



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

1/13

G_{funk} – FUNKČNÍ VZOREK

G_{funk} – FUNKČNÍ VZOREK

**System pro automatický monitoring
transportu vlhkosti z podzákladové
zeminy do zdiva historické budovy**

Projekt NAKI

**Zhodnocení stabilitního a stavebně technického stavu
broumovské skupiny kostelů a návrh opatření k zachování
tohoto jedinečného evropského kulturního dědictví**

DG16P02R049 (2016-2020)



**MINISTERSTVO
KULTURY**



Úvod

Jedná se o funkčně provázanou soustavu čidel vlhkosti a vodního potenciálu instalovanou do půdy v blízkosti kostela, do základového zdiva a do zdiva. Všechna čidla jsou napojena do jedné řídicí a záznamové jednotky. Měřeními jsou získávána data nutná pro popis transportu vlhkosti z podzákladové zeminy do základů budovy. Výsledek je uplatněn v kostele Všech svatých v Heřmánkovicích a v kostele svaté Anny ve Vižňově.

Seznam čidel

K měření bylo použito 5 typů čidel:

- UMS T5 a UMS T8: měří tlakovou složku potenciálu půdní vody, délky použitých sond byly 13.5 cm pro T5 a pro T8 se pohybovaly od 40 do 100 cm.



Obrázek 1: Vlevo UMS T8 [1], vpravo UMS T5 [2]



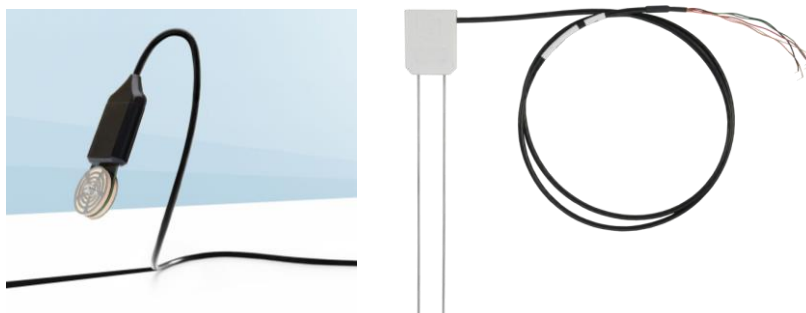
ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

3/13

G_{funk} – FUNKČNÍ VZOREK

- Decagon MPS-6: měří tlakovou složku potenciálu půdní vody.
- CS 650 a CS 655: měří vlhkost porézního prostředí, délka měřících jehel pro CS 650 je 30 cm a pro CS 655 jsou hroty dlouhé 12 cm.



Obrázek 2: Vlevo Decagon MPS-6 [3], vpravo CS 650/CS655 [4]

Tenzometry T8 a T5 slouží k přímému měření tlakové složky potenciálu půdní vody. Voda v porézním prostředí je přes keramickou čepičku v kontaktu s vodou v tenzometru, čímž je tlak přenášen na tlakové čidlo uvnitř. Tenzometr T8 obsahuje navíc teplotní čidlo a doplňovací hadičky, kterými je možno doplnit ztráty vody bez nutnosti přerušení měření a vyjmutí tenzometrů z půdy. Rozsah měření tlaků pro T8 je od -85 kPa do 100 kPa s přesností $\pm 0,5$ kPa. Rozsah měření tlaků pro T5 je od -160 kPa do 100 kPa s přesností $\pm 0,5$ kPa. [5][6]

Čidlo MPS-6 slouží k nepřímému měření tlakové složky vodního potenciálu. Obsahuje keramické destičky s různou distribucí pórů. Při dobrém kontaktu s půdním prostředím je dosaženo rovnováhy potenciálů mezi keramickými destičkami a půdou. Potenciál vody v destičkách se určí podle jejich vlhkosti, která je zjištěna měřením permitivity, jejíž změna je právě závislá na množství vody v pórech destiček. Čidlo navíc obsahuje teplotní senzor. Rozsah měření vlhkostního potenciálu je od -9 kPa do -100 000 kPa s přesností ± 10 % hodnoty čtení + 2 kPa. [7]

**ČVUT****ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE****4/13****G_{funk} – FUNKČNÍ VZOREK**

Čidla CS 650 a CS 655 slouží k nepřímému měření vlhkosti. Vlhkost se určí podle rychlosti šíření elektromagnetických vln podél hrotů sondy. Tato rychlost je závislá na permitivitě okolního prostředí, která je určena převážně množstvím vody v pórech. Čidla obsahují teplotní senzory. Rozsah měření vlhkosti je od 5 % do 50 % s přesností ± 3 %. [8]

V tabulce 1 je seznam a počet použitých čidel.

Tabulka 1: Seznam všech použitých čidel

Typ čidla	Heřmánkovice <i>kostel Všech svatých</i>	Vižňov <i>kostel svaté Anny</i>	Celkem
UMS T8	7	10	17
UMS T5	-	2	2
CS 650	8	4	12
CS 655	-	4	4
Decagon MPS-6	4	4	8

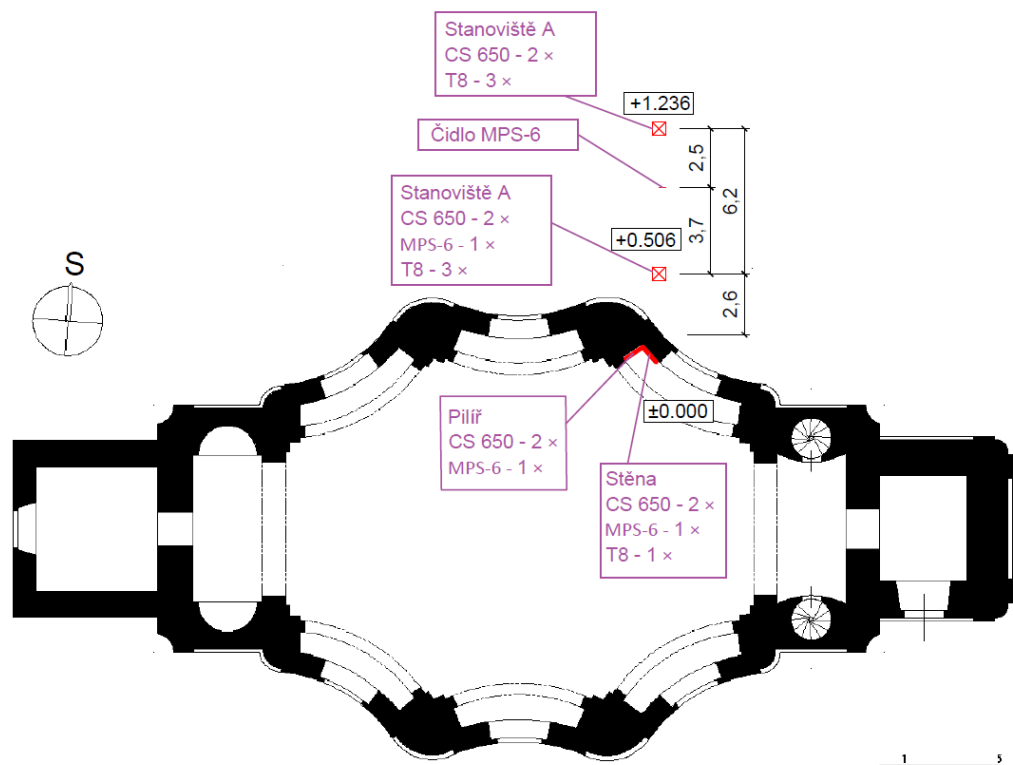


Umístění čidel

Následuje popis umístění čidel na stanovištích.

Heřmánkovice – kostel Všech svatých

Půdorys kostela a orientační zobrazení stanovišť lze vidět na obrázku 3.



Obrázek 3: Poloha stanovišť s čidly, půdorys kostela převzat z [9]



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

6/13

G_{funk} – FUNKČNÍ VZOREK

Stanoviště v interiéru kostela

Stanoviště v interiéru kostela se nachází na severní straně (obrázek 4), čidla jsou umístěná v pilíři a ve stěně (obrázek 5). V pilíři a stěně se nachází po 2 čidlech CS 650 a 1 čidlo MPS-6, 1 čidlo T8 je umístěno v podlaze pod stěnou.



Obrázek 4: Poloha vnitřního stanoviště, pohled shora [10]



Obrázek 5: Umístění čidel na stanovišti v interiéru [10]



ČVUT

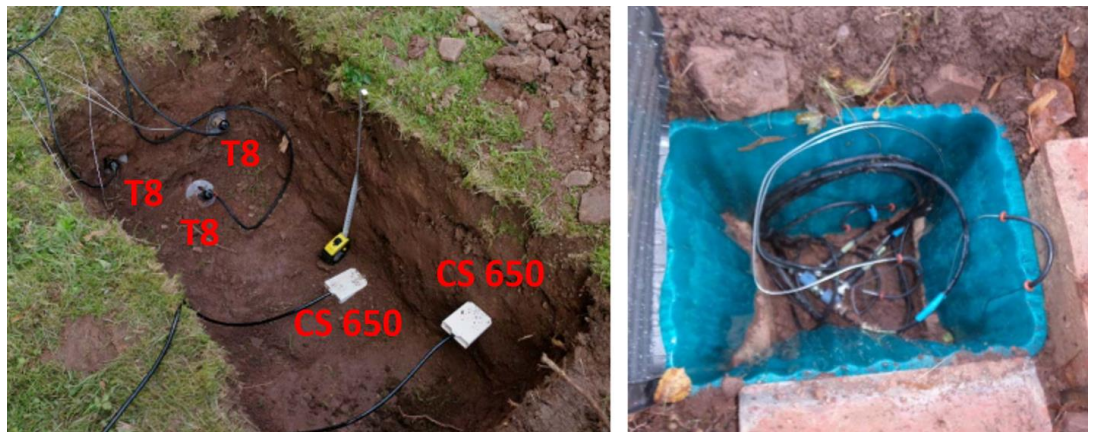
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

7/13

G_{funk} – FUNKČNÍ VZOREK

Stanoviště v exteriéru

Dvě vnější stanoviště se nacházejí na pozemku kostela na severní straně. Stanoviště A se nachází v blízkosti kostela, stanoviště B je umístěno dále proti směru svahu. Tenzometry T8 byly zasazeny kolmo na svah, čidla CS 650 a MPS-6 byla usazena ve směru proti svahu.



Obrázek 6: Umístění čidel na stanovišti v exteriéru, vpravo pohled na stanoviště po úpravě [10]



Umístění čidel na stanovištích

V tabulce 2 je seznam čidel a jejich umístění vůči terénu s hloubkou jejich umístění.

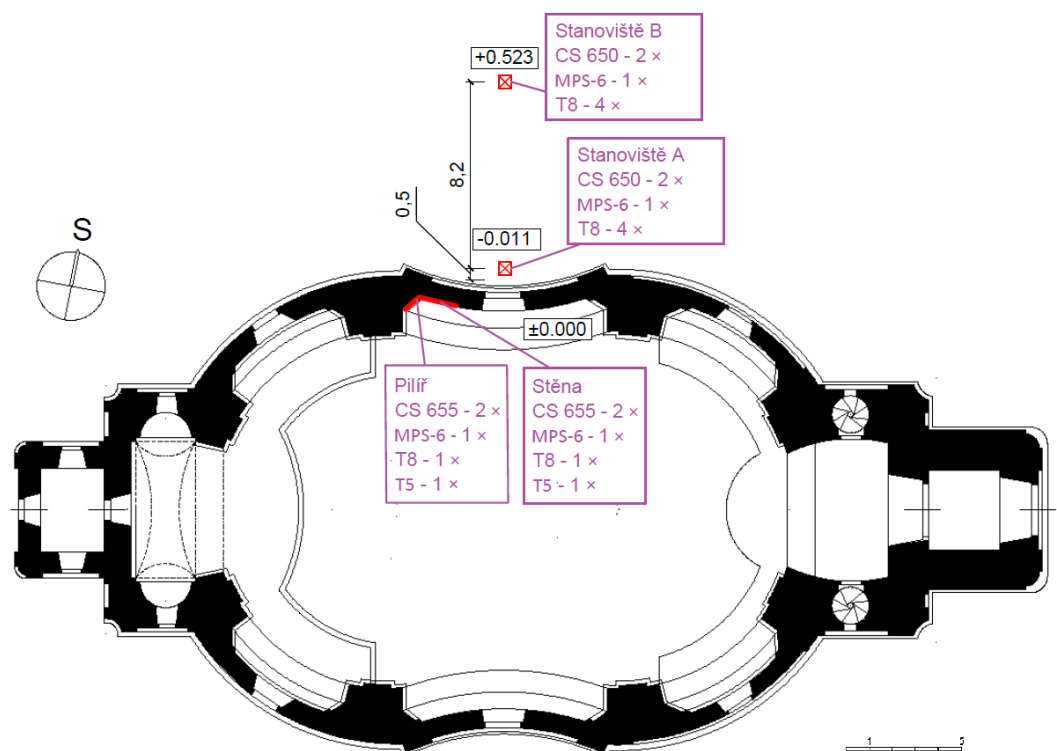
Tabulka 2: Umístění čidel vůči terénu včetně lokace: P – piliř, S – stěna, A – stanoviště A, B – stanoviště B, A – B – poloha mezi stanovišti A a B (viz obrázek 3)

CS 650				UMS T8		
číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)	Délka hrotu (cm)	číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)
1	P	+10	30	1	S	-28
2	P	+60	30	2	A	-41
3	S	+10	30	3	A	-76
4	S	+60	30	4	A	-109
5	A	-29	30	5	B	-25
6	A	-50	30	6	B	-60
7	B	-25	30	7	B	-129
8	B	-49	30			
MPS-6						
číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)	Hloubka umístění (cm)			
1	P	+45	20			
2	S	+48	20			
3	A	-11	20			
4	A-B	-10	20			



Vižňov – kostel svaté Anny

Půdorys kostela a orientační zobrazení stanovišť lze vidět na obrázku 5.



Obrázek 5: Poloha stanovišť s čidly, půdorys kostela převzat z [11]



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

10/13

Gfunk – FUNKČNÍ VZOREK

Stanoviště v interiéru kostela

Stanoviště v interiéru kostela se nachází na severní straně (obrázek 6), sondy jsou umístěné v pilíři, ve stěně a v podlaze pod nimi (obrázek 7). V pilíři a stěně se nachází po 2 čidlech CS 655, 1 čidlo MPS-6 a 1 čidlo T5, v podlaze pod nimi se nachází po 1 tenzometru T8.



Obrázek 6: Poloha vnitřního stanoviště, pohled shora [12]

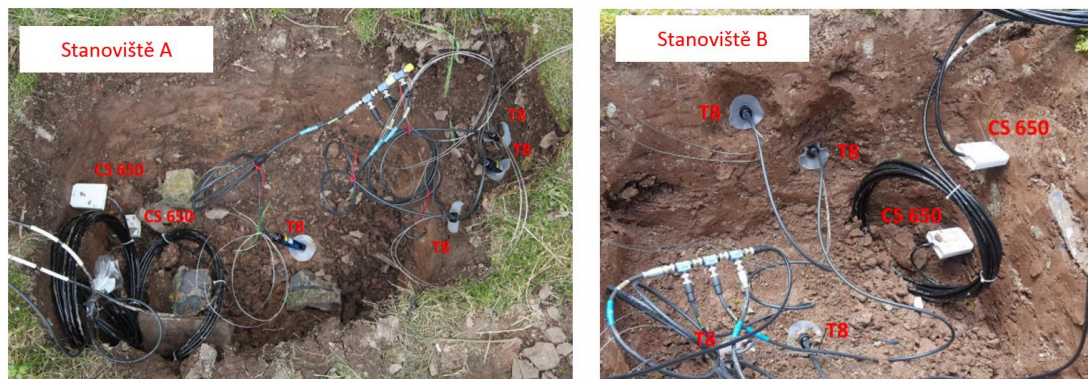


Obrázek 7: Umístění čidel na stanovišti v interiéru [12]



Stanoviště v exteriéru

Dvě vnější stanoviště se nacházejí na pozemku kostela na severní straně. Stanoviště A se nachází v blízkosti kostela, na druhé straně stěny, kde se nachází vnitřní stanoviště, zatímco stanoviště B je v blízkosti zdi kostelního hřbitova. Na každém stanovišti se nacházejí 4 tenzometry T8, a 2 vlhkostní čidla CS 650. Každé stanoviště obsahuje navíc 1 čidlo MPS 6, ta ale byla přidána 3 měsíce po založení stanovišť, proto nejsou zachycená na fotografiích na obrázku 8. Tenzometry T8 byly zasazeny kolmo na svah, čidla CS 650 a MPS-6 byla usazena ve směru proti svahu.



Obrázek 8: Umístění čidel na stanovišti v exteriéru [12]



Umístění čidel na stanovištích

V tabulce 3 je seznam čidel a jejich umístění vůči terénu s hloubkou umístění.

Tabulka 3: Umístění čidel vůči terénu včetně lokace: *P* – piliř, *S* – stěna, *A* – stanoviště *A*,
B – stanoviště *B*

CS 650 (30 cm) a CS 655 (12 cm)				UMS T8		
číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)	Délka hrotu (cm)	číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)
1	P	+22	12	1	P	-22
2	P	+80	12	2	S	-37
3	S	+20	12	3	A	-32
4	S	+80	12	4	A	-58
5	A	-25	30	5	A	-77
6	A	-50	30	6	A	-110
7	B	-25	30	7	B	-32
8	B	-50	30	8	B	-73
MPS-6				9	B	-106
				10	B	-117
číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)	Hloubka umístění (cm)	UMS T5		
1	P	+80	22	číslo	lokace	Poloha vůči terénu (cm)
2	S	+80	20	1	P	+22
3	A	-10	22	2	S	+20
4	B	-10	20			



Použité zdroje

1. *T8-tensiometer* [online]. [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.metergroup.com/environment/products/t8-tensiometer/>
2. *T5-tensiometer-water-potential* [online]. [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.metergroup.com/environment/products/t5-tensiometer-water-potential/>
3. *Teros-21* [online]. [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.metergroup.com/environment/products/teros-21/Fdfd>
4. *Cs650* [online]. [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: https://www.campbellsci.com/cs650#images_Dff
5. *User Manual T8: Long-term Monitoring Tensiometer* [online]. UMS, 2011 [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: http://manuals.decagon.com/Manuals/UMS/T8_Manual.pdf
6. *User Manual T5/T5x: Pressure Transducer Tensiometer* [online]. UMS, 2009 [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: http://library.metergroup.com/Manuals/UMS/T5_Manual.pdf
7. *MPS-2 & MPS-6: Dielectric Water Potential Sensors* [online]. Decagon, 2016 [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: <https://www.edaphic.com.au/wp-content/uploads/2018/01/MPS-6-Manual.pdf>
8. *CS650 and CS655 Water Content Reflectometers* [online]. Campbell Scientific, 2012 [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: <https://s.campbellsci.com/documents/es/manuals/cs650.pdf>
9. Soubor:Kostel Všech svatých (Heřmánkovice), půdorys.gif. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. Wikimedia Foundation, 2010 [cit. 2018-12-6]. Dostupné z: [https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kostel_Všech_svatých_\(Heřmánkovice\),_půdorys.gif](https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kostel_Všech_svatých_(Heřmánkovice),_půdorys.gif)
10. CHALUPOVÁ, Anna. *Posouzení transportu vody v systému půda-zdivo barokního kostela*. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta stavební. Vedoucí práce Michal SNĚHOTA
11. Soubor:Kostel svaté Anny (Vižňov), půdorys.GIF. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. Wikimedia Foundation, 2010 [cit. 2018-12-6]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kostel_svaté_Anny_\(Vižňov\),_půdorys.GIF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kostel_svaté_Anny_(Vižňov),_půdorys.GIF)
12. PELEŠKA, Oldřich. *Posouzení transportu vody v systému půda-zdivo barokního kostela sv. Anny ve Vižňově*. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta stavební. Vedoucí práce Michal SNĚHOTA