

LMK in Urad RS za meroslovje
Webinar - Točna in sledljiva merjenja človeške temperature
24. november 2020

Možnosti brezkontaktnih merjenj temperature človeškega telesa

izr. prof. dr. Igor Pušnik
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana

Vsebina predavanja

- Uvod
- Telesna temperatura
- Merjenje telesne temperature (kje, s čim, kako)
- Merilna oprema za umerjanje ali kalibracijo
- Čelni termometri in rezultati umerjanja
- Termovizijske kamere in rezultati umerjanja
- Zaključki

Uvod

- Na osnovi povišane telesne temperature sklepamo na bolezen že od časa Hipokrata (460 do 370 pr. n. št.).
- Z njo se telo bori proti bolezni, povzročajo jo t.i. pirogeni, ki so lahko zunanjega ali notranjega izvora.
- Zunanji pirogeni so običajno mikroorganizmi (bakterije, virusi, praživali, kvasovke, toksini...).
- Države v času epidemije uvajajo merjenja telesne temperature na mnogih vstopnih točkah (letališča, pristanišča, zdravstvene ustanove, podjetja, šole,...).
- Kljub navidezni enostavnosti merjenja telesne temperature, to še zdaleč ni trivialno, če želimo, točna in sledljiva merjenja.
- Zgolj na osnovi povišane telesne temperature ne moremo in ne smemo sklepati, da je nekdo zbolel s Covid-19.

Telesna temperatura

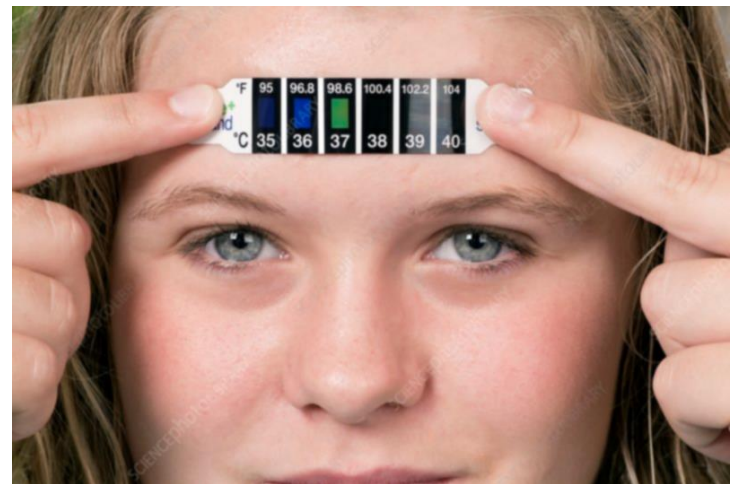
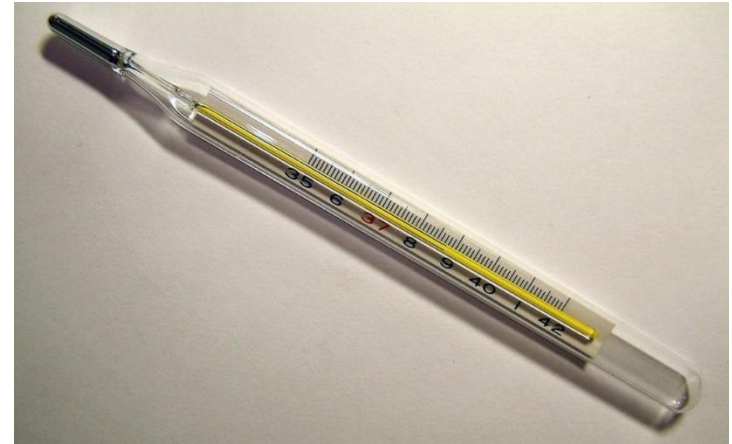
- Za uravnavanje telesne temperature (termoregulacijo) skrbi hipotalamus.
- Najtoplejši so možgani in srce.
- V notranjosti telesa je temperatura višja, na površini nižja.
- Telesna temperatura se tekom dneva spreminja in ima tipičen jutranji minimum ter popoldanski maksimum, ki je odvisen od telesne aktivnosti, prehrane, kajenja, pitja alkohola, spola, starosti.
- Normalna telesna temperatura (med $35,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $37,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) je pogoj za normalno celično presnovo.
- Temperatura nad $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ je lahko že smrtno nevarna. Zgornja meja preživetja znaša $42,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, spodnja pa $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Navedeni podatki veljajo kot trenutno veljaven konsenz v večini primerov. Obstajajo pa tudi izjeme.

Telesna temperatura (kje meriti)

- Telesna temperatura človeka je koncept, ki je odvisen od merilnega mesta v ali na telesu telesu.
- V osnovi je telesna temperatura mišljena kot temperatura jedra (ang. core temperature), ki ga predstavljata srce oziroma možgani.
- Ker ti dve mesti nista primerni za merjenje, so kot najboljši približek izbrana t.i. referenčna merilna mesta: timpanična membrana, distalni požiralnik, pljučna arterija, in sečni mehur.
- Merjenje telesne temperature v splošni praksi izvajamo v ustih (oralno), v danki (rektalno), pod pazduho (aksiliarno), in v ušesu (timpanično).
- Slednja merilna mesta so klinično ovrednotena glede korelacij temperature v primerjavi z referenčnimi merilnimi mesti.
- Korelacija temperature čela in obraza z referenčnimi merilnimi mesti ni znanstveno potrjena.

Merjenje telesne temperature (s čim)

- Za merjenje temperature človeškega telesa uporabljamo klinične termometre.
- V preteklosti se je uporabljal zgolj živosrebrni (kontaktni) termometer.
- Delimo jih v dve skupini: kontaktni in brezkontaktni.
- Kontaktni termometri: stekleni termometer z živim srebrom ali drugimi organskimi tekočinami, digitalni, termometer s tekočimi kristali.
- Brezkontaktni termometri: ušesni (timpanični), čelni, temporalni, termovizijske kamere (namenske, splošno-namenske).



Merjenje telesne temperature (s čim)



Merjenje telesne temperature (kako)

- Bolnik (ali zdrava oseba) pred meritvijo miruje in se aklimatizira vsaj 5 do 10 minut v prostoru s stabilno (kontrolirano) temperaturo in vlago.
- Termometer je pred samo meritvijo 30 minut na sobni temperaturi, termovizijska kamera mora biti toliko časa pred meritvijo vklopljena.
- Če je izmerjena povišana temperatura, jo je treba potrditi s kontaktnim ali pa ušesnim termometrom.
- Temperaturo s kontaktnim termometrom merimo:
 - pod pazduho,
 - v danki (rektalno)
 - pod jezikom (oralno).
- Ušesni termometer uporablja infrardeči senzor za merjenje temperature na ušesni membrani (bobniču).

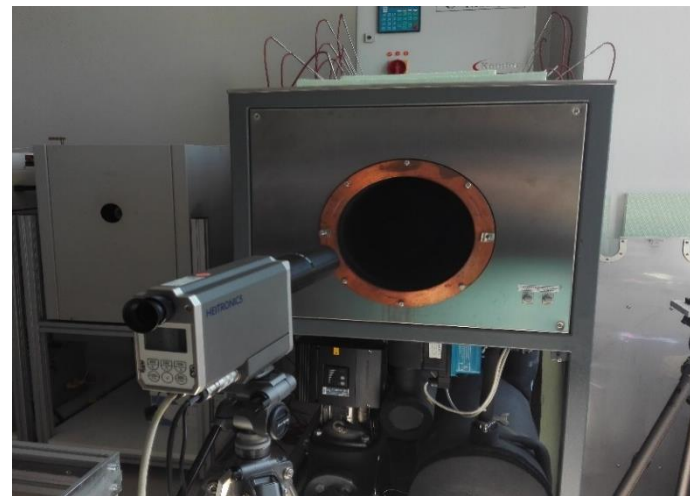
Merilna oprema za umerjanje

Za umerjanje čelnih termometrov v območju med 30 °C in 40 °C smo uporabili črno telo s premerom odprtine 60 mm.

Za umerjanje termovizijskih kamer v območju med 32 °C in 44 °C smo uporabili posebno črno telo s premerom odprtine 263 mm.

Sledljivost temperature je zagotovljena s standardnimi platinastimi uporovnimi termometri, sledljivost umerjanja pa z akreditirano metodo.

Pri umerjanju je potrebno uporabljati merilno metodo in merilno instrumentacijo ustrezne točnosti in negotovosti, še posebej ker želimo potrjevati točnosti reda $\pm 0,3$ °C.



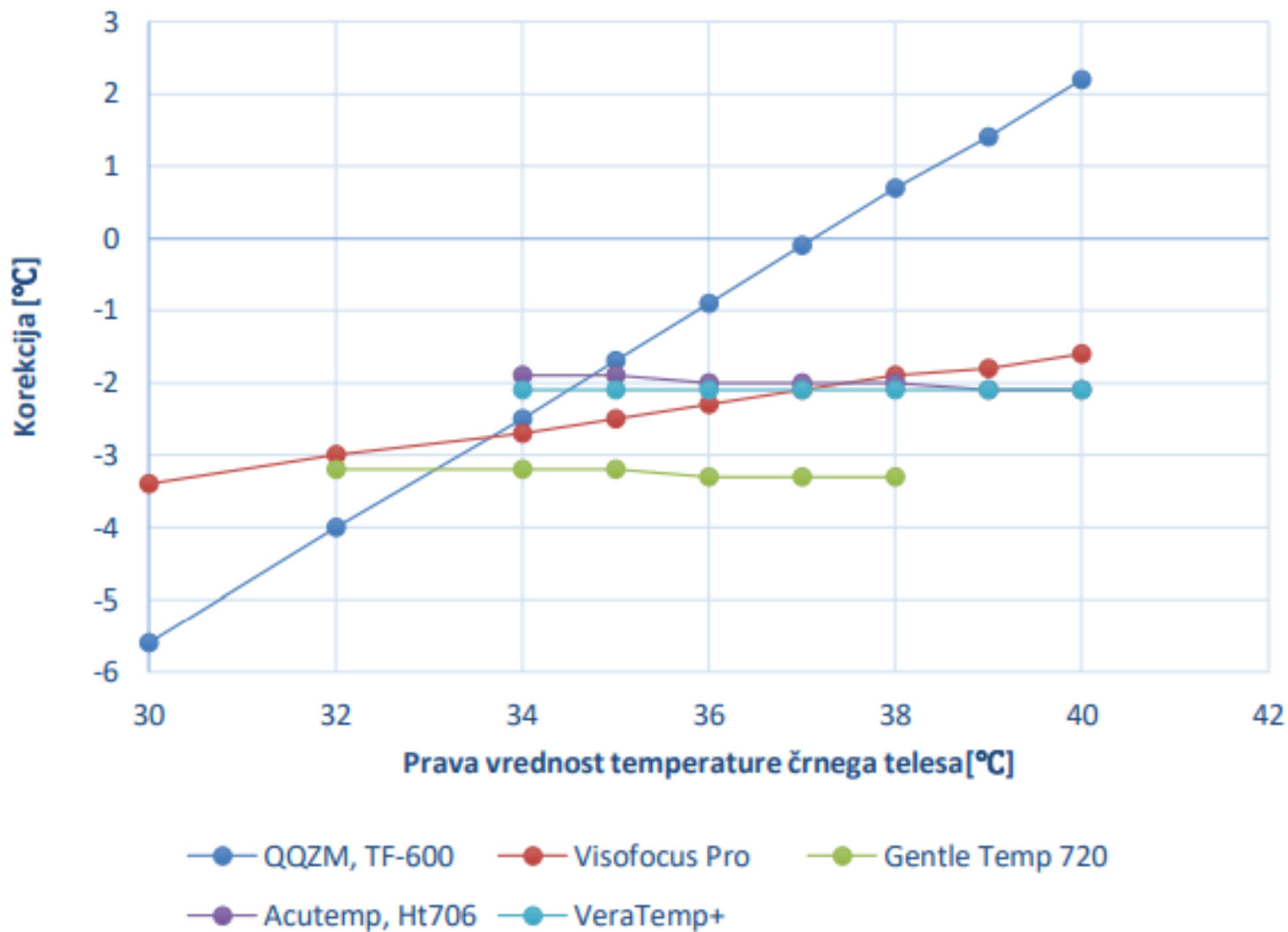
Čelni termometri

- Zasnovani z namenom, da izmerijo telesno temperaturo brez stika s človeškim telesom.
- Povečini lahko merijo v dveh načinih: čelni način in površinski način merjenja (manjka kalibracijski način).
- V čelnem načinu merjenja termometer izmerjeno temperaturo po sebi lastnem algoritmu preračuna v telesno temperaturo.
- Termometri, ki so bili umerjeni v LMK.



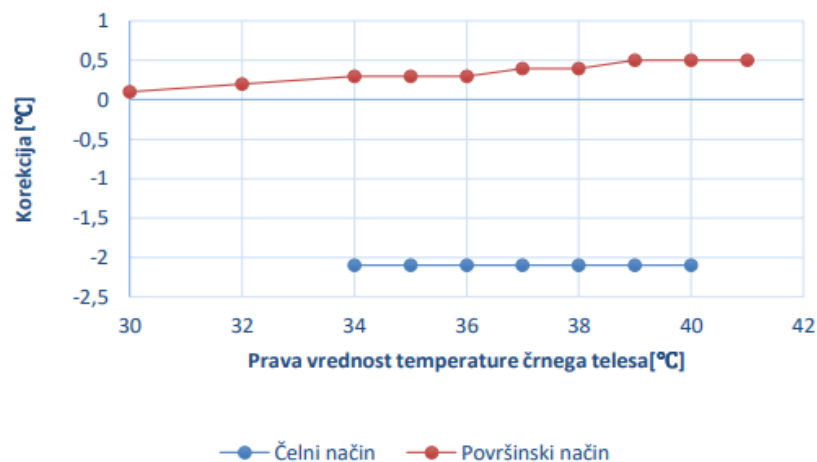
Rezultati umerjanja

Čelni način

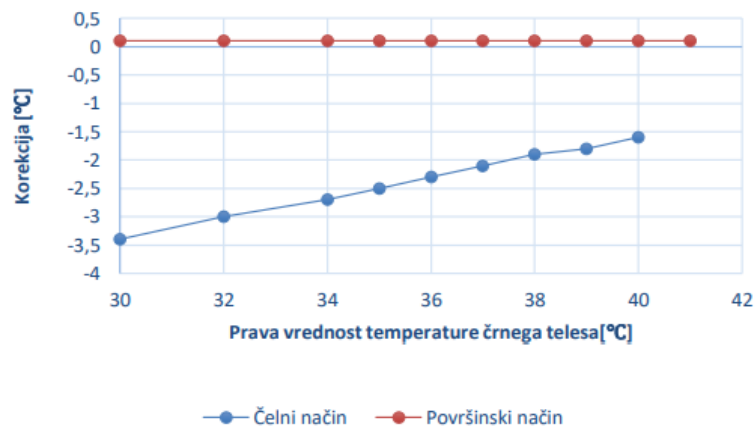


Rezultati umerjanja

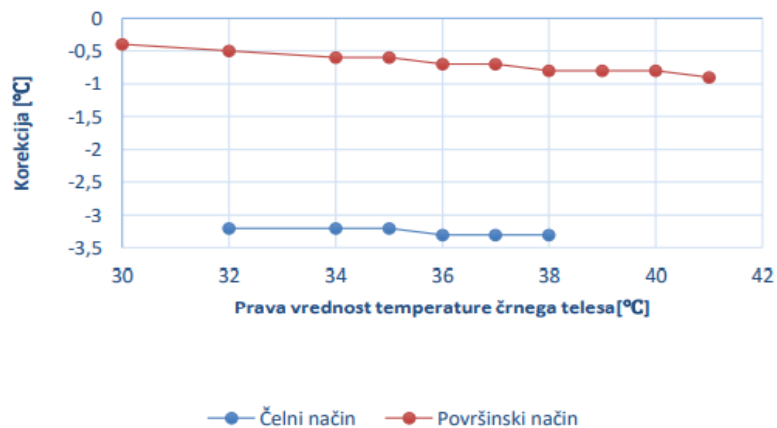
VeraTemp+



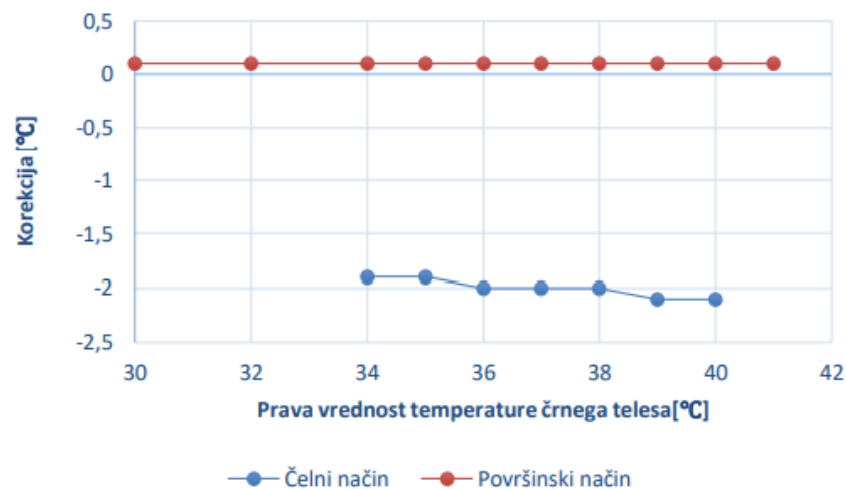
Visiofocus Pro



Gentle Temp 720



Acutemp, HT706



Rezultati umerjanja

	QQZM, TF-600	Visofocus Pro	Gentle Temp 720	Acutemp, Ht706	VeraTemp+
T/°C	korekcija (čelni način) / °C				
30	-5,6	-3,4			
32	-4	-3,4	-3,2		
34	-2,5	-3,4	-3,2	-1,9	-2,1
35	-1,7	-3,4	-3,2	-1,9	-2,1
36	-0,9	-3,4	-3,2	-1,9	-2,1
37	-0,1	-3,4	-3,2	-1,9	-2,1
38	0,7	-3,4	-3,2	-1,9	-2,1
39	1,4	-3,4		-1,9	-2,1
40	2,2	-3,4		-1,9	-2,1

	Visofocus Pro	Gentle Temp 720	Acutemp, Ht706	VeraTemp+
T/°C	korekcija (površinski način) / °C			
30	0,1	0,4	0,1	0,1
32	0,1	0,5	0,1	0,2
34	0,1	0,6	0,1	0,3
35	0,1	0,6	0,1	0,3
36	0,1	0,7	0,1	0,3
37	0,1	0,7	0,1	0,4
38	0,1	0,8	0,1	0,2
39	0,1	0,8	0,1	0,5
40	0,1	0,8	0,1	0,5
41	0,1	0,9	0,1	0,5

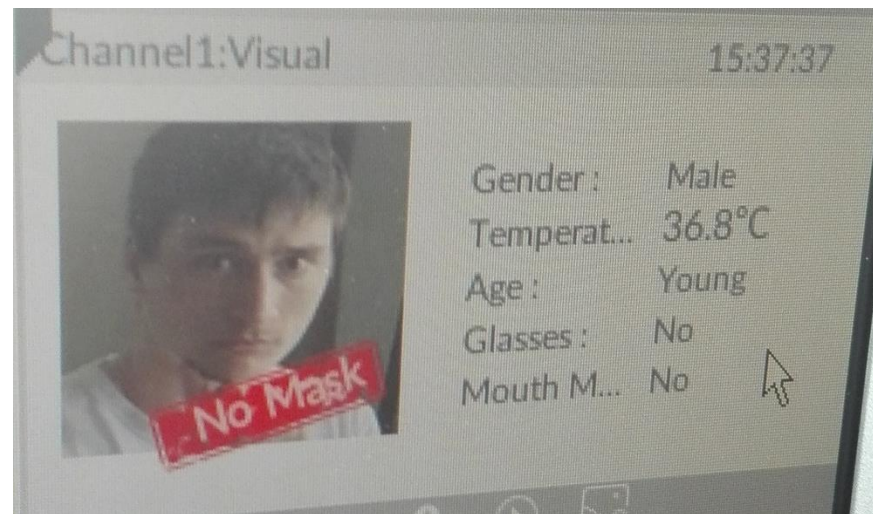
Termovizijske kamere

- Namenske in splošno-namenske
- S hlajenim ali nehlajenim detektorjem (velika večina)

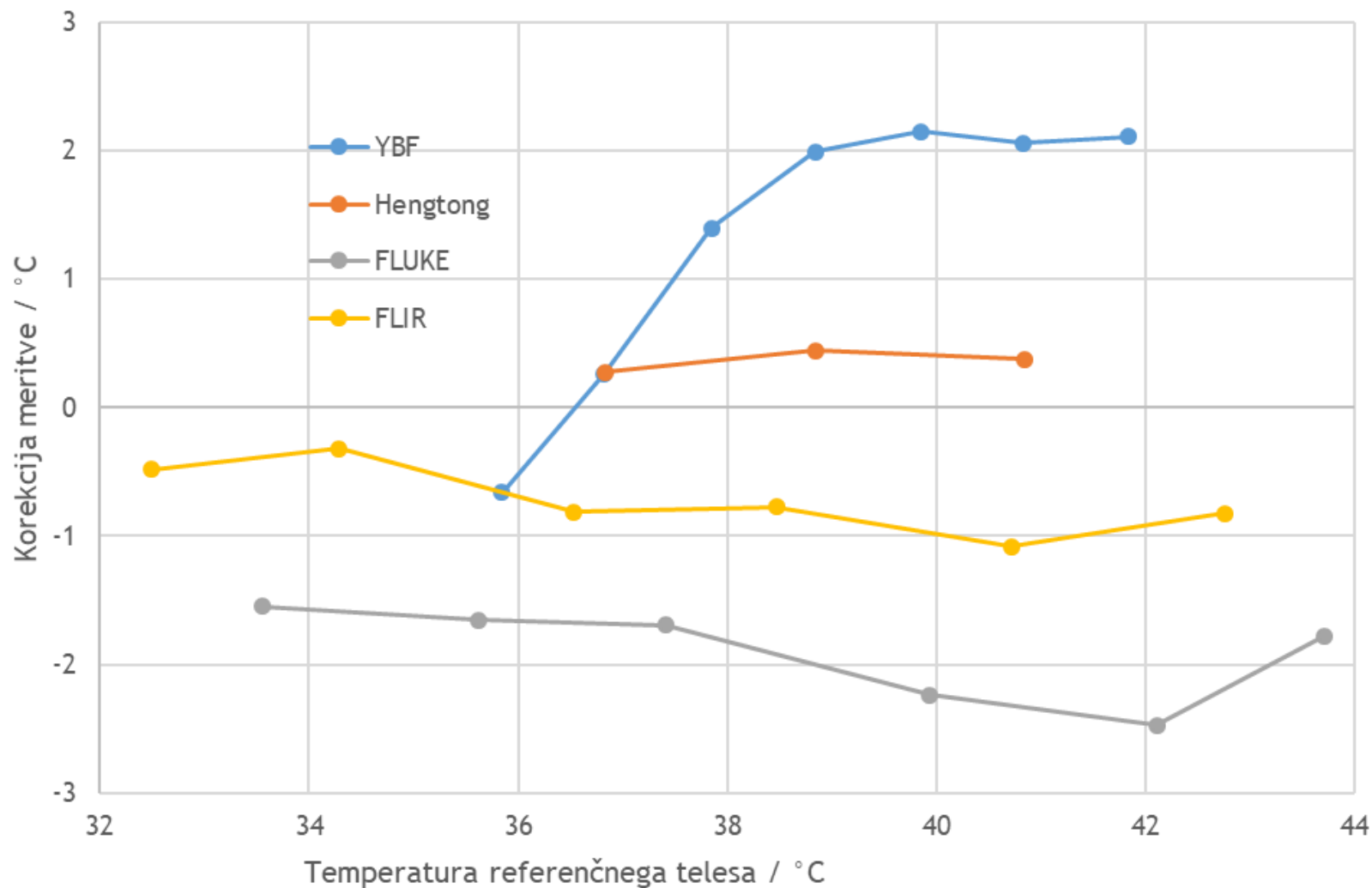


Termovizijske kamere

- Merijo telesno temperaturo brez dotika s človeškim telesom na različnih oddaljenostih.
- Kožo opišemo kot sivo površino $\varepsilon(T, \lambda, \theta=0^\circ)=0,98\pm0,01$
- Povezava med temperaturo kože in telesno temperaturo je odvisna od:
 - Mesta merjenja (čelo, očni kot, obraz, vrat)
 - Termoregulacije - aktivnost, aklimatiziranost, toplotni vplivi okolice, kajenje, hrana, menstrualni cikel
 - Starost in spol

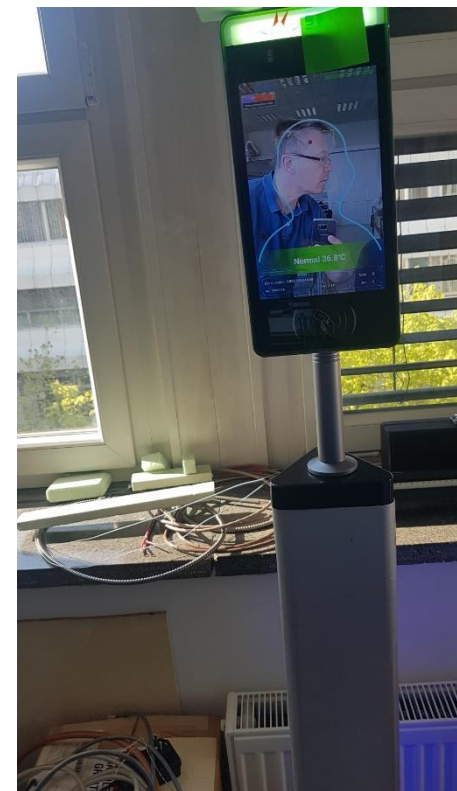
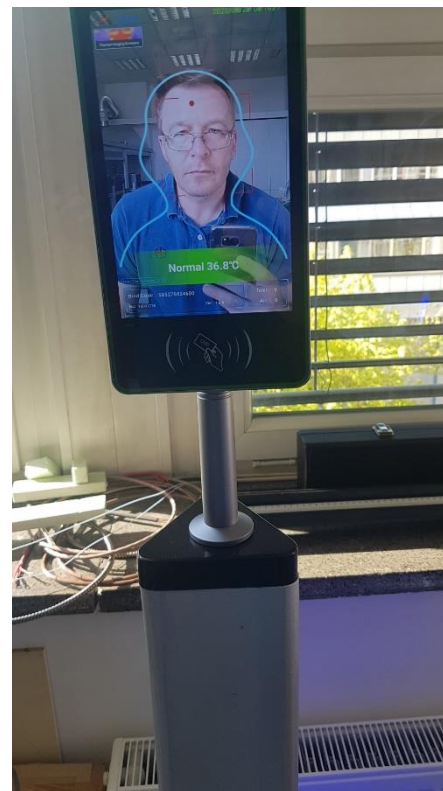
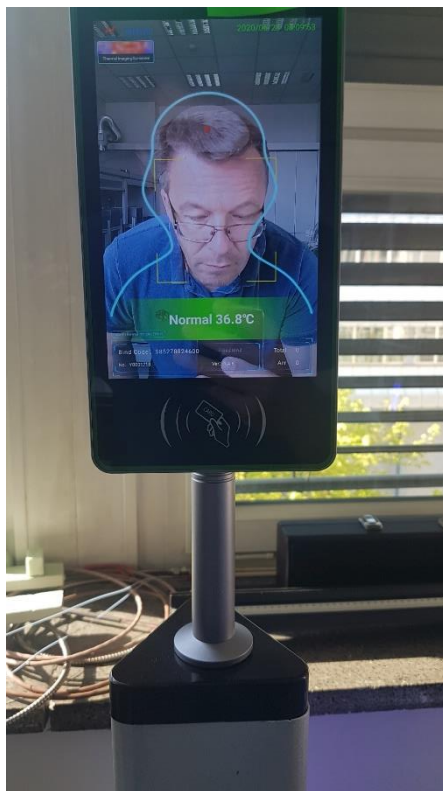


Rezultati umerjanja



Rezultati umerjanja

Ali je potreben komentar, če je izmerjena vrednost vedno 36,8 °C, ne glede na mesto meritve in oddaljenost oziroma velikost merjene površine???



Zaključki

- V povprečju termometer v čelnem načinu (enako velja za namenske termovizijske kamere) prikaže temperaturo, ki je vsaj 2 °C višja od izmerjene vrednosti temperature (vsak inštrument prišteje drugačno vrednost).
- V čelnem načinu merjenja termometer in namenska termovizijska kamera izmerjeno temperaturo po sebi lastnem algoritmu preračunata v telesno temperaturo. Ta algoritem ni znanstveno ovrednoten in potrjen.
- Velik korak k delni rešitvi za umerjanje in ugotavljanje laboratorijske točnosti bi bila možnost nastavitve instrumentacijske emisivnosti termometra in kamere med kalibracijo.
- V površinskem načinu merjenja med čelnimi termometri ne prihaja do tako velikih razlik kot pri čelnem načinu, torej sam detektor običajno ni problematičen.

NACIONALNI ETALON ZA TEMPERATURO IN VLAŽNOST

Več kot 20 let odličnosti.

Hvala za pozornost!

www.lmk.si

Predstavljeno delo je del aktivnosti nacionalnega etalona za termodinamično temperaturo na UL-FE/LMK v koordinaciji Urada RS za meroslovje ter raziskavah v okviru ARRS programske skupine "Metrologija in kakovost".

Kolegom iz LMK se zahvaljujem za vse koristne nasvete, komentarje, ideje in pomoč pri delu.