

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

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

Sneg ob soncu

Tematsko področje: TEHNOLOGIJA

Avtorji:

Miha Sever, 4. letnik

Darko Kušer, 4. letnik

Žan Korpar, 4. letnik

Mentor:

Uroš Remenih

Somentor:

Vlado Seitl, inž. meh.

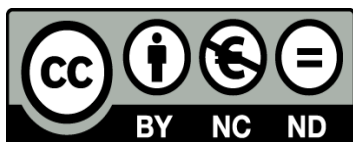
Velenje, 2014

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2014.

Mentor: Uroš Remenih

Somentor: Vlado Seidl, inž. meh.

Datum predstavitve: marec, 2014



Miha Sever, Žan Korpar, Darko Kušer, Uroš Remenih,  
Vlado Seidl, inž. meh.

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2013/2014  
KG sneg /snežni top/izdelava snega/žirafa  
AV KORPAR, Žan/KUŠER, Darko/SEVER, Miha  
SA REMENIH, Uroš/SEITL, Vlado  
KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3  
ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2014  
LI 2014  
IN *SNEG OB SONCU*  
TD Raziskovalna naloga  
OP *X, 45 s., 20 tab., 50 sl., 2 p. 64 vir*  
IJ SL  
JI sl

AI Namen te raziskovalne naloge je izdelati avtomatsko žirafa za zasneževanje. V osnovi so žirafe za zasneževanje bolj preprosto narejene kot ventilatorski snežni topovi, zato je tudi žirafa cenovno ugodnejša. Ceno žirafe dviguje avtomatika. Želeli smo izdelati takšno žirafa, ki jo bo mogoče zagnati preko SMS sporočila. Jedro naše avtomatike je mikro krmilnik Arduino. Avtomatika beleži temperaturo in vlago, ki jo izpisuje preko LCD prikazovalnika ali pa jo sporoči na mobilni telefon. Preko tipkovnice, ki je nameščena na elektro omari, lahko vklopimo preko relejev in s pomočjo kontaktorja, črpalko ali kompresor za zrak, odpiramo in zapiramo ventil, s katerim aktiviramo dodatni dve šobi pri nižjih temperaturah, reflektor in gretje. Program nam omogoča delovanje v avtomatskem in ročnem načinu. V avtomatskem načinu lahko žirafa preko kontaktorja vklopi črpalko, ko je vlažnostna temperatura nižja od -3 °C. V primeru, da temperatura pade pod -6 °C, pa se odpre ventil, ki aktivira dodatni dve šobi. V ročnem načinu pa nas avtomatika le obvešča o trenutnem stanju preko svetlobnega semaforja ali SMS sporočila.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

ND ŠC Velenje, 2013/2014

CX snow / snow gun / snowmaking /lance

AU KORPAR, Žan / KUŠER, Darko / SEVER, Miha

AA REMENIH, Uroš

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2014

PY 2014

TI SNOW AT SUN

DT RESEARCH WORK

NO X, 45 p., 20.tab., 50 fig., 2 app. 64 ref.

LA SL

AL sl/en

AB The purpose of this research paper is to build an automatic snow lance for snowmaking. Basically, snow lances for snowmaking are made simpler than fan snow cannons, so that's why the snow lance is cheaper. The price of snow lance is also raised by automatics. We wanted to make a snow lance being able to get started via SMS. The core of our automatics is a micro controller Arduino. It records temperature and moist, which are displayed via LCD screen or send to mobile phone. Through keyboard, which is mounted on electric cabinet, we can start the pump or air compressors, close or open valves, which we use to activate extra two nozzles at lower temperatures, reflector and heating via relays and contactor. Program allows us to work in manual and automatic mode. In automatic mode, snow lance can start the pump via contactor, when the moist temperature is lower than -3 °C. In case the temperature drops below -6 °C, it automatically opens the valve, which activates two extra nozzles. Manually, automatics just informs us about momentary conditions via lights or SMS message.

## Kazalo kratic

% – procent

° – stopinje

°C – stopinje Celzijev

+ – plus

× – krat

- – minus

€ – Euro

€/kWh – euro na kilovatno uro

A – amper, enota za električni tok

AC – izmenični tok

ang. – prevod iz angleškega jezika

bar – enota za tlak

BY – priznanje avtorstva

CC – angl. CreativeCommons, kreativna skupnost

cca – približno, okoli

cm – centimetri

CPU – centralna procesna enota

DC – enosmerni tok

EMV – elektor krogelni motor

g – gram

GPRS – Splošna Paketna Radijska storitve

GSM – globalni sistem za mobilne komunikacije

H<sub>2</sub>O – kemijski zapis za vodo

ha – hektar

http – angl. hipertext transfer protocole, nadbessedilni prenosni protokol

IDE – interaktivno razvojno okolje

inž. – inženir

kb – kilo bajt

kg – kilogram

kJ/kg – kilo juli na kilogram

l/m – litri na minuto

l/m<sup>2</sup> – liter na kubični meter

LCD – zaslon s tekočimi kristali

LED – angl. Light Emitting Diode, sveleča dioda

m<sup>3</sup> /ha – kubični metri na hektar

m – meter

mA – miliamper

min – minuta

MHz – megaherc

mm – milimeter

NC – nekomercialno

npr. – na primer

Pa – Paskal

PIN – osebna identifikacijska številka

Psi – enota za tlak v ZDA

RGB – angl. Red Green Blue, barvni model, kjer so slikovne točke zapisane z rdečim, zelenim in modrim kanalom

SA – angl. share alike, deljenje pod enakimi pogoji

sl. – slovensko

SMS – sistem kratkih sporočil

spl. – splet

SRAM – angl. static random-access memory, statični naključno dostopajoč spomin

ŠCV – Šolski Center Velenje

t.i. – tako imenovani

USB – univerzalno serijsko vodilo

V – volt, enota za napetost

W – wat, enota za moč

wiki – Wikipedia

www – world wide web -svetovni splet

## Kazalo vsebine

UVOD.....	1
1.1    Hipoteze .....	1
2    PREGLED OBJAV .....	2
2.1    Doma izdelane žirafe za zasneževanje .....	2
2.2    Komerzialne žirafe za zasneževanje .....	2
3    PREGLED STANJA TEHNIKE .....	3
3.1.1    TechnoAlpin V3 .....	3
3.1.2    V2 Viking.....	4
3.1.3    Axis .....	4
3.1.4    Sufag S10 – 4 .....	5
3.1.5    Arduino.....	5
3.1.6    Arduino Mega.....	7
4    MATERIALI IN METODE DE LA .....	10
4.1    Strojni del .....	10
4.1.1    Izdelava mobilnega dela konstrukcije .....	10
4.1.2    Izdelava zgornjega dela konstrukcije .....	11
4.1.3    Izdelava nosilca za glavo.....	12
4.1.4    Izdelava glave .....	12
4.1.5    Cilinder za dvigovanje.....	13
4.1.6    Uporabljen material .....	13
4.1.7    Uporabljena orodja .....	13
4.1.8    Uporabljena zaščitna sredstva .....	14
4.2    Elektro del .....	14
4.3    Računalniški del.....	14
4.3.1    Tipkovnica.....	16
4.3.2    LCD zaslon .....	17
4.3.3    Menu knjižnica .....	18
4.3.4    Arduino GSM modul .....	21
4.3.5    GSM knjižnica .....	22
4.3.6    Uporaba GSM modula.....	23
4.3.7    Vremenska postaja.....	24

4.3.8	Temperatura vlažnega termometra .....	25
4.3.9	Rele modul .....	27
5	RAZPRAVA .....	30
5.1	Izbira tipa snežnega topa .....	30
5.2	Žirafa SKK 95.....	31
6	ZAKLJUČEK.....	33
7	ZAHVALA.....	34
8	LITERATURA.....	35
9	AVTORJI RAZISKOVALNE NALOGE .....	36

## Kazalo slik:

<b>Slika 1:</b>	V3 TechnoAlpin Vir: [1].....	3
<b>Slika 2:</b>	V2 Viking Vir: [2].....	4
Slika 3:	Axis vir: [3].....	4
Slika 4:	Sufag S10 – 4 vir: [4].....	5
Slika 5:	Spodnji del konstrukcije (Foto: M. Sever).....	10
Slika 6:	Celotna konstrukcija (Foto: M. Sever).....	11
Slika 7:	Glava žirafe (Foto: M. Sever) .....	12
Slika 8:	Notranji del elektro omare (Foto: M. Sever).....	15
Slika 9:	Deklaracija tipkovnice (Foto: D. Kušer) .....	17
Slika 10:	Prvi način deklariranje (Foto: D. Kušer).....	18
Slika 11:	Drugi način deklariranje (Foto: D. Kušer) .....	18
Slika 12:	Postavitev menija (Foto: D. Kušer).....	19
Slika 13:	Uvrščanje menija (Foto: D. Kušer) .....	20
Slika 14:	Funkcija za branje tipkovnice (Foto: D. Kušer).....	21
Slika 15:	Glavna funkcija (Foto: D. Kušer) .....	21
Slika 16:	Definiranje PIN kode (Foto: D. Kušer).....	23
Slika 17:	Preverjanje povezljivosti GSM modema (Foto: D. Kušer) .....	24
Slika 18:	Deklariranje pina za DHT senzor (Foto: D. Kušer) .....	25
Slika 19:	Pridobitev temperature in vlage (Foto: D. Kušer).....	25
Slika 20:	Tabela temperature vlažnostnega termometra (Foto: D. Kušer).....	26
Slika 21:	Iskanje temperature vlažnostnega termometra (Foto: D. Kušer) .....	26
Slika 22:	Definiranje relejev (Foto: D. Kušer) .....	28
Slika 23:	Nastavitev relejev na izklop (Foto: D. Kušer) .....	28

## Kazalo tabel:

Tabela 1:	Jakost zasneževanja.....	30
Tabela 2:	Specifikacije naše žirafe.....	31
Tabela 3:	Približna ocena stroškov izdelave naše žirafe .....	31
Tabela 4:	Zasnežitev celotne testne zasneževalne površine .....	32
Tabela 5:	Zasneževanje z eno »žirafa« .....	32



# 1 UVOD

Kvalitetni zasneževalni sistem je nujna potreba vsakega smučišča, saj lahko z umetnim snegom zaženejo smučišče prej in tudi podaljšajo sezono. Namen te raziskovalne naloge je nadaljevanje naloge Domači sneg, v kateri smo izdelali manjšo žirafa. Tako smo se odločili da v tej raziskovalni nalogi izdelamo novo žirafa, katero bo možno uporabiti tudi na smučišču. Med izdelavo naloge smo poleg znanja iz računalništva pridobili še nova znanja iz področja strojništva in elektrotehnike. V raziskovalni nalogi je podrobno opisana izdelava naše žirafe za zasneževanje, osnove zasneževanja in ostale komercialne žirafe za zasneževanje.

## 1.1 *Hipoteze*

Na začetku raziskovanja smo si zastavili naslednje hipoteze:

- Žirafa je možno izdelati doma, s splošnim znanjem s področja tehnike in tehnologije ter zasneževanja.
- Z žirafa bomo pobelili rokav.
- Žirafa bomo krmilili z mobilnim telefonom.

## **2 PREGLED OBJAV**

### ***2.1 Doma izdelane žirafe za zasneževanje***

Na spletu smo pregledali veliko doma narejenih žiraf za zasneževanje. Prišli smo do ugotovitve, da je v Sloveniji zanimanje za domačo izdelavo žiraf zelo malo. Veliko bolj priljubljena je izdelava domačih žiraf v tujini, predvsem v Ameriki. Na spletnem forumu snowguns.com je veliko izdelanih žiraf, ki pa so ročne in ne avtomatske izvedbe. Večina jih za izdelavo uporablja vodovodni material (fitingi, kolena). Prav tako te žirafe ne dosegajo velikih pretokov, saj v večini primerov za pripravo vode uporabljajo visokotlačni čistilec, ki ima pretoka do 8 l/min. Prav zato, ker te žirafe nimajo velikih pretokov in so kapljice manjše, so te žirafe postavljene nizko. Le redko katera žirafa, ki smo jo našli na forumu, je bila postavljena višje od 2 m.

### ***2.2 Komercialne žirafe za zasneževanje***

Pred izdelavo naše žirafe smo tudi temeljito pregledali komercialne žirafe za zasneževanje, ki se uporabljajo na smučiščih. Na kratko smo tudi opisali nekaj različnih modelov različnih proizvajalcev snežnih topov in žiraf.

### 3 PREGLED STANJA TEHNIKE

#### 3.1.1 *TechnoAlpin V3*

Je edina premična »žirafa«, proizvajalca Techno Alpin. Ima robusno konstrukcijo, ki je izdelana iz pocinkanega jekla. Ta zagotavlja stabilnost in ne rjavi. Na konstrukcijo so pritrjeni deli, ki so potrebni za pravilno delovanje. V elektro omari je elektronika za krmiljenje ventilov, luči in ostale elektronike na žirafi. Na vratih elektro omare je zaslon in krmilne tipke. Na zaslonu se prikazujejo informacije, ki jih posreduje snežni top: temperatura, tlak, ... S tipkami lahko ročno krmilimo snežni top. Za dvigovanje droga skrbi hidravlični cilinder, ki je krmiljen z elektroniko v elektro omari. Na zadnjem delu droga je omara z ventili, ki skrbi da se glede na temperaturo odprejo dodatne šobe ali pa, da se v primeru temperature, ki ni primerna za izdelavo snega, zaprejo. Ima pa tudi off/on ventil, ki skrbi, da ob izpadu električne energije zapre dovod vode. Na sredini droga je vremenska postaja, ki beleži temperaturo in vlago v zraku. Na vrhu droga je pritrjena glava, ki je prav posebne oblike, rečemo ji grozd, na kateri so šobe in nukleatorji. Za dovod zraka skrbi kompresor, ki je pritrjen na konstrukcijo in ima vgrajen sistem za hlajenje zraka. Celotna konstrukcija, razen spodnjega dela na katerem so kolesa in priklop za teptalec, se lahko obrača za 360°. [5]



Slika 1: V3 TechnoAlpin Vir: [1]

### 3.1.2 V2 Viking

Je namenjen smučiščem. Žirafa nima velikega kompresorja za zrak, za to je njena konstrukcija zelo lahka. V2 Viking ima več izvedb podstavka. Dva modela, ki nista premična model z betonskim podstavkom in model, ki ima svoj kompresor, ki je v omari poleg konstrukcije. Model s sankami je mobilen, saj ima priklon



za motorne sani in se ga lahko prosto premika po smučišču. Vendar pa za

Slika 2: V2 Viking Vir: [2]

ta model potrebujemo centralni sistem za vodo in zrak. Glava in sani sta narejeni iz aluminija, ostali del konstrukcije pa iz pocinkanega jekla. Na jekleni del konstrukcije je pritrjena elektro omara, ki krmili kompresor za zrak in odpira ventile za vodo. Na elektro omari je tudi vremenska postaja, ki pošilja podatke v centralni sistem, kateri nadzira delovanje vseh topov. Glava ima 2 nukleatorja in 12 šob, ki so krmiljene preko dveh ventilov. Upravljanje je mogoče avtomatsko, polavtomatsko in ročno. [6]

### 3.1.3 Axis

Je izdelan iz aluminija in pocinkanega jekla. Na voljo je različica s kompresorjem in brez njega. Različica s kompresorjem in sanmi je premična. Šest metrski drog dvigujemo s hidravlično dvigalko, ki jo lahko nato



Slika 3: Axis vir: [3]

odstranimo, saj ima konstrukcija zatiče. Glava je vrtljiva, tako se zmanjša mašenje šob pri pihanju vetra. Vendar ima to vrtenje tudi slabe strani, nukleacija se zmanjša in posledično naredi moker sneg. Glava ima 4 šobe in 2 nukleatorja.[7]

### 3.1.4 Sufag S10 – 4

Je zadnji model proizvajalca Sufag. Žirafa ni premična, je pa najbolj podobna naši. Model ima več izvedb: s kompresorjem, avtomatsko, in brez kompresorja. Konstrukcija je narejena iz pocinkanega jekla, drog pa je iz aluminija. Višina je odvisna od izvedbe 6 ali 10 m. Ob hidravlični dvigalki je elektro omara, ki skrbi, da se ventili pravilno odpirajo in zapirajo. Na elektro



Slika 4: Sufag S10 – 4 vir: [4]

omari je reflektor, ki osvetljuje glavo

snežnega topa. Glava ima 10 šob in 2 nukleatorja, izdelani so iz medenine. Do glave pa so cevi speljane znotraj droga. Na začetku je cev za vodo priklopljena na hidrant. Hidrant mora imeti pritisk vode med 20 in 90 BARI, da žirafa dobro deluje. Žirafa nima svoje vremenske postaje. [8]

### 3.1.5 Arduino

Arduino je mikrokrmilnik na matični plošči, ki je zasnovan tako, da bi bil postopek z uporabo elektronike v multidisciplinarnih projektih bolj dostopen. Strojno opremo sestavljajo odprtokodna oblika plošče in 8-bitni mikrokontroler Atmel AVR ali 32-bitni Atmel ARM. Programska oprema je sestavljena iz standardnega programskega

jezika, prevajalnika in zagonskega nalagalnika, ki se izvaja na mikrokrmilniku. Razvojne plošče Arduino so naprodaj že sestavljene ali pa v »sestavi sam« izvedbi.

Zgodovina Arduina sega v leto 2005, kjer se je Arduino pričel kot projekt za študente na Internacionalnem inštitutu za Dizajn Ivrea v mestu Ivrea v Italiji.

Arduino ploščica vsebuje Atmelov 8-bitni AVR mikro krmilnik z dopolnilnimi komponentami za lažje vključevanje in načrtovanje. Pomemben vidik pri Arduinu je, da so priključki standardno izpostavljeni in omogočajo CPU plošči, da se priključi na različne dodatne module, poznane kot ščit.

Nekateri ščiti komunicirajo z Arduinom direktno preko različnih pinov, vendar je veliko teh ščitov posamezno naslovljenih preko serijskega vodila I2C, kar omogoča, da je mnogo teh ščitov uporabljenih vzporedno. Arduino ploščice uporabljajo čipe megaAVR, kot so ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 in ATmega2560.

Uradne Arduino ploščice:

- Arduino Diecimila
- Arduino Duemilanove
- Arduino UNO
- Arduino Leonardo
- Arduino Mega
- Arduino NANO

Arduino integrirano razvojno okolje (IDE) je aplikacija napisana v Javi in izhaja iz IDE za Procesiran programski jezik in programiranje projektov. Program oz. koda, napisana za Arduino, se imenuje »skica«. Arduino programi so napisani v C ali C++. Za programiranje si moramo to razvojno okolje tudi prenesti z interneta. Ko si ga prenesemo in namestimo, moramo nato preko USB kabla povezati na računalnik Arduina. Pri tem moramo počakati, da se namestijo gonilniki. Če se le ti ne namestijo sami, oz. se ne namestijo pravilno, moramo z interneta oz. uradne Arduino strani prenesti tudi te in jih namestiti ročno. Ob primeru, da ti gonilniki niso nameščeni Arduino ploščica ne bo prepoznana in tako ne bomo mogli nalagati

projektov nanj. Ko imamo nameščeno razvojno okolje in gonilnike Arduina, lahko pričnemo s pisanjem kode. Vse skupaj izgleda tako, da kot pri C programskem jeziku najprej definiramo knjižnice, ki jih potrebujemo. Kar je glavno pri programiranju je, da definirati moramo 2 glavni funkciji, ki se izvajata:

Setup (): Funkcija se zažene samo enkrat in sicer takrat, ko se Arduino zažene. Tukaj ponavadi nastavimo nastavitve.

Loop (): Ta funkcija se izvaja neprekinjeno, dokler ne izključimo Arduina. To je tudi glavna funkcija in bi ji lahko rekli kot void Main () v C++.

Za lažje programiranje in razumevanje programske kode ima Arduino IDE na voljo tudi veliko primerov, kako se z neko knjižnico sprogramira osnova s to knjižnico.

Ko imamo program napisan imamo možnost, da ga lahko preverimo. Če je s programom vse v redu, ga lahko kasneje naložimo na Arduina. Če pa program vsebuje kakšno napako, nam bo Arduino IDE sporočil, kaj bi lahko bilo narobe. Če je s programom vse v redu in ga želimo naložiti, moramo paziti, da najprej nastavimo, na katero ploščo bomo nalagali program. To storimo s klikom na Orodja → Plošča in nato izberemo ploščo, katero uporabljamo. Prav tako moramo nastaviti Serijski vmesnik, na katerem se nahaja Arduino ploščica. To storimo s klikom na Orodja → Serijski vmesnik in izberemo tistega, ki ga ploščica uporablja. Če (slučajno) ne vemo, na katerem vmesniku se nahaja ploščica, lahko to pogledamo v upravitelju naprav (MS Windows). Ko imamo to nastavljeno, lahko program tudi naložimo na Arduino ploščico.

### **3.1.6      *Arduino Mega***

Arduino Mega2560 je mikrokrmilna plošča, ki temelji na ATmega2560. Vsebuje 54 digitalnih vhodno/izhodnih pinov (od katerih je lahko 15 uporabljenih kot PWM izhod), 16 analognih vhodov, 4 strojne serialne vhode, 16 MHz kristalni oscilator, USB vhod, power jack, ICSP glavo in gumb za resetiranje. Vsebuje vse za podporo mikrokontrolerja. Arduino Mega 2560 lahko enostavno povežemo na računalnik preko USB kabla ali pa ga napajamo preko AC/DC adapterja ali baterije. Arduino Mega je kompatibilen z večino ploščic, ki so dizajnirane za Arduino. Arduino Mega 2560 je nadgradnja Arduino Mega, ki ga tudi nadomešča.

Arduino Mega2560 se razlikuje od vseh drugih ploščic po tem, da ne uporablja več FTDI USB serialnega čipa. Namesto tega pa ima ATmega16U2(v reviziji 1 in 2) programiran USB serialni pretvornik.

Arduino Mega lahko napajamo preko USB priključka ali preko dodatnega napajanja. Izvor napajanje se določa avtomatsko. Dodatno (torej brez USB) napajanje lahko izvira ali iz AC/DC napajalnika ali pa iz baterije. Adapter je lahko povezan s 2.1 mm središčno-pozitivnim priključkom na ploščo, s tako imenovanim power jack priključkom. Vodi iz baterije se lahko vstavijo v Gnd (ozemljitev) in Vin pin za napajanje plošče. Plošča lahko upravlja z dodatnim zunanjim napajanjem v območju od 6 do 12 voltov. Če je to napajanje manjše kot 7 V, se lahko zgodi, da bo 5 V pin proizvajal manj kot 5 voltov in takrat je plošča nestabilna. Če pa je to napajanje več kot 12 V, se lahko regulator napetosti pregreje in tako lahko pride do poškodb na plošči. Zato je priporočeno območje med 7 in 12 Volti. Napajalni vtiči so naslednji:

- VIN: Vhodna napetost na Arduino ploščico, kadar se uporablja izvor zunanje napetosti. Skozi ta pin lahko torej oskrbujemo napajanje Arduina.
- 5 V: Ta pin se uporablja za izhodno napetost, ki je regulirana na max. 5 V. Ploščica je oskrbovana z napetostjo preko DC power jacka (7-12 V), USB vhoda(5 V) ali pa VIN pina (7-12 V). Napajanje preko 5 V ali 3.3 V pina gre mimo regulatorja napetosti in lahko ob primeru, da priključimo napajanje na to, uniči ploščico.
- 3V3: 3.3 V napajanje ustvari regulator na ploščici. Maksimalni tok, ki teče je 50 mA.
- GND: Ozemljitveni pini
- IOREF: Ta pin je na Arduino ploščici, predvideva sklic napetosti, s katero mikrokontroler obratuje. Pravilno nastavljen ščit se bere iz IOREF pina in tako izbira ustrezen vir energije ali pa omogoča napetost izhodnih pinov za delo 5 V ali 3.3 V.

ATmega2560 ima 256 KB flash pomnilnika za shranjevanje kode (od tega se 8KB uporablja za zagonsko nalaganje), 8 KB SRAM in 4 KB EEPROM-a.

Arduino Mega2560 ima številne objekte za komuniciranje z računalnikom, drugimi Arduino ploščicami ali ostalimi mikrokontrolerji. ATmega2560 zagotavlja štiri strojne UARTs za TTL (5 V) serialno komunikacijo. ATmega16U2 na kanalih ploščice preko USB vhoda zagotavlja



virtualni COM vhod do programske opreme na računalniku (Windows operacijski sistemi za to potrebujejo .inf datoteko, vendar OSX in Linux Operacijski sistemi bodo ploščico kot COM vhod prepoznali avtomatsko. Arduino programska oprema IDE vsebuje tudi serialni monitor, kateri omogoča enostavne tekstovne podatke, ki jih pošiljamo na ploščico. RX in TX LED diode bodo na ploščici utripale kadar se bodo podatki prenašali preko ATmega8U2/ATmega16U2 čipa in USB kabla, ki je povezan z računalnikom. SoftWareSerial knjižnica omogoča serialno komunikacijo na katerikoli digitalni pin Arduino Mega ploščice. ATmega2560 prav tako podpira TWI in SPI komunikacijo. Arduino programska oprema prav tako vključuje Wire knjižnjico za enostavnejšo uporabo TWI vodila.

Arduino mega ploščico programiramo tako kot vse ostale ploščice z uporabo Arduino programske opreme IDE.

ATmega2560 omogoča zagonskemu nalagalniku, da naložimo na ploščico novo kodo brez uporabe dodatne strojne opreme programerja. Komunicira z izvirnim STK500 protokolom.

Namesto tega, da bi morali vedno fizično pritisniti reset gumb, preden bi ponovno naložili program na ploščico, je Arduino Mega 2560 zasnovan tako, da ko naložimo program Arduino, avtomatsko preko programske opreme resetira Arduina. Eden od strojnih nadzorov poteka preko DTR linij od ATmega8U2, ki so povezane v linije na ATmega2560 preko 100 nanofarad kondenzatorjev. Kadar so te linije uporabljene, bo ta reset linija onemogočena dovolj dolgo, da bo resetirala čip. Arduino programska oprema uporablja to možnost, da nam omogoča nalaganje kode enostavno s pritiskom na naloži gumb v Arduino IDE okolju. To omogoča zagonskemu nalagalniku krajšo prekinitev, saj je znižanje DTR dobro usklajeno z začetkom nalaganja. Ta nastavitev ima tudi druge posledice. Kadar je Mega2560 povezan na računalnik, ki deluje na operacijskem sistemu MAC OS x ali Linux, se bo Arduino resetiral vsakič, ko bomo povezali Arduina prek USB kabla na računalnik.

Arduino Mega 2560 ima poly varovalko, ki ščiti računiška USB vrata pred kratkimi stiki in prevelikemu toku. Čeprav večina računalnikov zagotavlja svojo notranjo zaščito, ta varovalka zagotavlja dodatno plast zaščite. Če pride na USB vhodu do uporabe več kot 500 mA, bo varovalka samodejno prekinila povezavo, dokler ne bomo odstranili naprave, ki proizvaja kratek stik ali pa proizvaja prevelik tok.

## 4 MATERIALI IN METODE DE LA

V tem poglavju bomo podrobno opisali izdelavo konstrukcije, izdelavo elektronike in program za krmilnik.

### 4.1 Strojni del

#### 4.1.1 Izdelava mobilnega dela konstrukcije

Večji del mobilnega dela konstrukcije žirafe je varjen iz pohištenih cevi 50 x 50 mm. Najprej smo s pomočjo krožne žage za železo narezali profile: dva dolžine 2200 mm, enega dolžine 1700 mm in enega dolžine 1600 mm. Na dveh daljših profilih smo na vsaki strani odrezali pod kotom 23°. Cevi smo pred varjenjem pobrusili in zgladili robove. Najprej smo zavarili konstrukcijo v obliki trikotnika, nato pa še dodali prečni nosilec za stabilizacijske noge.

Notranji del konstrukcije smo dodatno ojačili na delu, kjer pride pritrjen zgornji del konstrukcije. Za ta del smo narezali profil dolžine 930 mm, profil dolžine 670 mm in dva profila dolžine 350 mm.

Na ojačeni del konstrukcije smo privarili jekleno ploščo 500 x 500 mm debeline 10 mm, katero smo izrezali s



Slika 5: Spodnji del konstrukcije (Foto: M.. Sever).

pomočjo plamenskega rezanja. Odrezali smo dve enaki plošči, ena je privarjena na spodnji del konstrukcije in druga pa je privarjena na zgornji del konstrukcije. Pred varjenjem plošč smo morali s pomočjo kotnega brusilnika pobrusiti robove. Na stoječem vrtnem stroju smo še zvrtili luknje velikosti 18 mm.

Odločili smo se, da bodo stabilizacijske noge teleskopske, zato smo dodatno še narezali 4 profile dolžine 800 mm, velikosti 40 x40 mm, katere lahko vstavimo v prej omenjene profile velikosti 50 x 50 mm.

Stabilizacijske noge smo kupili in so v osnovi namenjene za avto prikolice. Dve nogi sta že v osnovi imeli kolesa, dve pa ne. Kasneje smo odrezali kolesa in spodaj privarili krog, premera 100 mm, ki smo ga v šoli izrezali s pomočjo laserskega rezalnika kovine Varlaser.

#### **4.1.2 Izdelava zgornjega dela konstrukcije**

Zgornji del konstrukcije se začne pri že prej omenjeni jekleni plošči 500 x500 mm. Na začetku izdelovanja zgornjega dela konstrukcije smo odrezali jekleno cev dolžine 1100 mm in premera 120 mm. Cev smo privarili na jekleno ploščo. Ker je cev kar močno obremenjena, smo zware ojačili s pomočjo štirih trikotnikov 150 x 180 mm, ki smo jih privarili okoli cevi in na jekleno ploščo.

V nadaljevanju smo odrezali še eno jekleno cev dolžine 700 mm in premera 110 mm, ki smo jo kasneje vsadili v prejšnjo cev ter tako omogočili rotacijo zgornjega dela konstrukcije. Na konec te cevi smo privarili krog premera 140 mm, ki preprečuje, da bi cev padla v cev premera 120 mm in nam hkrati daje podlago za varjenje naslednjega dela konstrukcije.

Naslednji del konstrukcije je pohištvna cev dimenzije 120 x 120 mm in dolžine 610 mm. Na eni strani smo jo odrezali pod kotom 12°. Stran, ki je odrezana pod kotom, smo privarili na prej omenjen krog. Na drugo stran pa smo privarili



**Slika 6:** Celotna konstrukcija (Foto: M. Sever).

jekleno ploščo dimenzije 120 x 120mm in debeline 8 mm ter tako zaprli pohištveno cev.

Na to ploščo smo pravokotno na njo privarili ušesa za naslednji del konstrukcije. Ušesa smo izrezali iz jekla, debeline 8 mm, s pomočjo laserja. Še zadnji kovinski del naše konstrukcije predstavlja podporna roka za glavno roko oz. vrat žirafe. Ta roka je iz pohištvene cevi 60 x 40 mm dolžine 2700 mm. Prav tako smo na to roko privarili ušesa z luknjo za zatič, s katerim smo kasneje povezali roko z drugim delom konstrukcije. Na tej roki smo privarili še dodatna dva ušesa z luknjo za zatič, ki je namenjen za povezavo za cilinder za dvigovanje roke oz. vratu žirafe. Na podporno roko smo privarili še dve objemki za pritrditev glavne roke.

Glavna roka je cev dolžine 6 m in premera 76 mm. Material, iz katerega je izdelana cev, so steklena vlakna.

### **4.1.3 Izdelava nosilca za glavo**

Na koncu glavne roke je potrebno pritrditi glavo. Izdelali smo preprosti nosilec iz jeklene cevi premera 82 mm. Odrezali smo cev dolžine 170 mm in 120 mm. Obe cevi smo na koncu odrezali pod kotom 6°, tako da ko smo cevi privarili skupaj, smo dobili nosilec pod kotom 12°. Na zgornjem delu smo zaradi lepšega prilagajanja z glavo še privarili pločevino debeline 1mm.

### **4.1.4 Izdelava glave**

Glava je najpomembnejši del celotne žirafe, saj v njo pritrdimo šobe. Za izdelavo glave smo uporabili aluminijasto palico dolžine 300 mm. Glavni problem pri izdelavi glave sta predstavljali dve daljši luknji, ena 200 mm in druga 280 mm premera 15 mm. Problem je nastal, ker nismo našli dosti velikega vrtalnega stroja, ki bi imel toliko hoda. Zato smo naredili poseben nosilec za aluminijasto palico, katerega smo vpeli na stružnico na mesto noža. V glavo stružnice smo vpeli podaljšan sveder. Tako smo s



**Slika 7:** Glava žirafe (Foto: M. Sever).

pomočjo stružnice izvrtali vse tri vzdolžne luknje v glavo. Ostalih osem lukenj, ki so na obodu, pa smo izvrtali s pomočjo vrtalnega stroja. Na koncu smo morali vrezati še navoje s pomočjo ročnih navojnih svedrov.

#### **4.1.5 Cilinder za dvigovanje**

Žirafe so zelo visoke. Naša žirafa je visoka okoli 7 m, tako da so šobe visoko v zraku. Včasih potrebujemo dostop do šob, v primeru poškodbe ali zmrznjene šobe. Na našo žirafo smo namestili cilinder, ki se uporablja za dvigovanje motorjev iz avtomobila. Hidravlični cilinder z dvema ročnima črpalkama je zmožen dvigniti kar 5000 kg. Hod cilindra je 630 mm – 1150 mm.

#### **4.1.6 Uporabljen material**

Nekaj materiala za izdelavo konstrukcije smo imeli doma, nekaj pa smo ga kupili. Na koncu smo konstrukcijo tudi prebarvali s temeljno barvo.

- Pohištvene cevi 50 x 50 mm – pribl. 10 m,
- pohištvene cevi 40 x 40 mm – pribl. 4 m,
- pohištvene cevi 40 x 60 mm – pribl. 3mm
- pohištvene cevi 120 x120 mm – pribl. 1m,
- jeklene cevi premer 120 mm – pribl. 1m,
- jeklene cevi premer 110 mm – pribl. 1m,
- cev iz steklenih vlaken – 6 m,
- podporne noge: 4 kosi,
- temeljna barva – pribl. 1 l.

#### **4.1.7 Uporabljena orodja**

- Krožna žaga za kovino,
- laserski rezalnik kovine,

- plamenski rezalnik,
- kotni brusilnik,
- stoječi vrtalni stroj,
- ročni vrtalni stroj,
- stružnica,
- žična ščetka.

#### **4.1.8 Uporabljena zaščitna sredstva**

- Zaščitna obleka,
- zaščitne rokavice,
- zaščitna očala,
- maska za varjenje.

## **4.2 Elektro del**

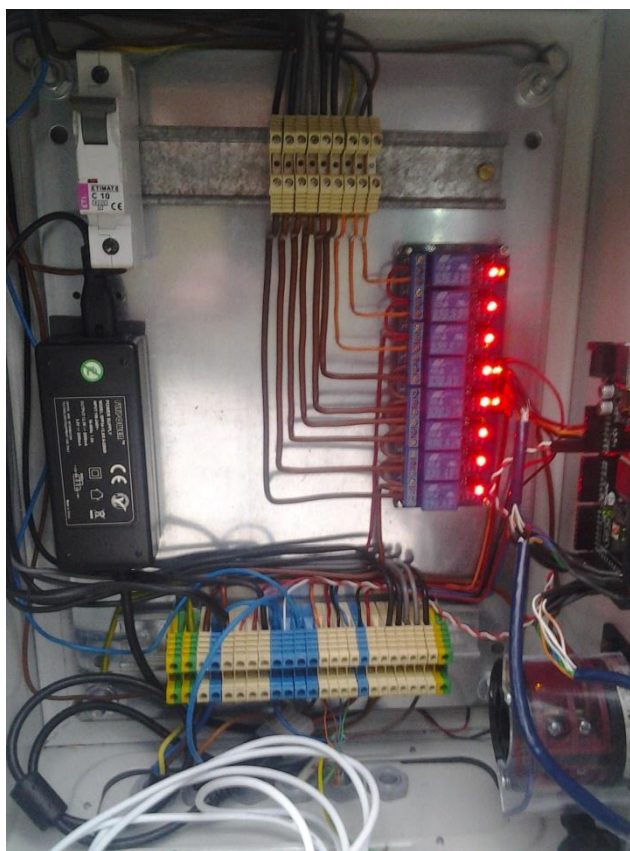
### **4.2.1 Visoko napetostni del**

Visoko napetostni del žirafe predstavlja LED reflektor za razsvetlitev glave žirafe, moči 10W. Za dodatno odpiranje in zapiranje dveh šob pa skrbi elektromotorni krogelni ventil Firšt EMV 110, ki je sposoben zapirati vodo s pritiskom do 25 BAROV. Za vklop ali izklop kompresorja ali črpalke skrbi Iskrin kontaktor KLN 16. Kontaktor vzbudimo s napetostjo 220 V preko releja.

### **4.2.2 Nizko napetostni del**

Osnovni del našega elektro dela predstavlja kovinska elektro omara velikosti 400 x 300 x 200 mm. Na začetku smo si vse komponente razporedili po omari, nato smo jih začeli fiksirati. Najprej smo pritrdili dve DIN letvi v dolžini 170 mm. Na zgornjo letev smo postavili varovalko tipa C 6 A. Zraven varovalke smo postavili 9 vrstnih spojk, ki bodo služile povezovanju z releji. Na spodnjo DIN letev smo postavili 26 vrstnih spojk, ki služijo

povezovanju z zunanjim delom omare. V omaro smo s pomočjo dvostranskega lepilnega traku pritrčili adapter za napajanje. Adapter ima izhodne napetosti +12 V in +5 V. Na ploščo v omari smo še pritrčili rele modul. Pritrdili smo ga s pomočjo vijakov M3 x 20 mm. Zaradi malo prostora v omari smo se odločili, da bomo mikro krmilnik Arduino pritrčili na stranico omare. Mikro krmilnik smo pritrčili na pleksi steklo, v katerega smo izvrtali luknji in vrezali navoj M3. Pleksi steklo smo pritrčili na stranico omare s pomočjo dvokomponentnega lepila. Na sprednjo stran omare pa smo pritrčili LCD zaslon in tipkovnico. Na sprednji strani omare smo izrezali luknjo 105 x 70mm. Iz zadnje strani smo zopet s pomočjo pleksi stekla pritrčili zaslon na omaro. Zaslon smo na pleksi steklo pritrčili z vijaki 4 x M3 x 20 mm. Pleksi steklo pa smo pritrčili s pomočjo dvokomponentnega lepila. Za tipkovnico je bilo potrebno izrezati le manjšo luknjo za kable. Izrezali smo luknjo velikosti 5 x 25 mm. Tipkovnica, ki smo jo kupili, pa je bila samolepljiva in smo jo enostavno nalepili na sprednjo stran omare. Na zgornji del omare smo pritrčili tudi svetlobni semafor, ki je namenjen za informiranje o stanju žirafe na daljavo. Svetlobni semafor ima tri barve, zeleno, oranžno in rdečo. Svetlobni semafor je pritrjen na omaro s pomočjo štirih M6 vijakov. Ob strani smo vgradili še glavno varnostno stikalo. Na spodnji strani omare smo izvrtali luknje za uvednice.



Slika 8: Notranji del elektro omare (Foto: M. Sever)

## **4.3 Računalniški del**

Pod računalniški del spada avtomatika naše žirafe. V tem poglavju bomo opisali mikro krmilnik, ki smo ga uporabili in program, ki smo ga napisali za mikro krmilnik. Uporabili smo mikro krmilnik Arduino Mega2560 R3.

### **4.3.1 Tipkovnica**

Na našem Arduinu smo uporabili tipkovnico velikost 4 x 4, ki vsebuje 16 tipk. Tipkovnico smo izbrali glede na vremensko okolje in ker so pozimi temperature precej nizke, ta tipkovnica deluje na temperaturnem območju od -40 °C pa do +60 °C. Tipkovnica je prav tako vodoodporna, kar je zelo pomembno, da ne pride v stik z vodo oz. snegom. Tipkovnica je velikost 7.7\*7 cm. Zelo pozitivna stvar pri tej tipkovnici je, da ne potrebuje nobenega napajanja.

Tipkovnico smo uporabili za to, da se lahko premikamo po našem Meniju, ki je viden na LCD zaslonu. Prav tako lahko nastavljamo preko nje način obratovanja ter izklapljanje oz. vklapljanje komponent žirafe.

Za premikanje po meniju se uporabljajo tipke A, B, C, D, 1, 2 in 3. Za potrditev pa tipka #.

A : Podmenu dol

B : Podmenu gor

C : Menu dol

D : Menu gor

1 : Izbran Menu 1

2 : Izbran Menu 2

3 : Izbran Menu 3

# : Potrditev

Ker okolje Arduino IDE ne vključuje knjižnice, ki podpira to tipkovnico, smo jo morali poiskati in prenesti z interneta. Prenesli smo knjižnico Keypad.h in jo vključili v mapo knjižnice. Za delovanje tipkovnice smo morali v okolju Arduino IDE deklarirati, na kateri pin katera tipka spada in kaj pomeni.



```
//Tipkovnica
const byte rows = 4;
const byte cols = 4;
const char keys [rows][cols] =
{
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[rows] = {37,35,33,31};
byte colPins[cols] = {36,34,32,30};
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, rows, cols );
```

**Slika 9:** Deklaracija tipkovnice (Foto: D. Kušer).

Najprej je definirano koliko, stolpcev in koliko vrstic ima tipkovnica. Nato je deklarirana mreža, kako so tipke postavljene v tem razporedu 4 x 4, ki smo ga prej definirali. Po tem je definirano, na katerih pinih se nahaja tipkovnica. Torej zopet po vrsticah in stolpcih. Pini so na Arduina priklopljeni od 30 pa do 37 (8 pinov). Na koncu je še deklarirana mapa keypad, ki omogoča kasnejšo uporabo tipkovnice v programu.

### 4.3.2 LCD zaslon

Za prikaz vsebine smo na Arduinu uporabili dodatek LCD zaslon velikost 20 x 4. Kar pomeni, da lahko na njem vidimo 20 stolpcev in 4 vrstice znakov, torej 20 x 4. LCD zaslon smo naročili skupaj z I2C modulom, ki omogoča, da nanj prispajkamo vse pine iz LCD zaslona in ta modul vse skupaj potem pretvori v samo 4 pine, ki so : VCC , SCL, SDA in GND. Dobro pri tem je, da namesto, da imamo na Arduina povezanih 16 žičk imamo zato samo 4. Ta LCD zaslon omogoča tudi nastavitve kontrasti in osvetlitve, ki ju lahko določimo programsko ali fizično na zaslonu. To je zelo dobro zaradi vremenskih pogojev, kajti velika razlika, je kako se LCD zaslon odziva pri sobni temperaturi, ko programiramo in preverjamo funkcionalnost programa in pa potem na prostem pozimi pri npr. -10 °C, ko se zaslon odziva precej počasneje kot na sobni temperaturi. To počasnejše odzivanje lahko oblažimo z nastavitvijo kontrasti in osvetlitve. Obvezno na tem zaslonu je, da ga priključimo na 5 V in sicer z I2C modulom iz pina VCC.

Ker smo na zaslonu uporabili I2C modul, nam knjižnica LiquidCrystal, ki je že predhodno priložena Arduino IDE okolju ni koristila. Zaradi tega smo morali prenesti z interneta

knjižnico `LiquidCrystal_I2C.h`, ki omogoča komunikacijo z I2C modulom. Prav tako smo jo dodali v mapo knjižnic od Arduina. Razlika pri programiranju z navadno `LiquidCrystal` knjižnico in `LiquidCrystal_I2C` knjižnico je, da jo na začetku definiramo drugače. Za navadno knjižnico je deklaracija veliko lažja. Ker imamo I2C modul, smo imeli za to 2 možnosti deklaracije tipkovnice in sicer:

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x38);

const uint8_t charBitmap[][8] = {
  { 0xc, 0x12, 0x12, 0xc, 0, 0, 0, 0 },
  { 0x6, 0x9, 0x9, 0x6, 0, 0, 0, 0 },
  { 0x0, 0x6, 0x9, 0x9, 0x6, 0, 0, 0x0 },
  { 0x0, 0xc, 0x12, 0x12, 0xc, 0, 0, 0x0 },
  { 0x0, 0x0, 0xc, 0x12, 0x12, 0xc, 0, 0x0 },
  { 0x0, 0x0, 0x6, 0x9, 0x9, 0x6, 0, 0x0 },
  { 0x0, 0x0, 0x0, 0x6, 0x9, 0x9, 0x6, 0x0 },
  { 0x0, 0x0, 0x0, 0xc, 0x12, 0x12, 0xc, 0x0 }
};

int charBitmapSize = (sizeof(charBitmap) / sizeof(charBitmap[0]));
```

**Slika 10:** Prvi način deklariranja (Foto: D. Kušer).

```
//LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
```

**Slika 11:** Drugi način deklariranja (Foto: D. Kušer).

Razlika je v temu, da je 1. način bolj funkcionalen in sicer zaradi tega, ker omogoča večji nabor znakov za prikaz. Preko tega lahko prikazujemo tudi dodatne simbole, kot so copyright in podobni. Pri drugemu načinu pa le enostavno deklariramo `lcd` in `pine`, ki so priključeni na I2C. Slabost tega je samo manjši nabor znakov, LCD zaslon pa normalno deluje. Pozornost, ki je še vredna pozornosti je nastavitev oz. deklariranje velikosti zaslona ukaz `lcd.begin(20,4)`. Ta stavek moramo napisati v funkciji `setup()` in pomeni zagon zaslona in, da Arduino prepozna, da je velikost zaslona 20 x 4. Če bi imeli zaslon velikosti npr. 16 x 2, bi v `lcd.begin()` zapisali 16,2.

### 4.3.3 Menu knjižnica

Za funkcionalno uporabo programa in kasnejši profesionalen izgled na zaslonu smo za programiranje uporabili tudi `Menu` knjižnico, ki omogoča izdelavo menija, ki omogoča premikanje po njem in spreminjanje vsebine glede na meni. Knjižnico smo zopet našli in

prenesli z interneta in velja poudariti, da ni uradna knjižnica za programiranje v Arduino, ampak se jo da dobiti samo demo, zato smo morali to knjižnico precej dodelati tudi sami. Knjižnice, ki so vezane na meni, in jih uporabljamo, so :Menu.h, MenuItem.h, SubMenu.h in pa SubMenuItem.h. Te štiri po naše spremenjene knjižnice zagotavljajo optimalno delovanje programa oz. menija v njem.

Na začetku je potrebno deklarirati menu oz. poimenovati razne strani menija. Prav tako je potrebno deklarirati elemente, ki so v tem meniju. V našem primeru se celoten meni imenuje kar menu. Strani menija so Info, Rele in pa Menu3. Meni Rele pa ima tudi podmeni in sicer podmeni subMenu, v kateremu so deklarirana imena relejev.

```
1
Menu menu = Menu(menuUsed,menuChanged);
MenuItem Info = MenuItem();
MenuItem Rele = MenuItem();
    SubMenu subMenu = SubMenu(menuChanged);
        SubMenuItem Rele1 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele2 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele3 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele4 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele5 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele6 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele7 = SubMenuItem();
        SubMenuItem Rele8 = SubMenuItem();
MenuItem Menu3 = MenuItem();
```

**Slika 12:** Postavitev menija (Foto: D. Kušer).

Po tej deklaraciji smo te elemente postavili v meni, kar smo storili z ukazom `menu.addItem(element)`. S tem smo dodali Info, Rele in pa Menu3 v meni. Za podmeni smo uporabili ukaz `SubMenu.addSubMenu(Rele)`. S tem ukazom smo tako dodali elemente za podmeni. Ko imamo to napisano, imamo meni postavljen oz. načrtovan. Potrebno je še edino nastaviti `menu.select(0)`; in `subMenu.select(0)`; kar pomeni, da na začetku ponastavimo meni na začetno mesto.

```
menu.addItem(Info);  
menu.addItem(Rele);  
  Rele.addSubMenu(subMenu);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele1);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele2);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele3);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele4);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele5);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele6);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele7);  
    subMenu.addSubMenuItem(Rele8);  
menu.addItem(Menu3);  
  
menu.select(0);  
subMenu.select(0);
```

**Slika 13:** Uvrščanje menija (Foto: D. Kušer).

Za premikanje po meniju smo na Arduina priklopili tipkovnico. Da smo sprogramirali premikanje po meniju in uporabljanje le tega, smo uporabili funkcijo `beri` tipa `void`. V njej najprej razberemo, da pridobi znak iz tipkovnice, ki ga pretvori v spomin kot `key`. Za tem program preveri, če smo slučajno pritisnili kakšno tipko in dokler ne pritisnemo ničesar, program tudi ničesar ne izvrši. Ko pa pritisnemo tipko, gre program v `switch` stavek, ki gre čez vse črke, ki so napisane v njem pod '`case`' oz. možnost. Če je katera od tipk enaka možnosti, to tudi izvrši. Na primer, če pritisnemo tiko 'A' in smo v meniju Info se ne bo zgodilo nič, ker menu Info nima podmenija. Če bomo pa pritisnili 'A' v meniju Rele, se bo začel meni premikati navzdol, saj meni Rele vsebuje podmeni. Tipki C in D sta namenjeni premikanju po meniju in ni važno, v kateremu meniju smo, bosta delovali. Prav tako so za to namenjene tipke 1, 2 in 3, ki se bodo ob pritisku na njih premaknile po meniju. Na primer, če pritisnemo 1 bo šel program v meni 1, torej v menu z imenom Info. Ob primeru, da pritisnemo katerokoli drugo tipko, bo program čakal in se ne bo zgodilo nič. Funkcija `beri()` je zapisana v glavni zanki `loop()` in je dejansko glavni del programa. Brez te funkcije program ne deluje.

```

void beri()
{
  char key = keypad.getKey();
  if (key != NO_KEY)
  {
    switch(key){
      case 'A':
        if (menu.isCurrentSubMenu()){ //prebližuje 0
          subMenu.down();
        }
        break;
      case 'B':
        if (menu.isCurrentSubMenu()){ //prebližuje max
          subMenu.up();
        }
        break;
      case 'C':
        menu.down();
        break;
      case 'D':
        menu.up();
        break;
      case '#':
        menu.use();
        break;
      case '1':
        menu.select(0);
        break;
      case '2':
        menu.select(1);
        break;
      case '3':
        menu.select(2);
        break;
    }
  }
}

```

Slika 14: Funkcija za branje tipkovnice (Foto: D. Kušer).

```

void loop(){
  beri();
}

```

Slika 15: Glavna funkcija (Foto: D. Kušer).

#### 4.3.4 *Arduino GSM modul*

Arduino GSM ploščica omogoča Arduino ploščici povezavo na internet, upravljanje s klici in prejemanje oz. pošiljanje SMS sporočila. Ta ploščica vsebuje Radio modem M10 od proizvajalca Quetel. Ta omogoča komunikacijo s ploščico z uporabo AT ukazov. GSM knjižnica vsebuje veliko število metod za komuniciranje z Arduino ploščico. Ploščica

uporablja digitalna pina 2 in 3 za programsko serijsko komunikacijo z modemom M10. Pin 2 je povezan na M10 TX ter pin 3 na RX pin. Za reset uporablja ploščica pin 7. Radio modem M10 je štirikanalni GSM/GPRS modem, ki deluje na frekvencah GSM850MHz, GSM900MHz, DCS1800MHz in PCS1900 MHz. Prav tako podpira TCP/UDP in HTTP protokol prek povezave GPRS. Najvišja GPRS prenosna hitrost ali hitrost nalaganja je 85,6 kb/s. Za vmesnik mobilnega omrežja ploščica zahteva SIM kartico, ki je registrirana pri mobilnem operaterju.

GSM modul dobimo v paketu x SIM kartico od Telefonica/Bluevia. Za to kartico ni potrebno, da jo uporabimo na naši GSM ploščici. Mi lahko normalno uporabljamo SIM kartico, ki deluje na omrežju oz. je registrirana na operaterja v okolju v katerem mi živimo. Bluevia SIM kartica vključuje tudi gostovanje. Deluje na vseh GSM omrežjih po Ameriki in Evropi. Aktivacija te SIM kartice je vodena preko Bluevie. Kar je pomembno pri priloženi kartici je, da preko nje ne moremo opravljati klicev, ampak lahko le sprejemamo oz. pošiljamo sms sporočila.

Priporočeno je, da je ploščica napajana preko posebnega napajalnika, ki zagotavlja 700 mA ali 1000 mA. Napajanje Arduina ter GSM modula skupaj preko USB kabla ni priporočljivo, saj USB ne proizvede zadostnega toka ob primeru, da je Arduino močno obremenjen.

Ploščica ima na sebi številne statusne LED :

- ON: prikazuje, kadar je GSM modul aktiven
- Status : vklopi s,e kadar je GSM modul aktiven in kadar se pričnejo prenašati podatki za GSM/GPRS.
- Net: utripa, kadar GSM modul komunicira z radio modemom M10.

#### **4.3.5 GSM knjižnica**

GSM knjižnica je že vključena v okolje Arduino IDE 1.0.4 ali kasnejše različice, zato je ni potrebno dodatno prenašati iz interneta. Z GSM modulom ta knjižnica omogoča Arduino ploščici, da lahko opravlja večino operacij, katere lahko počnemo z navadnem GSM telefonom : opravljanje in prejemanje klicev, prejemanje in pošiljanje SMS sporočil in povezavo na internet preko GPRS omrežja.

Ker knjižnica omogoča več vrst funkcionalnosti, za to obstaja tudi več različnih razredov:

- GSM razred skrbi za prevzemanje ukazov iz radijskega modema. Ta obravnava povezljivost ploščice in registracijo tega sistema v GSM infrastrukturo.
- Glasovno upravljanje klicev, ki ga upravlja GSMVoiceCall razred.
- Prejemanje/pošiljanje SMS sporočil, ki ga upravlja GSM\_SMS razred.
- GPRS razred za povezavo na internet.
- GSM Client vključuje implementacijo za stranko, podobno kot Ethernet ali WiFi knjižnici.
- GSM Server vključuje implementacijo za strežnik, podobno kot Ethernet ali Wifi knjižnici.
- Številni uporabni razredi, kot sta GSM Scanner in GSM Modem.

#### **4.3.6 Uporaba GSM modula**

Mi smo za naš GSM modul uporabili SIM kartico od operaterja BOB. Da GSM modul pravilno deluje, je potrebno že na začetku definirati PIN kodo sim kartice, kajti le tako lahko GSM modul dostopa do nje.

```
#define PINNUMBER "9677"
```

**Slika 16:** Definiranje PIN kode (Foto: D. Kušer).

Nato moramo v prvi glavni funkciji programa setup() preveriti, če GSM modul sploh deluje in če se pravilno poveže, kajti v nasprotnem primeru, bi lahko prišlo do nezaželenih napak v delovanju. Prav zaradi tega nam tudi koristi PIN koda kartica. Tukaj program preveri, če se definirana pin koda ujema s to na kartici in je zato zelo pomembno, da jo pravilno deklariramo.

```

while(notConnected)
{
  if(gsmAccess.begin(PINNUMBER)==GSM_READY)
  {
    notConnected = false;
  }
  else
  {
    menuChanged(«Menu3);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("Mi povezan      ");
    delay(1000);
  }
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("GSM povezan      ");
}
}

```

**Slika 17:** Preverjanje povezljivosti GSM modema (Foto: D. Kušer).

V nadaljevanju smo GSM modul sprogramirali tako, da če prejme SMS z vsebino »Info«, bo Arduino izvršil ukaz, da pregleda, kakšna je trenutna temperatura in vlaga v ozračju ter trenutno stanje naprave. To bo pretvoril v niz znakov, ki jih bo nato poslal. Torej, ko bomo poslali SMS z vsebino »Info«, bomo nazaj prejeli SMS, ki bo pokazal temperaturo, vlago ter trenutno stanje naprave.

### 4.3.7 Vremenska postaja

Prav tako pomemben člen na naši žirafi je vremenska postaja, ki smo jo izdelali sami. Uporabili smo škatlo dimenzije 12 x 80 x 50 cm, računalniški ventilator velikosti 40 mm in senzor za merjenje temperature ter vlage. Senzor se imenuje DHT 21 ali AM2301 in je prav tako dodatna komponenta Arduino. Vremenska postaja je na žirafi nameščena 3,5 m visoko. Izdelali smo jo tako, da smo v škatlo zavrtali luknje, da lahko vanjo oz. vremensko postajo prihaja svež zrak. Za kroženje zraka skrbi ventilator, ki smo ga namestili na eno stran lukenj. Senzor meri vlago v območju od 0 – 100 % in pa temperaturo v območju od -40 pa do +80 °C. Natančnost senzorja je  $\pm 3 \%$  za vlago in  $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$  za temperaturo. Ta DHT 21 senzor ima 3 pine, in sicer pin za napajanje (rdeč), pin za ozemljitev (črn) ter pin za pošiljanje podatkov (rumen).

Napajanje smo povezali na 3,3 V napajalni izhod Arduina, za pin o pošiljanju podatkov pa na pin 53 na Arduino. Ker tudi ta komponenta nima že vključene knjižnice v razvojno okolje Arduino, smo jo morali poiskati na internetu. Paziti smo morali, da smo prenesli pravo knjižnico, kajti obstaja več vrst knjižnic za te senzorje. Obstajajo knjižnice za senzor dht11, dht22, dht23 in podobne. Določitev pina, na katerem se nahaja DHT senzor, smo določili v



programu v prvi glavni funkciji `setup()`. Prav tako smo morali pred tem določiti z ukazom, kaj ta senzor sploh pomeni.

```
dht.setup(53);
```

**Slika 18:** Deklariranje pina za DHT senzor (Foto: D. Kušer).

Za pridobitev temperature in vlage iz dht senzorja se uporabljata 2 ukaza, ki ju deklariramo na mestu, ko to potrebujemo. Pridobitev vlage in temperature ne bo delovala, če bomo ukaz zapisali pred funkcijo `setup()` ali funkcijo `loop()`. Sam ukaz moramo napisati v funkciji `loop()` oz. v funkciji, katera se navezuje in povezuje na funkcijo `loop()`. V našem primeru se prebrana temperatura in vlaga shranita v spremenljivki `temp` oz. `hum`. Ti spremenljivki lahko nato v programu uporabljamo kot prebrano temperaturo oz. vlago.

```
float hum = dht.getHumidity();  
float temp = dht.getTemperature();
```

**Slika 19:** Pridobitev temperature in vlage (Foto: D. Kušer).

### **4.3.8      *Temperatura vlažnega termometra***

Ker je temperatura vlažnega termometra zelo pomemben dejavnik pri izdelavi snega, smo morali le to upoštevati tudi mi. To je pomembno predvsem zaradi tega, ker stopnja vlage vpliva na temperaturo. Lahko vzamemo za primer npr. 0 °C. To je temperatura, pri kateri izdelava snega ni mogoča. Ta temperatura velja, če je v zraku 100 % vlaga. Vzemimo, da je vlaga v zraku 90 %. Ob tej vlažnosti je pri 0 °C temperatura vlažnostnega termometra -0.3 °C, kar je še vedno pretoplo za izdelavo snega, ampak je temperatura že padla. Pri teh 10% se torej razlika ne pozna kaj dosti. Ampak recimo, da je vlaga v zraku nekje 10%. Pri tej vlagi v zraku in temperaturi 0 °C pa dobimo temperaturo vlažnostnega termometra kar -5.2 °C, kar pomeni, da imamo odlično temperaturo za izdelavo snega. V našem programu smo za temperaturo vlažnostnega termometra vzeli tabelo s spletni strani TechnoAlpin [9], ki ponazarja, kakšna je temperatura vlažnostnega termometra pri določeni temperaturi in vlagi.

To smo v programu zapisali v obliki tabele. Za vsako stopinjo celzija, ki smo vanjo zapisali vrednosti pri določeni vlažnosti. Tabela se začne tako, da je najprej zapisana temperatura vlažnostnega termometra za 90 % vlage, potem za 80 % itd.

```
//temparature
float minus0[9]={-5.2,-4.6,-4,-3.4,-2.8,-2.1,-1.5,-0.9,-0.3};
float minus1[9]={-5.9,-5.3,-4.8,-4.2,-3.6,-3.1,-2.5,-1.9,-1.3};
float minus2[9]={-6.6,-6.1,-5.6,-5,-4.5,-4,-3.4,-2.9,-2.4};
float minus3[9]={-7.4,-6.9,-6.4,-5.9,-5.4,-4.9,-4.4,-3.9,-3.4};
float minus4[9]={-8.1,-7.7,-7.2,-6.7,-6.3,-5.8,-5.3,-4.9,-4.4};
float minus5[9]={-8.9,-8.4,-8,-7.6,-7.1,-6.7,-6.3,-5.8,-5.4};
float minus6[9]={-9.6,-9.2,-8.8,-8.4,-8,-7.6,-7.2,-6.8,-6.4};
float minus7[9]={-10.4,-10,-9.7,-9.3,-8.9,-8.5,-8.2,-8.8,-7.4};
float minus8[9]={-11.2,-10.9,-10.5,-10.2,-9.8,-9.4,-9.1,-8.7,-8.4};
float minus9[9]={-12,-11.7,-11.3,-11,-10.7,-10.4,-10,-9.7,-9.4};
float minus10[9]={-12.8,-12.5,-12.2,-11.9,-11.6,-11.3,-11,-10.7,-10.3};
float minus11[9]={-13.6,-13.3,-13.1,-12.8,-12.5,-12.2,-11.9,-11.6,-11.3};
float minus12[9]={-14.5,-14.2,-13.9,-13.6,-13.4,-13.1,-12.8,-12.6,-12.3};
float minus13[9]={-15.3,-15,-14.8,-14.5,-14.3,-14,-13.8,-13.5,-13.2};
float minus14[9]={-16.1,-15.9,-15.7,-15.4,-15.2,-14.9,-14.7,-14.4,-14.2};
float minus15[9]={-17,-16.8,-16.5,-16.3,-16.1,-15.8,-15.6,-15.4,-15};
```

**Slika 20:** Tabela temperature vlažnostnega termometra (Foto: D. Kušer).

Vendar nam to še nič ne pomaga. Imamo samo zapisane vrednosti od 0 pa do -15 stopinj celzija za temperaturo vlažnostnega termometra.

Izračun temperature vlažnostnega termometra se začne z branjem temperature in vlage, kar je bilo že prej razloženo. Ko imamo pridobljeno temperaturo in vlago, lahko pričnemo z računanjem. Najprej preverimo, če je temperatura sploh nižja kot 0 °C in če je vlaga manjša kot 90 %, kajti če je večja, je temperatura enaka izmerjeni. Nato preko zanke ter preverjanj pridobimo pravilno temperaturo, ki se pretvori v spremenljivko wetbulb.

```
else if(temp<0 && hum<90)
{
    if(temp>-3)
    {
        digitalWrite(Relay_8, RELAY_ON);
    }
    for(int y=0;y<100;y++)
    {
        y2=y+10;
        if(hum>y2 && hum<y2+10)
        {
            if(temp<0 && temp>-1)
            {
                wetbulb=minus0[y2/10];
                break;
            }
            else if(temp<-1 && temp>-2)
            {
                wetbulb=minus1[y2/10];
                break;
            }
            else if(temp<-2 && temp>-3)
            {
                wetbulb=minus2[y2/10];
                break;
            }
            else if(temp<-3 && temp>-4)
            {
                wetbulb=minus3[y2/10];
            }
        }
    }
}
```

**Slika 21:** Iskanje temperature vlažnostnega termometra (Foto: D. Kušer).

Temperatura vlažnostnega termometra je za nas prav tako pomembna pri temperaturi pod -7 °C, kajti takrat se na naši žirafi vklopita dodatni dve šobi za zasneževanje.

#### **4.3.9 Rele modul**

Glavni dodatek za našo Arduino Mega ploščico je Rele modul. Uporabili smo 8 kanalno rele ploščico velikosti 13.4 x 5.3 cm. Na rele modulu ima vsak rele svoj pin izhod za povezavo na Arduino ploščico. Torej, ker imamo 8 kanalno rele ploščico imamo zato tudi 8 izhodnih pinov za releje. Ti pini so na modulu označeni s kratico In ter številko releja (npr. In2 – rele 2). Prav tako moramo iz rele ploščice na Arduina povezati napajanje in pa ozemljitev. Pine smo povezali:

- Gnd : Gnd
- VCC : 5V
- In1 : 51
- In2 : 50
- In3 : 49
- In4 : 48
- In5 : 47
- In6 : 46
- In7 : 45
- In8 : 44

Na rele ploščici moramo paziti, da imamo pravilno nastavljen mostiček (ang. »jumper«). Nastaviti ga moramo ob strani, in sicer tako, da pokriva pina Vcc in JDVcc, pin Gnd pa mora ostati prazen. Tako zagotovimo pravilno delovanje rele modula.

Ko je bila rele ploščica pripravljena, smo jo tudi pravilno sprogramirati. Da rele modul deluje, moramo najprej v razvojnem okolju Arduina deklarirati posamezni rele in njegov pin. To naredimo z ukazom `#define Relay_1 51`, kar pomeni, da smo poimenovali rele št. 1 z imenom `Relay_1` in da se nahaja na 51 pinu. To smo ponovili za vseh osem relejev. Poleg tega smo definirali tudi definiciji za izklop ter vklop releja.

```
//Rele :
#define RELAY_ON 1
#define RELAY_OFF 0

//Rele Pini
#define Relay_1 51
#define Relay_2 50
#define Relay_3 49
#define Relay_4 48
#define Relay_5 47
#define Relay_6 46
#define Relay_7 45
#define Relay_8 44
```

**Slika 22:** Definiranje relejev (Foto: D. Kušer).

Nato smo komponente žirafe priklopili na te releje. Odločili smo se, da jih imamo povezane po tem vzorcu:

- Rele 1: Črpalka
- Rele 2: Kompresor
- Rele 3: Ventil
- Rele 4: Gretje
- Rele 5: Reflektor
- Rele 6: Semafor (zelena)
- Rele 7: Semafor (oranžna)
- Rele 8: Semafor (rdeča)

Ko smo releje definirali, smo v 1. glavno funkcijo programa setup() dodali, da se ob zagonu Arduina vsi releji izklopijo oz. ostanejo izklopljeni. Če tega ne bi napisali, bi se releji ob zagonu sami vklopili in s tem bi lahko povzročili kakršno koli okvaro.

```
//RELE
digitalWrite(Relay_1, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_1, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_2, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_2, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_3, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_3, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_4, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_4, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_5, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_5, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_6, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_6, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_7, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_7, OUTPUT);
digitalWrite(Relay_8, RELAY_OFF);
pinMode(Relay_8, OUTPUT);
```

**Slika 23:** Nastavitev relejev na izklop (Foto: D. Kušer).

Ko smo imeli to pripravljeno, smo lahko pričeli z uporabo relejev oz. komponent na žirafi.

Releje smo uporabili na ta način, da če želimo, da se rele vklopi, uporabimo stavek `digitalWrite(Relay_1, RELAY_ON)`; Če pa želimo, da se rele izklopi, pa stavek `digitalWrite(Relay_1, RELAY_OFF)`.

## 5 RAZPRAVA

Za proizvodnjo tehničnega snega smo našli pravilo, da tehnično izdelan sneg ima specifično gostoto približno  $360 \text{ kg/m}^3$  in približno 2,5-krat mehansko odpornost glede na novo zapadli sneg, ki je v prvotnem stanju (brez zrnjenja). Za proizvodnjo različno debele snežne odeje je potrebna velika količina vode.

**Tabela 1:** Jakost zasneževanja.

Jakost zasneževanja	malo	srednje	Zelo
Proizvedena višina tehničnega snega	20 cm	30 cm	40 cm
Približno odgovarja višini naravnega snega	50 cm	75 cm	100 cm
Količina snega na hektar	2000 $\text{m}^3/\text{ha}$	3000 $\text{m}^3/\text{ha}$	4000 $\text{m}^3/\text{ha}$
Količina vode na hektar	720 $\text{m}^3/\text{ha}$	1080 $\text{m}^3/\text{ha}$	1440 $\text{m}^3/\text{ha}$
Specifična obremenitev tal z vodo	72 $\text{l/m}^2$	108 $\text{l/m}^2$	144 $\text{l/m}^2$

### 5.1 Izbira tipa snežnega topa

Glede na namen, željo in finančne možnosti izberemo med različnimi izvedbami snežnih topov.

#### Kriterij za izbiranje profesionalnih ali amaterskih vrst snežnega topa

Oplaščen ventilatorski snežni top izberemo, če potrebujemo:

- širše proge in daljše območje dosega metanja snega,
- velike površine – veliko količino proizvedenega snega,
- visoke razlike v višini - nizki mejni tlak na topovih, ki so bližje vrhu hriba,
- mobilnost - začasne rešitve (možnost prestavljanja),
- za vetrovna območja - neprepusten za veter.

Snežni top »žirafa« izberemo, če potrebujemo:

- ozke smučarske proge - krajši domet metanja snega,
- zelo enostavno vzdrževanje - majhna teža, sestavljena je le iz nekaj delov,
- primerni snežni top za fiksno montažo,

- uporabo v brezvetrnem območju,
- zelo nizka poraba energije.

## 5.2 Žirafa SKK 95

Na splošno bomo opisali našo žirafa in izračune o porabi energije in izdelavi snega. Podali bomo tudi približen izračun stroškov izdelave žirafe. Žirafa ima štiri fiksne vodne šobe in dve dodatni šobi, ki se uporabita pri nižjih temperaturah. Ima tudi dva nukleatorja.

**Tabela 2:** Specifikacije naše žirafe.

Dolžina droga	6 m
Višina	7 m
Masa 6 m droga	25 kg
Masa	180 kg
Nukleator	2 kos
Vodne šobe	4 kosi + 2 dodatna
Razsvetljava	10 W
Električni priklop	230 V 6A
Tlak vode	10 – 30 bar
Pretok vode	30 l/min (0,5 l/s)
Pretok zraka	600 l/min
Maksimalna izdelava snega iz šob	4,5 m <sup>3</sup> /h

Spodaj je podana približna ocena stroškov izdelave žirafe.

**Tabela 3:** Približna ocena stroškov izdelave naše žirafe.

Artikel	Količina	Cena	Skupaj
Šobe tipa ploščati curek	8	5 €	40,00 €
Aluminijasta palica za glavo	1	30,00 €	30,00 €
Cevi za povezovanje	1	40,00 €	40,00 €
Elektro del	1	369,34 €	369,34 €
Krmilni del	1	280,23 €	280,23 €
Strojni del	1	455,39 €	455,39 €
Cena skupaj:			1.214,96 €

V naslednjem izračunu (tabela 16, 17 in 18) bomo prikazali stroške obratovanja naše "žirafe"

za zasneževanje površine 15 m<sup>2</sup>.

Pri izračunu je bila upoštevana cena elektrike od 0,07174 €/kWh.

V naslednjem izračunu (tabela 19 in 20) bomo prikazali stroške obratovanja naše "žirafe" za zasneževanje testne površine 1500 m<sup>2</sup>.

**Tabela 4:** Zasnežitev celotne testne zasneževalne površine.

Zasneževalna površina	1500 m <sup>2</sup>
Višina željene snežne odeje	30 cm
Potrebna količina snega	450 m <sup>3</sup>
Potrebna količina vode	200 m <sup>3</sup>

**Tabela 5:** Zasneževanje z eno »žiraf«.

Pretok "žirafe"	30 l/min
Potreben čas za izdelavo	111 ur oz. 4 dni in 15 ur
Poraba električne energije za zrak	244,2 kWh
Strošek električne energije	17,51 €

Izračuni (iz teh tabel) obveljajo le ob idealnih vremenskih pogojih. To pomeni, da mora biti temperatura vlažnega termometra nekje -5 °C in popolno brez veterje. Že najmanjši veter nam lahko raznaša sneg naokoli. Iz tabel za zasneževanje večje površine lahko razberemo, da v našem primeru bolj ekonomično obratovanje s 6 žirafami, saj uporabljamo vodno črpalko pretoka 180 l/min in nam pri obratovanju le ene "žirafe" kroži 150 l/min vode v krogu, črpalka pa vseeno deluje s polno močjo. Prav zato je pomembno, da izkoristimo vse možnosti, ki jih imamo do maksimuma. Cena električne energije, na katero smo se sklicevali, je 0,07174 €/kWh. Gre za ceno enotne tarife in gospodinjske uporabe. Cena že vključuje DDV. Vir: [10], 10. 2. 2013.



## 6 ZAKLJUČEK

Ob izdelovanju žirafe smo pridobili veliko novih znanj s področja strojništva in elektrotehnike. Spoznali smo se tudi z zasneževalnim sistemom smučišča Golte. Za testiranje žirafe smo morali zagotoviti tudi zadosti visok tlak vode, zato smo si tudi postavili začasno črpališče in zajetje vode s črpalko, ki nam je zagotavljala pritisk vode do 25 barov in pretok do 180 l/min. Ta del nam je predstavljal velik strošek, ki ga ocenjujemo na 1500 €. Ob prvih testiranjih smo prišli do ugotovitve, da zaradi visoke temperature vode, ki vstopa v žirafu (15 °C), ne bo ravno lahko izdelati snega pri nižjih temperaturah. Prav zato smo se odločil povezati s smučiščem Golte, ki nam je omogočilo testiranje žirafe na njihovem smučišču. Za testiranje na Golteh smo morali prilagoditi le priključek za vodo. Zaradi visokih temperatur smo lahko izvedli le eno testiranje, ki pa nas je pozitivno presenetilo. Testiranje smo izvedli pri vlažnostni temperaturi zraka -2,9 °C, kar predstavlja mejne pogoje. Na smučišču tudi ni obratovala črpalka in smo testirali kar s prostim padom vode, katere tlak je bil okoli 10 barov. Kljub zelo mejnim pogojem pa je žirafa naredila nekaj mokrega snega, kar se je lepo videlo na naših oblačilih in zabrisanih sledih na smučišču.

Z veseljem lahko potrdimo hipotezo, da smo izdelali žirafu, ki jo je možno uporabljati tudi na smučišču. Želimo si, da bomo imeli v prihodnje še pogoje in da bomo lahko izvedli še kakšno daljše testiranje žirafe.

Deloma lahko potrdimo hipotezo da smo izdelali avtomatsko žirafu, saj vsebuje mikro krmilnik, ki beleži temperaturo in vlago ter nam preko GSM modula sporoča stanje žirafe na mobilni telefon.

## 7 ZAHVALA

Najprej bi se radi zahvalili mentorjema, ki sta nam bila na voljo zmeraj ko smo ju potrebovali in sta si vzela čas ter nam pomagala reševati probleme s katerimi smo se srečevali pri izdelavi. Zahvaliti se moramo tudi profesorici slovenščine Bojani Vrbnjak, za lektoriranje raziskovalne naloge. Zahvaliti se moramo profesorici angleščine Vlasti Leban, za lektoriranje angleškega dela raziskovalne naloge. Zahvalili bi se tudi vsem sošolcem, ki so sodelovali pri nastajanju te naloge. Zahvala gre tudi smučišču Golte, kjer so nam predstavili celotni sistem zasneževanja in nam kasneje omogočili tudi testiranje žirafe na smučišču. Zahvaliti se moramo tudi našim staršem za podpiranje pri nastajanju naloge. Velika zahvala pa gre tudi mestni občini Velenje, ki nam je odobrila sredstva na razpisu na katerega smo se prijavi in podjetju Franc Sever S.P. za pomoč pri izdelovanju zajetja vode in tehnične podpore pri izdelovanju žirafe.

## 8 VIRI IN LITERATURA

[1]

[http://www.technoalpin.com/index.php?rex\\_img\\_type=right\\_img&rex\\_img\\_file=v3\\_mobil.jpg](http://www.technoalpin.com/index.php?rex_img_type=right_img&rex_img_file=v3_mobil.jpg)  
11. 12. 2013

[2] <http://www.snowmakers.com/images/viking/viking-v2-slider4.jpg> , 11. 12. 2013

[3] <http://www.snowmakers.com/images/axis/axis-slider2.jpg> , 11. 12. 2013

[4] <http://www.skiresort.de/typo3temp/pics/4777c70ea0.jpg> , 11. 12. 2013

[5]

[http://www.technoalpin.com/ENGLISH/Facination\\_technology/Snow%20guns/Snow%20lances/V3.html](http://www.technoalpin.com/ENGLISH/Facination_technology/Snow%20guns/Snow%20lances/V3.html), 11. 12. 2013

[6] <http://www.snowmakers.com/v2-viking-snowtower.html> ,11. 12. 2013

[7] <http://www.snowmakers.com/axis-snowtower.html> , 11. 12. 2013

[8] [http://www.sufag.com/downloads/SUFAG\\_S10-4\\_English.pdf](http://www.sufag.com/downloads/SUFAG_S10-4_English.pdf), 11. 12. 2012

[9]

[http://www.technoalpin.com/ENGLISH/Facination\\_technology/Downloads/App%27s.html](http://www.technoalpin.com/ENGLISH/Facination_technology/Downloads/App%27s.html)  
12. 12. 2013

[10] <http://www.petrol.si/energija-za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava> ,  
15. 2. 2013

[11] Sever, D. 2006. SMUČIŠČE in oprema smučarskih prog. CPU, Center za poslovno usposabljanje, Ljubljana.

## 9 PRILOGA

### PRILOGA A REFERENCE JEZIKA

#### 9.1 Reference jezika :

Na kratko, bomo opisali reference jezika, ki se uporabljajo za programiranje. Kot smo že tudi omenili se v razvojnem okolju Arduino (IDE), programira v C++ in C jeziku, vendar ima še vseeno nekatere posebnosti.

2 glavni funkciji :

Setup () : Funkcija se zažene samo enkrat in sicer ob začetku, ko se Arduino zažene. Tukaj ponavadi nastavimo nastavitve.

Loop () : Ta funkcija se izvaja neprekinjeno, dokler ne izključimo Arduina. To je tudi glavna funkcija in bi ji lahko rekli kot void Main () v C++.

Kontrolne strukture :

Podobno kot v jeziku C++ se tudi tukaj uporabljajo stavki :

- if()
- else if()
- for()
- switch()
- while()
- do...while()
- break()
- continue()
- return()
- goto()

Dodatne sintakse :

- ; (podpičje)
- {} (zaviti oklepaji)
- // (enovrstični komentar)
- /\*\* / (večvrstični komentar)
- # define (uporablja se za definiranje)  
#define ledPin 3
- # include  
#include<Wire.h>

Aritmetične operacije so enake kot pri vseh ostalih programskih jezikih ( +, -, \*, /, ...)

**Primerjalni operatorji :**

- == (je enako)
- != (ni enako)
- < (je manjše)
- > (je večje)
- <= (je manjše ali enako)
- >= (je večje ali enako)
- 

**Logični operatorji :**

- && (in)
- || (ali)
- ! (ni)

**Bitni operatorji :**

- & (Bitni in)
  - int a = 92; // binarno = 0000000001011100
  - int b = 101; // binarno= 0000000001100101
  - int c = a & b; // rezultat = 0000000001000100 (binarno), ali 68 decimalno
- | (Bitni ali)
  - int a = 92; // binarno = 0000000001011100
  - int b = 101; // binarno= 0000000001100101
  - int c = a | b; // rezultat = 0000000001111101, ali 125 decimalno.
- ^ (Bitni kvadrat)
  - int a = 12; // Binarno = 1100
  - int b = 10; // Binarno = 1010
  - int c = a ^ b; // Binarno = 010, ali 6 decimalno
- ~ (Bitni ne)
  - int a = 103; // binarno = 0000000001100111
  - int b = ~a; // binarno = 1111111110011000 , ali -104 decimalno
- << (Bitni levi premik)
- >> (Bitni desni premik)
  - int a = 5; // binarno = 0000000000000101
  - int b = a << 3; // binarno = 000000000101000, ali 40 decimalno
  - int c = b >> 3; // binarno = 0000000000000101, ali 5 decimalno, kot smo začeli

**Sestavljeni operatorji :**

- ++ (Prištevanje)
- int x = 0;  
x++; // x=1
- --(Odštevanje)
- += (Doda vrednost)
- -= (Odšteje vrednost)
- \*= (Množi vrednost)
- /= (Deli vrednost)
- x = 2;  
x += 4; // x je sedaj 6  
x -= 3; // x je sedaj 3  
x \*= 10; // x je sedaj 30  
x /= 2; // x je sedaj 15
- 
- & = (Bitni in je enako)
- mojBajt = 10101010;  
mojBajt &= B1111100 == B10101000;
- | = (Bitni ali je enako)
- mojBajt = B10101010;  
mojBajt |= B00000011 == B10101011;

**Konstante :**

- HIGH | LOW
- INPUT | OUTPUT | INPUT PULLUP
- LED BUILTIN
- true | false

```
pinMode(ledPin, OUTPUT); //nastavimo digitalni pin kot izhod
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH); //vklop LED
```

```
digitalWrite(ledPin, LOW); //izklop LED
```

```
niPovezan = true; //nastavimo vrednost na 1 oz. DA
```

```
niPovezan = false; //nastavimo vrednost na 0 oz. NE
```

Podatkovni tipi so enaki kot pri vseh ostalih programskih jezikih ( int, float, char, ...)

**Pretvorbe :**

- char()
- byte()
- int()
- word()
- long()

- float()

Preverjanje velikosti znakov :

- sizeof()
- sizeof(spremenljiva) = pove št. znakov

Digitalni vhod/izhod :

- pinMode () (nastavimo za vhod ali izhod (glej konstante))
- digitalWrite () (nastavimo na vklop ali izklop (glej konstante))
- digitalRead () (prebere digitalni pin)

Analogni vhod/izhod :

- analogReference()
- analogRead() (prebere analogni pin)
- analogWrite() (zapiše vrednostni na analogni pin)

Napredno vhod/izhod :

- tone()  
tone(pin, frekvenca, trajanje)
- pulseIn() (čaka, da se vrednost izpolni)  
pulseIn(pin, value)

Čas :

- millis() (pretvori čas v milisekunde)
- micros() (pretvori čas v mikrosekunde)
- delay() (program čaka, kolikor velika je vrednost)  
delay(ms)
- delayMicroseconds()

Matematične funkcije :

- min()
- max()
- abs()
- constrain()
- map()
- pow()
- sqrt()

**Trigonometrija :**

- `sin()`
- `cos()`
- `tan()`

**Naključne številke :**

- `randomSeed()`
- `random()` (generira naključno število)  
`random(max)`

**Biti in bajti :**

- `lowByte()` (vrne najmanjši bajt niza)
- `highByte()` (vrne največji bajt niza)
- `bitRead()` (prebere bit)
- `bitWrite()` (zapiše bit)
- `bitSet()` (nastavi bit)
- `bitClear()` (ponastavi bit)

**PRILOGA B****TERIJA SNEGA IN ZASNEŽEVANJA****9.2 Uvod**

Ob začetku razvoja smučarskega športa so smučarji, da bi bilo smučanje enostavnejše in bolj varno, sneg teptali s smučmi, šele kasneje pa tudi s stroji. Sčasoma je poleg varnosti postajal vedno bolj pomemben tudi vidik lažjega vodenja in usmerjanja smuči ter možnost smučanja z večjo hitrostjo na ustrezno urejenih smučarskih progah. Danes je za večino smučarjev, ko se odločajo za obisk kakršnega koli smučarskega središča, zelo pomembna kakovost zasneženih smučarskih prog.

Da bi zadostili visokim zahtevam uporabnikov, odgovorni ljudje smučarskih središč in upravljalci zičniških naprav vlagajo ogromna tehnična in finančna sredstva. Opremljanje s stroji in napravami za tehnično urejanje smučarskih prog je v zadnjih letih sprožilo prav investicijsko tekmovanje. Dejstvo, da moto »vedno večje« (ko gre za teptalne stroje) lahko postane tudi sod brez dna, je mnoge upravljalce smučišč prisililo k razmisleku. Klica po ekoloških in ekonomskih metodah predelave snega napreč ni mogoče preslišat.



## **9.3 NIVOLOGIJA – ZNANOST O SNEGU**

### **9.3.1 Osnove**

Sneg je sestavljen iz zraka in vode v vseh agregatnih stanjih (trdem, tekočem in plinastem).

V primerjavi z drugimi materiali se sneg lahko nahaja samo na temperaturi zelo blizu ledišča (0°C). Zaradi tega je sneg zelo občutljiv in hitro reagira na okoljske vplive, kot so sprememba temperature ali nihanje pritiska. Spremembe snega se zaradi okoljskih vplivov zgodijo v relativno kratkem času. Prav zaradi tega pa se sneg tudi z lahkoto obdeluje.

Sneg obstaja v različnih oblikah in se stalno spreminja od svojega nastanka pa do takrat, ko se stali.

Sneg je sestavljen iz zrn, ki se spreminjajo in so med seboj povezana.

Snežna podlaga je sestavljena iz več snežnih plasti, ki imajo vsaka svoje fizikalne značilnosti.

### **9.3.2 Zrak in voda**

Zrak je sestavljen iz :

- Približno 1/5 kisika,
- Približno 4/5 dušika,
- Sledi drugih plinov in
- Vodne pare, katere količina se močno spreminja.

Vodna para je sestavljena iz posameznih molekul vode (ne vodnih kapljic) in je v zraku neviden plin.

### **9.3.3 Vlažnost zraka**

Na površinah vode in ledu, ki so v stiku z zrakom, nastaja z izhlapevanjem vodna para, katere pritisk se imenuje parni pritisk (tlak). Ta narašča v odvisnosti od temperature okolja do najvišje vrednosti, tj. nasičen parni pritisk. Ko je ta dosežen, je uravnotežen s pritiskom vode. Količina vodne pare, ki se tedaj nahaja v enem kubičnem metru zraka, je absolutna zračna vlaga.

### **9.3.4 Prehodi med agregatnimi stanji**

Procesi pri prehajanju vode med različnimi agregatnimi stani (trdno-tekoče-plinasto) so pri tvorbi in spreminjanju snega in ledu odločilnega pomena.

Spremembe agregatnih stanj vode povzročajo vedno masni transport vodne pare v določeno smer in z določeno intenzivnostjo (npr. vodno paro iz površine ledu v zrak). Pri tem je ključnega pomena parni pritisk. Parni pritisk je pritisk vodne pare v zraku.

Med posameznimi fazami se vedno skuša vzpostaviti ravnotežje. Če se voda in zrak nahajata v zaprti posodi, voda toliko časa izhlapeva, dokler zrak ni nasičen z vodno paro. Nad vodo vlada nasičen parni pritisk( $E_w$ ). Enako se zgodi, če sta v zaprti posodi s konstantno temperaturo led in zrak. Nad ledom v tem primeru vlada nasičen parni pritisk( $E_e$ ).

Ker so molekule vode v ledišču močnejše povezane kakor v vodi je nasičen parni pritisk nad ledom vedno nižji od nasičenega parnega pritiska nad vodo. Tako pri temperaturah, nižjih od  $0^\circ\text{C}$  velja, da je  $E_w > E_e$ . Zaradi tega poteka v mešanici vode, ledu in zraka stalno gibanje vodne pare. Pritisk vodne pare pa je ob agregatnem stanju in temperaturi odvisen tudi od geometrijske oblike snežnih kristalov:

- Na konveksnih površinah snežnih kristalov so molekule vode slabše povezane kot na ravnih površinah in
- Na konkavnih površinah snežnih kristalov so molekule vode v kristalni mreži povezane močnejše kot pri ravnih površinah

Posledica navedenega je, da je nasičen parni pritisk nad ravnimi površinami večji kot na konkavnimi površinami, nad konveksnimi površinami pa večji kakor nad ravninami. Tako dobimo naslednji vrstni red naraščanja parnega pritiska :

- Konkaven – raven – konveksen

Pri manjših delcih se zaradi omenjenega povečuje tudi nasičen parni pritisk, saj so majhni delci močnejše zakrivljeni.

Razliko pritiska na dveh različnih lokacijah imenujemo gradient parnega pritiska. Le-ta z difuzijo povzroči masni transport. Razlika v koncentraciji vodne pare torej povzroči, da se le-ta giblje z mesta večje koncentracije na mesto z manjšo koncentracijo (difuzija). Pri tem voda na eni površni izhlapeva in na drugi sublimira. Proces je toliko intenzivnejši, kolikor večja je razlika koncentracije, pri čemer je nujno upoštevati tudi gradient parnega pritiska.

### **9.3.5 Energetske potrebe po spremembah agregatnih stanj**

Za vsako fazo prehoda med različnimi agregatnimi stanji je potrebna energija, ki se pri povratnem procesu spet oddaja. Ločimo dve vrsti toplote, in sicer:

Specifična toplota je toplota, pri kateri enota mase neke snovi pri segrevanju ali ohlajanju sprejme ali odda  $1^{\circ}\text{C}$ . Za led je to pri  $0^{\circ}\text{C}$   $2,1 \text{ kJ/kg K}$ , za vodo pa  $4,18 \text{ kJ/kg K}$ .

Latentna toplota ali toplota za spreminjanje je količina toplote, ki je potrebna, da enota mase neke snovi izotermično preide iz enega v drugo stanje.

Talilna toplota ledu je približno enaka energiji, ki je potrebna, da segrejemo vodo z  $0^{\circ}\text{C}$  na  $80^{\circ}\text{C}$  oziroma enaka količina energije je potrebna, da zamrzne  $1\text{kg}$  vode ali pa se ohladi  $1\text{kg}$  ledu  $0^{\circ}\text{C}$  na  $-160^{\circ}\text{C}$ .

### **9.3.6 Sevanje**

Vsaka snov, torej tudi zrak in sneg, lahko elektromagnetno sevanje (npr. vidno svetlobo, toplotno sevanje, mikro valove itd.) bodisi:

- Vsrka (absorbira)
- Odbije (reflektira) ali
- Oddaja (emitira)

## **9.4 Nastajanje in odlaganje snega**

### **9.4.1 Atmosferski pogoji nastajanja snega**

Za nastanek snega so potrebni trije predpogoji :

Dovolj velika vlažnost snega,

Temperatura zraka pod  $0^{\circ}\text{C}$  in

Zadostna količina kali za nastajanje snega, ki sprožijo nastanek snežnih kristalov.

V poglavju vlažnosti zraka je bilo razloženo, da zrak vedno vsebuje določeno količino vodne pare. Govorimo o absolutni vlažnosti zraka. Ta količina je odvisna od temperature. Toplejši kot je zrak, večjo količino vodne pare lahko sprejme. Ko je zračna masa nasičena z vlako (= 100-odstotna vlažnost), vlaga v zraku kondenzira ali vpliva na nastajanje oblakov.

Okoli kondenzacijskih kali tvori vodna para zelo majhne vodne kapljice. Te vodne kapljice se najprej podhladijo, ne da bi zmrznile. Brez kali za nastajanje snega destilirana voda zmrzne šele pri temperaturi približno  $-40^{\circ}\text{C}$ , takrat pa se voda spontano spremeni v led.

Kali za nastanek ledu so, v nasprotju s kondenzacijskimi kalmi, v oblakih manj številčne, tako da voda ne zmrzne v celoti. Oblaki so sestavljeni iz vodne pare, podhlajenih vodnih kapljic in ledenih delcev. Ledeni kristali torej rastejo na račun vodnih kapljic in vodne pare

#### **9.4.2      *Kristali novega snega***

Nastanek snežnih kristalov v atmosferi se začne v oblakih, ki vsebujejo podhlajene vodne kapljice, vodno paro in zelo majhne ledene kristale. V okolici površine ledu vladajo pogoji nasičenega parnega pritiska. Nastanek snežnih kristalov je torej mogoč na dva načina: z depozicijo in z zmrzovanjem.

- Rast snežnega kristala s sublimacijo (depozicijo): podhlajene vodne kapljice in majhni, toplejši ledeni kristali, ki so pod višjim parnim pritiskom, oddajajo molekule vode, ki sublimirajo k večjim, hladnejšim ledenim kristalom.
- Rast kristalov z zmrzovanjem vodnih kapljic: podhlajene vodne kapljice ob dotiku z ledenimi kristali zamrznejo. Pri tem nastanejo sodrasti snežni kristali in sodra nepravilnih oblik.

V odvisnosti od temperature in vlažnosti zraka imajo v glavnem posamezni snežni kristali in jedra pri nastajanju največkrat heksagonalno obliko.

Glede na temperaturo in vlažnost zraka kristali med padanjem v atmosferi različno rastejo. Pri temperaturi med  $-6^{\circ}\text{C}$  in  $-10^{\circ}\text{C}$  navadno nastanejo stebrički, med  $-10^{\circ}\text{C}$  in  $-12^{\circ}\text{C}$  ploščice, med  $-12^{\circ}\text{C}$  in  $-18^{\circ}\text{C}$  pa zvezdice.

#### **9.4.3      *Odlaganje novega snega***

Snežni kristali padajo skozi zrak na tla in se tam nalagajo. Snežni kristali pri padanju skozi atmosfero prečkajo različne zračne plasti, ki imajo temperaturo tudi nad  $0^{\circ}\text{C}$ , ne da bi se stalili, saj je oddajanje toplote iz zraka v snežne kristale premajhno. Tako lahko meja sneženja leži pod temperaturno mejo  $0^{\circ}\text{C}$  (izoterma). Povprečno meja sneženja na nadmorski višini 300m pod temperaturno mejo  $0^{\circ}\text{C}$ . Padavine pod mejo sneženja vsebujejo več kot 10% tekočega deleža v obliki dežnih kapljic.

Ko snežni kristali padajo na tla, se njihove konice praviloma odlomijo, s tem se že začne preobrazba snega. Ta se še poveča, če ob sneženju piha veter.

Gostota zapadlega snega je odvisna od temperature zraka. Toplejši kot je zrak, toliko gostejši je sneg takoj po sneženju.

#### **9.4.4 Preobrazba snega**

Sneg se na temperaturi blizu tališča nenehno spreminja. Dejansko se skozi zimo s fizikalnimi procesi spreminja na različne načine. Pod pojmom metamorfoza razumemo dinamično spreminjanje naloženega snega, pri čemer se spreminjata oblika snežnih kristalov in velikost njihovih jeder. Ob tem se spreminja gostota, delež por in struktura snega. Vse to vpliva na razporeditev in stike delcev snega ter s tem na plastično in trdnost snega.

Obstajajo tri različna metamorfoze:

- razgrajevalna ali izotermna metamorfoza,
- pretvorbena metamorfoza ali metamorfoza temperaturnega gradienta in
- talilna metamorfoza

Razgrajevalna in pretvorbena metamorfoza potekata v suhem snegu, talilna metamorfoza pa v vlažnem snegu.

Pri suhem snegu je metamorfoza odvisna predvsem od temperaturnega gradienta. Srednji temperaturni gradient  $T_g$  v snežni odeji se izračuna iz razmerja razlike temperature na tleh in na površini snežne odeje ter višine snežne odeje.

- Kadar je  $T_g < 5^\circ\text{C}/\text{m}$  → razgrajevalna metamorfoza
- Kadar je  $T_g > 5^\circ\text{C}/\text{m}$  → pretvorbena metamorfoza

#### **9.4.5 Razgrajevalna metamorfoza**

Razgrajevalna metamorfoza se začne takoj, ko snežni kristali padejo na tla. Zapleteni zvezdasti kristali se »razgradijo« tako, da se vejice, konice in globinice izravnajo, vejice sublimirajo in končno postanejo kroglaste oblike. Ob tem se zmanjša razdalja med snežnimi zrnji, sneg se »usede«.

Posedanje je viden znak razgrajevalne metamorfoze. Ker se snežna zrna prebližujejo in se povečuje gostota, se sneg utrjuje. Razgrajevalno metamorfozo povzroči razlika parnega pritiska med konkavnimi in konveksnimi površinami kristalov.

Vsi omenjeni procesi se dogajajo pri enakomerni temperaturi pod 0°C. Kadar je temperatura bliže 0°C, poteka preobrazba hitreje, pri nižjih temperaturah pa se preobrazba upočasni.

#### **9.4.6 Pretvorbena metamorfoza**

Pretvorbena metamorfoza povzroči izgradnjo in stalno povečevanje prizmatih, kvadratnih, piramidnih ali stebričastih snežnih zrn. Govorimo o oglatih polnih oblikah. Pri nadaljevanju pretvorbene metamorfoze nastajajo vedno večji kristali, ki so pogosto stopničasti in votli, tako imenovani globinski srez ali plavajoči sneg. Pri teh procesih nastajajo velika zrna, ki imajo med seboj malo stičnih točk. Zaradi tega je, predvsem v prvi fazi, sneg manj trden.

Predpogoj in glavni vzrok začetka pretvorbene metamorfoze je temperaturni gradient snežne odeje (razlika temperature med posameznimi snežnimi plastmi). Kolikor večji je temperaturni gradient, toliko močnejše in hitreje pride do preobrazbe.

Za razliko od razgrajevalne metamorfoze poteka pretvorbena metamorfoza ponavadi počasneje (2 do 4 tedne za globinski srez) in se na površini snežne odeje le malo pozna.

Razlike temperature med posameznimi snežnimi plastmi proizvajajo enako usmerjene gradientne vodne pare, kar omogoča transport vodne pare od toplejših (tla) k hladnejšim conam (npr. plasti, ki ležijo višje v snežni odeji). Na zgornji strani toplejšega zrna se vodne molekule z izhlapevanjem izločajo v zrak, ki je v porah, tam pa se s sublimacijo odlagajo na spodnjo stran višje ležečih zrn. Mrzlo zrno torej raste v nasprotni smeri temperaturnega gradienta.

Ob visoki gostoti snega, npr. na smučarskih progah, so temperaturne razlike med snežnimi zrnami premajhne, da bi lahko prišlo do takšne preobrazbe.

#### **9.4.7 Talilna metamorfoza**

Talilna metamorfoza lahko nastopi v kateremkoli letnem času, posebej učinkovita pa je spomladi. V snegu s temperaturo okoli 0°C, se z dovajanjem energije začnejo snežna zrna na

robovih in kotih taliti. Postajajo bolj okrogla, votle oblike se polnijo, okoli snežnih zrn pa se ustvari vodna ovojnica. Pri tem se manjša zrna in manjše povezave talijo hitreje kot večje.

Pri nadaljnjem taljenju se pore dodatno napolnijo s prosto vodo, ki je sneg ne more več zadrževati zaradi težnosti posledično odteka. Kadar je vsebnost vode visoka, se talijo tudi povezave med zrnji, kar vodi k mehčanju snega (manjša trdnost). Pogosto sta dovajanje toplote in taljenje prekinjena (npr. zaradi nočne ohladitve), takrat voda ponovno zmrzne. Zmrznjena voda, ki se nahaja med snežnimi zrnji, tvori med njimi zelo močne povezave. Moker in vlažen sneg tako postane pri popolnem zmrznjenju zelo trden.

## **9.5 Snežna odeja**

Na tleh ležeči snežni kristali se povezujejo. Zaradi vpliva vetra ali novozapadlega snega nastaja snežna odeja, ki ima ponavadi več različnih plasti. Vsaka plast ima svoje fizikalne in morfološke lastnosti:

- višino,
- zrnatost
- gostoto,
- temperaturo,
- vsebnost vode in
- trdnost.

### **9.5.1 Zrnatost**

Zaradi vetra in razgrajevalne metamorfoze izgubijo snežni kristali heksagonalno obliko in postajajo vedno bolj okrogli in manjši. V snežni odeji se lahko tako pri večjih temperaturnih razlikah izoblikujejo snežni kristali z robovi ali celo votli snežni kristali (globinski srež), ki oblikujejo plazove. Na smučarskih progah preprečuje nastajanje takšnih kristalov velika gostota snega. Zaradi ponavljajočega taljenja in zmrzovanja postanejo zrna na koncu smučarske sezone okrogla in relativno velika.

Snežna skorja nastane na mrzli snežni površini, kadar se temperatura niža pod rosišče in vodna para sublimira iz zraka v led (predvsem ob nočnem sevanju pri jasnem nebu). Skorja je sestavljena iz pretežno ravnih snežnih kristalov ploščate oblike in zato ni zelo trda.

### **9.5.2 Gostota**

Kot je že bilo omenjeno, je sneg sestavljen iz vode in zraka. Teža snega je odvisna od teže ledu in tekoče vode, teža zraka v porah pa lahko zanemarimo. Pore v snegu imajo odločilen vpliv na gostoto, torej maso na prostorninsko enoto snega. Kolikor večje so pore, toliko

manjša je gostota snega, saj se zmanjšuje delež trde mase. V praksi merimo gostoto snega, saj je povezana z različnimi fizikalnimi lastnostmi snega.

Na osnovi gostote snega lahko dokaj dobro izkustveno ocenjujemo zbitost (komprimiranost) snega. Kljub temu je gostota snega le delni pokazatelj kakovosti povezav med snežnimi zrnji.

### **9.5.3      *Temperatura***

Za razliko od drugih materialov (npr. kovine) se sneg nahaja samo na temperaturi blizu tališča 0°C. Temperatura snega v Alpah je med -45°C in 0°C. Temperatura snega v snežni odeji pa ni povsod enaka. Zaradi izmenjave energije z okoljem se temperatura snega v posameznih plasteh snežne odeje spreminja. Površina snežne odeje je praviloma hladnejša od snega, ki je bližje zemlji. To velja predvsem ponoči, ko se površina snežne odeje močno ohladi. Plast snega, ki je blizu tal, ima navadno temperaturo okoli 0°C, saj sprejema toploto iz zemlje.

### **9.5.4      *Vsebnost vode***

Če temperatura snega doseže 0°C, se najprej začnejo taliti manjša zrna in povezave. Njihova voda ostane vezana na večja zrna zaradi kapilarnih sil, dokler vsebnost vode ne doseže približno 5% celotne prostornine. Ko vsebnost vode preseže 2-10% (odvisno od velikost zrn), začne voda odtekati skozi snežno odejo. Začetek odtekanja je odvisen predvsem od velikosti zrn. Manjša zrna zadržijo več vode kakor velika.

### **9.5.5**

### **9.5.6      *Trdnost***

Trdnost snega je odvisna od števila in velikosti povezav med posameznimi snežnimi kristali in ima pomembno vlogo pri mehanskih lastnostih snega. Na trdnost vpliva več različnih procesov.

- sintranje
  - prepletenost                      suh sneg
- 

-kapilarnost

-zmrzovanje                      vlažen sneg



Sintranje je najvažnejši proces v suhem snegu, v vlažnem in mokrem snegu pa zmrzovanje.

Koristna povezanost kristalov, ki je uporabna za pripravo smučarske proge, nastane šele z izmenjavo snovi. Pri izmenjavi snovi, z izgradnjo in povečanjem povezav (tudi vezi) med zrni, se ustvari sintranje snega. Če opazujemo sneg kot material za sintranje ugotovimo, da so za stanja smučarske proge zelo pomembne predvsem povezave med posameznimi snežnimi kristali. Skušajmo torej razumeti, kako poteka proces sintranja. Ugotavljamo torej pogoje, pod katerimi se snežni kristali boljše ali slabše povezujejo.

V metalurgiji se iz kovinskega prahu s povišanje temperature in pritiska proizvajajo sintrani kovinski deli. Ker pa se sneg nahaja blizu tališča, se sintrane povezave med zrni vzpostavijo po naravni poti. Z mehansko obdelavo snega lahko pogoje za sintranje še izboljšamo.

Na sintranje vplivajo naslednji parametri snega: gostota, temperatura, oblika in velikost snežnih zrn. Pomembno vlogo ima tudi čas. Sintranje poteka na začetku veliko hitreje kot kasneje.

- Vpliv gostote na sintranje : bližje kot so zrna (večja gostota), večja je verjetnost, da bodo nastale povezave
- Vpliv temperature na sintranje: bližje kot je temperatura  $0^{\circ}\text{C}$ , tem hitrejši je proces sintranja.
- Vpliv velikosti zrn na proces sintranja : manjši kot so snežni kristali, večje je število stičnih površin na prostornino. Večja kot je skupna stična povezava, večja je verjetnost povezovanja.

Če se votli prostori med snežnimi kristali napolnijo z manjšimi snežnimi kristali, se stične površine dodatno povečajo. Poleg tega imajo različni snežni kristali različne površinske napetosti in s tem različne parne pritiske. To vodi k pospešeni izmenjavi snovi in pospešuje povezovanje kristalov.

- Vpliv časa na sintranje: pomemben faktor sintranja je čas. Več časa, ko pustimo snegu, ki smo ga strojno obdelali, toliko boljše se snežna zrna med seboj povežejo in toliko trdnejša je smučarska proga.

- Trdnost v vlažnem stanju: Če je vlažnost snega manjša kot 5%, predvsem pri drobno zrnatem snegu, kapilarne sile povzročijo neke vrste kohezijo. Pri višji vsebnosti vode se kapilarne sile manjšajo, pri vsebnosti vode več kot 20% pa sneg ni več kohezive (zdrizast sneg, plundra). Če vlažen sneg spet zmrzne, nastanejo med zrni zelo močne vezi. Zmrzovanje potrebuje veliko hladne energije, zato postane trda le površina snega, saj praviloma ni dovolj energije, da bi zmrznila celotna snežna odeja.

## **9.6 Tehnični sneg**

Oprema za dodatno zasneževanje se uporablja v skoraj vseh smučarskih središčih. Cilji proizvodnje tehničnega snega so:

- zagotoviti obratovanje smučarskega središča skozi celo zimsko sezono – zasnežene smučarske proge od decembra do aprila,
- zagotoviti določeno ponudbo smučarskih prog (dostop do doline, povezave med progami),
- preprečiti nastajanje slabših in nevarnih mest na smučarskih progah

### **9.6.1 Tehnologija proizvodnje snega**

Za proizvodnjo snega obstajajo trije različni sistemi:

- tehnika razprševanja vode s šobami (odvisna od vremena),
- tehnika z mrazom (naprave za proizvodnjo zdrobljenega snega, neodvisna od vremena) in
- krio tehnika (mešanica vode, zraka in kriogenskega sredstva, neodvisna od vremena).

Krio tehnika in tehnika z mrazom omogočata izdelavo tehničnega snega pri temperaturah zraka nad 0°C. Obe tehniki sta povezani z velikimi investicijskimi stroški in veliko porabo energije. Ker je zrak v smučarskih središčih navadno dovolj mrzel, se pogosto uporablja tudi tehnika razprševanja vode s šobami. Na tem področju je v zadnjih desetih letih zaznati velik napredek. Pri tehniki razprševanja vode s šobami se uporabljajo visoko- ali nizkotlačni sistemi. Tlak se nanaša na zrak, ki razpršeno vodo ohlaja in jo zmrzuje.

### **9.6.1.1 Tehnika razprševanja vode z nizkim tlakom**

V napravi vgrajeni ventilator piha zrak skozi veliko cev (nizkotlačni del). Na koncu te cevi se pod pritiskom (cca. 8-20 barov) razpršuje voda skozi fine šobe v zrak. Izpihan zrak ponese vodne kapljice 20 do 45 metrov daleč, preden zmrznjene padejo na tla. V snežne topove so kot mešalne šobe vgrajeni tudi nukleatorji, ki pospešujejo proces zmrzovanja. Pri tem se nekaj vode meša z zrakom pod tlakom, saj se tako pospeši ustvarjanje zmrznjenih jeder.

### **9.6.1.2 Tehnika razprševanja vode z visokim pritiskom**

Vodo, ki je pod pritiskom, se z zrakom pod visokim pritiskom potiska skozi šobe in fino razprši. Zaradi ekspanzijskega mraza, ki pri tem hitro nastane, in zaradi nastalih turbulenc, majhne kapljice vode zmrznejo v snežne kristale. Najmodernejše vrste teh »suličasto« oblikovanih topov potrebujejo mnogo manj ali pa skoraj nič zraka pod tlakom.

### **9.6.1.3 Fizikalni procesi tehničnega zasneževanja**

Tehnično zasneževanje je kompleksen, dinamičen in termodinamičen proces. Razdelimo ga lahko na dva dela:

- Nastanek kapljic in reakcijski pogon
- Zmrzovanje vodnih kapljic

Ko pršimo vodo skozi posebne šobe, majhnega premera pod velikim pritiskom v atmosfero, se ustvarjajo drobne vodne kapljice. Razlika v tlaku med zrakom in vodo pospeši mešanico do hitrosti preko 30 m/s. Zaradi velike hitrosti nastajajo močni turbulentni tokovi, v katerih lebdi majhne vodne kapljice, ki jih prenaša zrak. Preden vodne kapljice padejo na tla, morajo med letenjem zmrzniti. Zmrzovanje vodnih kapljic je mogoče, če so izpolnjeni naslednji trije pogoji:

- Izenačena termična bilanca – pomeni, da mora biti dovolj mraza, da lahko zmrzne celotna količina vode;
- Obstajati mora zadostna količina zamrzovalnih kalov, sicer se nukleacija kapljic začne kasneje;
- Zadosten čas letenja, da lahko kapljice zmrznejo.

Kapljice vode, ki letijo iz cevi v mrzel zrak, se zaradi izmenjave toplote ohladijo in dosežejo temperaturo okoli  $0^{\circ}\text{C}$ , vendar še ne zmrznejo. Temperatura tekoče vode se lahko spusti tudi pod  $0^{\circ}\text{C}$ , ne da bi voda pri tem zmrznila. V tem laboratoriju lahko čista voda ostane v tekočem agregatnem stanju pri temperaturi  $-45^{\circ}\text{C}$ . Tekoča voda se začne spreminjati v led, če vsebuje zamrzovalne kali. Fazna preobrazba se začne pri zamrzovalnih kalih. Zamrzovalne kali so majhni delčki, ki plavajo v vodi ali so v njej raztopljeni. Vsaka zamrzovalna kal ima določeno nukleacijsko temperaturo. V naravi (oblakih) najdemo največkrat zamrzovalne kali z nukleacijsko temperaturo  $-12^{\circ}\text{C}$ . Komercialne zamrzovalne kali (Snowmax) imajo nukleacijsko temperaturo od  $-3,5$  do  $-3^{\circ}\text{C}$ , nukleacijska temperatura potčne vode je med  $-9$  do  $-4^{\circ}\text{C}$ . Hitrejša nukleacija povzroči hitrejši začetek zmrzovanja. Za uspešno proizvodnjo snega morajo biti izpolnjeni vsi trije pogoji. Visoka nukleacijska temperatura ne zadošča, če termična bilanca ni zadostna.

## **9.6.2      *Fizikalne in morfološke lastnosti tehničnega snega***

Lastnosti tehničnega snega se močno razlikujejo od lastnosti naravnega snega. Glavna razlika je v tem, da naravni sneg zmrzne iz vodne pare, tehnični pa iz vodnih kapljic. Pri tem ovoj vodne kapljice zmrzne pred jedrom.

### **9.6.2.1      *Snežna zrna***

Snežna zrna nastanejo z zmrzovanjem vodne kapljice preko ovoja proti jedru. Zrna so okrogla in zelo majhna (premer od 0,1 do 0,8 mm). Pogosto zrna med zmrzovanjem počijo, saj je notranji pritisk prevelik. Ob odpiranju in pokanju kristalov nastanejo zelo majhni delci zrn z ostrimi robovi. Zaradi tega je v smučarskem športu tehnični sneg poznan kot sneg, ki je odporen proti obrabi.

### **9.6.2.2      *Gostota***

Gostota naravnega nove snega je med 200 in  $300\text{ kg/m}^3$ , njena srednja vrednost je okoli  $100\text{ kg/m}^3$ . Gostota tehničnega je med 300 in  $500\text{ kg/m}^3$  in ima srednjo vrednost  $400\text{ kg/m}^3$ . Za primerjavo: srednja vrednost gostote naravnega, prepariranega snega je  $480\text{ kg/m}^3$ .

### **9.6.2.3    *Temperatura***

Če vodne kapljice pri izdelavi snega v zraku popolnoma ne zmrznejo, potem je tehnični sneg sestavljen iz ledu, vode in zraka. Zmrzovanje takšnega snega na tleh se dogaja pri temperaturi 0°C, za to pa je potrebno veliko »mrzle energije«. Zaradi tega je temperatura snega takoj po izdelavi zelo blizu 0°C.

### **9.6.2.4    *Vsebnost vode***

Vsebnost vode v izdelanem snegu je odvisna od nastavitve topa in od meteoroloških razmer. Na splošno je vsebnost vode večja v bližini topa. Izdelani sneg zelo pogosto vsebuje tekočo vodo tako v notranjosti kristalov kakor tudi med zrn. Preden se tehnični sneg razgrne in obdela, naj bi do konca zmrznil. V nasprotnem primeru nastanejo poledeneli in gladki sloji. To lahko, glede na meteorološke razmere, traja tudi do 2 dni. Če je temperatura izdelanega snega tudi v globljih plasteh snežne odeje 0°C, potem vsa voda zmrzne. To lahko preverimo z enostavnim merjenjem temperature.

### **9.6.2.5    *Trdnost***

Tehnični sneg ima veliko gostoto in je sestavljen iz majhnih zrn. Pri tem nastanku je njegova temperatura okoli 0°C. Zaradi tega hitro sintra. Iz omenjenega vzroka pri nizkih temperaturah zraka tehnični sneg otrdi mnogo hitreje kakor naravni sneg.

### **9.6.2.6    *Metamorfoza***

Ker ima tehnični sneg veliko gostoto, ne prihaja do pretvorbene metamorfoze. Pri razgrajevalni metamorfozi tehničnega snega postajajo ostri robovi zlomljenih zrn vse bolj okrogli.

Talilna metamorfoza se odvija kakor pri naravnem snegu in vodi do talilnih oblik.

## 10 AVTORJI RAZISKOVALNE NALOGE

Sledi kratka predstavitev avtorjev raziskovalne naloge.

### **Žan Korpar**



Žan Korpar je dijak 4. letnika Elektro in računalniške šole (ERŠ) v Velenju. Za raziskovalno nalogo se je odločil, ker ga zanima izdelovanje snega. Ukvarja se z igranjem kitare in rokometu. Zanima ga tudi programiranje uporabnih programov in aplikacij za izboljšanje kakovosti življenja.

### **Darko Kušer**



Darko Kušer je dijak 4. letnika Elektro in računalniške šole (ERŠ) v Velenju. Za raziskovalno nalogo se je odločil, ker je pozimi zelo dejaven na snegu, je smučar prostega sloga in zato je želel bolje spoznati sneg in izdelovanje snega. Zanima ga predvsem izdelovanje spletnih strani in programiranje. Programira predvsem mobilne ter namizne aplikacije, navdušil pa se je tudi nad programiranjem mikro krmilnikov.

Njegov cilj je postati dober programer ter izdelovalec spletnih strani. Šolanje želi nadaljevati kot bodoči računalničar.

### **Miha Sever**



Miha Sever je dijak 4. letnika Elektro in računalniške šole (ERŠ) v Velenju. Za raziskovalno nalogo se je odločil, ker je želel podrobneje spoznati sneg tudi s teoretičnega področja ter se bolje seznaniti s snežnimi topovi, ki jih tudi sam izdeluje. V prostem času se posveča snežnim topovom in vsemu povezanim z njimi. Šolanja najverjetneje ne bo nadaljeval, ampak se bo zaposlil kot samostojni podjetnik.