

PREIZKUŠANJE REGISTRATORJA TEMPERATURE IN RELATIVNE ZRAČNE VLAŽNOSTI Voltcraft DL-120 TH

Poročilo raziskovalnega dela
Slovenskega meteorološkega foruma

Gregor VERTAČNIK, univ.dipl.meteorol.
Iztok SINJUR, dipl.inž.gozd.

Marec 2008

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	6
1.1 MERITVE Z REGISTRATORJI	6
1.2 OPIS PREIZKUŠANEGA REGISTRATORJA	7
2 METODE	11
3 REZULTATI	12
3.1 PREIZKUŠANJE REGISTRATORJA V MESECU OKTOBRU	12
3.1.1 Izbira ustreznega časovnega termina meritev.....	12
3.1.2 Temperatura zraka.....	13
3.1.3 Relativna vlažnost zraka.....	16
3.2 PREIZKUŠANJE REGISTRATORJA V MESECU DECEMBRU	18
3.2.1 Izbira ustreznega časovnega termina meritev.....	18
3.2.2 Temperatura zraka.....	20
3.2.3 Relativna vlažnost zraka.....	22
4 ZAKLJUČEK	25
5 VIRI.....	26
6 PRILOGE	27

KAZALO SLIK

Slika 1: Izgled registratorja Voltcraft DT-120 TH (Foto: I. SINJUR).....	7
Slika 2: Osnovni deli registratorja.....	7
Slika 3: Natančnost tipala za temperaturo zraka SHT (Sensirion AG)	8
Slika 4: Natančnost tipala za relativno vlažnost zraka SHT (Sensirion AG).....	8
Slika 5: Razstavljen registrator s pripadajočo 3,6V Li baterijo (Foto: I. SINJUR)	9
Slika 6: Tipalo temperature in relativne vlažnosti zraka vrste SHT (Foto: I. SINJUR).....	9
Slika 7: Položaj registratorja v meteorološki hišici in tipalo samodejne meteorološke postaje (Foto: I. SINJUR)	11
Slika 8: Meteorološka hišica (Foto: I. SINJUR)	11
Slika 9: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) v času oktobrskega testiranja. Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 5 minut.	13
Slika 10: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in izmerkom opazovalca. Upoštevane so le meritve ob polnih urah.	14
Slika 11: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od AMP. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon).	15
Slika 12: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in AMP od relativne vlažnosti. Upoštevane so meritve registratorja s časovnim zamikom 5 minut glede na AMP.	15
Slika 13: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od opazovalčevih meritev. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon).....	15
Slika 14: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) od relativne vlažnosti na AMP pri časovnem zamiku 0 minut. 16	
Slika 15: Odvisnost razlike meritev relativne vlažnosti zraka med registratorjem in meritvijo opazovalca od relativne vlažnosti, ki jo je izmeril opazovalec. Upoštevane so meritve registratorja ob času 5 minut čez polno uro.	17
Slika 16: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in AMP od temperature na AMP za tri izbrane intervale relativne vlažnosti pri časovnem zamiku 0 minut.	17

Slika 17: Povprečni dnevni hod razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in AMP s prikazano oceno napake (1 standardni odklon) za izmerke ob času termina AMP. 18

Sliki 18: Odvisnost temperaturne razlike od časovnega odvoda temperature (iz polurnih meritev AMP) in časovnega zamika meritev registratorja. Upoštevani so le izmerki, ko je bila temperatura na referenčni postaji vsaj $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 19

Slika 19: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP). Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 6 minut..... 20

Slika 20: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in izmerkom opazovalca. Upoštevane so meritve registratorja ob času 1 minute čez polno uro. 21

Slika 21: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od AMP. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon). 21

Slika 22: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od meritev opazovalcev. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon)..... 22

Slika 23: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) od relativne vlažnosti na AMP. Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 6 minut..... 23

Slika 24: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in meritvijo opazovalca od relativne vlažnosti, ki jo je izmeril opazovalec. Upoštevane so meritve registratorja ob času 4 minute pred polno uro. 23

Slika 25: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) od temperature na AMP za dva izbrana intervala relativne vlažnosti. Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 6 minut. 24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovne značilnosti registratorja Voltcraft DT-120 TH (povzeto po podatkih proizvajalca registratorja).....	10
Preglednica 2: Vrednosti standardnega odklona razlike med registratorjem in samodejno postajo (AMP) v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) v odvisnosti od zamika meritev registratorja glede polovično uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polovično uro).	12
Preglednica 3: Vrednosti standardnega odklona razlike med registratorjem in samodejno postajo (AMP) v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) v odvisnosti od zamika meritev registratorja glede polno uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polno uro).	13
Preglednica 4: Odvidnost standardnega odklona razlike med registratorjem in referenčno postajo v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) od zamika meritev registratorja glede na polovično uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polovično uro).	19
Preglednica 5: Odvidnost standardnega odklona razlike med registratorjem in referenčno postajo v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) od zamika meritev registratorja glede na polno uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polno uro).	19

1 UVOD

1.1 MERITVE Z REGISTRATORJI

Merjenje okolja, zlasti na odročnih mestih, kamor bodisi zaradi slabih cestnih povezav, bodisi vremenskih razmer ne moremo pogosto priti, si brez pomoči sodobnih merilnih naprav dandanes ne moremo več zamišljati.

Zaradi napredka tehnike, cenejše proizvodnje in vse večje ponudbe na tržišču, elektronske naprave za samodejno beleženje različnih meteoroloških spremenljivk postajajo vse manjše, cenejše in s tem dostopnejše širšemu krogu uporabnikov. Slednji si pri poizvedovanju najenostavneje pomagajo predvsem s svetovnim spletom, kjer je mogoče zaslediti najrazličnejše elektronske dokumente in mnenja tistih, ki imajo s tovrstnimi napravami že izkušnje.

Bodoči uporabnik, ki še ni imel priložnosti seznaniti se z delovanjem določene naprave, je zaradi množice, nemalokrat različnih ali nepopolnih informacij, lahko pred nakupom v dvomih. Da bi pripomogli k boljšemu poznavanju zanesljivosti in uporabnosti takih elektronskih naprav, smo v sklopu zasebnega raziskovalnega dela v Slovenskem meteorološkem forumu¹ opravili preizkus regulatorja znamke Voltcraft. Registratorjev omenjene blagovne znamke nemške družbe Conrad pri operativnih meritvah Slovenskega meteorološkega foruma še nismo uporabili, zaradi česar so v poročilu opisani zgolj rezultati poskusnih meritev.

¹ *Neuradno prostovoljno združenje posameznikov različnih strok, ki deluje na svetovnem spletu na naslovu www.slometeo.net in izvaja različne zasebne raziskovalne projekte s področja meteorologije.*

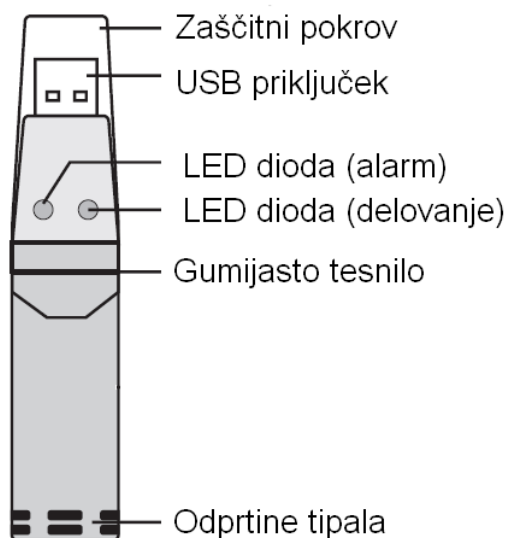
1.2 OPIS PREIZKUŠANEGA REGISTRATORJA

Registrator Voltcraft DT-120 TH ima plastično ohišje črne barve, ki je na eni strani dopolnjeno z USB priključkom, na drugi strani pa ima več rež (Slika 2). Reže služijo za ustrezno prezračevanje merilnega tipala. Del registratorja, kjer je USB priključek, je prekrit s prozornim plastičnim pokrivalom, ki slednjega ščiti pred mehanskimi in vremenskimi vplivi (Slika 1).

Registrator ima skupaj s pokrivalom USB priključka v milimetrih dimenzije 102 x 22 x 19 (D x Š x V).



Slika 1: Izgled registratorja Voltcraft DT-120 TH (Foto: I. SINJUR)

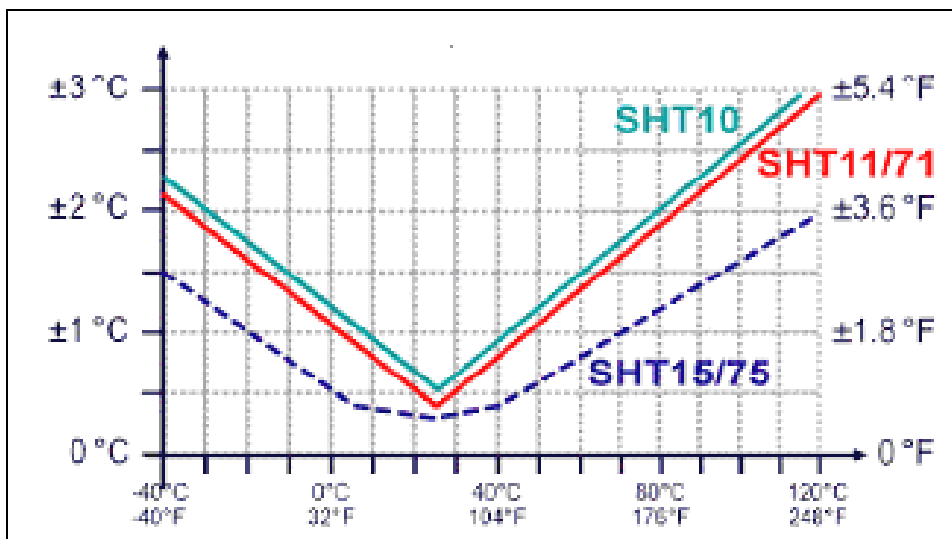


Slika 2: Osnovni deli registratorja

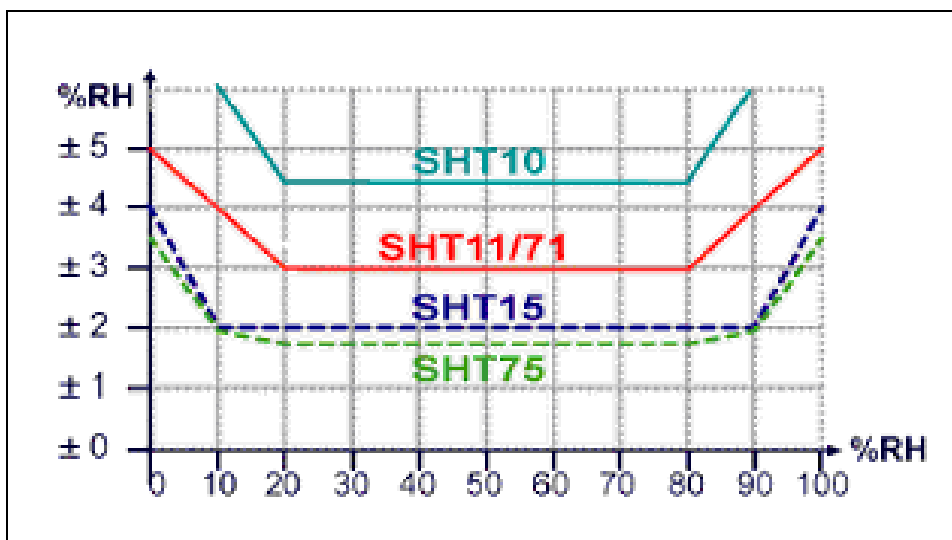
Pred začetkom meritev je potrebno ohišje delno razstaviti tako, da se sname zaščitni pokrov USB priključka ter pazljivo razčleni samo ohišje (Slika 5). Znotraj je prostor za baterijski vložek, tipalo pa je nameščeno na koncu neposredno poleg njega (Sliki 6 in 7).

Tipalo za temperaturo in relativno vlažnost zraka tipa SHT 11 je zelo majhno in trdno nameščeno v poseben 10 mm širok utor. Proizvajalec tipala je švicarsko podjetje Sensirion AG, ki za umerjena tipala SHT zagotavlja dolgo življenjsko dobo, natančne meritve in enostavno uporabo (Sensirion AG).

Iz primerjave lastnosti tipal, ki jih navaja proizvajalec Sensirion AG (Sliki 3 in 4) in lastnosti registratorja, ki jih navaja prodajalec Conrad (Preglednica 1), so razvidne manjše razlike. Razlikujeta se natančnost meritev in odzivni čas, kar je verjetno posledica vpliva ohišja na sam senzor. Registrator, ki ima razpoložljivega pomnilniškega prostora za skupno 32.000 meritev, ima merilno območje omejeno od temperature $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Natančnost je odvisna od temperature in vlažnosti zraka; v temperaturnem območju med $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ znaša $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, izven tega območja pa $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Natančnost meritev relativne zračne vlažnosti je 3% (Preglednica 1).



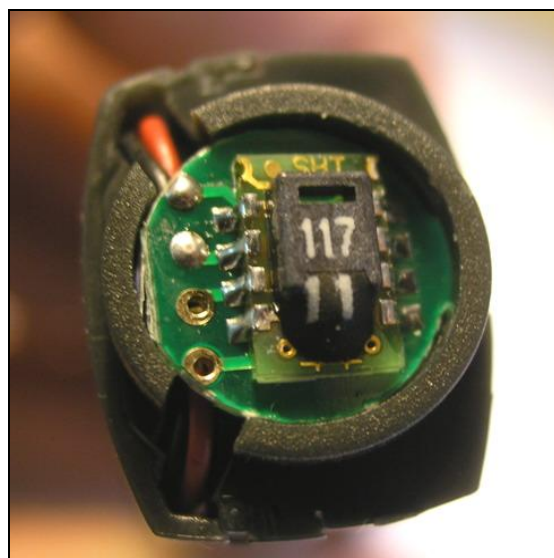
Slika 3: Natančnost tipala za temperaturo zraka SHT (Sensirion AG)



Slika 4: Natančnost tipala za relativno vlažnost zraka SHT (Sensirion AG)



Slika 5: Razstavljen registrator s pripadajočo 3,6V Li baterijo (Foto: I. SINJUR)



Slika 6: Tipalo temperature in relativne vlažnosti zraka vrste SHT (Foto: I. SINJUR)

Nastavitev beleženja podatkov je omogočena s pomočjo enostavnega računalniškega programa za Windows 98/2000/XP/Vista™, ki je ob nakupu priložen registratorju (Conrad AG). S programom lahko stopenjsko nastavimo interval meritev, število izmerkov in čas pričetka meritev (Preglednica 1). Meritve lahko zaženemo tudi s pritiskom manjšega gumba na ohišju registratorja.

Preglednica 1: Osnovne značilnosti registratorja Voltcraft DT-120 TH (povzeto po podatkih proizvajalca registratorja)

	DL-120 TH
Napajanje	3,6 V litijeva baterija 1/2AA
Življenjska doba baterije	---

Največje število izmerkov	16.000 za temperaturo zraka
	16.000 za relativno zračno vlažnost
Merilno območje temperature	-40 °C do +70°C
Natančnost meritev temperature	1°C (0 °C to +40°C)
	2,5°C (v ostalem merilnem območju)
Odzivni čas (temperatura)	približno 20 s
Merilno območje relativne zračne vlažnosti	0–100 %
Natančnost meritev relativne zračne vlažnosti	3 %
Odzivni čas (relativna zračna vlažnost)	približno 5 s
Natančnost določitve temperature rosišča (pri 25 °C in 40–100 % relat. vlažnosti)	2°C
Ločljivost	0,1 °C/0,1 %
Merilni intervali	2/5/10/30 sekund
	1/5/10/30 minut
	1/2/3/6/12/24 ur
Dimenzije (D x Š x V) mm	130 x 30 x 25
Teža	20 g

2 METODE

Vzporedne meritve z uradnimi meteorološkimi inštrumentami smo izvedli v oktobru in decembru leta 2007 na merilnem mestu glavne meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad. Registrator temperature in relativne zračne vlažnosti Voltcraft DL-120 TH je bil nameščen v meteorološko hišico (Slika 8), v bližino uradnega elektronskega senzorja za temperaturo in relativno vlažnost samodejne meteorološke postaje (AMP) finskega proizvajalca Vaisala (Slika 7).

Prvotno preskušani registrator v prvi vrsti ni namenjen meteorološkim meritvam, zato je ohišje črno. Da bi zmanjšali vpliv sevalne bilance na registrator, smo njegovo ohišje prelepili z aluminijevim samolepilnim trakom.

Pri analizi meritev smo uporabili podatke samodejne meteorološke postaje in odčitke z dveh klasičnih meteoroloških termometrov (mokrega in suhega). Na voljo smo imeli urne meritve opazovalcev in polurne meritve samodejne postaje, zato smo v analizo meritev registratorja zajeli le izmerke okoli polne in polovične ure; ostalih izmerkov registratorja nismo podrobneje analizirali.

Meritve temperature zraka in relativne zračne vlažnosti so v obdobju od 17. oktobra do 24. oktobra potekale s 45-sekundnim časovnim korakom, v obdobju od 5. do 26. decembra pa s 5-minutnim časovnim korakom. Pri beleženju temperature zraka je bila ločljivost zajema podatkov 0,1 °C, pri beleženju relativne zračne vlažnosti pa 0,1 %. V obdelavo smo zaradi praktičnosti vključili le meritve na vsakih pet minut okoli polne in polovične ure.

Obdelavo podatkov smo izvedli s pomočjo računalniškega programa Microsoft Excel.



Slika 7: Položaj registratorja v meteorološki hišici in tipalo samodejne meteorološke postaje (Foto: I. SINJUR)



Slika 8: Meteorološka hišica (Foto: I. SINJUR)

3 REZULTATI

3.1 PREIZKUŠANJE REGISTRATORJA V MESECU OKTOBRU

Registrator smo iz meteorološke hišice odstranili ob koncu novembra 2007 in podatke prenesli na osebni računalnik. Računalniški program za prenos in ogled podatkov je ob zagonu prenosa s hitrostjo izvedbe dela nakazal na možnost napake. Izkazalo se je, da časovni korak beleženja podatkov ni bil identičen določenemu ob pričetku meritev. Namesto 10 minut je znašal le 45 sekund, kar je pomenilo krajši čas meritev od predvidenega, saj se je razpoložljiv spominski prostor zaradi pogostejših meritev zapolnil v krajšem času. Meritve so tako potekale le med 17. in 24. oktobrom 2007.

Zaradi spremembe časovnega koraka smo zajeli prekratko obdobje za dobro statistično analizo podatkov. Kljub temu smo izmerjene vrednosti analizirali in dobili grob vpogled v natančnost preizkušane naprave.

Če je že bila napačna nastavitvev morebiti posledica človeške napake pa ostaja sumljiva sama vrednost časovnega koraka, saj v predlogi za nastavitvev regulatorja ni možnosti za 45-sekundni časovni korak. Poleg tega smo dejansko vrednost časovnega koraka ugotovili šele po primerjavi s podatki AMP, kajti v glavi podatkovne mape je bil naveden 50-sekundni časovni korak.

3.1.1 Izbira ustreznega časovnega termina meritev

Pred podrobnejšo analizo je bilo potrebno izbrati še termin meritev. Iz podatkov smo namreč hitro ugotovili precej dolg reakcijski čas (daljši kot pri živosrebrnem termometru ali senzorju AMP), zato smo izračunali standardni odklon razlike oziroma napake (če privzamemo dosti večjo točnost uradnih, referenčnih inštrumentov) meritev med regulatorjem in referenčnim inštrumentom (Preglednici 2 in 3). Glede na izmerjene temperature AMP najboljše rezultate dobimo pri terminu približno 3 minute čez polno uro, glede na opazovalčeve meritve pa je optimalen termin minuta ali dve čez polno uro. Pri relativni vlažnosti je optimalen termin enak AMP, glede na opazovalca pa se premakne za nekaj minut naprej. Pri tem se je potrebno zavedati, da opazovalčeve meritve pokrivajo le del dneva, točneje dva intervala: od 7. do 14. ure in od 19. do 21. ure po zimskem času. Na podlagi teh ugotovitev smo v nadaljno analizo zajeli le meritve v terminih, ki se najboljše ujemajo z referenčno postajo.

Standardni odklon razlike meritev je dokaj majhen, saj znaša pri temperaturi le okoli 0,15 °C, pri relativni vlažnosti pa 2 % do 3 % pri optimalnem časovnem zamiku.

Preglednica 2: Vrednosti standardnega odklona razlike med regulatorjem in samodejno postajo (AMP) v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) v odvisnosti od zamika meritev regulatorja glede polovično/polno uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polovično/polno uro).

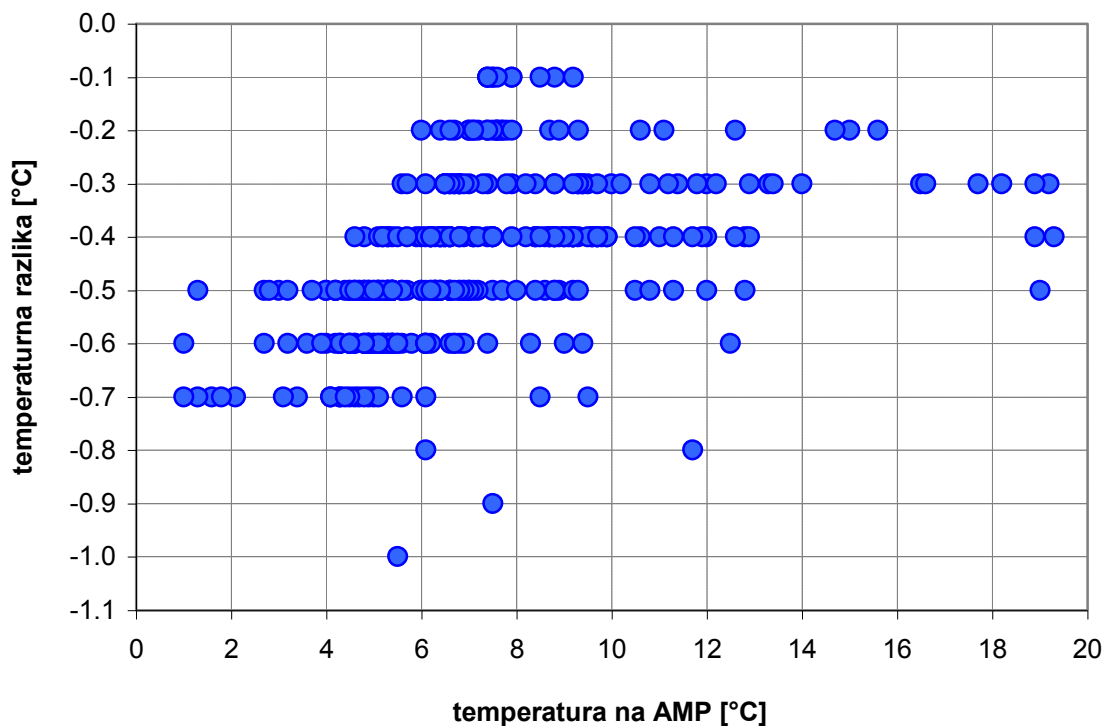
količina \ zamik	-5 minut	0 minut	5 minut	10 minut
temperatura	0,25	0,17	0,15	0,19
relativna vlažnost	2,6	2,3	2,3	2,6

Preglednica 3: Vrednosti standardnega odklona razlike med registratorjem in opazovalčevimi meritvami v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) v odvisnosti od zamika meritev registratorja glede polno uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polno uro).

količina \ zamik	-5 minut	0 minut	5 minut	10 minut
temperatura	0,22	0,15	0,18	0,25
relativna vlažnost	4,1	3,6	3,3	3,5

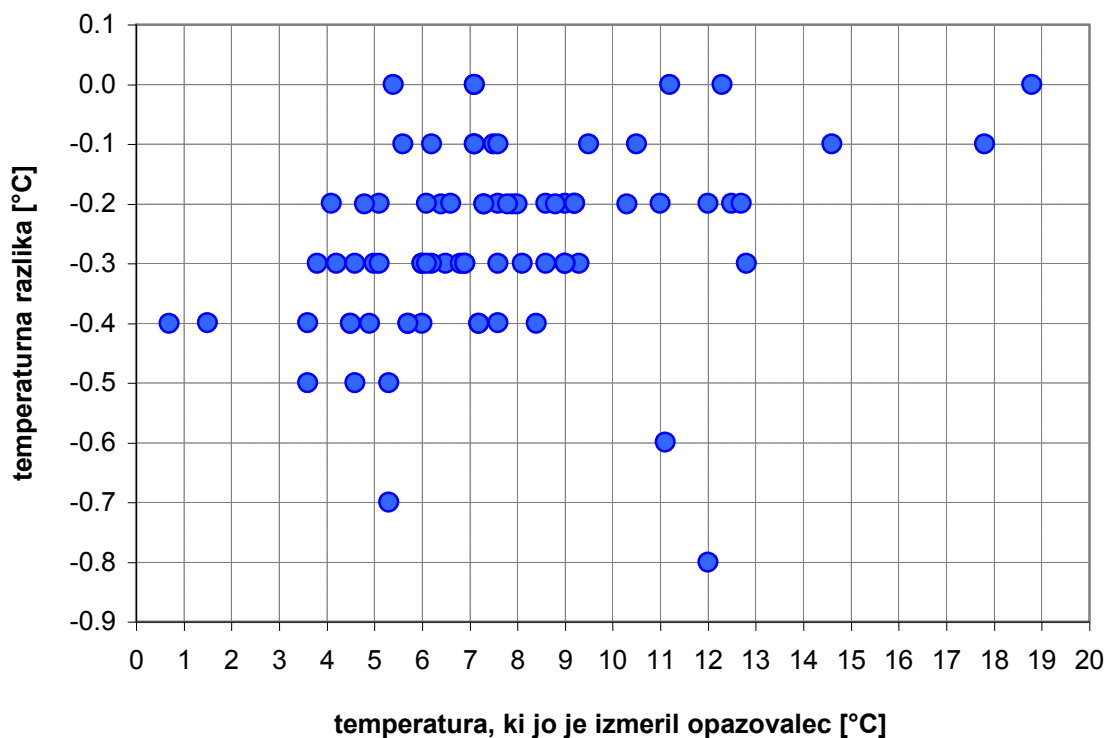
3.1.2 Temperatura zraka

S slik 9 in 10 lahko takoj razberemo, da registrator ni nikoli izmeril višje temperature od primerjalnega inštrumenta. Temperaturna razlika glede na AMP je večinoma manjša ali enaka 0,7 °C, glede na meritve opazovalca pa je nekoliko manjša. Na sliki se da se slutiti tudi večanje razlik z nižanjem temperature. Nasprotno pa ni opaziti odvisnosti temperaturne razlike od relativne vlažnost, ki jo je izmerila AMP (slika 11).

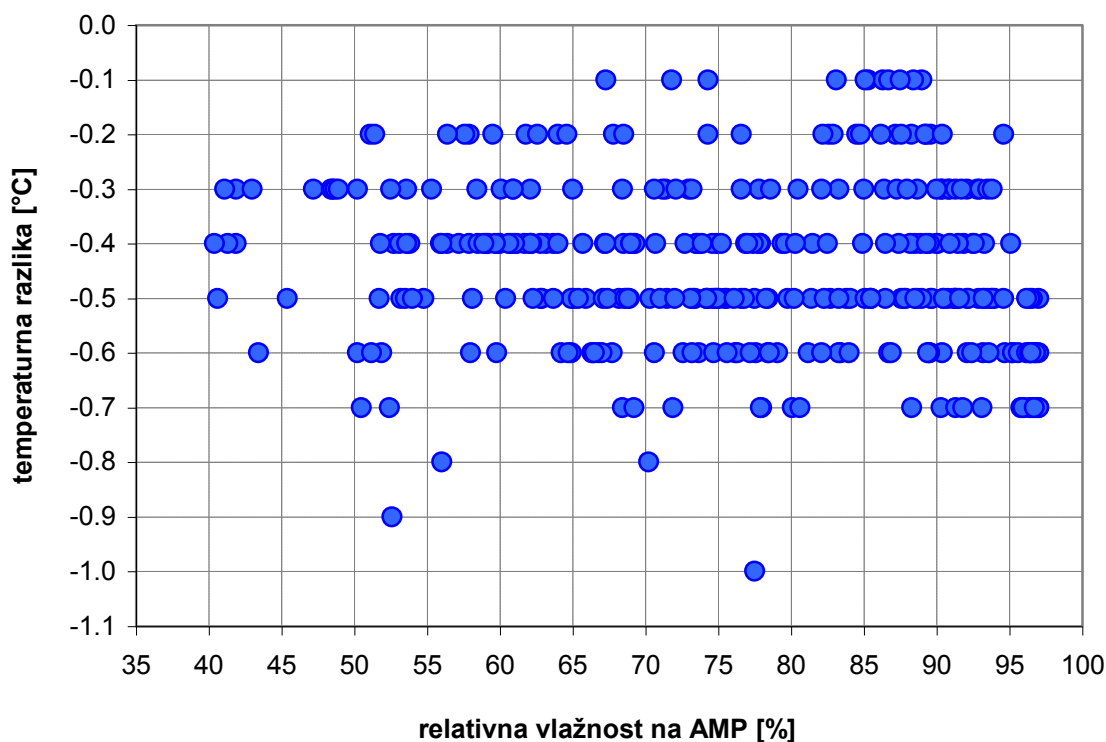


Slika 9: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) v času oktobrskega testiranja. Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 5 minut.

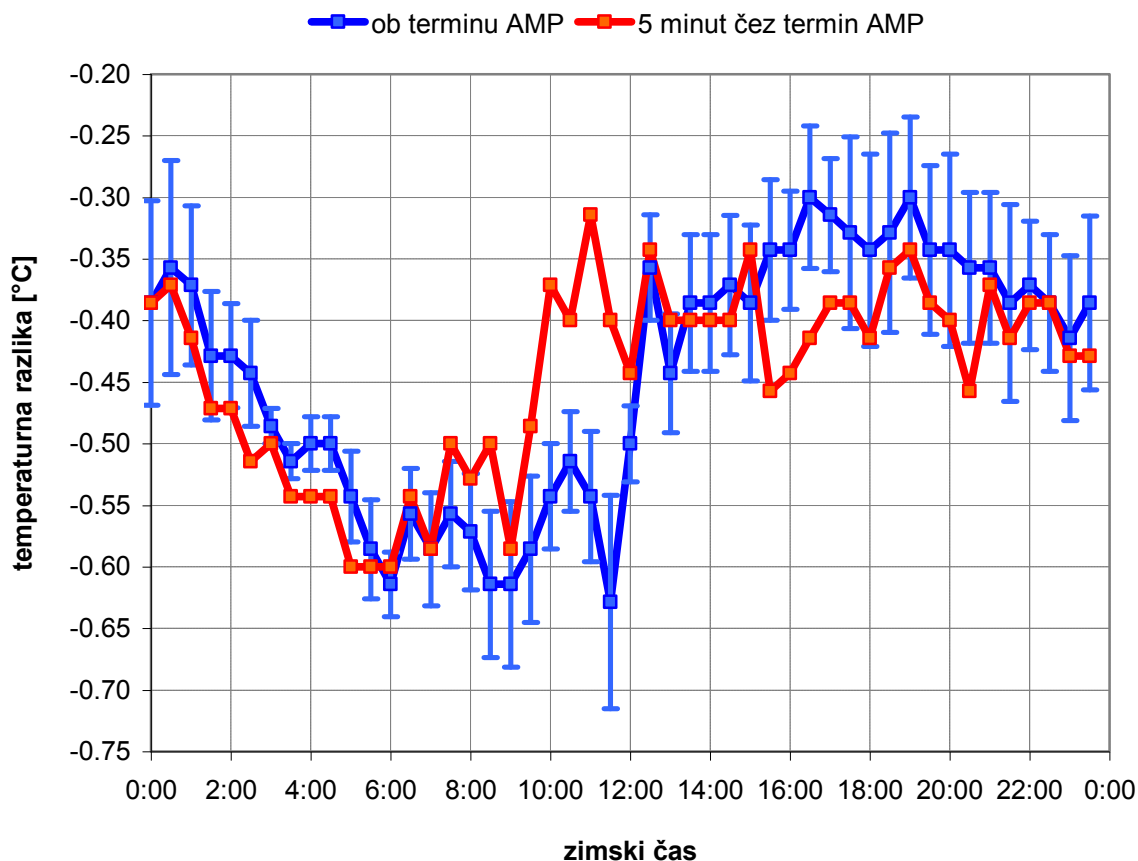
Primerjava temperaturne razlike v odvisnosti od ure dneva (sliki 12 in 13) kaže največjo razliko v jutranjem času, dopoldne ali sredi dneva pa se ta opazno zmanjša. V popoldanskem in večernem času ostane razlika glede na AMP približno stalna, glede na opazovalčeve meritve pa se zmanjša. Opisan dnevni hod je deloma posledica že omenjene odvisnosti razlike od same temperature.



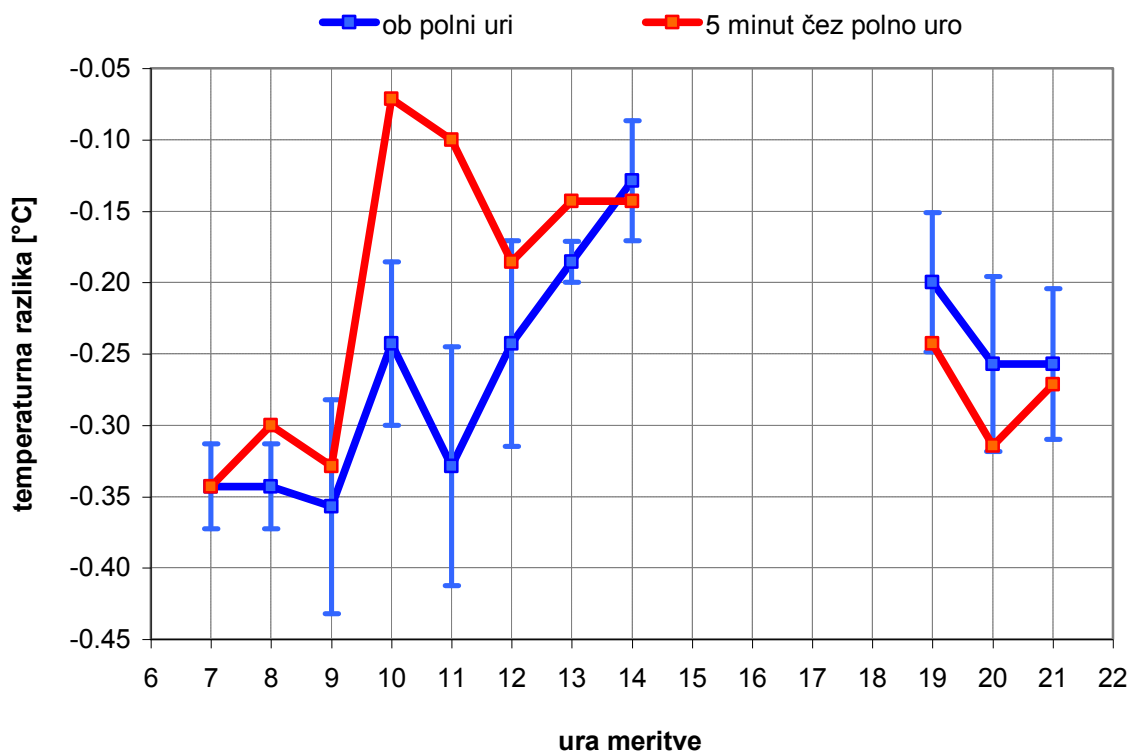
Slika 10: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in izmerkom opazovalca. Upoštevane so le meritve ob polnih urah.



Slika 11: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in AMP od relativne vlažnosti. Upoštevane so meritve registratorja s časovnim zamikom 5 minut glede na AMP.



Slika 12: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od AMP. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon).

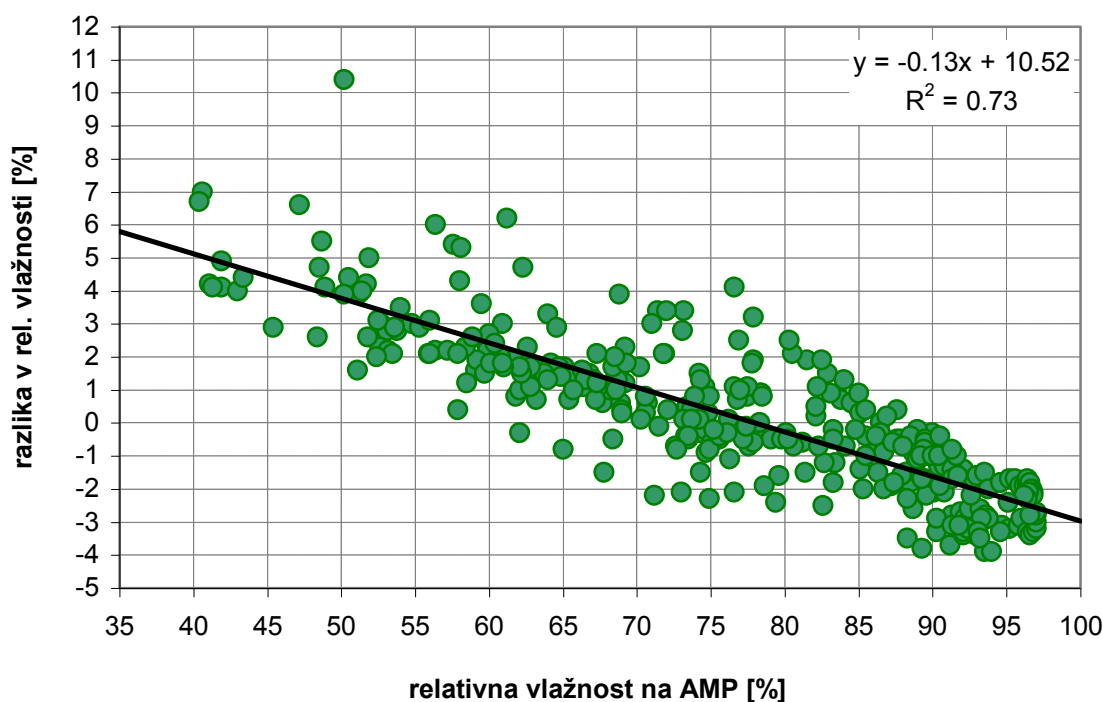


Slika 13: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od opazovalčevih meritev. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon).

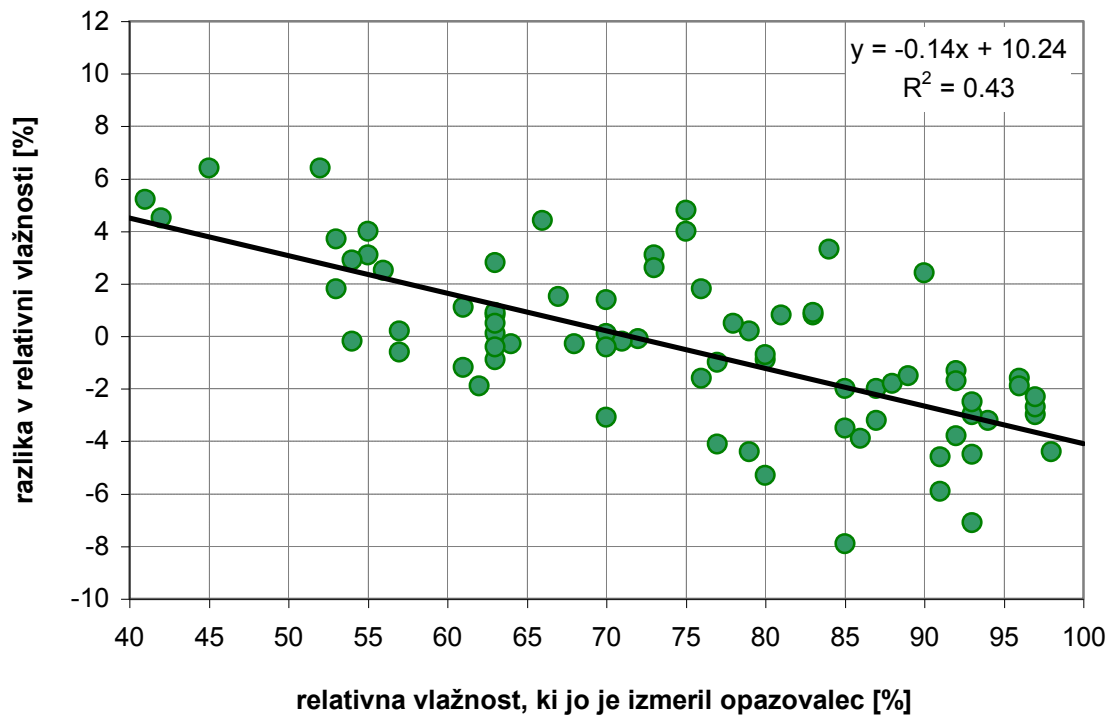
3.1.3 Relativna vlažnost zraka

Primerjava meritev relativne vlažnosti zraka z AMP nam razkrije očitno odvisnost razlike od uradno izmerjenih vrednosti relativne zračne vlažnosti (sliki 14 in 15). Pri zelo visoki relativni vlažnosti zraka registrator podcenjuje, pri nizki in srednje visoki vlažnosti pa precenjuje uradne izmerke relativne vlažnosti zraka. Preverili smo tudi temperaturno odvisnost razlike za različne intervale vlažnosti (slika 16), a zaradi majhnega števila meritev in majhnega razpona vremenskih situacij ni možno kaj dosti reči o tej odvisnosti.

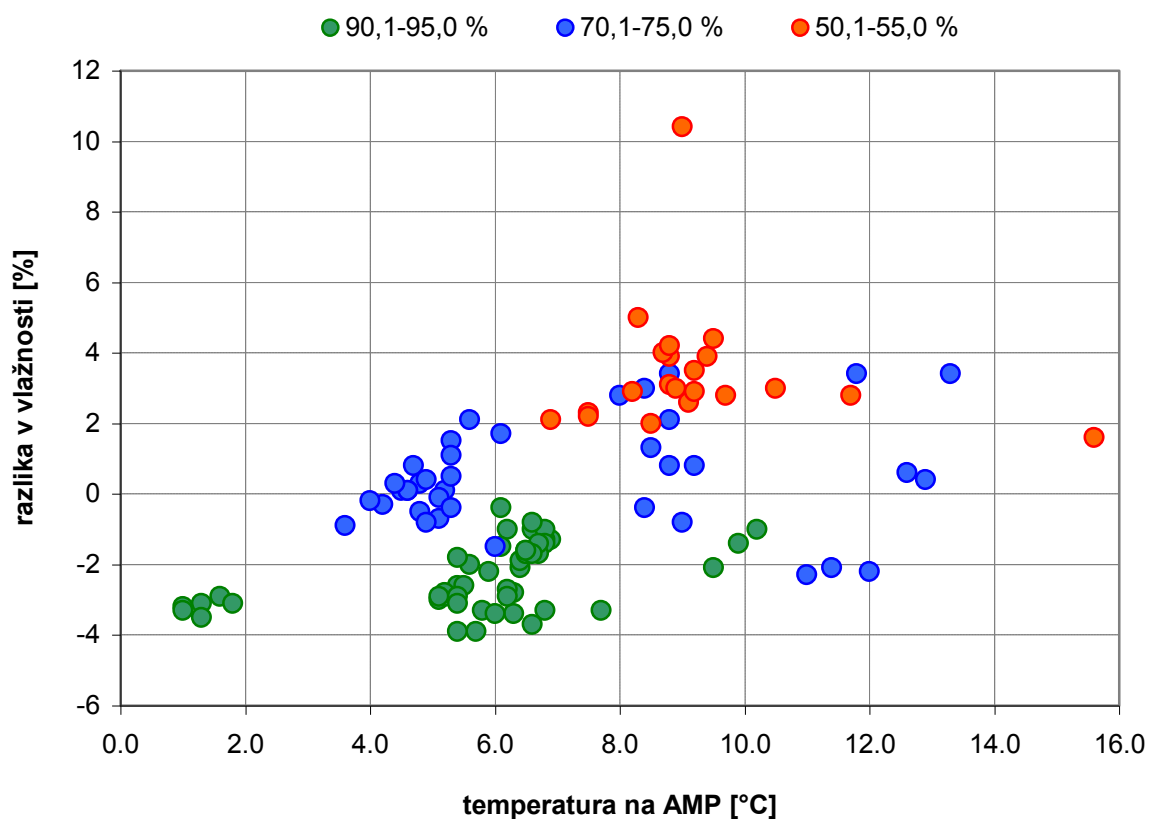
Opisana odvisnost razlike v relativni vlažnosti ima za posledico značilen dnevni hod (slika 17), kjer je največja negativna razlika v nočnem in jutranjem času, čez dan pa je razlika večinoma pozitivna, torej registrator kaže previsoko vlažnost.



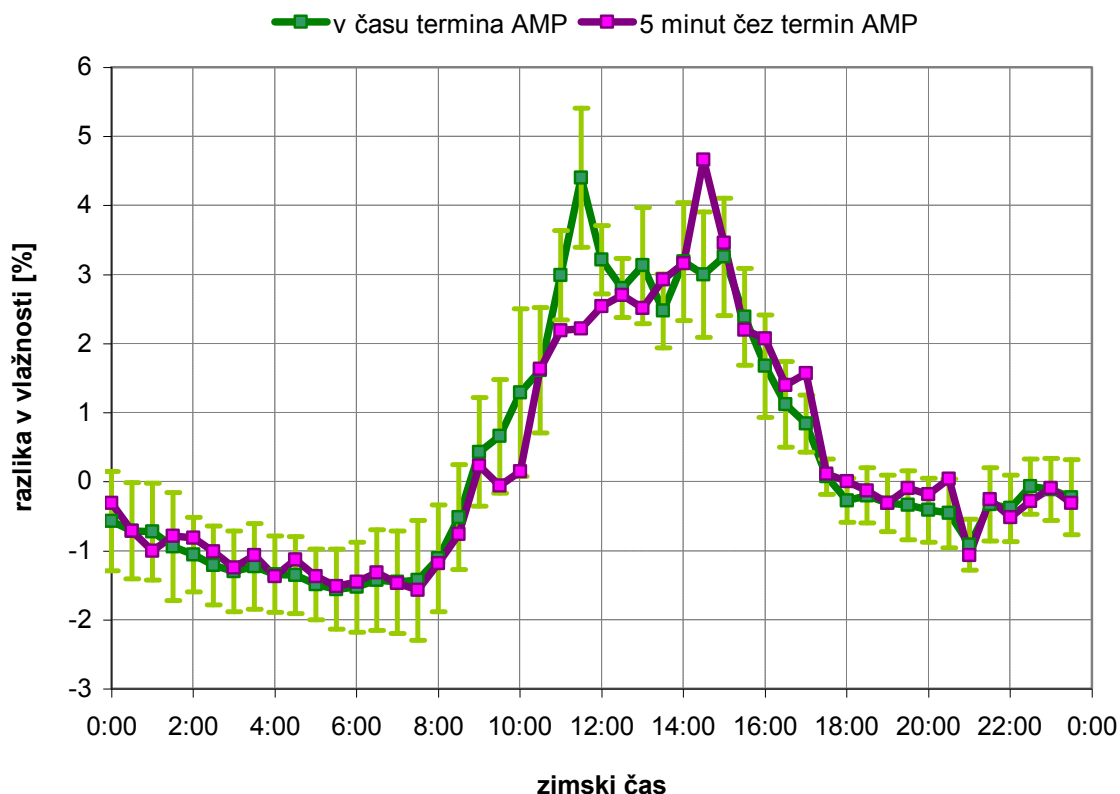
Slika 14: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) od relativne vlažnosti na AMP pri časovnem zamiku 0 minut.



Slika 15: Odvisnost razlike meritev relativne vlažnosti zraka med registratorjem in meritvijo opazovalca od relativne vlažnosti, ki jo je izmeril opazovalec. Upoštevane so meritve registratorja ob času 5 minut čez polno uro.



Slika 16: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in AMP od temperature na AMP za tri izbrane intervale relativne vlažnosti pri časovnem zamiku 0 minut.



Slika 17: Povprečni dnevni hod razlike v relativni vlažnosti med regulatorjem in AMP s prikazano oceno napake (1 standardni odklon) za izmerke ob času termina AMP.

3.2 PREIZKUŠANJE REGISTRATORJA V MESECU DECEMBRU

Prvo preizkušanje je sicer dalo nekaj odgovorov glede natančnosti preskušanca, toda zaradi prekratkega niza meritev smo se odločili za ponovno preizkušanje. Tokrat smo regulator namestili v meteorološko hišico s klasičnimi inštrumenti, in sicer med suhi in mokri termometer, nekje na sredini višine obeh termometrov. Izbrali smo časovni korak 5 minut, vendar je zaradi netočnosti računalniške ure prišlo do časovnega zamika. Meritve so med 4. in 27. decembrom glede na točen čas potekale z zamikom ene minute (1, 6, 11... minut čez polno uro). V analizo smo vključili meritve v obdobju med 5. in 26. decembrom, torej 22 polnih dni. V tem obdobju preizkušanja vreme ni bilo kaj prida spremenljivo, večinoma je bilo oblačno ali megleno, temperaturni razpon pa v obravnavanem obdobju ni dosegel niti 15 °C. Navkljub tej pomanjkljivosti je obdelava meritev prinesla nove ugotovitve.

3.2.1 Izbira ustreznega časovnega termina meritev

Pregled rezultatov začnimo podobno kot prej. Preglednica 4 prikazuje odvisnost standardnega odklona razlike v izmerkih od izbire časovnega zamika. Pri temperaturi je, kot kaže, najprimernejši termin od navedenih minuta čez polno oz. polovično uro, pri relativni vlažnosti je glede na AMP 6 minut čez polno oz. polovično uro, glede na opazovalčeve meritve pa malo pred polno uro. Za razliko od oktobrskega testiranja so bile tokrat vrednosti dosti manj odvisne od izbire časovnega zamika, velikost standardnega odklona pa je ostala praktično enaka. Potrebno pa je poudariti, da so bile v analizo pri primerjavi z opazovalčevimi meritvami zajete le meritve od 7. ure zjutraj do 21. ure zvečer.

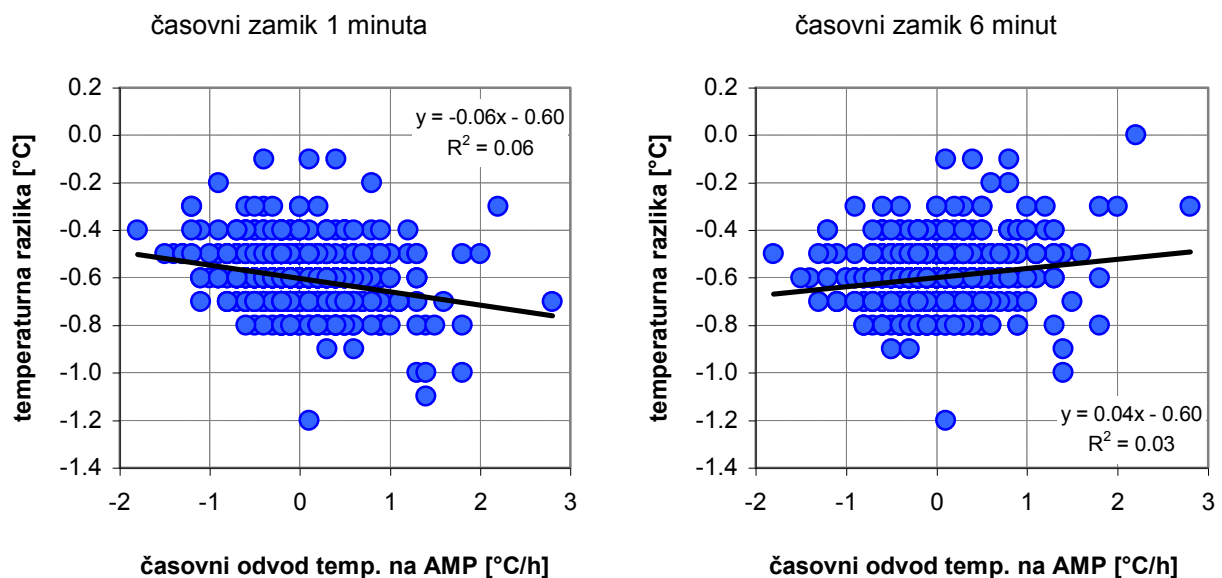
Preglednica 4: Odvidnost standardnega odklona razlike med registratorjem in AMP v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) od zamika meritev registratorja glede na polovično/polno uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polovično uro).

količina \ zamik	-4 minute	1 minuta	6 minut	11 minut
temperatura		0,14	0,15	0,16
relativna vlažnost	2,44	2,43	2,42	2,43

Preglednica 5: Odvidnost standardnega odklona razlike med registratorjem in opazovalčevimi meritvami v temperaturi (°C) in relativni vlažnosti (%) od zamika meritev registratorja glede na polno uro (negativna časovna razlika pomeni meritve pred polno uro).

količina \ zamik	-9 minut	-4 minute	1 minuta	6 minut
temperatura	0,16	0,15	0,14	0,15
relativna vlažnost	3,16	3,09	3,11	3,16

Vpliv izbire termina meritev na razliko izmerjenih vrednosti med registratorjem in referenčno postajo je lepo viden na slikah 18a in 18b. V času hitrih temperaturnih sprememb je še kako pomembno, da meritve potekajo ob vedno enakem terminu, sicer lahko pride do občutne napake.



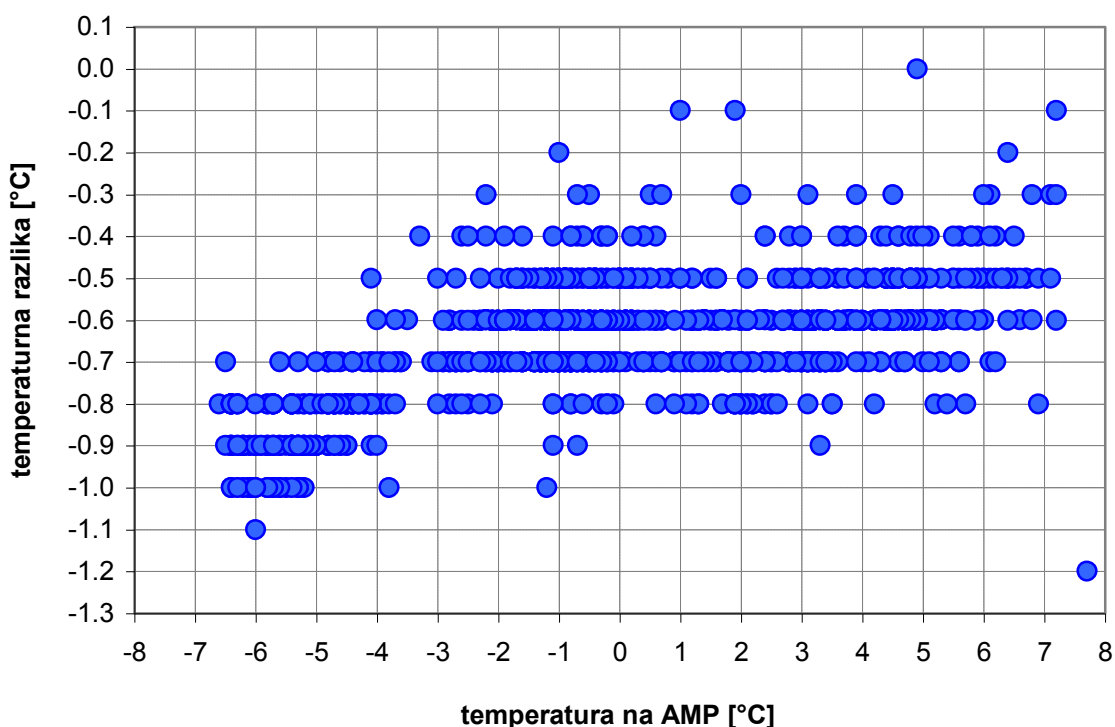
Slika 18: Odvisnost temperaturne razlike od časovnega odvoda temperature (iz polurnih meritev AMP) in časovnega zamika meritev registratorja. Upoštevani so le izmerki, ko je bila temperatura na referenčni postaji vsaj -3 °C.

S slike 18 je ob spremembi termina meritev iz 1 minute na 6 minut čez polno ali polovično uro, razvidna menjava predznaka linearne trenda. Nekje med obema terminoma se nahaja optimalni termin, t.j. termin pri katerem napaka meritve ni odvisna od časovnega odvoda temperature. Vsekakor pa optimalni termin kasni glede na termina meritev AMP in uradnih opazovalcev, kar se sklada z daljšim relaksacijskim časom. Kljub večjemu standardnemu odklonu razlike pri časovnem zamiku 6 minut kot pri zamiku 1 minute pa je linearna odvisnost napake od časovnega odvoda temperature manjša.

3.2.2 Temperatura zraka

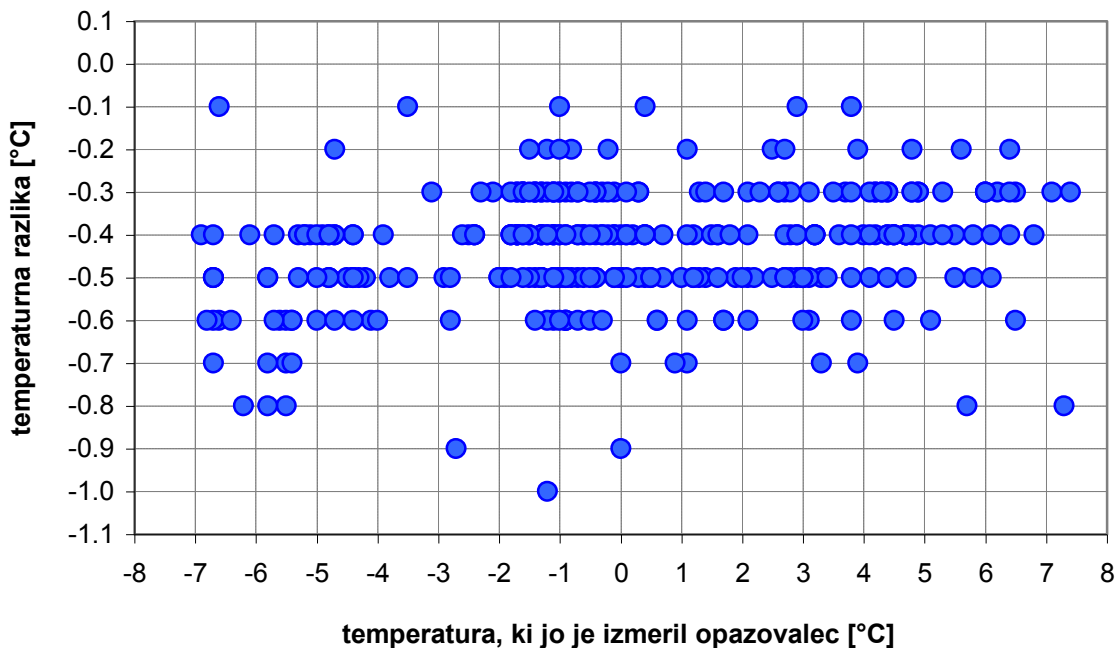
Odvisnost odstopanja izmerjene temperature registratorja od meritev samodejne meteorološke postaje (AMP) kaže večje odstopanje pri nižjih temperaturah (od $-3,5\text{ °C}$ navzdol), medtem ko pri višjih temperaturah ni opaziti očitne temperaturne odvisnosti (Slika 19). Povprečno odstopanje znaša pri nižjih temperaturah večinoma od $-0,7\text{ °C}$ do $-1,0\text{ °C}$, pretežni del ostalih meritev pa od izmerjene temperature zraka na AMP odstopa v razponu od $-0,5\text{ °C}$ do $-0,7\text{ °C}$.

Iz primerjave z meritvami opazovalcev dobimo podobne zaključke. Na sliki 20 se da slutiti, da je pri nižjih temperaturah napaka zopet večja in znaša za večino meritev od $-0,4\text{ °C}$ do $-0,8\text{ °C}$, ostale meritve pa od opazovalčevih odstopajo z manjšim odklonom. V splošnem je absolutni odklon od opazovalčevih meritev za okoli $0,2\text{ °C}$ manjši kot odklon od AMP.

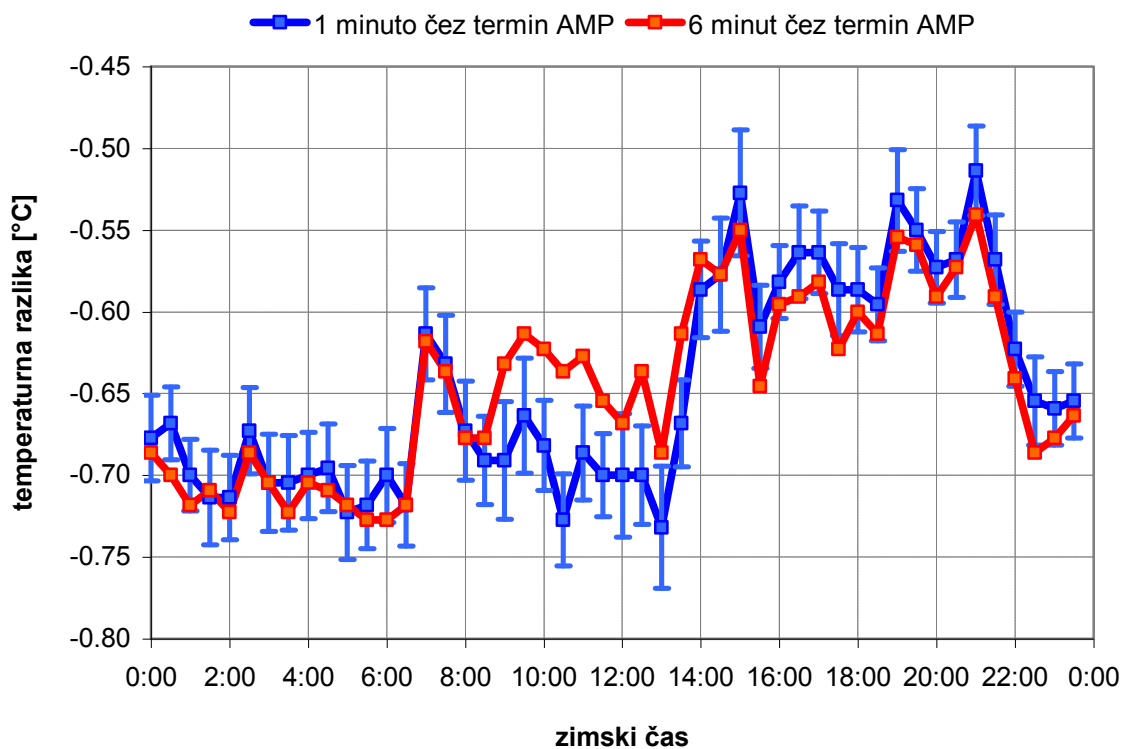


Slika 19: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP). Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 6 minut.

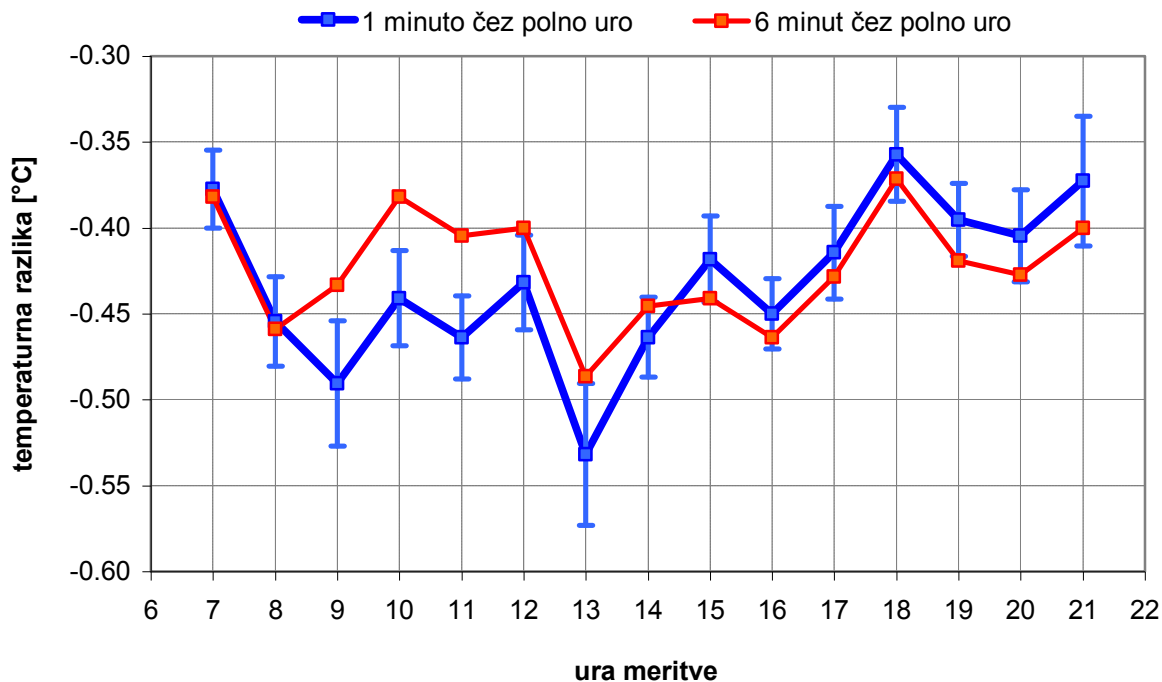
Temperaturni odklon od uradnih meritev ni odvisen zgolj od izbire termina in temperature, temveč tudi od ure dneva (Sliki 21 in 22).



Slika 20: Odvisnost temperaturne razlike med registratorjem in izmerkom opazovalca. Upoštevane so meritve registratorja ob času 1 minute čez polno uro.



Slika 21: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od AMP. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon).

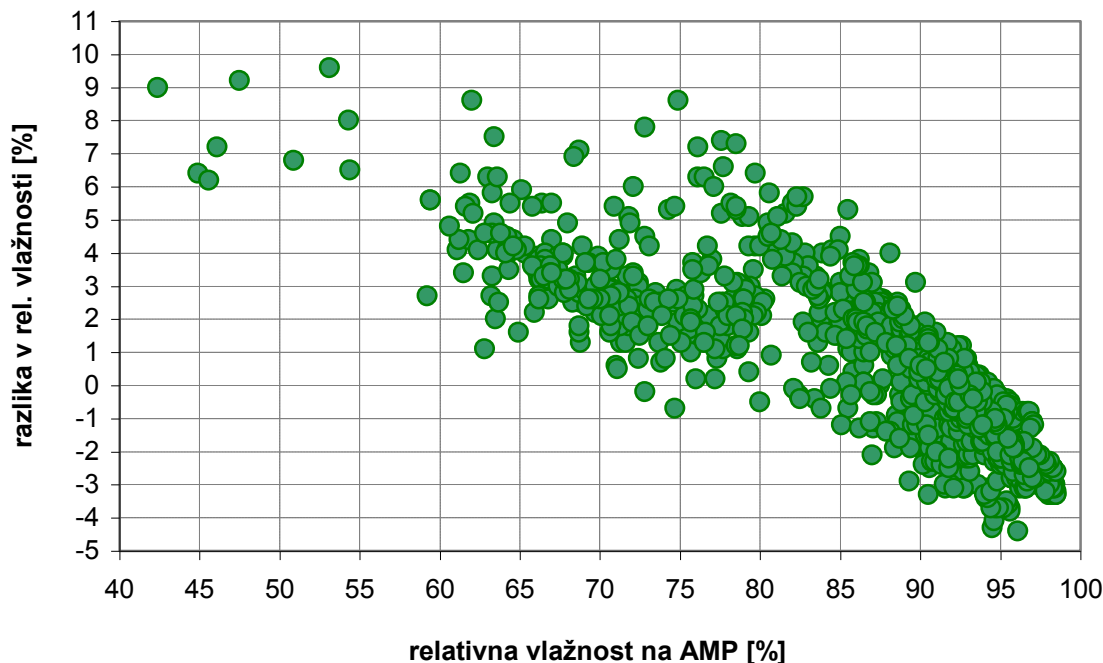


Slika 22: Povprečni dnevni hod temperaturnega odklona registratorja od meritev opazovalcev. Za modre točke je prikazana napaka ocene povprečne vrednosti (1 standardni odklon).

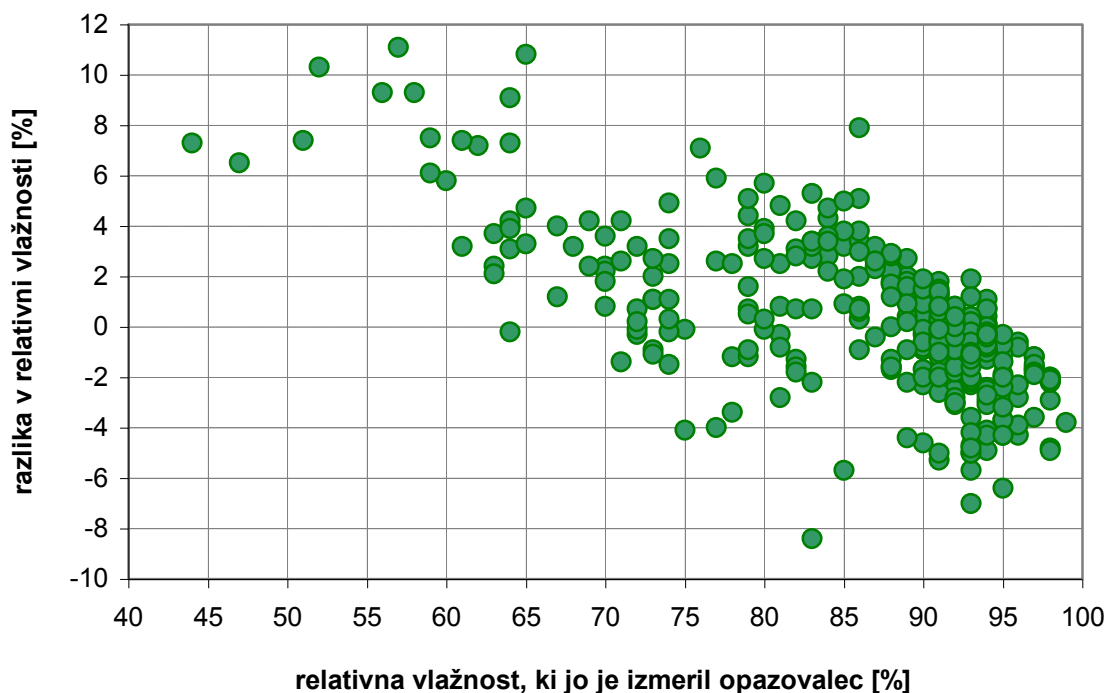
Odklon izmerjene temperature registratorja glede na AMP je največji v zadnjem delu noči, najmanjši pa v popoldanski in večernih urah (slika 21). Največja razlika med izmerki v prikazanih terminih je dopoldanskem času, ko se hitro segreva in je časovni odvod temperature največji. Na isti sliki lahko opazimo tudi izrazit vrh ob 7. uri zjutraj, kar je morda posledica prisotnosti opazovalca nekaj minut pred meritvijo (opazovalec malenkostno segreje zrak in inštrumente v meteorološki hišici, zaradi česar se zmanjša temperaturni odklon registratorja glede na AMP). Odvisnost odklona od ure dneva je manjša pri primerjavi z opazovalčevimi meritvami (slika 22).

3.2.3 Relativna vlažnost zraka

Odvisnost razlike meritev relativne vlažnosti med registratorjem in AMP je podobna kot pri oktobrskem preskušanju, le da je pri nizkih uradnih izmerkih AMP odklon registratorja večji (sliki 23 in 24). S prilagoditveno funkcijo bi lahko precej zmanjšali napako registratorja, pri večini meritev na manj kot 3 %.

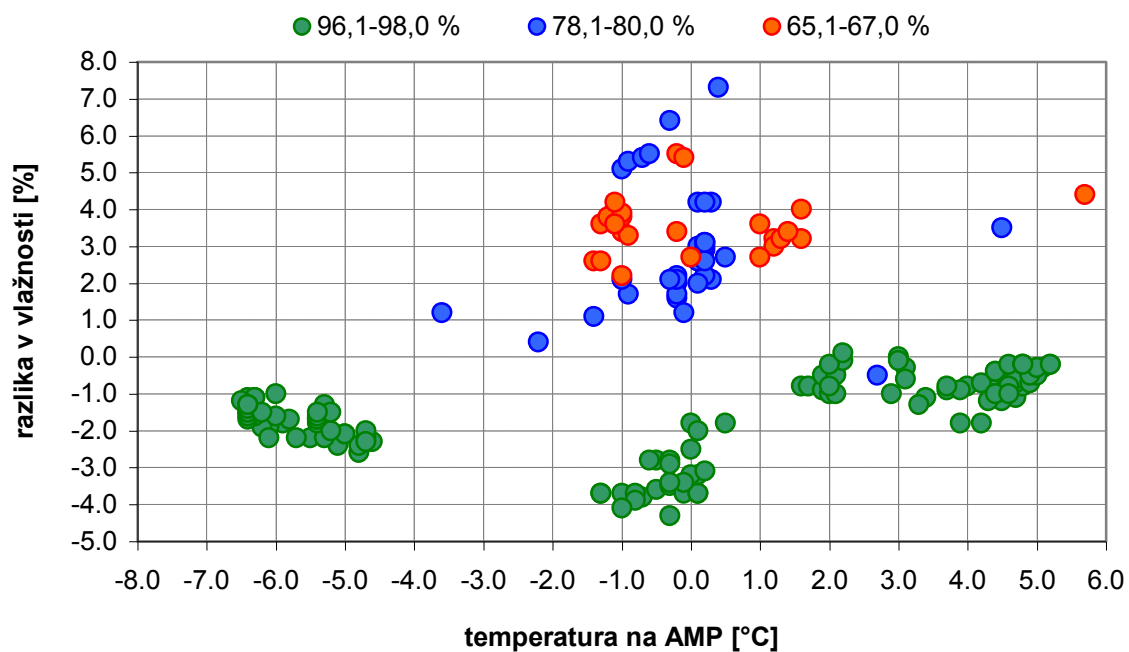


Slika 23: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) od relativne vlažnosti na AMP. Časovni zamik med meritvami registratorja in AMP je 6 minut.



Slika 24: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med registratorjem in meritvijo opazovalca od relativne vlažnosti, ki jo je izmeril opazovalec. Upoštewane so meritve registratorja ob času 4 minute pred polno uro.

Na obeh slikah, še posebej na sliki 24, lahko opazimo dve osi okrog katerih so zgoščeni izmerki. Morda je za razliko v vlažnosti bistvenega pomena tudi temperatura zraka (slika 25). Pri zelo visoki vlažnosti se morda da sklepati na temperaturno odvisnost, medtem ko je pri intervalu od 78,1–80 % velik že sam razsip pri določeni temperaturi. Tako je na podlagi tovrstne analize zaradi majhnega števila izmerkov težko sklepati na temperaturno odvisnost omenjene razlike.



Slika 25: Odvisnost razlike v relativni vlažnosti med regulatorjem in samodejno meteorološko postajo (AMP) od temperature na AMP za dva izbrana intervala relativne vlažnosti. Časovni zamik med meritvami regulatorja in AMP je 6 minut.

4 ZAKLJUČEK

Preizkušanje regulatorja temperature Voltcraft DL-120 TH je potekalo v ozkem spektru možnih vremenskih razmer, zato bi bilo potrebno pred operativno uporabo regulatorja priporočljivo izvesti še preizkušanje v laboratoriju in v vremenskih hišici pri višjih in nižjih temperaturah (npr. v razponu od -30 °C do $+40\text{ °C}$) ter v času hitrih vremenskih sprememb (npr. močno dopoldansko segrevanje, nevihta, fen).

Potencialne slabosti se kažejo v črni barvi regulatorjevega ohišja in možnostih kondenzacije na notranjih straneh le tega.

Na podlagi ugotovitev lahko zaključimo, da je regulator Voltcraft DL-120 TH merilni pripomoček, ki glede na ceno, zmogljivosti in velikost ponuja široke možnosti uporabe. Še posebno uporaben je pri spremljavi temperature in relativne zračne vlažnosti, kjer vrhunska natančnost in hitra odzivnost nista tako pomembni in kjer nas bolj kot absolutna vrednost zanimata časovni potek ter srednje vrednosti. Prednosti pred nekaterimi klasičnimi elektronskimi vremenskimi postajami so še enostavna in hitra nastavitve, nezahteven in z geslom nezaščiten računalniški program ter preprosta povezava z osebnim računalnikom preko USB vtičnice.

Pri meritvah na prostem zaradi zaščite pred vremenskimi vplivi (padavine, sončno sevanje) in kakovostnejših izmerkov ter daljše dobe uporabnosti priporočamo uporabo dovolj zračnih radiacijskih zaklonov.

Ker med preizkušanjem delovanja regulator ni bil izpostavljen skrajnim temperaturnim in vlažnostnim razmeram, pri odločitvah za meritve v ostrejših razmerah priporočamo previdnost.

5 VIRI

Digitalni meteorološki arhiv ARSO

URL: www.conrad.si (28.11.2007)

Sensirion AG. Sensirion AG, Laubisruetistrasse 50, CH-8712 Staefa, Switzerland. URL: www.sensirion.com (29.11.2007)

6 PRILOGE

Priloga 1: Povzetek proizvajalčevega opisa tipala SHT 11

Humidity sensors: First digital humidity sensor SHT11

The SHT11 digital humidity sensor and temperature sensor is fully calibrated and offers excellent long term stability and ease of use at very low cost. The digital CMOSens® Technology integrates two sensors (humidity sensor and temperature sensor) and readout circuitry on one single chip.

Humidity Sensors: Features

2 sensors for relative humidity & temperature
Precise dewpoint calculation possible
Humidity sensor measurement range: 0-100% RH
Absolute RH accuracy: +/- 3% RH
Temp. accuracy: +/- 0.4°C @ 25 °C
Calibrated & digital output (2-wire interface)
Fast response time < 4 sec.
Low power consumption (typ. 30 µW)
Low cost
Designed for high-volume applications
Leading CMOSens® Technology for superior long-term stability
Very easy-to-use due to calibration & digital 2-wire interface

Ordering Information

Part Number	Humidity accuracy [%RH]	Temperature accuracy [K] @ 25 °C	Package
SHT10	±4.5	±0.5	SMD (LCC)
SHT11	±3.0	±0.4	SMD (LCC)
SHT15	±2.0	±0.3	SMD (LCC)
SHT71	±3.0	±0.4	4-pin single-in-line
SHT75	±1.8	±0.3	4-pin single-in-line

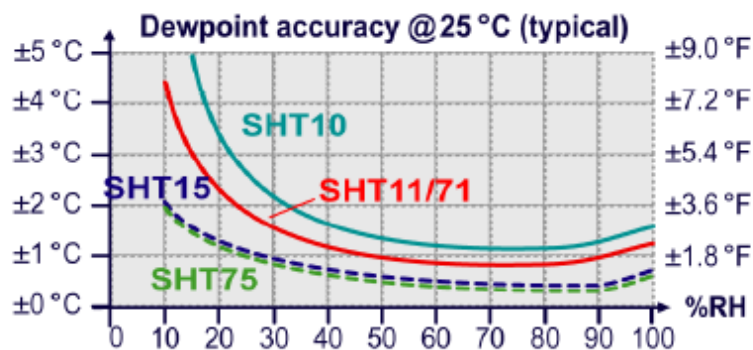
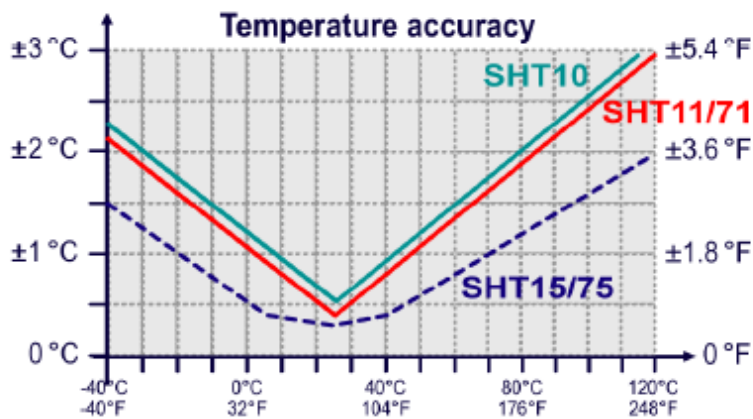
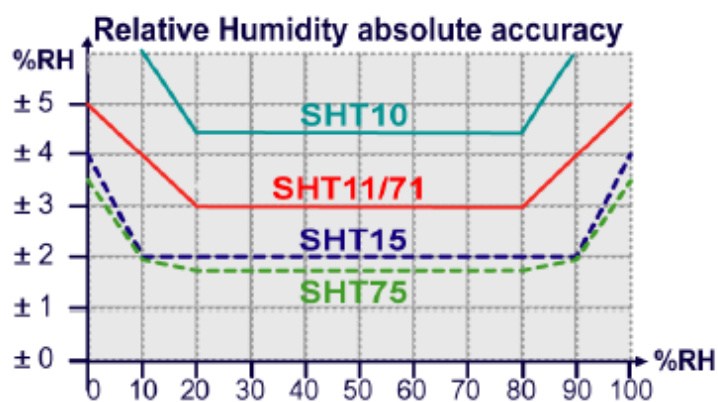
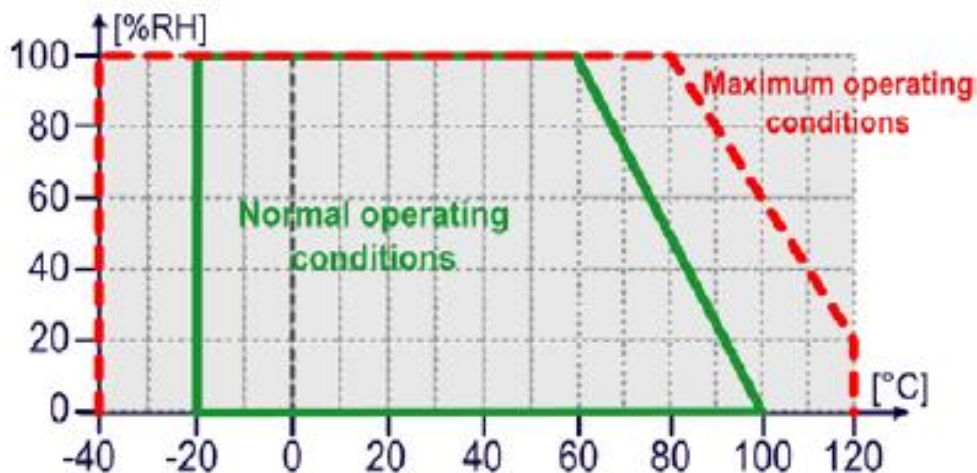


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies