



**KLOKNERŮV
ÚSTAV
ČVUT V PRAZE**

G_{FUNK} – FUNKČNÍ VZOREK

**MONITOROVACÍ SYSTÉM ZMĚN VLHKOSTNÍHO STAVU
POVRCHU BETONOVÉ KONSTRUKCE**

Identifikační údaje:

Gfunk – Funkční vzorek:

Monitorovací systém změn vlhkostního stavu povrchu betonové konstrukce

Technická dokumentace

Poskytovatel: **Česká republika – Ministerstvo kultury**

Maltézské náměstí 1

118 11 Praha 1

Program: **Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 (NAKI II)**

Projekt: **Technologie a postupy pro ochranu historických betonových mostů**

Identifikační kód projektu: **DG20P02OVV005**

Příjemce: **České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav**

Šolínova 1903/7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

Autorský tým:

prof. Ing. Jiří Kolínsko, Ph.D.

MgA. Josef Červinka

MgA. Aleš Hvizdal

Ing. arch. MgA. Petr Tej, Ph.D.

Ing. arch. Michael Gabriel

Mgr. Roman Kocourek

Ing. arch. Oto Melter

Ing. Vítězslav Vacek, CSc.

Ing. David Čítek, Ph.D.

Rok uplatnění výsledku: 2022

Adresa uložení výsledku: České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav

Šolínova 1903/7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

Technická dokumentace:

[https://www.klok.cvut.cz/wp-](https://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2023/02/NAKI__II__2__MONITOROVACI-SYSTEM-ZMEN-VLHKOSTNIHO-STAVU-POVRCHU-BETONOVE-KONSTRUKCE__prepracovani.pdf)

[content/uploads/2023/02/NAKI__II__2__MONITOROVACI-SYSTEM-ZMEN-](https://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2023/02/NAKI__II__2__MONITOROVACI-SYSTEM-ZMEN-VLHKOSTNIHO-STAVU-POVRCHU-BETONOVE-KONSTRUKCE__prepracovani.pdf)

[VLHKOSTNIHO-STAVU-POVRCHU-BETONOVE-KONSTRUKCE__prepracovani.pdf](https://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2023/02/NAKI__II__2__MONITOROVACI-SYSTEM-ZMEN-VLHKOSTNIHO-STAVU-POVRCHU-BETONOVE-KONSTRUKCE__prepracovani.pdf)

Odkaz na výzkumnou aktivitu:

Tato práce byla podpořena z programu Ministerstva kultury České republiky na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 (NAKI II), grantový projekt " Technologie a postupy pro ochranu historických betonových mostů ", č. DG20P02OVV005.

OBSAH:

1 MONITOROVACÍ SYSTÉM ZMĚN VLHKOSTNÍHO STAVU POVRCHU BETONOVÉ KONSTRUKCE	4
1.1 Účel	4
1.2 Měření	4
1.3 Data.....	4
1.4 Napájení	4
1.5 Princip měření	4
1.6 Popis konstrukce	5
1.7 Schéma	5
1.8 Fotodokumentace.....	6

1 MONITOROVACÍ SYSTÉM ZMĚN VLNKOSTNÍHO STAVU POUVRCHU BETONOVÉ KONSTRUKCE

Účel

Zařízení je určeno pro měření stavu vlhkosti na povrchu betonových konstrukcích. Zařízení je konstruováno s ohledem na krátkodobé zkoušky povrchu in-situ staveb. Upřednostněna je možnost rychlého získání dat přímo na místě měření, ale zařízení umožňuje také dlouhodobé měření bez připojení k PC nebo externímu zdroji energie.

Měření

Požizovací hodnota zařízení je velmi nízká a zároveň je snadno přenosné – není tak problém použít více zařízení, každé s několika připojenými snímači. To umožní zkrátit celkovou dobu výjezdu, protože není nutné přemísťovat měřící zařízení po každém měření a čekat na výsledky. Měření se provádí přilepením kontroleru v blízkosti měřeného místa a vložením senzoru do vyvrtané díry o průměru 20 mm v povrchu betonu, která je vyplněna zadusaným cihlovým prachem. Cihlový prach je vhodný pro distribuci vlhkosti přímo ke snímači. Doba měření je závislá na kapacitě baterie, která jsou součástí zařízení. Měřenou oblastí je okolí povrchu snímače. Jelikož se jedná o kvalitativní měření, tak je nutné v průběhu měření zjistit reálnou relativní vlhkost přesnějšími druhy měření vlhkosti (např. gravimetrií) a následný výsledek upravit pomocí koeficientu zjištěného pomocí tohoto měření.

Data

Data lze ze zařízení získat dvěma způsoby. První variantou, vhodnou pro okamžité měření, je přímé připojení k počítači, který v reálném čase zobrazuje naměřená data. Druhou variantou je měření se zaznamenáváním dat na paměťovou kartu, kterou je možno po měření vyjmout a přenést data do počítače. Data jsou zapisována jako procentuální hodnota, kdy je kalibrace provedena na místě před měřením. 0 % je vzdušná vlhkost a 100 % je naměřena ponořením senzoru do vody. Naměřené hodnoty jsou zapisovány v nastavených časových úsecích. Součástí každého měření je procentuální hodnota a časový údaj.

Napájení

Zařízení je možno napájet několika způsoby. Přímo z elektrické sítě, pomocí počítače připojením USB-C kabelu nebo pomocí 9 V baterie, která je součástí zařízení – to umožňuje měření i v odlehklých místech bez možnosti připojení k infrastruktuře. Při velmi dlouhých měřeních je nutné dimenzovat baterii tak, aby zvládla dodávat energii po očekávanou dobu měření.

Princip měření

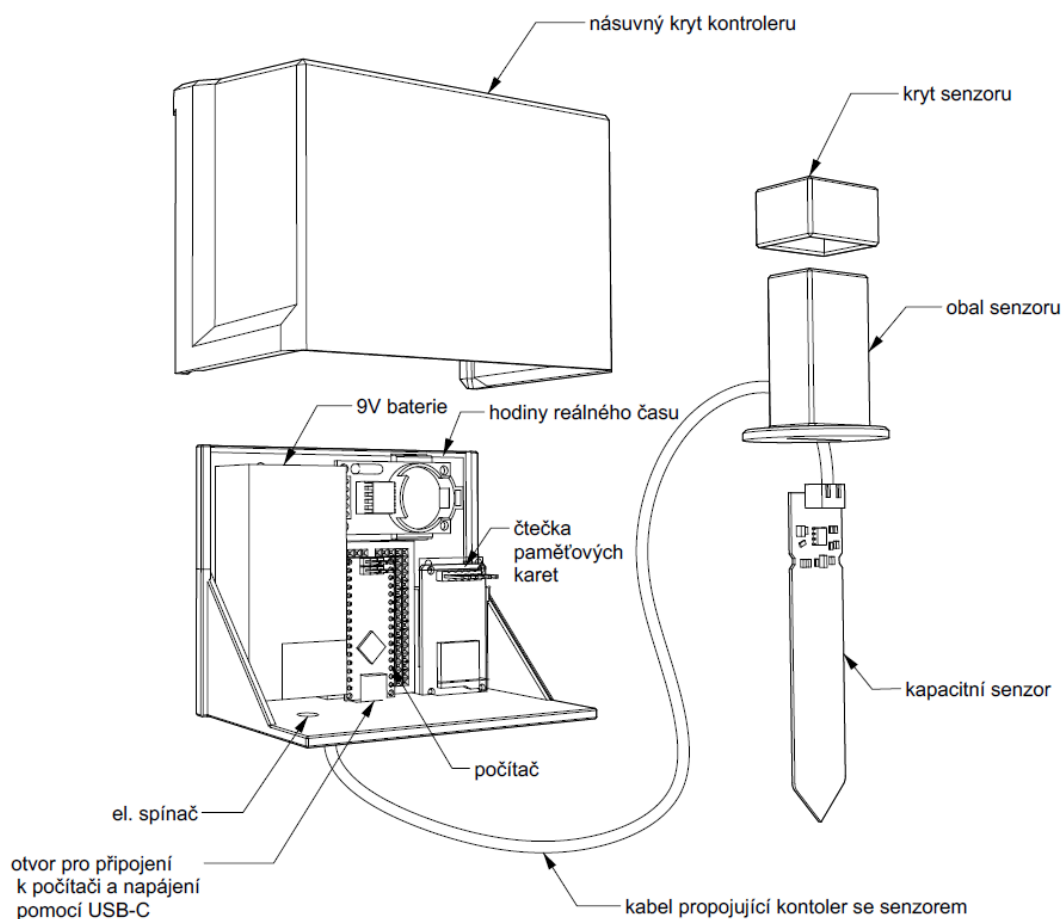
Měření vlhkosti povrchu využívá kapacitní senzoru měření. Tato metoda využívá změnu kapacity mezi dvěma elektrodami umístěnými v blízkosti materiálu. Kapacita elektrod se mění v závislosti na vlhkosti materiálu v jejich blízkosti. Při kapacitním měření vlhkosti se nejprve vytvoří elektrické pole mezi elektrodami. Následně se změní kapacita tohoto pole, která se změní v závislosti na vlhkosti materiálu v okolí elektrod. Získaná data jsou vyhodnocena po měření. Hlavním cílem měření je zjištění změn vlhkosti v čase. Tímto můžeme definovat zdroj vlhkosti.

Hlavními zdroji jsou klimatické změny, havárie vodovodních řádů nebo vztlínající vlhkost. Naměřenou hodnotu srovnáváme s předešlými měřeními a určujeme relativní změnu stavu vlhkosti.

Popis konstrukce

Zařízení se sestává ze dvou hlavních součástí - kontroleru a snímačů. Při potřebě měření na více místech, je díky své nízké pořizovací ceně možné osadit více zařízení. Součástí kontroleru je vstup pro USB datový a nabíjecí kabel, kterým je možno získávat data v reálném čase pomocí připojeného počítače. Další vstup je pro paměťovou kartu, na kterou jsou ukládána pořízená data z měření. Tuto kartu je možno vyjmout a vložit do PC a získaná data zálohovat. Kontroler je osazen spínačem, kterým je možno zapnout zdroj energie z 9 V baterie, která je součástí zařízení.

Schéma



Měřítko 1:1,5

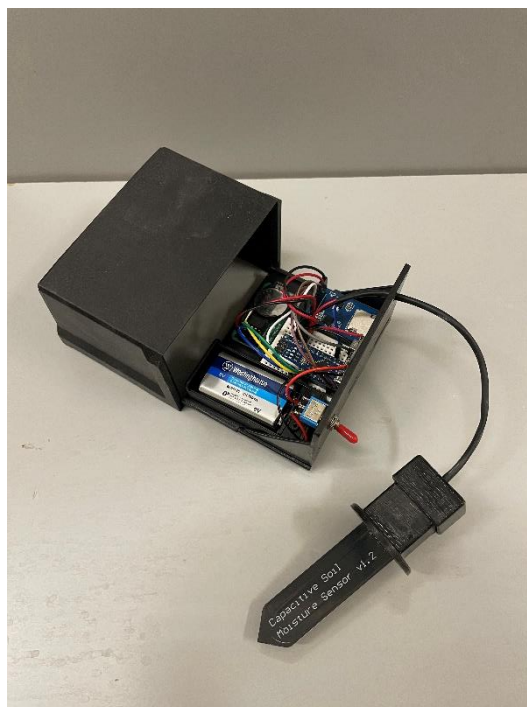
Fotodokumentace



Fotografie zařízení



Zadní a spodní strana s otvory pro karty a napojení USB-C kabelu, spínačem a uchycením k měřenému povrchu pomocí vteřinového lepidla



Vnitřek kontroleru

Měření



Vyvtání otvoru o průměru 20 mm



Zasazení senzoru do otvoru a zadusání cihlovým prachem

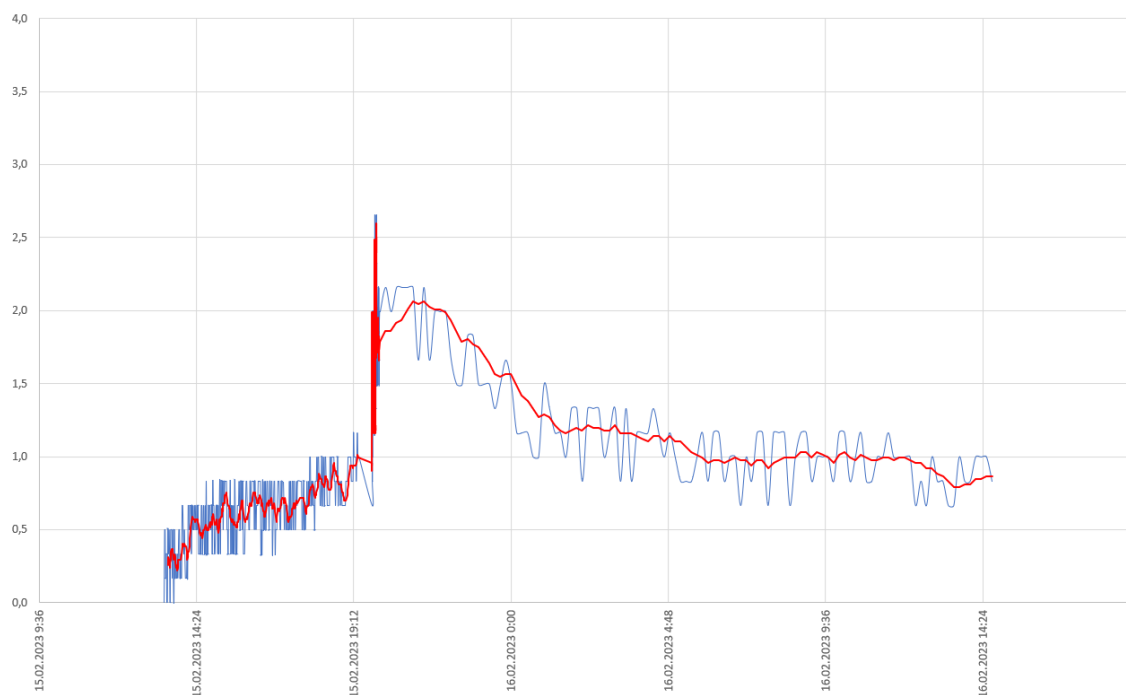


Osazené měřicí zařízení



Ponoření objektu do vody pro zjištění stavu vlhkosti při vzlínání vody

Změna vlhkosti v čase



Graf změny vlhkostního stavu při měření vztlínající vlhkosti. Objekt byl ponořen do vody a po vyvzlínání k senzoru byl objekt z vody vyjmut. Na grafu je znázorněna relativní vlhkost, která byla odvozena z naměřených hodnot před a po měření pomocí gravimetrické metody. Objekt byl před měřením zbavován vlhkosti po dobu dvou dní při teplotě 105 °C.