

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**KRMILJENJE GLINENE OGREVALNE SKULPTURE**

Tematsko področje  
elektrotehnika, elektronika in robotika

Avtorja:

Urban Aravs, 3. letnik

Anže Kumer, 3. letnik

Mentor:

Peter Vrčkovnik, dipl. inž.

Somentor:

Igor Bahor

Velenje, 2015

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Elektro in računalniški šoli Velenje.

Mentor: Peter Vrčkovnik, dipl. inž.

Datum predstavitve: marec, 2015

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2013/2014

KG Krmiljenje/Meritve/Lončarstvo

AV KUMER Anže/ARAVS Urban

KA 3320 Velenje, SLO, Podkraj pri Velenju 68 b

ZA Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola

LI 2015

IN **KRMILJENJE GLINENE OGREVALNE SKULPTURE**

TD Raziskovalna naloga

OP VI, 55 str., 5 pregl., 3 graf., 26 sl., 10 pril., 7 vir.

IJ SL

JI sl/en

AI Namen raziskovalne naloge je zasnovati novo ogrevalno skulpturo. Pri tem smo raziskovali pripravo in razporeditev grelcev, načrtovali krmilno vezje in napisali program za samo krmiljenje ogrevalne skulpture. Ogrevalna skulptura je reliefna glinena plošča, ki ima v svoji sredini razporejene električne grelce in nam poleg oddane toplote predstavlja tudi dekorativni okras v prostoru. V raziskovalni nalogi smo izboljšali prejšnjo ogrevalno skulpturo, kar se je tudi pokazalo pri merjenju s termovizijsko kamero. Ugotovili smo, da je postavitve grelcev zelo dobra, tako da se celotna skulptura enakomerneje in hitreje segreva. Na podlagi raziskanega smo izračunali in pripravili nove grelce ter novo razporeditev grelcev. Pri izdelavi krmilnega vezja smo najprej spoznali njegove sestavne dele, njegovo delovanje in njegovo vlogo. Delovanje krmilnega vezja smo preizkusili na ogrevalni skulpturi. Pri testiranju smo prilagajali program za boljše delovanje. Ko je bilo delovanje optimalno in natančno, smo ga uporabili pri novo narejeni in izboljšani ogrevalni skulpturi. Menimo, da je glinena skulptura dobro grelno telo, kakor tudi dekorativni okras prostora.

## KEY WORDS DOCUMENTACION

ND Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2013/2014

CX Control/Measurements/Pottery

AU KUMER Anže / ARAVS Urban

PP 3320 Velenje, SLO, Podkraj pri Velenju 68 b

PB Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola

PY 2015

TI **CONTROL HEATING SCULPTURE**

DT RESEARCH WORK

NO VI, 40p., 7 tab., 3 graf., 26 fig., 10 ann., 7 ref.

LA SL

AL sl / en

AB The purpose of our research paper was to design a new heating sculpture. In the process we were researching the setting and position of the heaters, planning the control circuit and writing the programme for controlling the heating sculpture. The heating sculpture is a relief clay plate, which includes electric heaters in its middle and gives us heat as well as a decorative addition to our room. We have upgraded the previous heating sculpture, which was also indicated in the measurements with the thermovision camera. We established that the placement of heaters is really good, since the whole sculpture is heated faster and more evenly. On the basis of our research we calculated and prepared new heaters as well as their new placement. When creating the control circuit, we first learned about its components, its activity and its role. We tested the control circuit on the heating sculpture. While testing, we were adjusting the programme to improve it. When the activity of the control circuit was precise and optimal, we used it on the new and improved heating sculpture. We believe that the clay sculpture is a good heating body as well as a nice room décor.

## KAZALO

1	UVOD .....	1
2	PREGLED OBJAV .....	3
3	MATERIAL IN METODE - ZGRADBA IN NASTANEK OGREVALNE SKULPTURE ..	5
3.1	Glina .....	5
3.2	Izračun dolžine grelcev in moči.....	5
3.3	Izdelava in testiranje grelcev .....	8
	.....	9
3.4	Načrtovanje in razporeditev grelcev .....	9
3.5	Izdelava ogrevalne skulpture .....	11
3.6	Meritve skulpture.....	13
3.7	Električna vezava.....	16
3.8	Krmilno vezje - samogradnja .....	17
3.8.1	Mikroprocesor .....	18
3.8.2	Digitalni vhodi .....	19
3.8.3	Digitalni izhodi .....	20
3.8.4	Analogni vhodi.....	21
3.9	Krmilno vezje – arduino .....	22
3.9.1	Delovanje .....	23
3.10	Razširitvena platforma .....	24
3.10.1	Delovanje .....	25
3.10.2	Algoritem delovanja.....	25
3.11	Uporaba senzorja .....	27
3.11.1	Pt1000 .....	27
4	REZULTATI.....	31
5	DISKUSIJA.....	35
6	ZAKLJUČEK.....	37
7	POVZETEK .....	38
8	ZAHVALA .....	39
9	PRILOGE.....	40
10	VIRI.....	50

## Kazalo slik

Slika 1: Skulptura .....	2
Slika 2: Že narejen glinen radiator .....	4
Slika 3: Prikaz oddajanja toplote na radiatorju .....	4
Slika 4: Navijanje grelca .....	8
Slika 5: Načrtovanje .....	9
Slika 6: Pozicija razvodnice .....	10
Slika 7: Zarisan potek grelcev .....	10
Slika 8: Merjenje dolžine grelcev .....	11
Slika 9: Pozicija zunanjšega grelca .....	14
Slika 10: Pozicija notranjšega grelca .....	15
Slika 11: Pozicija obeh grelcev .....	15
Slika 12: Stara skulptura .....	16
Slika 13: Načrt vezave komponent .....	17
Slika 15: Krmilnik - samogradnja .....	18
Slika 16: Pomen priključkov na čipu .....	19
Slika 17: Digitalni vhodi .....	20
Slika 18: Digitalni vhodi .....	21
Slika 19: Analogni vhodi .....	22
Slika 20: Arduino mega 2560 .....	23
Slika 21: Raširitvena platforma .....	25
Slika 23: Velikost senzorja pt1000 .....	28
Slika 22: Pt1000 .....	28
Slika 24: Diagram poteka - ročni način .....	29
Slika 25: Diagram poteka - avtomatski način .....	30

### **Kazalo grafov**

Graf 1: Biskvitno žganje .....	12
Graf 2: Glazurno žganje .....	13
Graf 3: Odvisnost upornosti od temperature .....	27

### **Kazalo tabel**

Tabela 1: Razmerje med upornostjo ter dolžino .....	6
Tabela 2: Odvisnost temperature od upornosti .....	27
Tabela 3: Temperatura sobe med ogrevanjem oz. ohlajanjem.....	31
Tabela 4: Razlika med dvema mikrokrmilnikoma .....	33
Tabela 5: Cena skulpture.....	33

### **Kazalo prilog**

Priloga 1: Napajalnik.....	40
Priloga 2: Digitalni vhodi .....	41
Priloga 3: Analogni vhodi - pt1000.....	42
Priloga 4: Analogni izhod .....	43
Priloga 5: Driver za el. Motor .....	44
Priloga 6: Komunikacija RS232.....	45
Priloga 7: Priključki za bluetooth.....	46
Priloga 8: Digitalni izhodi .....	47
Priloga 9: Priključki za monitor in tipkovnico .....	48
Priloga 10: Program – avtomatsko delovanje 1 .....	49

## 1 UVOD

Odkritje ognja v prazgodovini je pomenilo preživetje, saj so se z njim ogrevali in kuhali. Ogrevanje je tudi danes pomembno, vendar se ljudje več ne ogrevamo z odprtim ognjiščem, temveč s pečmi, ki so najprej tudi služile za pripravo hrane.

Večina peči je bila izdelana iz gline, saj, kot je znano, glina akumulira toploto in je tudi do neke mere na toploto odporna. Seveda je tehnika napredovala in tako je napredoval tudi način ogrevanja. Veliko ljudi je začelo svoje prostore ogrevati ali z električnimi radiatorji ali s toplotnimi črpalkami. Električni radiatorji imajo dve slabosti. Hitro se ohladijo, saj imajo zelo slabo akumulacijo toplote, kar lahko predpisujemo železu in njegovi dobri prevodnosti, poleg tega pa ogrevajo samo tisti del prostora, kjer se nahajajo.

Kar kmalu je prišla nova ideja, združiti električne grelce in glino. To imenujemo Elektro-keramični radiatorji. Te vrste ogrevalnih skulptur že obstajajo ampak ne v obliki, kot smo jo opisali v raziskovalni nalogi.

Tako se je porodila ideja o snovanju in izdelavi Elektro-keramične ogrevalne skulpture. Zakaj skulpture? Preprosto zato, ker ne bo funkcija predmeta samo gretje, ampak bo v bivalnem okolju služila kot dekorativna vsebina.

Najin predhodnik je v raziskavi ugotovil, katera glina je najbolj primerna za izdelavo keramičnega radiatorja. Največji izziv pri izdelavi ogrevalne skulpture je bilo mehansko raztezanje in krčenje gline.

Drugi izziv, ki ga prejšnja raziskava ni zajela je, kako učinkovito uporabljati glineno skulpturo. Pri tem skulptura naj ne bi porabljala velike količine energije. Prav tako bi na podlagi krmiljenja ogrevalna skulptura delovala avtomatsko. Ogrevanje prostora bi bilo odvisno od večjih parametrov. Pomembna je temperatura skulpture, da se le-ta ne pregreje. Prav tako je pomembna temperatura v prostoru in zunaj prostora katerega ogrevamo.

Za slednjo nalogo smo potrebovali napravo oz. sistem, ki bo krmilil delovanje ogrevalne skulpture. Odločila smo se za izdelavo lastnega krmilnika za krmiljenje glinene skulpture.

Pred izdelavo krmilnika smo se seznanila s posameznimi deli, ki smo jih potrebovali pri krmiljenju in kako le-ti delujejo. Nato smo pričeli z gradnjo.



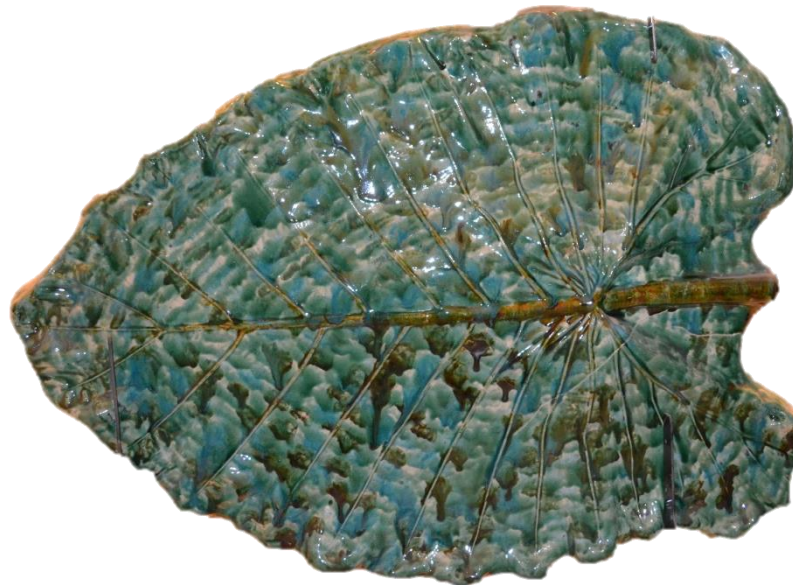
Ugotoviti smo tudi želeli ali je boljše lastna izdelava ali je boljše uporabiti serijsko izdelana krmilna vezja. Pri krmiljenju naju je zanimalo, kako vpliva število, pozicija in moč grelcev na ogrevanje prostora.

Postavili smo si tudi naslednje hipoteze.

Hipoteze:

- Skulptura je primerna za ogrevanje prostorov do  $10 \text{ m}^3$  pri nastavljeni temperaturi ogrevanja  $22^\circ\text{C}$ .
- S krmiljenjem dosežemo optimalno in varčno delovanje ogrevalne skulpture.
- Več grelcev hitreje in enakomerneje ogreje ogrevalno skulpturo.
- Ogrevalna skulptura je cenejša od kupljenega glinenega radiatorja.
- Uporaba kupljenega krmilnega vezja je cenejša in uporabnejša, saj so zanj razvite različne dodatne komponente.
- Glinena skulptura poleg osnovne funkcije gretja prostora nudi tudi dekorativno osvežitev v prostoru.

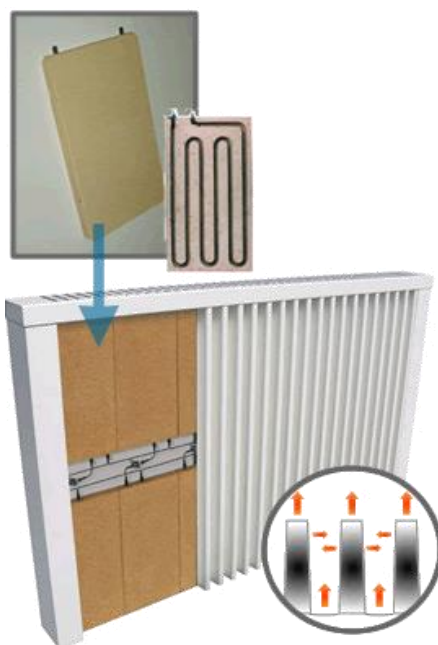
Glinena skulptura



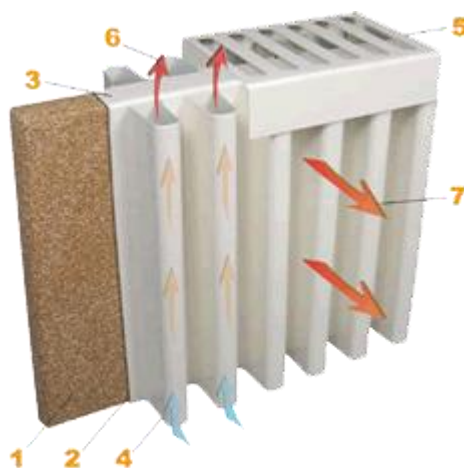
Slika 1: Skulptura

## 2 PREGLED OBJAV

Poznamo več vrst ogrevanja z uporabo elektrike: električni radiatorji, električno talno gretje, električni sevalni paneli itd. Na današnjem trgu pa je tudi več različnih vrst električnih radiatorjev. Najbolj znani so seveda navadni električni radiatorji, vendar pa so še tukaj tudi stekleni radiatorji in tako imenovani radiatorji climastar, ki so med vsemi električnimi radiatorji najbolj varčni (1). Na svetovnem trgu pa že tudi obstaja električni radiator, ki vsebuje keramiko. Izdelujejo ga v Nemčiji, imenuje se Electrorad Aeroflow Storage Electric Radiator. Radiator ohranjanje toplote doseže z nizom glinenih plošč v sredini radiatorja. V enem radiatorju je tudi do 20 posameznih plošč. Vsaka glinena plošča vsebuje naviti grelni element, ki je popolnoma zakopan v njem in je sestavni del plošče. Vsaka grelna plošča ima približno moč 100 Watov. Ko radiator vključimo, element zažari in glinena plošča se v nekaj minutah segreje. Segrete plošče oddajajo toploto še 30 minut (3). Vendar je ta radiator po obliki enak navadnim radiatorjem in nima dekorativnega izgleda, zato je bila v lanskem letu v okvirju gibanja Mladi raziskovalci za razvoj Šaleške doline, izdelana raziskovalna naloga o Ogrevalni skulpturi oz. o Elektro-keramičnem radiatorjem. Kot že ime pove, ta ogrevalna skulptura ni imela oblike navadnega radiatorja, ampak je imela lepoten videz. Njen namen in dosežen cilj je bil ugotoviti, katera glina je najprimernejša za izdelavo ogrevalne skulpture in izdelava same skulpture (2). Cilj te raziskovalne naloge je bil seveda dosežen, vendar pa moč in krmiljenje ogrevanja ogrevalne skulpture nikoli nista bila testirana in zato ima ta naloga nadaljevanje.



Slika 2: Že narejen glinen radiator



Slika 3: Prikaz oddajanja toplote na radiatorju

### **3 MATERIAL IN METODE - ZGRADBA IN NASTANEK OGREVALNE SKULPTURE**

Sama izdelava je potekala po naslednjih korakih:

Spoznavanje s prejšnjo skulpturo, vrste glin in odločitev, katero glino uporabiti za izdelavo skulpture. Sledila je izdelava grelcev in meritev grelcev. Na koncu izdelava skulpture in vgradnja grelcev.

Pri spoznanjih iz prejšnje raziskovalne naloge, smo prišli do naslednjih izhodišč:

- Ogrevalna skulptura se pregreva na robu in s tem nastane nevarnost opeklin
- Skulptura se zaradi relativno majhne mase hitreje ohlaja
- Neenakomerna razporeditev grelcev
- Grelec lebdi v zraku, zato se skulptura dlje časa ogreva in s tem izgubljammo energijo

Ta izhodišča smo upoštevali pri izdelavi nove ogrevalne skulpture.

#### **3.1 Glina**

Ogrevalna skulptura je izdelana iz gline. V lanskem letu je bila izdelana raziskovalna naloga, ki je ugotavljala, katera glina je najbolj primerna za izdelavo ogrevalne skulpture. Tako smo uporabili glino, ki se je na testiranjih najbolj izkazala. Uporabljena glina ima oznako 441, njena granulacija je 0,2–0,8 mm in njen odstotek primesi je 45%. Proizvajalec je CREATON.

#### **3.2 Izračun dolžine grelcev in moči**

Za izračun dolžine grelcev smo najprej izmerili upornost žice (dolžine 1 m), ki smo jo uporabili za izdelavo grelca. Izmerjena upornost je bila 3,8  $\Omega$  na meter žice. Izvedli smo še dodatno preverjanje, da bi videli, ali je konstanta pravilna. Tako smo odrezali še različne dolžine žic: 25 cm, 50 cm, 1 m, 2 m in 3 m. Pri tem smo ugotovili, da se upornost ne spreminja linearno, vendar pa razlika ni bila tako velika in zato smo se vseeno odločili za konstanto 3,8  $\Omega$  na meter.

TABELA:

Dolžina žice (cm)	Upornost ( $\Omega$ )	Upornost na meter ( $\Omega/m$ )
25	1,2	4,8
50	2,0	4
100	3,8	3,8
200	7,3	3,65
300	10,8	3,6

Tabela 1: Razmerje med upornostjo ter dolžino

Po izmerjeni konstanti smo izračunali, kolikšna mora biti upornost za moč 400 W. To smo storili s spodnjo enačbo, za napetost smo vzeli standardno velikost 230 V.

$$P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} \quad (1)$$

Pri tem je:

P – moč grelca

U – napetost na grelcu

R – upornost grelca

Izračunali smo, da mora biti upornost 132,25  $\Omega$ .

Upornost smo delili s konstantno upornosti na meter:

$$m = \frac{R}{R \text{ na } m} \quad (2)$$

Pri tem je:

R – upornost

R na m – upornost žice pri enem metru

m – dolžina žice

Ugotovili smo, da mora biti dolžina žice 34 m.

Naposled smo izmerili debelino oziroma prerez žice, ki je bila 0,70 mm. Ta podatek smo uporabili pri izračunu praktične dolžine grelca. Izračunali smo, koliko cm žice je potrebno za en ovoj  $o = 2\pi r^2$  in prišla do rezultata 1,57 cm.

Pred tem smo še izračunali, koliko ovojev je na 10 cm:

$$\text{Ovoji} = \frac{10\text{cm}}{0,07} = 142,9 \text{ ovojev.}$$

Nato smo izračunali, koliko ovojev dobimo pri 30 m dolgi žici:

$$\text{ovoji} = \frac{l}{o}.$$

Pri tem je:

l – dolžina žice

o – dolžina žice pri enem ovoju

Za izračun dolžine grelca smo uporabili spodnjo enačbo:

$$l = \frac{\text{ovoji}}{\text{ovojev na cm}}. \quad (3)$$

Pri tem je:

l – dolžina grelca

ovoji – število ovojev pri 30 m dolgi žici

ovoji na cm – število ovojev na 10 cm

Dolžina 400 W grelca je 133 cm . Za izračun 200 W grelca smo ponovili postopek in ustrezna dolžina grelca je 266 cm.

### 3.3 Izdelava in testiranje grelcev

Izdelava grelca je potekala na šoli CVIU. Za izdelavo grelca smo si najprej pripravili mizo, kjer smo navijali (Slika 4). V opaž smo pripeli dve deski, med katerima je bila železna palica premera 6 mm. Palico smo vtaknili v ročni vrtalnik in začelo navijati grelec. Med navijanjem smo merili dolžino grelca. Ko je bila žica dovolj dolga, smo ga iztaknili iz železne palice. Po izdelavi grelcev smo grelce testirali in jih še dodatno umerili na njihovo moč.



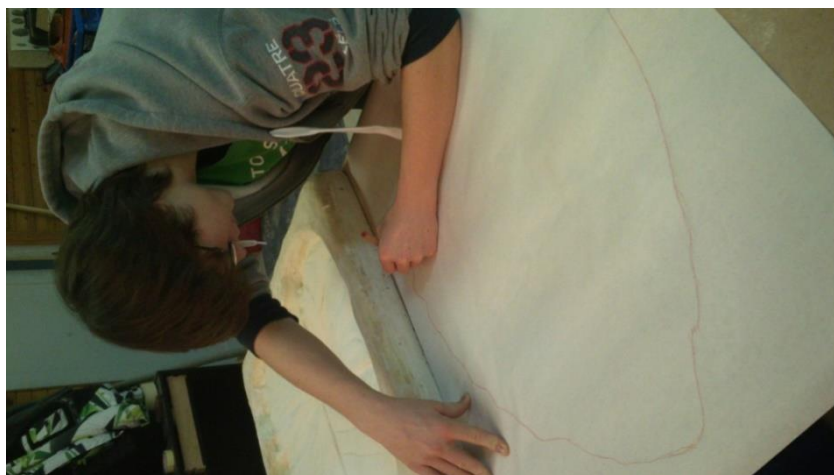
Slika 4: Navijanje grelca



Slika 5: Grelec

### 3.4 Načrtovanje in razporeditev grelcev

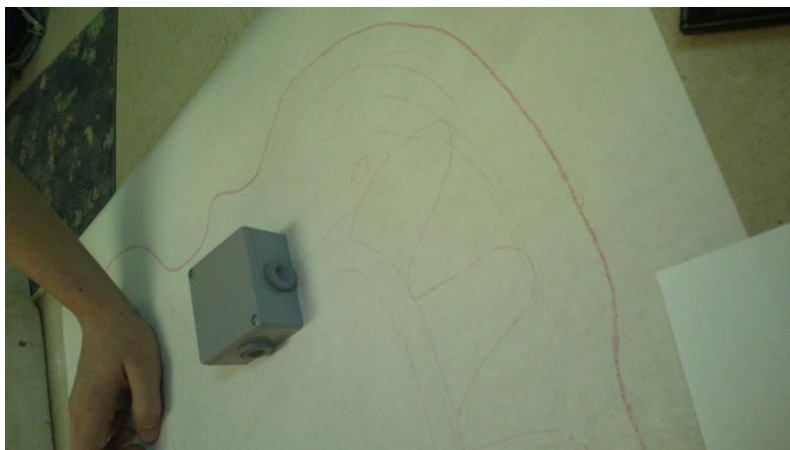
Pri načrtovanju razporeditve grelca smo najprej na list obrisali obliko skulpture. Obris smo malo popravili, da je le-ta izgledala približno enako kot skulptura.



Slika 6: Načrtovanje



Na listu z obrisom ogrevalne skulpture smo od robov odmerili 10 do 12 cm in s tem zagotovili, da robovi skulpture ne bodo prevroči in se tako izognili morebitnim prevročim delom, ki lahko povzročijo opekline.



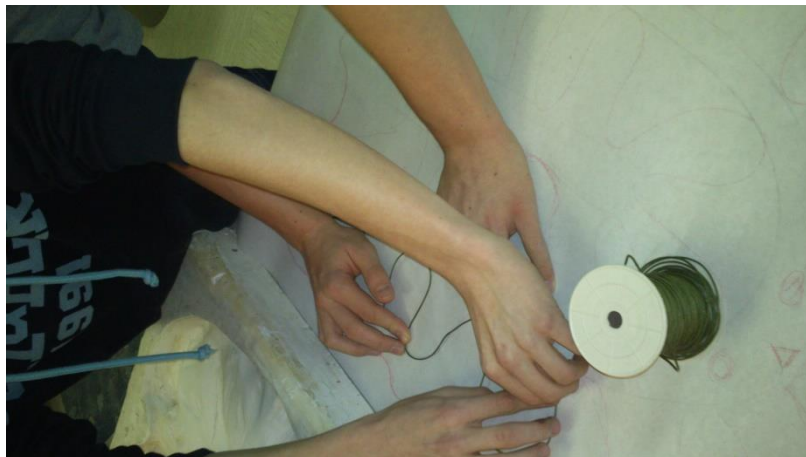
Slika 7: Pozicija razvodnice

Na list, na katerem je bil obris skulpture, smo narisali, kako naj bi potekali sami grelci. Grelca smo položili na list in ju razporedilo tako, kot bosta stala v sami skulpturi. Pri tem smo ugotovili, da je 200 W grelec predolg in da ga ne moremo uporabiti, zato smo se odločili, da bomo uporabili dva 400 W grelca. Grelca smo razporedili tako, da sta bila v obliki vala in da se med seboj nista dotikala. Med posameznima linijama je razdalja vsaj 5 cm.



Slika 8: Zarisan potek grelcev

Z vrvico smo izmerili, koliko morejo biti dolgi grelci oziroma za koliko jih moramo raztegniti. Merili smo tako, da smo vrvico napeljevali po prej zarisani poti. Pri tem smo izmerili, da mora biti zunanji grelec dolg vsaj 3,40 m, notranji pa vsaj 2,20 m.



Slika 9: Merjenje dolžine grelcev

### 3.5 Izdelava ogrevalne skulpture

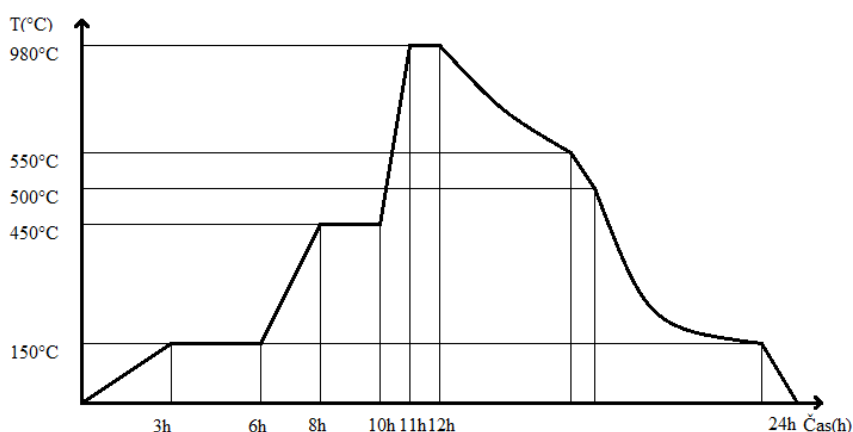
Izdelava same ogrevalne skulpture je potekala v Lončarskem centru Bahor v Topolšici.

Izdelavo smo razdelili v več faz:

1. Polnjenje, vlivanje in stiskanje glin v kalup ogrevalne skulpture. Pri tem smo porabili 40 kg glin.
2. Glajenje spodnje strani ogrevalne skulpture.
3. Z našega načrta smo prerisala, kako bodo potekali grelci.
4. Z žlico smo izdoblili kanal, v katerih bodo grelci.
5. Zapolnitev kanalov z grelci in kasneje z glino.
6. Sušenje ogrevalne skulpture 14 dni.
7. Sušenje: pokrivanje, obračanje, prostor.
8. Biskvitno žganje:

Celotna peka je trajala 24 ur. Polovico celotnega časa se temperatura v peči samo zvišuje. V prvih 6 urah temperatura v peči doseže 150 °C. Nato se v polovici tega časa temperatura linearno dviguje do 150 °C, v drugi polovici pa se temperatura ohranja. V

tem območju iz gline izpari vlaga. Naslednje območja traja 4 ure. Temperatura se iz 150 °C v prvi polovici linearno dvigne na 450 °C. Ohranjanje temperature se nadaljuje v drugi polovici časa. V tej polovici se zagotovi popolna izparitev vlage, ki je kemično vezana na glino. Pri tej temperaturi vse organske primesi v materialu zgorijo. Plini, ki nastajajo pri izgorevanju, so rakotvorni. Tretje območje traja dve uri. Prvo uro se temperatura povzpneja iz 450°C na 980 °C. V tem območju razpadejo vse organske snovi v glini. Ta temperatura se vzdržuje še naslednjo polovico časa. Od te točke dalje v četrtem območju se začne ohlajanje peči na 150 °C. Ohlajanje ni povsem linearno. Kritična meja ohlajanja je med 550 °C in 500 °C. Tu poskrbimo, da temperatura pada počasneje, s tem zagotovimo večjo možnost, da bo izdelek po koncu peke cel. Ko temperatura v peči pade na 150 °C, lahko odpremo vrata peči. (1)



Graf 1: Biskvitno žganje

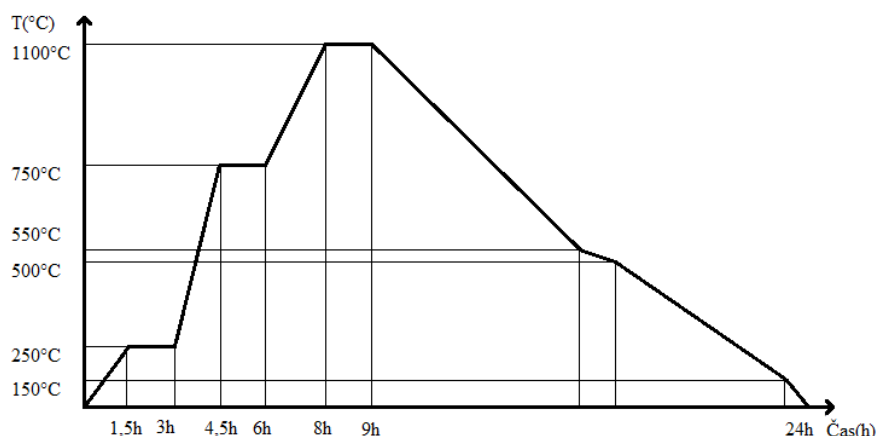
## 9. Krašenje

## 10. Glaziranje

## 11. Glazurno žganje:

Glazurno žganje poteka 24 ur in prvih 9 ur je razdeljenih na tri dele. V prvem delu, ki traja 3 ure, se v prvi polovici oz. v 1,5 ure temperatura povzpne do 250 °C. Pri tej temperaturi iz gline izpari voda, ki se je vezala na vzorec pri nanosu glazure. Nato se ta temperatura ohranja še nadaljnjih 1,5 ure. Drugi del tako kot prvi del traja 3 ure. Najprej se v prvi polovici drugega dela temperatura povzpne iz 250 °C na 750 °C. Ta razlika temperature omogoča, da vlaga, ki je bila kemično vezana v glino, izhlapi.

Nakar se v drugi polovici drugega dela temperatura ohranja še 1,5 ure. Temperatura se vzdržuje zato, ker morajo iz gline izstopiti plini, ki bi lahko kvarno vplivali na kvaliteto glazure. Zadnji del pa prav tako traja 3 ure. Najprej se v prvi polovici tretjega dela, ki traja 2 uri, temperatura povzpne iz 750 °C na 1100 °C. Druga polovica tretjega dela traja 1 uro in v tej polovici se temperatura vzdržuje pri temperaturi 1100 °C, saj ta omogoča, da se steklo stopi in zlije v eno tanko stekleno plast. Zdaj se začne 15 urno ohlajanje, ki je razdeljeno na štiri dele. Najprej v prvem delu temperatura linearno pade iz 1100 °C na 550 °C, nato se v drugem delu padanje med 550 °C in 500 °C upočasni, ker s tem zagotovimo, da bo izdelek ostal cel. V tretjem delu pa temperatura hitro pade iz 500 °C na 150 °C. V zadnjem četrtem delu pa iz 150 °C temperatura pade na sobno temperaturo (1).

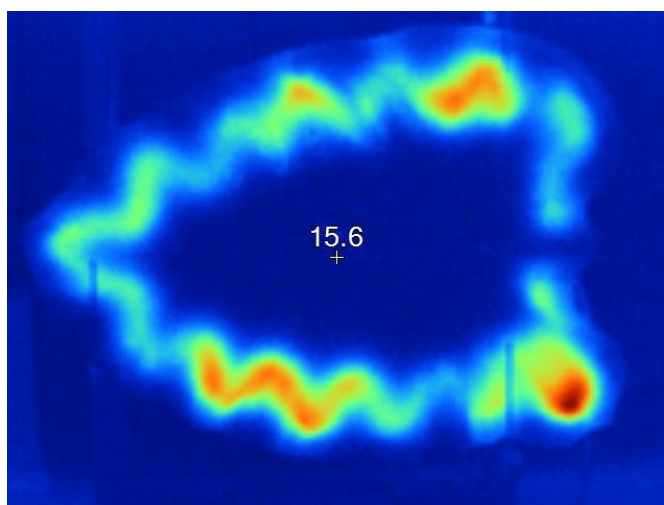


Graf 2: Glazurno žganje

### 3.6 Meritve skulpture

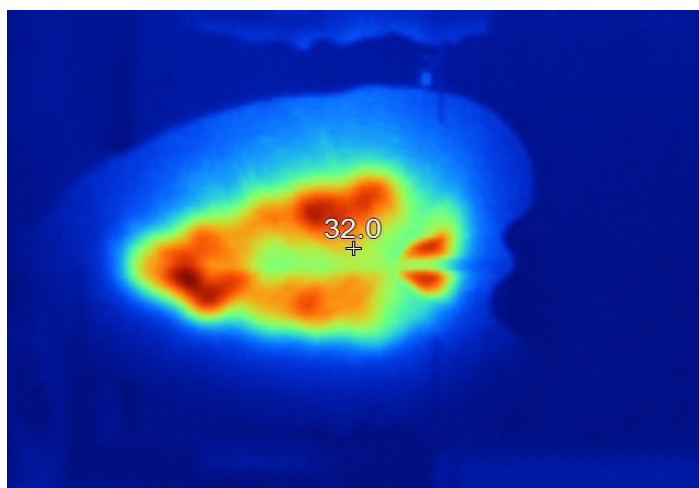
Meritve skulpture je potekala v zaprtem neogrevanem prostoru. Zaradi boljšega in lažjega merjenja smo skulpturo postavili na stojalo. Skulpturo smo merili s termovizijsko kamero, ki kaže temperaturo in kako se temperatura širi po sami skulpturi. Termovizijsko kamero smo najprej postavili na stojalo in s tem zagotovili, da bo merila vedno isto točko. Sama meritve je potekala v treh korakih:

- 1 Prvi korak je meritev samo zunanjšega grelca. Na napajanje smo priklopili samo zunanji grelec in na vsake pol minute slikali, kako se temperatura spreminja. Meritev je trajala eno uro. Po pretekli uri smo skulpturo izklopili iz napajanja in čez pol ure naredila še eno sliko, kjer smo ugotovili, kako se temperatura širi po skulpturi in kolikšna je še temperatura po pol ure.



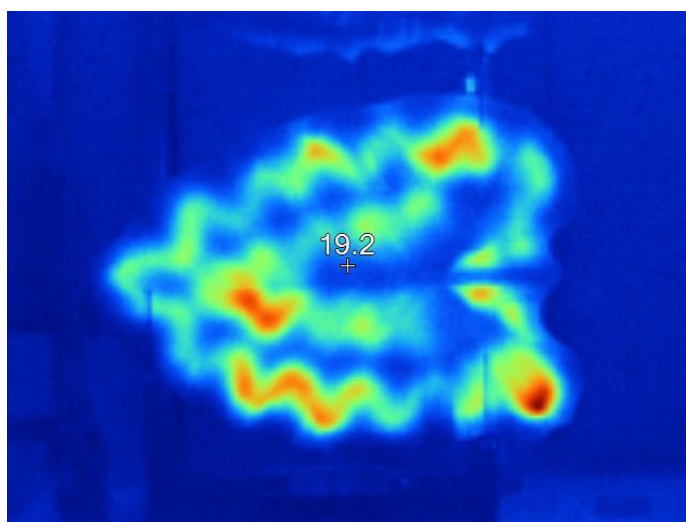
Slika 10: Pozicija zunanjšega grelca

- 2 Drugi korak je meritev zunanjšega grelca. Ponovili smo enako kot pri prvem primeru in ugotovili, da notranji grelec hitreje pogreje skulpturo in da je tudi temperatura na sami skulpturi nekoliko višja, kar lahko pripisujemo temu, da je grelec manj raztegnjen.



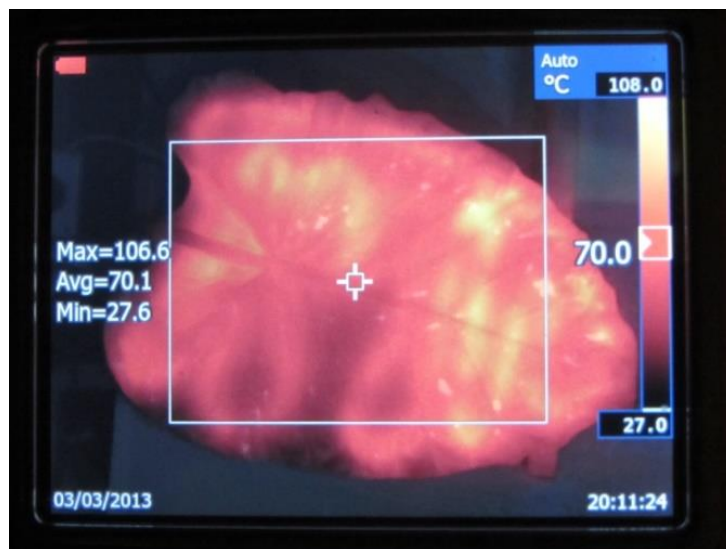
Slika 11: Pozicija notranjega grelca

- 3 Zadnji korak je vklop obeh grelcev. Oba grelca sta bila vklopljena samo pol ure, saj tudi predvidevamo, da nikoli ne bosta skupaj vklopljena več kot pol ure, ker se temperatura na skulpturi zelo hitro poveča. Slikanje je potekalo na pol minute.



Slika 12: Pozicija obeh grelcev

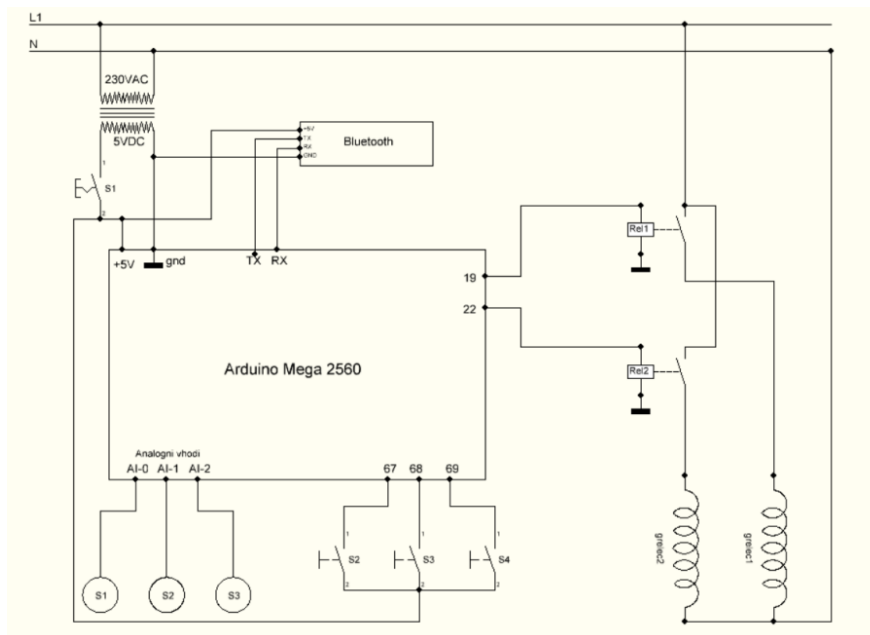
Meritev smo naredili tudi na starejši verziji skulpture, z namenom, da bi lahko primerjali, koliko smo izboljšali skulpturo.



Slika 13: Stara skulptura

### 3.7 Električna vezava

Ogrevalno skulpturo smo krmilili preko najinega krmilnika. Na digitalna izhoda smo povezali dva releja, preko katerega smo vklapljali in izklapljali grelce na ogrevalni skulpturi. Podatke o temperaturi pa smo sprejemali preko analognih vhodov, ki so bili povezani na temperaturni senzor PTK 1000. Uporabili smo tudi bluetooth komponento, ki nam omogoči komuniciranje med telefonom in krmilnikom, torej lahko s telefonom nastavljamo želeno temperaturo.

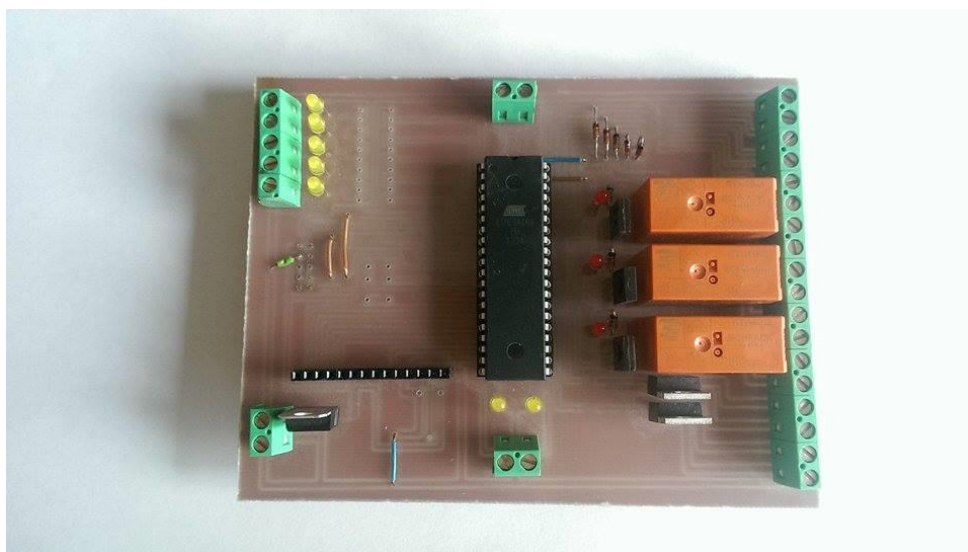


Slika 14: Načrt vezave komponent

### 3.8 Krmilno vezje - samogradnja

Krmilno vezje (v nadaljevanju krmilnik) je programirljiva naprava, ki vsebuje lasten mikroprocesor, RAM, hitre vhodno izhodne enote in razne števec. Omogoča regulacijo in krmiljenje celotne proizvodnje ali kot v našem primeru ene naprave – ogrevalne skulpture. Krmilnik lahko sprejema signale preko senzorjev ali direktno od objekta vodenja. Ti signali se potem v krmilniku obdelajo. Obdelani signali potujejo nazaj k objektu vodenja (5). Za izdelavo našega krmilnika smo se najprej morali spoznati z njegovimi posameznimi deli.





Slika 15: Krmilnik - samogradnja

Načrtovanje krmilnega vezja je bila naše prvo srečanje s programom Sprint Layout. Imeli smo tudi kar nekaj težav pri projektiranju tega vezja. Sprint Layout ni zelo težek program, zato smo se kar hitro naučili, kako ga uporabljati. Težave so nam delali le razdalje med različnimi elementi. Krmilnik ima pet digitalnih vhodov, pet analognih vhodov, tri digitalno-relejske izhode, dva tranzistorska izhoda ter dva univerzalna vhoda/izhoda.

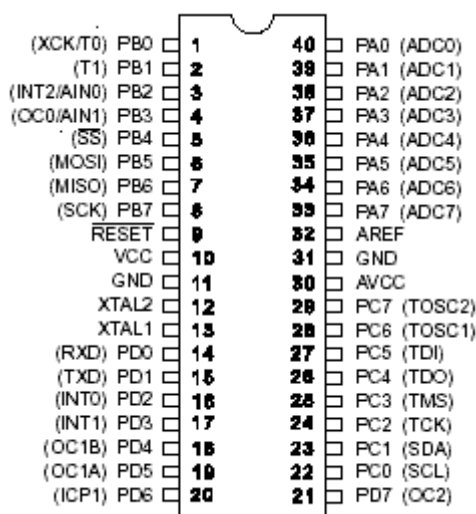
### 3.8.1 Mikroprocesor

Atmega 16 je 8 bitni mikrokrmilnik, ki ima zelo majhno porabo. Ima 16 Kbytov vgrajenega programljivega hitrega pomnilnika, v katerega lahko tako pišemo kot tudi beremo. Ima 10 bitno analogno-digitalno pretvorbo.

Atmega 16 vsebuje štiri vhodno-izhodna 8-bitna vrata, ki se označujejo z besedo PORT ter črkami A, B, C in D. Vseh vhodno-izhodnih pinov je 32. Poleg funkcije vhodno/izhodnih (I/O) enot imajo vsi ti priključki še dodatne uporabne funkcije, kot so UART vmesnik, ADC vmesnik ipd., ki jih nastavimo s programom.

Ostali priključki so namenjeni za:

- Napajanje mikrokrmilnika in A/D pretvornika (VCC in AVCC)
- Ozemljitev (GND)
- Referenčno napetost (AREF)
- Priključitev zunanega kvarčnega kristala (XTAL1 in XTAL2)
- RESET priključek

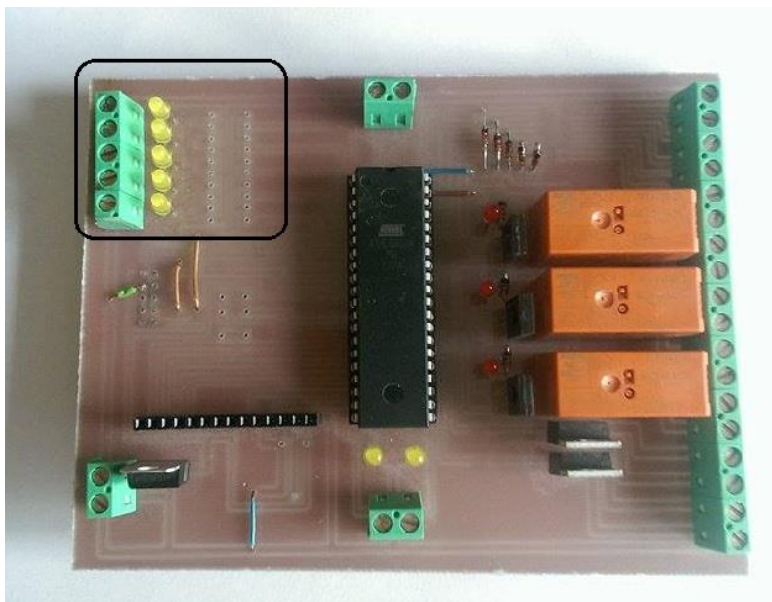


Slika 16: Pomen priključkov na čipu

### 3.8.2 Digitalni vhodi

Na krmilniku je pet digitalnih vhodov, katerih namen je oskrbovanje čipa z digitalnimi informacijami, ki prihajajo od zunaj. Digitalni vhod je sestavljen iz uporov, led diod in optospojnika. Naloga optospojnika je zavarovanje krmilnika, saj četudi bomo ponesreči digitalni vhod vklopili na več kot 5 V bo optospojnik zmanjšal to napetost na 5 V in s tem zaščitil krmilnik. Takrat ko je na digitalnem vhodu napetost 5 V oz. ko je digitalni vhod v logičnem stanju 1, bo led dioda svetila in preko optospojnika bo tok stekel v mikrokrmilnik. V našem primeru imamo 5 digitalnih vhodov.

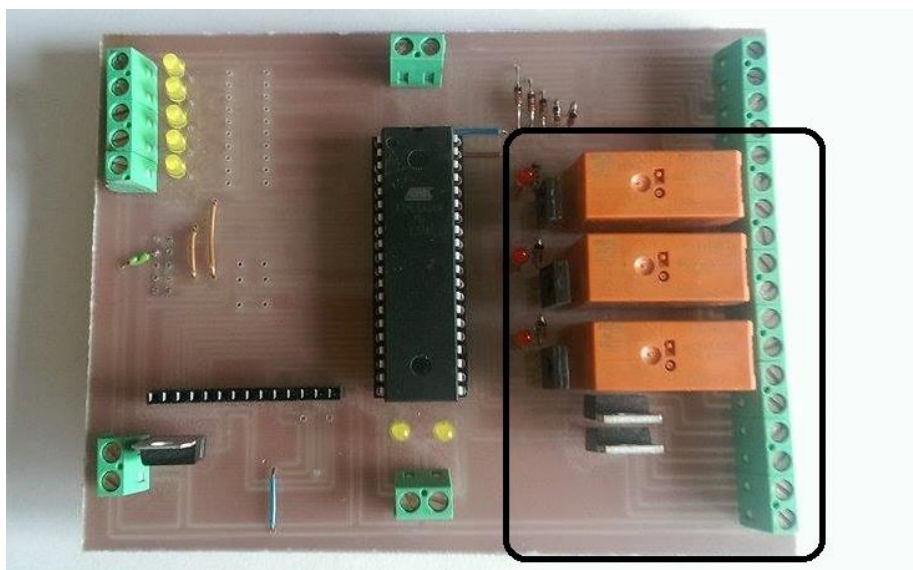
V vezju pa imamo tudi še dva digitalna vhoda, ki pa v svoji vezavi nimata optospojnika in zaradi tega moramo paziti, na kolikšno napetost digitalni vhod priključimo.



Slika 17: Digitalni vhodi

### 3.8.3 Digitalni izhodi

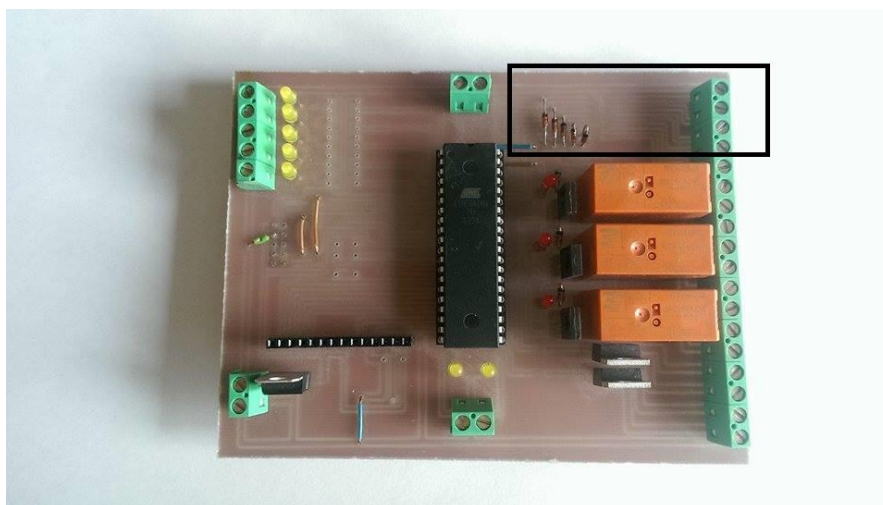
Krmilnik ima dva digitalna izhoda, ki sta namenjena vklopjanju in izklopjanju grelcev v ogrevalni skulpturi. Digitalni izhod je sestavljen iz dveh delov. Prvi del sestavljata upor in tranzistor, ki sta vezana zaporedno. Naloga tranzistorja je, da, ko bo napetost na digitalnem izhodu 5 V, se tranzistor odpre in s tem omogoči nastavljanje izhodne napetosti in krmiljenje ogrevalne skulpture. Drugi del vezja, ki se nahaja v kolektorskem delu, sestavljajo led dioda, upor, dioda in tuljava rele. Upor in led dioda sta vezana zaporedno in vzporedno z diodo in tuljavo releja. Takrat ko bo tranzistor odprt in bo prepuščal tok, bo rele preklopil v delovni kontakt in vklopil grelec. Grelec se bo ugasnil takrat, ko bo tranzistor nehal prepuščati tok in zaradi tega bo rele priklopil v mirovni kontakt. V našem vezju imamo pet digitalnih izhodov.



Slika 18: Digitalni izhodi

### 3.8.4 Analogni vhodi

Na krmilniku imamo pet analognih vhodov, ki v mikrokrmilnik pošiljajo analogne signale. Analogni izhod je sestavljen iz zener oz. prebojne diode in upora. Zener dioda in upor sta vezana zaporedno. Naloga zener diode ja ta, da napetost na analognem vhodu ne prekorači 5V. Mikrokrmilnik je 10 bit A/D .

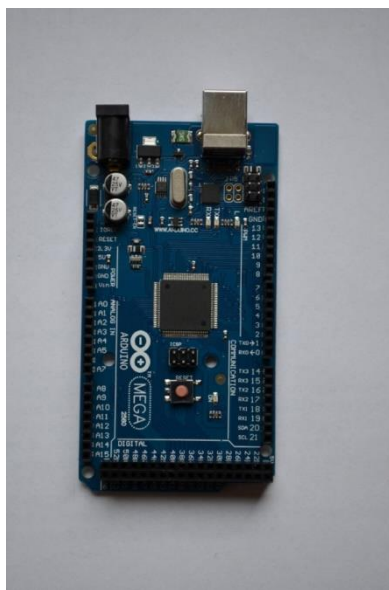


Slika 19: Analogni vhodi

### 3.9 Krmilno vezje – arduino

Arduino mega 2560 je mikrokrmilnik, ki je cenovno zelo ugoden ter ima zelo veliko že narejenih primerov na spletu. Arduino mega poganja Atmelov mikroprocesor Atmega2560. Ima 54 digitalnih priključkov, ki jih lahko izberemo ali kot vhode ali izhode. Od teh jih 14 lahko tudi generira pwm (pulzno širinsko modulacijo) signal ter 16 analognih priključkov, ki imajo 10-bitno analogno pretvorbo.

Plošča ima vgrajen programator, zato jo lahko priključimo direktno na računalnik ter vezje za uravnavanje napetosti. Za programiranje uporablja svoj programski jezik, ki pa se ga zelo hitro naučimo.



Slika 20: Arduino mega 2560

### 3.9.1 Delovanje

Za arduino krmilnik smo se odločili zaradi številnih prednosti pred našim izdelanim krmilnikom. Je cenejši, ima možnost dokupa dodatnih komponent, ima višjo hitrost in lažji programski jezik. Za arduino je bila že izdelana razširitvena platforma, ki nam so jo posodili iz šole. S pomočjo platforme in njenih vhodnih/izhodnih priključkov smo krmilili najino skulpturo. Tako kot pri domačem izdelanem krmilniku smo na analogne vhode priklopili PT1000 senzorje temperature in z njimi zajemali temperaturo v samem prostoru, na skulpturi (kot neke vrste blokada) in zunaj prostora.

### 3.10 Razširitvena platforma

Razširitvena platforma je sestavljena iz različnih komponent:

Napajalnik je narejen za 24V AC. Napetost spremeni v enosmerno ter jo stabilizira, da odpravi nihanja, ki so prisotna v izmenični napetosti. Napetost tudi zmanjša na 24, 12 ter 5 voltov (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**)

ANALOGNI VHODI: so priključeni direktno v arduino, so varovani z zener diodo, ki je povezana na maso. Zener dioda je zaprta, kadar je napetost manjša od 5V, ko pa je napetost presežena, se začne dioda odpirati, s tem povzroči padec napetosti na signalu ter ga vzdržuje na maksimalno 5 voltih. (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**)

ANALOGNI VHOD ZA PT1000: so prirejeni analogni vhodi, na katere lahko priključimo samo senzor pt 1000. Imajo ojačenje, ki ojači signal, ki ga oddajo senzorji. (**Napaka! Vira klicevanja ni bilo mogoče najti.**)

ANALOGNI IZHOD: Arduino simulira analogni signal s pulzno širinsko modulacijo, ki jo dodatno vezje še ojačeno poda na izhodu. (KRMILJENJE MOTORJA: vgrajen je poseben čip, ki nadomesti H-mostič ter se ga uporablja za krmiljenje DC motorjev ter koračnih motorjev. ) (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**)

DIGITALNI IZHODI: so narejeni tako, da ojačijo signal, ki ga odda arduino. Na izhodu lahko dobimo 24 ali 12 V z maksimalnem toku 1 A, ki ga omejimo z optospojnikom. (**Napaka! ira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**)

DIGITALNI VHODI: so vhodi, ki jih ščitimo z optospojnikom, če pride prevelika napetost se optospojnik uniči ter s tem zaščiti arduino (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**)



Slika 21: Raširitvena platforma

### 3.10.1 Delovanje

Delovanje programa smo si zamislili tako, da lahko krmilniku nastavimo želeno temperaturo z uporabo mobitela. S senzorji v prostoru bova merila temperaturo v samem prostoru in ko bo ta nižja kot nastavljena oziroma želena, se bo skulptura preko relejev vklopila. Grelci bodo vklopljeni toliko časa, dokler sama temperatura ne bo narasla nad želeno ali pa se bo skulptura začela pregrevati. Pregrevanje bo zaznal varnostni senzor in bo izklopil samo delovanje grelcev za toliko časa, dokler temperatura skulpture ne bo v želejem nivoju. Zunaj v okolici imamo še en senzor, ki meri temperaturo v okolici in nam ob primeru, da bo temperatura v okolici višja kot v prostoru, onemogoči vklop.

### 3.10.2 Algoritem delovanja

Krmilnik smo povezali z našo skulpturo in testirali ročni in avtomatski način. Testiranje je potekalo v večih delih :



- Prvi del meritve na ogrevalni skulpturi je, ko je ta v ročnem načinu delovanja. Pri tem smo imeli v uporabi smo en senzor (PT1000), ki deluje kot nekakšno varovalo, da se skulptura ne bi pregrela (**glej diagram poteka ročni način**).
- V drugem delu meritve smo vklopili avtomatski način, v katerem smo uporabili dva senzorja. Eden se je nahajal v sami sobi drugi pa na sami skulpturi. S senzorjem na skulpturi smo tako kot v ročnem načinu zagotavljali, da se skulptura ne segreje preveč. Sistem je deloval tako: ko je bila temperatura v samem prostoru manjša kot želena, se je skulptura vklopila in je bila vklopljena toliko časa, dokler temperatura samega prostora ni bila enaka željeni temperaturi ali pa je bila temperatura na skulpturi prevelika (**glej diagram poteka: avtomatski način**).
- Za tretji del meritve smo uporabili tri senzorje. Tako kot pri drugem delu, smo imeli en senzor v prostoru, drugega na skulpturi in tretjega v okolici (zunaj). Tretji senzor preprečuje, da bi bila skulptura vklopljena takrat, ko je zunanja temperatura večja kot notranja, torej poleti (**glej diagram poteka: avtomatski način**).

Po končanem testiranju smo se odločili, da tega krmilnika ne bova uporabili, saj nas razvoj pelje v smer, pri kateri potrebujeva bluetooth komponento, ki je pa na tem krmilniku ni mogoče uporabiti. Zato smo se odločili, da bomo uporabili krmilno vezje Arduino. Pri samem vzdrževanju temperature je zelo pomembna histereza oziroma histerezna zanka, saj nam mogoča, da se releja in posredno grelca pri določeni temperaturi ne prižigata in ugašata brez pretanka. Temu smo posvetili tudi veliko testiranja, da smo prišli na optimalno delovanje skulpture oziroma programa.

Blueooth komponento smo uporabili, saj vidiva v tem prihodnosti. Telefon bo mogoče uporabljali kot termostat in s tem bomo lahko merili temperaturo v naši okolici in jo preko te povezave sporočali krmilniku.

Za samo krmiljenje ogrevalne skulpture smo predvideli uporabo PT1000 senzorja, saj smo tekom iskanja najbolj primerne sensorja našli ravno na njega.

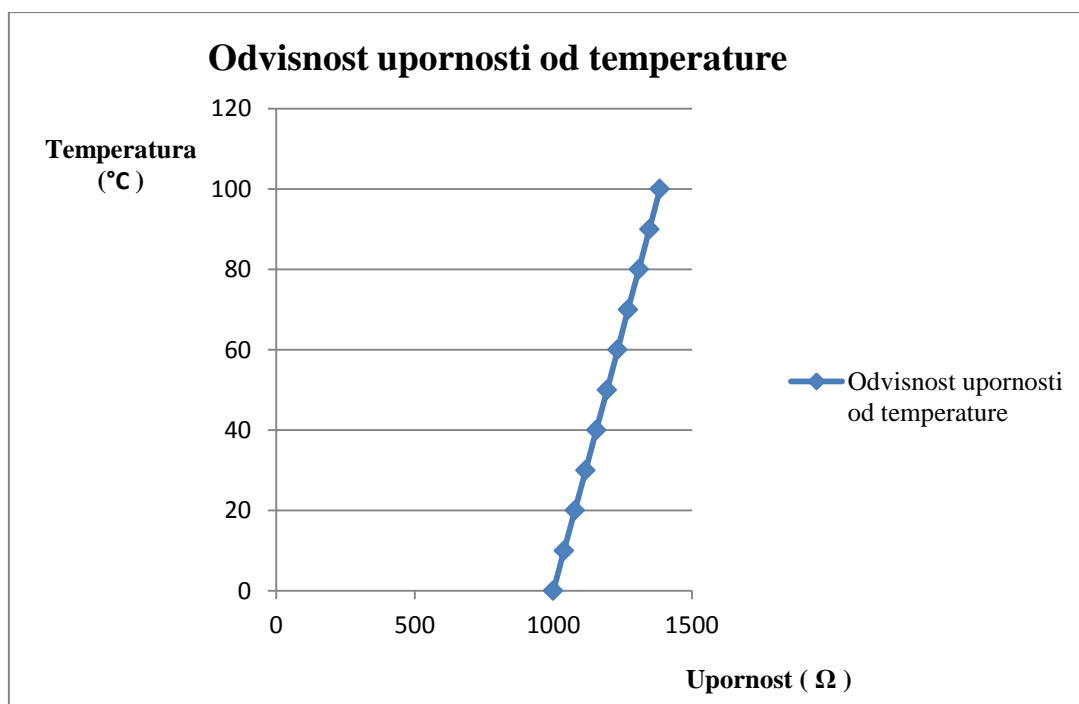
### 3.11 Uporaba senzorja

Uporabili smo senzor PT1000, saj je njegov graf linearen in s tem smo lažje izračunavali bitne vrednosti pri določenih temperaturah.

#### 3.11.1 Pt1000

Temperatura:	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Upornost:	1000	1039	1077,9	1116,7	1155,4	1194	1232,4	1270	1308,9	1347	1385

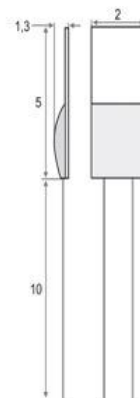
Tabela 2: Odvisnost temperature od upornosti



Graf 3: Odvisnost upornosti od temperature



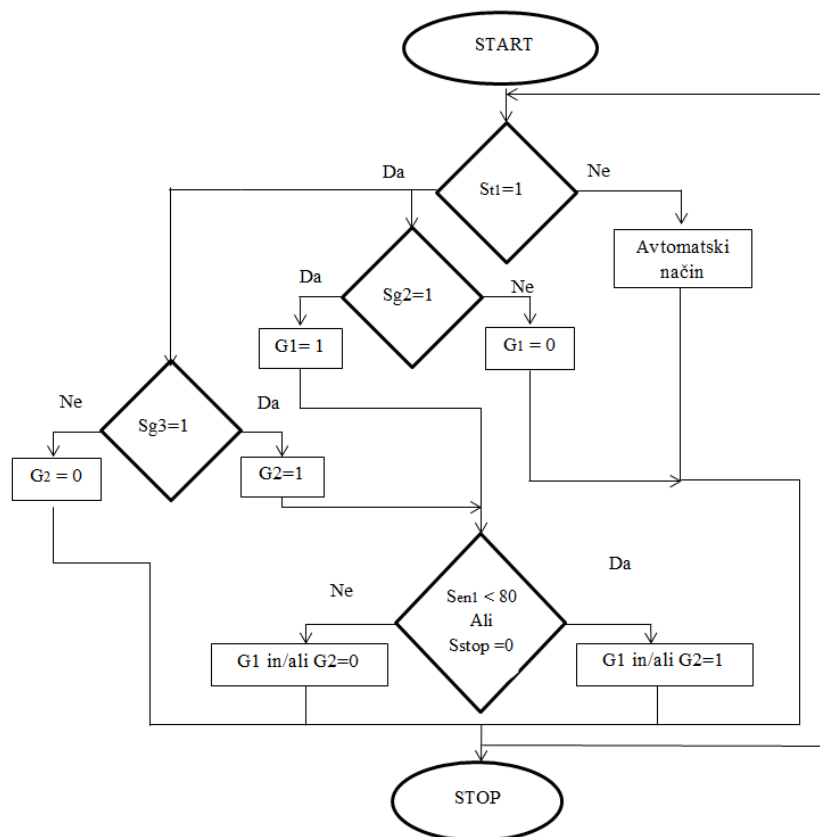
Slika 22: Pt1000



Slika 23: Velikost senzorja pt1000

### 3.12 Ročni način delovanja

Za potrebe testiranja smo morali napisati program za ročni način, ki nam omogoča vklop prvega in drugega grelca posamezno in oba grelca skupaj. Za vklop prvega grelca moramo vklopiti prvo stikalo S1. Grelec je bil vklopljen toliko časa, dokler ga nismo s stikalom stop ugasnili ali pa se je površina skulpture začela pregrevati. Za vklop drugega grelca smo morali vklopiti drugo stikalo S2. Izklop grelca je potekal na enak način kot pri prvem. Ob vklopu obeh stikal hkrati sta se vklopila oba grelca. Ta načina delovanja smo uporabili samo na testiranju in opazovanju ogrevalne skulpture.



Slika 24: Diagram poteka - ročni način

St1 – Stikalo izbira ročno/avtomatsko

Sg2 – Vklop grelca 1

Sg3 – Vklop grelca 2

Sstop – Izklop grelca G1 in G2

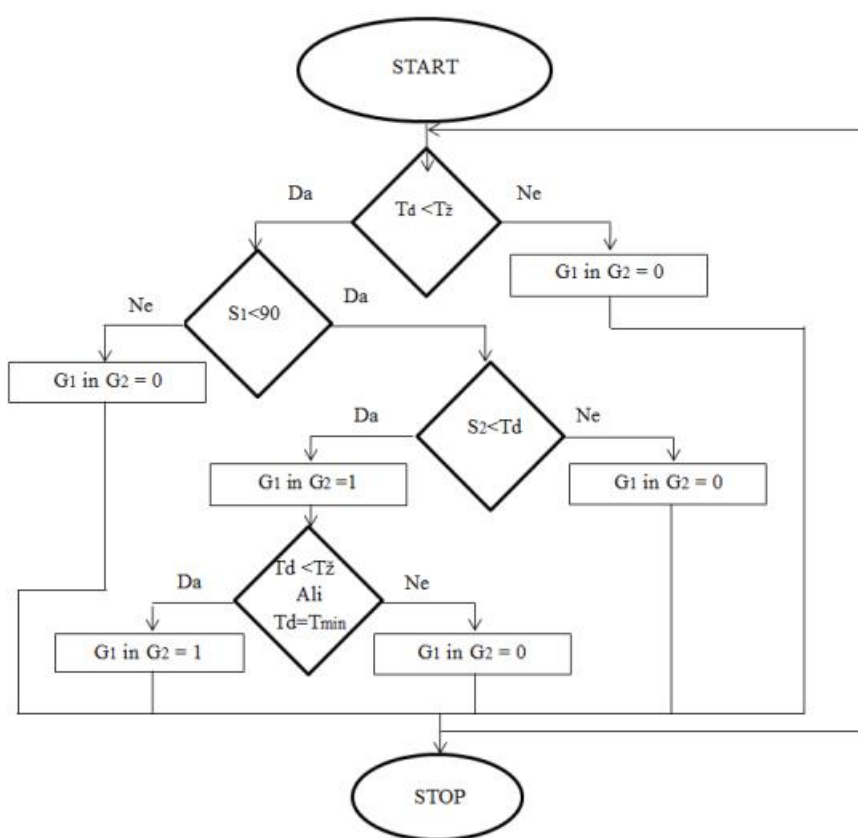
Sen1 – Senzor na skulpturi oziroma blokada, da se skulptura ne pregreje

G1 – Zunanji grelec

G2 – Notranji grelec

### 3.13 Avtomatski način delovanja

Avtomatski način delovanja nam omogoča, da prostor ogrevamo brez da bi ročno posegali v delovanje. Trenutno temperaturo v prostoru odčitamo na telefonu, ki je preko bluetoohta povezan na krmilnik. Želena temperaturo nastavljamo preko aplikacije na mobilnem telefonu, kjer lahko prav tako opazujemo temperaturo v prostoru.



Slika 25: Diagram poteka - avtomatski način

Sen1 – Senzor na skulpturi oziroma blokada, da se skulptura ne pregreje  
 G1 – Zunanji grelec  
 G2 – Notranji grelec  
 Td – Dejanska izmerjena temperatura v prostoru  
 Tž – Želena temperatura v prostoru  
 Tmax – Maksimalna temperatura v prostoru  
 Tmin – Minimalna temperatura v prostoru

## 4 REZULTATI

Ogrevalna skulptura je preživela peko in smo jo lahko uporabili pri raziskovanju. Skulptura ima zaradi dveh grelcev možnost vklopa enega ali drugega grelca enakih moči. Pri samem testiranju smo ugotovili, da se središče skulpture bolje ogreje kot zunanost skulpture. To smo pripisali dejstvu, da je grelec na sredini manj raztegnjen in se zato hitreje segreje. Skulpturo smo segrevali do maksimalne temperature 200 °C in pri temu ugotovili, da, če se pokvari varnostni senzor, skulptura vseeno preživi in lahko deluje naprej. Vseeno pa za samo varnost ni dobro, saj lahko ob dotiku pride do hudih opeklin.

Skulptura se zelo dolgo ohlaja in temperatura se med ohlajanjem počasi širi iz notranjosti navzven.

Testiranje je potekalo v prostoru velikosti 3,2x1,83x1,78m. Pri tem smo ugotovili, da potrebuje ogrevalna skulptura eno uro, da ogreje prostor za eno stopinjo Celzija. Med samim ohlajanjem pa vzdržuje stalno temperaturo še tri ure po izklopu ogrevalne skulpture.

Temperatura (°C)	ČAS	Delovanje grelca
22,5	19:00	1
22,5	19:30	1
23,5	20:00	1
23,5	20:30	0
23,5	21:00	0
22,5	21:30	0
22,5	22:00	0

Tabela 3: Temperatura sobe med ogrevanjem oz. ohlajanjem

Primer:

Za ogrevanje hiše porabimo povprečno 1500 evrov letno. Ogrevamo hišo v velikosti 1400 m<sup>3</sup>. Prostor, ki smo ga ogrevali, je bil velik 10 m<sup>3</sup>. Torej za ta prostor v povprečju letno porabimo:

### Izračun porabe pri uporabi peči biomasa-peleti.

$$Poraba = \frac{1800 \text{ €}}{500m^3} = 3,6 \frac{\text{€}}{m^3}$$

$$Poraba = 3,6 \frac{\text{€}}{m^3} \times 10m^3 = 36 \text{ €}$$

### Izračun porabe pri uporabi ogrevalne skulpture.

$$Poraba \text{ električne energije na uro} = 0,07969 \frac{\text{€}}{kW} \times 0,8kW = 0,0637 \text{ €}$$

$$\text{Dnevna poraba} = 0,0637 \text{ €} \times 2,5h = 0,159 \text{ € na dan}$$

$$Poraba \text{ celotno zimo} = 0,159 \text{ € na dan} \times 365 \text{ dni} = 58,12 \text{ €}$$

Če bi sobo v velikosti 10 m<sup>3</sup> ogrevali s klasičnim ogrevanjem (peleti-biomasa), bi letno za takšno sobo porabili 36 evrov. Pri tem se izračuni nanašajo na stanovanjsko hišo, s talnim gretjem v vseh prostorih.

Če bi enako veliko sobo ogrevali z glineno skulpturo, bi letna poraba znašala 58,12 evrov. Pri tem bi verjetno v daljšem obdobju lahko še znižali porabo, saj bi ogrevalna skulptura delovala še manj kot 2,5 h dnevno.

Razlika v ceni med samogradnjo in kupljenim krmilnikom.

	Samogradnja	Arduino
Cena	40 evrov	Od 12 do 44 evrov odvisno, kateri model kupimo.
Slabosti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Izdelava traja od preskusne verzije do končne 25 dni.</li> <li>- Izdelava je dražja od krmilnega vezja Arduino.</li> <li>- Manjša možnost dodajanje dodatnih komponent.</li> </ul>	- Ni možnosti menjave komponent na plošči, saj je velikost zelo majhna.

	- Zahteven programski jezik.	
Prednosti	- Enostavna menjavs pokvarjenih elementov.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enostaven programski jezik torej lažje programiranje.</li> <li>- Določeni podprogrami so že napisani.</li> <li>- Mnogo primerov za dodatne komponente.</li> <li>- Modeli z manjšim številom vhodov, izhodov in slabšim mikroprocesorjem.</li> <li>- Možnost dokupovanja različnih komponent.</li> </ul>

Tabela 4: Razlika med dvema mikrokrmilnikoma

Cena skulpture v primerjavi z ceno 2,5 kW radiatorja.

	Električni	Skulptura
Cena:	546 evrov	63 evrov

Tabela 5: Cena skulpture

Skulptura: 40 kg gline, pri tem je 10 kg uporabljene gline je 8,25 evrov.

Ovrednotena cena se nanaša na material, pri tem ne upoštevamo dela in umetniške vrednosti.

Samo krmiljenje smo čez celotno raziskovalno delo spreminjali in izboljševali. Zadnji in najbolj učinkovit način je sledeč. Skulptura ima dva grelca. S krmiljenjem lahko vklopimo smo enega ali oba. V začetku delovanja se vklopita oba grelca, ki grejeta toliko časa, da trenutna temperatura doseže zeleno temperaturo. V tistem trenutku se izklopi notranji grelec, saj ima večjo moč. Nastavljeno oz. zeleno temperaturo sedaj vzdržujemo samo z zunanjim grelcem, ki mu s pomočjo pwm signala povečujemo ali manjšamo moč, odvisno od



temperature. Tako lahko grelec deluje z minimalno močjo in dobro sledi spremembi temperature v prostoru. Ob nenadni spremembi razlike med dejansko in želeno, ki je večja kot 3 stopinje Celzija, se zopet vklopita oba grelca. Na tak način lahko privarčujemo z električno energijo in posledično tudi z denarjem.

## 5 DISKUSIJA

Krmiljenje ogrevalne skulpture se je izkazal za zanimiv projekt. Po triletnem raziskovanju krmiljenje in ogrevalna skulptura delujeta tako, kot smo si zamislili na začetku. To je hitro, dokaj natančno in zanesljivo. Nastavljanje temperature in opazovanje temperature je zdaj mogoče s telefonom v okolici 10 m. Pri raziskovanju smo ugotovili, da je primeren prostor nekje do 10 m<sup>3</sup>. Torej je ogrevalna skulptura primerna za ogrevanje kopalnic, stranišč in manjših sob. Prostore večje od 10 m<sup>3</sup> ni mogoče ogrevati, saj bi se skulptura samo pregrevala, kar lahko dolgotrajno poškoduje skulpturo ali pa se celo kdo opeče na sami skulpturi. Možnost ogrevanja večjih prostorov obstaja, če bi skulpturi povečali volumen in tudi moč grelcev. Z povečanjem volumna bi se skulptura še več časa ohlajala in več časa ogrevala na maksimalno temperaturo in med tem ogrevala prostor. Lahko imamo še tretjo možnost, da v sam prostor damo dve ali več skulptur, ki bodo imele skupni krmilnik. Tako smo prvo hipotezo – Skulptura je primerna za ogrevanje prostorov do 10 m<sup>3</sup> pri nastavljeni temperaturi ogrevanja 22 °C – potrdili.

Prvo leto raziskovanja je bilo namenjeno raziskovanju materiala. Katero glino uporabiti, da bo ogrevalna skulptura delovala čim bolj učinkovito, kar je bilo tudi dosežno. To učinkovitost pa smo nadgradili z uporabo krmilnega sistema tako, da skulptura deluje samo, ko so parametri ustrezni. S tem privarčujemo z električno energijo in tudi denarjem. Za večjo varčnost smo dodali še tretji senzor, ki nam onemogoča vklop skulpture ob vročih dneh oziroma v času poletja. Torej smo tudi drugo hipotezo – S krmiljenjem dosežemo optimalno in varčno delovanje ogrevalne skulpture – potrdili.

Za krmiljenje smo uporabili dva krmilnika, prvi je bil naše izdelave in smo potrebne dele dokupili, drugi pa je bil v celoti že sestavljen in pripravljen za uporabo. Z obema krmilnima sistemom se lahko krmili ogrevalna skulptura, a je drugi (arduino) boljše kakovosti in lažjega načina opravljanja. Omogoča nam tudi dokupovanje različnih dodatkov in tako smo tudi hipotezo – Uporaba kupljenega krmilnega vezja je cenejša in uporabnejša, saj so zanj razvite različne dodatne komponente – potrdili.

Starejša izvedba ogrevalne skulpture je imela samo en grelec, ki je bil neenakomerno napeljan po celotni ogrevalni skulpturi. Grelci v prejšnji ogrevalni skulpturi so napeti med nosilci in so v zraku. Zaradi zraka se skulptura počasneje greje. To napako smo odpravili z namestitvijo

grelcev v glino in s povečanjem volumna. Poleg tega pa smo uporabili dva grelca, s katerima se skulptura enakomerneje in hitreje ogreje. Tako smo tudi naslednjo hipotezo – Več grelcev hitreje in enakomerneje ogreje ogrevalno skulpturo – potrdili.

Za celotno izdelavo ogrevalne skulpture je potrebno veliko vloženega časa in energije. Cena same skulpture je zelo majhna, saj nima dragih delov. Največji prispevek k ceni bi prispevalo delo, ki ga v tem trenutku nismo všteli v ceno skulpture. Zato lahko rečemo, da je izdelana skulptura cenejša od kupljene glinene skulpture in tudi to hipotezo potrdimo.

Oblika skulpture je edinstvena in je ne zasledimo v nobeni trgovini. Zaradi svoje oblike nudi dekorativno osvežitev v prostoru, saj so v večini primerov električni ali pa tudi navadni centralni radiatorji enakih oblik in bele barve, kar zelo izstopa. Hipotezo o dekorativni osvežitvi prostora z ogrevalno skulpturo smo tako potrdili.

## 6 ZAKLJUČEK

Ogrevalno skulpturo, ki smo jo izdelali, je možno uporabljati za ogrevanje prostora, v katerem nimamo na voljo ogrevanja s pečjo ali pa ogrevanja s toplo vodo. Za delovanje ne potrebuje ognja, ampak samo elektriko. Skoraj vsaka soba ima vsaj en vtičnico, torej lahko ogrevamo skoraj vsak prostor. Ogrevalna skulptura ima tudi veliko prednost v svoji obliki, saj njena oblika ni podobna navadnemu radiatorju in nam lahko služi kot dekorativni okras in tako še dodatno polepša prostor. Za izdelavo skulpture potrebujemo znanja iz lončarstva in nekaj znanja iz elektrotehnike. Z njo je možno ogrevati manjše prostore. Naša raziskava je pokazala, da ti morajo biti manjši od  $10 \text{ m}^3$ , da bo delovanje čim bolj optimalno.

Zaradi svoje izdelave in sestave zelo dobro akumulira toploto in s tem dolgo časa ogreva prostor, v katerem se nahaja tudi, ko je že izklopljena iz napajanja. Veliko je k napredku delovanja skulpture prispevalo krmilno vezje, saj z njim skulptura deluje optimalno in precizno. Trenutna cena ene kilovatne ure na tržišču je zelo nizka, zato je ogrevanje z elektriko v tem času zelo poceni in se tudi splača. A ogrevanje z ogrevalno skulpturo ni tako poceni. Naši rezultati so pokazali, da za ogrevanje prostora  $10 \text{ m}^3$ , porabi letno 58 evrov.

V naši raziskovalni nalogi vidimo še možnost izboljšave predvsem v tem, da bomo lahko nekoč zajemali temperaturo tudi preko samega mobilnega telefona. Torej bo mobitel z dodatno komponento deloval kot merilnik temperature – termostat. Pošiljal bo rezultate merjenja v krmilnik ali preko wi-fi ali preko bluetooth sistema. Krmiljenje bi bilo tudi možno z uporabo labview-ja, ki nam omogoča lažje reševanje problema s histerezo zanko in izpisovanje ter beleženje temperature.

Samo raziskovanje je bilo zanimivo, poleg tega sva se naučila veliko novega. Res da smo skupaj s prejšnjim raziskovalcem že veliko raziskali na tem področju, a obstaja še možnost dodatnega raziskovanja. V samo skulpturo bi napeljali cevi, po katerih bi se pretakala voda centralnega ogrevanja. Lahko pa bi projektirali tudi manjši radiator, ki bi ga obdali z glino. S tem bi toploto, ki so jo do sedaj akumulirali železni radiatorji, akumulirala glina. Kako takšno glineno skulpturo peči v peči, pa je že naloga za novega raziskovalca.

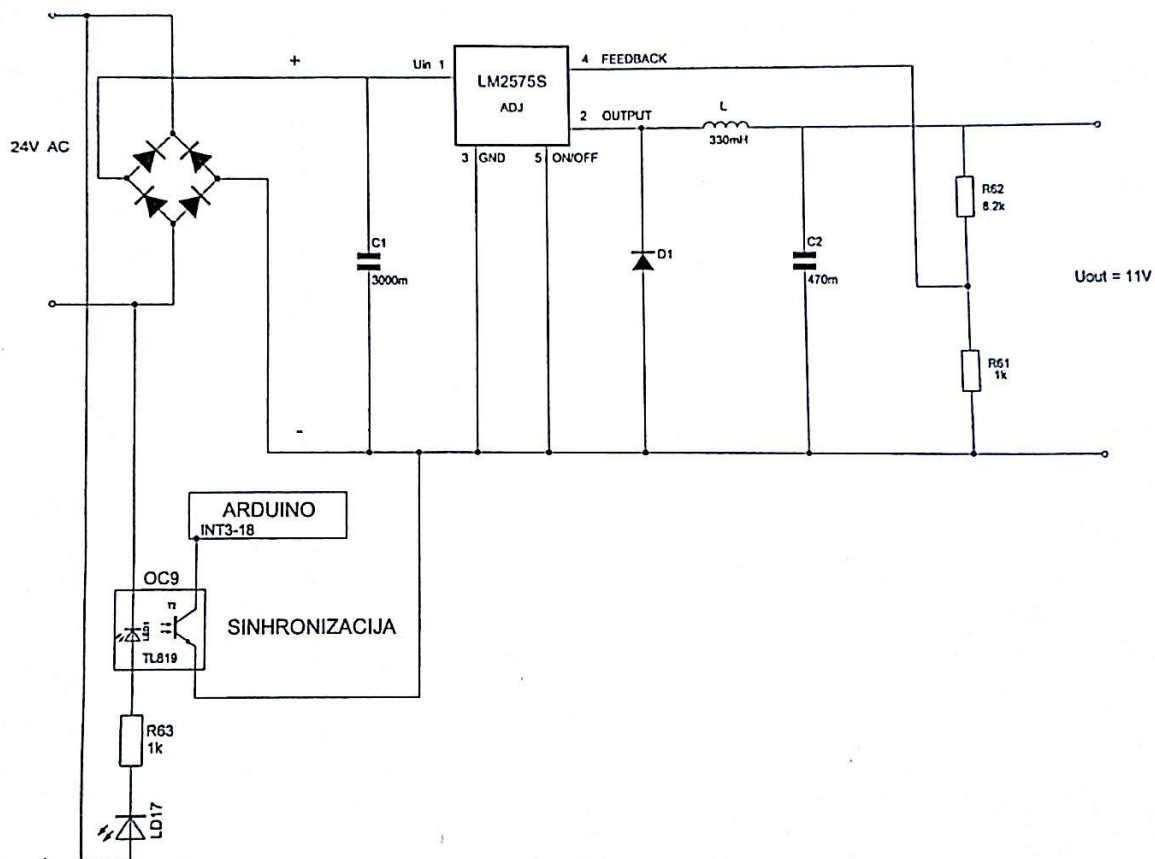
## 7 POVZETEK

Odkritje ognja je v prazgodovini pomenilo preživetje, saj so se z njim greti in kuhali. Ogrevanje je tudi danes pomembno, vendar zdaj ogrevamo s pečmi. Namen najine raziskovalne naloge je zasnovati novo ogrevalno skulpturo. Pri tem smo raziskovali pripravo in razporeditev grelcev, načrtovali krmilno vezje in zapisali program za samo krmiljenje ogrevalne skulpture. Ogrevalna skulptura je reliefna glinena plošča, ki ima v svoji sredini razporejene električne grelce, ki nam poleg oddane toplote predstavlja tudi dekorativni okras v prostoru. Želja raziskave je izpopolnitev že narejene ogrevalne skulpture, da bi le-ta bila učinkovitejša in varčnejša. Ogrevalno skulpturo smo izmerili s termovizijsko kamero in ugotavljali, kako se odzivajo grelci, kako vpliva moč in postavitve grelcev na samo širjenje temperature ter kako narediti optimalno krmiljenje. Na podlagi raziskanega smo izračunali in pripravili nove grelce ter novo razporeditev grelcev. Pri izdelavi krmilnega vezja smo najprej spoznali njegove sestavne dele, njegovo delovanje in njegovo vlogo. Delovanje krmilnega vezja smo preizkusili na ogrevalni skulpturi. Pri testiranju smo prilagajali program za boljše delovanje, ko je deloval optimalno, smo ga uporabili pri novo narejeni ogrevalni skulpturi. V časih, ki so se pokazali v naravnih nesrečah, ugotavljamo, da potrebujemo neodvisna grelna telesa. Želiva si, da bi najina raziskava pripomogla k praktični uporabi ogrevalne skulpture.

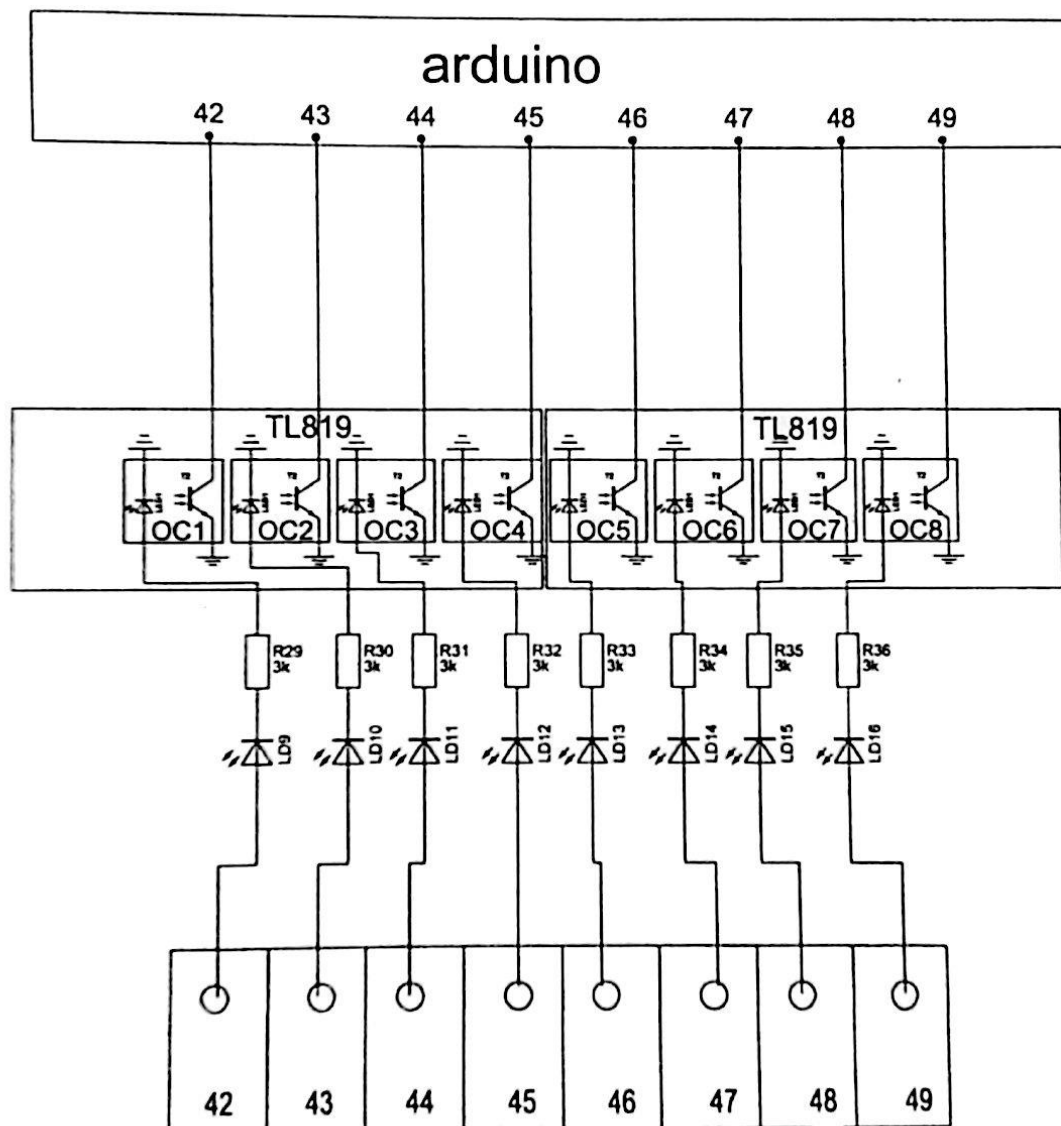
## **8 ZAHVALA**

Najprej bi se rada zahvalila najinemu mentorju g. Petru Vrčkovniku, kot tudi najinemu somentorju g. Igor Bahorju, ki sta nama pomagala pri raziskovanju ter izdelavi ogrevalne skulpture. Posebno zahvala tudi Lončarskemu centru Bahor iz Topolšice, kjer sva izdelovala skulpturo. Zahvala gre tudi najinim staršem, ki so naju podpirali pri izdelavi te naloge.

## 9 PRILOGE

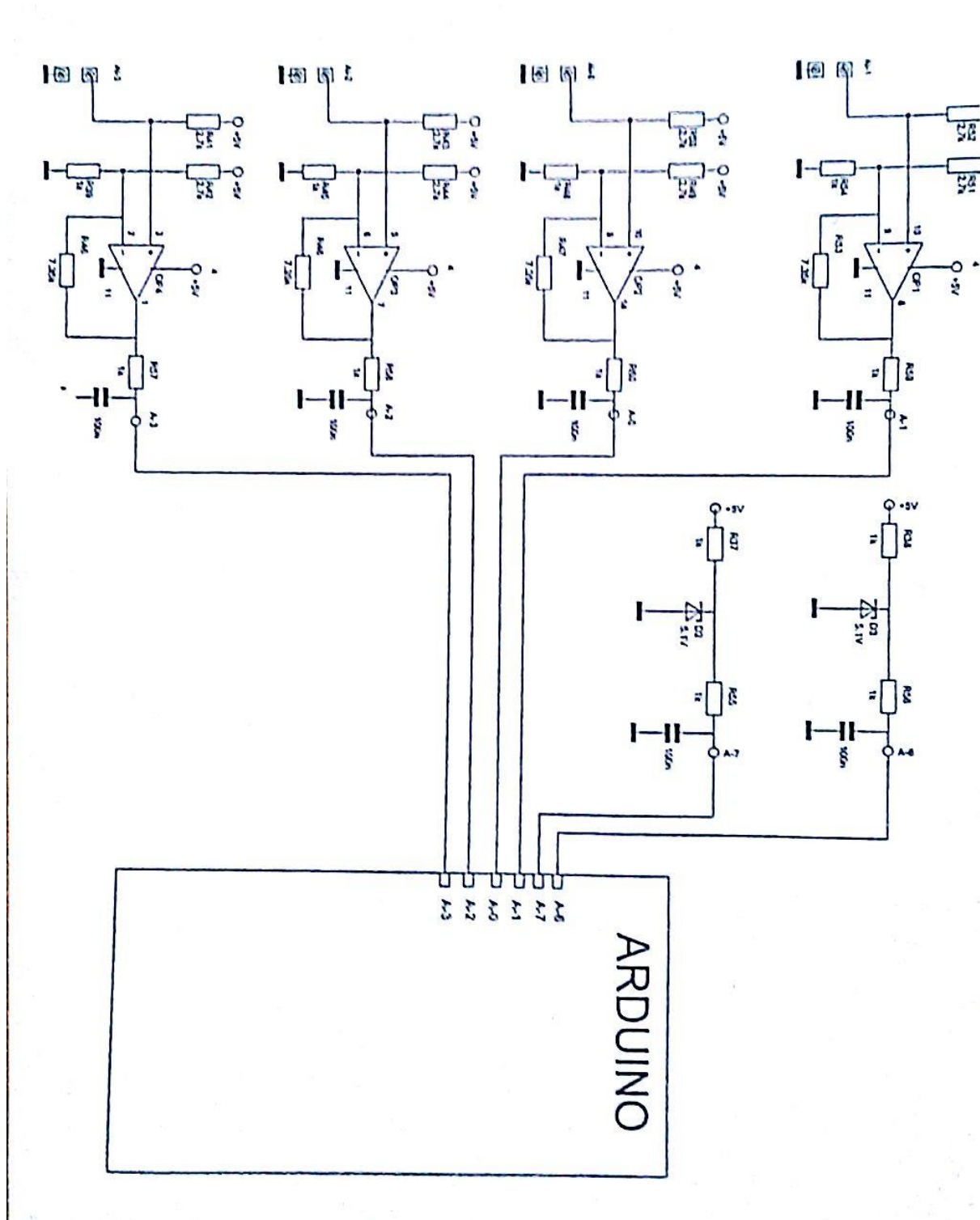


Priloga 1: Napajalnik

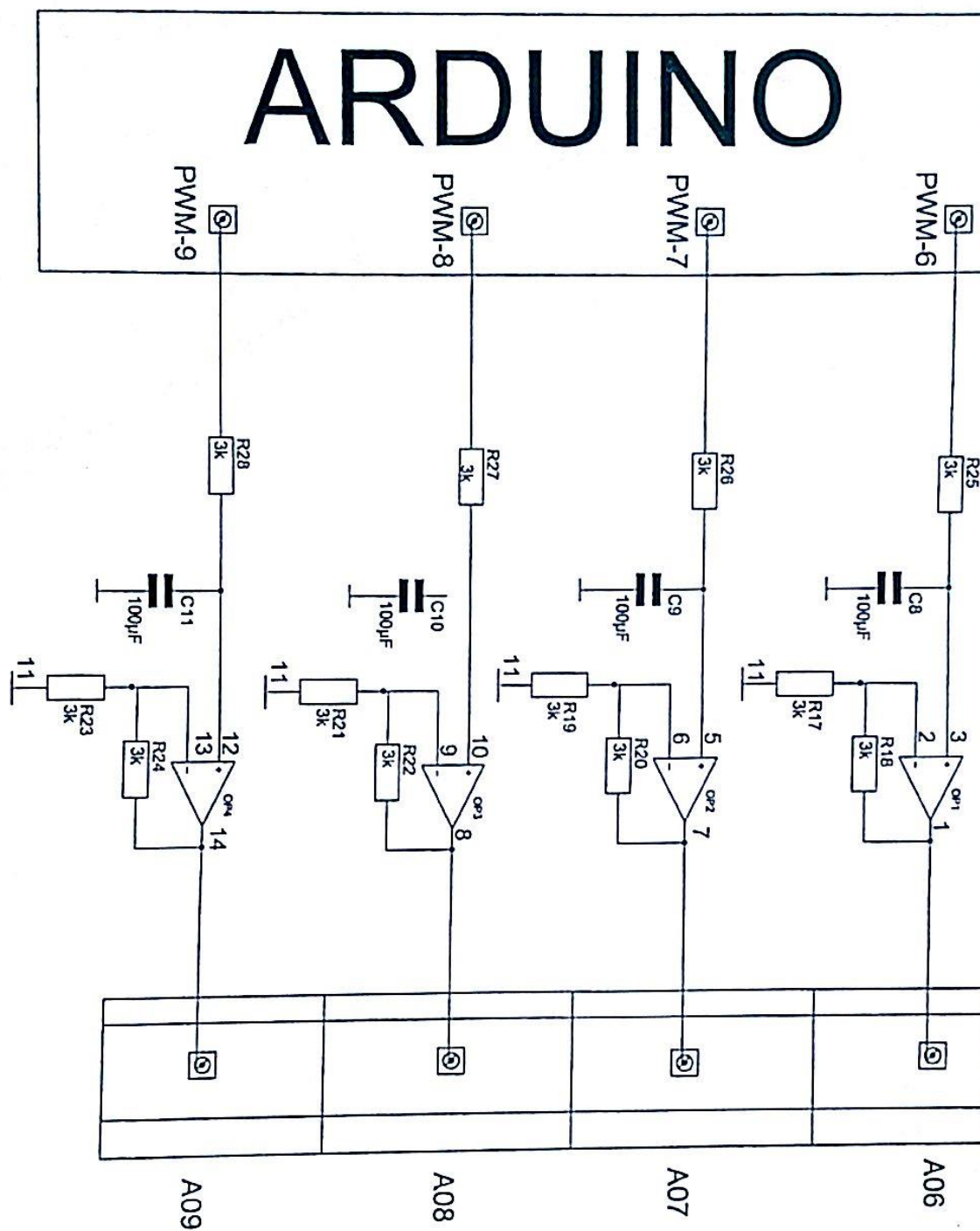


Priloga 2: Digitalni vhodi

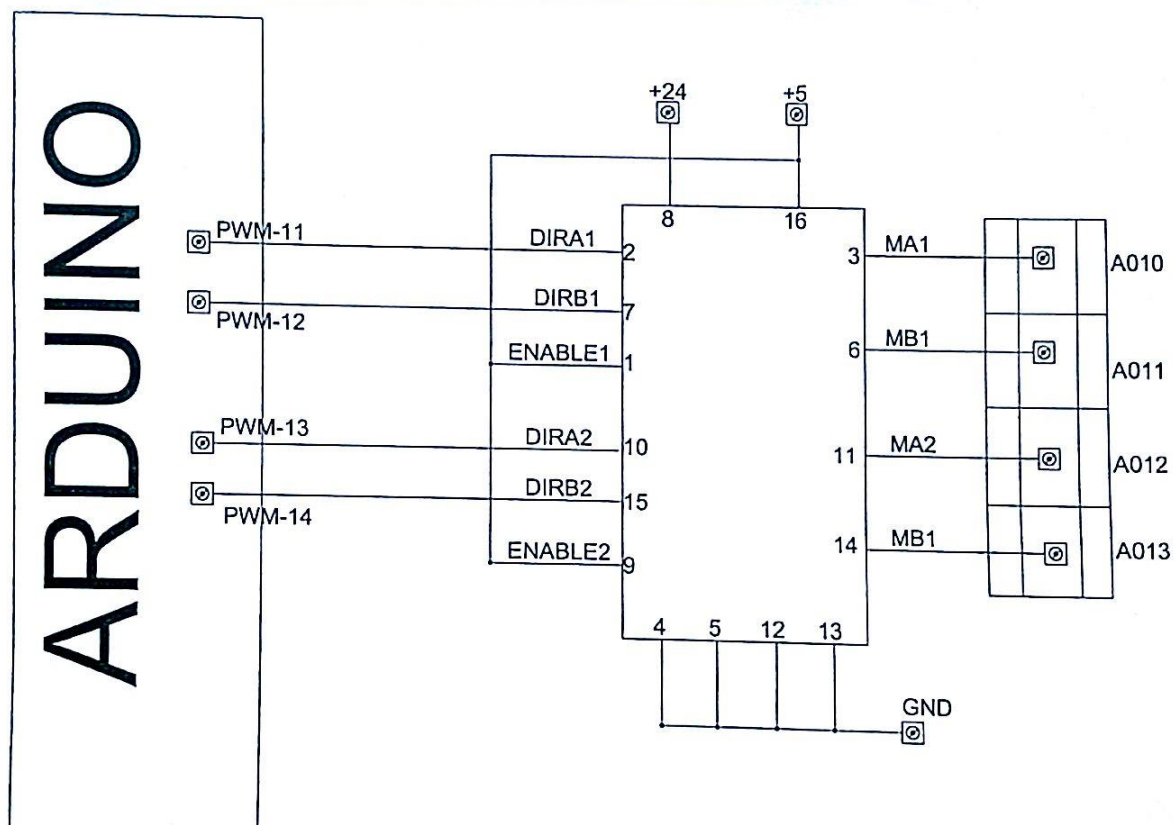




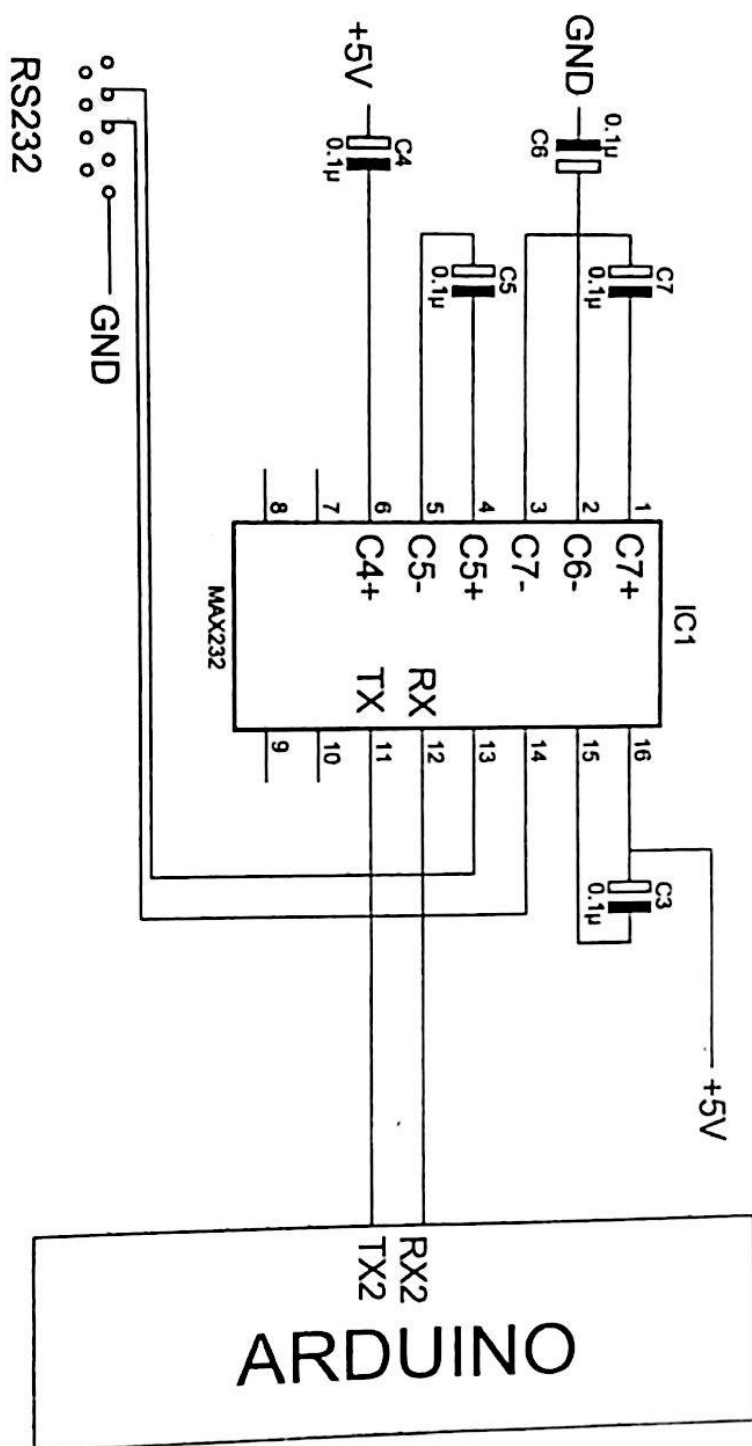
Priloga 3: Analogni vhodi - pt1000



Priloga 4: Analogni izhod

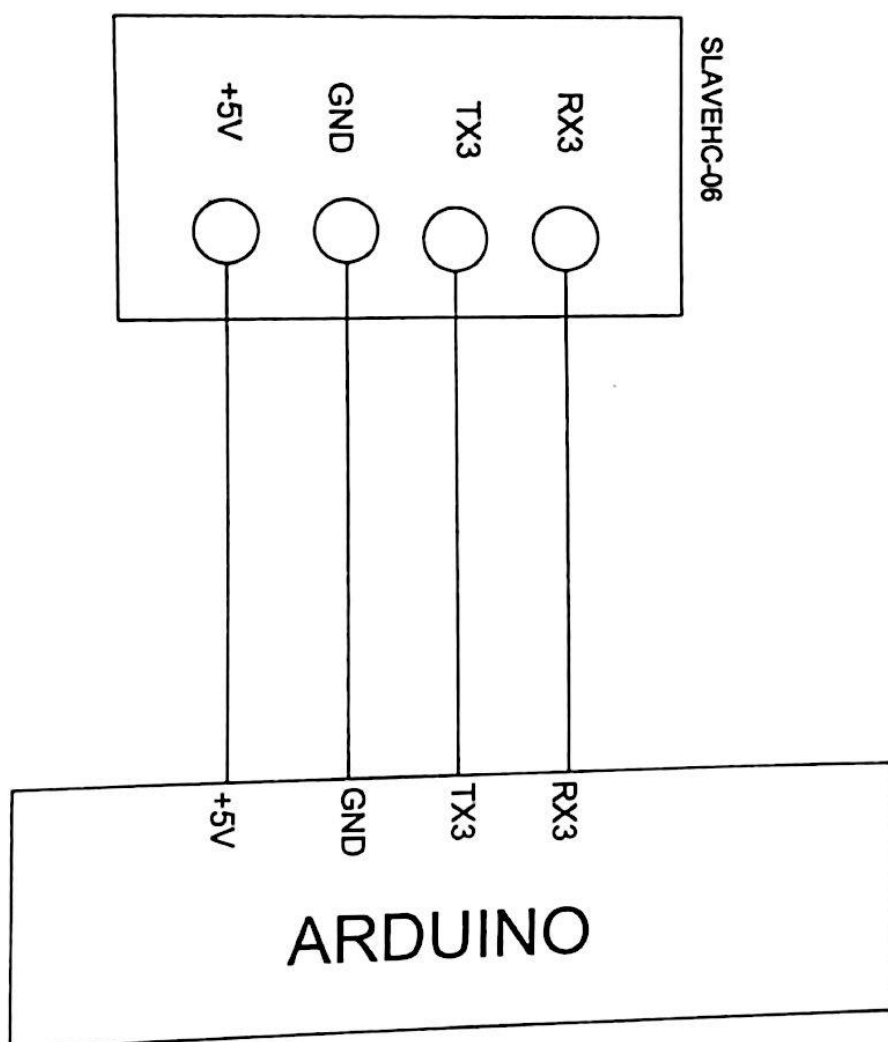


Priloga 5: Driver za el. Motor

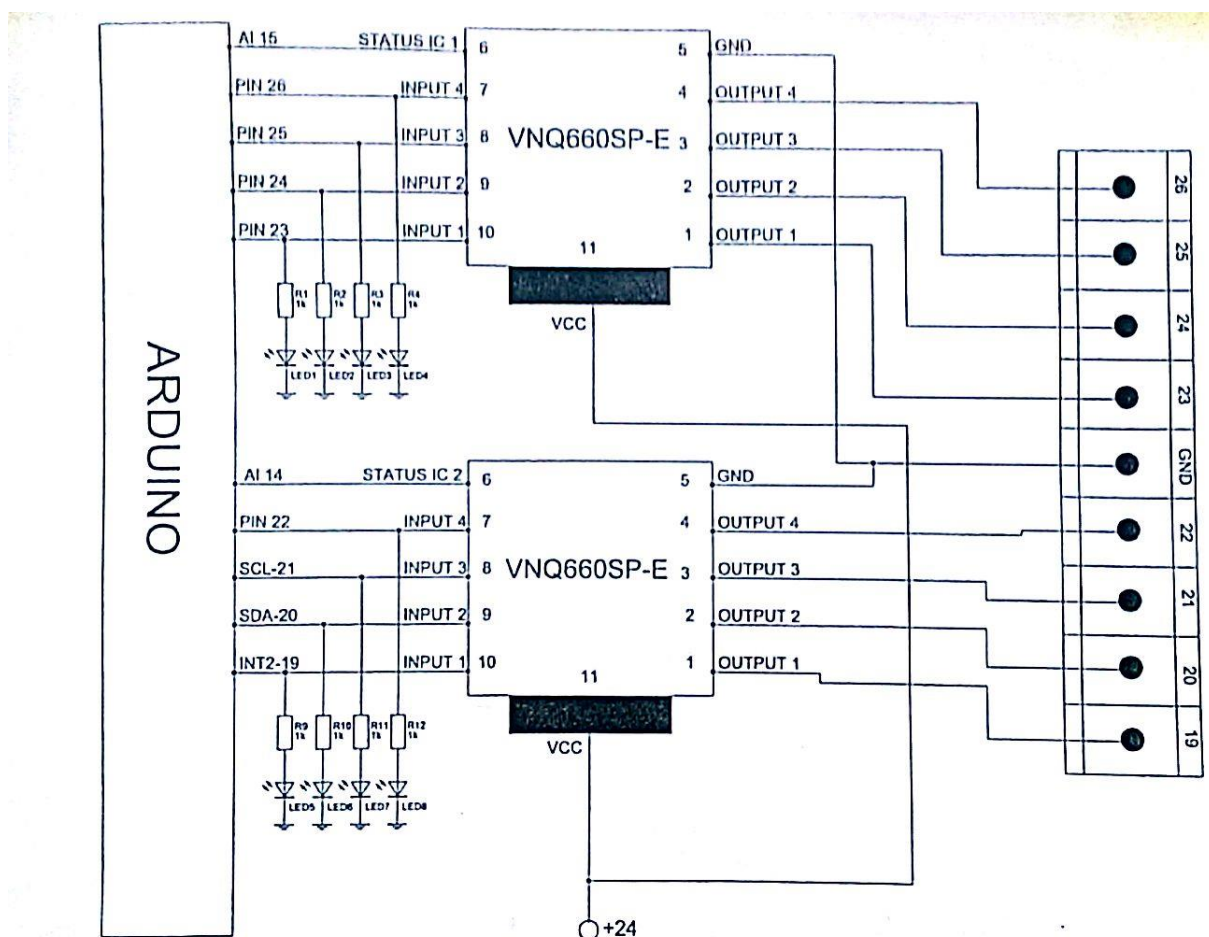


Priloga 6: Komunikacija RS232

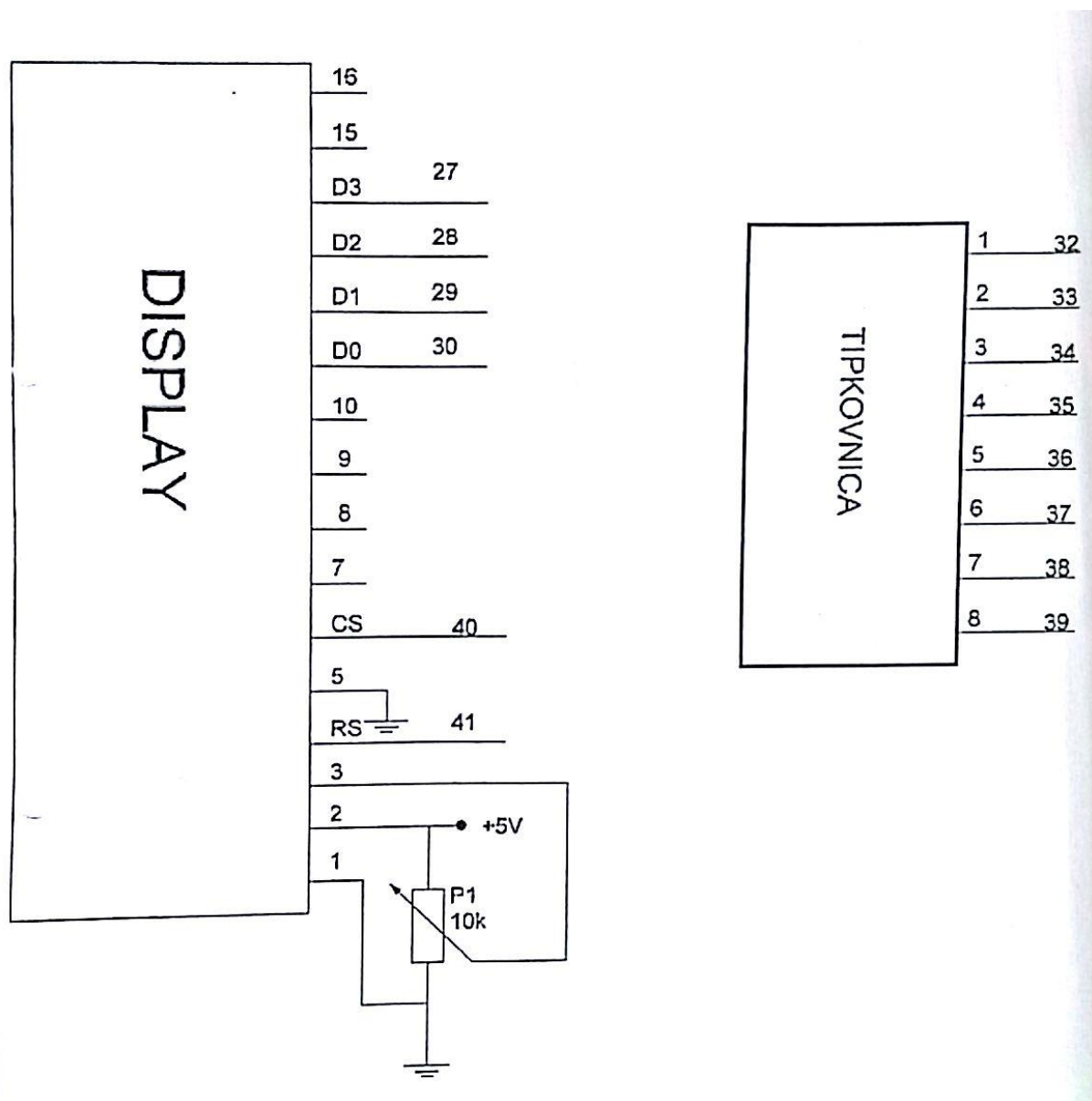
## BLUETOOTH



Priloga 7: Priključki za bluetooth



Priloga 8: Digitalni izhodi



Priloga 9: Priključki za monitor in tipkovnico

```

const int grelec1=19; //grelec 1 priključimo na pin 19
const int grelec2=22; //grelec 2 priključimo na pin 22
const int h=1; //histereza v °C
const int tz=28; //željena temperatura
int Tmax=0; //vrednost je nastavljena na 0
int Tmin=0; //vrednost je nastavljena na 0
int s=0; //vrednost je nastavljena na 0

void setup() {
pinMode(grelec1,OUTPUT); //priključek kamor je priključen grelec definiramo kot izhod
Serial.begin(9600); //serijski port |
}

void loop() {

  int t1 = analogRead(A7); //začni brati podatke z analognega vhoda A7
  float vl = 1023 - t1; //odštej brane podatke od 1023
  float temp = vl*(50/1023.0); //
  Serial.println(temp); //prikaži vrednost na serijskem vmesniku

  int Tmax=tz+h; //željeni temperaturi prištejemo histerezo
  int Tmin=tz-h; //željeni temperaturi odštejemo histerezo

  if (s==0){ //če je stanje 0 se grelec vklopi drugače ostane ugasnjen
  digitalWrite(grelec1,HIGH);
  }
  else {digitalWrite(grelec1,LOW);}

  if (temp>Tmax){ //ko je temperatura večja od maksimalne postavi stanje v 1 in izklopi grelec
  s=1;
  digitalWrite(grelec1,LOW);
  }

  if (s==1){ //ko je stanje 1 je grelec izklopljen
  digitalWrite(grelec1,LOW);
  }
  else {digitalWrite(grelec1,HIGH);}

  if (temp<Tmin){// ko temperatura pade pod minimalno postavi stanje na 0 ter začne z ogrevanjem
  s=0;
  digitalWrite(grelec1,HIGH);
  }
  }
}

```

## Priloga 10: Program – avtomatsko delovanje 1



## 10 VIRI

- 1) <http://www.elektricnoogrevanje.si/>
- 2) JEROMEL, G. 2013. Ogrevalna skulptura. Mladi raziskovalci za razvoj Šaleške doline, Velenje
- 3) <http://www.electrorad.co.uk/products/aero-flow-radiators/>
- 4) [http://lpa.feri.uni-mb.si/Pedagosko\\_delo/Snovanje\\_sistemov\\_vodenja/krmilniki%20in%20scada.pdf](http://lpa.feri.uni-mb.si/Pedagosko_delo/Snovanje_sistemov_vodenja/krmilniki%20in%20scada.pdf).
- 5) [http://www.ebay.de/itm/PT1000-Sensor-Messfuehler-Platin-Chip-EN-60751-5-Stueck-/290337095875?pt=Sensoren\\_Regler&hash=item43997080c3](http://www.ebay.de/itm/PT1000-Sensor-Messfuehler-Platin-Chip-EN-60751-5-Stueck-/290337095875?pt=Sensoren_Regler&hash=item43997080c3)
- 6) Ustno sporočilo, G. Bahor
- 7) Zvone Cencen, pomoč pri razširitveni plošči