

Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta Stavební, Vysoké učení technické v Brně  
Veveří 95, 602 00 Brno

**STANDARDNÍ OPERAČNÍ POSTUP – 02/09 <sup>(1)</sup>**

**STANDARDNÍ OPERAČNÍ POSTUP PRO PŘEPOČET HODNOTY  
SOUČINITELE VZDUCHOVÉ PROPUSTNOSTI VZHLEDEM K AKTUÁLNÍ  
VLHKOSTI**

Vypracoval: Ing. Petr Misák – technik  
Ing. Barbara Kucharczyková, Ph.D. – odborný asistent  
Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D. – odborný asistent

Vydání č.: 01

Výtisk č.: 01

---

<sup>(1)</sup> Vývoj metodiky je přímým výsledkem výzkumu realizovaného v rámci výzkumného záměru **MSM0021630511** „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

Tento předpis platí pro stanovení vlivu vlhkosti na hodnotu součinitele vzduchové propustnosti hutného obyčejného a hutného lehkého betonu z pórovitého kameniva. Jedná se o úpravy hodnoty součinitele vzduchové propustnosti  $k_T$  vzhledem k aktuální vlhkosti.

Měřicí metoda byla vyvíjena a ověřována v rámci výzkumných záměrů MŠMT a projektů Grantové agentury ČR od roku 2005, v současné době je využívána pro stanovení trvanlivostech vlastností betonů v rámci výzkumných záměrů, projektů GAČR a MPO řešených na VUT FAST, Ústavu stavebního zkušebnictví.

## 1 VŠEOBECNĚ

**1.1** Předpis popisuje způsob korekce hodnot součinitele vzduchové propustnosti  $k_T$  stanoveného metodou TPT vzhledem k aktuální vlhkosti povrchu betonu za účelem přímého srovnání permeability různých materiálů nebo částí konstrukce.

**1.2** Předpis navazuje na švýcarskou normu SN 505 262/1 a předpis TZÚS – Přístroj na měření permeability TORRENT.

## 2 PODSTATA ZKOUŠKY

**2.1** Podstatou zkoušky je stanovení koeficientu vzduchové propustnosti  $k_T$  metodou TPT společně s určením aktuální vlhkosti kapacitním vlhkoměrem KAKASO a následný přepoččet hodnot  $k_T$  vzhledem k referenční 3% hmotnostní vlhkosti.

## 3 VZORKOVÁNÍ

### 3.1 Zkušební vzorky vyrobené v laboratoři

- a) Odběr vzorku čerstvého betonu se provede postupem uvedeným v ČSN EN 12 350 – 1.
- b) Během výroby je nutno věnovat zvýšenou pozornost při ukládání, respektive hutnění čerstvého betonu. Je nutno zabránit segregaci složek čerstvé směsi a zároveň důkladně odstranit veškerý přebytečný vzduch. Horní povrch tělesa určený pro měření by měl být rovný a hladký. Horní povrch tělesa, na němž se shromáždí vrstva cementového mléka, obsahujícího velké množství vzduchových pórů, není vhodný pro měření a musí se upravit jemným obroušením. V opačném případě může výsledek měření vykazovat značné odchylky od skutečnosti.
- c) Po odformování by měly být plochy pro měření vzduchové propustnosti s co nejmenším obsahem dutin a pórů. Povrch tělesa obsahující povrchové kaverny či síť vzduchových pórů není příliš vhodný pro měření. Drsnost měřeného povrchu ovlivní počáteční hodnotu tlaku, vytvářejícího vakuum. Rozdílné hodnoty počátečního tlaku, vytvářejícího vakuum nemusí vést k ovlivnění konečného výsledku měření. Pokud povrch zkušební tělesa vykazuje značné nerovnosti, pak je třeba jej upravit broušením. Povrch tělesa nesmí vykazovat žádné známky přítomnosti mikrotrhlin.
- d) Rozměr těles musí splňovat požadavky pro měření, tj. vzdálenost mezi vnější stranou měřeného povrchu a vnějším průměrem buňky má být min. 20mm. Pro použití tohoto SOP jsou doporučena zkušební tělesa o rozměrech 300x300x80mm.
- e) Důležitým krokem při přípravě zkušebních těles pro měření je volba vhodného uložení po odformování. Tento faktor totiž úzce souvisí s rychlostí vysychání, tedy s aktuální hmotnostní

vlhkostí tělesa. V pokynech daných výrobcem je uvedeno, že zkoušený povrch nesmí být mokrá. Nabízejí se tedy dvě varianty pro přípravu těles – a to varianta uložení v laboratorních podmínkách na vzduchu, případně v kombinaci se zakrytím fólií, tak aby těleso mohlo volně osychat anebo je nutno těleso uložené v prostředí vlhkém nebo ve vodě dodatečně „předsušit“ na požadovanou hodnotu vlhkosti měřeného povrchu.

- f) Doporučené stáří betonu v okamžiku měření je alespoň 28 dní, neboť by mohlo dojít k narušení standardního průběhu zrání (případně hydratace) cementového kompozitu.

### 3.2 Zkušební plocha na konstrukci

- a) Při určování zkušebních míst, které mají být zkoušeny je nutno se vyhnout místům se šterkovými hnízdy, odlupováním, hrubou texturou povrchu, místům vysoce porézním a/nebo jiným anomáliím zkoušeného povrchu.
- b) Při konečném výběru zkušebních míst, které mají být zkoušeny je nutno brát v úvahu:
- předpokládanou pevnost betonu,
  - druh betonu,
  - druh povrchu,
  - vlhkost povrchu,
  - karbonataci (pokud se vyskytuje),
  - další důležité okolnosti.

**3.3** Povrch zkušebních ploch se zbaví hrubých nebo měkkých povrchů nebo povrchů s uvolněnou maltou broušením brusným kamenem nebo ocelovým kartáčem tak, až jsou hladké. Hladké povrchy nebo povrchy uhlazené hladítkem se mohou zkoušet bez obroušení.

## 4 PŘÍSTROJE A POMŮCKY

**4.1** Ke zkoušce se použijí tyto přístroje a pomůcky:

- a) přístroj TORRENT,
- b) kapacitní vlhkoměr KAKASO,
- c) brusný kámen nebo ocelový kartáč,
- d) hodinky, teploměr, vlhkoměr.

## 5 POSTUP ZKOUŠKY

**5.1** Na části konstrukce nebo na zkušebním tělese se nejprve provede určení vlhkosti kapacitním vlhkoměrem KAKASO. Stanovení hodnoty KAKASO se doporučuje provést nejméně čtyřikrát na různých místech v těsné blízkosti nebo přímo na předpokládaném zkušebním místě, přičemž jako výsledná hodnota je brán aritmetický průměr, který se zaznamená.

**5.2** Po určení hodnoty KAKASO se provede stanovení koeficientu vzduchové propustnosti  $k_T$  podle SN 505 262/1 a TZÚS – Přístroj na měření permeability TORRENT, a to jednou na jednom zkušebním místě. V případě laboratorního stanovení na zkušebních tělesech se měření provádí ve středu zkoušené plochy tak, aby vzdálenost zkušební buňky od okraje tělesa byla nejméně 20mm. Hodnota  $k_T$  se zaznamená do protokolu.

## 6 VÝPOČET A VYJÁDŘENÍ VÝSLEDKŮ

**6.1** Pro přepočítání hodnot KAKASO se doporučuje použít kalibrační vztah:

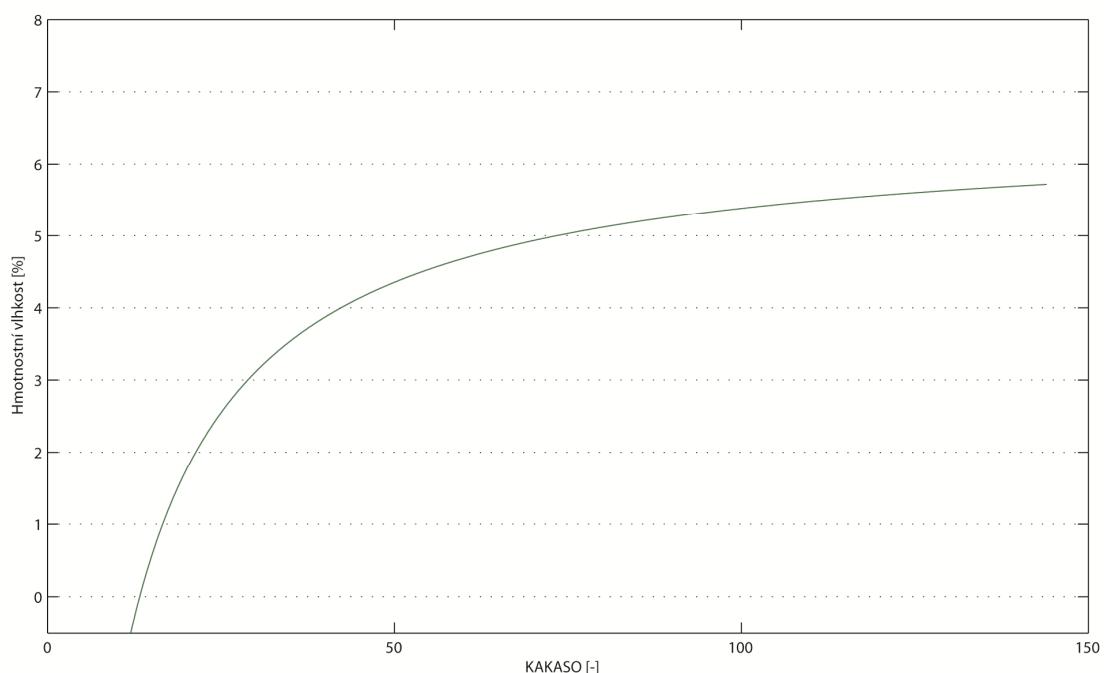
$$w = \frac{p_1 k_s + p_2}{k_s + q_1}, \quad (1)$$

kde  $w$  je hmotnostní vlhkost [%],  $k_s$  je průměrná hodnota zjištěná kapacitním vlhkoměru KAKASO [-]. Pokud není k dispozici kalibrační vztah pro daný typ betonu, je možné využít těchto koeficientů:

- $p_1 = 6,518$ ;
- $p_2 = -86,63$ ;
- $q_1 = 4,954$ .

Průběh závislosti ukazatele KAKASO a hmotnostní vlhkosti je znázorněn na obr. 1.

**6.2** Pokud je to možné, doporučuje se vytvořit kalibrační vztah pro zkoumaný materiál. Kalibrační vztah se určí jako nejlepší regresní model závislosti hodnot KAKASO a hmotnostní vlhkosti zjištěné vážkovou metodou.



Obrázek 1: Závislost hmotnostní vlhkosti a hodnot kapacitního vlhkoměru KAKASO

**6.3** Hodnota koeficientu vzduchové propustnosti při referenční 3% hmotnostní vlhkosti  $k_{T,3}$  se určí podle vztahu:

$$k_{T,3} = k_{T,w} \cdot e^{\alpha(3-w)}, \quad (2)$$

kde  $k_{T,w}$  je hodnota koeficientu vzduchové propustnosti při stanovené aktuální vlhkosti  $w$  a  $\alpha$  je opravný vlhkostní koeficient. Hodnota tohoto koeficientu se doporučuje  $\alpha = -0,862$ .

**6.4** Stanovení vlhkosti a koeficientu vzduchové propustnosti se provede nejméně na 6-ti zkušebních místech na jedné části konstrukce nebo na 6-ti zkušebních tělesech.

## 7 VALIDACE

**7.1** Stanovené hodnoty koeficientu vzduchové propustnosti při referenční 3% vlhkosti  $k_{T,3}$  se nesmí lišit o více než 50% od aritmetického průměru stanoveného ze 6-ti výsledků více než ve dvou případech, jinak se musí zkoušky opakovat na jiných zkušebních místech (resp. zkušebních tělesech).

7.2 Jiné požadavky na validaci nebyly specifikovány.

## 8 PROTOKOL O ZKOUŠCE

8.1 Protokol o zkoušce musí obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresa ZL a místo provedení zkoušek,
- b) jednoznačné označení protokolu, každé strany a údaj o celkovém počtu stran,
- c) jméno a adresa zákazníka (přihlašovatele, objednavatele zkoušky),
- d) označení předmětu zkoušky, jeho technický popis, laboratorní číslo vzorku nebo identifikaci konstrukce a její zkoumané části
- e) datum odběru zkušebních vzorků, datum přijetí do laboratoře a datum provedení zkoušek,
- f) údaje o odběru vzorků, jméno pracovníka, který odběr prováděl
- g) údaje o odchylkách, doplňcích nebo výjimkách ze zkušebních předpisů a další informace, které mají vztah k provedeným zkouškám,
- h) prohlášení o odhadu nejistot měření vztahující se k výsledku zkoušky tam, kde je to vhodné,
- i) tam, kde je to vhodné a potřebné, názory a interpretace,
- j) doplňkové informace požadované specifickými metodami nebo zákazníky,
- k) způsob ošetřování zkušebních těles případně zkušebních míst
- l) teplota a vlhkost prostředí
- m) hodnoty aktuální vlhkosti  $w$ , koeficientu vzduchové propustnosti  $k_{T,w}$  a přepočtené hodnoty  $k_{T,3}$
- n) grafické zpracování dat, je-li to vhodné
- o) prohlášení o tom, že se výsledky zkoušek dotýkají jen předmětu zkoušek, a že protokol nenahrazuje jiné právní dokumenty (např. správního charakteru), které jsou po objednateli zkoušek orgány státní správy požadovány,
- p) prohlášení, že bez písemného souhlasu vedoucího laboratoře, se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý,
- q) funkce, podpis a plné jméno osoby odpovědné za schválení zkušebního protokolu, datum vyhotovení protokolu.

## 9 SOUVÍSEJÍCÍ NORMY

Citované normy a předpisy:

SN 505 262/1: Construction en béton – Spécifications complémentaires

ČSN EN 12 390 – 2: Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti

TZÚS – Přístroj na měření permeability TORRENT: Návod na používání