

## **Zjišťování vlhkosti v potěrech a jiných stavebních hmotách** **Metody měření a měřicí přístroje**



Stanovení vlhkosti stavebních hmot nabývá stále většího významu. Těsné termíny při výstavbě nových staveb, často bez potřebných fází vysušování, používání izolace, odpovídající nejnovějším předpisům o úspoře energie, pozůstávající z úplné tepelné izolace a vzduchotěsných oken a dveří, jakož i způsob větrání obyvatel, které není na tyto nové poměry přizpůsobené, vyžadují častá měření vlhkosti během výstavby objektů, jakož i při posuzování případných škod po ukončení výstavby.

Pro nás jako výrobce přístrojů na měření vlhkosti je to dostatečný důvod pro poskytnutí principiálního popisu a vysvětlení různých metod měření a vhodných přístrojů pro zjišťování obsahu vlhkosti v stavebních hmotách.

### **Gravimetrická (vysušovací) metoda měření**

Způsob měření s využitím gravimetrické (vysušovací) metody zpočívá v tom, že se odebere vzorek měřeného materiálu, který se následně zváží, suší během delší doby (až do 24 hodin) až po dosažení konstantní hmotnosti a pak se opět zváží. Ze zjištěného rozdílu hmotnosti se vypočítá původní obsah vlhkosti podle následujícího vztahu:

$$\frac{(\text{mokr\u00e1 hmotnost} - \text{such\u00e1 hmotnost}) \times 100}{\text{such\u00e1 hmotnost}}$$

Na tomto místě je nutno upozornit, že za vědecky správné výsledky měření lze považovat pouze výsledky v hmotnostních procentech, tedy ve vztahu v suché hmotnosti.

Teoreticky velmi přesný způsob měření má ale svůj praktický nedostatek, protože vzhledem na svůj destrukční účinek je použitelný pouze omezeně a že při odběru vzorků, jejich transportu a při posuzování výsledku měření vlhkosti se můžou do výsledku vloudit skryté zdroje chyb.

Při získávání vzorků pro měření se často odebírají vzorky, osahující jak povrchovou, tak vnitřní vlhkost a proto v žádném případě nemůžou poskytnout hodnověrnou odpověď na důležitou otázku případných rozdílů v obsahu vlhkosti mezi vnější a vnitřní oblastí materiálu. Nevyhnutný odběr vzorků ve vrstvách je při gravimetrické metodě proveditelný jen ztěžím, potřebné měření maximální vlhkosti v tzv. „spodní vrstvě potěru“ (podle VOB) nelze realizovat, protože z důvodů s tím spojené rozsáhlé destrukce se nedá provést.

V této souvislosti nutno rovněž poznamenat, že zkreslující vliv zahřátí materiálu při odběru vzorku je o to větší, čím je objem odebíraného vzorku menší.



K ještě většímu zkreslení při zjišťování skutečného obsahu vlhkosti dochází v praxi při rovněž používaném odběru odvrtného prachu, který se získává pomocí „normálních“ příklepových vrtaček. Zkreslující vliv v důsledku zahřátí materiálu a jeho bezprostřední vysušení při odběru vzorku je v tomto případě natolik velký, že ke smysluplnosti a účelnosti takového postupu není co dodat. Dalším výrazným zdrojem chyb je transport a skladování odebratého vzorku pro měření. Vzorek by se měl pečlivě zabalit do vzduchotěsného plastového sáčku a pod. a co nejdříve následně vysušit. V praxi lze často pozorovat roztržení vzorků do větších transportních nádob s dlouhou dobou čekání do provedení vysušování. Důsledkem jsou pak příliš nízké hodnoty výsledku měření vlhkosti, protože během transportu a skladování dojde k nežádoucímu vysušení materiálu odebratých vzorků.

Zásada, která by se při použití gravimetrické metody zjišťování vlhkosti měla rovněž zohlednit, je skutečnost, že při potřebném vysušování vzorku vysokou teplotou se neodstraní pouze volná voda, ale i jiné látky, obsažené ve vzorku, např. minerální tuky a oleje a krystalická voda, které se při vysušování odpaří a tím se výsledek měření zkreslí. Kromě toho se musí zohlednit i rozdílné teploty sušení, např. při hmotách s obsahem sádry max. 40 °C a při cementových potěrech max. 103 °C. Dalším nezanedbatelným faktorem je dlouhý čas mezi odběrem vzorku a zjišťováním výsledků, který při sušení představuje přibližně 12 až 48 hodin.

Při souhrnném posouzení gravimetrické metody měření je proto důležité uvést, že tato metoda při dodržení technických a laboratorních podmínek a při příslušně pečlivém postupu může poskytnout přesné výsledky, při použití v praxi však trpí v důsledku početných manipulačních a technických zdrojů chyb a navíc z důvodu nutného znehodnocení materiálu při odběru vzorků má pouze omezené využití. Z těchto důvodů není tato metoda vhodná především pro řemeslníky a používá se převážně na speciální laboratorní vyšetření.

### **Metoda měření CM**

I při získávání vzorku pro měření pomocí tzv. metody měření CM je nejdříve potřebné odebrat vzorek vyšetřovaného materiálu. Vzorek se pak musí rozmělnit na jednotlivé kousky, které musí mít průměr menší než 2 mm. Takto připravený materiál pro měření se pak musí odvážit a spolu s kapslemi s karbidem a ocelovými kuličkami nasypat do ocelové láhve, která se pevně uzavře. Intenzivní protřepání láhve způsobí rozbití ampule s karbidem vloženými ocelovými kuličkami a v důsledku spuštění chemické reakce se uvnitř láhve vytvoří tlak, který lze odečíst pomocí připojeného manometru a z kterého pak lze zjistit obsah vlhkosti vzorku materiálu, nacházejícího se v láhvi.

Pečlivě provedené měření metodou CM předpokládá, že vzorka materiálu se neodebere z již většinou suché povrchové oblasti, ale ze spodní vrstvy potěru. Kromě toho se musí zohlednit poměrně vysoká časová náročnost každého měření, které trvá přibližně 30 až 45 minut, což by mohlo uživatele přístroje svést k omezení počtu měření na absolutní minimum. Právě u velkých ploch by tato skutečnost mohla vést k úplně špatným závěrům.

Na stanovení vlhkosti materiálu jsou podle druhu materiálu potřebné vyhodnocovací tabulky, udávající tzv. „procenta CM“. Zde je nutno si uvědomit, že hodnoty procent CM nejsou identické s hmotnostními procenty, protože se zohledňuje pouze absolutně volná voda, ne však voda, vázaná v materiálu. Označení „procenta CM“ je proto vědecky nepřesné, protože nejsou jasně definovatelná.

Také v praxi často pozorované chyby při výběru místa odběru vzorku a při navážce měřeného materiálu, použití nesprávných nebo málo kuliček nebo špatně těsnicí láhev vedou k nesprávným hodnotám měření, které celé měření dělají napadnutelným.

Metoda měření CM se v praxi využívá často, ale již z teoretického pohledu určitě nedosahuje přesnosti měření, kterou za optimálních podmínek lze dosáhnout s použitím gravimetrické metody. Nedostatky a možné zkreslující vlivy jsou prakticky identické jako při gravimetrické metodě (nežádoucí znehodnocení materiálu např. u sádrových stěn a potěrů, vzorky z vrstev jsou dostupné jen ztěží, zkreslující vliv v důsledku rozmělnění měřeného materiálu, atd.). Jelikož u téměř všech potěrů se dnes používají různé přísady a např. u anhydridových potěrů se používá množství anhydridových surovin, nelze tím zaviněné dodatečné chyby měření vyloučit.

## **Metoda měření odporu**

V praxi často používaná metoda měření vlhkosti dřeva a stavebních materiálů na zjišťování přítomnosti vlhkosti v materiálu je tzv. metoda měření odporu. Vychází ze skutečnosti, že elektrický odpor téměř všech pevných látek se mění podle přítomné vlhkosti. Při nízké vlhkosti materiálu se elektrický odpor zvyšuje, s narůstající vlhkostí materiálu klesá. Přístroje na měření vlhkosti, pracující na principu měření odporu, ve skutečnosti tedy měří elektrický odpor určitého materiálu a tento zobrazují buď přímo nebo po přepočtu v procentech vlhkosti (t. j. v hmotnostních procentech).



Jelikož popsaná změna elektrického odporu je ve spodním rozsahu vlhkosti značná, ale ve vyšším rozsahu vlhkosti (např. u dřeva u hodnot vlhkosti nad 60 %) hodnota odporu silně klesá, má pro postup měření vlhkosti metodou měření odporu nutně své následky; všechny hodnoty měření v nižším rozsahu vlhkosti lze zjišťovat s dobrou přesností, kdežto hodnoty měření od určité horní meze, která je závislá od materiálu a proto pevně nedefinovatelná, jsou podstatně nepřesnější. Uvedená závislost od materiálu je způsobena tím, že popsaná změna elektrického odporu nazávisí pouze od vlhkosti materiálu, ale i od přidružených vedlejších faktorů jako teploty materiálu, chemického složení materiálu a (v menší míře) hustoty materiálu.

Na zohlednění rozličných vlivů podle příslušného druhu stavební hmoty nebo dřeva jsou moderní přístroje na měření vlhkosti, pracující na principu metody měření odporu, vybaveny různými nastaveními podle druhu materiálu a kompenzací teploty. Popřední výrobci měřicích přístrojů pro oblast nejpoužívanějších stavebních hmot s přístroji obvykle nabízejí přepočtové tabulky, které uživateli umožňují převod odečtených hodnot (ze stupnice nebo digitálních hodnot) na procenta vlhkosti (= hmotnostní procenta) podle druhu materiálu. Velmi nízkou výpovědní hodnotu nabízejí verze přístrojů, vybavené pouze barevnou škálou, indikační světelnými diodami apod. a které nezohledňují velmi rozdílnou vodivost jednotlivých stavebních hmot.

Vůči gravimetrické metodě nebo metodě měření CM, má metoda měření odporu řadu předností, které jsou pro praktické využití důležité a rozhodující pro to, že různí uživatelé upřednostňují tento druh přístrojů: poškození materiálu, spojené s prováděním měření je zanedbatelné a proto v každém místě měření lze provést prakticky libovolný počet jednotlivých měření, uživatel zjistí výsledek měření hned, což umožňuje provádět libovolný počet srovnávacích měření podle místních daností a obzvláště na kritických místech.

Velice závažnou předností, která často sehrává rozhodující roli zejména v oblasti znaleckého posuzování v stavebnictví a při zpracování dřeva je skutečnost, že pomocí metody měření odporu volbou příslušných konstrukčně uzpůsobených elektrod je možné provádění měření ve vrstvách, takže uživatel si tak v místě měření může vytvořit obraz o distribuci vlhkosti od povrchu až po nejhlubší vrstvy materiálu (např. v spodní vrstvě potěru podle VOB), resp. v zóně jádra.

Nesporně problematickým aspektem při použití metody měření odporu je skutečnost, že ne u každé stavební hmoty lze stejně přesně zjistit vliv různého chemického složení a hustoty materiálu, takže ne pro každou stavební hmotu jsou k dispozici přesné korekční tabulky. I zde si ale uživatel může prostřednictvím srovnávacích měření v rámci stejného materiálu vytvořit výstižný obraz o rozdílných poměrech vlhkosti a má samozřejmě možnost zjištěné výsledky měření v jednotlivých případech zkontrolovat pomocí alternativní metody měření. U zasolených stavebních hmot se v důsledku elektrické vodivosti solí zaznamenávají zvýšené hodnoty, které nesouhlasí se skutečnou vlhkostí. V takovém případě by se měření mělo prověřit srovnávacím měřením gravimetrickou metodou s analýzou solí.

## Měření kapacity

Enormní význam v posledních letech získala další metoda měření, umožňující nedestruktivní měření vlhkosti, čímž je z hlediska používání téměř ideální. Tato tzv. kapacitní metoda měření vychází z principu měření elektrického pole. Elektrické pole se vytváří mezi aktivním prvkem, vyrobeným např. ve tvaru koule a posuzovanou hmotou podkladu. Zaznamenává se změna elektrického pole materiálem a vlhkostí, která se zobrazí na měřicím přístroji. Měření je relativní, t. j. zobrazuje se rozdíl mezi suchou a vlhkou stavební hmotou. Zpětné zjištění absolutní vlhkosti nebo vlhkosti v procentech CM je při normálním průběhu vysušování možný pomocí tabulky. Hloubka měření závisí od objemové hmotnosti (hustoty) měřené stavební hmoty. Za příznivých podmínek to platí pro velmi lehké stavební hmoty, když hloubka měření nepřekročí 10 - 12 cm; se stoupající specifickou hmotností (např. u betonu) se ale snižuje pouze na 2 - 3 cm.

Ideálním měřicím přístrojem na měření vlhkosti v potěrech, betonu, atd. je přístroj, který umožňuje jak měření elektrického odporu, tak i měření kapacity pomocí tzv. aktivní elektrody. Obr. 2 znázorňuje takovou aktivní elektrodu na nedestruktivní měření vlhkosti, jejíž koule se pouze přikládá k povrchu. Měření kapacity se sice vyznačuje větším rozptylem hodnot než měření elektrického odporu, má však velkou výhodu v tom, že tyto měření lze pro orientaci provádět na mnoha místech, čímž lze získat takřka dvourozměrný profil vlhkosti a tím velmi rychle lokalizovat kritická místa.



## Měření pomocí absorpčních izoterm

Stále větší význam zejména ve Skandinávii a Velké Británii získává nyní výrazně rozšířené měření vlhkosti vzduchu ve vyvrtaném otvoru na zjišťování vlhkosti stavebních hmot pomocí absorpčních izoterm. Při této metodě se do vyvrtaného otvoru zavádí tenký snímač vlhkosti vzduchu. Po příslušném čase se ve vyvrtaném otvoru změří vlhkost a pomocí absorpčních izoterm příslušné stavební hmoty se přepočte.

## Doplňující zjišťování hodnot měření pro stavebnickou a znaleckou praxi

Vedle zjišťování čisté vlhkosti materiálu je ve stavebnické a znalecké praxi potřebné zjišťování různých doplňujících hodnot měření např. teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a povrchové teploty materiálu. Zjišťování těchto hodnot měření umožňuje m. j. vyhledání tepelných mostů (úniků tepla, chyb izolace) a výpočet podmínek rosného bodu v různých klimatických a vlhkostních poměrech. Na zjišťování těchto jednotlivých hodnot měření je k dispozici celá řada speciálních měřicích přístrojů. Ideálním pro použití v celém rozsahu stavebnictví je jak z hlediska nákladů, tak i z technického hlediska kombinovaný univerzální měřicí přístroj, který umožňuje jak zjišťování vlhkosti materiálu metodou měření odporu a metodou měření kapacity, tak i zjišťování uvedených doplňujících hodnot měření.

Zvláštním aspektem při vystavování stavebnětechnického posudku je, že v jednotlivých případech nepostačuje provedení jednotlivých nebo náhodilých měření, ale že na zjištění určitého stavu věcí jsou nutná nepřetržitá měření včetně registrace a vyhodnocení hodnot měření. Zde se musí rovněž zohlednit, že na znalosti a požadavky na znalce se musí pohlížet jinak než na znalosti řemeslníka, pracujícího na stavbě v podmínkách staveniště. Především se ale musí zohlednit, že k posouzení stavu pokládky nebo zpracování nepatří pouze určitá metoda měření, ale také osobní zkušenost spolu s diferencovanými znalostmi o zacházení s používaným měřicím přístrojem.

Společnost GANN Měřicí a regulační technika spol. s r. o. nabízí širokou paletou měřicích přístrojů na bázi výše uvedených postupů měření, které lze pomocí odpovídajícího příslušenství přizpůsobit speciálním požadavkům uživatele. Při výběru pro vás vhodného měřicího přístroje včetně příslušenství vám proto rádi poradíme.

**GANN Mess- und Regeltechnik GmbH, Schillerstrasse 63, D 70839 Gerlingen**  
**Telefon: +49 / 7156 / 49 07-0, fax: +49 / 7156 / 49 07-40, <http://www.gann.de>**