



NAKI - ANALÝZA MĚŘENÍ V PROSTORU KNIHOVNY V KLÁŠTEŘE BROUMOV

Vypracoval: Aleš Sládek

Dne: 30.4.2019

Kontroloval: Oto Sládek

Dne: 30.4.2019

OBSAH

Obsah	1
Seznam obrázků.....	3
Seznam tabulek.....	4
Úvod	5
Technická specifikace čidel.....	5
Umístění čidel	6
Čidlo 1	6
Čidlo 2	7
Čidlo 3	7
Čidlo 4	8
Čidlo 5	8
Čidlo 6	9
Čidlo 7	9
Čidlo 8	10
Čidlo 9	10
Čidlo 10	11
Čidlo 11	11
Čidlo 12	12
Čidlo 13	12
Čidlo 14 – venkovní měření.....	12
Porovnání naměřených dat - datalogery.....	13
Celkové porovnání hodnot.....	14
Čidlo 1 – regál XX-E	15
Čidlo 2 – regál XVII – G	16
Čidlo 3 – regál XIV – A	17
Čidlo 4 – regál XII – F.....	18
Čidlo 5 – regál IX – D	19
Čidlo 6 – regál VI – G	20
Čidlo 7 – regál IV – B	21
Čidlo 8 – regál I-G.....	22
Čidlo 9 – okenice.....	23
Čidlo 10 – regál XXIII – E.....	24

Čidlo 11 – regál XXXII – C	25
Čidlo 12 – Regál XXIX – F / vitrína	26
Čidlo 13 – regál XXVII – D	27
Čidlo 14 – venkovní měření	28
Obecná doporučení kvalitu mikroklimatu	29
Porovnání konzistence dat	30
Infiltrace v prostoru okenice	31
Porovnání dat z vitríny	32
Posouzení vlivů spojené s činností člověka	33
Metodika	36
Provozní řád	36
Kontrolované větrání	36
Závěry	39
Literatura	39

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1 - DATALOGGER COMET R3121	5
OBR. 2 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 1	7
OBR. 3 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 2	7
OBR. 4 – UMÍSTĚNÍ ČIDLA 3.....	8
OBR. 5 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 4	8
OBR. 6 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 5	9
OBR. 7 – UMÍSTĚNÍ ČIDLA 6.....	9
OBR. 8 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 7	10
OBR. 9 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 8	10
OBR. 10 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 9	11
OBR. 11 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 10	11
OBR. 12 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 11	11
OBR. 13 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 12	12
OBR. 14 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 13	12
OBR. 15 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 14	13
OBR. 16 - POROVNÁNÍ TEPLOT V RÁMCI KNIHOVNY.....	14
OBR. 17 - POROVNÁNÍ REL. VLHKOSTI V RÁMCI KNIHOVNY	14
OBR. 18 - TEPLOTA - ČIDLO 1.....	15
OBR. 19 - REL. VLHKOST - ČIDLO 1	15
OBR. 20 - TEPLOTA - ČIDLO 2.....	16
OBR. 21 - REL. VLHKOST - ČIDLO 2.....	16
OBR. 22 - TEPLOTA - ČIDLO 3.....	17
OBR. 23 - REL. VLHKOST - ČIDLO 3.....	17
OBR. 24 - TEPLOTA - ČIDLO 4.....	18
OBR. 25 - REL. VLHKOST - ČIDLO 4	18
OBR. 26 - TEPLOTA - ČIDLO 5.....	19
OBR. 27 - REL. VLHKOST - ČIDLO 5.....	19
OBR. 28 - TEPLOTA - ČIDLO 6.....	20
OBR. 29 - REL. VLHKOST - ČIDLO 6.....	20
OBR. 30 - TEPLOTA - ČIDLO 7.....	21
OBR. 31- REL. VLHKOST - ČIDLO 7.....	21
OBR. 32- TEPLOTA - ČIDLO 8.....	22
OBR. 33- REL. VLHKOST - ČIDLO 8.....	22
OBR. 34- TEPLOTA - ČIDLO 9.....	23
OBR. 35- REL. VLHKOST - ČIDLO 9.....	23
OBR. 36- TEPLOTA - ČIDLO 10.....	24
OBR. 37- REL. VLHKOST - ČIDLO 10.....	24
OBR. 38- TEPLOTA - ČIDLO 11.....	25
OBR. 39- REL. VLHKOST - ČIDLO 11.....	25
OBR. 40- TEPLOTA - ČIDLO 12.....	26
OBR. 41- REL. VLHKOST - ČIDLO 12.....	26
OBR. 42- TEPLOTA - ČIDLO 13.....	27
OBR. 43- REL. VLHKOST - ČIDLO 13.....	27
OBR. 44- TEPLOTA - ČIDLO 14.....	28
OBR. 45- REL. VLHKOST - ČIDLO 14.....	28
OBR. 46 - POROVNÁNÍ HODNOT TEPLOTY MIMO VENKOVNÍ MĚŘENÍ A OKENICE	30

OBR. 47 - POROVNÁNÍ HODNOT REL. VLHKOSTI MIMO VENKOVNÍ MĚŘENÍ A OKENICE	31
OBR. 48 - POROVNÁNÍ TEPLOT - INFILTRACE V PROSTORU OKENIC	31
OBR. 49 - POROVNÁNÍ REL. VLHKOSTI - INFILTRACE V PROSTORU OKENICE	32
OBR. 50 - POROVNÁNÍ TEPLoty VE VITRÍNĚ S VYBRANÝMI ČIDLY V KNIHOVNĚ	33
OBR. 51 - POROVNÁNÍ REL. VLHKOSTI VE VITRÍNĚ S VYBRANÝMI ČIDLY V KNIHOVNĚ	33
OBR. 52 - TEPLota - VĚTRÁNÍ	34
OBR. 53 - REL. VLHKOST - VĚTRÁNÍ.....	35
OBR. 54 - TEPLota - VĚTRÁNÍ - TÝDENNÍ INTERVAL	35
OBR. 55 - REL. VLHKOST - VĚTRÁNÍ - TÝDENNÍ INTERVAL.....	36
OBR. 56 - PŘÍKLAD PRO STANOVENÍ PŘÍPUSTNÉ OBLASTI PRO VĚTRÁNÍ.....	38

SEZNAM TABULEK

TAB. 2 - TECHNICKÁ SPECIFIKACE DATALOGGERU R3121	6
TAB. 3 - KLASIFIKACE KONTOLI KLIMATU - ASHRAE	29

ÚVOD

V rámci grantu NAKI bylo provedeno měření v prostoru knihovny v klášteře v Broumově. Měření, které bylo provedeno v období mezi 3.3.2018 až 9.4.2019 by mělo sloužit ke kontrole parametrů mikroklimatu v daném prostoru a rovněž jako vstupní podklad pro případná opatření realizovatelná v rámci daných prostor. Z hlediska měření jsou prezentovaná data z uceleného období jednoho roku, a je na základě těchto parametrů učinit příslušné závěry.

TECHNICKÁ SPECIFIKACE ČIDEL

Pro měření byla vybrána čidla českého výrobce dataloggerů a jiných měřících zařízení Comet (<http://www.cometsystem.cz>) a to konkrétně dataloggery R3121, viz Obr. 1



OBR. 1 - DATALOGGER COMET R3121

Specifikace technických parametrů, viz Tab.1 níže

Technické parametry	Hodnota
Měřená veličina	relativní vlhkost + teplota
Typ konstrukce	se sondou T+RH na kabelu
Rozsah teploty	-30 až +105°C
Dvoustavový vstup	Ne
Lcd displej	Ne
Vestavěná tiskárna	Ne
Rozsah provozních teplot	-30 až +80°C
Měřicí rozsah sondy	teplota -30 až +105°C, vlhkost 0 až 100%RH
Přesnost měření teploty	±0.4°C od -30 do +80°C, ± 0.5 °C nad +80°C

Přesnost měření vlhkosti vzduchu	±2.5% RH od 5 do 95% při 23°C
Přesnost měření rosného bodu	1.5 °C při okolní teplotě T < 25°C a RH>30%; rozsah - 60 do +70 °C
Rozlišení údaje o teplotě a vlhkosti	0.1°C, 0.1%RH
Hodiny reálného času	rok, přestupný rok, měsíc, den, hodina, minuta, sekunda
Interval záznamu	nastavitelný od 10s do 24hod (1min až 24hod v nízkopříkonovém režimu)
Obnovení stavu alarmů	každých 10s (každou minutu v nízkopříkonovém režimu)
Celková kapacita paměti	32000 hodnot teploty (v necyklickém záznamu)
Volby typu záznamu	necyklický - po zaplnění paměti se záznam zastaví cyklický - po zaplnění se nejstarší hodnoty nahrazují novými
Rozměry bez konektorů a držáků	93x64x29mm
Napájení	Lithiová baterie 3,6V, rozměr AA
Typická životnost baterie v nízkopříkonovém režimu - interval měření 1min	7 let
Typická životnost baterie v rychlém režimu - interval měření 10s	3 roky
Životnost baterie v trvalém on-line režimu - interval měření 1min	snížena o 30% vůči výše uvedeným životnostem v rychlém režimu
Životnost baterie v trvalém on-line režimu - interval měření 10s	1 rok
Krytí	IP67
Hmotnost včetně baterie	105g

TAB. 1 - TECHNICKÁ SPECIFIKACE DATALOGGERU R3121

UMÍSTĚNÍ ČIDEL

Umístění čidel bylo zvoleno, tak aby dobře reprezentovalo klimatické podmínky v celé knihovně. Čidla jsou umístěna po obvodu celé knihovny, a to jak v přízemí, tak v prvním patru knihovny. Jako doplňkové je měření teploty venkovního klimatu za oknem knihovny. V rámci knihovny je celkem umístěno 14 čidel.

ČIDLO 1

Pro umístění čidla byl vybrán regál XX – E. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920662)



OBR. 2 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 1

ČIDLO 2

Pro umístění čidla byl vybrán regál XVII – G, sonda je umístěna v rohu knihovny. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920666)



OBR. 3 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 2

ČIDLO 3

Pro umístění čidla byl vybrán regál XIV – A. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920673)

**OBR. 4 – UMÍSTĚNÍ ČIDLA 3**

ČIDLO 4

Pro umístění čidla byl vybrán regál XII – F, sonda je umístěna na straně směrem ke dveřím. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920655)

**OBR. 5 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 4**

ČIDLO 5

Pro umístění čidla byl vybrán regál IX – D. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920653)

**OBR. 6 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 5**

ČIDLO 6

Pro umístění čidla byl vybrán regál VI – G, sonda umístěna v rohu knihovny. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920658)

**OBR. 7 – UMÍSTĚNÍ ČIDLA 6**

ČIDLO 7

Pro umístění čidla byl vybrán regál IV – B. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920657)

**OBR. 8 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 7**

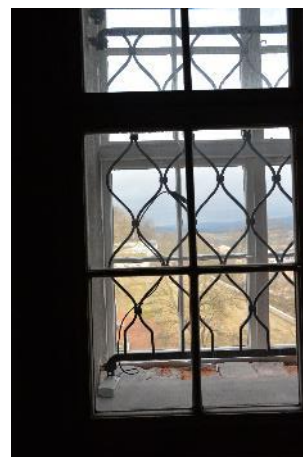
ČIDLO 8

Pro umístění čidla byl vybrán regál I – G, sonda je umístěna mezi horní částí knihovny a ostěním. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920661)

**OBR. 9 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 8**

ČIDLO 9

Pro umístění čidla byl vybrán prostor mezi okenicemi napravo od regálu I. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920670)



OBR. 10 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 9

ČIDLO 10

Pro umístění čidla byl vybrán regál XXIII – E. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920902)



OBR. 11 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 10

ČIDLO 11

Pro umístění čidla byl vybrán regál XXXII – C. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920903)



OBR. 12 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 11

ČIDLO 12

Pro umístění čidla byl vybrán regál XXIX – F. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920654)



OBR. 13 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 12

ČIDLO 13

Pro umístění čidla byl vybrán regál XXVII – D. Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11921072)



OBR. 14 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 13

ČIDLO 14 – VENKOVNÍ MĚŘENÍ

Pro umístění čidla byl vybrán venkovní prostor na ochozu Pro měření byl vybrán datalogger R3121 (s.n. – 11920664)



OBR. 15 - UMÍSTĚNÍ ČIDLA 14

POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT - DATALOGGERY

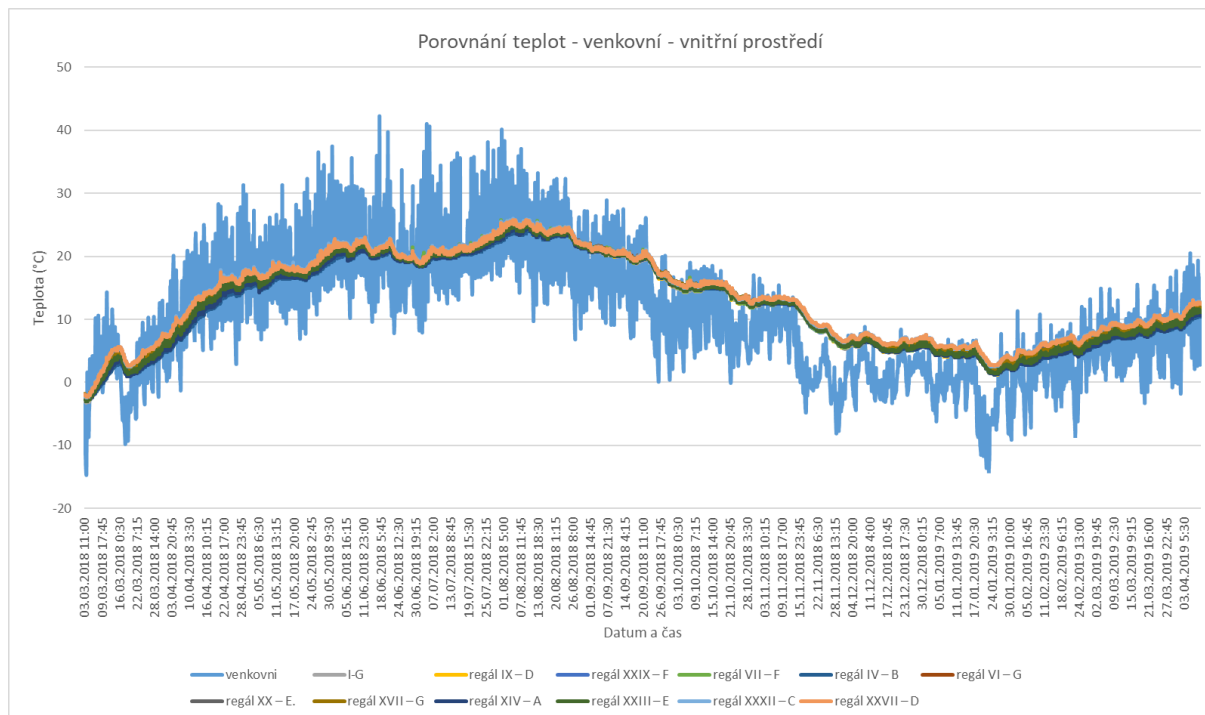
Data byla měřena v období 3.3.2018 až 9.4.2019 a to v časovém intervalu patnácti minut.

Z naměřených hodnot je vidět, že měřená data jsou konzistentní v celém rozsahu a odpovídají předpokladům měření. Hodnoty teploty měřené v ochozu knihovny jsou proto mírně vyšší, než je tomu o patro knihovny níže. Hodnoty v rámci stejného patra pak prokazují stejnou charakteristiku, a to jak u teploty, tak relativní vlhkosti. Dále pak hodnoty venkovní v porovnání s hodnotami uvnitř okenice a uvnitř knihovny ukazují míru přenosu tepla a vlhkosti mezi jednotlivými místy dle očekávání.

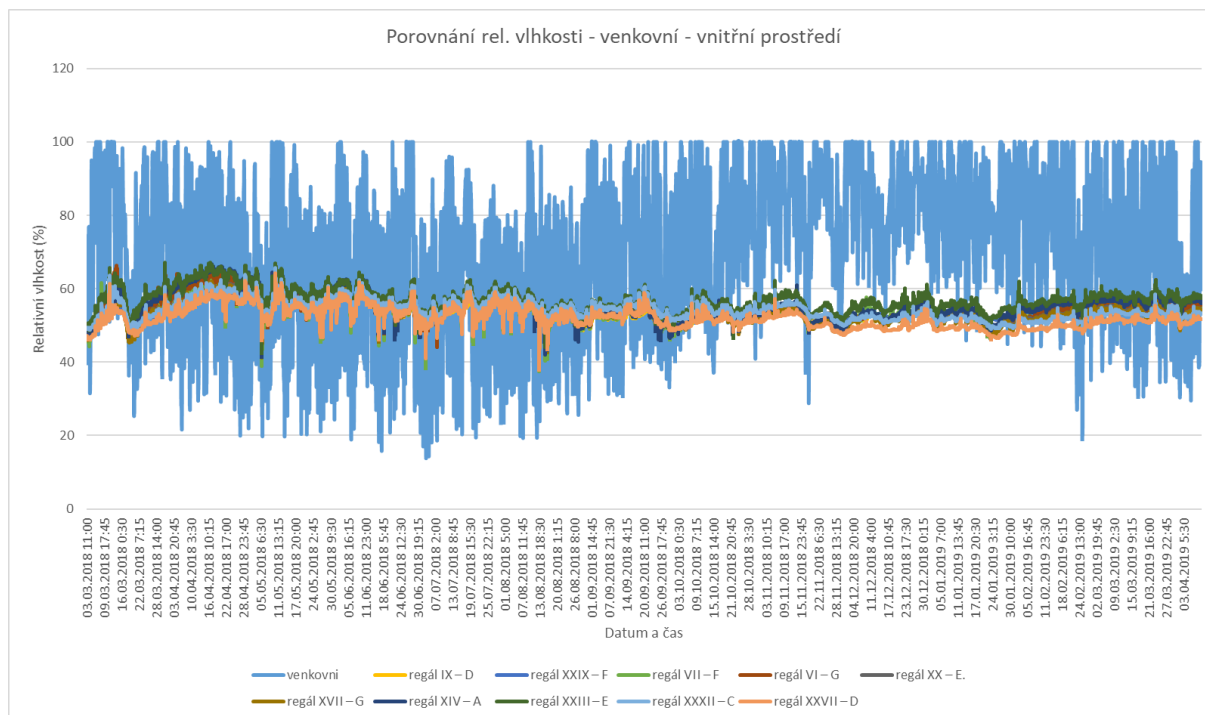
Konkrétní data pro jednotlivá čidla jsou uvedeny v podkapitolách níže.

Celkové porovnání hodnot

Porovnání všech měření uvnitř a vně knihovny je možné pozorovat na grafech níže. S výjimkou venkovního měření je možné pozorovat konzistenci měření v knihovně a poměrně vysokou homogenitu dat bez větších odchylek.

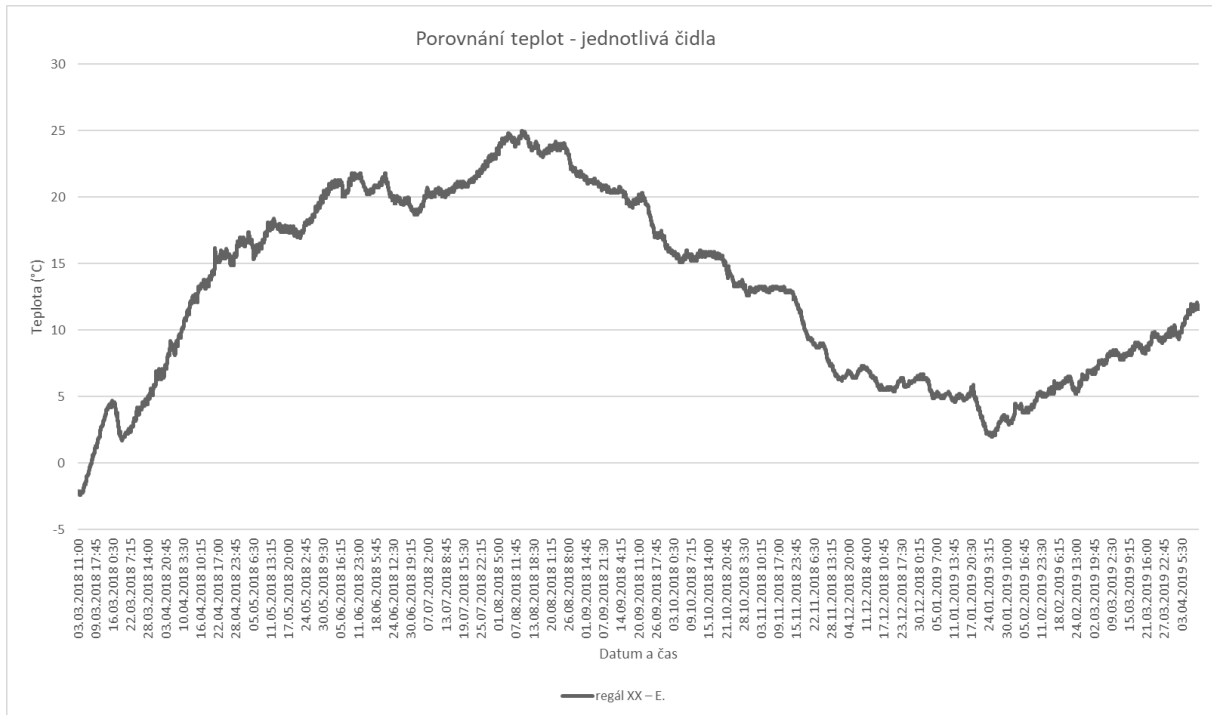


OBR. 16 - POROVNÁNÍ TEPLOT V RÁMCI KNIHOVNY

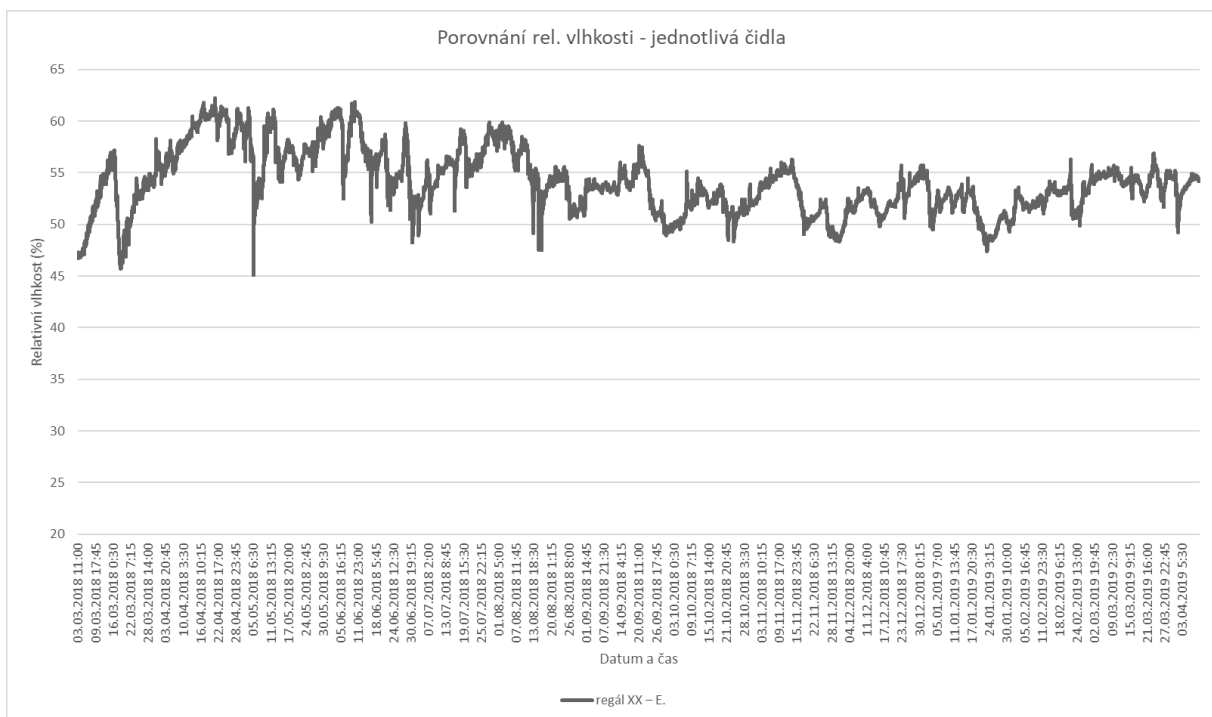


OBR. 17 - POROVNÁNÍ REL. VLHKOSTI V RÁMCI KNIHOVNY

ČIDLO 1 – REGÁL XX-E

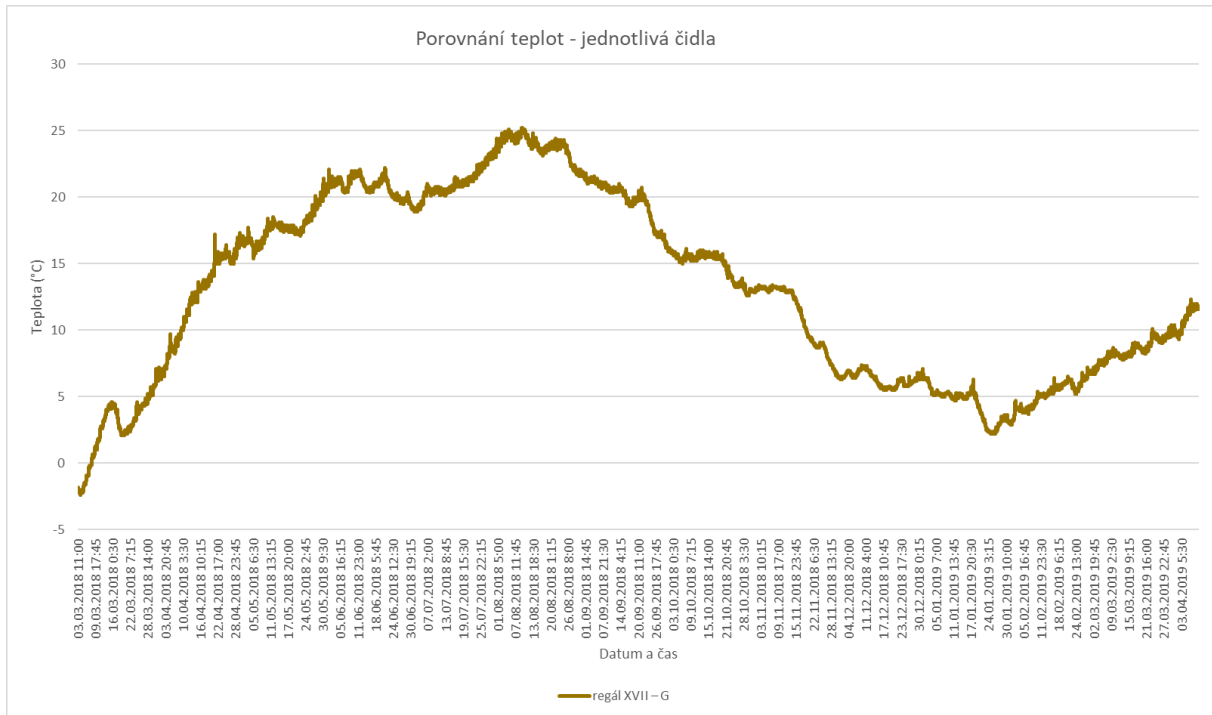


OBR. 18 - TEPLOTA - ČIDLO 1

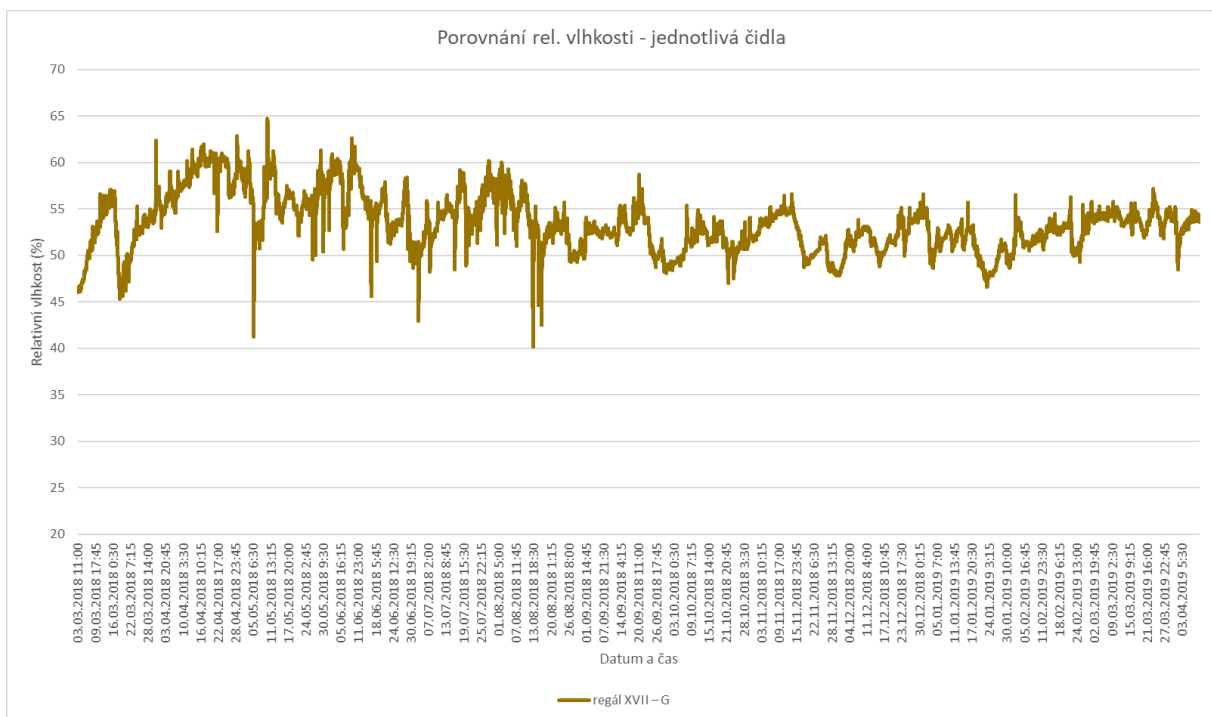


OBR. 19 - REL. VLHKOST - ČIDLO 1

ČIDLO 2 – REGÁL XVII – G

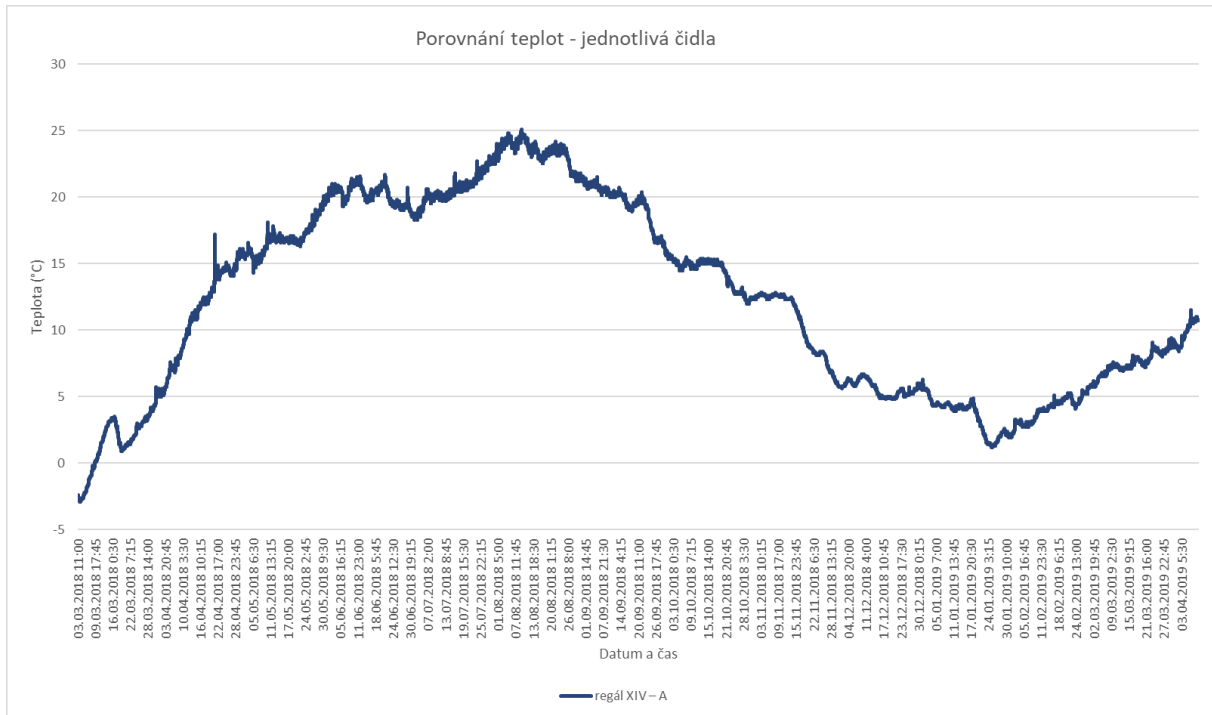


OBR. 20 - TEPLOTA - ČIDLO 2

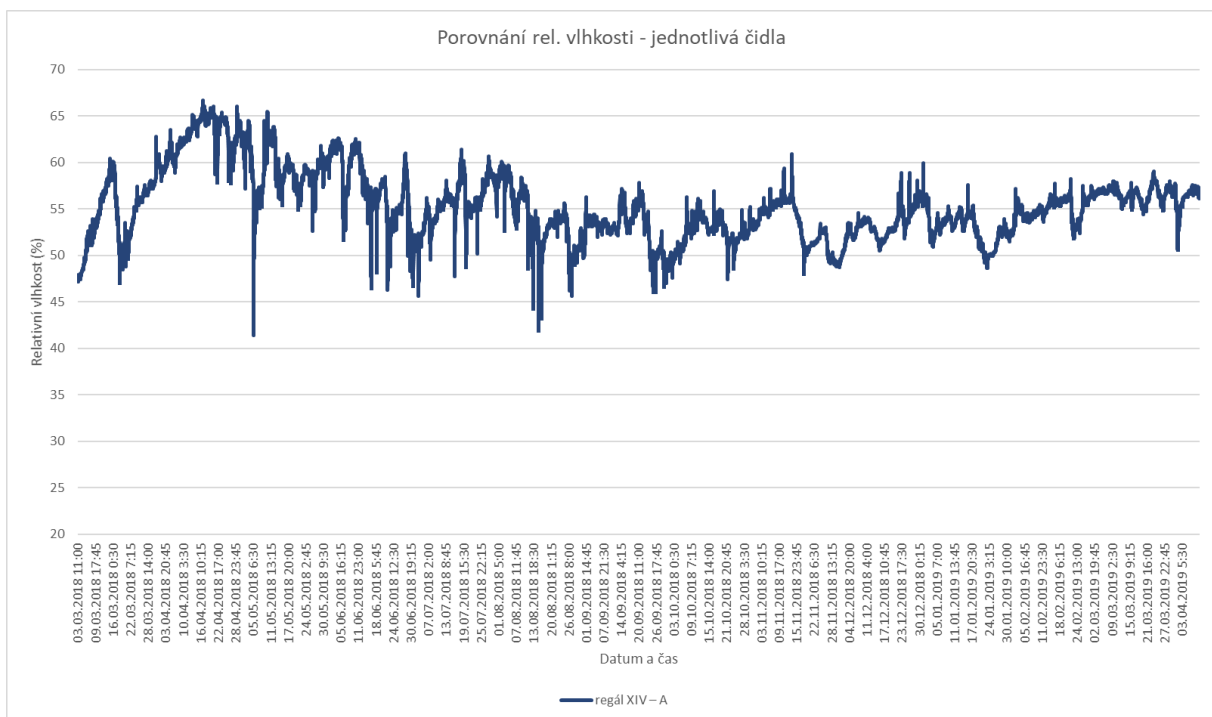


OBR. 21 - REL. VLHKOST - ČIDLO 2

ČIDLO 3 – REGÁL XIV – A

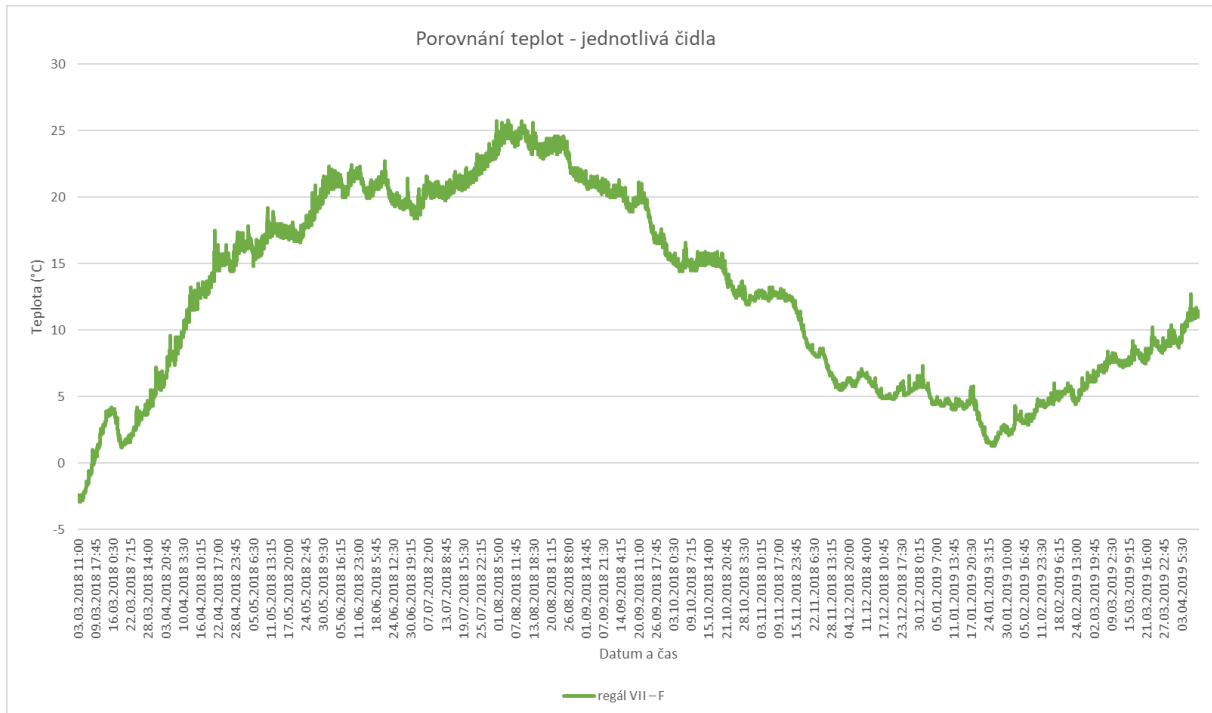


OBR. 22 - TEPLOTA - ČIDLO 3

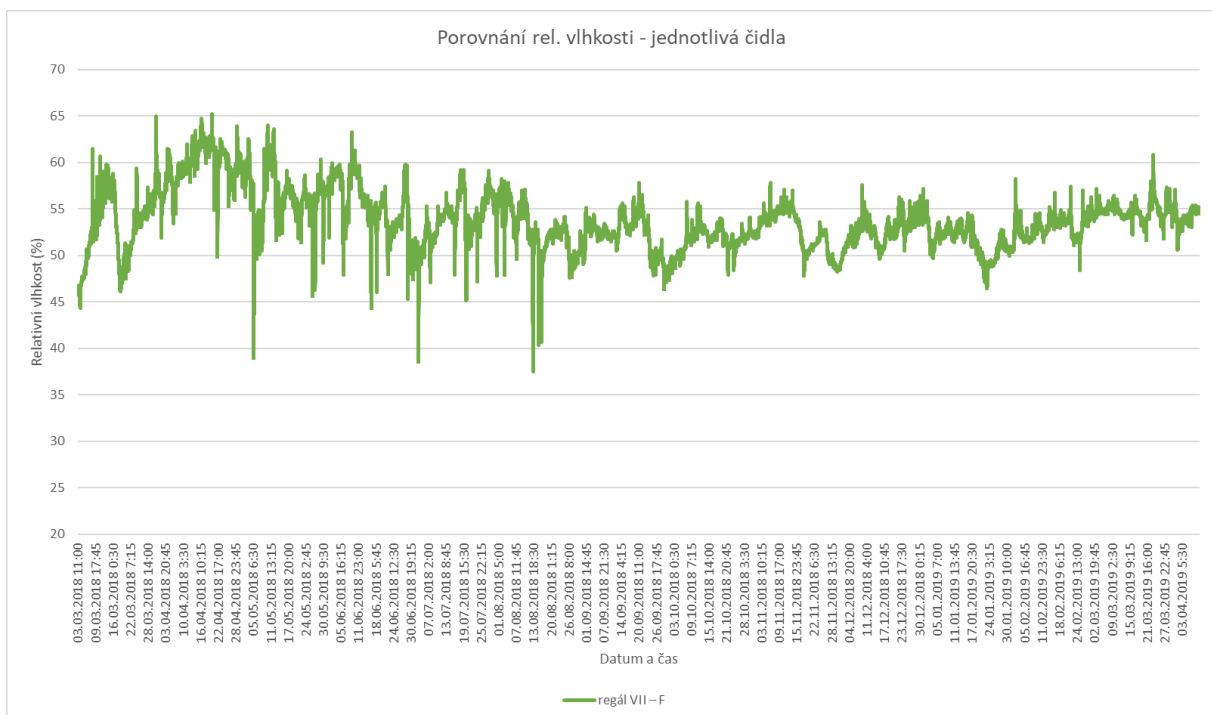


OBR. 23 - REL. VLHKOST - ČIDLO 3

ČIDLO 4 – REGÁL XII – F

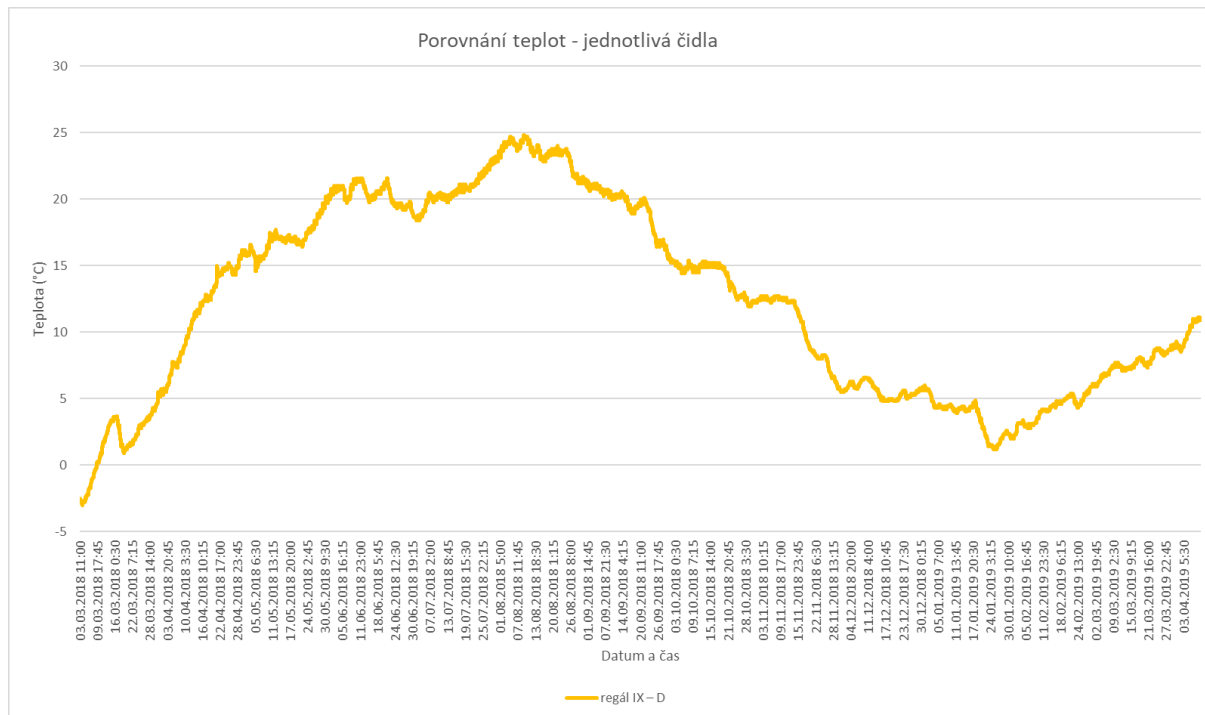


OBR. 24 - TEPLOTA - ČIDLO 4

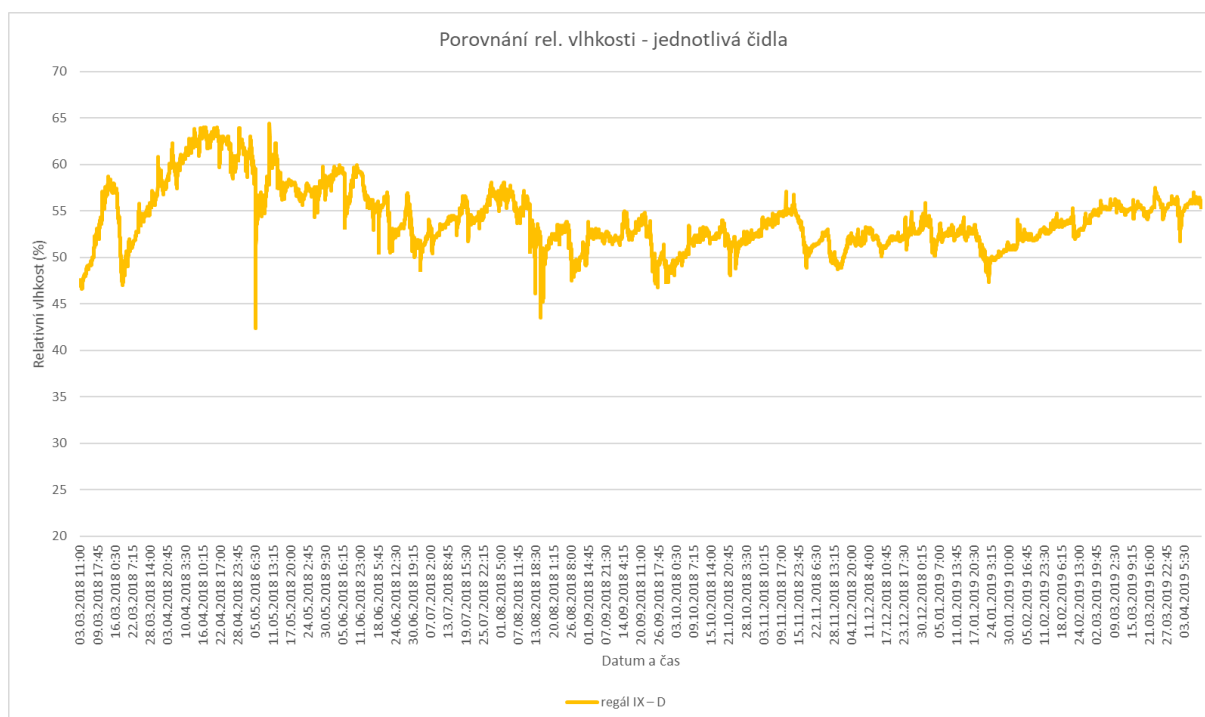


OBR. 25 - REL. VLHKOST - ČIDLO 4

ČIDLO 5 – REGÁL IX – D

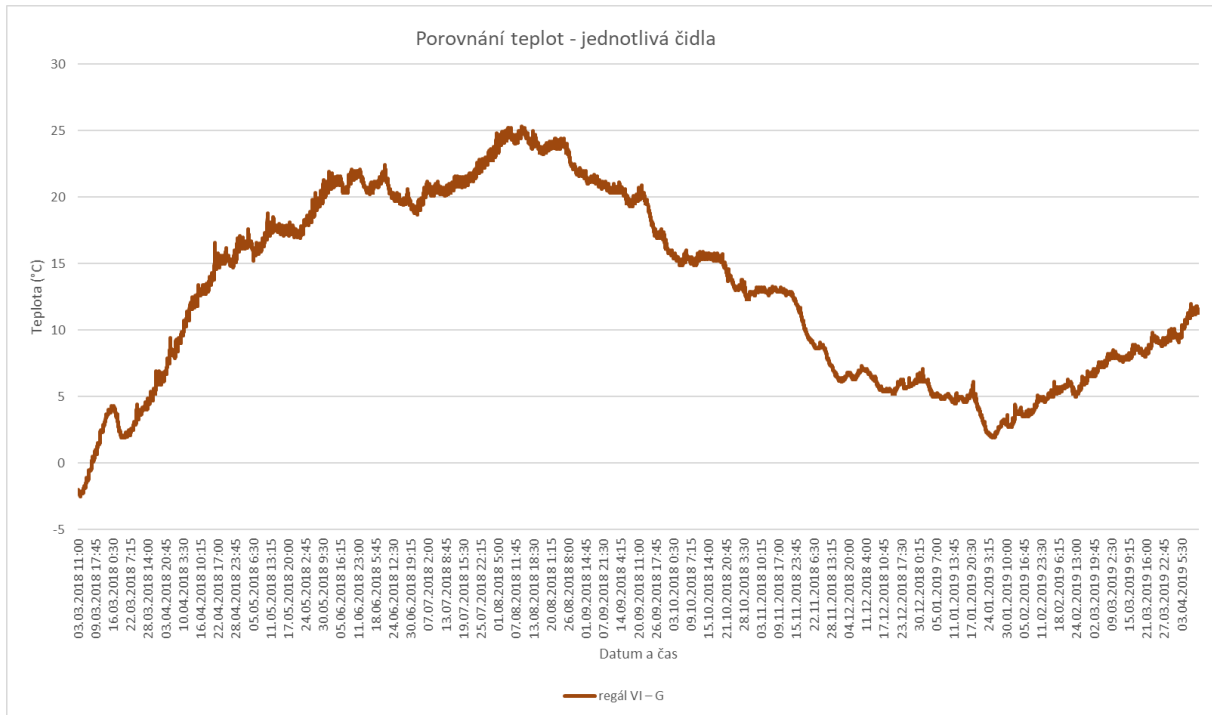


OBR. 26 - TEPLOTA - ČIDLO 5

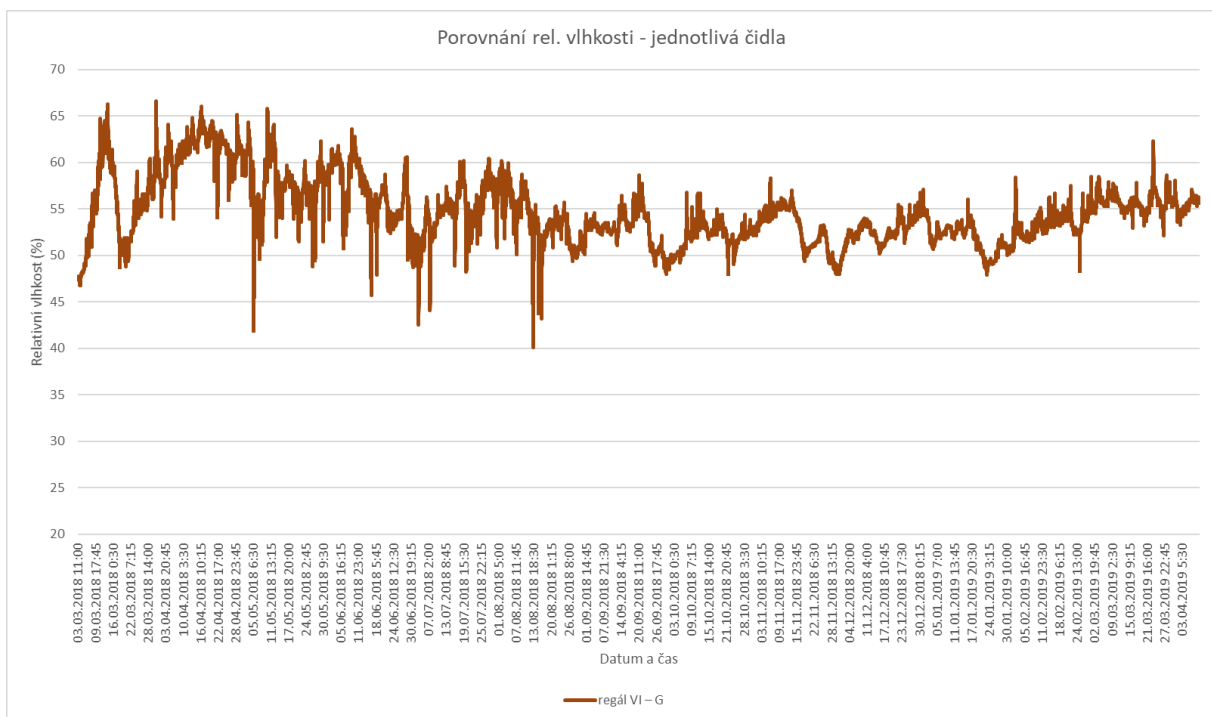


OBR. 27 - REL. VLHKOST - ČIDLO 5

ČIDLO 6 – REGÁL VI – G

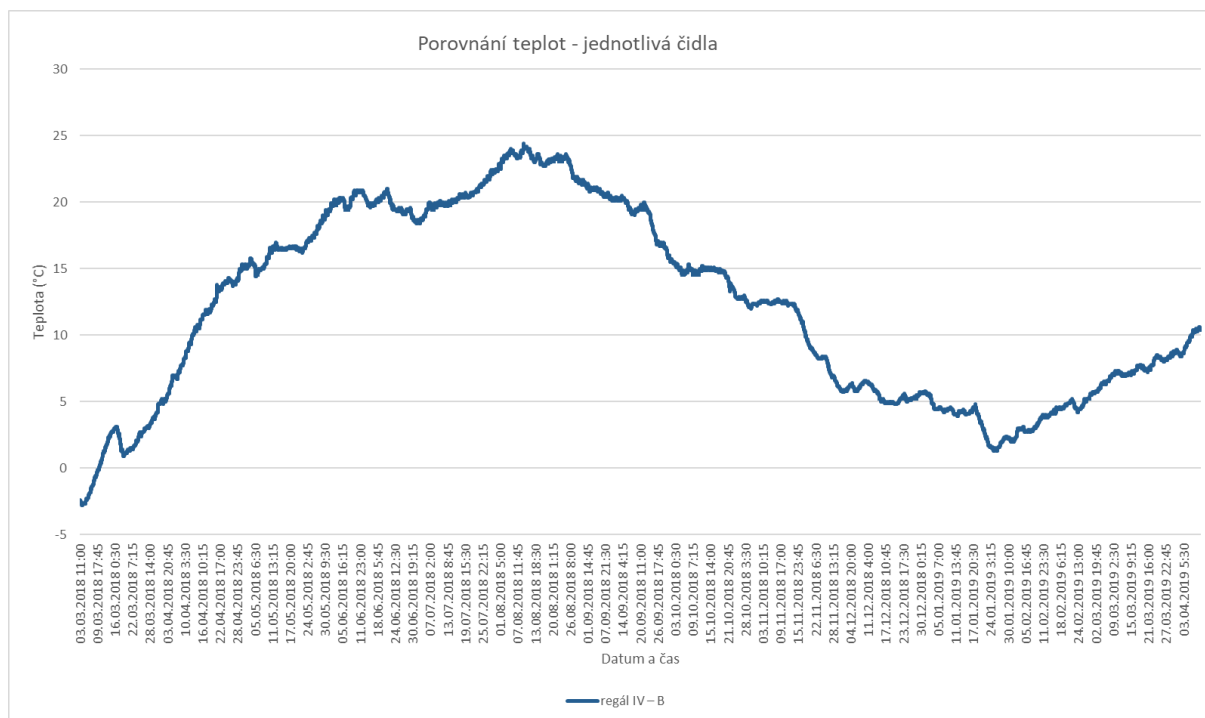


OBR. 28 - TEPLOTA - ČIDLO 6

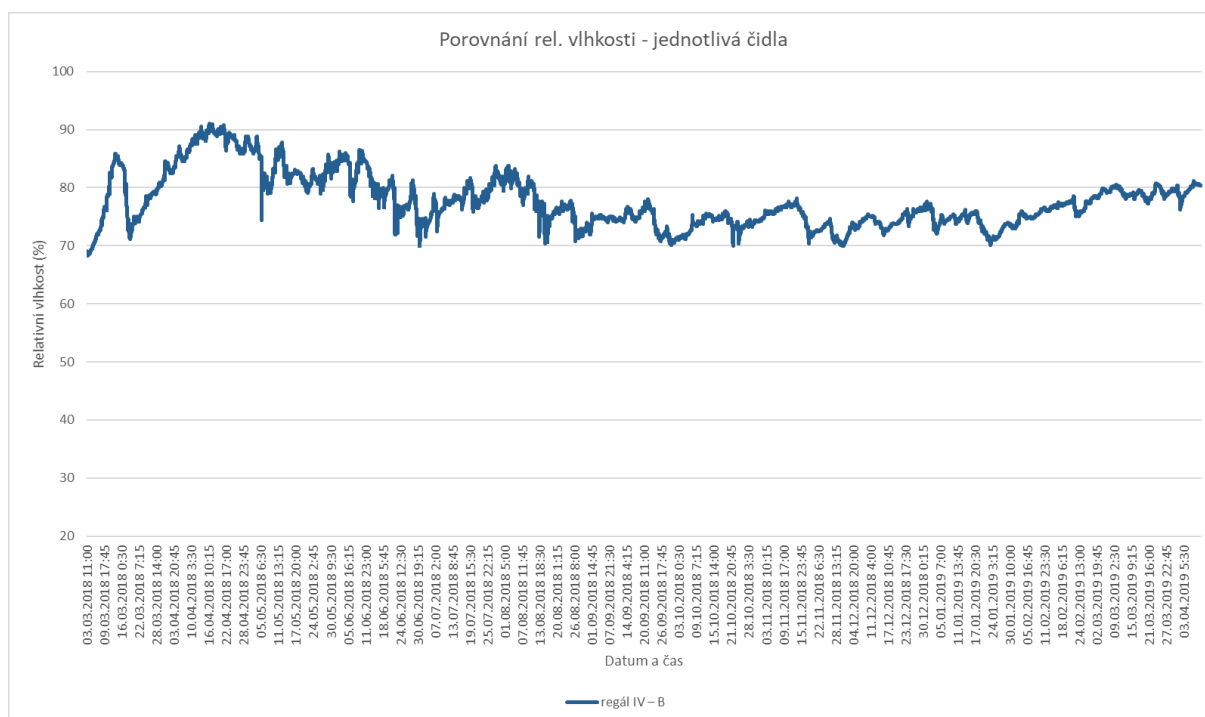


OBR. 29 - REL. VLHKOST - ČIDLO 6

ČIDLO 7 – REGÁL IV – B

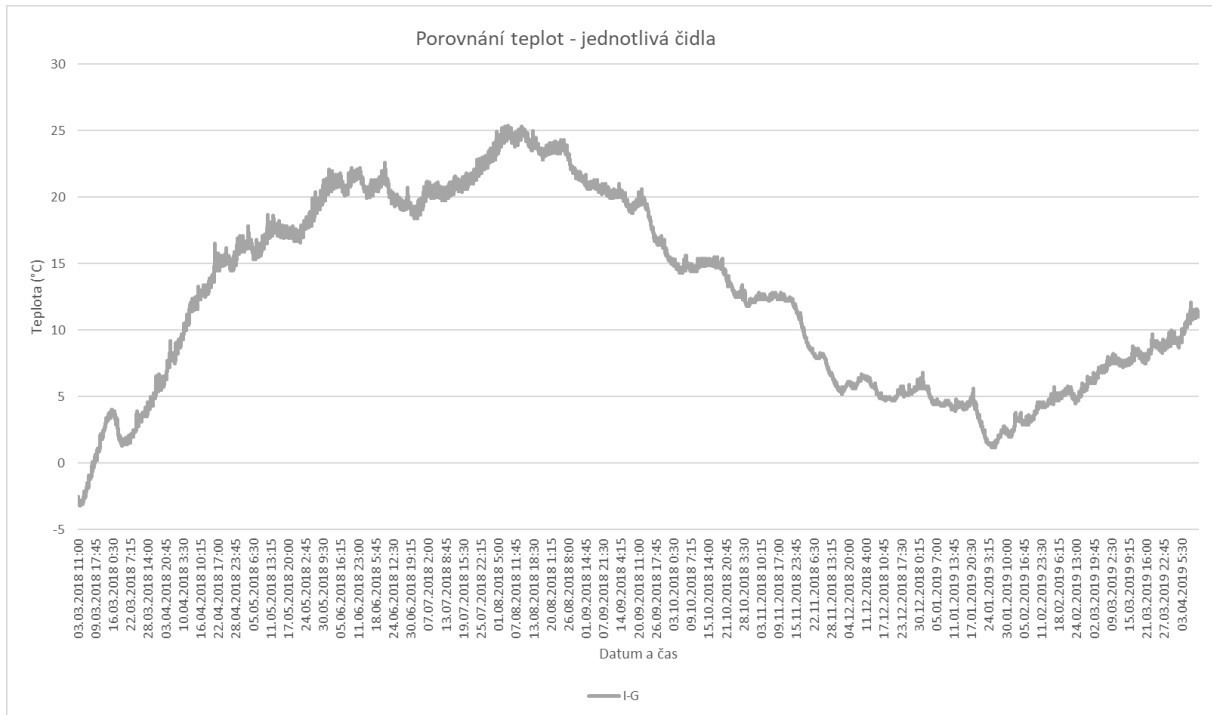


OBR. 30 - TEPLOTA - ČIDLO 7

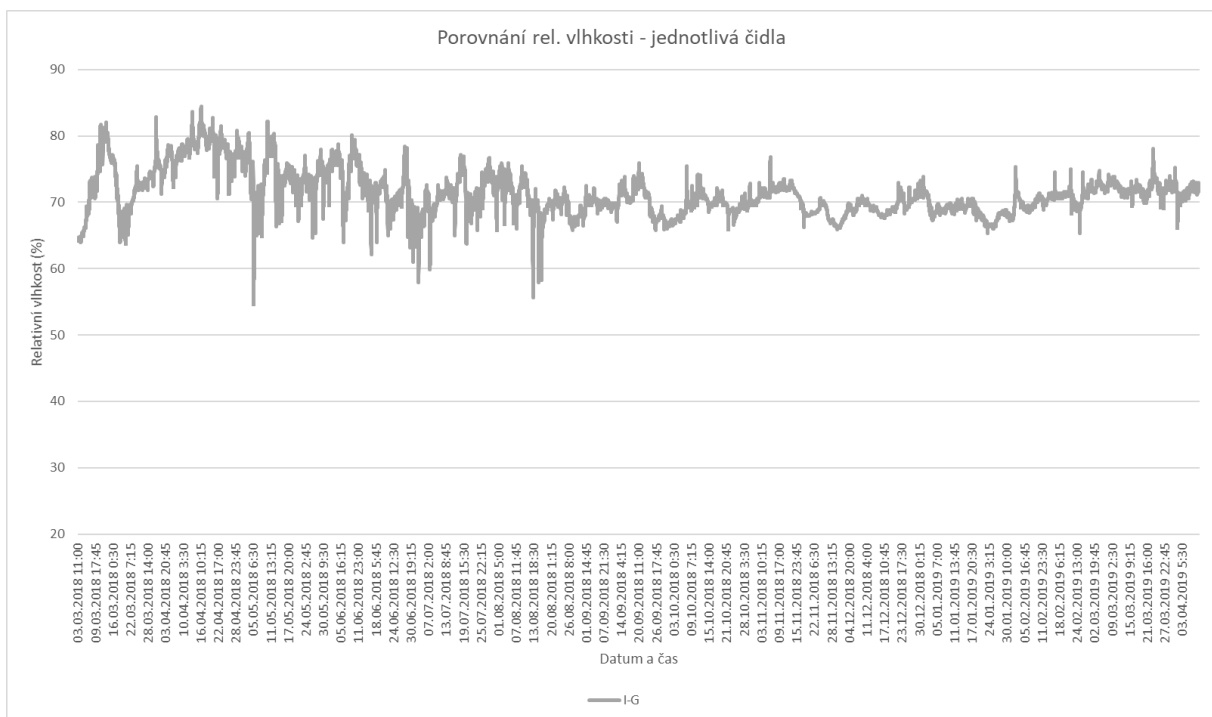


OBR. 31- REL. VLHKOST - ČIDLO 7

ČIDLO 8 – REGÁL I-G

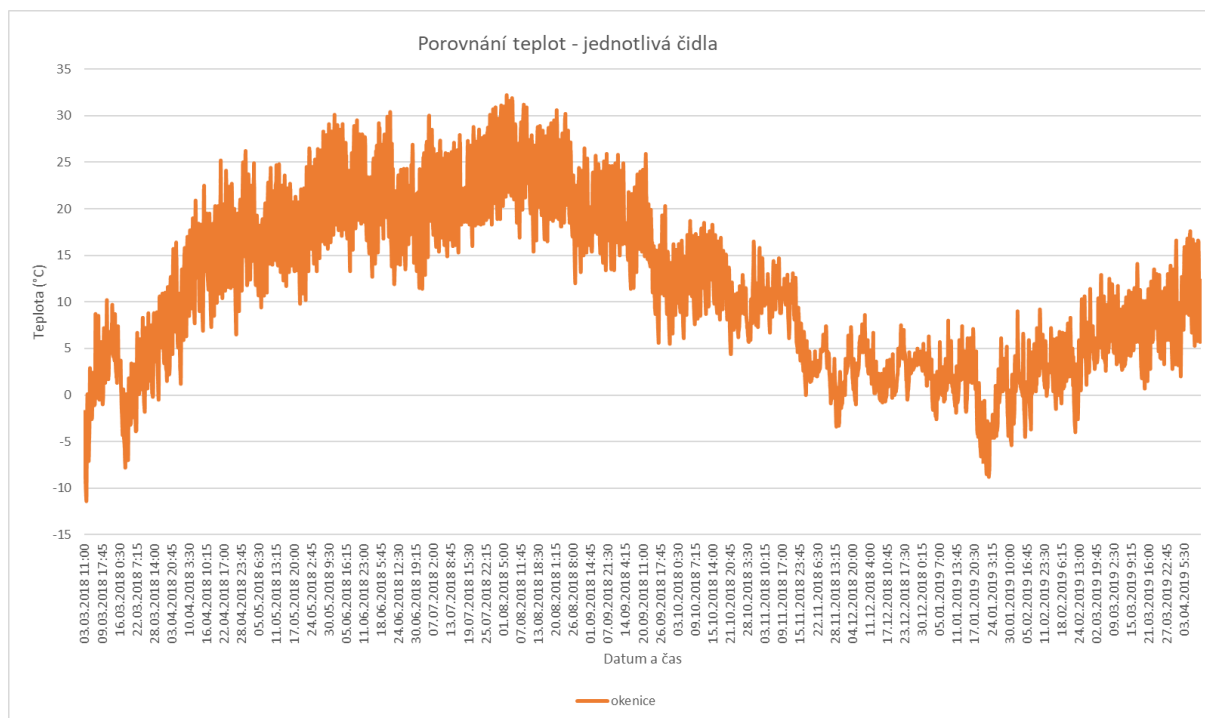


OBR. 32- TEPLOTA - ČIDLO 8

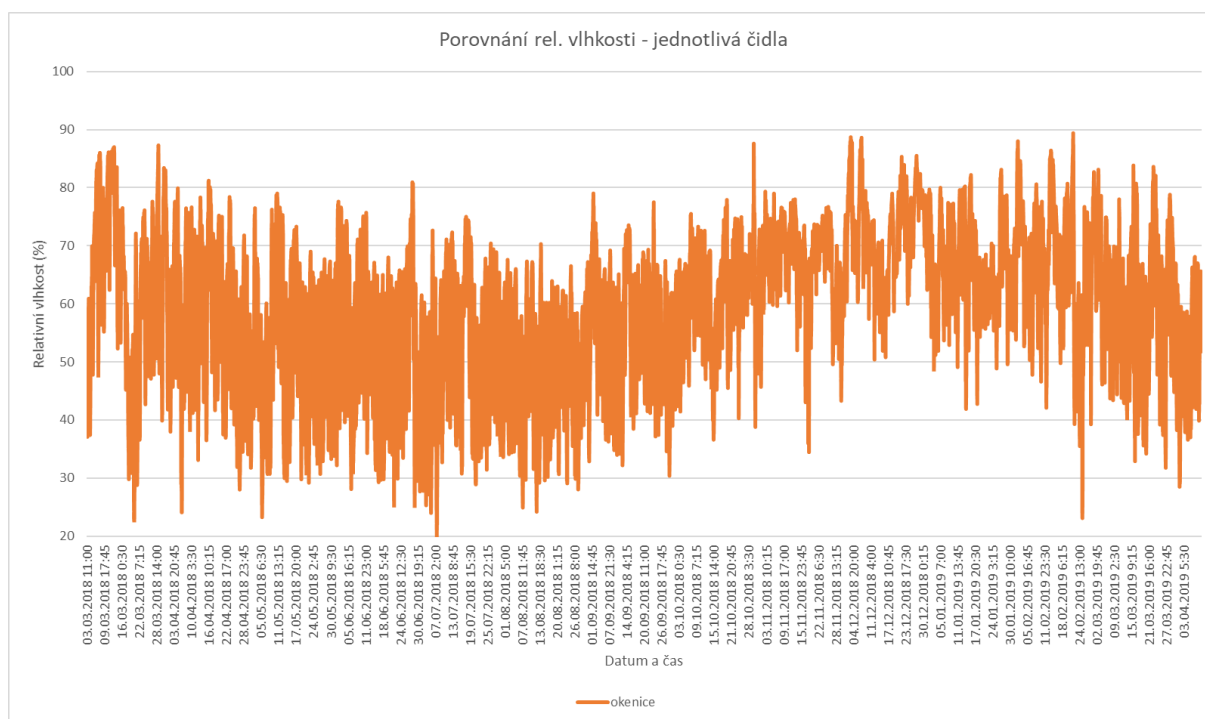


OBR. 33- REL. VLHKOST - ČIDLO 8

ČIDLO 9 – OKENICE

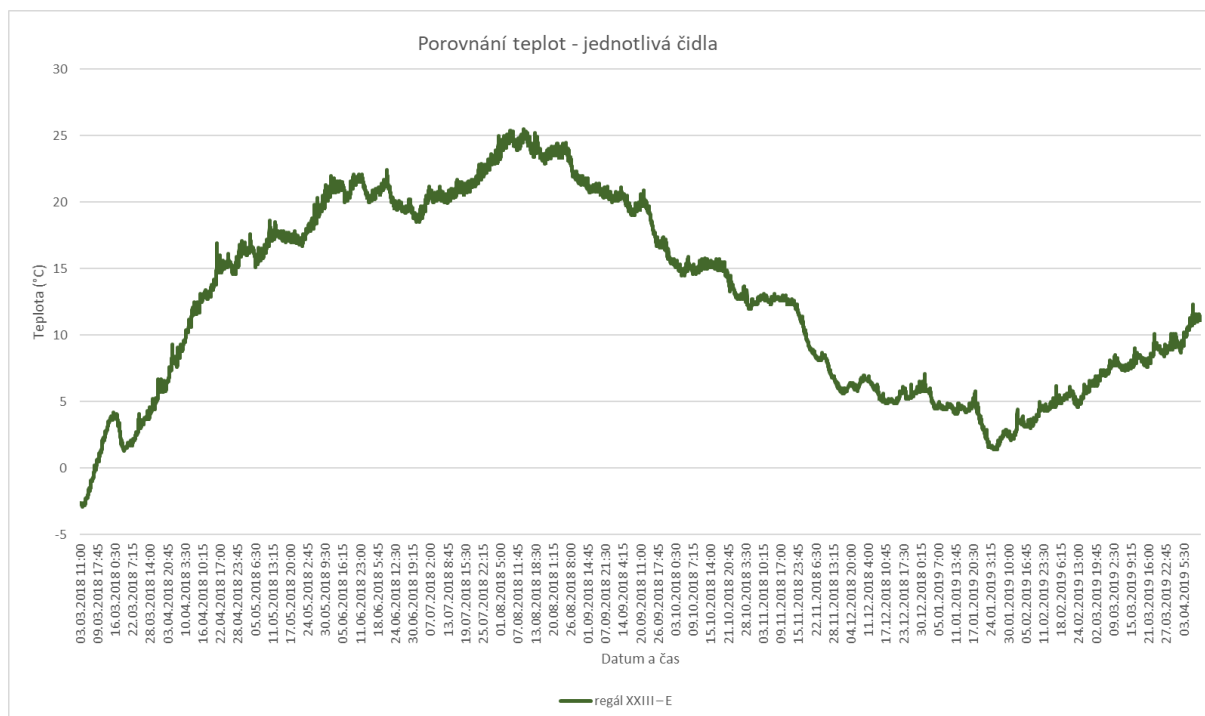


OBR. 34- TEPLOTA - ČIDLO 9

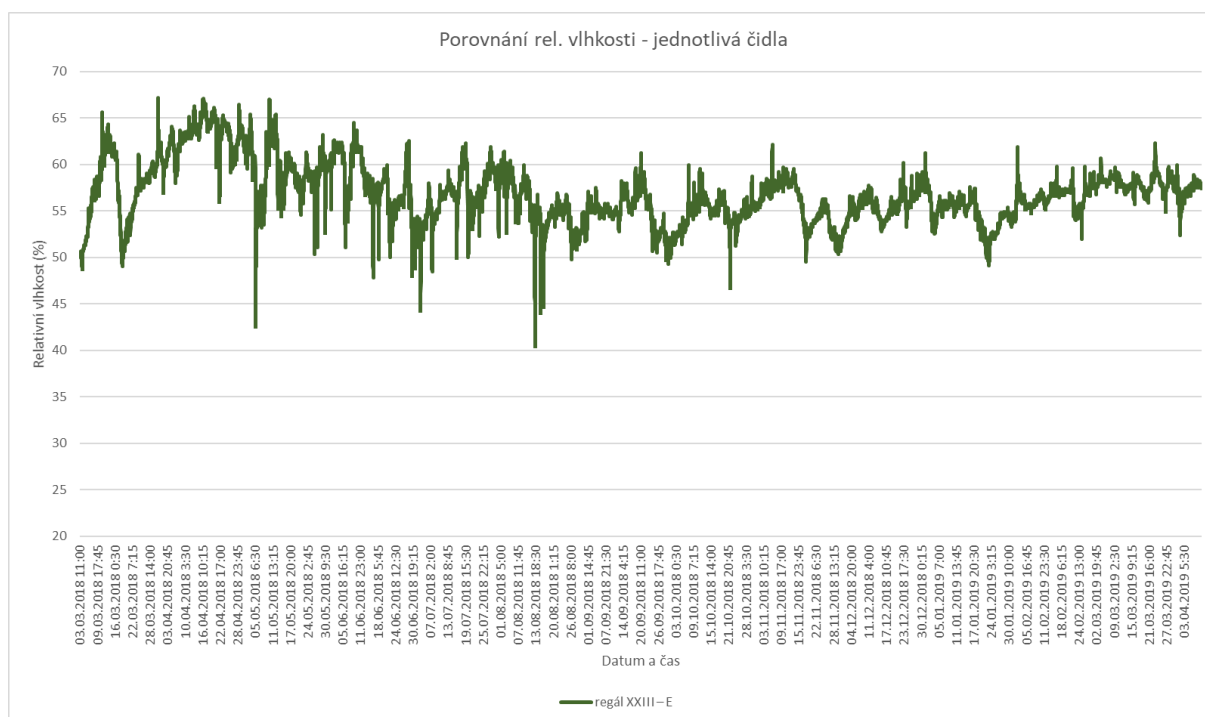


OBR. 35- REL. VLHKOST - ČIDLO 9

ČIDLO 10 – REGÁL XXIII – E

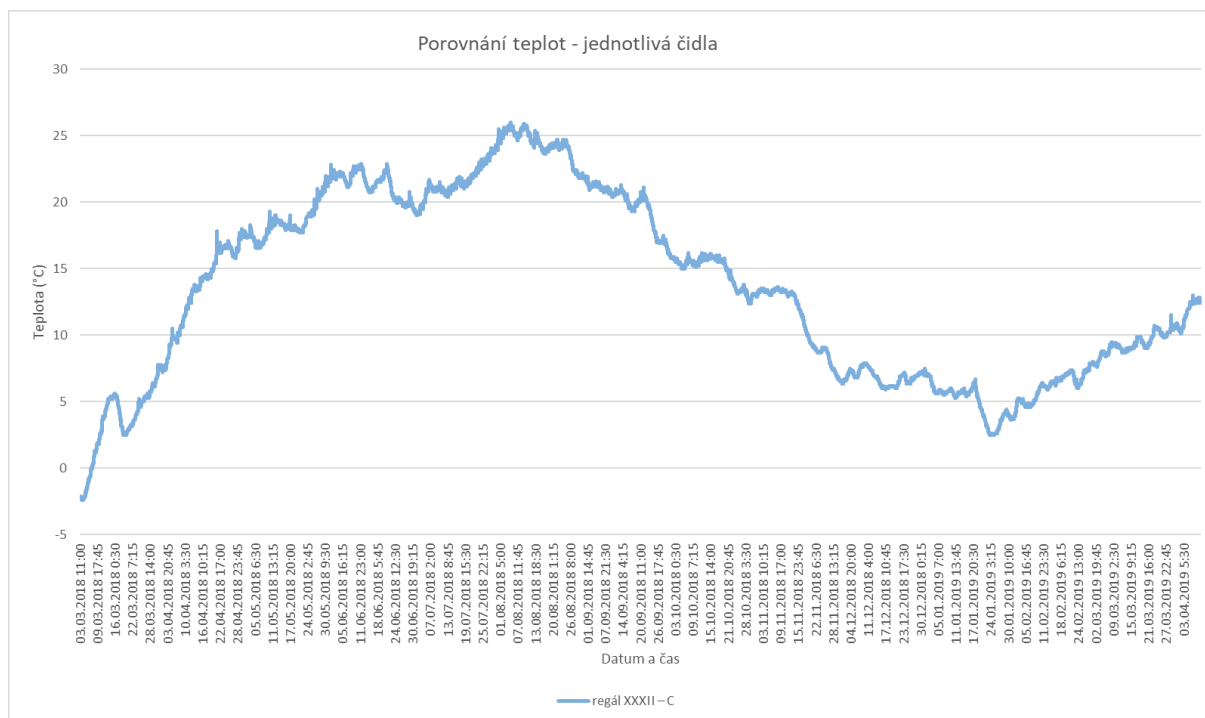


OBR. 36- TEPLOTA - ČIDLO 10

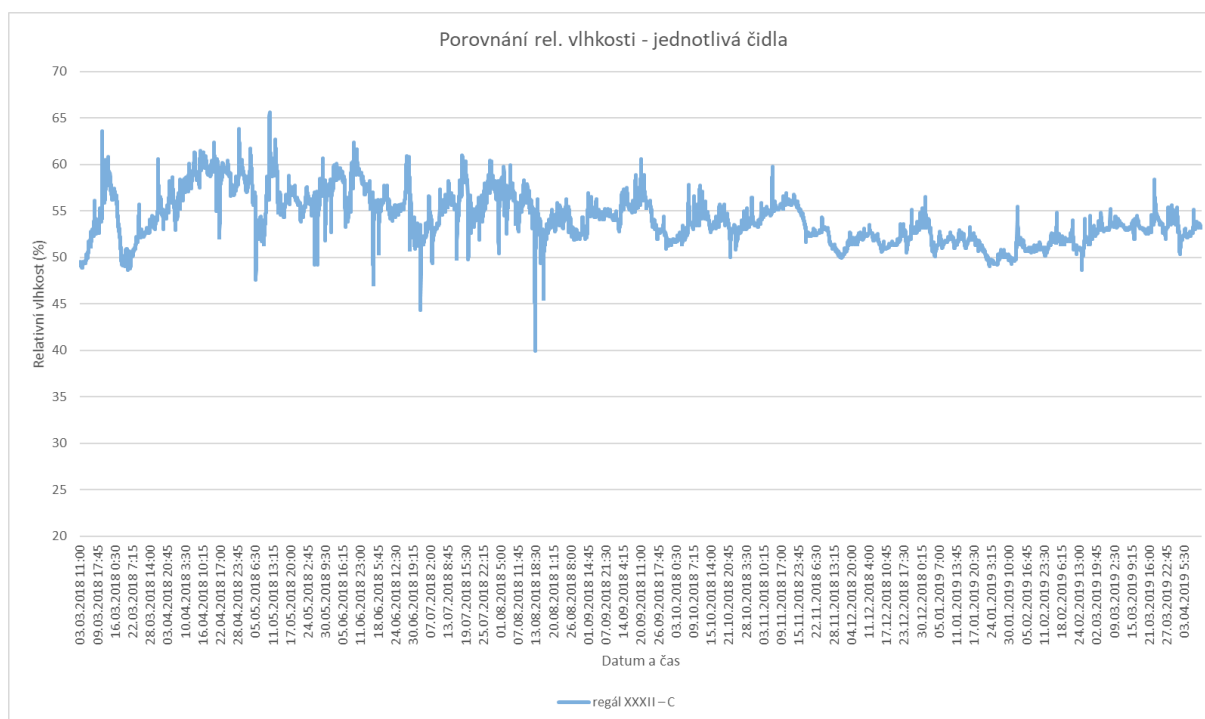


OBR. 37- REL. VLHKOST - ČIDLO 10

ČIDLO 11 – REGÁL XXXII – C



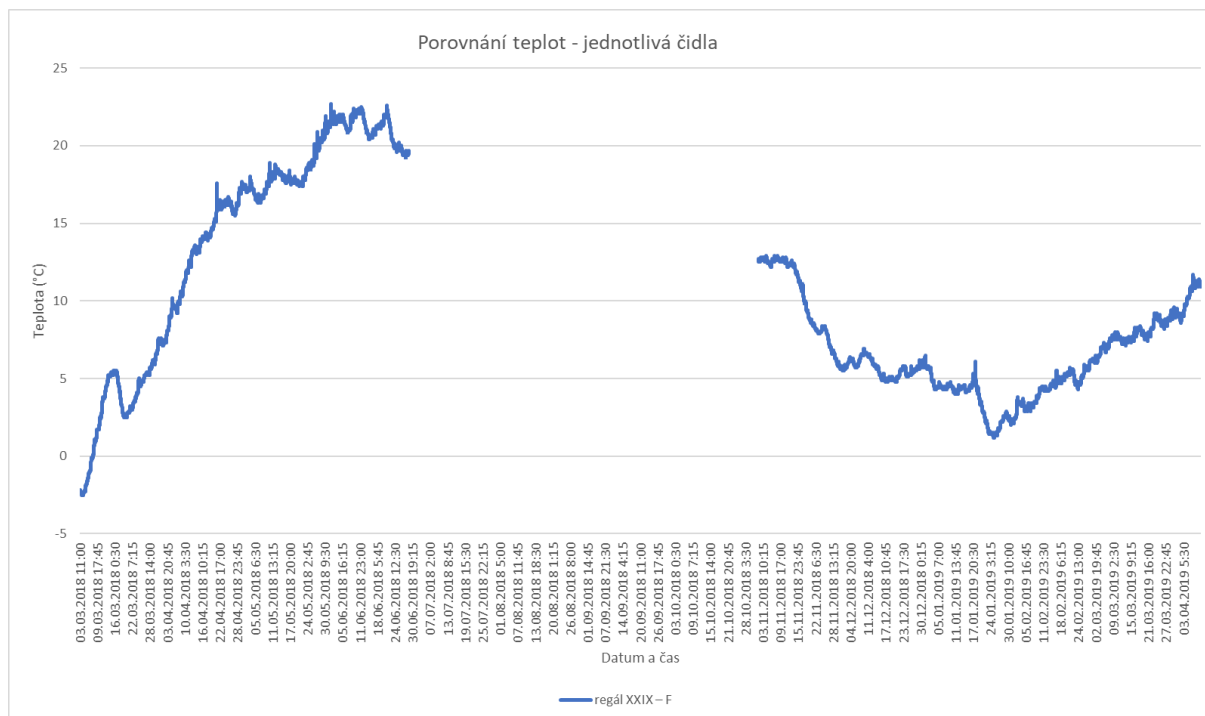
OBR. 38- TEPLOTA - ČIDLO 11



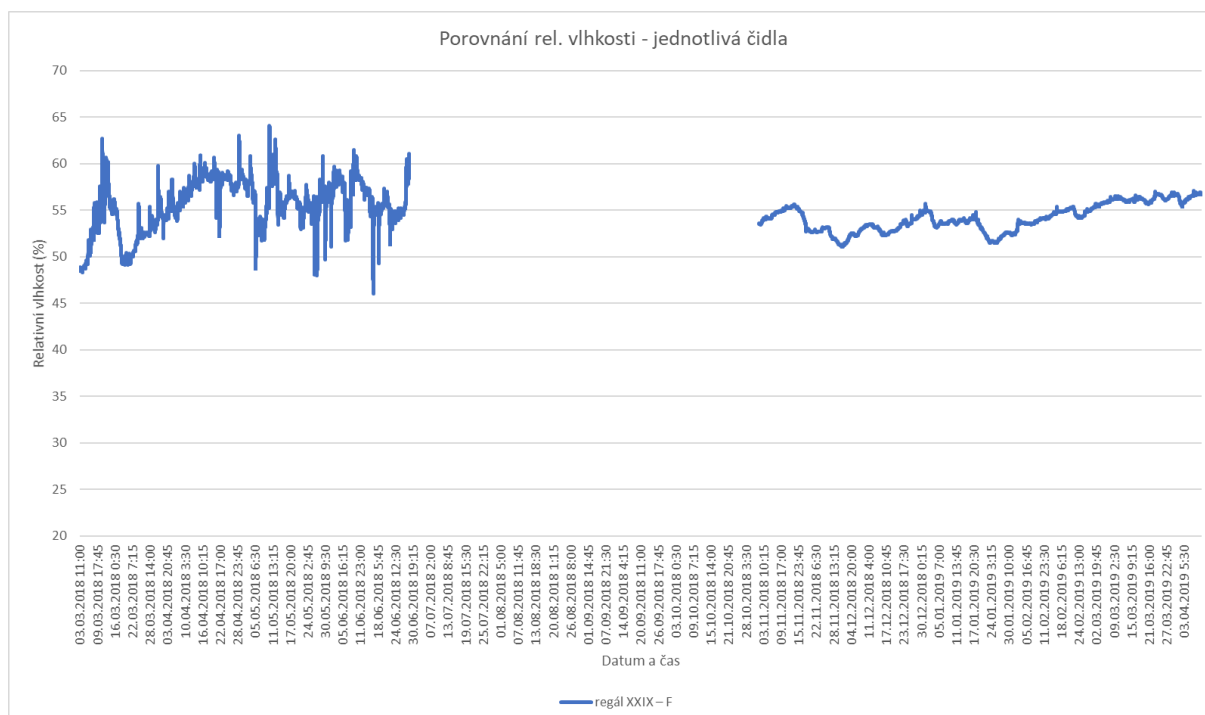
OBR. 39- REL. VLHKOST - ČIDLO 11

ČIDLO 12 – REGÁL XXIX – F / VITRÍNA

Čidlo 12 bylo v průběhu roku 2018 přesunuto do skleněné vitríny s exponáty. Bohužel v době stahování dat nebyl k dispozici klíč od vitríny a proto část těchto dat není k dispozici.

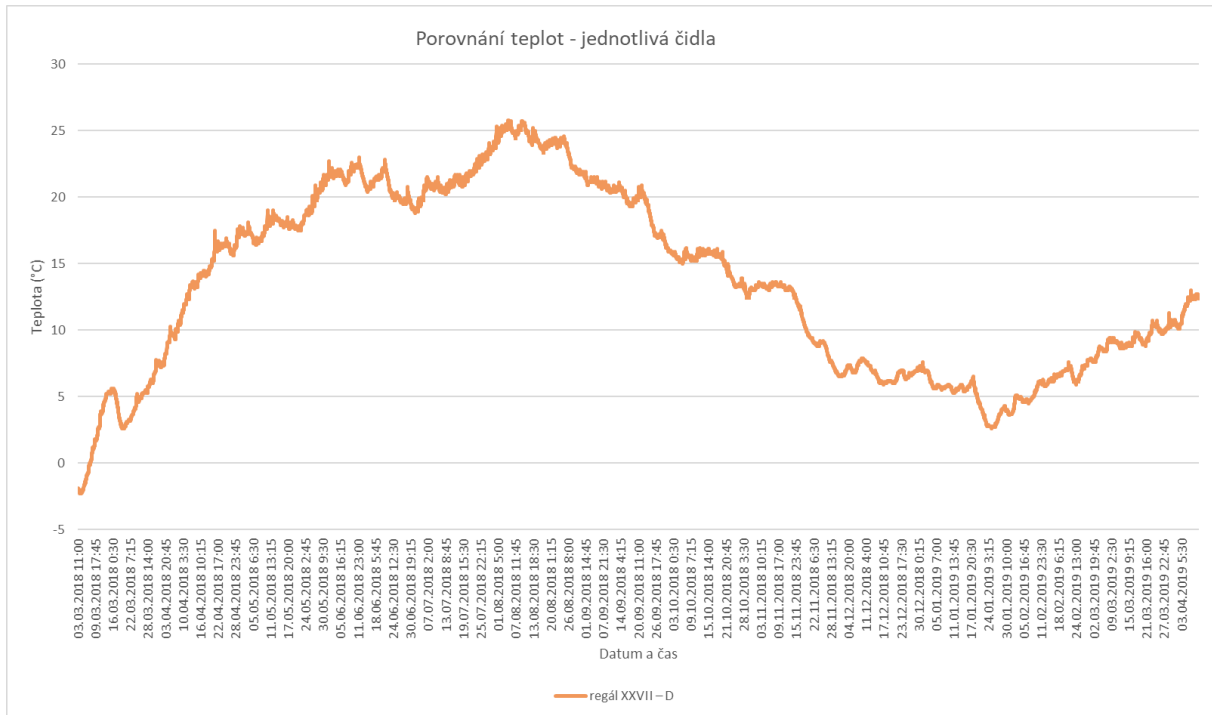


OBR. 40- TEPLOTA - ČIDLO 12

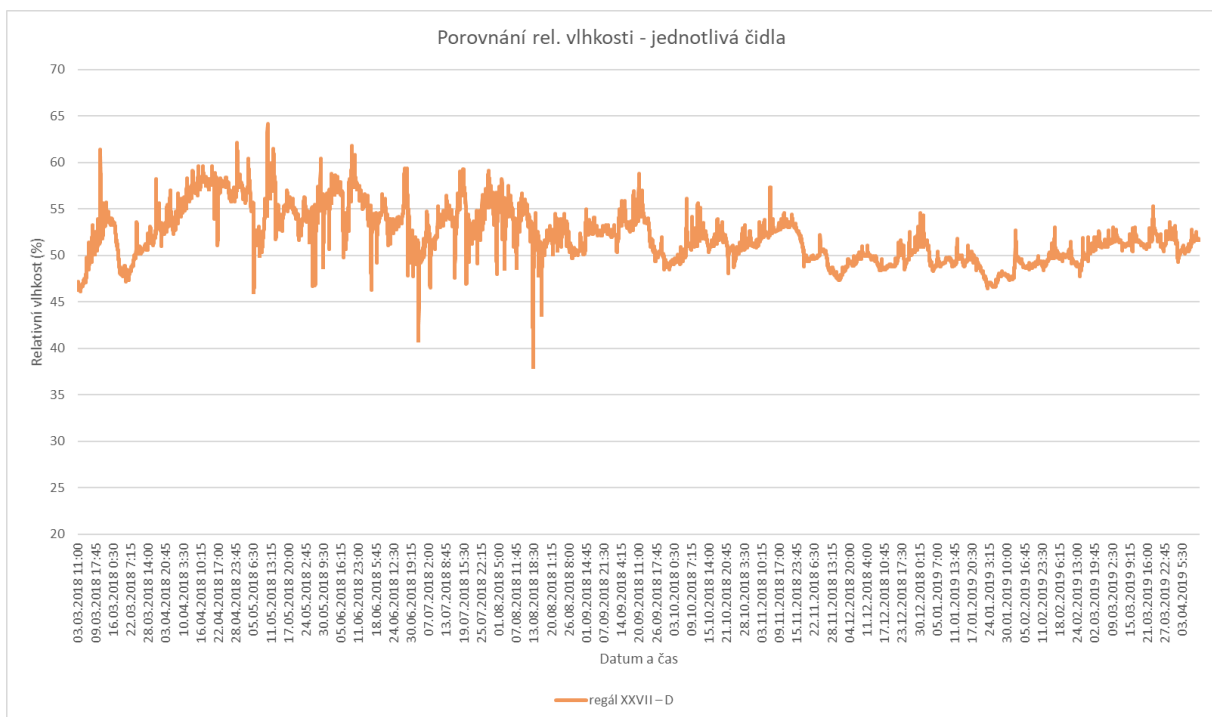


OBR. 41- REL. VLHKOST - ČIDLO 12

ČIDLO 13 – REGÁL XXVII – D



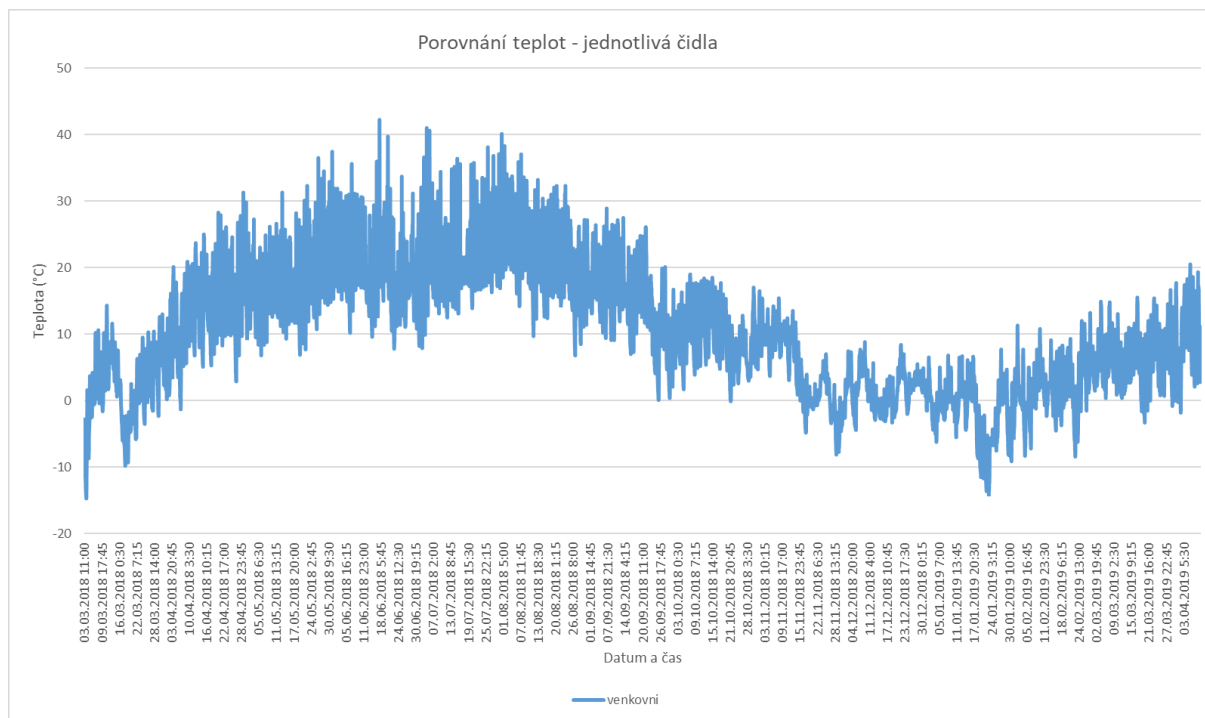
OBR. 42- TEPLOTA - ČIDLO 13



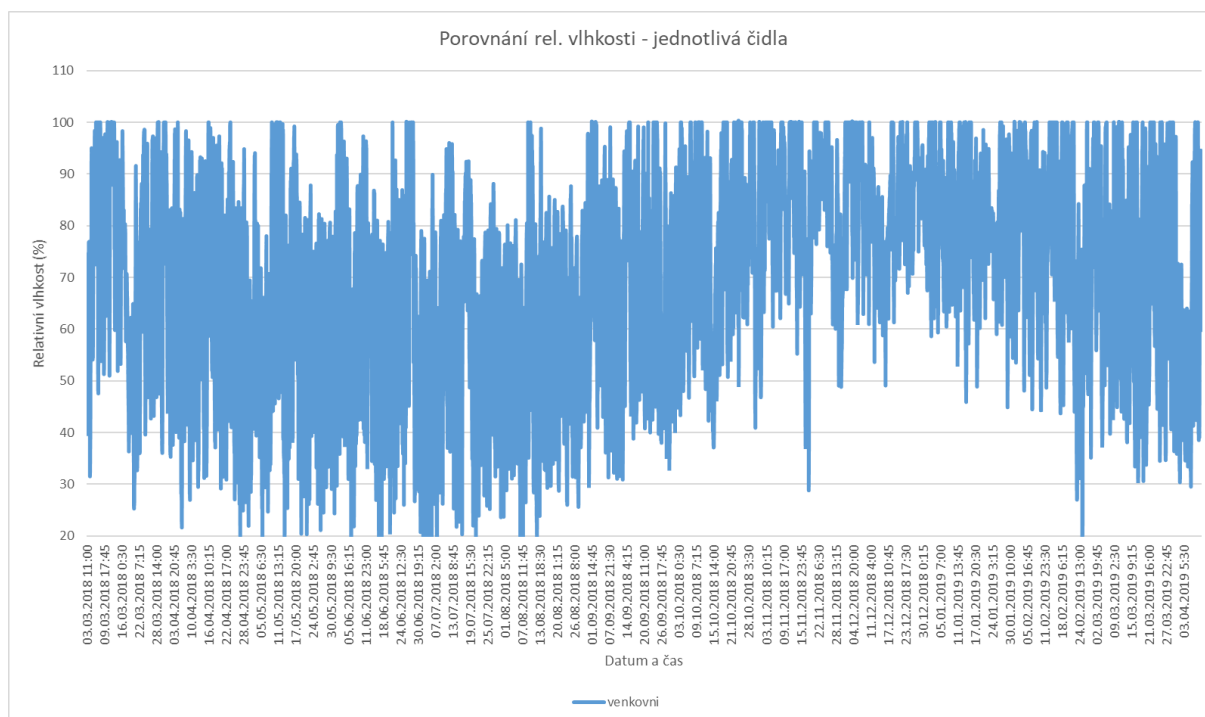
OBR. 43- REL. VLNKOST - ČIDLO 13

ČIDLO 14 – VENKOVNÍ MĚŘENÍ

Venkovní čidlo bylo umístěno na římse, bez možnosti použití stínění. Hodnoty proto mohou být v době osvětlení čidla sluncem ovlivněny a jsou v rámci souboru měření brány jako doplňkové.



OBR. 44- TEPLOTA - ČIDLO 14



OBR. 45- REL. VLHKOST - ČIDLO 14

OBECNÁ DOPORUČENÍ KVALITU MIKROKLIMATU

Pro posuzování kvality mikroklimatu v muzejních a archivních prostorech bylo vytvořeno několik v praxi používaných standardů. V posledních letech byla provedena revize těchto podkladů s ohledem na zkušenosti muzeí, restaurátorů a rovněž provozovatelů těchto objektů. Revize těchto podkladů vedla ke změkčení podmínek pro skladování a k připuštění změny nastavení cílové hodnoty v průběhu roku. Klasifikace klimatu dle ASHRAE [1] nyní diferencuje muzejní a archivní prostory do kategorií, dle Tab. 2.

Tyto standardy však nezohledňují stav jednotlivých artefaktů uložených v depozitáři a je proto nezbytné, aby mikroklima bylo posuzováno dle nastavení určeného pro danou kolekci.

V rámci daných kritérií a s ohledem na neúplná roční data, spadá knihovna do kategorie C

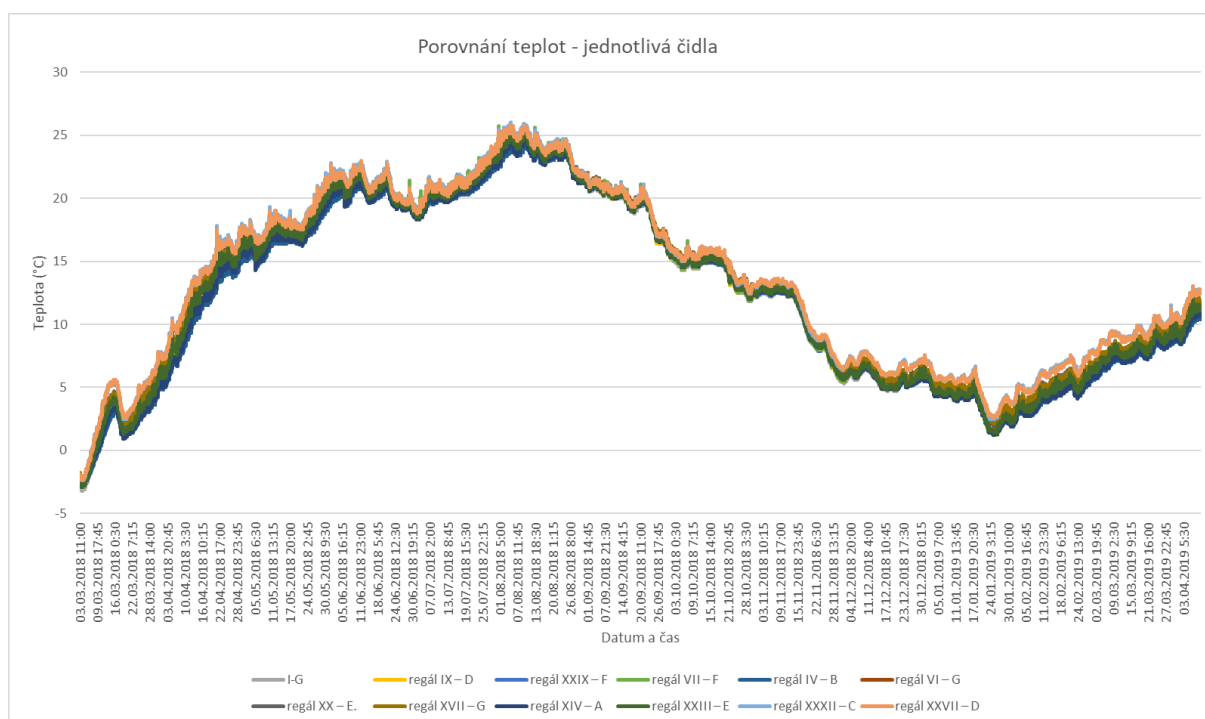
Maximální přípustné hodnoty fluktuací a gradientů v kontrolovaných prostorech		Třída kontroly mikroklimatu
Krátkodobé fluktuace	Sezónní adjustace cílové hodnoty pro regulaci	
±5% RV ±2°C	RV beze změny. Max +5°C a -5°C.	AA Precizní kontrola mikroklimatu, minimální sezónní změny nastavení – pouze pro teplotu
±5% RV ±2°C	Max +10% RV a -10% RV. Max +5°C a -10°C.	A Dobrá kontrola mikroklimatu, menší gradienty, sezónní změny nastavení.
±10% RV ±2°C	RV beze změny. Max +5°C a -10°C.	A Dobrá kontrola mikroklimatu, sezónní změny nastavení pouze pro teplotu.
±10% RV ±5°C	Max +10% RV a -10% RV. Max +10°C (vždy ale pod 30°C) a dolní hranice tak aby bylo udržena požadovaná hodnota RV.	B Kontrolované mikroklima
Celoročně v rozsahu 25–75% RV. Výjimečně přes 30°C, běžně pod 25°C.		C Pouze chrání před extrémními událostmi.
Vždy pod hodnotou 75% RV.		D Pouze chrání před vysokými hodnotami RV.
1) Jako krátkodobá fluktuace se bere, kterákoliv fluktuace v čase kratším, než odpovídá změně sezónního nastavení.		

TAB. 2 - KLASIFIKACE KONTOLY KLIMATU - ASHRAE

POROVNÁNÍ KONZISTENCE DAT

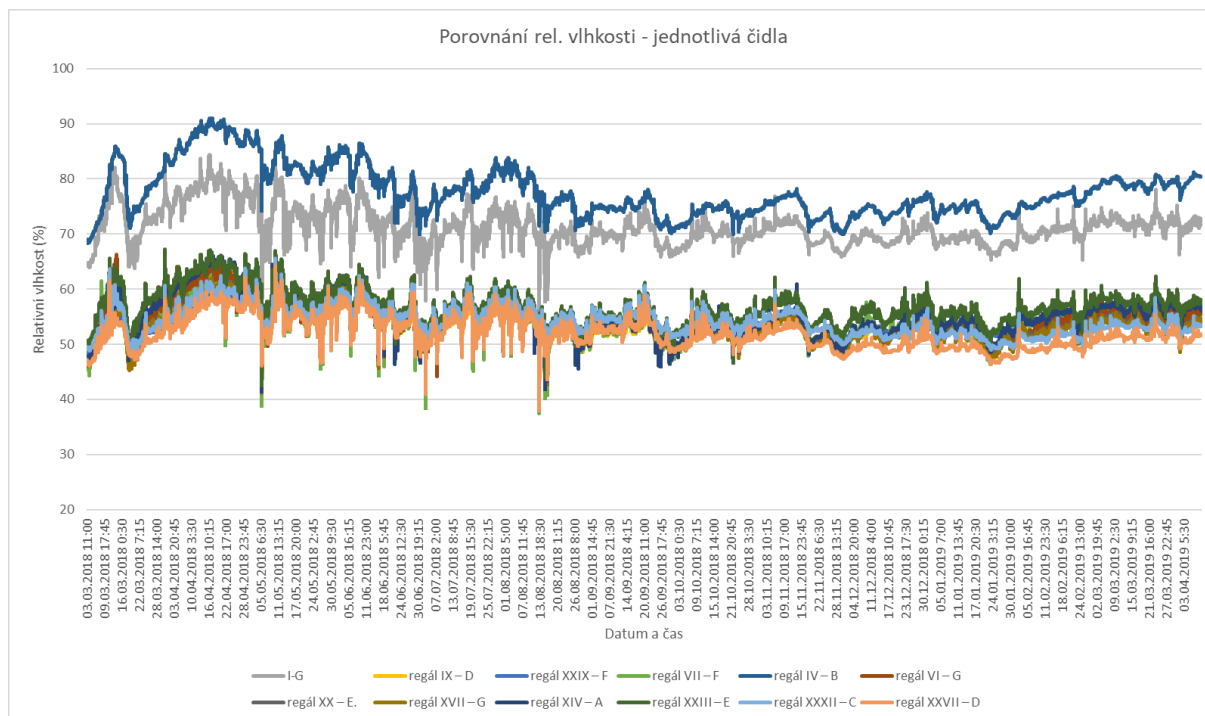
V případě, že chceme porovnávat jednotlivá měření, je v první řadě nezbytné prokázat jejich relevanci a vyloučit případně datalogery u nichž došlo k poruše, nebo jejichž měření jsou výrazně ovlivněna jinými faktory.

Na grafu níže můžeme porovnat hodnoty teplot (mimo venkovní měření). Z grafu je patrné, že v prostoru celé knihovny dostáváme poměrně homogenní hodnoty teploty, pouze s mírnou diferenciací způsobenou umístěním čidla (např. čidla umístěná v ochozu knihovny prokazují vyšší teplotu). S ohledem na tento fakt, můžeme považovat hodnoty teploty relevantní u všech čidel.



OBR. 46 - POROVNÁNÍ HODNOT TEPLoty MIMO VENKOVNÍ MĚŘENÍ A OKENICE

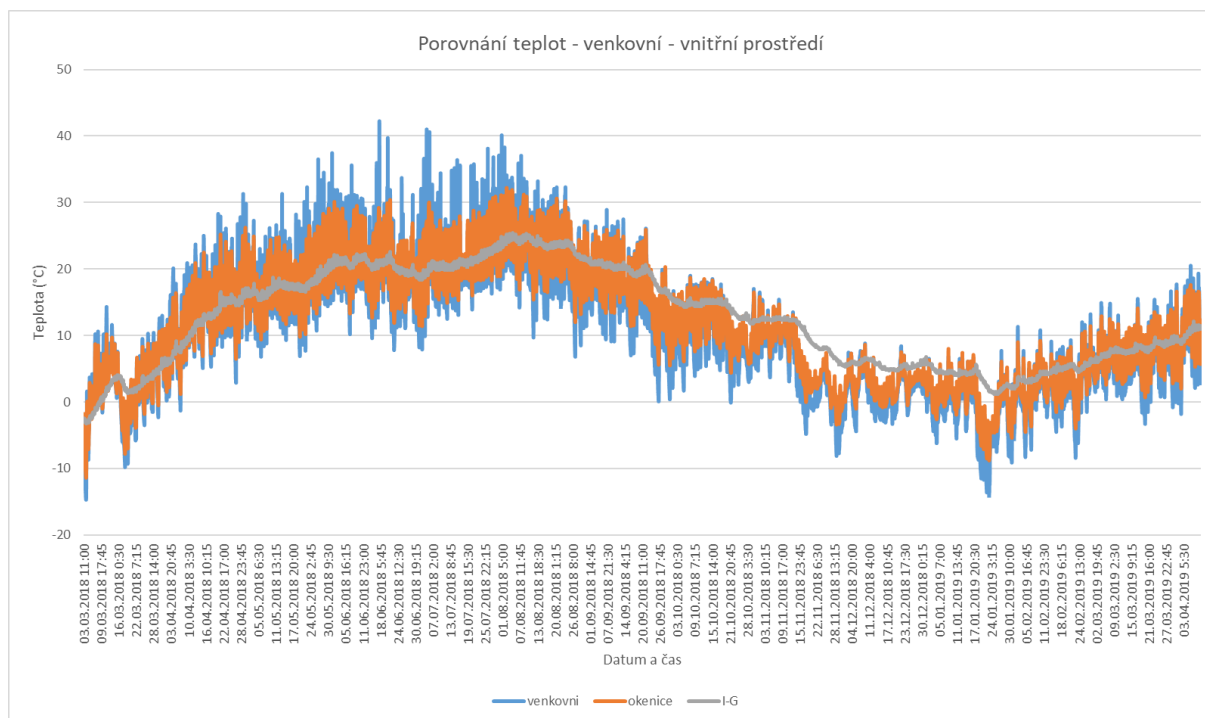
V případě relativní vlhkosti je situace obdobná, a to s výjimkou dvou čidel v regálech IV – B a I – G. V případě čidla umístěného v regále I-G se jedná s určitostí o ovlivnění hodnot blízkostí stěny (čidlo je umístěno mezi regálem a stěnou, se sondou vysunutou do prostoru k oknu). V případě měření v regálu IV – B se jedná o kombinaci dvou faktorů – ovlivnění blízkostí stěny a pak dále faktem, že tento roh místnosti je nejstudenějším místem v prostoru knihovny, což rovněž ovlivňuje hodnoty relativní vlhkosti. Z těchto důvodů je možné považovat z hlediska případného výskytu plísní toto místo jako kritické, a je nezbytné na něj v rámci provozu a kontroly knihovny dbát se zvláštní obezřetností, protože zde měřené hodnoty relativní vlhkosti jsou již dostatečně vysoké pro rozvoj plísníových kultur. Z hlediska knižního fondu je proto nezbytné dodržovat co největší odstup knih od zadní stěny regálu.



OBR. 47 - POROVNÁNÍ HODNOT REL. VLHKOSTI MIMO VENKOVNÍ MĚŘENÍ A OKENICE

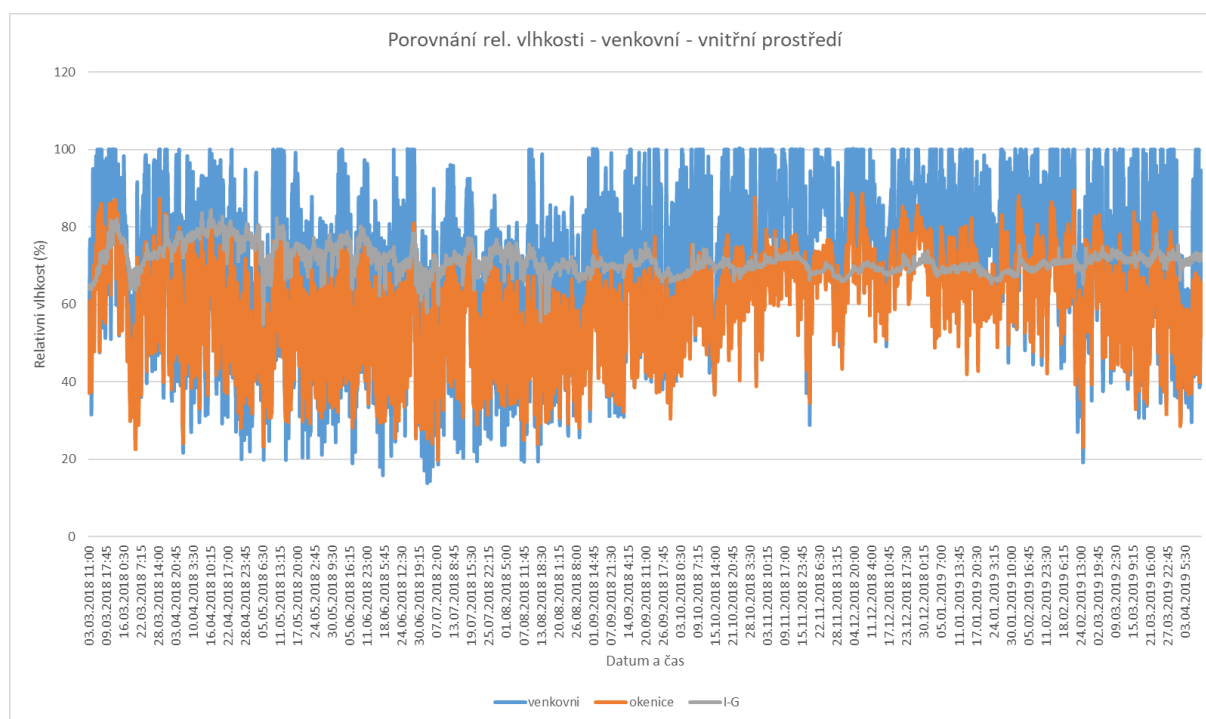
INFILTRACE V PROSTORU OKENICE

V rámci měření byl rovněž porovnáván vliv infiltrace na vnitřní prostředí. Porovnávány byly hodnoty vnějšího prostředí, prostoru mezi okenicemi a prostoru za oknem v místě zadní stěny nejbližšího regálu, viz grafy níže.



OBR. 48 - POROVNÁNÍ TEPLOT - INFILTRACE V PROSTORU OKENIC

Z naměřených hodnot je patrné, že okenice nejsou těsné a umožňují jistou míru infiltrace vzduchu do prostoru, což je velmi dobře patrné jak z hodnot teploty, tak z hodnot relativní vlhkosti. Míra netěsnosti je dána stářím okenic a jejich současným stavem. Z dat pro relativní vlhkost je pak patrné, že ačkoliv je umožněna jistá míra infiltrace vzduchu do prostoru knihovny, nejsou změny parametrů uvnitř knihovny natolik významné, aby byly ohrožující pro knižní fond, a naopak do jisté míry umožňují pozvolnou výměnu vzduchu v knihovně.



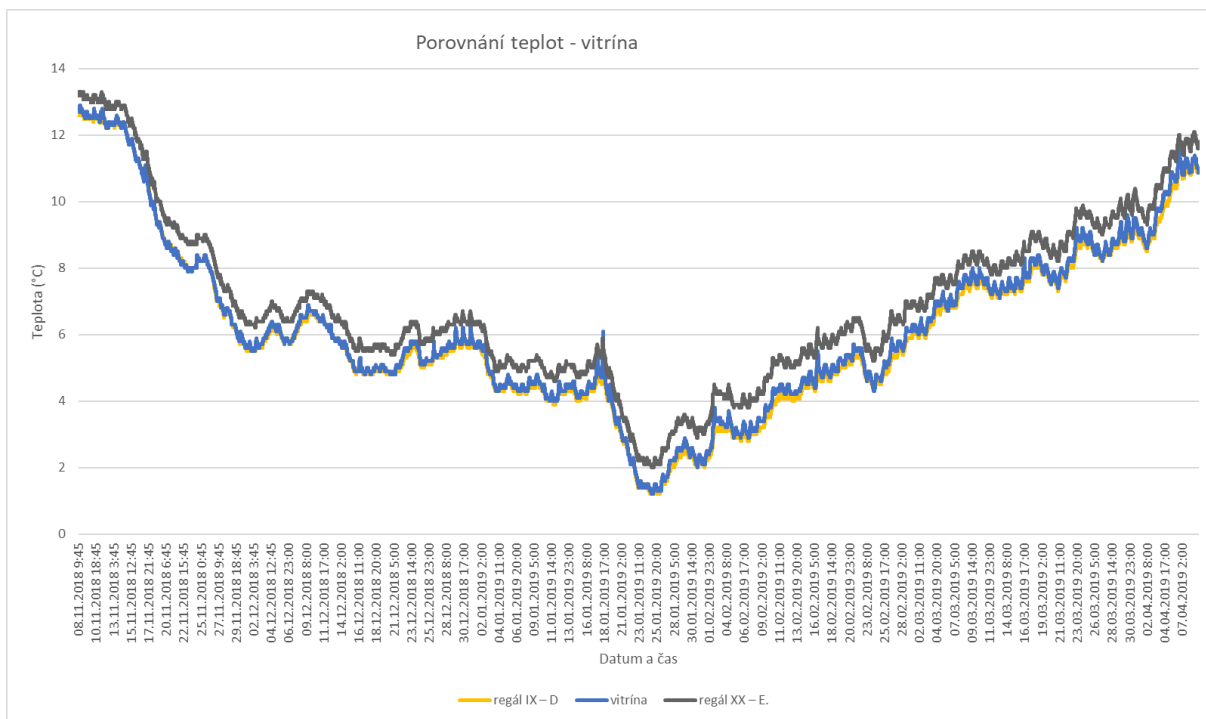
OBR. 49 - POROVNÁNÍ REL. VLHKOSTI - INFILTRACE V PROSTORU OKENICE

POROVNÁNÍ DAT Z VITRÍNY

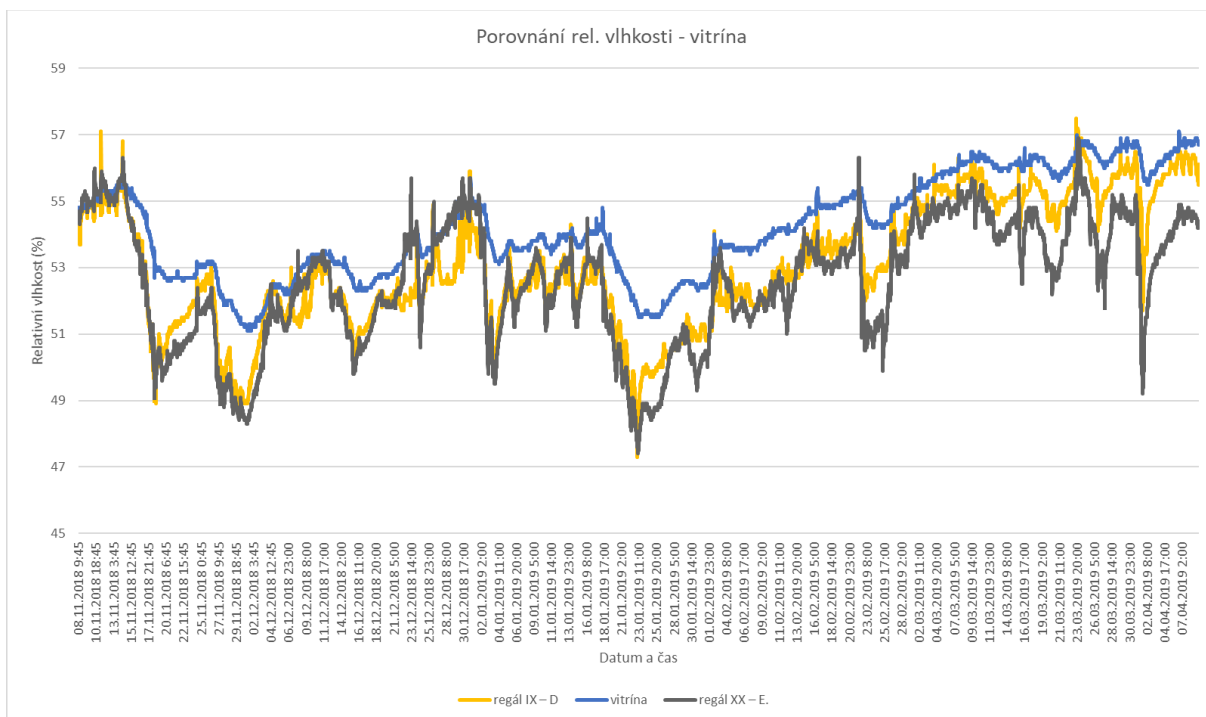
Vzhledem ke konzistenci dat, bylo v roce 2018 rozhodnuto, že jedno z čidel bude použito pro proměření klimatických parametrů u vybrané vitríny s knižním exponátem.

Výsledky měření, viz grafy níže, jsou v souladu s předpoklady pro toto měření. Teplota uvnitř vitríny velmi těsně sleduje průběh teplot v prostoru knihovny, což odpovídá rychlosti přenosového mechanismu. Výkyvy relativní vlhkosti uvnitř vitríny jsou naopak výrazně tlumeny, což odpovídá ideálně nulovému přenosu vlhkosti skrze skleněné plochy vitríny. Pozvolné změny relativní vlhkosti jsou tak způsobeny změnami teploty uvnitř vitríny a infiltrací vzduchu z prostoru knihovny.

Pro posuzování klimatu uvnitř vitrín je proto možné použít přibližně data měřená uvnitř knihovny.



OBR. 50 - POROVNÁNÍ TEPLoty VE VITRÍNĚ S VYBRANÝMI ČIDLy V KNIHOVNĚ

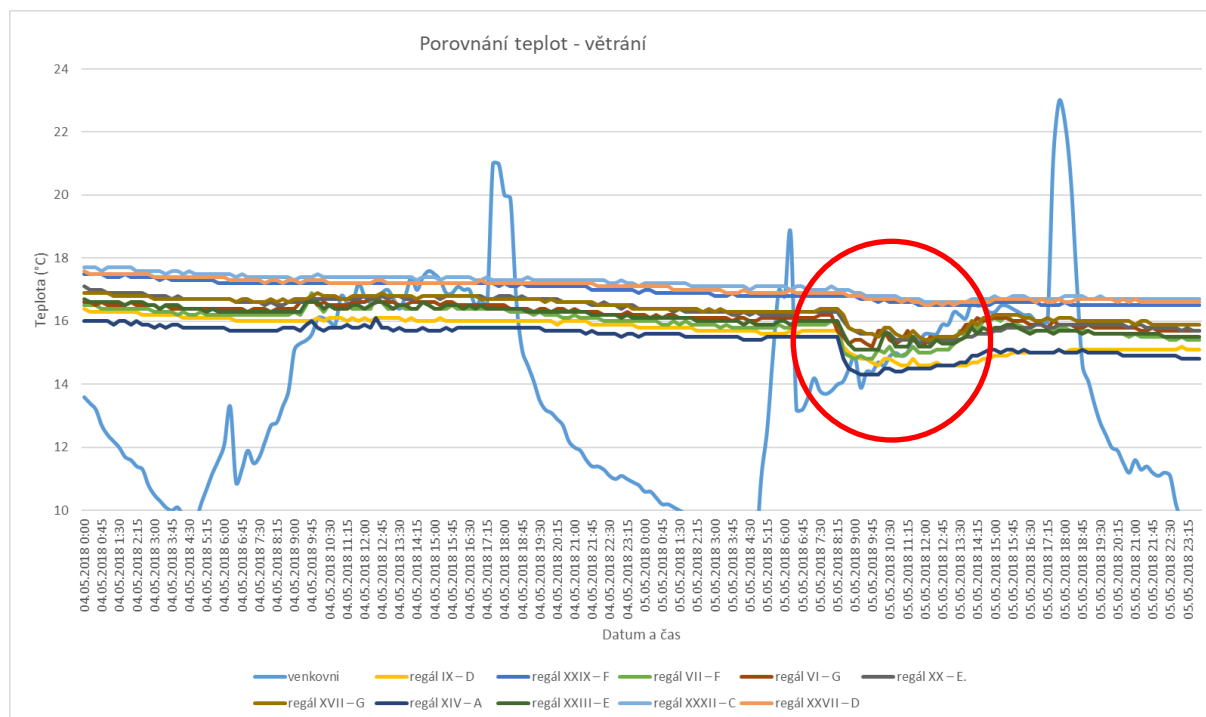


OBR. 51 - POROVNÁNÍ REL. VLHKOSTI VE VITRÍNĚ S VYBRANÝMI ČIDLy V KNIHOVNĚ

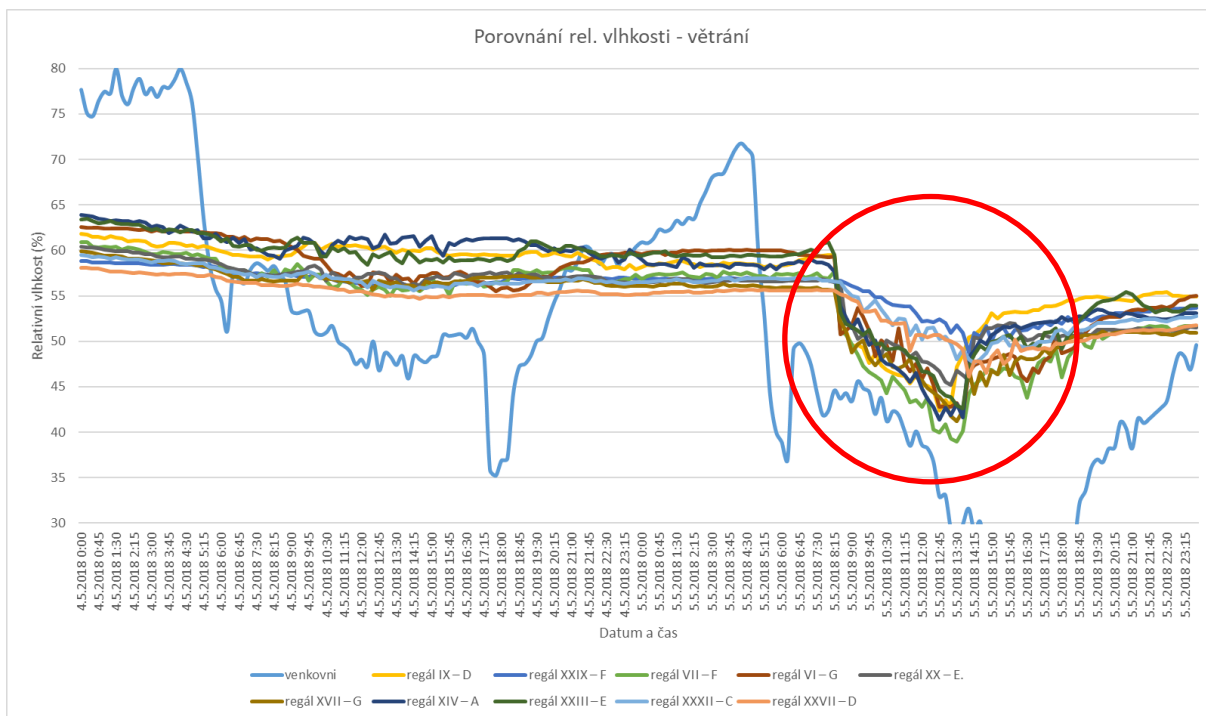
POSOUZENÍ VLIVŮ SPOJENÉ S ČINNOSTÍ ČLOVĚKA

Jako zcela zásadní na klimatické poměry uvnitř knihovny se ukazuje vliv větrání uvnitř knihovny. Jedná se o zcela zásadní selhání lidského prostoru, které způsobuje výkyvy klimatu, jak k vyšším, tak nižším hodnotám měřených parametrů.

Na grafech níže je zobrazeno porovnání hodnot klimatu ve dvou dnech, kde v prvním dni (4.5.2018) je zachycen vliv lidské činnosti uvnitř knihovny bez větrání, který způsobuje oscilaci hodnot s velmi malou amplitudou a bez výraznějšího vlivu na celkové hodnoty. K porovnání pak může vzít data z následujícího dne (5.5.2018), kde zcela zřetelně můžeme demonstrovat vliv větrání na klimatické poměry. Na datech je zřetelný okamžitý pokles teploty a přizpůsobení trendů venkovním hodnotám. Nejdramatičtější situace je pak zřetelná u hodnot relativní vlhkosti, kde větrání způsobí velmi rychlý pokles až o 20% relativní vlhkosti, jak ukazují grafy níže.

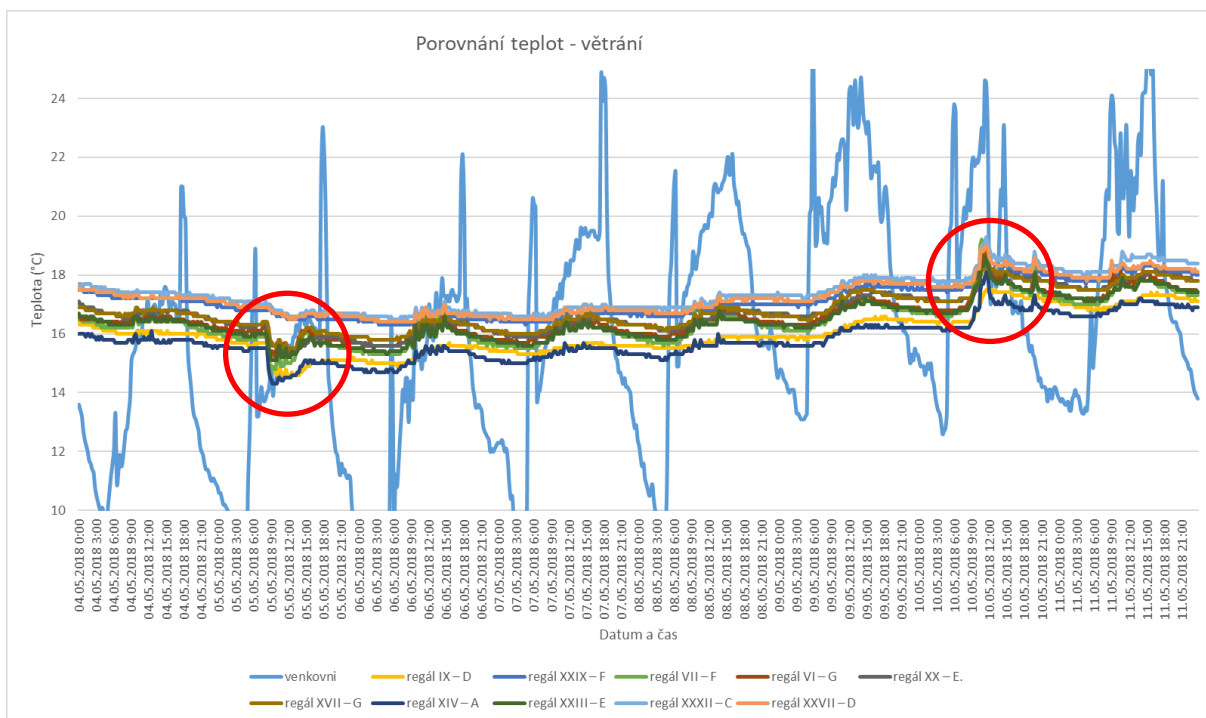


OBR. 52 - TEPLOTA - VĚTRÁNÍ

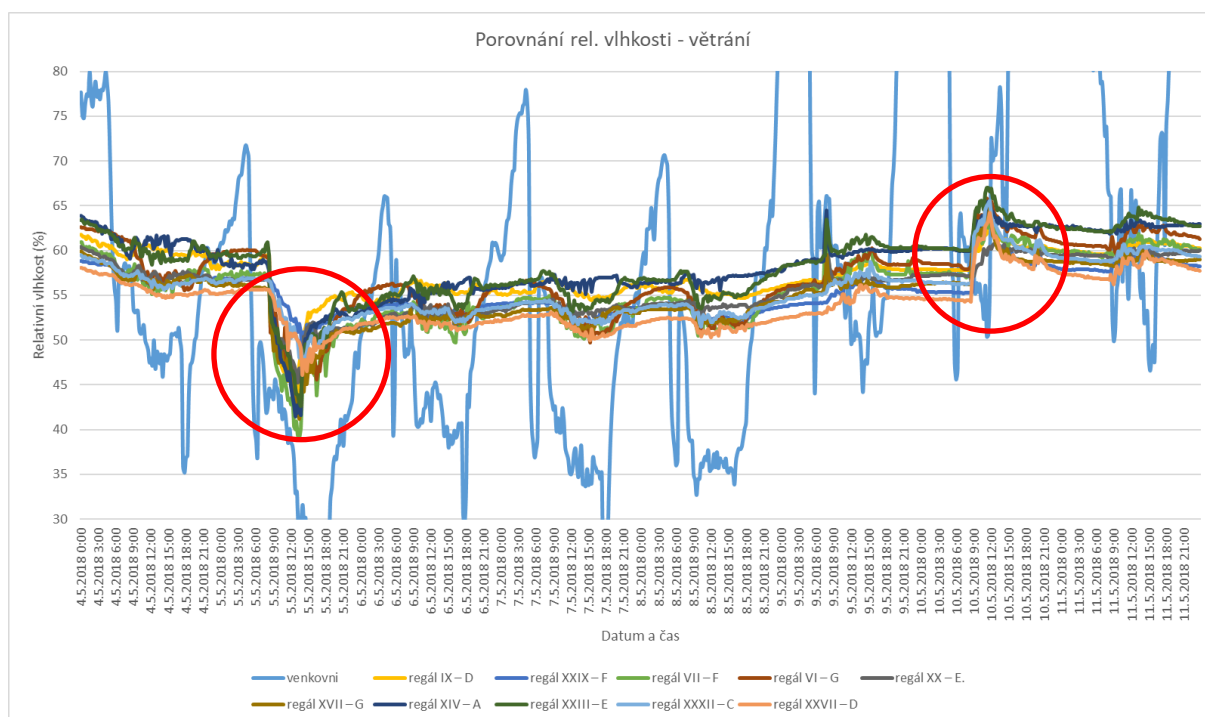


OBR. 53 - REL. VLHKOST - VĚTRÁNÍ

Velmi nepříjemným je pak také fakt, že po ukončení větrání se především parametry relativní vlhkosti nedokáží vrátit na své původní hodnoty a změna je tak poměrně trvalá a může působit déle. Dalším zcela zásadním faktorem je fakt, že tyto změny mohou působit na změnu parametrů, jak přírůstkem, tak poklesem hodnot, jak ukazují grafy níže, kde je zachycena změna oběma směry během jediného týdne. Z toho je jasně patrné, že člověk není pocitově schopen odhadnout vliv svého konání při provětrávání knihovny



OBR. 54 - TEPLOTA - VĚTRÁNÍ - TÝDENNÍ INTERVAL



OBR. 55 - REL. VLHKOST - VĚTRÁNÍ - TÝDENNÍ INTERVAL

METODIKA

PROVOZNÍ ŘÁD

Stabilita relativní vlhkosti uvnitř knihovny je klíčovým parametrem pro dlouhodobou udržitelnost knižního fondu a minimalizaci degradace materiálů. Jako zcela zásadní se jeví v rámci provozního řádu zakázat větrání v prostoru knihovny, a v tomto duchu by měli být proškoleni všichni zaměstnanci. Pro výměnu vzduchu by měla dostatečně posloužit infiltrace vzduchu skrz netěsnosti v okenních rámech.

KONTROLOVANÉ VĚTRÁNÍ

V případě, že by se provozovatel rozhodl pro zachování alespoň nějakého způsobu větrání, nesmí se jednat o „ad hoc“ větrání, ale musí být založeno na rigorózním přístupu a přísných pravidlech. Pro větrání by mělo být využívána znalost klimatických parametrů ve venkovním prostředí. K tomuto účelu by měl sloužit jakýkoliv systém pro měření venkovní teploty a relativní vlhkosti s odpovídající přesností a bez ovlivnění slunečním zářením.

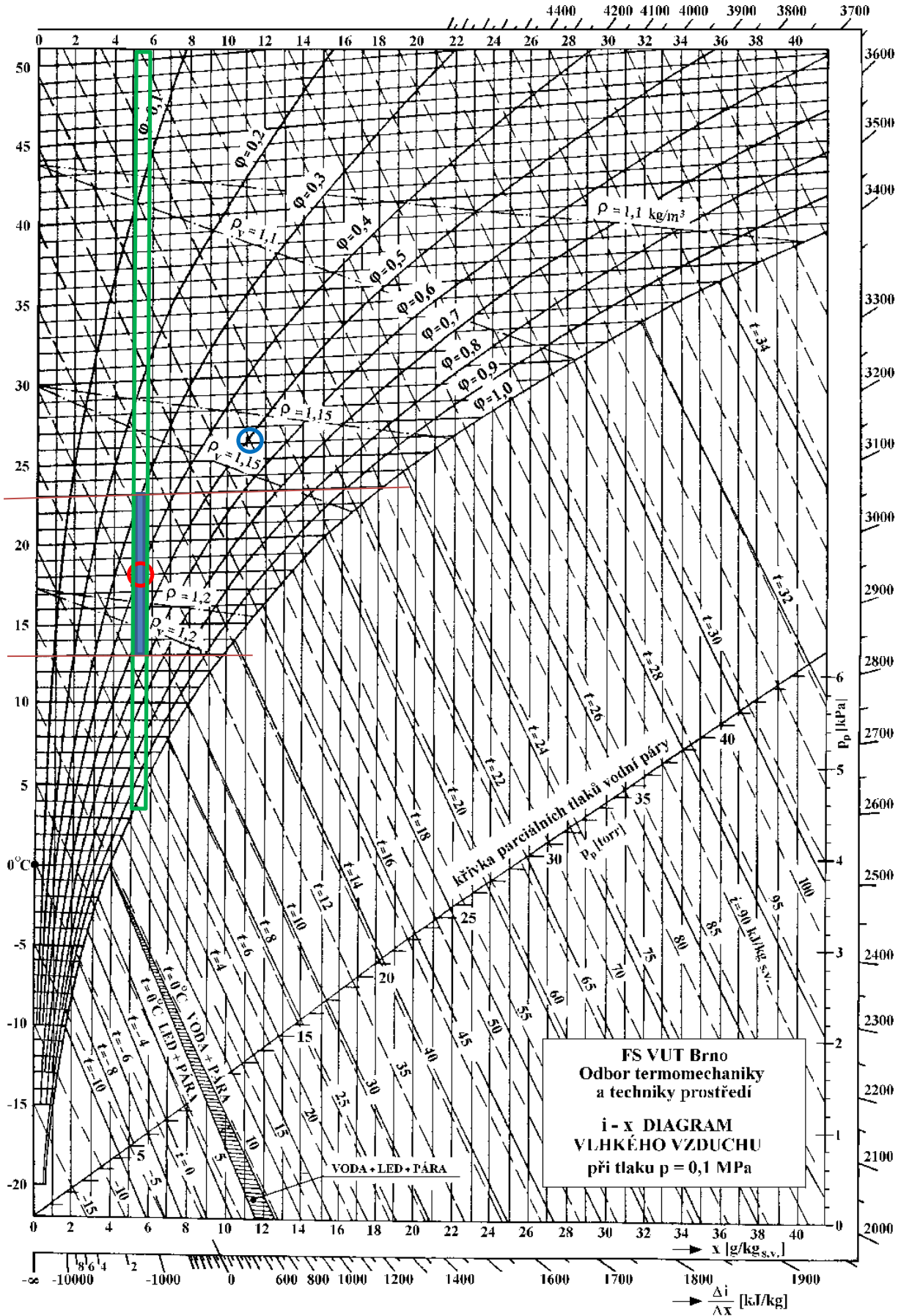
Postup pro ověření možnosti větrání by měl být následující:

- 1) Jsou ověřeny hodnoty venkovního klimatu
- 2) Jsou ověřeny hodnoty klimatu uvnitř knihovny
- 3) Obě hodnoty jsou zaneseny do i-x diagramu vlhkého vzduchu
- 4) Je posouzeno, zda absolutní vlhkost venkovního vzduchu je v přípustném pásmu (v případě, že je venkovní vzduch ohřát/schlazen na teplotu uvnitř knihovny, jeho relativní vlhkost bude odpovídat relativní vlhkosti uvnitř knihovny)
- 5) Je posouzeno, zda teplota (případně rel. vlhkost) venkovního vzduchu je v přípustném pásmu (vzduch v knihovně po vyvětrání nebude mít teplotu jako před vyvětráním, proto je nezbytné, aby počáteční rozdíl mezi oběma hodnotami nebyl excesivní)

- 6) Je přistoupeno k větrání v intervalu maximálně jednu hodinu. Větrání je prováděno v intervalu minimálně 3 dnů

Jako příklad uvádíme i-x diagram níže. V rámci knihovny jsou naměřeny parametry $t=18^{\circ}\text{C}$ a rel. vlhkost $\phi=0,5$ (červené kolečko). Venkovní prostředí má hodnoty $t=26^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkost $\phi=0,6$ (modré kolečko). Absolutní vlhkost pro parametry v knihovně je určena na $x=5,5$ g vody na kg suchého vzduchu. V případě, že by tolerance byla stanovena na $\pm 0,5$ g vody na kg suchého vzduchu, odpovídalo by pásmo parametrů venkovního klimatu, ve kterém by bylo možné větrat, zeleně ohraničené oblasti. Pokud by přípustný rozdíl mezi teplotou venkovního vzduchu a vzduchu uvnitř knihovny byl stanoven na maximálně 5°C byla by oblast dále omezena na modře vyplněnou část. V tomto případě jsou parametry venkovního vzduchu příliš vzdálené požadovaným hodnotám a k větrání by nedošlo. V případě větrání by při kompletní výměně vzduchu a jeho konečné teplotě 20°C došlo na změnu relativní vlhkosti na $\phi=0,8$.

Vlastní postup uvedený výše je možný zpracovávat ručně nebo pomocí automatizačních prostředků.



OBR. 56 - PŘÍKLAD PRO STANOVENÍ PŘÍPUSTNÉ OBLASTI PRO VĚTRÁNÍ

ZÁVĚRY

Bylo provedeno měření hodnot teploty a relativní vlhkosti v prostoru knihovny v areálu kláštera Broumov pro období 3.3.2018 až 9.4.2018.

Teploty v měřeném období se pohybují v rozsahu od -3 do 26 °C a relativní vlhkost se pohybuje v průměru v rozsahu 45 až 65 %. Výjimkou jsou pak čidla 7 a 8, pro které jsou měřené hodnoty vyšší vlivem přítomnosti stěny.

Z hlediska provozu se jako klíčové ukazuje větrání v prostoru knihovny, které je prováděno nedisciplinovanými nebo nepoučenými pracovníky, a které vede k výrazným výkyvům klimatu uvnitř knihovny. V rámci knihovny doporučujeme nevětrat vůbec nebo větrat pouze řízeně dle metodiky popsané v rámci předchozí kapitoly.

S ohledem na fakt, že knihovna není nijak temperovaná ani v ní není regulována vlhkost, je možné alespoň z pohledu relativní vlhkosti posuzovat jako stabilní.

V případě, že by byla snaha knihovnu s ohledem na klima vylepšit, doporučily bychom temperování v zimních měsících na nenulové hodnoty.

LITERATURA

[1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2009. *2009 ASHRAE handbook fundamentals*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.

[2] D.Camuffo, V. Fassina, J. Havermans (Editors) Basic environmental mechanisms affecting cultural heritage. Understanding deterioration mechanisms for conservation purposes. COST Action D 42: CHEMICAL INTERACTIONS BETWEEN CULTURAL ARTEFACTS AND INDOOR ENVIROMENT (ENVIART); 2010; ISBN 978-88-404-4334-8