záznam pouze pro teplotu rosného bodu a 7 NMI má záznam pro relativní vlhkost i pro teplotu rosného bodu. (Viz také další kapitola.)


Stát, organizace	Relativní vlhkost	Rosný bod
United Kingdom, NPL (National Physical Laboratory)	ANO	ANO
Czechia, CMI (Czech Metrology Institute)		ANO
Denmark, FORCE (FORCE Technology)		ANO
Finland, MIKES (VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Centre for Metrology/Mittatekniikan keskus)	ANO	ANO
France, LNE-CETIAT (Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques)		ANO
Italy, INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)	ANO	ANO
Germany, PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)		ANO
Norway, JV (Justervesenet)	ANO	ANO
Poland, GUM (Główny Urząd Miar, Central Office of Measures)		ANO
Austria, E+E (E+E Elektronik)	ANO	ANO
Russian Federation, VNIIFTRI (Institute of Physical Technical and Radiotechnical Measurements, Rosstandart)		ANO
Greece, EIM (Hellenic Institute of Metrology)	ANO	ANO
Slovenia, MIRS/UL-FE/LMK (MIRS/University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering/Laboratory of Metrology and Quality)	ANO	ANO
Spain, INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial)		ANO
Switzerland, METAS (Federal Institute of Metrology)	ANO	

5.1. Teplota rosného bodu

U teploty rosného bodu je měřidlem vždy rosnobodový vlhkoměr.

CMC mají všechny porovnávané laboratoře kromě LNE-CETIAT Francie rozděleny na dílčí podrozsahy, ale neobvyklé je, že polovina porovnávaných laboratoří má alespoň u jednoho podrozsahu uvedeno rozmezí CMC, a ne pevně definovanou hodnotu. Správně by CMC měla být ta nejlepší hodnota, a pokud to neplatí v celém rozsahu, mělo by být definováno více podrozsahů nebo by měla být CMC definována jiným způsobem, např. rovnicí.

Jako parametr nemá spousta laboratoří uvedeno nic, ale nejčastěji je uvedena teplota okolí (23 ± 2) °C nebo (23 ± 3) °C, i když JV Norsko má uvedenu pouze hodnotu 21 °C a PTB

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Německo nemá uvedenu žádnou hodnotu teploty okolí. Nejpodrobněji popsání parametry má E+E Rakousko, které má kromě teploty okolí uveden i tlak a maximální průtok vzduchu. U některých laboratoří se v parametru objevuje ještě teplota klimatické komory, saturační teplota nebo už zmiňovaný tlak.

Poslední informací v této databázi je metoda měření, kde to ale připomíná vlastní tvorbu jednotlivých laboratoří. Jsou zde uvedeny kalibrace pomocí vlhkostního generátoru, kalibrace proti vlhkostnímu generátoru, měření proti generátoru teploty rosného bodu, měření proti vlhkostnímu generátoru, porovnání s generátorem teploty rosného bodu, porovnání s vlhkostním generátorem, porovnání v klimatické komoře, generátor teploty rosného bodu, 1-P primární vlhkostní generátor, přímé měření, porovnání, porovnání rozděleného průtoku.


5.2. Relativní vlhkost

U relativní vlhkosti je to podobné jako u teploty rosného bodu. Měřidlem je obvykle vlhkoměr relativní vlhkosti nebo snímač relativní vlhkosti (v doslovném překladu), pouze MIRS/UL-FE/LMK Slovinsko a MIKES Finsko má uvedeny navíc psychrometry.

U CMC mají všechny laboratoře uveden celý rozsah relativní vlhkosti bez dělení na dílčí podrozsahy a jednotlivé řádky se liší rozdílnou teplotou vzduchu. NPL Anglie, MIKES Finsko, JV Norsko a METAS Švýcarsko mají uvedeno rozmezí CMC, a ne pevně definovanou hodnotu. Správně by CMC měla být ta nejlepší hodnota a pokud to neplatí v celém rozsahu, mělo by to být rozděleno na dílčí podrozsahy nebo by měla být CMC definována jiným způsobem, např. rovnicí, jako to mají INRIM Itálie, E+E Rakousko a EIM Řecko. E+E Rakousko má dokonce v dané rovnici zakomponovanou i teplotu vzduchu pro rozsah teploty (-40 až 0) °C. Jediné MIRS/UL-FE/LMK Slovinsko má CMC definovanou jako jednu hodnotu pro celý rozsah (10 až 95) % RH, resp. (15 až 95) % RH, což je ale neobvyklé, protože u nižších vlhkostí se obvykle uvádějí nižší nejistoty než u vysokých vlhkostí a daná laboratoř by tak pravděpodobně mohla mít pro nízké vlhkosti nižší CMC.

Jako parametr je u všech laboratoří uvedena teplota vzduchu, pouze u INRIM Itálie je navíc uvedena i teplota okolí a MIRS/UL-FE/LMK Slovinsko má uvedenu teplotu okolí, ale myslí se tím teplota vzduchu. Pojem teplota vzduchu je teplota, při které je vygenerována a měřena daná relativní vlhkost, tj. teplota v samotném generátoru vlhkosti, zatímco teplota okolí je teplota v laboratoři, tj. teplota v okolí generátoru vlhkosti. EIM Řecko má navíc v parametrech i tlak a E+E Rakousko má kromě teploty a tlaku uveden i maximální průtok.

Metoda měření je opět vlastní tvorba jednotlivých laboratoří. Je zde uvedeno kalibrace pomocí vlhkostního generátoru, kalibrace proti etalonové relativní vlhkosti generované vlhkostním generátorem, kalibrace porovnáním, porovnání v klimatické komoře, porovnání s vlhkostním generátorem, porovnání, generátor relativní vlhkosti.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

6. Celkové hodnocení obsahu databáze KCDB v oboru vlhkosti

Hodnocení obsahu databáze KCDB provedeme srovnáním s jednotlivými sloupci přílohy OA, která je používána u českých akreditovaných kalibračních laboratoří.

(Obsah databáze KCDB je uveden na dalších stranách.)



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

6.1. Relativní vlhkost

United Kingdom, NPL (National Physical Laboratory)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration using a humidity generator	Air temperature : -40 °C to 70 °C	[0.5 , 98.0] %rh	[0.11 , 0.6] %rh (Absolute)	
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration using a humidity generator	Air temperature : 70 °C to 95 °C	[0.5 , 98.0] %rh	[0.11 , 0.6] %rh (Absolute)	
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration using a humidity generator	Air temperature : 95 °C to 100 °C	[0.5 , 80.0] %rh	[0.11 , 0.6] %rh (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta


Datum zpracování:
22.10.2024

Finland, MIKES (VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Centre for Metrology/Mittatekniikan keskus)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Relative humidity generator	Air temperature : -20 °C to 10 °C	[10.0 , 95.0] %rh	[0.2 , 0.9] %rh (Absolute)	
Humidity	Relative humidity sensors	Relative humidity generator	Air temperature : 10 °C to 30 °C	[10.0 , 95.0] %rh	[0.2 , 0.7] %rh (Absolute)	
Humidity	Relative humidity sensors	Relative humidity generator	Air temperature : 30 °C to 85 °C	[10.0 , 95.0] %rh	[0.2 , 0.5] %rh (Absolute)	
Humidity	Relative humidity sensors	Comparison in a climatic chamber	Air temperature : 10 °C to 85 °C	[10.0 , 98.0] %rh	[0.4 , 1.5] %rh (Absolute)	
Humidity	Psychrometers	Comparison in a climatic chamber	Air temperature : 15 °C to 70 °C	[10.0 , 95.0] %rh	[0.5 , 1.6] %rh (Absolute)	

Italy, INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration against the reference RH generated by a humidity generator	Air temperature : -10 °C to +70 °C Ambient temperature : 21 °C to 25 °C	[10.0 , 95.0] %rh	[0.185 , 0.4825] %rh (Absolute)	$0.0035 \times \text{RH-reading} + 0.15 \text{ %rh}$ (The uncertainty is expressed in %rh)

 NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Norway, JV (Justervesenet)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration by comparison	Temperature : -10 °C to 70 °C	[10.0 , 95.0] %rh	[0.4 , 1.2] %rh (Absolute)	

Switzerland, METAS (Federal Institute of Metrology)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration by comparison	Temperature : -5 °C to 65 °C	[15.0 , 95.0] %rh	[0.3 , 1.4] %rh (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Austria, E+E (E+E Elektronik)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Relative humidity	Relative humidity hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 5 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Test chamber temperature : -40 °C to 0 °C	[0.0 , 98.0] %	%rh (Absolute)	$(0.2+t/(-40)*0.1) \% + 0.006*h$, t (air) temperature in °C (t (air) temperature in °C, h relative humidity in %rh) The uncertainty is expressed in %rh)
Relative humidity	Relative humidity hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 5 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Test chamber temperature : 0 °C to 65 °C	[0.0 , 98.0] %	%rh (Absolute)	$0.1 \% + 0.004*h$ (h relative humidity in %rh) The uncertainty is expressed in %rh)
Relative humidity	Relative humidity hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 2 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Test chamber temperature : 65 °C to 95 °C	[0.0 , 98.0] %	%rh (Absolute)	$0.1 \% + 0.004*h$ (h relative humidity in %rh) The uncertainty is expressed in %rh)



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Greece, EIM (Hellenic Institute of Metrology)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Comparison	Air temperature : 10 °C to 20 °C Pressure : 1 atm	[10.0 , 95.0] %rh	%rh (Absolute)	$0.017h + 0.4$ (h humidity in %rh) The uncertainty is expressed in %rh)
Humidity	Relative humidity sensors	Comparison	Air temperature : 20 °C to 45 °C Pressure : 1 atm	[10.0 , 95.0] %rh	%rh (Absolute)	$0.009h + 0.2$ (h humidity in %rh) The uncertainty is expressed in %rh)
Humidity	Relative humidity sensors	Comparison	Air temperature : 45 °C to 70 °C Pressure : 1 atm	[10.0 , 95.0] %rh	%rh (Absolute)	$0.018h + 0.4$ (h humidity in %rh) The uncertainty is expressed in %rh)



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Slovenia, MIRS/UL-FE/LMK (MIRS/University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering/Laboratory of Metrology and Quality)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Uncertainty Equation
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration by comparison	Ambient temperature : -10 °C to 0 °C	[10.0 , 95.0] %rh	1.2 %rh (Absolute)	
Humidity	Relative humidity sensors	Calibration by comparison	Ambient temperature : 0 °C to 19 °C	[10.0 , 95.0] %rh	1.0 %rh (Absolute)	
Humidity	Psychrometers	Calibration by comparison	Ambient temperature : 15 °C to 19 °C	[15.0 , 95.0] %rh	1.2 %rh (Absolute)	
Humidity	Psychrometers	Calibration by comparison	Ambient temperature : 19 °C to 50 °C	[15.0 , 95.0] %rh	0.8 %rh (Absolute)	
Humidity	Psychrometers	Calibration by comparison	Ambient temperature : 50 °C to 70 °C	[15.0 , 95.0] %rh	1.0 %rh (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

6.2. Teplota rosného bodu

United Kingdom, NPL (National Physical Laboratory)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Calibration using a humidity generator		[-45.0 , 75.0] °C	[0.033 , 0.05] °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Calibration using a humidity generator		[-90.0 , -45.0] °C	[0.5 , 0.033] °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Calibration using a humidity generator		[75.0 , 90.0] °C	[0.05 , 0.1] °C (Absolute)	

Czechia, CMI (Czech Metrology Institute)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew point hygrometer	Calibration against humidity generator		[-45.0 , -30.0] °C	0.35 °C (Absolute)	
Humidity	Dew point hygrometer	Calibration against humidity generator		[-30.0 , 30.0] °C	0.2 K (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Denmark, FORCE (FORCE Technology)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Split flow comparison	Ambient temperature : 21 °C to 25 °C	[-55.0 , 20.0] °C	[0.25 , 0.23] °C (Absolute)	
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison in climatic chamber	Chamber temperature : 15 °C to 85 °C	[20.0 , 75.0] °C	[0.16 , 0.17] °C (Absolute)	

Finland, MIKES (VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Centre for Metrology/Mittatekniikan keskus)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Dew-point generator		[-60.0 , -55.0] °C	0.05 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Dew-point generator		[-55.0 , 75.0] °C	0.05 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Dew-point generator		[-80.0 , -60.0] °C	[0.2 , 0.1] °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Dew-point generator		[75.0 , 84.0] °C	0.06 °C (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta


Datum zpracování:
22.10.2024

France, LNE-CETIAT (Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Ambient temperature : 20 °C to 26 °C	[-60.0 , 80.0] °C	[0.09 , 0.06] °C (Absolute)	Service provided by the LNE-CETIAT

Italy, INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew/frost-point hygrometer	Measurement against a humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 2) °C	[-75.0 , -70.0] °C	0.11 °C (Absolute)	
Humidity	Dew/frost-point hygrometer	Measurement against a humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 2) °C	[-70.0 , -60.0] °C	0.08 °C (Absolute)	
Humidity	Dew/frost-point hygrometer	Measurement against a humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 2) °C	[-60.0 , -40.0] °C	0.05 °C (Absolute)	
Humidity	Dew/frost-point hygrometer	Measurement against a humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 2) °C	[65.0 , 80.0] °C	0.08 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Calibration against a humidity generator	Ambient temperature : 21 °C to 25 °C	[-40.0 , 20.0] °C	0.04 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Calibration against a humidity generator	Ambient temperature : 21 °C to 25 °C	[20.0 , 65.0] °C	0.05 °C (Absolute)	

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Germany, PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Direct measurement		[-25.0 , 0.0] °C	0.035 °C (Absolute)	Ambient temperature
Humidity	Dew-point hygrometer	Direct measurement		[0.0 , 20.0] °C	0.035 °C (Absolute)	Ambient temperature
Humidity	Dew-point hygrometer	Direct measurement	Ambient temperature : flow system heated	[20.0 , 60.0] °C	0.035 °C (Absolute)	

Norway, JV (Justervesenet)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Ambient temperature : 21 °C	[-50.0 , 0.0] °C	0.3 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Ambient temperature : 21 °C	[0.0 , 20.0] °C	0.2 °C (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Poland, GUM (Główny Urząd Miar, Central Office of Measures)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with dew-point generator		$[-50.0, -30.0] \text{ }^{\circ}\text{C}$	$[0.1, 0.03] \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Absolute)	
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with dew-point generator		$[-30.0, 20.0] \text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.03 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Absolute)	
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with dew-point generator		$[20.0, 50.0] \text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.03 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Austria, E+E (E+E Elektronik)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 5 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Ambient temperature : (23 ± 3) °C	[-25.0 , 20.0] °C	0.035 K (Absolute)	
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 5 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Ambient temperature : (23 ± 3) °C	[20.0 , 65.0] °C	0.035 K (Absolute)	
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 5 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Ambient temperature : (23 ± 3) °C	[-55.0 , -25.0] °C	0.05 K (Absolute)	
Dew-point temperature	Dew-point hygrometer	Comparison with humidity generator	Continuous gas flow : Maximum 5 L/min Atmospheric pressure : (1000 ± 80) hPa Ambient temperature : (23 ± 3) °C	[65.0 , 95.0] °C	0.05 K (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3


Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Russian Federation, VNIIFTRI (Institute of Physical Technical and Radiotechnical Measurements, Rosstandart)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Direct measurement	Saturation temperature : -55 °C to 15 °C	[-55.0 , 15.0] °C	[0.11 , 0.12] °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Direct measurement	Saturation temperature : 1 °C to 30 °C	[-33.0 , 30.0] °C	0.11 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Direct measurement	Sample flow pressure : ambient	[-55.0 , -10.0] °C	0.11 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point generator	Comparison	Saturation temperature : -55 °C to 15 °C	[-55.0 , 15.0] °C	0.17 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point generator	Comparison	Saturation temperature : 1 °C to 30 °C	[-33.0 , 30.0] °C	0.17 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point generator	Comparison	Sample flow pressure : ambient	[-55.0 , -10.0] °C	0.17 °C (Absolute)	

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Greece, EIM (Hellenic Institute of Metrology)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Continuous gas flow : 1 atm	[-30.0 , -20.0] °C	0.1 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Continuous gas flow : 1 atm	[-20.0 , 40.0] °C	0.05 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Continuous gas flow : 1 atm	[40.0 , 80.0] °C	0.07 °C (Absolute)	

Slovenia, MIRS/UL-FE/LMK (MIRS/University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering/Laboratory of Metrology and Quality)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point meter	1-P primary humidity generator		[-50.0 , -30.0] °C	[0.049 , 0.031] K (Absolute)	
Humidity	Dew-point meter	1-P primary humidity generator		[-30.0 , 20.0] °C	[0.028 , 0.034] K (Absolute)	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3


Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Spain, INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial)

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Parameters	Measurand	Uncertainty	Comments
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 1) °C	[-75.0 , -70.0] °C	0.15 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 1) °C	[-70.0 , -60.0] °C	0.1 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Ambient temperature : (23 ± 1) °C	[-60.0 , -10.0] °C	0.05 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Test chamber temperature : 0 °C to 100 °C	[-10.0 , 60.0] °C	0.05 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Test chamber temperature : 0 °C to 100 °C	[60.0 , 70.0] °C	0.1 °C (Absolute)	
Humidity	Dew-point hygrometer	Measurement against humidity generator	Test chamber temperature : 0 °C to 100 °C	[70.0 , 75.0] °C	0.15 °C (Absolute)	

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

6.3. Celkové hodnocení obsahu KCDB

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace ... kalibrovaná veličina je uváděna u všech porovnávaných laboratoří nejčastěji jako vlhkost, v lepším případě jako relativní vlhkost nebo teplota rosného bodu. Předmět kalibrace ve formě konkrétních typů měřidel je uváděn nejčastěji jako rosnobodový vlhkoměr nebo vlhkoměr relativní vlhkosti / snímač relativní vlhkosti nebo psychrometr, což je trochu zavádějící, protože vlhkoměr relativní vlhkosti / snímač relativní vlhkosti je příliš obecný termín, jelikož relativní vlhkost měří i psychrometr a rosnobodový vlhkoměr. Lepší by bylo uvádět kapacitní vlhkoměry, aby to bylo jednoznačné.

Jmenovitý rozsah ... zde je zvláštní, že u teploty rosného bodu je obvyklé uvádět dílčí podrozsahy vztažené k jednotlivým CMC, zatímco u relativní vlhkosti všechny porovnávané laboratoře uvádějí jen jeden celkový rozsah.

Parametry měřené veličiny ... v případě relativní vlhkosti sem ideálně patří teplotní rozsah měření, u kterého se nejedná o rozsah referenčních podmínek indikačních měřidel, ale o rozsah teplot v prostoru, ve kterém je při těchto teplotách vlhkost vzduchu měřena. Většina laboratoří respektuje teplotní vliv na jednotlivá měření relativní vlhkosti a CMC je tak vyjádřena pro různé teplotní rozsahy. Některé laboratoře ale uvádí pro celý rozsah měření relativní vlhkosti jen jeden rozsah teploty. V případě teploty rosného bodu parametry často uváděny nejsou nebo je uváděna teplota okolí.

Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ... část laboratoří respektuje absolutní vyjádření nejistoty měření, tj. hodnoty v % RH u relativní vlhkosti a ve °C u teploty rosného bodu. Část laboratoří uvádí lineární rovnici pro výpočet CMC v závislosti na velikosti hodnoty relativní vlhkosti, přičemž jedna laboratoř má v rovnici zpracovánu i závislost relativní vlhkosti na teplotě. Část laboratoří ale uvádí rozsah CMC v daném rozsahu relativní vlhkosti nebo teploty rosného bodu, což je nevhodné, protože není jasné, pro jakou hodnotu platí jaká CMC.

Princip kalibrace ... v databázi KCDB se jedná o vlastní tvorbu jednotlivých laboratoří, často pouze v obecné formě.

Identifikace kalibračního postupu ... v databázi KCDB tato položka není uvedena, resp. některé laboratoře uvádějí tzv. identifikátor služby, což je pravděpodobně v některých případech kalibrační postup.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

7. Zahraniční přílohy OA

K posouzení přístupu některých evropských akreditačních orgánů byly zvoleny kalibrační laboratoře fy TESTO, která je mj. také výrobcem měřidel relativní vlhkosti vzduchu (dále RH). Firma TESTO má v Evropě několik akreditovaných kalibračních laboratoří, přičemž akreditace je udělena příslušným akreditačním orgánem země, ve které laboratoř působí. Přestože se mateřská společnost evidentně snaží o identické služby svých laboratoří, jsou v přílohách OA patrné rozdílné přístupy ve struktuře a úplnosti popisu CMC, které by měly jednoznačně stanovit způsob měření RH, použité etalony a kalibrováný rozsah RH ve vazbě na teplotu. Z toho dále vyplývá i způsob uvádění nejistot měření platných v rámci deklarované CMC.

7.1. TESTO Švýcarsko

Testo Industrial Services AG, Gewerbstrasse 12a, 8132 EGG
akreditační orgán SCS, číslo AKL 0155

Kalibrace měřidel RH je v příloze OA rozdělena na měření v laboratoři (LABOR) a měření u zákazníka (ONSITE). Měření v laboratoři reprezentují tři části přílohy rozdělené dle použitého generátoru RH. První část je definována jako měření pomocí dvoutlakého / dvoutepelního generátoru vlhkosti, který ale využívá pouze redukovaný kalibrační objem prostoru komory. Dílčí rozsahy měřené RH jsou rozděleny do dvou teplotních rozsahů s tím, že stejným způsobem jsou uvedeny i nejistoty měření. Také druhá část využívá dvoutlakého / dvoutepelního generátoru, ale pouze v teplotním rozsahu (-10 až 0) °C. Pro kladné teploty je uveden generátor RH bez bližšího určení a rozsah je rozdělen do dalších dvou teplotních rozsahů s detailním členěním rozsahů RH. Ve všech případech je využit ke kalibracím celkový objem komor generátorů. U kladných teplot není zřejmý použitý etalon vlhkosti, ke kterému je nejistota vztažena. Třetí část přílohy je určena pro měření teploty rosného bodu v redukovaném objemu dvoutlakého / dvoutepelního generátoru ve dvou teplotních rozsazích podobně jako v první části. Měření ONSITE je značně zjednodušeno – pro celý rozsah měřené RH i celý teplotní rozsah je stanovena jediná hodnota nejistoty měření. Generátor vlhkosti je definován pouze obecně, etalon pro měření vlhkosti není uveden. Můžeme se pouze domnívat, že laboratoř používá vlastní výrobek fy TESTO generátor vlhkosti HUMINATOR II. V příloze OA zcela chybí identifikace předmětných kalibračních postupů a princip měření.

7.2. TESTO Rakousko

Testo Industrial Services GmbH, Carlberggasse 66 / Tor 4, 1230 WIEN
akreditační orgán ÖKD, číslo AKL 0600

Kalibrace vlhkoměrů je rozdělena na čtyři části – kalibrace v generátoru RH prováděná v laboratoři, stejný způsob kalibrace s horšími hodnotami nejistot a s možností kalibrace mimo laboratoř, kalibrace v „sekundárním zařízení“ v laboratoři i mimo laboratoř a kalibrace teploty rosného bodu v laboratoři. Nejistoty RH, určené pro jednotlivé rozsahy RH, jsou spojeny vždy s jedinou kalibrační teplotou. Je otázkou, jak se určují nejistoty mezilehlých bodů. V příloze OA není určen ani typ generátoru RH, ani druh použitého etalonu pro stanovení nejistot. Měření teploty rosného bodu je opět velmi zjednodušeno jedinou hodnotou nejistoty pro celý rozsah měření. Stejně jako v předchozích případech chybí identifikace předmětných kalibračních postupů a princip měření. Některé hodnoty nejistoty jsou nesprávně uváděny na tři platné číslice.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

PŘÍLOHA OA TESTO ŠVÝCARSKO

RELATIVE FEUCHTE UND TAUPUNKTTEMPERATUR				LABOR	
Feuchtfühler und Datenlogger (relative Feuchte im Feuchtegenerator mit definiert reduziertem Kalibriervolumen (Durchflussbox))	10%rF ... 30%rF >30%rF ... 50%rF >50%rF ... 70%rF >70%rF ... 80%rF	-10°C - 0°C	0,38%rF 0,40%rF 0,54%rF 0,66%rF	2-Druck / 2-Temperatur Feuchte-generator	
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich	Messbedingungen	Bestmögliche Messunsicherheit ± ¹⁾	Bemerkungen	
Feuchtfühler und Datenlogger (relative Feuchte im Feuchtegenerator (Nutzung des gesamten Kalibriervolumens))	>80%rF ... 90%rF	>0°C - 70°C	1,1%rF	2-Druck / 2-Temperatur	
	10%rF ... 30%rF		0,20%rF		
	>30%rF ... 50%rF		0,25%rF		
	>50%rF ... 70%rF		0,44%rF		
	>70%rF ... 80%rF		0,58%rF		
	>80%rF ... 90%rF	1,1%rF			
	10%rF ... 50%rF	-10°C - 0°C	1,1%rF		Feuchtegenerator
	>50%rF ... 80%rF	>0°C - 30°C	1,2%rF		
	>80%rF ... 90%rF		1,5%rF		
	10%rF ... 30%rF		0,46%rF		
	>30%rF ... 50%rF		0,48%rF		
	>50%rF ... 70%rF		0,58%rF		
	>70%rF ... 80%rF	0,70%rF			
	>80%rF ... 90%rF	1,2%rF			
	10%rF ... 30%rF	>30°C - 50°C	0,78%rF		
	>30%rF ... 50%rF	>50°C - 70°C	0,79%rF		
	>50%rF ... 70%rF		0,87%rF		
	>70%rF ... 80%rF		0,95%rF		
	>80%rF ... 90%rF		1,3%rF		
	10%rF ... 30%rF	>50°C - 70°C	0,97%rF		
>30%rF ... 50%rF	0,98%rF				
>50%rF ... 70%rF	1,0%rF				
>70%rF ... 80%rF	1,1%rF				
>80%rF ... 90%rF	1,4%rF				



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich	Messbedingungen	Bestmögliche Messunsicherheit \pm ¹⁾	Bemerkungen
Taupunktspiegel (Taupunkttemperatur im Feuchtgenerator mit definiert reduziertem Kalibriervolumen (Durchflussbox))	-35,9°C ... -20,2°C	10%rF ... 20%rF	27 mK	2-Druck / 2-Temperatur Feuchtgenerator (Temperaturbereich -10°C ... 0°C)
	-28,8°C ... -15,4°C	>20%rF ... 30%rF	30 mK	
	-24,3°C ... -9,1°C	>30%rF ... 50%rF	57 mK	
	-18,5°C ... -4,8°C	>50%rF ... 70%rF	0,13 K	
	-14,4°C ... -3,0°C	>70%rF ... 80%rF	0,18 K	
	-12,8°C ... -1,4°C	>80%rF ... 90%rF	0,35 K	2-Druck / 2-Temperatur Feuchtgenerator (Temperaturbereich >0 °C ... 70°C)
	-27,8°C ... 36,8°C	10%rF ... 20%rF	22 mK	
	-20,1°C ... 44,5°C	>20%rF ... 30%rF	25 mK	
	-15,4°C ... 54,8°C	>30%rF ... 50%rF	54 mK	
	-9,1°C ... 62,0°C	>50%rF ... 70%rF	0,13 K	
-4,8°C ... 64,9°C	>70%rF ... 80%rF	0,18 K		
-3,0°C ... 68,0°C	>80%rF ... 90%rF	0,35 K		
RELATIVE FEUCHTE UND TAUPUNKTTemperatur				ONSITE
relative Luftfeuchte Hygrometer, Datenlogger, Messumformer	10%rF ... 90%rF	5°C - 50°C	1,8%rF	Feuchtgenerator



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

PŘÍLOHA OA TESTO RAKOUSKO

Akkreditierungsumfang der PSID 0600

Stand 06/2021

Be sure. 

Fachbereich Feuchte

Kalibrierungen im Feuchtgenerator

Relative Luftfeuchte		Vor Ort Kalibrierung möglich	CMC [%]				
Temperatur [°C]	Feuchte [%]		-10 °C	0 °C	25 °C	50 °C	70 °C
10 % ... 30 %			0,35 *	0,35	0,20	0,30	0,30
30 % ... 60 %			0,70	0,60	0,40	0,60	0,60
60 % ... 95 %			1,05	0,95	0,60	0,95	0,95 **

* bei -10 °C mind. Feuchte 20 %

** bei 70 °C max. Feuchte 90 %

Kalibrierungen im Feuchtgenerator


Relative Luftfeuchte		Vor Ort Kalibrierung möglich	CMC [%]			
Temperatur [°C]	Feuchte [%]		0 °C	25 °C	50 °C	70 °C
10 % ... 30 %			0,50	0,26	0,34	0,34
30 % ... 60 %		✓	0,97	0,49	0,67	0,66
60 % ... 95 %			1,52	0,75	1,04	1,03

Kalibrierungen im Sekundärverfahren

Relative Luftfeuchte		Vor Ort Kalibrierung möglich	CMC [%]					
Temperatur [°C]	Feuchte [%]		15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
10 % ... 30 %			0,48	0,38	0,36	0,41	0,54	0,67
30 % ... 60 %		✓	0,91	0,71	0,68	0,79	1,05	1,33
60 % ... 95 %			1,34	1,03	0,98	1,15	1,55	1,97

Fachbereich Feuchte – Taupunkt

Taupunkt [°C td]	Vor Ort Kalibrierung möglich	CMC
-25 °C ... 70 °C		90 mK

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

7.3. TESTO Francie

Testo Industrial Services, 3 Rue Jules Verne, 57600 FORBACH
akreditační orgán COFRAC, číslo AKL 2-1835

Příloha OA má odlišnou strukturu od ostatních zemí. V samostatné hlavičce tabulky jsou uvedeny celkové rozsahy měření RH včetně teplotního rozsahu, princip měření (dvoutlaký generátor RH, porovnání s etalonovým rosnobodovým vlhkoměrem), identifikace interní metodiky laboratoře a místo kalibrace (pouze laboratoř). Nejistoty měření jsou deklarovány ve druhé části tabulky, ale jsou uváděny diskrétně pro jednotlivé hodnoty RH a jednotlivé teploty. Pro mezilehlé hodnoty RH i teploty by musel být nastaven vhodný způsob interpolace nejistot. Rozdělení bodů je poměrně husté, jak vlhkost, tak teplota je uváděna v násobcích deseti.

(POA na další straně)



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

PŘÍLOHA OA TESTO FRANCIE

Unité technique : Laboratoire de Métrologie

HYGROMETRIE Humidité relative						
Objet	Mesurande	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Référence de la méthode	Lieu de réalisation
Hygromètre électronique	Humidité relative	De 10 % HR à 90 % HR à une température comprise entre 10 °C et 70 °C	Voir tableau ci-dessous	Étalonnage par comparaison à un hygromètre à condensation étalon à l'aide d'un générateur d'air humide à deux pressions	Méthode interne 4_MO_10017_FR	En laboratoire

(Incertitudes absolues en % HR)

Ts °C \ % HR	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6
20		0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5
30	0,5		0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3
40									
50	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3
60									
70	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,1	1,3

Ts est la température sèche exprimée en °C
HR est l'humidité relative exprimée en %

Portée FIXE : le laboratoire est reconnu compétent pour pratiquer les étalonnages en respectant strictement les méthodes mentionnées dans la portée d'accréditation. Les modifications techniques du mode opératoire ne sont pas autorisées.

* *Accréditation rendue obligatoire dans le cadre réglementaire français précisé par le texte cité en référence dans le document Cofrac LAB INF 99 disponible sur www.cofrac.fr*


Date de prise d'effet : 01/11/2023 Date de fin de validité : 31/10/2028

Cette annexe technique annule et remplace l'annexe technique 2-1835.

Comité Français d'Accréditation - 52, rue Jacques Hillairet 75012 PARIS
Tél. : +33 (0)1 44 68 82 20 - Fax : 33 (0)1 44 68 82 21 Siret : 397 879 487 00031 www.cofrac.fr

LAB FORM 37 – Révision 09 – applicable 15 octobre 2022

Page 4/4

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

7.4. TESTO Německo

Testo Industrial Services GmbH, Gewerberstrasse 3, 79199 KIRCHZARTEN
akreditační orgán DAkkS, číslo AKL 15070

V příloze německé laboratoře TESTO je důsledně odděleno měření ve stálé laboratoři a měření externí. Tabulka v příloze OA respektuje rozdělení nejistoty měření podle druhu kalibrovaného měřidla, použitého postupu, typu generátoru vlhkosti a etalonového vlhkoměru. První část přílohy OA pro stálou laboratoř prezentuje kalibraci RH rosnobodových, psychrometrických a ostatních vlhkoměrů v jednoteplotním / dvoutlakém generátoru RH. V tomto případě je pro celý rozsah vlhkosti i teploty uváděna nejistota ve formě lineární závislosti na nastavené vlhkosti. Druhá část přílohy popisuje kalibraci vlhkoměrů v klimatické komoře. Hodnoty nejistoty jsou uvedeny pro definované rozmezí RH ve čtyřech teplotních rozsazích, takže lze jednoduše stanovit nejistotu bez jakékoliv interpolace. Jako použité etalony jsou uvedeny rosnobodový vlhkoměr a odporový teploměr.

Druhá část přílohy OA pro externí kalibrace začíná měřením teploty rosného bodu v jednoteplotním / dvoutlakém generátoru, etalon rosnobodový vlhkoměr. Pro celý rozsah teploty rosného bodu je uvedena jediná hodnota nejistoty měření. Zajímavé je, že měření teploty rosného bodu není uvedeno mezi laboratorními metodami, kde je obvyklé. Další část tabulky tvoří kalibrace a charakterizace klimatických komor podle všech tří metod A, B i C. Nejistoty jsou rozděleny podle měřených rozsahů RH, ale platí vždy pro celý rozsah měřených teplot. Pro externí měření je deklarován i jednoteplotní / dvoutlaký generátor RH s jedinou hodnotou nejistoty pro celý rozsah měření RH i teploty. Poslední část tabulky zahrnuje měření v přenosném generátoru vlhkosti, které je rozděleno do dvou teplotních rozsahů. V každém teplotním rozsahu ale platí jediná hodnota nejistoty pro celý rozsah měřené RH. Všechna tato měření se odkazují na etalonový rosnobodový vlhkoměr a odporový snímač teploty. Identifikace metod měření vychází ze standardních postupů německé kalibrační služby DKD.

7.5. TESTO Velká Británie

Testo Industrial Services Ltd, Stanley House, Old Brick Kiln, Monk Sherborne Road, Ramsdell Hampshire, RG26 5PR
akreditační orgán UKAS, číslo AKL 0805

Údaje v příloze OA nejsou vztaženy na konkrétní typy měřidel vlhkosti, ale pouze na veličinu RH. První část tabulky je vztažena na kalibraci porovnáním s rosnobodovým vlhkoměrem a teploměrem (pravděpodobně odporovým snímačem, blíže neurčeno). Jednotlivé rozsahy vlhkostí jsou rozděleny do tří teplotních rozsahů. Druhá část tabulky deklaruje porovnání s referenčním vlhkoměrem bez určení typu (pravděpodobně kapacitní) a teploměrem (opět bez určení typu). V tomto případě jsou rozsahy vlhkostí rozděleny do dvou rozsahů teploty. Třetí část tabulky uvádí kalibraci teploty rosného bodu porovnáním s referenčním rosnobodovým vlhkoměrem s tím, že pro celý rozsah rosnobodové teploty je uvedena jediná hodnota nejistoty měření. Čtvrtá část tabulky popisuje kalibraci klimatických komor opět porovnáním s referenčním rosnobodovým vlhkoměrem a teplotními sondami. Pro celý rozsah měřené vlhkosti i teploty je uvedena jediná hodnota nejistoty, která je doplněna poznámkou, že skutečná hodnota nejistoty závisí na chování komory během měření. Poslední část tabulky uvádí hodnoty nejistoty při kalibraci vlhkoměrů pomocí solných roztoků (statický generátor) při 25 °C. Jednotlivé části tabulky jsou označeny kódem pracoviště – P ... stálá laboratoř, S ... kalibrace u zákazníka. Odkazy na metodiky v příloze nejsou uvedeny.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

PŘÍLOHA OA TESTO NĚMECKO – STÁLÁ LABORATOŘ



Annex to the partial accreditation certificate D-K-15070-01-02

Permanent laboratory Calibration laboratory Gewerbestraße 3 - Thermodynamic measurands

Calibration and Measurement Capabilities (CMC)				
Measurand/ calibration item	Measuring range	Measuring conditions / Procedures	Extended uncertainty of measurement	Remarks
Relative humidity Dew point mirror	2 % to 98 %	3-APD-0-0035-EN: 2023-01	0.1 % 0.003 - rH	rH = measured value
Electrical psychrometer	2 % to 98 %	1-Temp.- 1-/ 2-Pressure- Humidity generator with temperature chamber 3 °C to 98 °C Frost point ≥ -25 °C	0.3 % 0.007 - rH	Uncertainty of measurement expressed as absolute value of relative humidity
Hygrometers, data loggers, transmitters *)	2 % to 98 %	DKD-R 5-8:2019 1-Temp.- 1-/ 2-Pressure- Humidity generator with temperature chamber 3 °C to 98 °C Frost point ≥ -25 °C	0.2 % 0.003 - rH	References: Dew point mirror and resistance thermometer Uncertainty of measurement expressed as absolute value of relative humidity
	5 % to 30 %	DKD-R 5-8:2019 in the climatic chamber temperature range: -18 °C to 0 °C Frost point ≥ -32 °C	2,0 %	
	> 30 % to 60 %		3,9 %	
	> 60% to 95%		6,2 %	
	5 % to 30 %	DKD-R 5-8:2019 in the climatic chamber temperature range: > 0 °C to 25 ° Frost point ≥ -32 °C	1,0 %	
	> 30 % to 60 %		1,8 %	
	> 60% to 95%		3,3 %	
	5 % to 30 %	DKD-R 5-8:2019 in the climatic chamber temperature range: > 25 °C to 50 °C Frost point ≥ -32 °C	0,6 %	
	> 30 % to 60 %		1,1 %	
	> 60% to 95%		1,8 %	
	5 % to 30 %	DKD-R 5-8:2019 in the climatic chamber temperature range: > 50 °C to 80 °C Frost point ≥ -32 °C	0,8 %	
	> 30 % to 60 %		1,5 %	
> 60% to 95%		2,4 %		



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

PŘÍLOHA OA TESTO NĚMECKO – KALIBRACE MIMO STÁLOU LABORATOŘ



Annex to the partial accreditation certificate D-K-15070-01-02

On-site calibration - Thermodynamic measurands

Measurand/ calibration item	Calibration and Measurement Capabilities (CMC)			Remarks
	Measuring range	Measuring conditions / Procedures	Extended uncertainty of measurement	
Dew point temperature Dew point meters, -hygrometer	-25 °C to 70 °C	3-APD-0-0164-EN: 2023-01 1-Temperature 2-Pressure Humidity Generator	0,09 K	Comparison with c point mirror
Relative humidity measuring points in climatic chambers with circulating air *)	5 % to 30 %	DKD-R 5-7:2018 Method C Temperature range: -10 °C to 95 °C	0,3 %	Measuring mediu Humidity referenc calculated from de point and air temperature Uncertainty of measurement expressed as absol value of relative humidity
	> 30 % to 60 %		0,4 %	
	> 60% to 98%		0,6 %	
Air conditioners with circulating air *)	5 % to 30 %	DKD-R 5-7:2018 Method A and B Temperature range: -10 °C to 95 °C	0,4 %	References: Dew p mirror and resista thermo- meter Uncertainty of measurement expressed as absol value of relative humidity
	> 30 % to 60 %		0,6 %	
	> 60% to 98%		0,8 %	
Relative humidity hygrometers, data loggers, transmitters *)	10 % to 95 %	DKD-R 5-8:2019 1-Temperature 2-Pressure Humidity Generator Chamber temperature: 0 °C to 70 °C	0,6 %	References: Dew p mirror and resista thermo- meter Uncertainty of measurement expressed as absol value of relative humidity
Hygrometers, data loggers, transmitters *)	10 % to 95 %	DKD-R 5-8:2019 Humidity generator with limited useful volume Chamber temperature: 0 °C to 40 °C	0,9 %	References: Dew p mirror and resista thermo- meter Uncertainty of measurement expressed as absol value of relative humidity
	10 % to 95 %	DKD-R 5-8:2019 Humidity generator with limited useful volume Chamber temperature: > 40 °C to 70 °C	2,0 %	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

PŘÍLOHA OA TESTO VELKÁ BRITÁNIE

 <p>0805 Accredited to ISO/IEC 17025:2017</p>	<p>Schedule of Accreditation issued by United Kingdom Accreditation Service 2 Pine Trees, Chertsey Lane, Staines-upon-Thames, TW18 3HR, UK</p>
	<p>Testo Industrial Services Ltd Issue No: 027 Issue date: 16 October 2023</p>
Calibration performed by the Organisation at the locations specified	

Calibration and Measurement Capability (CMC)

Measured Quantity Instrument or Gauge	Range	Expanded Measurement Uncertainty ($k = 2$)	Remarks	Location Code
HUMIDITY Relative humidity	for the temperature range 0 °C to +20 °C 10 %rh to 35 %rh 35 %rh to 65 %rh 65 %rh to 95 %rh	0.78 %rh 1.00 %rh 1.30 %rh	Calibration by comparison with a reference chilled mirror hygrometer and thermometers Calibration of devices with an electrical output may be undertaken	P
	for the temperature range +20 °C to +30 °C 10 %rh to 40 %rh 40 %rh to 70 %rh 70 %rh to 80 %rh 80 %rh to 95 %rh	0.55 %rh 0.90 %rh 0.97 %rh 1.10 %rh		
	for the temperature range +30 °C to +70 °C 10 %rh to 35 %rh 35 %rh to 65 %rh 65 %rh to 95 %rh	0.45 %rh 0.80 %rh 1.00 %rh		
Relative humidity	for the temperature range +5 °C to +25 °C 10 %rh to 35 %rh 23 %rh to 65 %rh 65 %rh to 95 %rh	1.6 %rh 2.1 %rh 2.6 %rh	Calibration by comparison with a reference hygrometer and thermometers	S
	for the temperature range +25 °C to +50 °C 10 %rh to 35 %rh 23 %rh to 65 %rh 65 %rh to 90 %rh	1.6 %rh 2.3 %rh 3.0 %rh		
Dew point/Frost point	- 30 °C to +69 °C	0.16 °C	Calibration by comparison with a reference chilled mirror hygrometer	P
Profiling of humidity and temperature chambers	+20 °C to +85 °C 20 to 95 %rh	3.30 %rh	Calibration by comparison with a reference chilled mirror hygrometer and temperature probes Uncertainty achieved will depend on the performance of the chamber at the time of calibration.	S
Saturated salt capsules	At 25 °C 6 %rh to 35 %rh 35 %rh to 76 %rh 76 %rh to 90 %rh	1.0 %rh 1.4 %rh 1.7 %rh		P



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Pro srovnání porovnáme ještě tři přílohy z jiných destinací – laboratoř akreditovanou v USA a laboratoř významného finského a švýcarského výrobce měřidel RH, jejichž měřidla používá např. Český hydrometeorologický ústav a mnoho komerčních laboratoří.

7.6. RH Systems USA

RH Systems, 1225 W Houston Ave, Gilbert, AZ 85233

akreditační orgán NVLAP, číslo AKL 600161-0

Příloha OA se opět nezabývá typy kalibrovaných měřidel, ale pouze měřenou veličinou. První část tabulky je věnována kalibraci teploty rosného bodu, která je rozdělena do několika teplotních rozsahů. Nejběžnější rozsah teploty rosného bodu (-35 až 90) °C ale pokrývá jediná hodnota nejistoty měření. Relativní vlhkost je sice poměrně detailně rozdělena jak z pohledu rozsahu RH, tak teplotního rozsahu, ale rozdělení je provedeno diskrétně v obou veličinách. Mezilehlé body by opět musely být řešeny vhodnou interpolací jak na straně teploty, tak vlhkosti. V příloze, která je informačně velmi chudá, chybí odkazy na princip měření, návazné etalony i předmětný kalibrační postup.

PŘÍLOHA OA RH SYSTEMS USA

**National Voluntary
Laboratory Accreditation Program**



CALIBRATION LABORATORIES

NVLAP LAB CODE 600161-0

Measured Parameter or Device Calibrated	Range	Expanded Uncertainty ^{Note 3}	Remarks
THERMODYNAMIC			
HUMIDITY (20/T02)			
Dew/ Frost Point	-90 °C to -75 °C	0.49 °C	
	-74.99 °C to -55 °C	0.15 °C	
	-54.99 °C to -35 °C	0.10 °C	
	-34.99 °C to 90 °C	0.09 °C	
Relative Humidity -10 °C	5 %	0.013 % RH	
	10 %	0.026 % RH	
	30 %	0.076 % RH	
	50 %	0.13 % RH	
	70 %	0.20 % RH	
	95 %	0.30 % RH	
0 °C	2 %	0.005 % RH	
	5 %	0.012 % RH	
	10 %	0.024 % RH	
	30 %	0.070 % RH	
	50 %	0.12 % RH	
	70 %	0.19 % RH	
	95 %	0.28 % RH	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Measured Parameter or Device Calibrated	Range	Expanded Uncertainty ^{Note 3}	Remarks
25 °C	2 %	0.004 % RH	
	5 %	0.009 % RH	
	10 %	0.018 % RH	
	30 %	0.053 % RH	
	50 %	0.097 % RH	
	70 %	0.15 % RH	
	95 %	0.24 % RH	
50 °C	2 %	0.003 % RH	
	5 %	0.008 % RH	
	10 %	0.014 % RH	
	30 %	0.046 % RH	
	50 %	0.086 % RH	
	70 %	0.14 % RH	
	95 %	0.23 % RH	
70 °C	2 %	0.003 % RH	
	5 %	0.007 % RH	
	10 %	0.013 % RH	
	30 %	0.041 % RH	
	50 %	0.080 % RH	
	70 %	0.13 % RH	
	95 %	0.22 % RH	
85 °C	2 %	0.003 % RH	
	5 %	0.006 % RH	
	10 %	0.012 % RH	
	30 %	0.038 % RH	
	50 %	0.076 % RH	
	70 %	0.13 % RH	
	95 %	0.21 % RH	

Measured Parameter or Device Calibrated	Range	Expanded Uncertainty ^{Note 3}	Remarks
95 °C	2 %	0.002 % RH	
	5 %	0.006 % RH	
	10 %	0.011 % RH	
	30 %	0.037 % RH	
	50 %	0.073 % RH	
	70 %	0.12 % RH	
	95 %	0.21 % RH	

7.7. VAISALA Finsko

Vaisala OYJ, Vanha Nurmijärventie 21, Vantaa, PL 26, 00421 HELSINKY
akreditační orgán FINAS, číslo AKL K008

První část tabulky v příloze OA se zabývá kalibrací RH u vlhkoměrů bez bližšího určení. Také metoda je uvedena pouze jako porovnání ve vzduchu nebo dusíku, použitý etalon neúveden. Jednotlivé rozsahy RH jsou jednoznačně vázány na rozsah teploty, zajímavé je uvedení



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

rozsahu měření od 0 % RH. Druhá část popisuje kalibraci vlhkoměrů pomocí solných roztoků při 23 °C. Ve třetí části je detailně rozdělena kalibrace teploty rosného bodu na jednotlivé teplotní rozsahy. Toto rozdělení nejlépe reprezentuje reálnou skutečnost při měření tohoto parametru ze všech posuzovaných příloh OA. Odkazy na kalibrační postupy ale opět chybí.

PŘÍLOHA OA VAISALA FINSKO

Termofysikaaliset suureet ja ominaisuudet, Kosteus <i>Thermophysical quantities and properties, Humidity</i>			
Vertailu- kalibrointi Suhteellinen kosteus ilmassa tai typpikaasussa <i>Comparison calibration Relative humidity in air or in nitrogen gas</i>	Kosteus- mittarit <i>Hygrometers</i>	$5 \leq RH \leq 10 \%$ (0 °C – 10 °C)	0,3 % rh
		$2,5 < RH \leq 10 \%$ (10 °C – 50 °C)	0,3 % rh
		$10 < RH \leq 20 \%$ (0 °C – 50 °C)	0,4 % rh
		$20 < RH \leq 30 \%$ (0 °C – 50 °C)	0,5 % rh
		$30 < RH \leq 45 \%$ (0 °C – 50 °C)	0,6 % rh
		$45 < RH \leq 60 \%$ (0 °C – 50 °C)	0,7 % rh
		$60 < RH \leq 80 \%$ (0 °C – 50 °C)	0,8 % rh
		$80 < RH \leq 97 \%$ (0 °C – 50 °C)	0,9 % rh
		$2,5 \leq RH \leq 20 \%$ (50 °C – 70 °C)	0,5 % rh
		$20 < RH \leq 30 \%$ (50 °C – 70 °C)	0,6 % rh
		$30 < RH \leq 45 \%$ (50 °C – 70 °C)	0,7 % rh
		$45 < RH \leq 60 \%$ (50 °C – 70 °C)	0,8 % rh
		$60 < RH \leq 80 \%$ (50 °C – 70 °C)	1,0 % rh
		$80 < RH \leq 95 \%$ (50 °C – 70 °C)	1,2 % rh
	$0 \leq RH \leq 0,5 \%$ (0 °C – 70 °C)	0,3 % rh	

PÄTEVYYSALUE <i>SCOPE OF ACCREDITATION</i>			
Menetelmä / kohde <i>Method / object</i>		Mittausalue <i>Measurement range</i>	Laajennettu mittausepävarmuus (k=2) <i>Expanded Uncertainty (k=2)</i>
Vertailukalibrointi Suhteellinen kosteus <i>Comparison calibration Relative humidity</i>	Kylläiset suolaliuokset <i>Saturated salt solutions</i>	$11 \leq RH \leq 30 \%$ (23 °C)	0,6 % rh
		$30 < RH \leq 45 \%$ (23 °C)	0,7 % rh
		$45 < RH \leq 80 \%$ (23 °C)	0,9 % rh
		$80 < RH \leq 90 \%$ (23 °C)	1,0 % rh
		$90 < RH \leq 97,4 \%$ (23 °C)	1,1 % rh
Vertailukalibrointi Kastepiste- ja huurepiste- lämpötilä <i>Comparison calibration Dew point and frost point temperature</i>	Kastepiste- mittarit Kosteus- mittarit <i>Dew point meters Hygrometers</i>	$-80 \text{ °C} \leq T < -32 \text{ °C}$	0,7 °C
		$-32 \text{ °C} \leq T < -25 \text{ °C}$	0,4 °C
		$-25 \text{ °C} \leq T < -20 \text{ °C}$	0,3 °C
		$-20 \text{ °C} \leq T < 0 \text{ °C}$	0,2 °C
		$0 \text{ °C} \leq T \leq 40 \text{ °C}$	0,15 °C
		$40 \text{ °C} < T \leq 60 \text{ °C}$	0,2 °C
	$60 \text{ °C} < T \leq 65 \text{ °C}$	0,25 °C	
	$65 \text{ °C} < T \leq 69 \text{ °C}$	0,3 °C	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

7.8. ROTRONIC Švýcarsko

ROTRONIC AG, Einsteinstrasse 17–23, D-76275 Ettlingen

akreditační orgán SCS, číslo AKL 0065

Laboratoř má zajímavě členěnou přílohu OA. Největší tabulku tvoří měření v laboratoři při definované teplotě okolí (21 až 25) °C. První část této tabulky tvoří kalibrace v generátoru RH (bez bližšího určení typu) pouze při referenčních teplotách ve stejném rozsahu jako u teplot okolí. Rozsah kalibrace vlhkosti je extrémně velký (0,5 až 99) % RH. Druhá část tabulky popisuje kalibraci v klimatické komoře, která je pro běžný rozsah vlhkosti (10 až 95) % RH rozdělena na pět teplotních rozsahů. Tato tabulka je v textu umístěna jako třetí v pořadí. Další část tabulky (v textu první v pořadí) popisuje kalibraci „etalonů vlhkosti vlastní výroby, místo kalibrace Švýcarsko“. Zahrnuje největší rozsah měřené vlhkosti (0,15 až 99) % RH pouze při referenčních teplotách (21 až 25) °C. Poslední tabulka (v textu druhá v pořadí) uvádí společně kalibrace mimo laboratoř pro vlhkost a teplotu s tím, že pro celý rozsah RH i celý rozsah teplot je uvedena jediná hodnota nejistoty RH. Jako jediná z posuzovaných příloh uvádí současně s nejistotou RH také nejistotu měřené teploty v komoře. Rozsah teplot v komoře je ale poměrně malý, protože jde o měření v teplotním a vlhkostrním generátoru bez určení typu (pravděpodobně se jedná o generátor HYDROGEN 2 HG2-S). V příloze nejsou konkretizována měřidla, uvedena je pouze veličina. Princip měření, odkaz na metodiku, použité etalony i konkrétní specifikace použitých generátorů RH chybí.

PŘÍLOHA OA ROTRONIC ŠVÝCARSKO

Measured Quantity / Instrument or Gauge	Measurement Range	Measurement Conditions	Best Measurement Capability \pm ¹⁾	Remarks
HUMIDITY STANDARDS OF OUR OWN PRODUCTION	0.15 % rh ... < 25 % rh	21 °C ... 25 °C	0.3 % rh	Site Switzerland
	25 % rh ... < 40 % rh	21 °C ... 25 °C	0.4 % rh	Site Switzerland
	40 % rh ... < 70 % rh	21 °C ... 25 °C	0.6 % rh	Site Switzerland
	70 % rh ... < 85 % rh	21 °C ... 25 °C	0.7 % rh	Site Switzerland
	85 % rh ... < 99 % rh	21 °C ... 25 °C	0.8 % rh	Site Switzerland

Kalibrace mimo laboratoř:

All calibration and measurement options: on site.

At the customer's premises at ambient temperature: 15 °C ... 30 °C.]

Measured Quantity / Instrument or Gauge	Measurement Range	Measurement Conditions	Best Measurement Capability \pm ¹⁾	Remarks
Relative humidity and Temperature	10 % rh ... 90 % rh	10 °C ... 40 °C	1.3 % rh 0.3 °C	In the temperature and humidity generator
TEMPERATURE	-90 °C ... < 0 °C		0.4 °C	In the dry block calibrator
	0 °C ... 125 °C		0.25 °C	In the dry block calibrator



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3


Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Kalibrační laboratoř pro teplotu a vlhkost Rotronic, kalibrace při laboratorní teplotě (generátor RH) a při proměnných teplotách v klimatické komoře

Measured Quantity / Instrument or Gauge	Measurement Range	Measurement Conditions	Best Measurement Capability \pm ¹⁾	Remarks
RELATIVE HUMIDITY	0.5 % rh ... < 20 % rh	21 °C ... 25 °C	0.2 % rh	In the humidity generator
	20 % rh ... < 40 % rh	21 °C ... 25 °C	0.3 % rh	In the humidity generator
	40 % rh ... < 65 % rh	21 °C ... 25 °C	0.4 % rh	In the humidity generator
	65 % rh ... < 85 % rh	21 °C ... 25 °C	0.5 % rh	In the humidity generator
	85 % rh ... 99 % rh	21 °C ... 25 °C	0.6 % rh	In the humidity generator
	10 % rh ... < 20 % rh	-10 °C ... < 0 °C	0.6 % rh	In climatic chamber
	20 % rh ... < 40 % rh	-10 °C ... < 0 °C	0.9 % rh	In climatic chamber
	40 % rh ... < 65 % rh	-10 °C ... < 0 °C	1.5 % rh	In climatic chamber
	65 % rh ... 95 % rh	-10 °C ... < 0 °C	2.1 % rh	In climatic chamber
	10 % rh ... < 20 % rh	0 °C ... < 10 °C	0.5 % rh	In climatic chamber
	20 % rh ... < 40 % rh	0 °C ... < 10 °C	0.6 % rh	In climatic chamber
	40 % rh ... < 65 % rh	0 °C ... < 10 °C	0.9 % rh	In climatic chamber
	65 % rh ... 95 % rh	0 °C ... < 10 °C	1.2 % rh	In climatic chamber
	10 % rh ... < 20 % rh	10 °C ... < 35 °C	0.4 % rh	In climatic chamber
	20 % rh ... < 40 % rh	10 °C ... < 35 °C	0.5 % rh	In climatic chamber
	40 % rh ... < 65 % rh	10 °C ... < 35 °C	0.7 % rh	In climatic chamber
	65 % rh ... 95 % rh	10 °C ... < 35 °C	0.9 % rh	In climatic chamber
	10 % rh ... < 20 % rh	35 °C ... < 50 °C	0.5 % rh	In climatic chamber
	20 % rh ... < 40 % rh	35 °C ... < 50 °C	0.6 % rh	In climatic chamber
	40 % rh ... < 65 % rh	35 °C ... < 50 °C	0.8 % rh	In climatic chamber
	65 % rh ... 95 % rh	35 °C ... < 50 °C	1.0 % rh	In climatic chamber
	10 % rh ... < 20 % rh	50 °C ... 70 °C	0.5 % rh	In climatic chamber
	20 % rh ... < 40 % rh	50 °C ... 70 °C	0.6 % rh	In climatic chamber
	40 % rh ... < 65 % rh	50 °C ... 70 °C	1.0 % rh	In climatic chamber
65 % rh ... 95 % rh	50 °C ... 70 °C	1.6 % rh	In climatic chamber	

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

7.9. Celkové hodnocení obsahu zahraničních příloh OA v oboru vlhkosti

Hodnocení zahraničních příloh OA provedeme srovnáním s jednotlivými sloupci přílohy OA, která je používána u českých akreditovaných kalibračních laboratoří.


Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace ... kalibrovaná veličina je uváděna u všech posuzovaných příloh buď jako vlhkost (humidity), lépe jako relativní vlhkost, a při měření rosnobodovém jde o měření teploty. Předmět kalibrace ve formě konkrétních typů měřidel je uváděn nejčastěji velmi obecně nebo vůbec. Ohledně veličiny by mělo být zřejmé, že se jedná o vlhkost vzduchu příp. vlhkost konkrétních plynů. Jestliže druh měřidla ovlivňuje velikost nejistoty, mělo by to vyplývat také z přílohy OA. Nejlepších nejistot lze dosáhnout při kalibraci rosnobodových vlhkoměrů a použití speciálních generátorů RH. Jestliže se některé kalibrace provádějí vždy jinou metodou a s horšími referenčními měřidly, je otázkou, zda v příloze stačí uvádět nejistoty vztahující se na nejlepší etalon / metodu. U posuzovaných příloh tomu tak není.

Jmenovitý rozsah ... u některých příloh jsou uváděny rozsahy hodnot RH ve vazbě na společnou nejistotu měření, jiné přílohy uvádějí diskrétní hodnoty RH a vztažné nejistoty k této hodnotě. Vzhledem k charakteru této fyzikální veličiny a řadě ovlivňujících faktorů při jejím měření je výhodnější vyhnout se diskrétním hodnotám a stanovit nejistoty měření v rámci CMC pro vhodně zvolené rozsahy RH. Jak bylo zmiňováno v předchozím textu, diskrétní hodnoty nikdy nepokrývají celý rozsah měření a mezilehlé hodnoty pak nemusí být jednoznačně určeny.

Parametry měřené veličiny ... v případě RH sem ideálně patří teplotní rozsah měření, u kterého se nejedná o rozsah referenčních podmínek indikačních měřidel, ale o rozsah teplot v prostoru, ve kterém je při těchto teplotách vlhkost vzduchu měřena. Většina příloh respektuje teplotní vliv na jednotlivá měření RH a nejistota měření RH je vyjádřena pro různé teplotní rozsahy (měření v klimatických komorách lze většinou pokrýt třemi až pěti rozsahy teplot). V některých přílohách jsou ale buď pro celý rozsah měření teploty rosného bodu nebo pro celý rozsah měření RH / teploty v klimatických komorách uvedeny společné jediné hodnoty nejistoty pro celý rozsah. V tom případě by se mělo jednat o nejhorší hodnotu nejistoty měření (častá realita) a je otázkou, jestli je takto zjednodušený přístup vhodný z hlediska zákazníků.


Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ... většina příloh respektuje absolutní vyjádření nejistoty měření, tj. hodnoty v % RH u relativní vlhkosti a ve °C u teploty rosného bodu. V jediném případě je nejistota uváděna lineární rovnicí v závislosti na velikosti hodnoty RH. Rovnicí by teoreticky bylo možné respektovat i teplotní závislost použitých měřidel RH. V jednom případě není v příloze OA dodrženo pravidlo uvádění nejistoty na dvě platné číslice.

Princip kalibrace ... při měření vlhkosti rozhoduje o kvalitativních ukazatelích jednak způsob generování vlhkosti, jednak druh použitého etalonu. Často je v posuzovaných přílohách pouze uvedena kalibrace porovnáním s tím, že referenční měřidlo je uváděno častěji než generátor vlhkosti. Některé přílohy princip kalibrace vůbec neuvádějí. Pro jednoznačné posouzení CMC by měly být obě zmíněné informace úplně a jednoznačně uvedeny.

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Identifikace kalibračního postupu ... s výjimkou německé a francouzské laboratoře TESTO nejsou identifikace postupů v posuzovaných přílohách uváděny. Německá laboratoř se odkazuje na kalibrační postupy Německé kalibrační služby DKD, které jsou laboratořím dostupné na webu DKD. Francouzská laboratoř používá vlastní kalibrační metodiku s uvedením interního označení postupu.

Pokud se týká kalibrací v laboratoři a mimo ni, používají české přílohy OA označení příslušné metody hvězdičkou, která znamená možnost obou typů kalibrací. Nejistota měření, která je uvedena na příloze OA, pak platí pro nejpřesnější způsob měření (vesměs laboratorní). U posuzovaných příloh je dodržováno samostatné uvádění CMC pro měření v laboratoři a mimo ni (buď ve formě samostatné části přílohy, nebo samostatně označené části přílohy OA).

 <small>NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN</small>	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

8. POA kalibračních laboratoří v ČR

8.1. Komentované POA kalibračních laboratoří v ČR

Jednotlivé tabulky jsou uvedeny na dalších stranách, ke každé tabulce je připojen hodnotící komentář.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Český metrologický institut
objekt číslo 2202, Kalibrační laboratoř ČMI
Okružní 772/31, 638 00 Brno

Pracoviště kalibrační laboratoře:

- | | |
|--|--|
| 1. Oblastní inspektorát Praha | Radiová 1136/3, 102 00 Praha 10 – Hostivař |
| 2. Oblastní inspektorát České Budějovice | U Sirkárny 33/5, 370 04 České Budějovice 4 |
| 3. Oblastní inspektorát Plzeň | Bendova 539/11, 301 00 Plzeň |
| 4. Oblastní inspektorát Liberec | Slunečná 23, 460 01 Liberec |
| 5. Oblastní inspektorát Most | Vladislava Vančury 1428/7, 434 01 Most |
| 6. Oblastní inspektorát Pardubice | Průmyslová 455, 530 03 Pardubice |
| 7. Oblastní inspektorát Brno | Okružní 31, 638 00 Brno |
| 8. Oblastní inspektorát Jihlava | Romana Havelky 17, 586 01 Jihlava |
| 9. Oblastní inspektorát Kroměříž | Kotojedy 73, 767 01 Kroměříž |
| 10. Oblastní inspektorát Opava | Gudrichova 41, 746 01 Opava |
| 11. Oblastní inspektorát Olomouc | I. P. Pavlova 671/141, 779 00 Olomouc |
| 12. Laboratoře primární metrologie Praha | V Botanice 4, 150 72 Praha 5 |
| 13. TESTCOM Praha | Hvožd'anská 3, 148 00 Praha 4 |

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Relativní vlhkost / vlhkoměry a měřicí řetězce vlhkosti včetně vlhkostních sond, charakterizace klimatických komor	5 % RH	až	30 % RH		teplota vzduchu (10 až 90) °C	0,6 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	636-MP-C119	1, 7
		30 % RH	až	50 % RH			0,7 % RH			
		50 % RH	až	70 % RH			0,8 % RH			
		70 % RH	až	80 % RH			0,9 % RH			
		80 % RH	až	90 % RH			1,0 % RH			
		90 % RH	až	95 % RH			1,5 % RH			

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Český metrologický institut
objekt číslo 2202, Kalibrační laboratoř ČMI
Okružní 772/31, 638 00 Brno

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
2	Teplota rosného bodu / vlhkoměry	-75 °C	až	-65 °C		0,24 °C	Porovnání s etalonovým teploměrem	636-MP-C120	7	
		-65 °C	až	-50 °C		0,16 °C				
		-50 °C	až	-30 °C		0,10 °C				
		-30 °C	až	60 °C		0,08 °C				
		60 °C	až	80 °C		0,10 °C				
		80 °C	až	90 °C		0,15 °C				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Pro relativní vlhkost má laboratoř uvedenou jedinou hodnotu nejistoty pro poměrně velký teplotní rozsah. Ve vazbě na uvedenou nejistotu není současně uveden druh etalonu a způsob generování vlhkosti. U teploty rosného bodu také není zřejmý použitý generátor vlhkosti.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Institut pro testování a certifikaci, a.s.
objekt číslo 2222, Kalibrační laboratoř
Sokolovská 573, 686 01 Uherské Hradiště

Pracoviště kalibrační laboratoře:

- | | | |
|----|-------------------------|---|
| 1. | Uherské Hradiště | Sokolovská 573, 686 01 Uherské Hradiště |
| 2. | Zlín | třída Tomáše Bati 5264, 760 01 Zlín |
| 3. | Praha | Křelovická 970, 104 00 Praha 10 – Uhříněves |
| 4. | Brno | Křižíkova 70, 612 00 Brno |

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina/Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měřené veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Objemová koncentrace ozonu/vyvíječe ozonu	0 nmol/mol	až	100 nmol/mol		2,4 nmol/mol 17 nmol/mol	Spektrofotometrické měření koncentrace ozonu	KP 1/O	2	
2*	Relativní vlhkost/vlhkoměry	5 % RH	až	70 % RH	(20 až 50) °C	2,2 % RH	Přímé porovnání s etalonovým vlhkoměrem v klimatické komoře	KP 1/V	1	
		70 % RH	až	95 % RH	(20 až 50) °C	3,2 % RH				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř si zjednodušila přístup uvedením horších nejistot, jedna hodnota nejistoty platí nejen pro velký rozsah RH, ale i pro celý rozsah teplot. Generátor vlhkosti je uveden (klimakomora), typ etalonu uveden není. Předmět kalibrace je stručný a obecný, laboratoř zřejmě provádí i kalibrace klimatických komor.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

ČEZ, a. s.
objekt číslo 2245, Kalibrační laboratoř - metrologie
JE Temelín, 373 05 Temelín

Pracoviště kalibrační laboratoře:

1. **Jaderná elektrárna Dukovany** 675 50 Dukovany 269
2. **Jaderná elektrárna Temelín** 373 05 Temelín

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1	Analogové a digitální vlhkoměry, převodníky vlhkosti a měřicí řetězce vlhkosti včetně vlhkostních sond	10 % RH	až	70 % RH		(15 až 35) °C	2,0 % RH 2,3 % RH	Porovnání s etalonovým převodníkem vlhkosti v klimatické komoře	J 62.03.M01	1

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoři dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř provádí kalibrace RH v omezeném teplotním rozsahu, uváděné hodnoty nejistot jsou zřejmě zaokrouhleny směrem k nejhorší hodnotě v daném rozsahu. Předmět kalibrace, použitý etalon i typ generátoru jsou z přílohy OA zřejmé. Pokud bychom akceptovali kalibraci při 25 °C v intervalu ±10 °C, byly by informace v příloze OA úplné.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

MEROS, spol. s r.o.
objekt číslo 2249, Kalibrační laboratoř MEROS
Starozuberská 1453, 756 54 Zubří

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Relativní vlhkost / Vlhkoměry	5 % RH	až	10 % RH	Rozsah teploty (15 až 70) °C	2,4 % RH	Porovnání s vlhkoměrem v klimatické komoře	MKRV.1		
		10 % RH	až	30 % RH	Rozsah teploty (15 až 70) °C	1,2 % RH				
		30 % RH	až	70 % RH	Rozsah teploty (15 až 70) °C	1,3 % RH				
		70 % RH	až	90 % RH	Rozsah teploty (15 až 70) °C	1,4 % RH				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

U této laboratoře se opět jedná o uvedení jediné hodnoty nejistoty pro velký teplotní rozsah. Vazba nejistoty na použitý etalon není zřejmá, jako generátor RH je uvedena klimatická komora. Pochybnosti ale vyvolává rozsah (5 až 10) % RH, protože ten je obvykle mimo možnosti klimatických komor. Předmět kalibrace je opět uveden velmi obecně.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

ENERGIZE GROUP s.r.o.
objekt číslo 2254, STŘEDISKO KALIBRAČNÍ SLUŽBY
Tylova 2923, 316 00 Plzeň

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min jedn.	max jedn.					
1	Analogové a číslicové vlhkoměry, převodníky vlhkosti a měřicí řetězce vlhkosti včetně vlhkostních sond	10 % RH	až 90 % RH	18°C až 28°C	1,4 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem v klimatizační komoře	92/75-14-6	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř má podrobně uveden předmět kalibrace, známý je také způsob generování vlhkosti, chybí pouze typ vztažného etalonu. Kalibrace RH je prováděna pouze při teplotě okolí, diskutabilní je jediná hodnota nejistoty pro celý rozsah měřené RH. V údajích teploty chybí mezera mezi hodnotou a jednotkou.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

HES, s.r.o.
objekt číslo 2273, Kalibrační laboratoř
U Dráhy 411/11, 664 49 Ostopovice

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Vlhkost / Analogové a digitální vlhkoměry, převodníky vlhkosti a měřicí řetězce vlhkosti včetně vlhkostních sond	5 % RH	až	10 % RH	(10 až 50) °C	2,2 %	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem v klimatizační komoře	TP45		
		10 % RH	až	50 % RH	(10 až 50) °C	1,4 %				
		50 % RH	až	70 % RH	(10 až 50) °C	1,6 %				
		70 % RH	až	90 % RH	(10 až 50) °C	1,8 %				
2*	pH / Elektrické části pH metrů a simulátorů pH	0 pH	až	14 pH		0,01 pH	Přímé generování kalibrátorem	TP1, TP21		

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

U této laboratoře se opět jedná o uvedení jediné hodnoty nejistoty pro velký teplotní rozsah. Vazba nejistoty na použitý etalon není zřejmá, jako generátor RH je uvedena klimatická komora. Pochybnosti opět vyvolává rozsah (5 až 10) % RH, protože ten je obvykle mimo možnosti klimatických komor. Předmět kalibrace je opět uveden detailně. V příloze jsou podivně useknuté hodnoty nejistoty.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

LAB-MET s.r.o.
objekt číslo 2281, Kalibrační laboratoř
Štěpánkova 820/6, 644 00 Brno

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1	Elektronické a vlasové vlhkoměry	20 % RH	až	50 % RH	(18 až 25) °C	1,5% RH	Porovnání s etalonem	MKEV 3/039/07		
		50 % RH	až	70 % RH	(18 až 25) °C	1,6% RH				
		70 % RH	až	90 % RH	(18 až 25) °C	1,7% RH				
2*	Elektronické vlhkoměry, elektronické vlhkoměry vč. smyčky (řetězce)	20 % RH	až	30 % RH	(18 až 25) °C	1,6% RH	Porovnání s etalonem	KEXV 3/041/12		
		30 % RH	až	70 % RH	(18 až 25) °C	1,7% RH				
		70 % RH	až	90 % RH	(18 až 25) °C	1,8% RH				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř má podrobně uveden předmět kalibrace rozdělený do dvou kategorií, způsob generování vlhkosti ani typ vztažného etalonu nejsou známy (vzhledem k tomu, že jde o výrobce, půjde zřejmě o klimatickou komoru). Dvě kategorie zřejmě představují kalibraci v laboratoři a kalibraci externí. Kalibrace RH je prováděna pouze při teplotě okolí. U nejistoty RH chybí mezera mezi hodnotou a jednotkou.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Český hydrometeorologický ústav
Objekt číslo 2287, Meteorologická kalibrační laboratoř
Generála Šišky 942, 143 00 Praha 4 – Kamýk

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny – vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1	Převodníky vlhkosti	10 % RH	až	30 % RH	23 °C ± 5 °C	0,002 % + 1,3 % RH	Přímé porovnání s etalonovým vlhkoměrem	MKL – 02/12		
		30 % RH	až	80 % RH		0,002 % + 1,6 % RH				
		80 % RH	až	95 % RH		0,002 % + 2,3 % RH				
2	Elektronické a digitální vlhkoměry	10 % RH	až	30 % RH	23 °C ± 5 °C	1,3 % RH	Přímé porovnání s etalonovým vlhkoměrem	MKL – 02/13		
		30 % RH	až	80 % RH		1,6 % RH				
		80 % RH	až	95 % RH		2,3 % RH				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoři dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř má kalibraci rozdělenou do dvou kategorií – převodníky vlhkosti (nejistota respektuje vliv měřicího multimetru, uvedená procenta jsou zřejmě procenta z MH) a elektronické a digitální (???) vlhkoměry (obě kategorie jsou prakticky identické). Kalibrace je prováděna pouze při teplotě okolí. Použitý etalon ani generátor vlhkosti nejsou uvedeny.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

KSQ spol. s r.o.
objekt číslo 2288, Kalibrační laboratoř
Lidická tř. 1937, 370 07 České Budějovice

CMC pro obor měřené veličiny: Relativní vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1	Vlhkoměry pro měření relativní vlhkosti vzduchu, vlhkoměry elektronické a kombinované, datalogery	30 % RH	až	80 % RH		20 °C až 25 °C	2,0 % RH	Porovnání s etalonovým měřidlem relativní vlhkosti, měření v klimatizační komoře	KM 201	
		80 % RH	až	90 % RH		20 °C až 25 °C	2,3 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoři dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

U této laboratoře je neuveden pouze druh vztažného etalonu. Kalibrace je prováděna pouze při teplotě okolí, předmět kalibrace i generátor vlhkosti jsou uvedeny.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

František Knížek

objekt číslo 2290, František Knížek – KALEX, kalibrační středisko
A. Dvořáka 719, 533 41 Lázně Bohdaneč

Pracoviště kalibrační laboratoře:

1. **Pracoviště Lázně Bohdaneč** A. Dvořáka 719, 533 41 Lázně Bohdaneč
2. **Pracoviště Vlčí Habřina** Vlčí Habřina 122, 533 41 Lázně Bohdaneč

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Přístroje na měření vlhkosti vzduchu	10 % RV	až	90 % RV	Rozsah teploty (15 až 60) °C	0,01 + 1,6 % RV	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	KPA-6.01	1	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Pro celý rozsah měření uvádí laboratoř jedinou hodnotu nejistoty s tím, že závislost na velikosti RH je pravděpodobně uvedena pomocí násobku hodnoty RH (předpoklad, není zcela jasné). Teplotní závislost respektována není. Předmět kalibrace je uveden obecně, vztažený etalon ani generátor RH nejsou zřejmé. Je jedinou laboratoří, která u jednotky místo % RH uvádí % RV.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

JD Dvořák, s.r.o.

objekt číslo 2298, JD Dvořák, s.r.o., kalibrační laboratoř
V Holešovičkách 1448/14, 180 00 Praha 8

CMC pro obor měřené veličiny: Relativní vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Vlhkoměry jako součást měřících řetězců klimatických komor a skříní, a skříní pro speciální účely, kde lze generovat vlhkost a teplotu					(10 až 95 °C)	1,5 % RH	Porovnání s etalonovým aspiračním vlhkoměrem	Interní metoda 2 (DKD-R_5.7 metoda C)	
		10 % RH	až	65 % RH		(10 až 95 °C)	1,7 % RH			
		65 % RH	až	90 % RH		(10 až 95 °C)	1,9 % RH			
2*	Vlhkoměry jako součást měřících řetězců klimatických komor a skříní, a skříní pro speciální účely, kde lze generovat vlhkost a teplotu					(10 až 95 °C)	1,5 % RH	Porovnání s etalonovým aspiračním vlhkoměrem	Interní metoda 4 (DKD-R_5.7 metoda A a B)	
		10 % RH	až	65 % RH		(10 až 95 °C)	1,7 % RH			
		65 % RH	až	90 % RH		(10 až 95 °C)	1,9 % RH			
		90 % RH	až	95 % RH		(10 až 95 °C)	1,9 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

CMC pro obor měřené veličiny: Relativní vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
3	Vlhkoměry, měřící řetězce pro měření relativní vlhkosti, datalogery pro měření relativní vlhkosti					(10 až 90 °C)	2,2 % RH	Porovnání s etalonovým aspiračním vlhkoměrem v klimatické komoře	Interní metoda 6	
		10 % RH	až	60 % RH		(10 až 90 °C)	3,1 % RH			
		60 % RH	až	90 % RH						

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

JD Dvořák, s.r.o.
objekt číslo 2298, JD Dvořák, s.r.o., kalibrační laboratoř
V Holešovičkách 1448/14, 180 00 Praha 8

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
		90 % RH	až	95 % RH		(10 až 90 °C)	3,4 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Majitel laboratoře je současně dodavatelem klimatických komor, proto je příloha (nesprávně) rozdělena na dvě části. Kalibrace klimatických komor vychází z uvedené metodiky DKD a je detailně popsána včetně uvedeného etalonu. Podrobně je popsána i kalibrace vlhkoměrů v klimakomoře. Teplotní závislost etalonu ale respektována není, uvedená nejistota platí pro celý teplotní rozsah.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

M & B Calibr, spol. s r.o.
objekt číslo 2301, Kalibrační laboratoř
Krumlovská 1454/26, 664 91 Ivančice

Pracoviště kalibrační laboratoře:

1. **Kalibrační laboratoř** Krumlovská 1454/26, 664 91 Ivančice
2. **Kalibrační laboratoř** Strojírenská 259/16, Zličín, 155 21 Praha 5

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Praco- viště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Měřidla relativní vlhkosti vyjma psychrometrů	10 % RH	až	95 % RH	(20 až 40) °C	2,3 % RH	Porovnávací měření s etalonovým vlhkoměrem	KP VL1	1	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Opět jeden z jednoduchých přístupů laboratoře, kdy je uvedena jediná hodnota nejistoty pro celý rozsah měřené RH, teplotní rozsah je sice malý, ale překračuje běžný rozsah teploty okolí. V předmětu kalibrace jsou vyloučeny psychrometry, zřejmě by měly být vyloučeny i rosnobodové vlhkoměry. Typ etalonu ani generátor vlhkosti uvedeny nejsou.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

UNIMETRA, spol. s r.o.
objekt číslo 2310, Odd. Kalibrační laboratoř
Rohova 1506/6, 716 00 Ostrava-Radvanice

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1	Vlhkoměry, měřicí řetězce pro měření relativní vlhkosti, datalogery pro měření relativní vlhkosti	10 % RH	až	50 % RH		1,5 %	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem v klimatické komoře	PP-11.95		
		50 % RH	až	70 % RH		2,0 %				
		70 % RH	až	90 % RH		2,5 %				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

RH – relativní vlhkost

V příloze laboratoře zcela chybí teplotní rozsah měření. Předmět kalibrace je specifikován, obdobně i generátor vlhkosti. Vztažný etalon není zřejmý. U nejistoty chybí symbol RH.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

PRIMA BILAVČÍK, s.r.o.
objekt číslo 2318, Kalibrační laboratoř
9. května 1182, 688 01 Uherský Brod

Pracoviště kalibrační laboratoře:

- | | | |
|----|------------------------------------|--|
| 1. | Uherský Brod | 9. května 1182, 688 01 Uherský Brod |
| 2. | Atómové elektrárne Mochovce | budova Metrologického střediska, 935 39 Mochovce |
| 3. | Mladá Boleslav | Komenského náměstí 90/10, 293 01 Mladá Boleslav |
| 5. | Uherský Brod II | Antonína Dvořáka 1274, 688 01 Uherský Brod |

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Relativní vlhkost	10 % RH	až	20 % RH		(10 až 70)°C	1,7 % RH	Porovnání etalonem vlhkosti	KP-PB-99	5
		20 % RH	až	30 % RH			1,5 % RH			
		30 % RH	až	40 % RH			1,2 % RH			
		40 % RH	až	50 % RH			1,0 % RH			
		50 % RH	až	60 % RH			1,1 % RH			
		60 % RH	až	70 % RH			1,3 % RH			
		70 % RH	až	80 % RH			1,9 % RH			
		80 % RH	až	90 % RH			2,0 % RH			
		90 % RH	až	95 % RH			2,3 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoři dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř má sice detailně rozděleny nejistoty a rozsahy měření RH, ale teplotní závislost etalonu respektována není. Předmět kalibrace je uveden pouze veličinou, vztažený etalon ani generátor RH nejsou uvedeny.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Testo, s.r.o.

objekt číslo 2344, Testo, s.r.o. – Kalibrační laboratoř
Jinonická 804/80, Košire, 158 00 Praha 5

CMC pro obor měřené veličiny: Relativní vlhkost vzduchu

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Číslicové vlhkoměry	5 %RH	až	35 %RH	(23 – 25) °C	0,6 %RH	Přímé porovnání s etalonem v klimatické komoře	KP-04		
		35 %RH	až	75 %RH	(23 – 25) °C	0,8 %RH				
		75 %RH	až	90 %RH	(23 – 25) °C	1,0 %RH				
		90 %RH	až	95 %RH	(23 – 25) °C	1,5 %RH				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř definuje jako předmět kalibrace pouze číslicové vlhkoměry, kalibrace je akreditována pouze při teplotě okolí. Vztažný etalon není uveden, generátor vlhkosti je sice deklarován jako klimatická komora, ale rozsah RH i nejistoty odpovídají spíše stolnímu generátoru TESTO HUMINÁTOR 2.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

HOLAB, spol. s r.o.
objekt číslo 2358, Kalibrační laboratoř
Gellhornova 2231/4, 678 01 Blansko

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Měřidla vlhkosti teplotních a klimatických komor a skříní, měření vlhkosti v zařízeních s regulací teploty a vlhkosti	10 % RH	až	30 % RH		(18 až 32) °C	1,6 % RH 1,9 % RH 2,2 % RH	Porovnání s etalonovým digitálním vlhkoměrem	KP 1.09 (DKD - R 5 - 7, metoda A, B, C)	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoř dosazitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Majitel laboratoře je také dodavatelem klimatických komor, příloha je tedy úzce zaměřena na kalibrace klimakomor dle předpisu DKD. Kalibrace jsou prováděny prakticky v rozsahu teploty okolí, vztažený etalon není uveden.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

RHH s.r.o.
objekt číslo 2359, RHH s.r.o. - kalibrační laboratoř
S. K. Neumanna 1316, 530 02 Pardubice

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn. max jedn.					
1*	Elektronické vlhkoměry a měřící řetězce vlhkosti včetně klimatických komor	10 % RH	až 40 % RH	(2 až 20) °C (20 až 60) °C (60 až 90) °C	1,3 % RH 1,1 % RH 1,5 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	RHH-AKP-04	
		40 % RH	až 70 % RH	(2 až 20) °C (20 až 60) °C (60 až 90) °C	1,3 % RH 1,2 % RH 1,6 % RH			
		70 % RH	až 90 % RH	(2 až 20) °C (20 až 60) °C (60 až 90) °C	1,5 % RH 1,3 % RH 1,8 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Jedná se opět o laboratoř dodavatele klimakomor a jako jediná má teplotně rozdělené kalibrované rozsahy RH. Nastavení nízkých vlhkostí při teplotách 2 °C by vyžadovalo vysvětlení, protože ani způsob generování RH, ani vztažený etalon nejsou uvedeny.

**Příloha je nedílnou součástí
osvědčení o akreditaci č.: 334/2023 ze dne: 20. 6. 2023**

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

KESA, s. r. o.
objekt číslo 2361, Kalibrační laboratoř
Smetanova 846, 539 73 Skuteč

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny - Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Přímoukazující vlhkoměry – měřicí řetězce	10 % RH	až	30 % RH		10 °C až 40 °C ⁴	1,2 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	KP V01	
		30 % RH	až	60 % RH		10 °C až 40 °C ⁴	1,3 % RH			
		60 % RH	až	90 % RH		10 °C až 40 °C ⁴	1,4 % RH			
		90 % RH	až	95 % RH		10 °C až 40 °C ⁴	1,8 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95%. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

⁴ Laboratoř je schopna kalibrovat vlhkost v uvedeném rozsahu při rozsahu teplot 2 °C až 80 °C.

Údaje v příloze této laboratoře jsou špatně nastaveny. U jednotky °C je odkaz na poznámku 4, v poznámce 4 je pak uveden zcela jiný teplotní rozsah kalibrace RH, než je v parametrech měřené veličiny. Pokud laboratoř bude tento rozsah měřit v rámci akreditace, měl by být vyjádřen i v tabulce POA. Předmět kalibrace zahrnuje všechna základní měřidla RH, vztažený etalon ani způsob generování RH nejsou zřejmé.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Scanlab Praha s.r.o.
objekt číslo 2373, Kalibrační laboratoř Scanlab Praha
Dr. Marodyho 143/20, Čakovice, 196 00 Praha 9

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min jedn.	max jedn.					
1	Elektronické vlhkoměry	20 % RH	až 80 % RH	10 °C až 80 °C	2,8 % RH	Přímé porovnání s etalonem v klimakomoře	SOP7	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř deklaruje kalibrace měřidel RH zjednodušenou formou s uvedením jediné hodnoty nejistoty pro celý rozsah RH i teploty. Rozsah teploty je přitom velký. Předmět kalibrace je vymezen pouze elektronickým vlhkoměrům, opět není zřejmý ani vztažný etalon, ani způsob generování RH.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

CTS-Kalibr s.r.o.

objekt číslo 2375, CTS-Kalibr, kalibrační laboratoř

Tř. Budovatelů 2531, 434 01 Most

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min jedn.	max jedn.					
1*	Měřicí řetězce vlhkosti včetně snímačů vlhkosti klimatických komor	10 %RH až 40 %RH 40 %RH až 60 %RH 60 %RH až 90 %RH	40 %RH 60 %RH 90 %RH	Při teplotách vzduchu (10 až 90) °C	1,5 % RH 1,7 % RH 1,9 % RH	Porovnáním s etalonovým vlhkoměrem ve zkušebním prostoru zařízení	KP01	
2*	Přímoukazující vlhkoměry	10 %RH až 40 %RH 40 %RH až 60 %RH 60 %RH až 90 %RH	40 %RH 60 %RH 90 %RH	Při teplotách vzduchu (20 až 30) °C	1,9 % RH 2,1 % RH 2,5 % RH	Porovnáním s etalonovým snímačem teploty v regulovaném prostředí klimatické komory	KP04	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Jedná se o laboratoř dalšího dodavatele klimatických komor, tabulka přílohy OA je tedy rozdělena na dvě části. Klimatické komory jsou kalibrovány prakticky v celém rozsahu RH a teploty, pro celý teplotní rozsah je ale uvedena jediná hodnota nejistoty. Etalonový vlhkoměr není definován. Přímoukazující vlhkoměry jsou kalibrovány prakticky při teplotě okolí, v principu kalibrace je nesprávný odkaz na etalonový snímač TEPLOTY.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

Kalibrační laboratoře Kolín s.r.o.
objekt číslo 2389, Kalibrační laboratoře Kolín s.r.o.
Havířská 202, 280 02 Kolín

Pracoviště kalibrační laboratoře:

1. **Laboratoř Kolín** Havířská 202, 280 02 Kolín
2. **Laboratoř České Budějovice** Kubatova 1240/6, 370 04 České Budějovice

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Relativní vlhkost / Přímo ukazující vlhkoměry, měřicí řetězce vlhkosti	10 % RH	až	30 % RH		23°C	1,2 % RH 1,3 % RH 1,4 % RH 1,5 % RH	Porovnání s vlhkoměrem v kalibrátoru vlhkosti	V01	1

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř deklaruje kalibraci vlhkoměrů při jediné teplotě bez uvedených mezí, což je velmi sporné vyjádření. Vzhledem k tomu, že kalibruje i mimo stálé prostory, bylo by zajímavé posoudit, jestli je uvedená podmínka teploty dodržována. Generování RH zajišťuje „kalibrátor vlhkosti“ (nejasně), vztahný etalon není uveden.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

KALIST AKL s.r.o.
objekt číslo 2394, KALIST AKL s.r.o., Kalibrační laboratoř
č.p. 8, 769 01 Třebětice

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Relativní vlhkost / vlhkoměry a měřící řetězce vlhkosti, dataloggery vlhkosti	10 % RH	až	32,5 % RH		(10 až 90) °C	1,2 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	KP-04 část A	
		32,5 % RH	až	65 % RH		(10 až 90) °C	1,3 % RH			
		65 % RH	až	80 % RH		(10 až 90) °C	1,5 % RH			
		80 % RH	až	95 % RH		(10 až 90) °C	1,9 % RH			
2*	Relativní vlhkost / měřící řetězce a charakterizace klimatických komor	10 % RH	až	65 % RH		(10 až 90) °C	1,5 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	KP-04 část B	
		65 % RH	až	80 % RH		(10 až 90) °C	1,7 % RH			
		80 % RH	až	95 % RH		(10 až 90) °C	1,9% RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou.

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř má tabulku rozdělenou na kalibrace vlhkoměrů a měření klimakomor. Nejistoty RH jsou uváděny vždy pro celý teplotní rozsah, který je významně velký. Etalonový vlhkoměr ani způsob generování RH nejsou uvedeny. U poslední hodnoty nejistoty chybí mezera mezi hodnotou a jednotkou.

Akreditovaný subjekt podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018:

MV Lab, s.r.o.
objekt číslo 2400, Metrologická laboratoř
Levínský Vršek 147, Levín, 267 01 Králův Dvůr

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny - vlhkost


Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min jedn.	max jedn.					
1*	Elektronické vlhkoměry a měřicí řetězce relativní vlhkosti	5 % RH	až 25 % RH	10 °C – 40 °C	0,6 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem v klimatické komoře	PP-M02-1	
		25 % RH	až 35 % RH	10 °C – 40 °C	0,7 % RH			
		35 % RH	až 50 % RH	10 °C – 40 °C	0,8 % RH			
		50 % RH	až 65 % RH	10 °C – 40 °C	0,9 % RH			
		65 % RH	až 75 % RH	10 °C – 40 °C	1,0 % RH			
		75 % RH	až 85 % RH	10 °C – 40 °C	1,1 % RH			
		85 % RH	až 95 % RH	10 °C – 40 °C	1,2 % RH			

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Hodnota nejistoty zde uvedená vychází z nejlepších podmínek laboratoří dosažitelných; hodnota nejistoty konkrétní kalibrace může být vyšší v závislosti na podmínkách takové kalibrace. Pro totožné krajní hodnoty navazujících rozsahů platí vždy nižší hodnota nejistoty.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

Laboratoř má detailně rozděleny rozsahy kalibrované vlhkosti, teplotní rozsah lehce překračuje teplotu okolí v obou směrech. Etalonový vlhkoměr není definován, kalibrace se odkazuje na měření v klimatické komoře, ale jak rozsah měřené RH, tak hodnoty nejistot měření odpovídají spíše stolnímu generátoru RH (generátor TESTO). Hodnoty nejistot jsou poměrně malé, nabízí se otázka ohledně správného a úplného zahrnutí všech složek nejistoty.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

8.2. Celkové hodnocení příloh OA českých subjektů

S výjimkou jediné laboratoře není respektován vliv teploty na použitý etalon tam, kde pracujeme v celém teplotním rozsahu měření RH. Pravdou je, že tento požadavek nebyl při posuzování dosud uplatňován. Je to jeden ze zásadních rozdílů oproti zahraničním AKL. S tím souvisí také uvádění principu kalibrace – jen výjimečně jsou uváděny způsoby generování vlhkosti a vztahný etalon pro určení nejistoty měření. Zásadním rozdílem oproti zahraničním AKL je vybavení laboratoří v ČR. Většina českých laboratoří používá jako etalonu kapacitní snímače RH, v zahraničí je běžným etalonem elektronický psychrometr nebo rosnobodový vlhkoměr. Několik laboratoří v ČR využívá přenosné generátory RH (výrobce TESTO nebo FLUKE), většinou je vlhkost generována v klimatických komorách. Kalibrace i celé charakterizace klimakomor provádějí laboratoře v ČR poměrně často, u zahraničních subjektů je četnost menší. Vyplývá to z velkého množství subjektů z oboru Automotive na českém území a také z mnoha požadavků z oblasti zdravotnictví a farmacie. Časté měření v klimakomorách by mělo být jedním z impulzů pro lepší nastavení příloh OA vzhledem k měřeným teplotním rozsahům.

Na přehledu je také znát značná nejednotnost formální úpravy jednotlivých POA a časté nerespektování pravidel pro tvorbu POA.


8.2.1. Obor měřené veličiny

Názvy na přílohách OA v ČR nejsou jednotné. Vzhledem k tomu, že jde o fyzikální veličinu, která je u ostatních fyzikálních veličin konkretizována (teplota, tlak apod.), doporučujeme uvádět „Vlhkost vzduchu“.

8.2.2. Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace

Kalibrovaná veličina je většinou uváděna jako (relativní) vlhkost, ale u většiny příloh není uvedena. Jednoznačný název by byl relativní vlhkost vzduchu, příp. teplota rosného bodu (ta je ale kalibrována pouze na ČMI). Předmět kalibrace tvoří jednak různým způsobem popsaná měřidla RH (mechanická i elektronická) a klimatické komory jak ve formě kalibrace, tak charakterizace prostoru (měření homogenity a stability RH a teploty). Měření klimatických komor je někdy skryto pod názvem měřících řetězců vlhkosti, což jsou také např. měřidla RH ve skladech, výrobních linkách, muzeích apod. Autoři proto doporučují sjednocení názvosloví typů a druhů měřidel. Mezi nejběžnější typy patří:

- absorpčně deformační vlhkoměr (mechanický, zapisovací),
- kapacitní snímač vlhkosti včetně snímače s unifikovaným výstupním signálem
- psychrometrický vlhkoměr (aspirační, elektronický)
- rosnobodový vlhkoměr
- elektronický vlhkoměr (indikační, datalogger)
- klimatické komory (metody A, B a C dle DKD R5-7)
- generátor vlhkosti
- měřící řetězce vlhkosti

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

8.2.3. Jmenovitý rozsah

Rozsahy hodnot RH jsou vesměs uváděny ve vazbě na společnou nejistotu měření, diskrétní hodnoty RH a vztažné nejistoty se u českých příloh OA nevyskytují. Celkový rozsah přílohy jednotlivých subjektů představuje rozmezí (5 až 95) % RH.

CMC pro obor měřené veličiny: Fyzikálně chemické veličiny

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametry měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracovní vístě
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Relativní vlhkost	10 % RH	až	20 % RH		(10 až 70)°C	1,7 % RH	Porovnání s etalonem vlhkosti	KP-PB-99	5
		20 % RH	až	30 % RH			1,5 % RH			
		30 % RH	až	40 % RH			1,2 % RH			
		40 % RH	až	50 % RH			1,0 % RH			
		50 % RH	až	60 % RH			1,1 % RH			
		60 % RH	až	70 % RH			1,3 % RH			
		70 % RH	až	80 % RH			1,9 % RH			
		80 % RH	až	90 % RH			2,0 % RH			
		90 % RH	až	95 % RH			2,3 % RH			

Obr. 1: Příklad detailního rozdělení rozsahů měřené RH

Na obr. 1 je celkový rozsah RH (10 až 95) % RH rozdělen po 10 %, u nejvyšší RH po 5 %. Hodnoty nejistoty se v dílčích rozsazích celkem významně mění, ale důvodem by mohla být skutečnost, že je pro každý podrozsah uvažováno velké rozmezí teplot (10 až 70) °C, což je z pohledu teplotní závislosti nesprávné. Kdybychom i teplotní rozsah rozdělili do několika podrozsahů, nebyly by rozdíly mezi nejistotami v každém teplotním podrozsahu tak významné a jemné rozdělení rozsahů RH by ztratilo smysl. Tato skutečnost jednoznačně vyplývá např. ze zahraničních příloh OA. Bylo by vhodné stanovit doporučené rozpětí při volbě podrozsahů RH. Dílčí rozsahy RH by se mohly pohybovat v rozpětí (20 až max. 30) % RH.


Otázkou je nastavení vzájemné vazby mezi jmenovitým rozsahem (dílčími podrozsahy) měřené veličiny, tj. RH a parametry měřené veličiny, tj. teplotním rozpětím.

CMC pro obor měřené veličiny: Vlhkost

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametry měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracovní vístě
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Elektronické vlhkoměry a měřicí řetězce vlhkosti včetně klimatických komor	10 % RH	až	40 % RH		(2 až 20) °C	1,3 % RH	Porovnání s etalonovým vlhkoměrem	RHH-AKP-04	
						(20 až 60) °C	1,1 % RH			
						(60 až 90) °C	1,5 % RH			
		40 % RH	až	70 % RH		(2 až 20) °C	1,3 % RH			
						(20 až 60) °C	1,2 % RH			
						(60 až 90) °C	1,6 % RH			
		70 % RH	až	90 % RH		(2 až 20) °C	1,5 % RH			
						(20 až 60) °C	1,3 % RH			
						(60 až 90) °C	1,8 % RH			

Obr. 2: Příklad vzájemného vztahu dílčích rozsahů RH a teploty

Na obr. 2 je nastavení dílčích rozsahů takové, že zvolený měřený rozsah RH je rozdělen na několik teplotních rozsahů. V zahraničních přílohách se používá i reciproký přístup – jeden teplotní podrozsah v parametrech měřené veličiny zahrnuje několik podrozsahů vlastní měřené RH. Ten v POA vydávaných ČIA není až na odůvodněné výjimky akceptován. Jestliže uplatňujeme jako primární jmenovitý rozsah měřené veličiny, mohla by být struktura POA na obr. 2 vzorovým příkladem z hlediska uvádění jmenovitého rozsahu, parametrů měřené veličiny a nejnižší udávané rozšířené nejistoty měření. Teplotní rozsahy ale musí odpovídat reálným možnostem použitého generátoru RH.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

8.2.4. Parametry měřené veličiny

Jak bylo uvedeno u zahraničních příloh OA, do tohoto sloupce ideálně patří teplotní rozsah měření. Pouze jediná AKL (RHH s.r.o.) uvádí tři teplotní rozmezí včetně odpovídajících nejistot pro každý rozsah měření RH (viz obr. 2). Většina příloh nerespektuje teplotní vliv na jednotlivá měření RH a nejistota měření RH je vyjádřena společně pro celý teplotní rozsah. U subjektů, které pracují s teplotou blízkou kalibrační teplotě, tato skutečnost nevádí. Teplotní rozsah je ale často uváděn v rozmezí až do 90 °C, kde bude nutné respektovat zásady, které jsou výstupem tohoto úkolu.

8.2.5. Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření

Většina příloh respektuje absolutní vyjádření nejistoty měření, tj. hodnoty v % RH u relativní vlhkosti a ve °C u teploty rosného bodu (jediná příloha OA). Ve dvou případech je nejistota uváděna lineární rovnicí. V jednom případě je zahrnut vliv měření multimetru při kalibraci převodníků RH, v druhém případě je lineární závislost nejasná a bylo by vhodné ji upravit. Způsoby výpočtu nejistot a návrhy správných metodik kalibrací pro celkové rozsahy teplot jsou uvedeny v následujících kapitolách textu.

8.2.6. Princip kalibrace

Při měření vlhkosti rozhoduje o kvalitativních ukazatelích jednak způsob generování vlhkosti, jednak druh použitého etalonu. Odkazy na princip kalibrace jsou ve většině případů velmi stručné a neúplné. Měl by být zřejmý typ použitého etalonu a způsob generování RH. Často je v posuzovaných přílohách pouze uvedena kalibrace porovnáním s tím, že referenční měřidlo je uváděno častěji než generátor vlhkosti.

8.2.7. Identifikace kalibračního postupu

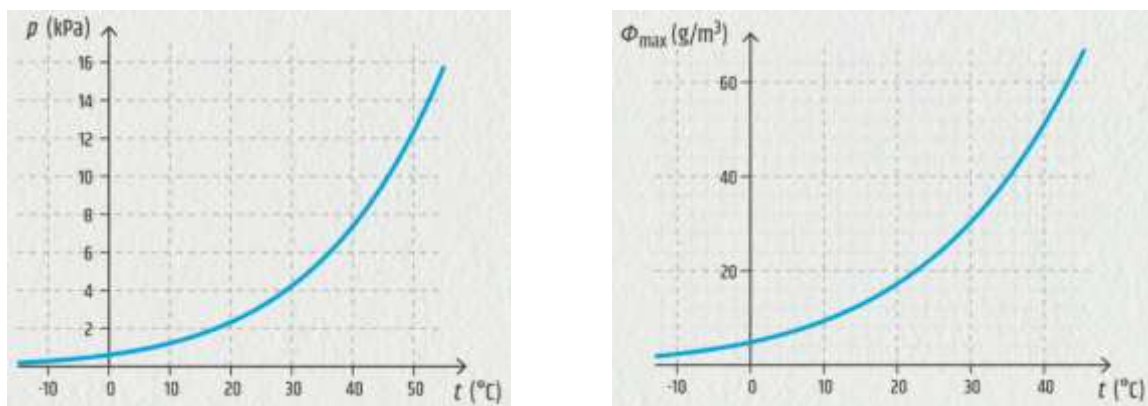
Pro identifikaci postupů jsou bez výjimky používána interní označení postupů dle řízené dokumentace laboratoří. U několika laboratoří, které kalibrují klimatické komory, je přidán odkaz na vzorový dokument Německé kalibrační služby DKD-R 5.7, který je použit jako základ postupu Eurametru pro klimatické komory.

9. Teoretické aspekty měření vlhkosti vzduchu za vyšších teplot

9.1. Úvod

Nejčastějším generátorem vlhkosti, který používají kalibrační a zkušební laboratoře, jsou klimatické komory. Tato zařízení také patří mezi nejčastěji zkoušené objekty, u kterých proměřujeme jejich parametry z hlediska relativní vlhkosti vzduchu (dále RH) a teploty. V rámci akreditované činnosti kalibračních laboratoří se pro měření v klimatických komorách používají různé typy měřidel RH. V přílohách Osvědčení o akreditaci těchto subjektů se obvykle dozvíme jednoznačné určení měřeného rozsahu RH. Horší je situace ohledně jasné definice teplotního rozsahu měření ve vazbě na měřenou RH. Předmětem mého příspěvku je naznačení komplikované závislosti RH na teplotě, ze které vyplývá také vhodnost výběru použitých měřidel RH. Z ekonomických důvodů bývá kalibrace měřidel prováděna nejčastěji pouze při teplotě okolí v rozmezí (20 až 25) °C. Klimatické komory ale generují RH v rozsahu teplot (10 až 95) °C a uvedená kalibrace je díky tomu nedostatečná. Neříká totiž nic o závislosti použitého měřidla RH na teplotě. Příspěvek se tedy nezabývá speciálním měření RH při záporných teplotách nebo teplotách vyšších než 100 °C.

Pár slov úvodem. Vzduch nebo jakýkoli jiný plyn mají schopnost absorbovat vodní páru. Schopnost absorpce závisí především na teplotě. Obecně lze říci, že čím je vzduch teplejší, tím více vodní páry pojme. Množství vodní páry v g/m³ (tzv. absolutní vlhkost vzduchu), které je ve vzduchu obsaženo, je tedy v definovaném objemu limitováno. Obě závislosti jsou uvedeny na obr. 3.



Obr. 3: Závislost tlaku nasycené vodní páry a absolutní vlhkosti na teplotě

(<https://e-manuel.cz/kapitoly/plyny/vyklad/voda-v-atmosfere/>)

Mezi teplotou vzduchu a tlakem nasycené vodní páry existuje tedy významná závislost. Při pokojové teplotě se kapacita nasycení vzduchu vodní párou zdvojnásobí s každým zvýšením teploty o 10 °C. Jak je patrné z obr. 3, nejde o lineární závislost. Při 80 °C se tlak nasycených par zdvojnásobí po zvýšení teploty pouze o 5 °C, naopak při -60 °C se tlak nasycených par zdvojnásobí při zvýšení teploty o 20 °C. Relativní vlhkost vzduchu je definována jako:

$$RH (\%) = (e / e_s) \times 100 \quad (1)$$

e (Pa) ... tlak vodní páry při teplotě t

e_s (Pa) ... tlak nasycené vodní páry při teplotě t



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Tlak vodních par je ve vzorci zastoupen dvakrát, za toho je zřejmé, že závislost RH na teplotě je extrémní. Tabulka 1 demonstruje vliv změny teploty o ± 1 °C při různých úrovních teploty a relativní vlhkosti.

Relative humidity	Temperature					
	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
10% RH	$\pm 0.7\%$ RH	$\pm 0.6\%$ RH	$\pm 0.6\%$ RH	$\pm 0.6\%$ RH	$\pm 0.5\%$ RH	$\pm 0.5\%$ RH
50% RH	$\pm 3.5\%$ RH	$\pm 3.2\%$ RH	$\pm 3.0\%$ RH	$\pm 3.0\%$ RH	$\pm 2.6\%$ RH	$\pm 2.3\%$ RH
90% RH	$\pm 6.3\%$ RH	$\pm 5.7\%$ RH	$\pm 5.7\%$ RH	$\pm 5.4\%$ RH	$\pm 4.6\%$ RH	$\pm 4.1\%$ RH

Tabulka 1: Vliv změny teploty o ± 1 °C na změnu RH (podle L [1])

Pro nejistotu měření přibližně platí obecné pravidlo, že nejistota ± 1 °C teploty rosného bodu nebo teploty vzduchu vede k nejistotě ± 6 % **hodnoty** relativní vlhkosti (pozor – nezaměnit se 6 % RH).

Při měření klimatických komor se nejčastěji používají tři způsoby určování RH:

- měření teploty rosného bodu a následné určení RH,
- psychrometrické měření RH,
- měření RH pomocí impedančních (kapacitních) snímačů RH.

Budeme se zabývat závislostí RH na teplotě u těchto tří způsobů měření.

9.2. Měření teploty rosného bodu, rosnobodové vlhkoměry

Teplota rosného bodu je teplota, při které by se tlak vodních par rovnal tlaku nasycených par. Jedná se o teplotu, při které vlhkost obsažená ve vzduchu kondenzuje vlivem teploty. Rosný bod je tedy teplota, pod kterou vodní pára v daném vzduchu při konstantním tlaku kondenzuje na kapalnou vodu. Je to teplota, při které je vzduch pro určitou teplotu nasycen vlhkostí. Neovlivňuje ji změna tlaku plynu, ale výrazně se mění při změně teploty nebo množství vodní páry ve vzduchu.

Rosnobodový vlhkoměr detekuje teplotu rosného bodu vzduchu ochlazením povrchu, který je v kontaktu se vzduchem, na teplotu rosného bodu. Existuje několik způsobů, jak dosáhnout ochlazení a pozorovat tvorbu kondenzátu na chlazeném povrchu. Původně býval povrch vlhkoměru chlazen odpařováním etheru nebo jiné vhodné kapaliny. Tvorba kondenzátu na povrchu byla stanovena pouze vizuálně. Později se používalo chlazení povrchu destičky pomocí proudu chladiva v přímém nebo nepřímém kontaktu se zadní stranou. Současné vlhkoměry ochlazují zchlazenou plochu zrcátka pomocí Peltierova chlazení. Fotobuňka snímá rozptýlené světlo na lesklé ploše zrcátka, který se výrazně mění při vzniku kapiček vody na povrchu. Důležité je přesné měření povrchové teploty v okamžiku vzniku první kapky, což je teoretická teplota rosného bodu, která se ale velmi obtížně detekuje. Ideální stav pro měření je rovnoměrná vrstvička malých kapiček vody nebo krystalků ledu po celém povrchu zrcátka. Teplota je snímána miniaturním odporovým teploměrem zapařeným pod povrchem zrcátka. Rozsah vlhkoměrů rosného bodu závisí na teplotním rozsahu chlazeného povrchu. V zásadě lze pokrýt teplotní rozsah vzduchu od -90 °C do $+100$ °C. Vlhkoměr rosného bodu je považován za nejpřesnější přístroj pro měření vlhkosti vzduchu. Při vhodné kalibraci může být nejistota měření RH kolem $\pm 0,5$ % RH. Přesnější měření rosného bodu je obvykle u kladných hodnot, nízké teploty



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

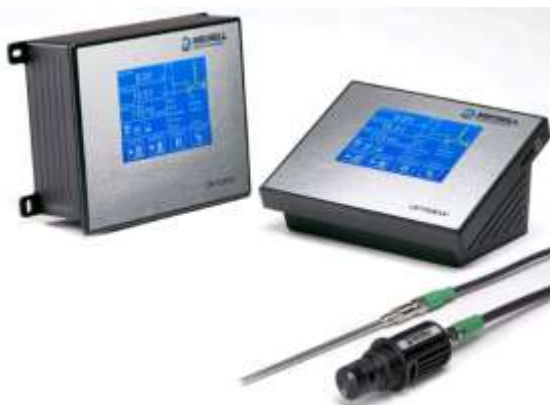
Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

hluboko pod bodem mrazu (bod ojínění) jsou choulostivější na možné zdroje chyb. Typickými zdroji chyb jsou povrchová kontaminace zrcátka, možnost zaplavení zrcátka, obsah plynů rozpouštějících se ve vodě nebo nedostatečná homogenita chlazení povrchu zrcátka. Dynamická odezva vlhkoměru je pomalá a nezvládá rychlé výkyvy teploty nebo vlhkosti. Jsou ideální pro měření dokonale ustálených stavů teploty a RH. Celkově je vlhkoměr rosného bodu spolehlivým základním přístrojem, který se obvykle používá jako etalonové měřidlo pro mnoho aplikací. Základní nevýhodou je jeho podstatně vyšší cena oproti jiným přístrojům na měření vlhkosti.

Rosnobodový vlhkoměr obsahuje vždy dva snímače – snímač teploty vzduchu a snímač teploty rosného bodu. Tyto dvě teploty jsou základní měřené hodnoty stavu vzduchu, přičemž indikační jednotka vlhkoměru je schopna zobrazit i jiné parametry např. relativní vlhkost vzduchu, absolutní vlhkost, parciální tlak vodní páry a některé modely mají zabudovaný i snímač barometrického tlaku.



Obr. 4: Rosnobodový vlhkoměr MICHELL

Měřené jsou obě zmíněné teploty, ostatní hodnoty jsou vypočteny implementovaným SW přístroje. Jestliže chceme tento vlhkoměr používat pro měření celého rozsahu klimatické komory, příp. ho používat pro zajištění návaznosti jiných vlhkoměrů ve stejném rozsahu, měli bychom zajistit odpovídající návaznost obou teplot. Pro klimatické komory to znamená kalibraci teplotního snímače v rozsahu (0 až 100) °C a snímače teploty rosného bodu v rozsahu alespoň (-20 až 90) °C. Při měření nás zajímá relativní vlhkost, proto musíme mít k dispozici nástroj, pomocí kterého ji určíme ze změřených teplot. Můžeme použít některý z kalkulátorů vlhkosti, které najdeme na internetu, ale doporučuji používat kalkulátory renomovaných výrobců měřidel vlhkosti (Rotronic, Vaisala, Michell). Výpočet nám současně umožní kontrolu přepočtu na indikační jednotce vlhkoměru. Pro přepočet existuje řada empirických vztahů. Z vlastní zkušenosti bych doporučil výpočet RH dle L [15]:

$$RH = 100 \cdot 10^{m \left(\frac{t_D}{t_D + T_n} - \frac{t}{t + T_n} \right)} \quad (2)$$

kde t_D je teplota rosného bodu (°C) a t je teplota vzduchu (°C). Zbývající konstanty vyplývají z tabulky 2 a jsou závislé na měřené teplotě (tabulka je určena i pro psychrometry). V tabulce je také uvedena max. chyba, kterou daný výpočet umožňuje. Provedl jsem kontrolní výpočty a jejich porovnání s údaji dle kalkulátoru vlhkosti fy Rotronic. Max. chyby skutečně nebyly překročeny. Pro teploty klimakomor do 100 °C je zřejmé, že chyba přepočtu je prakticky zanedbatelná.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

	A	m	Tn	max error	Temperature range
water	6.116441	7.591386	240.7263	0.083%	-20...+50°C
	6.004918	7.337936	229.3975	0.017%	+50...+100°C
	5.856548	7.27731	225.1033	0.003%	+100...+150°C
	6.002859	7.290361	227.1704	0.007%	+150...+200°C
	9.980622	7.388931	263.1239	0.395%	+200...+350°C
	6.089613	7.33502	230.3921	0.368%	0...+200°C
ice	6.114742	9.778707	273.1466	0.052%	-70...0°C

Tabulka 2: Koeficienty pro výpočet RH dle vzorce 2

Při výpočtu nejistot měření potřebujeme také přepočítat nejistotu měření teplot na nejistotu RH pomocí citlivostních koeficientů. Stanovením těchto koeficientů i jejich odvozením se zabývá L [16]. Pro citlivostní koeficient t_D platí:

$$\frac{\delta RH}{\delta t_D} = RH \cdot \frac{a \cdot b}{(b + t_D)^2} \quad (3)$$

Pro citlivostní koeficient t platí:

$$\frac{\delta RH}{\delta t} = -RH \cdot \frac{a \cdot b}{(b + t)^2} \quad (4)$$

Hodnoty konstant jsou následující:


$a = 17,62$ pro $t \geq 0$ °C; $a = 22,46$ pro $t < 0$ °C

$b = 243,12$ °C pro $t \geq 0$ °C; $b = 272,62$ °C pro $t < 0$ °C.

Z předchozího textu je patrné, že rosnobodový vlhkoměr je ideálním měřidlem pro přesné měření v klimakomorách i za vyšších teplot. Při nízkých teplotách, kdy je t_D hluboko pod bodem mrazu, roste také výkon Peltiéřova chlazení, čímž roste teplota jeho výměníku. Tento efekt lze redukovat vyjmutím chlazeného zrcadlového vlhkoměru z měřicí komory a odběrem vzorku plynu trubicí, přičemž se vlhkoměr udržuje v podmínkách okolní teploty, ve kterých byl kalibrován. U rosnobodového vlhkoměru je potřeba zrcátka v pravidelných intervalech řádně čistit, aby se zabránilo hromadění nečistot, protože to může ovlivnit odrazivost zrcátka tím, že kondenzovaný film již není čistá voda, ale roztok. Při teplotě t_D pod 0 °C (dle zkušenosti až do -20 °C) se může stát, že vlhkoměr nedokáže správně vyhodnotit, zda kondenzát na chlazeném zrcátku je led nebo podchlazená voda. Vyhodnocení nesprávné fáze způsobí např. chybu odpovídající 1 % RH při 10 % RH a 20 °C. V tomto případě je teplota rosného bodu -12,5 °C a teplota bodu ojnění -11,2 °C. Dle zkušeností ČMI s kalibracemi na relativní vlhkost vzniká obvykle podchlazená voda a chyba je pak opravdu cca 1 % RH. Ručním řízeným podchlazováním se dá vytvořit led, ale není to jednoduchý proces, který zákazníci stejně nepoužívají. Při kalibraci se proto pracuje s automatikou vlhkoměru a zákazníkům je doporučena také kalibrace hodnoty 20 % RH při 23 °C, kde je tento efekt nepatrný.

Při použití **rosnobodového** vlhkoměru musíme uvažovat pro tento etalon následující zdroje nejistoty:

- nestabilita údaje etalonu (je zahrnuta v nejistotě typu A za podmínky dostatečného počtu odečtů)

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

- nejistota etalonu z kalibračního listu (týká se jak nejistoty měření rosného bodu, tak nejistoty měření teploty)
- rozlišení údaje etalonu (pokud již není zahrnuto v nejistotě z kalibračního listu) nebo skutečnou citlivost (jestliže je větší než rozlišení údaje)
- nejistotu výpočtu RH z teploty vzduchu a rosného bodu

Správná činnost rosnobodového vlhkoměru předpokládá nulový přenos hmoty mezi zkondenzovanou a parní fází vody. Díky tomu je správně určena teplota kondenzace, tj. teplota rosného bodu. Až do teploty rosného bodu -40 °C se nejprve vytvoří počáteční kapička kondenzátu, která se může následně změnit na vrstvu kondenzátu s ledovými krystalky. Vzniká tak několik fázových rozhraní (zrcátko, kondenzát, plyn a jeho prostředí), na kterých dochází ke všem mechanismům přestupu tepla – konvekce, kondukce i záření. Může tak vzniknout nerovnovážený stav, kdy správný odečet závisí i na zkušenosti operátora. Tento stav výrazně zhoršují nečistoty na zrcátku, jak bylo zmíněno. Chyby při měření rosnobodovým vlhkoměrem lze rozdělit následovně:

9.2.1. Chyby měření teploty

- chyba měření odporu (t_D je obvykle měřena nepatrným odporovým teploměrem Pt 100 zabudovaným pod povrchem zrcátka),
- chyba v přepočtu odporu na teplotu (obvykle je zahrnut vztah pro přepočet podle normy, ale skutečné vlastnosti senzoru nemusí normě odpovídat),
- rozdíl teploty mezi místem měření a povrchem zrcátka, na kterém je udržován rovnovážný stav (vliv přenosu tepla mezi kondenzátem a zrcátkem, přenosu tepla mezi zrcátkem a hmotou snímače, vliv tepla produkovaného snímačem atd.),
- pro samoohřev odporového teploměru rosnobodového vlhkoměru se neuplatňuje žádná korekce, protože byl kalibrován na vzduchu, tedy v podobných podmínkách, v jakých se používá. Snímač teploty vzduchu bývá kalibrován v kapalném termostatu, v tom případě musíme respektovat vliv samoohřevu.


9.2.2. Chyby realizace rosného bodu

Základní otázkou je stabilita rosného bodu při měření, tj. do jaké míry lze dosáhnout opakovatelnosti odečtu. Odečet je totiž ovlivněn nehomogenitou tloušťky kondenzátu, rozdíly v emisivitě povrchu zrcátka a kondenzátu (vliv na optický odečet), různými typy ledového kondenzátu s různou povrchovou energií apod. Tyto vlivy mohou být větší než stabilita regulačního obvodu zrcátka, která udržuje rovnováhu kondenzátu. Opakovatelnost odečtu tedy není zcela zaručena. Jak při kalibraci rosnobodového teploměru, tak při jeho používání by tedy měl být prováděn dostatečný počet opakovaných nezávislých odečtů.

9.3. Psychrometrické měření RH

Psychrometrem měříme také dvě teploty podobně jako u předchozího způsobu měření. Jedná se o určování tzv. suché teploty t_s , tedy teploty vzduchu a tzv. mokré (vlhké) teploty t_w , která je měřena stejným typem teploměru, na který je navlečena punčoška trvale zvlhčovaná vodou. Na vlhkém povrchu punčošky dochází k odparu vody a t_w představuje nejnižší možnou teplotu, kterou lze při teplotě vzduchu t_s dosáhnout odpařováním. Hodnotu RH můžeme určit pomocí tzv. psychrometrické rovnice:

$$p_w = p_{ws} - A \cdot p \cdot (t_s - t_w) \quad (5)$$

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

a následně vztahu:

$$RH = \frac{p_w}{p_{ws}} \cdot 100 \quad (6)$$

kde

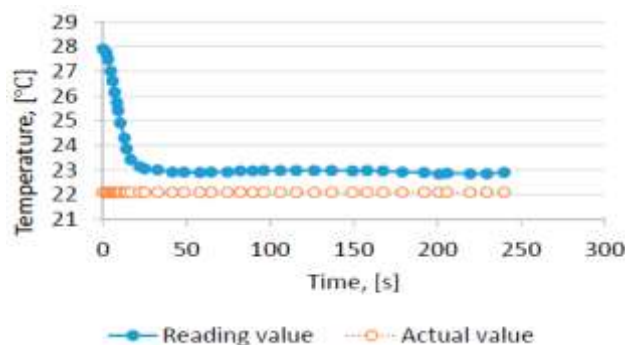
A je psychrometrická konstanta (nejčastěji uváděná jako $662 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$),
 p_{ws} je parciální tlak nasycené páry při teplotě mokrého teploměru (Pa),
 p_w je parciální tlak vodních par ve vzduchu (Pa) a
 p je statický tlak vzduchu v místě měření (Pa).

Prvním problémem výpočtu je hodnota psychrometrické konstanty, která konstantou není. Podle L [9] se její hodnota pohybuje v rozmezí $(6,4 \text{ až } 6,8) \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Navíc jsou psychrometrické rovnice používány v různých tvarech a úpravách. L [9] uvádí např. následující přehled:

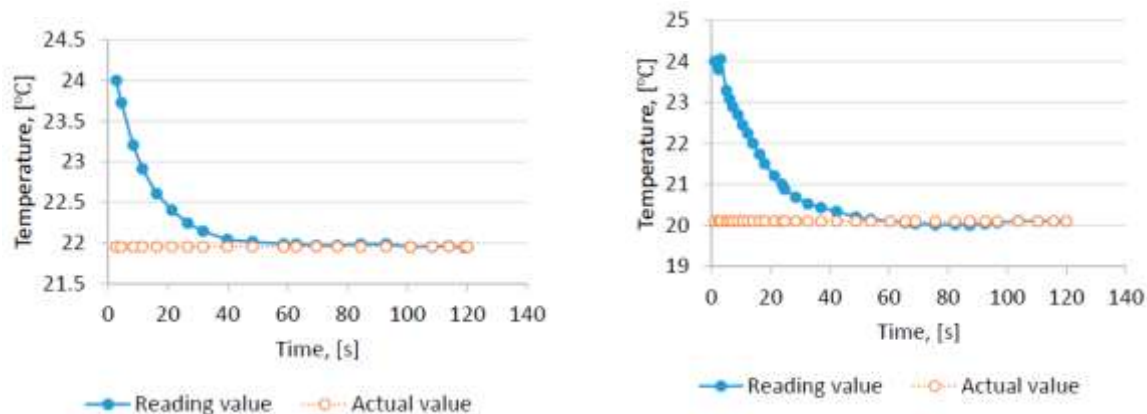
1	Penman equation $P_w = P_{ws}(T_w) - 0.0664 \times (T_d - T_w)$
2	Goft-Cratch equation $P_w = P_{ws}(T_w) - 0.067193 \times (T_d - T_w)$
3	British United Turkeys (BUT) equation $P_w = P_{ws}(T_w) - 0.066 \times (T_d - T_w)$
4	Harrison equation $P_w = P_{ws}(T_w) - 0.067 \times (1 + 0.00115T_w) \times (T_d - T_w)$
5	World meteorological Organisation (WMO) equation $P_w = P_{ws}(T_w) - 0.0662795 \times (1 + 0.000944T_w) \times (T_d - T_w)$
6	Nevia et al. equation $P_w = P_{ws}(T_w) - 0.0647164 \times (1 + 0.00504T_w) \times (T_d - T_w)$

Obr. 5: Používané empirické vztahy psychrometrické rovnice dle L [9]

Na obr. 5 je použito jiné označení pro identické veličiny a psychrometrická konstanta je rozšířena standardním barometrickým tlakem $p = 101,325 \text{ kPa}$. Na správnost výpočtu podle psychrometrické rovnice má významný vliv rychlost proudění vzduchu psychrometrem. Vliv proudění, který se projeví především na t_w , je uveden v L [9], odkud jsou převzaty následující obrázky:

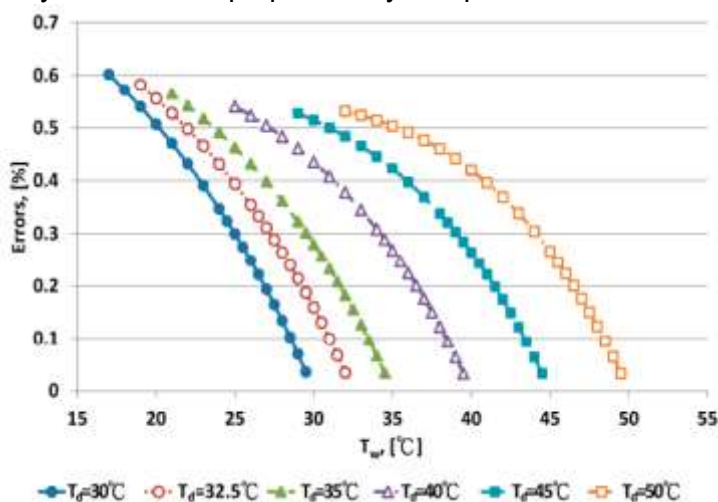


Obr. 6: Ustálení t_w při rychlosti proudění 1 m/s



Obr. 7: Ustálení t_w při rychlosti proudění 3 m/s (vlevo) a 5 m/s (vpravo)

Při rychlosti proudění 1 m/s je rozdíl mezi měřenou a aktuální teplotou t_w 0,8 °C, rozdíl postupně klesá a relevantní měření nastává od rychlosti ≥ 3 m/s. L [9] se také zabývá určením chyb pro rovnice uvedené na obr. 5. Na příkladu páté rovnice WMO si můžeme ukázat průběh chyb měření RH při proměnných teplotách suchého a mokrého teploměru:



Obr. 8: Velikost chyby měření RH v závislosti na poměru t_s (označeno T_d) a t_w

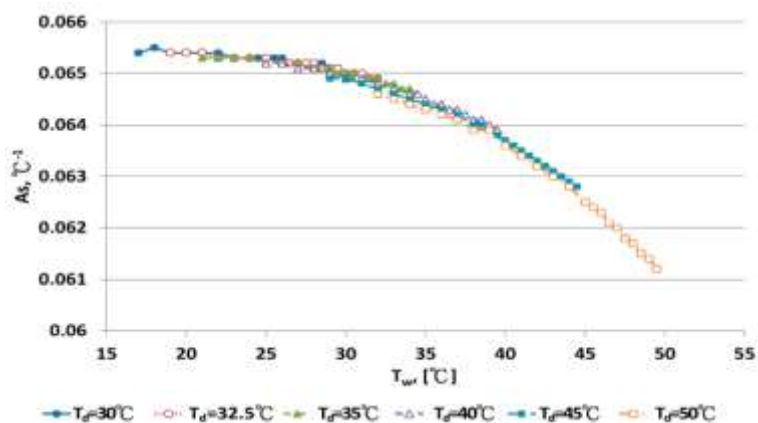
Z obr. 8 je zřejmé, že když se stav vzduchu blíží plné saturaci (obě teploty mají podobnou velikost), zmenšuje se také chyba měření. Jak je vidět z obr. 5, v empirických vztazích figurují různé hodnoty psychrometrické konstanty. Autoři L [9] se pokusili stanovit velikost A_s (K^{-1}) tak, aby chyba měření byla co nejmenší (A_s je určena pro standardní barometrický tlak, viz obr. 5). Pro teploty $T_d < 30$ °C stanovili autoři A_s jako konstantu, pro $T_d > 30$ °C jde o polynomický vztah:

$$A_s = 0,0654 \text{ (K}^{-1}\text{)} \dots \text{ pro } T_d < 30 \text{ °C} \quad (7)$$

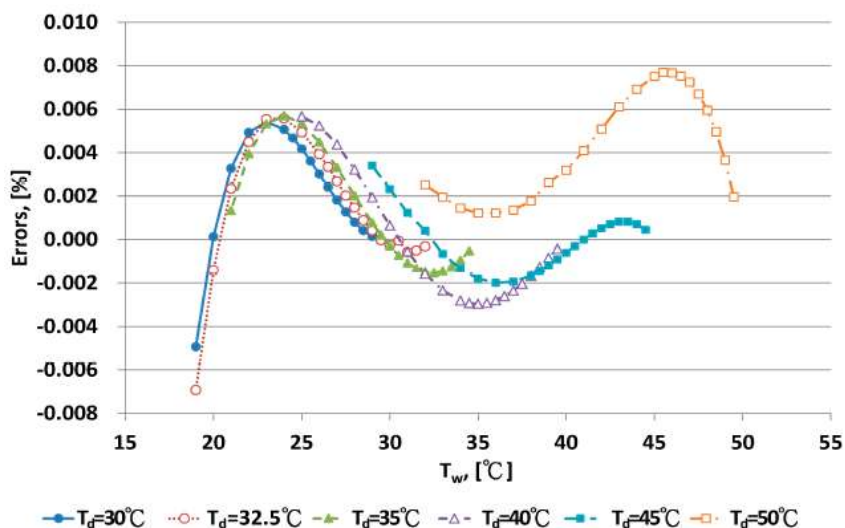
$$A_s = 0,0637485 + 0,000187508 \times t_w - 4,376670 \times 10^{-6} \times t_w^2 - 1,21851 \times 10^{-5} \times T_d \dots \text{ pro } T_d > 30 \text{ °C}$$

Grafické vyjádření závislosti A_s pro vyšší teploty je zobrazeno na obr. 9. Autoři L [9] se zabývali také velikostí chyby měření RH pro velikost A_s , kterou stanovili výše uvedeným způsobem dle rovnic (7). Pro nízké teploty se chyba pohybuje v rozmezí (-0,01 až

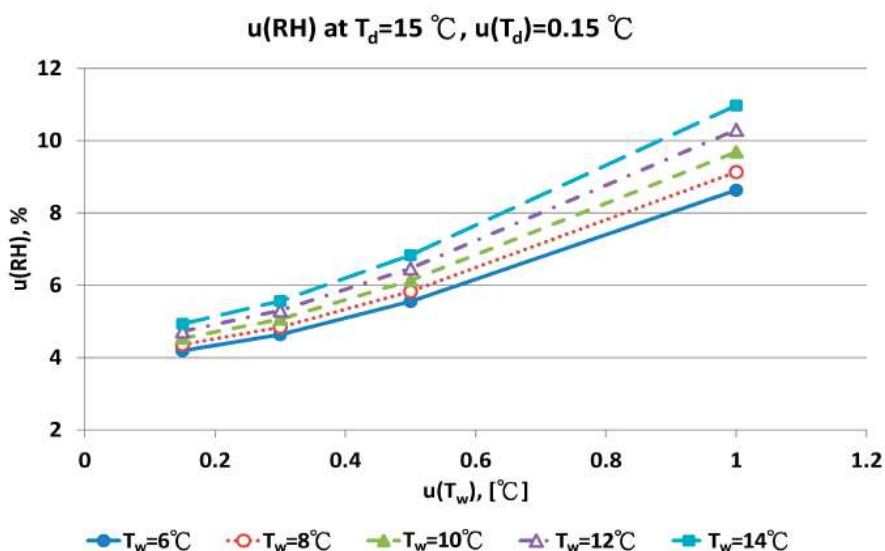
+0,03) % RH, pro vyšší teploty je zpracován graf podle obr. 10. Největší vliv na měření psychrometru má nejistota měření obou teploměrů. L [9] se zabývá také závislostí mezi nejistotou měření suchého i mokrého teploměru a jejich vlivem na nejistotu měření RH jak pro nízké, tak pro vyšší teploty. Pro příklad uvádím dva grafy podle L [9] na obr. 11 a obr. 12. Z výsledků je zřejmé, že výrazně horší nejistotou měření je zatíženo psychrometrické měření RH při nízkých teplotách. Nejistotu měření RH lze významně ovlivnit co nejlepší nejistotou kalibrace obou teploměrů psychrometru. Ve výpočtu nejistot dle L [9] jsou započteny pouze nejistoty měřených veličin a psychrometrická konstanta je uvažována konstantní. Reálný výpočet nejistot musí pracovat i s dalšími zdroji, jako je drift měřidla, homogenita a stabilita prostředí, dynamické vlastnosti měřidel atd.



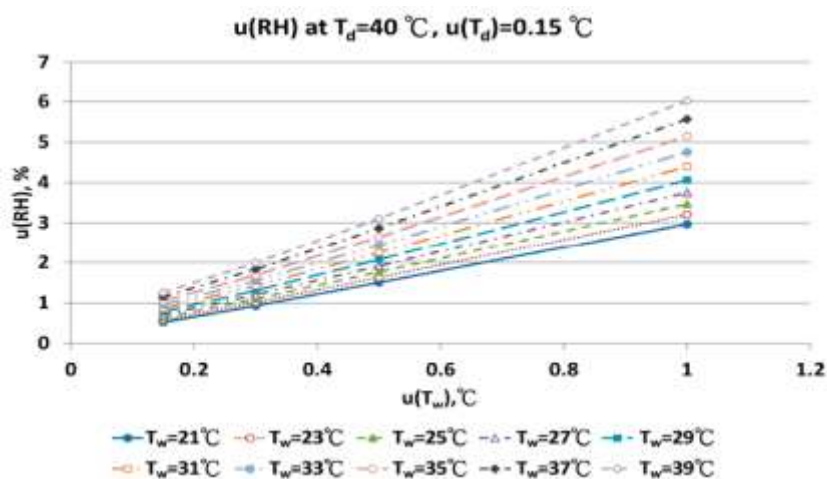
Obr. 9: Závislost mezi A_s a t_w pro teplotu T_d větší než 30 °C podle L [9]



Obr. 10: Chyba výpočtu RH pro konstantu A_s dle rovnice (7) pro T_d větší než 30 °C.

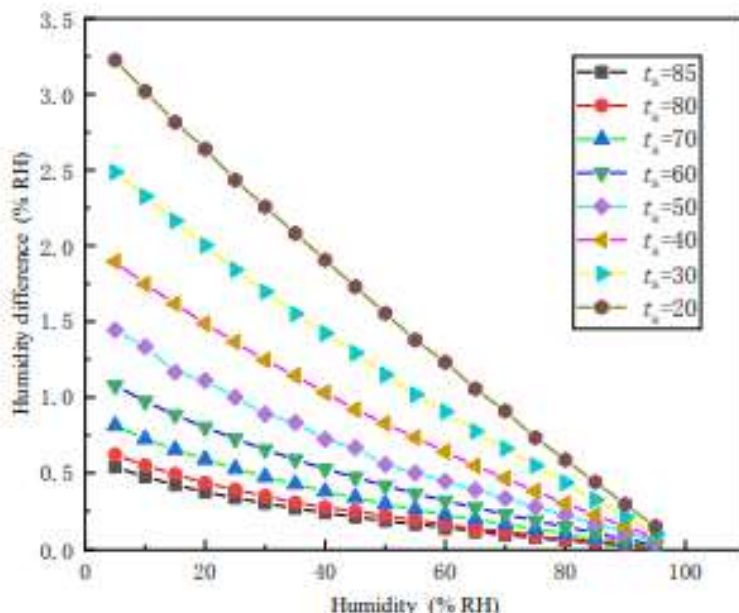


Obr. 11: Nejistoty RH určené pro A_s dle rovnice (7) pro $T_d = 15\text{ }^\circ\text{C}$ a nejistotu $u_{T_d} = 0,15\text{ }^\circ\text{C}$; rozsah nejistoty $u_{T_w} = (0,1\text{ až }1,0)\text{ }^\circ\text{C}$



Obr. 12: Nejistoty RH určené pro A_s dle rovnice (7) pro $T_d = 40\text{ }^\circ\text{C}$ a nejistotu $u_{T_d} = 0,15\text{ }^\circ\text{C}$; rozsah nejistoty $u_{T_w} = (0,1\text{ až }1,0)\text{ }^\circ\text{C}$

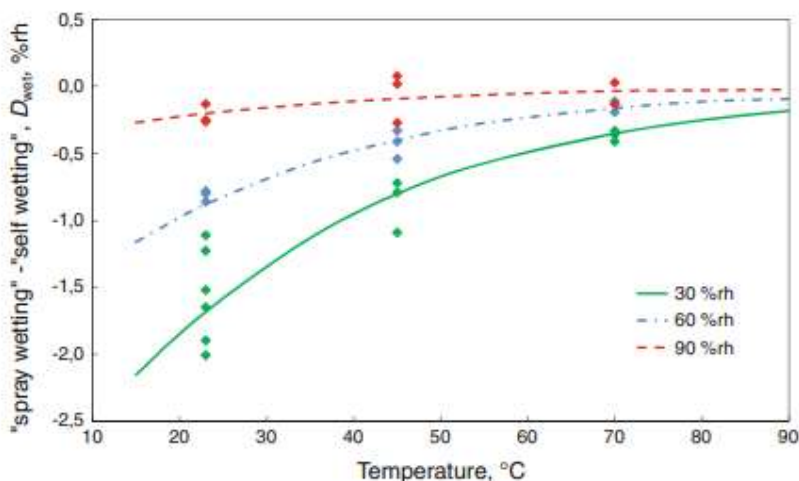
Vlivem rychlosti proudění na psychrometrickou konstantu a přesnost měření RH se zabývá také L [6]. Proměnlivost rozdílů RH vypočtené pomocí různých psychrometrických konstant v závislosti na různých teplotách vzduchu je zobrazena na obr. 13.



Obr. 13: Proměnlivost rozdílů RH vypočtené pomocí různých psychrometrických konstant v závislosti na různých teplotách vzduchu

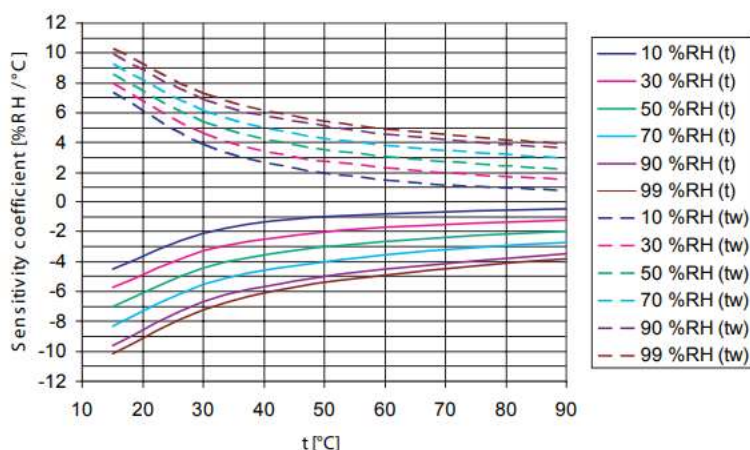
Z obrázku 13 je vidět, že při vysoké teplotě i RH je vlhkost měřená psychrometrem podstatně méně citlivá na rychlost proudění vzduchu. Když je relativní vlhkost 90 % RH a teplota vzduchu 85 °C, rozdíl RH vypočítaný pomocí různých koeficientů psychrometru je 0,03 % RH. S poklesem teploty vzduchu a relativní vlhkosti se zvyšuje vliv proudění na měřenou hodnotu relativní vlhkosti. Když je relativní vlhkost 20 % RH a teplota vzduchu 20 °C, rozdíl RH vypočítaný pomocí různých koeficientů psychrometru je 2,64 % RH.

Rozdílné výsledky měření psychrometrem ovlivní také způsob vlhčení punčošky mokrého teploměru. V L [8] je popsána zkouška, při které bylo provedeno 29 měření při: 23 °C, 45 °C a 70 °C při 30 % RH, 60 % RH a 90 % RH. Každé měření bylo realizováno s novým knotem a psychrometr se nechal stabilizovat na daném kalibračním bodu „samovlhčením“ následovaném „smáčením rozprašováním“. „Smáčení rozprašováním“ mělo za následek nižší hodnotu psychrometru než „samovlhčení“ ve stejném kalibračním bodě. Výsledky jsou znázorněny na obr. 14, kde **Dwet** je rozdíl mezi výsledky získanými „smáčením rozprašováním“ a „samovlhčením“. Obě metody smáčení punčošky produkovaly dlouhodobě stabilní hodnoty s větším rozdílem u nízkých teplot a RH, např. výsledky získané „samovlhčením“ versus „smáčením rozprašováním“ se lišily až o 1,7 % RH při 23 °C a 30 % RH.

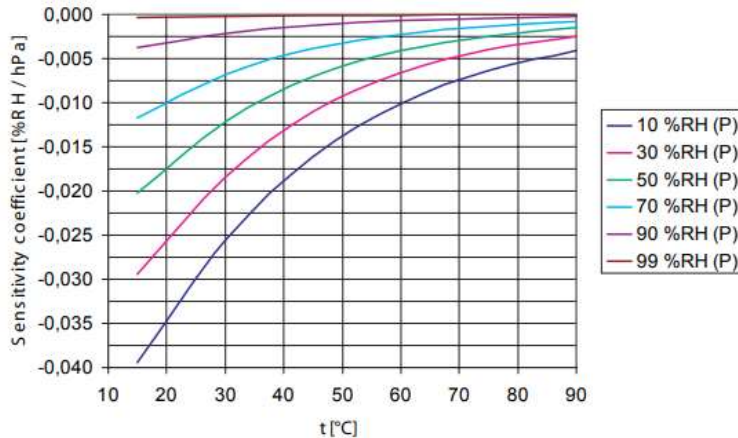


Obr. 14: Diference mezi výsledky kalibrace zjištěnými nástřikem vody na punčošku (rozprašování) a smáčením punčošky ve vodě (samovlhčení)

Shrnutí požadavků pro správné použití psychrometrů je uvedeno v L [12]. Použití psychrometrů je vázáno na dva předpoklady – musíme mít k dispozici dostatečné proudění vzduchu, a protože teplota mokrého teploměru vzniká odparem vody, musíme počítat s možným ovlivněním RH v prostředí, kde měříme. Nejčastější použití psychrometrů dnes najdeme v klimatických komorách, kde běžně pracují v testovacím rozsahu (10 až 98) % RH a (10 až 95) °C. Výsledek měření psychrometru je ovlivněn nejen nejistotou měření obou teplot, jak bylo uvedeno, ale také nejistotou měření barometrického tlaku. Tyto závislosti se obvykle vyjadřují citlivostními koeficienty. V L [12] je zobrazena závislost citlivostních koeficientů všech uvedených parametrů pro celý rozsah měřených teplot (obr. 15 a obr. 16).



Obr. 15: Závislost citlivostního koeficientu pro mokrou (t_w) a suchou (t) teplotu psychrometru



Obr. 16: Závislost citlivostního koeficientu na teplotě pro tlak vzduchu P

Z uvedených příkladů je zřejmé, že dokonalý popis vlastností psychrometrů je oproti rosnobodovým vlhkoměrům výrazně komplikovanější. Jejich vlastnosti při měření vyšších teplot / vlhkostí jsou lepší než při měření nízkých hodnot. Proto se někdy kombinuje měření psychrometrů s kapacitními snímači RH. Nejvýznamnější složky nejistoty při kalibraci psychrometrů jsou:

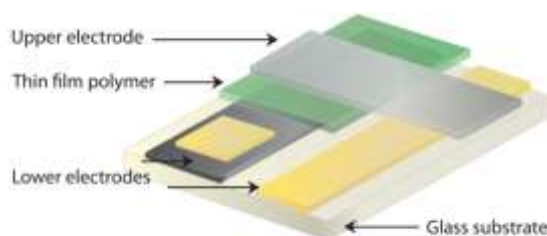
- nejistota měření obou teplot
- nejistota měření rosného bodu při použití rosnobodového vlhkoměru jako etalonu
- rozlišení měřených teplot psychrometru
- krátkodobá stabilita psychrometru
- čtení psychrometru (RH)
- vliv rychlosti proudění vzduchu
- vliv zvoleného výpočtu RH z měřených teplot
- reprodukovatelnost psychrometru (při znečištění knotu mokrého teploměru je hodnota RH obvykle vyšší než reference)
- vliv kalibrační komory (stabilita, homogenita)
- vliv měření barometrického tlaku (změny barometru mohou způsobit zvýšení nejistoty psychrometru až o ± 1 % RH)

Při měření (kalibraci) je třeba dbát na správnou montáž punčošky. Díky nelinearitě psychrometru je stanovení nejistoty měření platné pouze pro předmětný kalibrační bod. Při psychrometrickém měření je nutné k nejistotě kalibrace zahrnout i dlouhodobý drift teploměrů i měřicí elektroniky, změny barometrického tlaku během měření a dbát na správnou montáž a čistotu punčošky mokrého teploměru. Vliv psychrometru při měření lze shrnout následovně:

- zvyšují nejistotu měření referenční teploty a teploty rosného bodu v klimatických komorách (vliv odpařování vody z knotu a tepelnou ztrátou energie ventilátoru psychrometru),
- uvedený vliv psychrometru závisí na velikosti komory, průtoku vzduchu v komoře a umístění referenční teplotní sondy komory,
- ideální je malý psychrometr se stabilním měřením teploty a vysokým rozlišením.

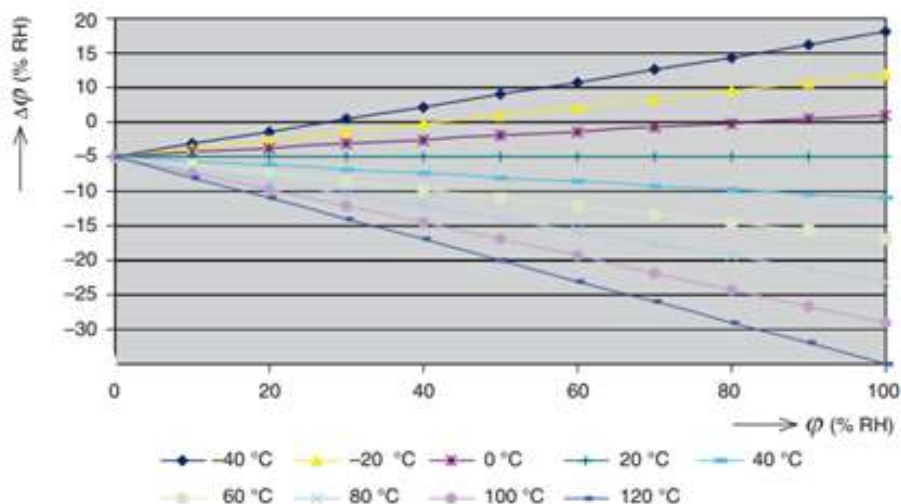
9.4. Kapacitní snímače vlhkosti

Konstrukci a princip kapacitního snímače RH můžeme objasnit na keramickém senzoru fy. Michell (viz L [1]), u kterého je výrobcem deklarována extrémně rychlá odezva, nízká hystereze a vysoká dlouhodobá stabilita (malý drift). Senzor velmi rychle reaguje na změny aplikované vlhkosti, a to jak při sušení, tak při nárůstu vlhkosti. Činnost senzoru závisí na adsorpci vodní páry do porézního nevodivého dielektrika mezi dvěma vodivými deskami kondenzátoru na povrchu základního keramického substrátu. Aktivní vrstva dielektrika je velmi tenká – méně než jeden mikron. Porézní horní deska kondenzátoru, která umožňuje přenos vodní páry do senzoru, je přesně navržena podle standardů nanotechnologií. Její tloušťka je zlomek mikronu, aby bylo zajištěno přesné a opakovatelné měření.



Obr. 17: Konstrukce kapacitního snímače RH dle L [1]

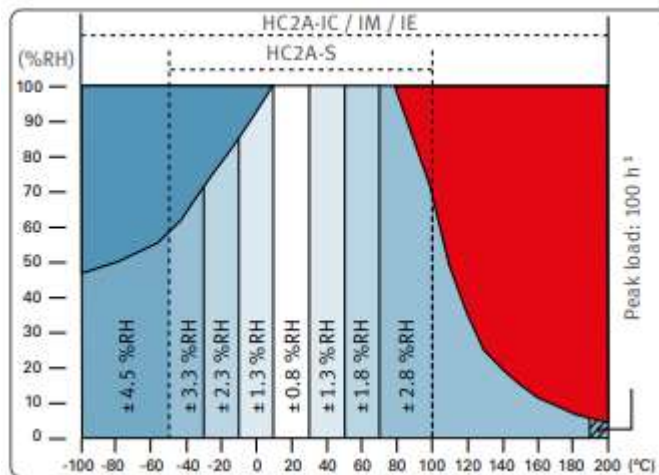
Vlastnosti polymerních senzorů jsou takové, že jejich kapacita se mění nejen při změně relativní vlhkosti, ale také při změně teploty. Kalibrace snímačů je obvykle prováděna při teplotě (20 až 25) °C. Při měření relativní vlhkosti při teplotě rozdílné od kalibrační neodpovídá měřená kapacita skutečné relativní vlhkosti. Musíme tedy nejen stanovit teplotní součinitel senzoru (K^{-1}), ale zajistit i jeho kompenzaci, protože není konstantní. Teplotní součinitel závisí také na konstrukci snímače, takže je pro každý snímač jiný, což může hrát roli při výměně snímače na stejném indikačním měřidle. Kompenzační součinitel je roven jedné pouze při kalibrační teplotě. Příklad závislosti měření RH na teplotě publikoval český výrobce Sensorika pro různé typy jimi vyráběných snímačů (viz L [3]). Obr. 18 demonstruje vlastnosti jednoho z nich.



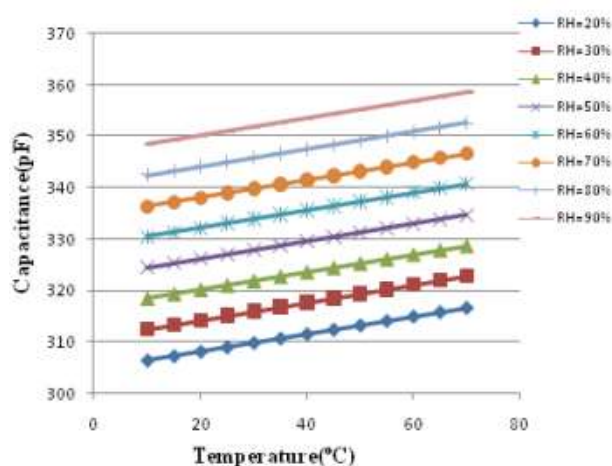
Obr. 18: Závislost odchylky nekompenzované hodnoty RH na teplotě a RH pro senzor HC 1000 SENSORIKA, kalibrační teplota 20 °C dle L [3]

Z obrázku je zřejmé, že pro měření v celém rozsahu RH je kompenzace absolutně nezbytná. Do mikroprocesoru vlhkoměru je nutné vložit program, jehož algoritmus pracuje s okamžitou měřenou teplotou a relativní vlhkostí, typem senzoru a kalibrační teplotou. Teplotní součinitel lze zanedbat pouze v úzkém rozmezí okolo kalibrační teploty nebo v případě, že nepožadujeme přesné měření RH. Někteří výrobci uvádějí závislost přesnosti měření RH na měřeném teplotním rozsahu. Na obr. 19 je ukázka takové závislosti z katalogového listu snímačů HC2 od firmy ROTRONIC. V každém případě se u těchto snímačů neobejdeme bez prověření kvality teplotní kompenzace, což znamená kalibraci RH při více teplotách.

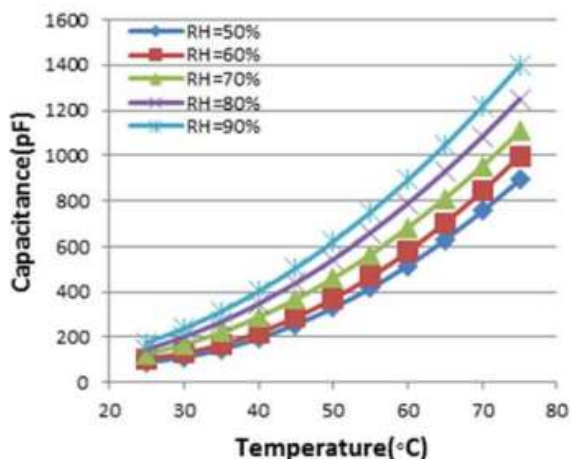
Na katedře elektrotechniky Ústřední university v New Delhi (Indie) zkoumali vlastnosti kapacitních snímačů, jejichž dielektrikum bylo vyrobeno z různých materiálů, viz L [4]. Vliv materiálu dielektrika je patrný z následujících příkladů. Na obr. 20 je zobrazena závislost kapacitního výstupu snímače s tenkým polymerním filmem, která je prakticky lineární. Snímače, které používají např. nanopórní dielektrický tenký film z kysličníku hlinitého nebo jsou vyrobeny technologií MEMS ale odezvu lineární nemají. (MEMS = Micro-Electro-Mechanical System; technologie používá mechanické komponenty o velikosti nanočástic s téměř nulovou hmotností). Závislost je patrná z obr. 21.



Obr. 19: Závislost přesnosti snímače HC2 ROTRONIC na teplotě a RH

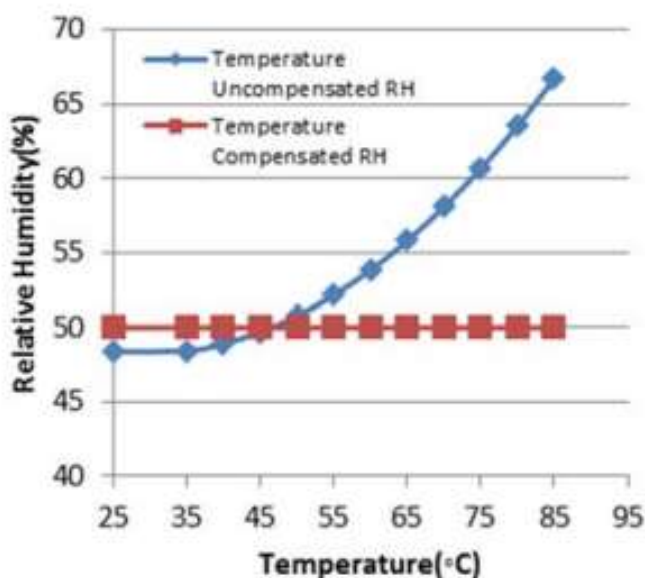


Obr. 20: Kapacitní odezva polymerního snímače na změnu teploty [L4]




Obr. 21: Kapacitní odezva senzoru s nanopórezním filmem L [4]

Jak je uvedeno v L [4], pro lineární i nelineární teplotní kompenzaci snímačů byla použita technika ANN (Artificial Neural Networks – Umělé neuronové sítě náležející do AI). Jde o simulaci chování snímače pomocí výpočetního systému inspirovaného biologickými neuronovými sítěmi, které tvoří lidský mozek. Cílem je zajištění teplotně kompenzované vlhkosti v celém rozsahu měření tak, jak znázorňuje obr. 22 pro 50 % RH. Teplotní kompenzace v celém rozsahu teploty i vlhkosti je zjevně komplikovaná, proto musíme pro použití nastavit kalibraci kapacitních snímačů tak, abychom mohli deklarovat co nejlepší nejistotu měření v celém rozsahu.



Obr. 22: Závislost teplotně nekompenzovaného a kompenzovaného výstupu kapacitního snímače RH při hodnotě 50 % RH

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Teplotní závislost kapacitních snímačů je ovlivňována mnoha dalšími vlastnosti těchto měřidel. L [5] uvádí např. následující vlastnosti:

- nejen, že odezva snímače na RH v celém rozsahu měření není lineární, ale mezi měřeními při stoupající a klesající RH se projevuje hystereze,
- snímač vychází z předpokladu, že mezi množstvím vody v dielektriku a RH je konstantní závislost, ale u většiny hygroskopických materiálů se tato závislost mění s teplotou,
- dielektrická konstanta (dnes relativní permitivita) vody je při 20 °C okolo 80, při teplotě 0 °C ale stoupá o více než 8 % a při teplotě 100 °C naopak klesá o 30 %,
- dielektrická konstanta většiny dielektrických materiálů klesá s rostoucí teplotou (méně než u vody),
- jakákoliv délka připojovacího kabelu má svoji elektrickou kapacitu a odpor, elektronické obvody nedokážou rozlišit mezi snímačem a jeho kabelem.

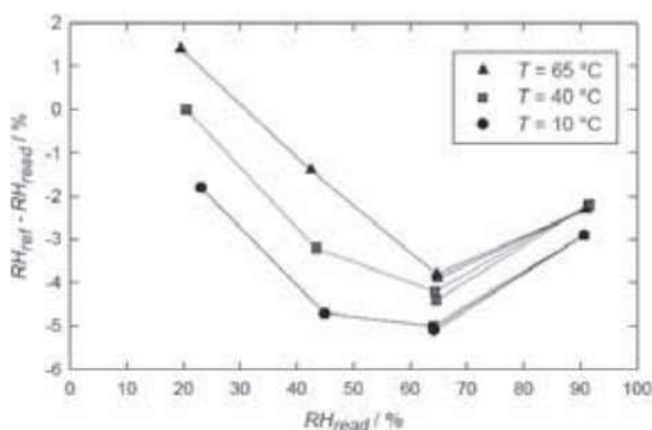
Vlastnosti snímače, především jeho hysterezi (kritérium opakovatelnosti) ovlivňují typy používaných měřicích cyklů, doba expozice snímače při jednotlivých nastavených RH a současně vliv teplotní zátěže, celková historie snímače apod. Hystereze se zvyšuje po časté zátěži snímače vysokou teplotou a vysokou RH, příp. častým střídáním podmínek. Proto je obtížné uvádět hysterezi výrobcem ve specifikaci snímače. V každém případě by měla být měřena. Do výpočtu nejistoty měření se uvažuje polovina maximální zjištěné hodnoty, nicméně opakovatelnost by neměla být uvažována menší než zjištěná max. hodnota hystereze.

Vlastnostmi kapacitních snímačů a zdroji nejistot při jejich použití se detailně zabývá L [12]. Jak bylo uvedeno, závisí jejich charakteristika do značné míry na historii použití, kdy kromě uvedeného hrají významnou roli také mechanické nebo chemické znečištění. Jakmile vnikne molekula vody do polymeru, mění se jeho impedance díky polární povaze molekul. Vazba vodních molekul v polymeru a tím i jejich pohyblivost závisí na struktuře polymeru, obsahu proniklých molekul jiných plynů, teplotě atd. Povrchové jevy v polymeru mohou být pomalé a nevratné, což vyvolává dlouhodobou nestabilitu těchto snímačů zejména v případě, že je snímač vystaven velmi proměnlivým teplotám a dlouhodobé vysoké vlhkosti.

Zdroje chyb kapacitních snímačů lze popsat následovně:

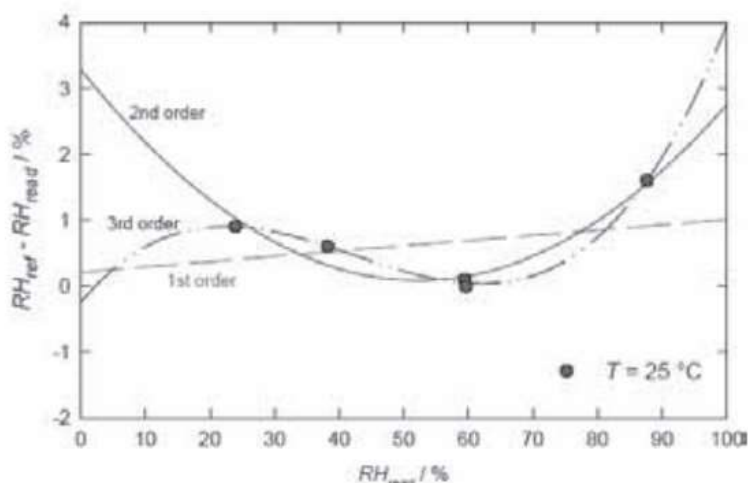
- opakovatelnost,
- rozlišení údaje,
- krátkodobá stabilita,
- hystereze,
- **teplotní závislost,**
- nelinearita výstupu (interpolace mezikalibračních bodů),
- vliv teploty tělesa vlastního snímače, samoohřev snímače,
- vliv okolní teploty na indikační jednotku (pokud je významný),
- znečištění snímače,
- směr a rychlost proudění vzduchu (obvykle se neuvažuje),
- dlouhodobá stabilita (musí respektovat uživatel měřidla).

L [12] popisuje závislosti některých zdrojů chyb, které autoři testovali (obrázky originálu nejsou příliš kvalitní). Příklad teplotní závislosti spolu s linearitou a hystezí kapacitního snímače je uveden na obr. 23.



Obr. 23: Teplotní závislost, linearita a hystereze kapacitního snímače

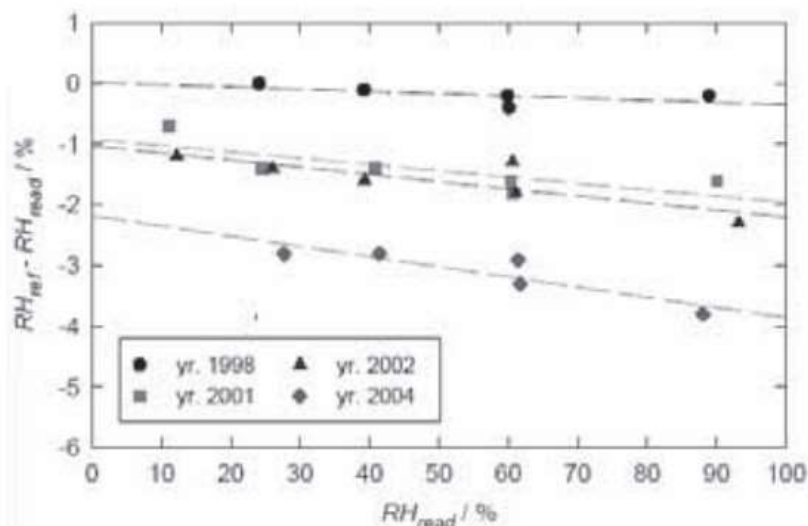
Následující obrázek 24 demonstruje obtíže při interpretaci výsledků měření kapacitního snímače, resp. problém určení chyby linearity. Přesto, že byla kalibrace provedena ve čtyřech bodech, ani dostatečný počet opakování v těchto bodech nám nepomůže při stanovení skutečné charakteristiky. Na obrázku je znázorněno proložení bodů polynomy 1. až 3. řádu. Je patrné, že ani zvýšení stupně polynomu není stoprocentní pro predikci křivky odchylek. Extrapolace hodnot u těchto snímačů je krajně nevhodná.



Obr. 24: Polynomické zpracování výsledků kalibrace

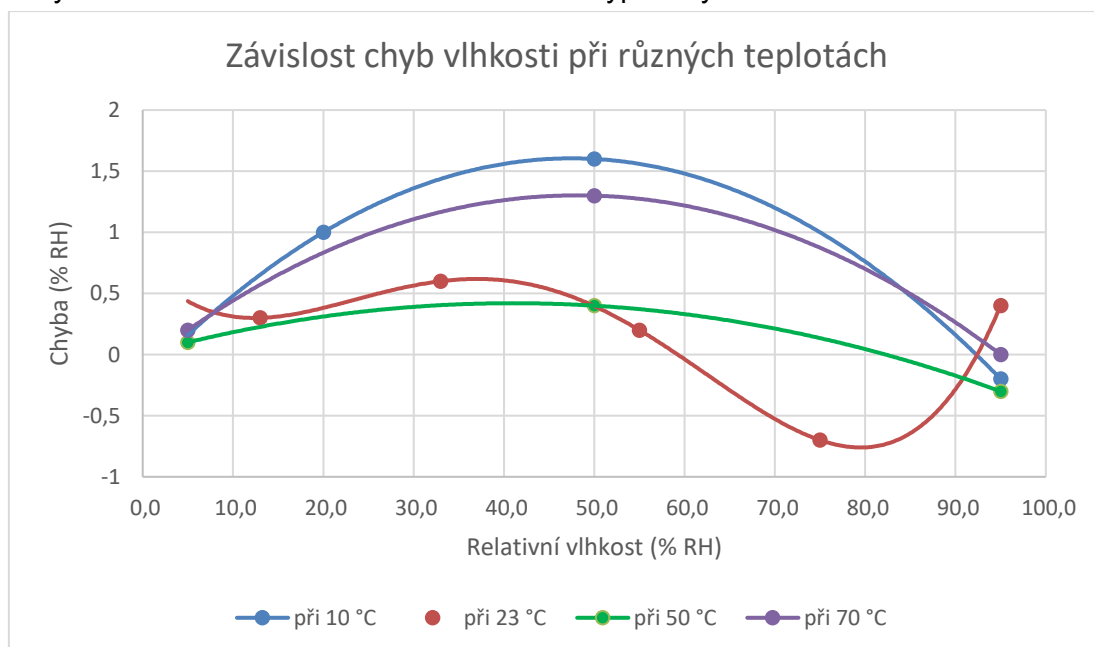
Kapacitní snímače, speciálně snímače zatěžované vysokou nebo střídavou teplotou i vlhkostí, mají významný dlouhodobý drift. Nejběžnější snímače používané v ČR (typ HC2 v různých variantách od firmy Rotronic) mají např. základní přesnost deklarovanou jako $\pm 0,8$ % RH a dlouhodobý drift až do $\pm 1,0$ % RH za rok, tedy větší než deklaraci přesnosti. Drift je pochopitelně ovlivněn způsobem použití a opět se váže k předmětu příspěvku –

použití vysokých teplot a střídání vlhkostí drift zhoršuje. Příklad průběhu driftu podle L [12] je na obr. 25.

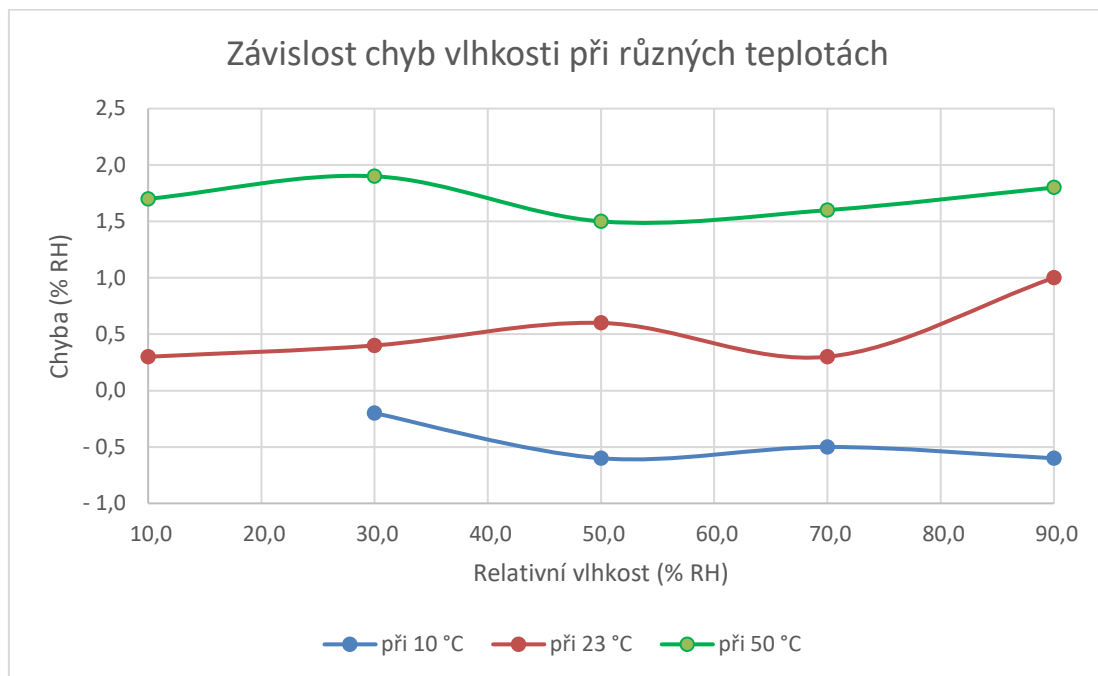


Obr. 25: Průběh driftu kapacitního snímače RH v období šesti let

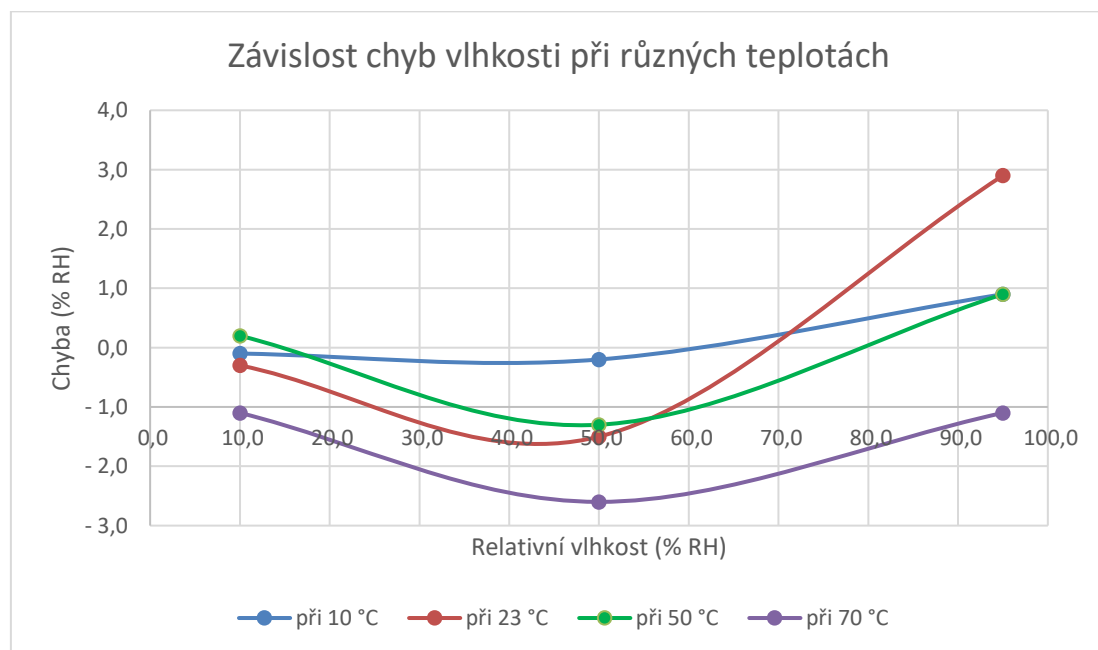
Následují závislosti chyb vlhkosti při různých teplotách pro různé kapacitní vlhkoměry prakticky změřené ve ČMI záměrně uvedené bez typu a výrobce vlhkoměru.



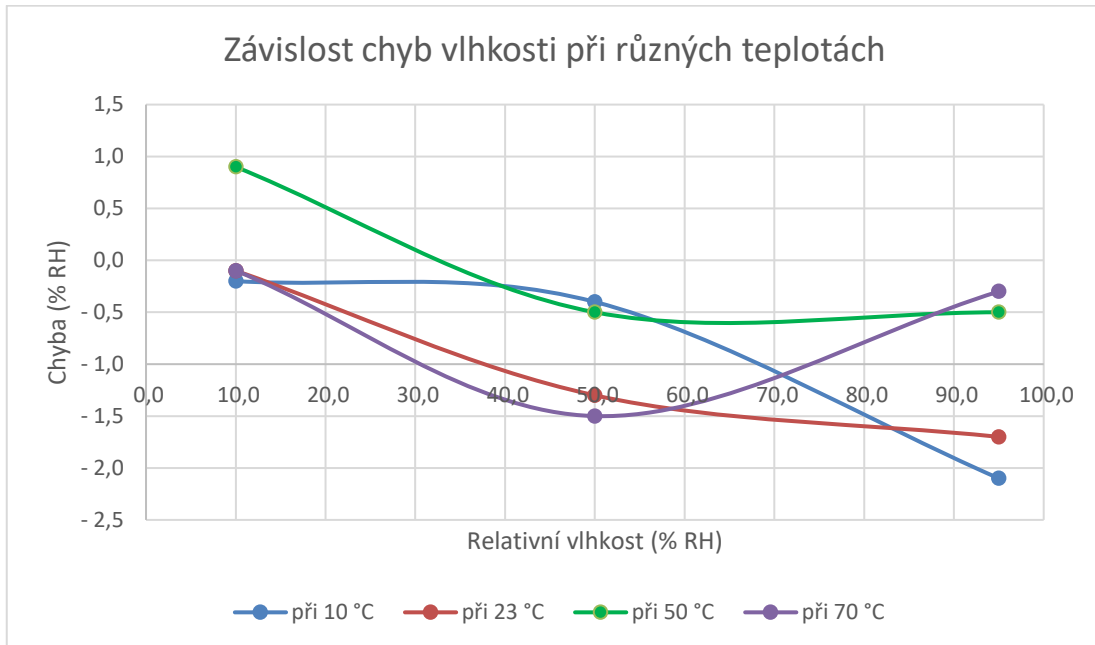
Obr. 26: Závislost chyb vlhkosti při různých teplotách



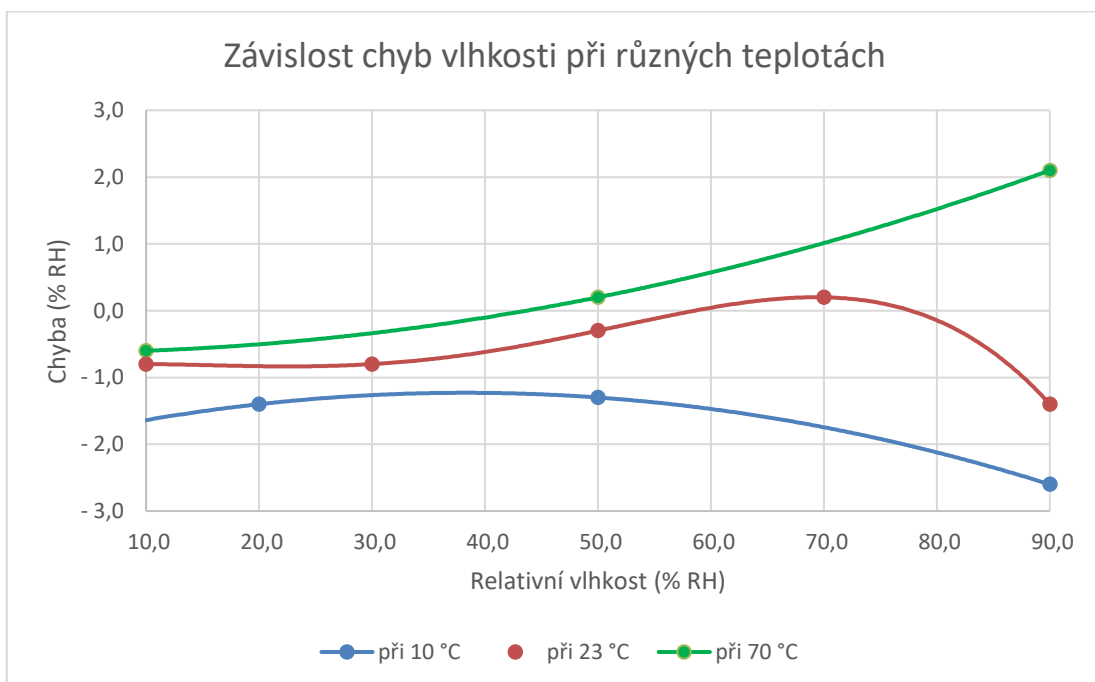
Obr. 27: Závislost chyb vlhkosti při různých teplotách



Obr. 28: Závislost chyb vlhkosti při různých teplotách



Obr. 29: Závislost chyb vlhkosti při různých teplotách



Obr. 30: Závislost chyb vlhkosti při různých teplotách



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

9.5. SHRNU TÍ

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že stanovení nejistoty měření RH vzduchu není jednoduché, a když k tomu přidáme proměnné teploty a vlastnosti použitých snímačů, těžko se dostáváme na malé hodnoty nejistot. RH vzduchu je komplikovanou veličinou a stejně komplikované je její správné měření spolu s konstatováním mezí, ve kterých správná hodnota leží. Nejlepších výsledků lze dosáhnout při použití rosnobodového vlhkoměru, u kterého využíváme kalibraci teploty a teploty rosného bodu. Úskalí jednotlivých snímačů jsou popsána v textu a necháváme na čtenáři, aby posoudil, jaký způsob měření je pro něj nejvhodnější. V každém případě nesmíme při měření zapomínat, že kromě snímače se na nejistotě měření podílí i prostředí, ve kterém RH a teplotu generujeme. Změnou teploty se také mění podmínky v klimatické komoře. Na stabilitu prostředí obvykle významný vliv teploty není, ale zásadně se může měnit homogenita prostoru. Změny homogenity v závislosti na kalibrační teplotě jsou uvedeny jako příklad podle L [12] v tabulce 3:

Temp:	-10 °C	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	70 °C
RH:								
10 %rh	0.46	0.28	0.18	0.09	0.07	0.13	0.20	0.32
50 %rh	2.49	1.35	0.87	0.48	0.29	1.20	0.76	1.15
95 %rh (84%rh, 90%rh)	4.23	2.40	1.65	0.91	0.57	0.94	0.84	0.85
$U_{max, k=2}$	4.3	2.4	1.7	1.0	0.6	1.2	0.9	1.2

Tabulka 3: Příklad změn homogenity klimakomory v závislosti na měřené RH a teplotě



10. Podmínky používání a způsoby zajištění návaznosti různých typů etalonových vlhkoměrů při různých teplotách

10.1. Rosnobodové vlhkoměry

U těchto měřidel je možná kalibrace rosnobodového snímače, teplotního snímače anebo kalibrace přímo v relativní vlhkosti.

Při kalibraci přímo v relativní vlhkosti je nutné daný vlhkoměr používat pouze v rozsahu kalibrované relativní vlhkosti při kalibrované teplotě, kde se může teplota lišit maximálně o ± 10 °C. Při použití pro měření relativní vlhkosti při různých teplotách, je nutné mít ho zkalibrován na relativní vlhkost při minimální teplotě, střední teplotě (obvykle 23 °C) a maximální teplotě a počítat s lineárním šířením chyby relativní vlhkosti mezi jednotlivými kalibrovanými teplotami.

Při kalibraci teploty rosného bodu (bodu ojínění) a teploty okolí je možné používat daný vlhkoměr pro různé relativní vlhkosti při různých teplotách, ale nesmí dojít k překročení kalibrovaného rozsahu teploty rosného bodu (bodu ojínění) a teploty okolí. Relativní vlhkost je následně vhodné počítat z korigovaných hodnot teploty rosného bodu (bodu ojínění) a teploty okolí pomocí vlhkového kalkulátoru a mít patřičným způsobem zpracován výpočet nejistoty měření. U nejistot měření je nutné dávat si pozor na různou citlivost změny teploty rosného bodu (bodu ojínění) nebo teploty okolí na relativní vlhkosti.

V následujících tabulkách je uvedena závislost teploty rosného bodu (bodu ojínění) a teploty okolí na relativní vlhkosti a přibližná citlivost teploty rosného bodu (bodu ojínění) na relativní vlhkosti.

Teplota [°C]	Relativní vlhkost [% RH]										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
0	-32,08	-25,35	-18,23	-13,87	-10,68	-8,16	-6,06	-4,26	-2,68	-1,27	-0,62
10	-25,30	-18,18	-10,64	-6,01	-2,63	0,06	2,60	4,79	6,71	8,44	9,24
20	-18,69	-11,18	-3,21	1,92	6,01	9,28	12,01	14,37	16,45	18,31	19,17
23	-16,75	-9,11	-1,01	4,52	8,69	12,03	14,83	17,24	19,37	21,27	22,16
30	-12,25	-4,35	4,62	10,55	14,94	18,45	21,39	23,93	26,17	28,18	29,11
40	-5,97	2,64	12,79	19,14	23,83	27,59	30,75	33,47	35,88	38,04	39,04
50	0,16	10,11	20,90	27,66	32,68	36,69	40,08	42,99	45,58	47,89	48,97
60	6,96	17,48	28,94	36,13	41,48	45,77	49,38	52,50	55,26	57,74	58,90
70	13,65	24,77	36,90	44,54	50,22	54,80	58,64	61,98	64,93	67,58	68,82
80	20,24	31,95	44,78	52,88	58,91	63,77	67,87	71,43	74,58	77,41	78,74
90	26,71	39,03	52,57	61,13	67,53	72,69	77,05	80,84	84,20	87,23	88,65
100	33,04	45,97	60,23	69,27	76,04	81,52	86,15	90,19	93,78	97,03	98,55
	Teplota rosného bodu (bodu ojínění v podnulových hodnotách) [°C]										

Tabulka 4: Závislost teploty rosného bodu (bodu ojínění) a teploty okolí na relativní vlhkosti



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Teplota [°C]	Relativní vlhkost [% RH]										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
0	1,73	0,99	0,52	0,36	0,27	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,13
10	1,83	1,01	0,55	0,38	0,30	0,28	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15
20	1,93	1,07	0,58	0,46	0,36	0,29	0,25	0,22	0,19	0,18	0,17
23	1,97	1,08	0,59	0,46	0,37	0,30	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17
30	2,03	1,13	0,70	0,50	0,39	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19	0,18
40	2,13	1,35	0,75	0,52	0,41	0,34	0,29	0,26	0,23	0,20	0,20
50	2,54	1,43	0,80	0,57	0,44	0,37	0,31	0,28	0,24	0,22	0,21
60	2,68	1,52	0,85	0,60	0,46	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24	0,22
70	2,84	1,60	0,90	0,64	0,50	0,41	0,36	0,31	0,28	0,26	0,24
80	2,98	1,70	0,95	0,67	0,53	0,44	0,38	0,33	0,29	0,27	0,25
90	3,13	1,79	1,00	0,71	0,56	0,47	0,40	0,35	0,32	0,29	0,27
100	3,28	1,88	1,06	0,76	0,60	0,50	0,43	0,38	0,34	0,31	0,29
Citlivost teploty rosného bodu (bodu ojínění) na relativní vlhkosti [°C / % RH]											

Tabulka 5: Přibližná citlivost teploty rosného bodu (bodu ojínění) na relativní vlhkosti


Při samotném měření je nutné dávat si pozor na čistotu zrcátka a na podchlazenou vodu v rozsahu (-20 až 0) °C. Některé rosnobodové vlhkoměry mají integrovanou automatickou funkci pro zamezení tvorby podchlazené vody, u některých je nutný ruční zásah a u některých se tomu jevu bohužel nedá zabránit. Ruční zásah spočívá v tom, že se aktivuje funkce podchlazování, najede se na minimálně -25 °C (pokud je to možné na -30 °C), čímž se na zrcátku vytvoří silná vrstva ojínění a tato funkce se následně opakovaně aktivuje, pokud se teplota bodu ojínění opět blíží k 0 °C tak, aby nedošlo k překročení teploty bodu ojínění do kladných hodnot, čímž by se z ojínění stala opět rosa. Zvláště v rozsahu (-10 až 0) °C je toto ruční zamezení tvorby podchlazené vody náročné. Z praktického hlediska se u některých typů rosnobodových vlhkoměrů díky tomuto efektu při měření vlhkosti 10 % RH při teplotě 23 °C, kdy je teplota bodu ojínění -9,1 °C vyskytuje chyba cca 1 % RH, protože daný vlhkoměr bez ručního zásahu vytvoří podchlazenou vodu. V tomto případě je lepší i při kalibraci nechat na zrcátku podchlazenou vodu a pracovat s touto hodnotou. Problém ale následně vzniká při interpolaci dané chyby pro mezilehlé hodnoty z důvodu této velké přidané systematické chyby.

10.1.1. Příklad výpočtu nejistoty měření rosnobodovým vlhkoměrem

Při použití rosnobodového vlhkoměru jako etalonu potřebujeme obvykle vypočítat relativní vlhkost z teploty a z teploty rosného bodu. Buď můžeme využít nějaký vlhkoměrní kalkulátor nebo rovnice dle Sontaga:

Relativní vlhkost se vypočítá z tlaku nasycených par

$$RH = e^{\ln(P_{TRB}) - \ln(P_T)} \cdot 100 \quad (8)$$

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

tlak nasycených par nad vodou je

$$\ln P_w(T) = -6096,9385 \cdot T^{-1} + 21,2409642 - 2,711193 \cdot 10^{-2} T + 1,673952 \cdot 10^{-5} T^2 + 2,433502 \ln T \quad (9)$$

tlak nasycených par nad ledem je

$$\ln P_i(T) = -6024,5282 \cdot T^{-1} + 29,32707 + 1,0613868 \cdot 10^{-2} T - 1,3198825 \cdot 10^{-5} T^2 - 0,49382577 \ln T \quad (10)$$

kde T je teplota (teplota rosného bodu) v K,

$\ln(P_{\text{TRB}})$ se vypočítá z rovnice (9) pro teplotu rosného bodu nad nulou nebo z rovnice (10) pro teplotu rosného bodu pod nulou, T je v tomto případě teplota rosného bodu v K,

$\ln(P_T)$ se vypočítá z rovnice (9), T je v tomto případě teplota v K (pohybujeme se pouze v nadnulových teplotách).

Zdroje nejistoty měření, které vstupují do výpočtu, si předvedeme na konkrétním příkladu. Příklad výpočtu nejistoty měření pro kalibraci digitálního vlhkoměru s rozlišením 0,1 % RH ve vlhkosním generátoru pro relativní vlhkost 30 % RH při 30 °C za použití etalonového rosnobodového vlhkoměru.

V tabulce 6 jsou uvedeny naměřené hodnoty.

	Etalon		Měřidlo
	t_{RB}	t	H
	°C	°C	% RH
	10,45	30,03	30,8
	10,45	30,03	30,7
	10,46	30,03	30,8
	10,46	30,02	30,8
	10,45	30,02	30,9
	10,45	30,03	30,8
	10,45	30,03	30,8
	10,45	30,03	30,9
	10,44	30,02	30,8
	10,45	30,03	30,8
průměr	10,451	30,027	30,81
u_A	0,00180	0,00153	0,0180

Tabulka 6: Naměřené hodnoty

Standardní nejistoty typu A se určí jako výběrová směrodatná odchylka podle vztahu:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

kde n je počet měření.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Citlivost relativní vlhkosti na teplotě (teplotě rosného bodu) si určíme pomocí vlhkostního kalkulátoru HumiCalc (<https://www.thunderscientific.com/humicalc/>) následujícím způsobem.

Z teploty rosného bodu t_{RB} , teploty t a tlaku P vypočítáme relativní vlhkost H . Poté o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ zvýšíme teplotu rosného bodu, vypočítáme relativní vlhkost, resp. zjistíme, o jakou hodnotu se zvýšila relativní vlhkost. Poté o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ snížíme teplotu rosného bodu, vypočítáme relativní vlhkost, resp. zjistíme, o jakou hodnotu se snížila relativní vlhkost. Jelikož je při zvýšení a snížení teploty rosného bodu jiná změna relativní vlhkosti, zprůměrujeme tyto dvě hodnoty a dostaneme citlivost relativní vlhkosti na teplotě rosného bodu, která je v tomto příkladu $1,99\text{ \% RH / }^{\circ}\text{C}$.

Obdobným způsobem určíme citlivost relativní vlhkosti na teplotě, která je v tomto příkladu $1,71\text{ \% RH / }^{\circ}\text{C}$.

teplota RB	t_{RB}	10,451	11,451	9,451	10,451	10,451	$^{\circ}\text{C}$
teplota	t	30,027	30,027	30,027	31,027	29,027	$^{\circ}\text{C}$
tlak	P	1013	1013	1013	1013	1013	miliBar
rel. vlhkost	H	29,75	31,79	27,82	28,09	31,51	% RH
rozdíl rel. vlhkosti			2,04	1,93	1,66	1,76	% RH / $^{\circ}\text{C}$
průměrná citlivost t_{RB}			1,99				% RH / $^{\circ}\text{C}$
průměrná citlivost t					1,71		% RH / $^{\circ}\text{C}$

Tabulka 7: Výpočet citlivosti

Nyní si sestavíme jednotlivé zdroje pro výpočet nejistoty měření a přiřadíme k nim rozdělení pravděpodobnosti.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024


Zdroj nejistoty	Hodnota	Rozdělení pravděpod.	Koef.	Citl. koef.	Standardní nejistota
nejistota et. snímače teploty RB	0,09 °C	normální	2	1,99	0,0896 % RH
drift et. snímače teploty RB	0,03 °C	bimod. - tr.	1,414	1,99	0,0422 % RH
rozlišení et. snímače teploty RB / 2	0,005 °C	rovnoměrné	1,732	1,99	0,0057 % RH
chyba dopočtu et. snímače teploty RB v mezil. bodech	0,018 °C	rovnoměrné	1,732	1,99	0,0207 % RH
nejistota et. snímače teploty	0,06 °C	normální	2	1,71	0,0513 % RH
drift et. snímače teploty	0,02 °C	bimod. - tr.	1,414	1,71	0,0242 % RH
rozlišení et. snímače teploty / 2	0,005 °C	rovnoměrné	1,732	1,71	0,0049 % RH
chyba dopočtu et. snímače teploty v mezil. bodech	0,012 °C	rovnoměrné	1,732	1,71	0,0118 % RH
homogenita vlhkosti	0,5 % RH	rovnoměrné	1,732	1	0,2887 % RH
stabilita vlhkosti	0,1 % RH	rovnoměrné	1,732	1	0,0577 % RH
rozlišení kal. vlhkoměru / 2	0,05 % RH	rovnoměrné	1,732	1	0,0289 % RH
rozdílná dynamika etalonu a kal. vlhkoměru	0,2 % RH	rovnoměrné	1,732	1	0,1155 % RH
ostatní vlivy	0,2 % RH	rovnoměrné	1,732	1	0,1155 % RH
nejistota typu A etalonu teploty RB	0,0018 °C			1,99	0,0036 % RH
nejistota typu A etalonu teploty	0,0015 °C			1,71	0,0026 % RH
nejistota typu A kal. vlhkoměru	0,018 % RH			1	0,0180 % RH
standardní nejistota					0,3580 % RH
rozšířená nejistota					0,7160 % RH
rozšířená nejistota (zaokrouhl.)					0,8 % RH

Tabulka 8: Přehled zdrojů nejistot

Daná hodnota se vydělí koeficientem dle rozdělení pravděpodobnosti a následně se vynásobí citlivostním koeficientem. Standardní nejistota je dána odmocninou součtu čtverců jednotlivých zdrojů a výsledná rozšířená nejistota je rozšířena koeficientem rozšíření 2.

Popis jednotlivých zdrojů nejistoty:

- Nejistota etalonového snímače teploty rosného bodu se určí z kalibračního listu.
- Drift etalonového snímače teploty rosného bodu je vlastně dlouhodobou stabilitou etalonu a určí se z historie kalibrací.
- Rozlišení etalonového snímače teploty rosného bodu se obvykle dělí dvěma.
- Chyba dopočtu etalonového snímače teploty rosného bodu v mezilehlých bodech se aplikuje u hodnot, které nejsou v kalibračním listu, a obvykle je to 20 % z hodnoty vyšší nejistoty v okolních kalibrovaných bodech. Kalibrována je $t_{RB} = 0$ °C s nejistotou 0,09 °C a $t_{RB} = 20$ °C s nejistotou 0,08 °C. V tomto příkladu měříme $t_{RB} = 10,45$ °C, což znamená, že nejistotou uvažujeme 0,09 °C a chybu dopočtu 20 % z 0,09 °C.
- Nejistota etalonového snímače teploty se určí z kalibračního listu.
- Drift etalonového snímače teploty je vlastně dlouhodobou stabilitou etalonu a určí se z historie kalibrací.
- Rozlišení etalonového snímače teploty se obvykle dělí dvěma.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

- Chyba dopočtu etalonového snímače teploty v mezilehlých bodech se aplikuje u hodnot, které nejsou v kalibračním listu a obvykle je to 20 % z hodnoty vyšší nejistoty v okolních kalibrovaných bodech. Kalibrována je $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ s nejistotou $0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ a $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ s nejistotou $0,06 \text{ }^\circ\text{C}$. V tomto příkladu měříme $t = 30,03 \text{ }^\circ\text{C}$, což znamená, že nejistotou uvažujeme $0,06 \text{ }^\circ\text{C}$ a chybu dopočtu 20 % z $0,06 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Homogenita vlhkosti je dána proměřením rozložení vlhkosti ve vnitřním prostoru vlhkostního generátoru.
- Stabilita vlhkosti je dána proměřením stability vlhkostního generátoru.
- Rozlišení kalibrovaného vlhkoměru se obvykle dělí dvěma.
- Rozdílná dynamika etalonu a kalibrovaného vlhkoměru je dána rozdílnými principy měření a určí se kvalifikovaným odhadem.
- Ostatní vlivy zahrnují gradienty tlaku vodní páry, adsorpci a desorpci při měření teploty rosného bodu etalonem, samoohřev a teplotní gradienty při měření teploty etalonem, vliv tepelného záření uvnitř vlhkostního generátoru a chybu způsobenou vlhkostními přepočty.

Výsledek kalibrace vlhkoměru v tomto příkladu je následující. Vypočítaná etalonová relativní vlhkost je 29,75 % RH, zprůměrovaná naměřená hodnota kalibrovaného vlhkoměru je 30,81 % RH, z čehož vychází chyba měřidla 1,06 % RH a vypočítaná nejistota měření je 0,72 % RH. Z praktického hlediska uvádění výsledků je vhodné provést dopočet na rovných 30 % RH, a protože je rozlišení kalibrovaného měřidla 0,1 % RH, doporučuje se provést zaokrouhlení na 0,1 % RH. Naměřená hodnota kalibrovaného měřidla při etalonových 30,0 % RH tedy je **31,1 % RH** s nejistotou **0,8 % RH**.

10.2. Psychrometrické vlhkoměry

U psychrometrů je možná kalibrace jednotlivých teplotních snímačů (suchý a mokrá) anebo kalibrace přímo v relativní vlhkosti.

Při kalibraci přímo v relativní vlhkosti je nutné daný vlhkoměr používat pouze v rozsahu kalibrované relativní vlhkosti při kalibrované teplotě, kde se může teplota lišit maximálně o $\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Při použití pro měření relativní vlhkosti při různých teplotách, je nutné mít ho zkalibrován na relativní vlhkost při minimální teplotě, střední teplotě (obvykle $23 \text{ }^\circ\text{C}$) a maximální teplotě a počítat s lineárním šířením chyby relativní vlhkosti mezi jednotlivými kalibrovanými teplotami.

Při kalibraci mokré a suché teploty je možné používat daný vlhkoměr pro různé relativní vlhkosti při různých teplotách, ale nesmí dojít k překročení kalibrovaného rozsahu mokré a suché teploty. Relativní vlhkost je následně vhodné počítat z korigovaných hodnot mokré a suché teploty pomocí vlhkostního kalkulátoru a mít patřičným způsobem zpracován výpočet nejistoty měření. U nejistot měření je nutné dávat si pozor na různou citlivost změny mokré a suché teploty na relativní vlhkosti. Dále je nutné pravidelně kontrolovat stav punčošky mokrého teploměru a funkčnost ventilátoru. Samozřejmostí je používání destilované vody při smáčení mokrého teploměru. Při nízkých vlhkostech, resp. při nízkých teplotách je také nutné dávat si pozor na zamrznutí nádobky s vodou, a naopak při vysokých teplotách nesmí dojít k varu vody. Vzhledem k závislosti mokré a suché teploty na barometrickém tlaku, je nezbytné při této kalibraci tento tlak měřit a počítat s ním při přepočtu na relativní vlhkost. Vzhledem k dalším nevhodným vlastnostem tohoto měření popsanych v jiných kapitolách, je nutné mít zkalibrovány alespoň dvě hodnoty relativní vlhkosti pro kontrolu, že je psychrometr jako celek v pořádku a že je výpočet ze suché a mokré teploty v pořádku. Jako



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

kontrolní body je vhodné mít nižší vlhkost při nižší teplotě a vyšší vlhkost při vyšší teplotě (např. 23 °C / 30 % RH a 80 °C / 90 % RH).

V následujících tabulkách je uvedena závislost mokré a suché teploty na relativní vlhkosti a přibližná citlivost mokré teploty na relativní vlhkosti.

Teplota [°C]	Relativní vlhkost [% RH]										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
10	0,86	1,41	2,49	3,53	4,54	5,52	6,47	7,39	8,29	9,16	9,58
20	6,69	7,57	9,25	10,84	12,35	13,78	15,15	16,44	17,68	18,87	19,44
23	8,31	9,31	11,21	13,00	14,67	16,25	17,75	19,16	20,51	21,78	22,40
30	11,91	13,24	15,72	18,00	20,09	22,03	23,84	25,52	27,11	28,59	29,31
40	16,69	18,62	22,09	25,16	27,90	30,36	32,61	34,67	36,58	38,35	39,19
50	21,20	23,88	28,53	32,45	35,83	38,82	41,48	43,89	46,09	48,12	49,08
60	25,58	29,17	35,11	39,90	43,92	47,39	50,44	53,17	55,65	57,91	58,98
70	29,94	34,57	41,85	47,50	52,12	56,04	59,46	62,49	65,22	67,71	68,88
80	34,35	40,12	48,76	55,21	60,39	64,74	68,50	71,82	74,81	77,51	78,78
90	38,86	45,81	55,77	62,99	68,70	73,46	77,55	81,15	84,38	87,31	88,68
Teplota mokrého teploměru [°C]											

Tabulka 9: Závislost mokré a suché teploty na relativní vlhkosti

Teplota [°C]	Relativní vlhkost [% RH]										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
10	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
20	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11
23	0,19	0,20	0,19	0,17	0,17	0,16	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12
30	0,27	0,26	0,24	0,21	0,20	0,19	0,17	0,17	0,15	0,15	0,14
40	0,40	0,37	0,33	0,29	0,25	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16
50	0,56	0,51	0,42	0,36	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18
60	0,76	0,67	0,52	0,43	0,37	0,32	0,29	0,26	0,23	0,22	0,20
70	1,00	0,83	0,63	0,50	0,41	0,36	0,31	0,29	0,26	0,24	0,23
80	1,26	1,01	0,72	0,57	0,47	0,40	0,35	0,32	0,28	0,26	0,25
90	1,55	1,19	0,82	0,63	0,51	0,43	0,38	0,34	0,30	0,28	0,27
Citlivost mokrého teploměru na relativní vlhkosti [°C / % RH]											

Tabulka 10: Přibližná citlivost mokré teploty na relativní vlhkosti



10.2.1. Příklad výpočtu nejistoty měření psychrometrem

Rychlost odpařování punčošky vlhkého teploměru nesouvisí pouze s relativní vlhkostí vzduchu, ale souvisí také s rychlostí proudění vzduchu. Výpočtový vzorec relativní vlhkosti měřené suchým a mokřým teploměrem je teoreticky odvozen jako:

$$U = \frac{e}{e_s} \times 100\% = \frac{e_w - AP(t_s - t_w)}{e_s} \times 100\% \quad (12)$$

kde U je relativní vlhkost, e je tlak par vody ve vlhkém vzduchu (kPa), e_s je tlak nasycené vodní páry při teplotě suchého teploměru t_s nad čistou kapalnou vodou (kPa), e_w je tlak nasycené vodní páry při teplotě vlhkého teploměru t_w nad čistou kapalnou vodou (kPa), t_s je teplota suchého teploměru ($^{\circ}\text{C}$), t_w je teplota vlhkého teploměru ($^{\circ}\text{C}$), A je psychrometrický koeficient ($^{\circ}\text{C}^{-1}$), P je atmosférický tlak (kPa). Zvyšující se rychlost proudění vzduchu urychlí odpařování vody mokré punčošky, která obaluje vlhký teploměr. Rychlost proudění má tedy velký vliv na teplotu vlhkého teploměru a tím ovlivňuje výsledky měření relativní vlhkosti. Vliv rychlosti proudění na psychrometrický koeficient znázorňuje následující tabulka 11:

Rychlost proudění (m/s)	Psychrometrický koeficient ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
0,4	$0,819 \times 10^{-3}$
0,8	$0,734 \times 10^{-3}$
1,5	$0,695 \times 10^{-3}$
3,0	$0,673 \times 10^{-3}$

Tabulka 11: Závislost koeficientu A na rychlosti proudění


Obr. 13 v kapitole 9.3 ukazuje závislost rozdílu relativní vlhkosti vypočítané pomocí různých psychrometrických koeficientů na relativní vlhkosti při různých teplotách vzduchu. Jak je uvedeno ve zmíněné kapitole, při vysoké teplotě a relativní vlhkosti není RH měřená psychrometrem citlivá na rychlost proudění. Při reálném použití je vhodné spojené měření pomocí kapacitního vlhkoměru a psychrometru. Kapacitní vlhkoměr lze použít pro měření při nízké teplotě a nízké vlhkosti, při plném využití pohodlí a vysoké přesnosti čidla vlhkosti.

Polovodičové senzory mají obvykle omezený teplotní rozsah, proto jsou vhodnější pro měření při nižších teplotách. Vyšší teploty a RH pak lépe reprezentuje psychrometrické měření.

Pro stanovení nejistoty měření RH pomocí psychrometru vycházíme z následujících předpokladů:

- (1) Měření je provedeno v klimatické komoře s rozsahem (5 až 95) % RH, stabilita RH $\pm 0,8$ % RH, homogenita RH je $\pm 1,0$ % RH.
- (2) Psychrometr představují dva platinové odporové teploměry s maximální dovolenou chybou měření teploty $\pm 0,15$ $^{\circ}\text{C}$.
- (3) Tlakoměr měří barometrický tlak s rozsahem měření (0 až 130) kPa a přesností 0,1 % FS, maximální dovolená chyba je tedy $\pm 0,13$ kPa.
- (4) Anemometr měřící rychlost proudění má deklarovanou nejistotu měření $U = 0,16$ m/s (pro $k=2$).

Psychrometr umístíme do geometrického středu testovacího boxu s konstantní teplotou a vlhkostí a vedle psychrometru umístíme tlakoměr a anemometr pro měření tlaku a rychlosti proudění. Po dosažení konstantních hodnot nastavené teploty a RH zaznamenáváme desetkrát v intervalu 1 minuty teplotu suchého teploměru, teplotu vlhkého teploměru,

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

hodnotu tlaku a hodnotu rychlosti proudění. Příklad je vypočten pro konstantní teplotu komory 20 °C a teplotu vlhkého teploměru 15 °C. Průměrné hodnoty měření jsou následující:

TLAK 101,0 kPa; směrodatná odchylka 0,05 kPa,
 RYCHLOST PROUDĚNÍ 3,0 m/s; směrodatná odchylka 0,07 m/s,
 TEPLOTA SUCHÉHO TEPLoměRU 20,1 °C; směrodatná odchylka 0,07 °C,
 TEPLOTA VLHKÉHO TEPLoměRU 15,0 °C; směrodatná odchylka 0,05 °C.

Měřené hodnoty odpovídají RH = cca 57,8 %.

10.2.2. Matematický model a koeficient citlivosti

Matematický model měření je znázorněn vzorcem (12) v předchozí kapitole. Při vyhodnocení nejistoty jsou jmenovité hodnoty teploty suchého teploměru 20 °C, teploty vlhkého teploměru 15 °C, atmosférického tlaku 101,0 kPa a rychlosti proudění 3,0 m/s. Nejistota empirického vzorce je zanedbána, uvažovány jsou pouze nejistoty způsobené psychrometrickým koeficientem, atmosférickým tlakem, teplotou suchého teploměru a teplotou vlhkého teploměru. Citlivostní koeficienty každého vlivu jsou:

$$c_1 = \frac{\partial U}{\partial A} = -\frac{P(t_s - t_w)}{e_s} \quad (13)$$

$$c_2 = \frac{\partial U}{\partial P} = -\frac{A(t_s - t_w)}{e_s} \quad (14)$$

$$c_3 = \frac{\partial \delta}{\partial t_s} = -\frac{AP}{e_s} \quad (15)$$

$$c_4 = \frac{\partial U}{\partial t_w} = \frac{AP}{e_s} \quad (16)$$

kde c_1 , c_2 , c_3 a c_4 jsou citlivostní koeficienty psychrometrického koeficientu, barometrického tlaku, teploty suchého a vlhkého teploměru. Měření uvedených veličin není korelované, kombinovaná standardní nejistota je tedy:


$$u_c^2 = c_1^2 u^2(A) + c_2^2 u^2(P) + c_3^2 u^2(t_s) + c_4^2 u^2(t_w) \quad (17)$$

kde $u(A)$, $u(P)$, $u(t_s)$ a $u(t_w)$ jsou standardní nejistoty uvedených veličin.

Tlak nasycené vodní páry při teplotě suchého teploměru e_s vypočteme z Magnusova vztahu:

$$e_s = e_0 * 10^{(7,45 * t_s) / (235 + t_s)} = 6,1 * 10^{(7,45 * 20,1) / (235 + 20,1)} = 23,57 \text{ hPa} \quad (18)$$

kde e_0 je tlak nasycené vodní páry při teplotě 0 °C.

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

10.2.3. Standardní nejistota psychrometrického koeficientu

Při měření rychlosti proudění vzduchu byla z naměřených hodnot stanovena směrodatná odchylka (nejistota typu A) o velikosti $u_1(v) = s(v) = 0,07$ m/s. Rozšířená nejistota hodnoty rychlosti proudění 3,0 m/s měřená anemometrem je 0,16 m/s (pro $k = 2$), takže standardní nejistota měření rychlosti proudění $u_2(v) = 0,08$ m/s. Celková standardní nejistota měření rychlosti je tedy

$$u(v) = \sqrt{u_1(v)^2 + u_2(v)^2} = 0.11 \text{ m/s} \quad (19)$$

Nejistota psychrometrického koeficientu je závislá na nejistotě rychlosti proudění. Experimentálně bylo zjištěno, že psychrometrický koeficient je nepřímo úměrný rychlosti proudění a vztah mezi nimi je následující:

$$A = \left(65 + \frac{6.75}{v} \right) \times 10^{-5} \quad (20)$$

Podle vzorce (20) lze standardní nejistotu psychrometrického koeficientu vypočítat jako:


$$u_1 = \left| \frac{\partial A}{\partial v} \right| u(v) = 0,825 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (21)$$

kde u_1 je standardní nejistota psychrometrického koeficientu.

10.2.4. Standardní nejistota barometrického tlaku

Směrodatná odchylka (nejistota typu A) při měření barometru byla $u_1(P) = s(P) = 0,05$ kPa. Barometrický tlak je měřen barometrem, jehož přesnost je deklarována jako 0,1 % FS a max. nejistota měřidla je $\pm 0,13$ kPa ($k = 2$). Standardní nejistota měřidla je tedy:

$$u_2(P) = \frac{0.13}{2} \text{ kPa} = 0.05 \text{ kPa} \quad (22)$$

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Standardní nejistota měření tlaku je tedy:

$$u_2 = \sqrt{u_1(P)^2 + u_2(P)^2} = 0.07 \text{ kPa} \quad (23)$$

10.2.5. Standardní nejistota suchého teploměru

Směrodatná odchylna měřených hodnot teploty byla určena jako $u_1(t_s) = s(t_s) = 0,07 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplota suchého teploměru se měří teploměrem s maximální dovolenou chybou $\pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C}$. Předpokládejme rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti, takže standardní nejistotu teploty při barometrickém tlaku lze vypočítat jako:

$$u_2(t_s) = \frac{0.15}{\sqrt{3}} \text{ }^\circ\text{C} = 0.0867 \text{ }^\circ\text{C} \quad (24)$$

Standardní nejistota teploty suchého teploměru je tedy:

$$u_3 = \sqrt{u_1(t_s)^2 + u_2(t_s)^2} = 0.11 \text{ }^\circ\text{C} \quad (25)$$

10.2.6. Standardní nejistota vlhkého teploměru

Směrodatná odchylna měřených hodnot teploty byla určena jako $u_1(t_w) = s(t_w) = 0,07 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplota vlhkého teploměru se měří teploměrem s maximální dovolenou chybou $\pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C}$. Předpokládejme rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti, takže standardní nejistotu teploty při barometrickém tlaku lze vypočítat jako:

$$u_2(t_w) = \frac{0.15}{\sqrt{3}} \text{ }^\circ\text{C} = 0.0867 \text{ }^\circ\text{C} \quad (26)$$


Standardní nejistota teploty vlhkého teploměru je tedy:

$$u_4 = \sqrt{u_1(t_w)^2 + u_2(t_w)^2} = 0.11 \text{ }^\circ\text{C} \quad (27)$$

Jednotlivé složky uvedeme v přehledné tabulce včetně citlivostních koeficientů:

Zdroj nejistoty	Složka standardní nejistoty u_i	Citlivostní koeficient c_i	Přepočtená složka standardní nejistoty $ c_i \cdot u_i$
Psychrometrická konstanta	$0,825 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	$-218,541 \text{ }^\circ\text{C}$	$1,803 \times 10^{-4}$
Barometrický tlak	0,07 kPa	$-0,00146 \text{ kPa}^{-1}$	$1,022 \times 10^{-4}$
Suchý teploměr	0,11 $^\circ\text{C}$	$-0,02884 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	$3,172 \times 10^{-3}$
Vlhký teploměr	0,11 $^\circ\text{C}$	$0,02884 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	$3,172 \times 10^{-3}$

Tabulka 12: Výpočet nejistoty měření psychrometru

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

Z tabulky je vidět, že při dostatečné rychlosti proudění vzduchu jsou hlavní složkou nejistoty relativní vlhkosti měřené psychrometrem nejistoty měření teploty. Kdybychom provedli rozbor nejistoty pro hodnoty psychrometrické konstanty dle tabulky 11, zjistíme, že u malých rychlostí se nejistota konstanty A zvyšuje až o dva řády a stává se dominantní složkou nejistoty RH.

Kombinovaná nejistota relativní vlhkosti je tedy:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (c_i u_i)^2} \quad (28)$$

Do výpočtu nejistoty je třeba ještě zahrnout stabilitu a homogenitu použité komory, která je uvedena v úvodu příkladu. Jestliže u obou veličin uvažujeme rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti, vychází standardní kombinovaná nejistota měření spolu s nejistotou dle vzorce (28) $u = 0,87 \%$ RH, rozšířená nejistota pro $k = 2$ pak $U = 1,7 \%$ RH.

10.2.7. Shrnutí

Nejčastěji vyjadřovanými parametry vlhkosti vzduchu jsou teplota rosného bodu a relativní vlhkost. Vzhledem k tomu, že psychrometry mají nízké náklady na pořízení, jednoduchou údržbu, vysokou teplotní odolnost, nemusíme se obávat kondenzace a není snadné je poškodit, jsou široce používány při měření relativní vlhkosti v průmyslové a zemědělské výrobě, měření vlhkosti plynů, ochraně životního prostředí a dalších oblastech. Při měření vlhkosti psychrometrem musíme analyzovat vliv rychlosti proudění na nejistotu výsledků měření. Podle L [17] ukazují výsledky analýzy, že:

- (1) Při vysoké teplotě a RH není RH měřená psychrometrem citlivá na rychlost proudění. S poklesem teploty vzduchu a relativní vlhkosti se vliv rychlosti na měřenou RH zvyšuje.
- (2) Nejistota rychlosti proudění má důležitý vliv na kombinovanou nejistotu RH měřenou psychrometrem. Nejistota způsobená barometrickým tlakem je relativně malá.
- (3) Nejistota výsledků měření klesá s rostoucí relativní vlhkostí a rostoucí rychlosti proudění za podmínek konstantní teploty suchého teploměru.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

10.3. Kapacitní vlhkoměry

U kapacitních měřidel je možná pouze kalibrace přímo v relativní vlhkosti při dané teplotě. Při kalibraci relativní vlhkosti pouze při jedné teplotě je možné použití pouze v rozsahu kalibrované relativní vlhkosti při kalibrované teplotě, kde se může teplota lišit maximálně o ± 10 °C. Pokud chceme tento vlhkoměr používat pro měření relativní vlhkosti při různých teplotách, je nutné mít ho zkalibrován na relativní vlhkost při minimální teplotě, střední teplotě (obvykle 23 °C) a maximální teplotě a počítat s lineárním šířením chyby relativní vlhkosti mezi jednotlivými kalibrovanými teplotami.

Např. u 50 % RH při 23 °C je naměřená chyba 1,0 % RH a u 50 % RH při 75 °C je naměřená chyba 2,0 % RH. Pokud pak použijeme vlhkoměr pro 50 % RH při 50 °C je vypočítaná chyba 1,5 % RH a je nutné doplnit do zdrojů nejistoty měření odhad chyby tohoto výpočtu.

Musíme si dávat pozor na čistotu měřicího čidla daného vlhkoměru, což se týká hlavně externích výkonů při měření ve znečištěných prostorech. Kapacitní vlhkoměry jsou náchylné na hysterezi, tj. po kalibraci vysoké vlhkosti je nutné vlhkoměr před dalším použitím vysušit nebo ho pro další měření použít až následující den. Další nepříjemnou vlastností těchto vlhkoměrů je drift hodnot, který se zvětšuje s častým měřením extrémních hodnot, tj. vysokých vlhkostí, vysokých teplot a podnulových teplot (pokud se vlhkoměr nechá v klimakomoře při kalibraci podnulových teplot).


10.3.1. Příklad výpočtu nejistoty měření kapacitním snímačem

V tabulce 13 je příklad výpočtu nejistoty měření kapacitním snímačem (etalonem) v klimatické komoře dle doporučení výrobce Rotronic. Jde o měření následujících parametrů: 23 °C a 80 % RH. Vliv teplotního pole v komoře je zřejmý z poslední složky nejistoty. Vliv teploty vychází z normy ČSN EN 60068-3-11, která se zabývá výpočtem nejistoty měření v klimatických komorách. Homogenita a stabilita jsou parametry, které současně ovlivňují teplotní i vlhkostní pole. Uvedená norma ale respektuje skutečnost, že i měření teploty je zatíženo nejistotou měření a její velikost ovlivňuje i měření RH komory. Do nejistoty měření teploty jsou přitom min. zařazeny nejistota kalibrace snímače teploty, jeho drift a směrodatná odchylka průměrné hodnoty odečtené teploty a rozlišení údaje teploty. Citlivostní koeficient lze bez složitých výpočtů stanovit následovně:

V kalkulátoru vlhkosti (např. <https://www.processsensing.com/en-us/humidity-calculator/rotronic/>) si vypočteme absolutní vlhkost pro vstupní parametry 23 °C / 80 % RH. Absolutní vlhkost je v uzavřeném prostoru konstantní, do kalkulátoru zadáme místo relativní vlhkosti vlhkost absolutní a teplotu 22 °C resp. 24 °C. Rozdíl vypočtených relativních vlhkostí pro tyto teploty oproti 80 % RH definuje citlivostní koeficient v jednotce % RH / °C. Rozdíly obou teplot se mohou nepatrně lišit, pro přepočet můžeme uvažovat průměrnou hodnotu.

Jestliže by měřený bod nebyl současně kalibračním bodem snímače, bylo by vhodné uvažovat možnou chybu dopočtu v mezilehlých bodech, která bývá v řádu nízkých desetin % RH. Obdobně je tomu v případě použití měřidla v celém provozním rozsahu měření komory. Kalibrace snímače RH nikdy spojitá nebude a bude zahrnovat pouze vhodně zvolené body teploty / RH tak, abychom mohli odhadnout nejistotu měření v libovolném bodě. Jestliže měřený bod nebude současně bodem kalibračním, musíme zvažovat chybu dopočtu obdobně jako v úvodu odstavce.

Při kalibraci bychom museli zahrnout do rozpočtu i vlivy kalibrovaného měřidla, kterými obvykle jsou opakovatelnost měření, rozlišení měřidla a při rozdílné konstrukci se může

	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

projevit rozdílná dynamika obou měřidel (lze ji odhadnout z chování měřidel při ustalování měřených hodnot).

Zdroj nejistoty	Hodnota	Jednotka	Rozdělení pravděpod.	Koeficient	Standardní nejistota	Citlivostní koeficient	Standardní nejistota (% RH)
Nejistota kalibrace	1,10	% RH	normální	2	0,550	1	0,550
Drift snímače	1,00	% RH	rovnoměrné	1,732	0,577	1	0,577
Rozlišení snímače	0,10	% RH	rovnoměrné	2x1,732	0,029	1	0,029
Opakovatelnost měření RH	0,10	% RH	normální	1	0,100	1	0,100
Homogenita vlhkosti	0,20	% RH	rovnoměrné	1,732	0,115	1	0,115
Stabilita vlhkosti	0,10	% RH	rovnoměrné	1,732	0,058	1	0,058
Nejistota měření teploty	0,20	°C	normální	2	0,100	4,96	0,496
Standardní nejistota							0,953
Rozšířená nejistota měření							1,9

Tabulka 13: Příklad měření kapacitním snímačem v klimatické komoře



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

11. Společná pravidla pro všechny typy vlhkoměrů

Maximální rozsah AKL v České republice je (5 až 95) % RH při (10 až 95) °C, pouze některé zahraniční laboratoře dosahují nižších i vyšších vlhkostí, ale u nižších vlhkostí je obvyklé provádět měření v teplotě rosného bodu (bodu ojínění) a ne v relativní vlhkosti. Ohledně rozsahu teploty (jako parametru k relativní vlhkosti) budeme uvažovat maximální přípustný rozsah (0 až 100) °C, i když některé zahraniční laboratoře měří relativní vlhkost i v podnulových teplotách.

Obvyklý krok kalibrace etalonu relativní vlhkosti je 20 % RH. Proto při kalibraci rozsahu (10 až 90) % RH není přípustná třibodová kalibrace (10, 50, 90) % RH, ale musí být provedena kalibrace minimálně pětibodová (10, 30, 50, 70, 90) % RH. Obdobně obvyklý krok kalibrace teploty, mokré teploty a teploty rosného bodu (bodu ojínění) je 20 °C. Maximální přípustný krok je 25 % RH nebo 25 °C. Při kalibraci relativní vlhkosti při různých teplotách platí toto pravidlo pouze pro relativní vlhkost při střední teplotě (obvykle 23 °C), pro relativní vlhkost při minimální teplotě, maximální teplotě a při případných dalších teplotách je dostatečná třibodová kalibrace, tj. minimální vlhkost, střední vlhkost a maximální vlhkost. Dále je přípustné provádět kalibraci vlhkosti při minimální a maximální teplotě každý druhý cyklus kalibrace vlhkosti při střední teplotě (obvykle 23 °C), tj. např. u kalibrace kapacitního etalonu vlhkosti každý rok kalibrujeme (10, 30, 50, 70, 90) % RH při 23 °C a jednou za dva roky (10, 50, 90) % RH při 10 °C a při 90 °C. V tomto případě je ale pak nutné zvýšit nejistotu měření, protože neznáme aktuální chyby vlhkosti při minimální a maximální teplotě.

Návod pro stanovení akceptovatelných hodnot nejistot v oboru vlhkosti vzduchu nabízí Mezinárodní úřad pro míry a váhy BIPM v rámci dvou svých dokumentů:

prvním je „**Review Protocol for Humidity CMC's**“

(<https://www.bipm.org/documents/20126/30131925/CMC+Review+Protocol+-+Humidity/0dcad2df-4a6c-8cd4-2575-522c5dc47b94>)

a druhým „**Review Protocol for Relative Humidity CMC's**“

(<https://www.bipm.org/documents/20126/30131958/CMC+Review+Protocol+-+Relative+humidity/f422431b-c083-3e31-4082-77eade4b6b73>).

Dokumenty jsou sice určeny pro národní metrologické orgány, ale využitelné jsou např. návrhy reálných dosažitelných hodnot nejistot. V prvním citovaném dokumentu je mj. uvedena tabulka, které uvádí vazbu mezi absolvovaným zkoušením způsobilosti a rozsahem měření laboratoře. V určitém rozsahu teploty rosného bodu (bodu ojínění) je možné, aby laboratoř pracovala v lehce rozšířeném rozsahu měření oproti rozsahu měření pokrytém zkoušením způsobilosti. Možné zvětšení rozsahu je patrné z tabulky 14 (na další straně).



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

Teplotní rozsah rosného bodu (bodu ojinění) pokrytý zkoušením způsobilosti	Akceptovatelné rozšíření rozsahu měření
$-35\text{ °C} \leq t_{dL}, t_{dH} \leq +45\text{ °C}$	$t_{dMIN} = t_{dL} - 10\text{ °C}$ nebo $t_{dMIN} = -40\text{ °C}$ (platí vyšší hodnota) $t_{dMAX} = t_{dH} + 10\text{ °C}$ nebo $t_{dMAX} = +50\text{ °C}$ (platí nižší hodnota)
$-75\text{ °C} \leq t_{dL}, t_{dH} \leq -35\text{ °C}$ a $+45\text{ °C} \leq t_{dL}, t_{dH} \leq +75\text{ °C}$	$t_{dMIN} = t_{dL} - 5\text{ °C}$ nebo $t_{dMIN} = -75\text{ °C}$ (platí vyšší hodnota) $t_{dMAX} = t_{dH} + 5\text{ °C}$ nebo $t_{dMAX} = +75\text{ °C}$ (platí nižší hodnota)
$t_{dL}, t_{dH} < -75\text{ °C}$ a $t_{dL}, t_{dH} > +75\text{ °C}$	Rozšíření nepovoleno

Tabulka 14: Možné vazby rozsahu měření laboratoří a zajištěním zkoušení způsobilosti

Obdobnou vazbu by bylo možné vytvořit i pro relativní vlhkost, ale bylo by nutné respektovat i teplotu vzduchu. Na základě takto vytvořeného doporučení je možné posuzovat i rozsah měření laboratoře při účasti v PT. Důležitý je také vhodný interval účasti v PT. Při respektování teplotní závislosti měřidel a s ohledem na ekonomické aspekty doporučujeme min. 1x za dva roky účast v PT při základní teplotě (20 až 25) °C a jednou v rámci akreditačního cyklu účast v PT při jiných teplotách. Kalibrace kapacitních snímačů by měla být prováděna 1x ročně při základní teplotě a jednou za dva roky ve zbývajících teplotách dle úvodu této kapitoly. Kalibrace psychrických a rosnobodových vlhkoměrů by měla být prováděna v závislosti na driftu snímačů. U nových měřidel by byla vhodná obdobná kalibrace jako u kapacitních snímačů obzvláště v případě kalibrace pouze relativní vlhkosti.

V prvním dokumentu je také uvedena tabulka tzv. „nepodkročitelné“ hodnoty nejistoty teploty rosného bodu, viz tabulka 15. Uvedené hodnoty nejistot byly stanoveny na základě výsledků mezinárodních zkoušení způsobilosti EUROMET P511 a APMP K6. Nejistoty byly určeny jako dvojnásobek 75. percentilu vypočteného z nejistot deklarovaných v rámci uvedených porovnání.

t_D (°C)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	5	15	30	45	60	75
U_{min} (°C)	0,32	0,26	0,22	0,18	0,16	0,16	0,16	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20

Tabulka 15: Doporučené minimální (low limit based) hodnoty nejistot t_D .

Druhý dokument se zabývá speciálně relativní vlhkostí a obdobně jako v prvním případě obsahuje tabulku „nepodkročitelných“ hodnot nejistot RH ve vazbě na velikost měřené teploty a RH. Text dokumentu uvádí, že pokud je údaj o nejistotě větší než odpovídající hodnota v tabulce 16 a je poskytnut odpovídající rozpočet nejistot, pak lze nejistotu považovat za přijatelnou. Tabulka platí pro psychrometry a snímače RH. Hodnoty jsou uvedeny v % RH, pro teploty nižší než 0 °C je RH vztažena k povrchu ledu.

V roce 1996 publikoval anglický NMI NPL encyklopedii „A Guide to the Measurement of Humidity“, ve které uveřejnil také tabulku 17 vlivu teplotní změny 1 °C na RH při různé teplotě a velikosti RH. Tabulka měla především demonstrovat nesymetričnost účinků takové změny. Hodnoty v tabulce jsou v % RH.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

t (°C) RH (%)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	5	15	30	45	60	75	90
98	6,0	5,0	4,0	3,5	3,0	2,8	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0
90	5,0	4,5	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7
70	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7
50	3,0	2,5	2,0	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
30	2,0	2,0	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
10	---	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2	---	---	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tabulka 16: Doporučené min. hodnoty nejistot pro měření relativní vlhkosti

Relativní vlhkost (% RH)	Teplota (°C)				
	10	20	30	50	70
10	±0,7	±0,6	±0,6	±0,5	±0,5
50	±3,5	±3,2	±3,0	±2,6	±2,3
90	±6,3	±5,7	±5,4	±4,6	±4,1

Tabulka 17: Vliv teplotní změny 1 °C na změnu RH dle NPL



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 119 stran

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
22.10.2024

12. Doporučení pro tvorbu přílohy osvědčení o akreditaci v oboru vlhkost vzduchu

Doporučení je koncipováno tak, aby byla příloha osvědčení o akreditaci pokud možno co nejjednodušší a obsahovala stejně jako v jiných oborech parametry pro dosažení nejnižší nejistoty měření. Při samotném dozoru je pak nutné zkontrolovat, jak laboratoř přistupuje k různým typům měřidel, parametrům měřené veličiny (vlhkost vzduchu při různých teplotách) a principům kalibrace (pokud má laboratoř více vlhkovstních generátorů nebo více etalonů). Doplněním k této části jsou i kap. 8.1 a příslušné části kap. 8.2.

12.1. Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace

Jako kalibrovaná veličina by se měla uvádět relativní vlhkost, nebo teplota rosného bodu (ta je v ČR akreditovaně kalibrována pouze na ČMI).

Do předmětu kalibrace patří typy kalibrovaných vlhkoměrů, tj. absorpčně-deformační (mechanický) vlhkoměr, rosnobodový vlhkoměr, psychrometrický vlhkoměr a kapacitní vlhkoměr. Dále je možné kalibrovat vlhkovstní generátor a klimatickou komoru s možností charakterizace (měření homogenity a stability). Poslední možností jsou měřicí řetězce vlhkosti (měřidla vlhkosti ve skladech, výrobních linkách, muzeích apod.).


12.2. Jmenovitý rozsah

Rozsahy hodnot vlhkosti je nutné uvádět ve vazbě na společnou nejistotu měření. Jednotkou v relativní vlhkosti je % RH a v teplotě rosného bodu °C.

12.3. Parametry měřené veličiny

Do parametrů patří teplotní rozsah měření relativní vlhkosti. Jak je uvedeno v kap. 10, přístup ke specifikaci teplotního rozsahu závisí na způsobu kalibrace etalonového měřidla RH. Pro všechny typy uvažovaných měřidel platí v souladu s uvedenou kapitolou:

- Při kalibraci relativní vlhkosti pouze při jedné teplotě je možné použití měřidla v celém rozsahu kalibrované relativní vlhkosti při teplotě, kde se může teplota lišit maximálně o ± 10 °C od teploty kalibrace.
- Při kalibraci vlhkoměru v relativní vlhkosti a použití vlhkoměru pro měření relativní vlhkosti při různých teplotách je nutné mít ho zkalibrován na relativní vlhkost při minimální teplotě, střední teplotě (obvykle 23 °C) a maximální teplotě a počítat s lineárním šířením chyby relativní vlhkosti mezi jednotlivými kalibrovanými teplotami. V tom případě je nutné uvádět v POA příslušná teplotní rozmezí platnosti nejistoty RH, která budou odpovídat uvedené kalibraci, doplněné o výpočet nejistoty CMC dle uvedených příkladů.
- U rosnobodových vlhkoměrů je možná (je preferována) kalibrace teploty rosného bodu (bodů ojiňení) a teploty okolí. Při této kalibraci je možné používat daný vlhkoměr pro různé relativní vlhkosti při různých teplotách, ale nesmí dojít k překročení kalibrovaného rozsahu teploty rosného bodu (bodů ojiňení) a teploty okolí. Vzhledem k tomu, že nejistota v POA musí být uvedena v % RH, je nutné provést přepočty pomocí citlivostních koeficientů z nejistoty teploty rosného bodu

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

(bodu ojinění) a z nejistoty teploty okolí (návod je uveden v kapitole 10.1.1). Pokud pak pro stejnou hodnotu RH při různých teplotách okolí vychází různá nejistota měření, je nutné dané teplotní rozmezí, pro které platí stejná nejistota měření uvést v parametrech měřené veličiny.

- U psychrometrů je také možnost kalibrace samostatných teploměrů. Při kalibraci mokré a suché teploty je možné používat daný vlhkoměr pro různé relativní vlhkosti při různých teplotách, ale nesmí dojít k překročení kalibrovaného rozsahu mokré a suché teploty. Vzhledem k dalším nevhodným vlastnostem tohoto měření popsanych v jiných kapitolách zprávy, je nutné mít zkalibrované alespoň dvě hodnoty relativní vlhkosti pro kontrolu, že je psychrometr jako celek v pořádku a že je výpočet ze suché a mokré teploty odpovídá údajům měřidla (doporučení viz kap. 10.2 zprávy). Vzhledem k tomu, že nejistota psychrometrů je uváděna v % RH, musí být v POA nejistota přepočtena v závislosti na nejistotě kalibrace teploměrů a kontrolního měření RH. Teplotní rozmezí, pro které platí uvedený výpočet, jsou pak uvedena v parametrech měřené veličiny. Návod na přepočet nejistoty měření teploty na nejistotu RH je uveden v kapitole 10.2.1.

V případě kalibrace teploty rosného bodu je nejistota vyjádřena ve °C a parametry měřené veličiny se neuvádí.

12.4. Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření


Může se jednat o absolutní vyjádření nejistoty měření, tj. hodnoty v % RH u relativní vlhkosti a ve °C u teploty rosného bodu, nebo může být nejistota uvedena rovnicí. Jedná se o hodnoty při použití nejlepšího vybavení laboratoře (generátoru vlhkosti a etalonu) obvykle v definovaném rozsahu teploty okolo 23 °C a v dalších teplotních rozsazích dle kapitoly 11.

12.5. Princip kalibrace

Do principu kalibrace patří jednak způsob generování vlhkosti (nasycené solné roztoky, vlhkovní generátor, klimatická komora) a jednak druh použitého etalonu (rosnobodový vlhkoměr, psychrometrický vlhkoměr, kapacitní vlhkoměr) pro dosažení nejnižší nejistoty měření. Pokud má laboratoř více generátorů a etalonů, zde se neuvádí, ale je nutné zkontrolovat přístup laboratoře k nejistotě měření při použití jiného generátoru nebo etalonu.

12.6. Identifikace kalibračního postupu

Do identifikace kalibračního postupu patří interní označení postupu dle řízené dokumentace laboratoře. Z postupu musí být zřejmé zdrojové dokumenty použité při jeho vytvoření.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

13. Další výstupy z řešení úkolu

Autoři předpokládají, že kromě zprávy budou využity již tradiční výstupy, tj. nabídnutí článku do časopisu Metrologie a uspořádání semináře pro odbornou veřejnost. V průběhu řešení nebyly identifikovány potřeby ani příležitosti pro další formu výstupu.

13.1. Článek pro časopis Metrologie


Obsahem článku bude jako již obvykle upravený a zkrácený obsah zprávy s vypuštěnými pasážemi, které jsou určeny pouze pro ÚNMZ. Rozsah textu bude respektovat potřeby vydavatele a proti zprávě bude zkrácen a zjednodušen. Osnova článku bude v základu respektovat členění vlastní zprávy.

13.2. Seminář pro odbornou veřejnost

Základem otevřeného semináře bude prezentace dosažených výsledků pro širší odbornou veřejnost. Přednášejícími budou řešitelé, účastníci dostanou podkladové materiály vytvořené řešiteli při přípravě prezentací.

13.3. Koncepce prezentace

Předpokládá se, že řešitelé si rozdělí témata, k nimž zpracují grafickou podobu zprávy, kterou při prezentacích doplní ústním komentářem. Přednášející se budou střídat podle potřeby s přihlédnutím k autorství příslušných částí.

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

14. Shrnutí

Předkládaná zpráva popisuje řešení úkolu, který navazuje na předcházející úkoly PRM, které ČIA zpracovával od roku 2017. Ty se v různých oborech věnovaly především sjednocování principů kalibrace a jimi dosahovaných nejistot. V posledních letech na důležitosti získaly principy (metody, postupy) kalibrací jako podstatná informace o kalibračních laboratořích a jejich CMC, především jako kritérium pro rychlý odhad, zda jsou uváděné nejistoty reálné. Informace z POA mají zákazníkům sloužit jako podklad k odhadu, zda je daná kalibrační laboratoř vhodná pro potřeby zákazníků. Dlouhodobým cílem ČIA je tyto informace sjednotit tak, aby nevznikaly pochybnosti při interpretaci informací v POA uvedených. Rozdílná informace na obdobném místě POA by měla znamenat rozdílnost laboratoří v tomto konkrétním bodě, pokud jsou v daném oboru a postupu laboratoře srovnatelné, měla by i uvedená informace být shodná nebo alespoň dostatečně blízká. Jednotnost také v budoucnu usnadní případný přechod na jinou platformu pro vydávání a zveřejňování POA.


Nejdůležitějším výstupem tohoto úkolu je na tato zpráva, která podrobně popisuje celé řešení zadaného úkolu a poskytuje čtenáři vodítka, jak číst a chápat rozsah akreditace jako takový a jeho převedení do jednotné formy, přístupné v podobě přílohy osvědčení o akreditaci. Zpráva je pro akreditované kalibrační laboratoře i odborné posuzovatele ČIA v oboru vlhkost vzduchu souhrnem všech podstatných informací z oboru a jak je aplikovat do POA. Součástí řešeného úkolu byl kritický pohled na platné rozsahy akreditace v oboru nejen českých a zahraničních kalibračních laboratoří, do přehledu jsou zahrnuty i informace o databázi KCDB v oboru vlhkost vzduchu.

Práce se zabývá nejen principy kalibrace, ale všemi poli přílohy pro obor vlhkosti vzduchu. Zásadní doporučení ze zprávy vyplývající je, že kalibrace v oboru vlhkosti vzduchu má stát samostatně mimo doposud definovaný obor fyzikálně-chemických veličin, ale jako termodynamická veličina by měla mít svou samostatnou tabulku v těsném sousedství oboru teplota.

V textu se čtenář dozví, jak uvádět princip kalibrace a jak spočítat nejistoty při kalibraci a hlavně pro nejnižší udávané nejistoty, na jaké parametry je nutné brát zřetel a které lze za určitých okolností zanedbat. Podkročení uváděných hodnot CMC nejistot by kalibrační laboratoř měla obhájit odborně na vysoké úrovni svými teoretickými výpočty nejistot a reálně podložit úspěšnou účastí ve vhodném a přiměřeně náročném programu zkoušení způsobilosti, volnější než doporučený přístup k účasti v PT (nebo náhradních aktivitách) také žádá ze strany kalibrační laboratoře významně vyšší riziko neúspěchu při prokazování svých schopností.

Vzhledem k výrazné závislosti RH na teplotě je ve zprávě navržen způsob respektování této závislosti jak při reálném měření, tak v rámci POA s tím, že je ve zprávě řešen teplotní rozsah měření RH v klimatických komorách, tj. max. (0 až 100) °C.

Již tradičně se předpokládá, že kromě zde předkládaného výsledku řešení úkolu Programu rozvoje metrologie na rok 2024 bude časopisu Metrologie nabídnut článek shrnující výsledky řešení a v neposlední řadě bude odborné veřejnosti nabídnuta účast na semináři, na němž autoři kromě prezentace výsledků řešení budou schopni zájemcům podat i další informace k tématu. Zvána bude široká odborná veřejnost, seminář poslouží i jako vzdělávací akce pro pracovníky AKL a odborné posuzovatele ČIA.


	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

15. Závěr

Autoři předpokládají, že zpracované informace o nejistotách a postupech (principech) kalibrace pomohou sjednotit informace kalibračních laboratoří v oboru vlhkost vzduchu. Kromě prezentace výsledků úkolu široké odborné veřejnosti formou semináře a článkem pro časopis Metrologie, poslouží předkládané řešení úkolu jako základ školení odborných posuzovatelů ČIA. Ti se tak podrobně seznámí s výsledky řešení tohoto úkolu, aby je pak uplatňovali ve své posuzovatelské praxi a rozdíly v informacích o kalibračních laboratořích byly minimalizovány v co možná nejkratší době. Článek v časopisu Metrologie má za cíl stručně seznámit nejširší odbornou veřejnost s výsledkem řešení úkolu a podpořit její zájem o seznámení se s plným rozsahem této zprávy.


Jako podstatná součást výsledku řešení dojde v souladu s interními procesy ČIA také k úpravě formuláře POA a návodu k vyplnění

Řešení tohoto úkolu rozšiřuje počet oborů, kde jsou definována pravidla pro sjednocování veřejně dostupných informací o akreditaci a především rozsahu akreditace kalibračních laboratoří, což zákazníkům a odborné veřejnosti zjednodušuje proces rozhodování, která kalibrační laboratoř může nabízet ty nejvhodnější služby.


	Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

16. Literatura

- L [1]: Relative Humidity Measurement and Calibration; katalog měřidel a základní teorie verze 3.0, Michell Instruments (www.michell.com).
- L [2]: Sergio A. CARVAJAL, Ciro A. SÁNCHEZ: Temperature effect in the calibration of capacitive humidity sensors; International Journal of Metrology and Quality Engineering 9/2018.
- L [3]: Ing. Miloš KLASNA, Ing. Jan BLAŽEK: Teplotní kompenzace teplotního součinitele při měření relativní vlhkosti plynů; AUTOMA 3/2009.
- L [4]: Tarikul ISLAM, Zaheer UDDIN, Amit GANGOPADHYAY: Temperature Effect on Capacitive Humidity Sensors and its Compensation Using Artificial Neural Networks; Sensors & Transducers, Vol. 191, Issue 8, August 2015, pp. 126-134.
- L [5]: The Capacitive Humidity Sensor – How it Works & Attributes of the Uncertainty Budget; Rotronic Technical Note (ROTRONIC Measurement Solutions – www.rotronic.com).
- L [6]: YING Liu, HONGBO Mo and XIAOLIN Wang: Influence Factors and Uncertainty Analysis of Relative Humidity Measured by Psychrometer; Journal of Physics ICFST-2022.
- L [7]: Mark STEVENS, Tracey COLLIER, Ralph HARRIS: Comparison of Instruments for Measuring Relative Humidity; NPL Report. CBTLM 6.
- L [8]: Anders Bonde KENTVED, Martti HEINONEN, Domen HUDOKLIN: Practical Study of Psychrometer Calibrations; Int J Thermophys (2012) 33:1408–1421.
- L [9]: JIUNYUAN Chen and CHIACHUNG Chen: Uncertainty Analysis in Humidity Measurements by the Psychrometer Method; Sensors 2017, 17, 368, www.mdpi.com/journal/sensors.
- L [10]: H. W. Loescher, C. V. Hanson, T. W. Ocheltree: The Psychrometric Constant Is Not Constant: A Novel Approach to Enhance the Accuracy and Precision of Latent Energy Fluxes through Automated Water Vapor Calibrations; American Meteorological Society, Journal of Hydrometeorology October 2009.
- L [11]: Jarkko RUONALA: Humidity Theory: Understanding Humidity; prezentace fy. VAISALA www.vaisala.com.
- L [12]: Martti HEINONEN: Uncertainty in Humidity Measurements; Publication J4/2006 of the EUROMET Workshop P758.
- L [13]: Mark G. LAWRENCE: The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air, A Simple Conversion and Applications; American Meteorological Society, BAMS February 2005.
- L [14]: Vaisala Oyj: Calculation formulas for humidity; B210973EN-F © Vaisala 2013 [https://web.archive.org/web/20200212215746im/https://www.vaisala.com/en/system/files?file=documents/Humidity Conversion Formulas B210973EN.pdf](https://web.archive.org/web/20200212215746im/https://www.vaisala.com/en/system/files?file=documents/Humidity%20Conversion%20Formulas%20B210973EN.pdf)
- L [15]: Earth Science: How to calculate relative humidity from temperature, dew point, and pressure? <https://earthscience.stackexchange.com/questions/16570/how-to-calculate-relative-humidity-from-temperature-dew-point-and-pressure>

	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

- L [16]: Hans LIEBERG: Uncertainty of Measurement: Relative Humidity via Dew Point and Air Temperature; Metrology Rules 2014, [Uncertainty of measurement: relative humidity via dew point and air temperature | Metrology Rules](#).
- L [17] „Review Protocol for Humidity CMC’s“
(<https://www.bipm.org/documents/20126/30131925/CMC+Review+Protocol+++Humidity/0dcad2df-4a6c-8cd4-2575-522c5dc47b94>)
- L [18] „Review Protocol for Relative Humidity CMC’s“
(<https://www.bipm.org/documents/20126/30131958/CMC+Review+Protocol+++Relative+humidity/f422431b-c083-3e31-4082-77eade4b6b73>)

 <small>NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN</small>	<p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p>	Celkem 119 stran
		Zpracoval: Ing. Martin Valenta
		Datum zpracování: 22.10.2024

17. Přílohy

1. Plánovací list úkolu programu rozvoje metrologie PRM VII/05/24