

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

Domači sneg
(Izdelava domačega snežnega topa žirafa)

Tematsko področje:
tehnika ali tehnologija

Avtorji:
Žan Korpar, 3. letnik
Darko Kušer, 3. letnik
Miha Sever, 3. letnik

Mentor:
Nedeljko Grabant, dipl. inž.

Velenje, 2013

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2013.

Mentor: Nedeljko Grabant, dipl. inž.

Datum predstavitve: marec, 2013



Žan Korpar, Darko Kušer, Miha Sever, Nedeljko Grabant

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	ŠC Velenje, šolsko leto 2012/2013
KG	sneg /snežni top/izdelava snega/žirafa
AV	KORPAR, Žan/KUŠER, Darko/SEVER, Miha
SA	GRABANT, Nedeljko
KZ	3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
ZA	ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2013
LI	2013
IN	DOMAČI SNEG
TD	Raziskovalna naloga
OP	<i>X, 45 s., 20 tab., 50 sl., 2 p. 64 vir</i>
IJ	SL
Jl	sl
AI	Domači sneg (Izdelava domačega snežnega topa t. i. »žirafa«)

Zasneževanje je po tehnični plati zelo mlado in zanimivo tematsko področje, ki je malo raziskano. Zasneževanje predstavlja pomemben del vseh večjih smučišč, saj jim to omogoča hitrejši začetek sezone in podaljšanje le-te. Obstajajo številni ponudniki snežnih topov, ki podobno izgledajo, osnovni princip delovanja pa je enak pri vseh topovih. Na tržišču se ponujajo visoko tlačni in nizko tlačni snežni topovi. Pomembno je, da topovi ne predstavljajo težkih ekoloških obremenitev, kot nekateri mislijo. Večji poseg v okolje predstavlja izgradnja potrebne infrastrukture za zasneževanje. Ker je nabavna investicija profesionalno izdelanega oplaščenega ventilatorskega snežnega topa predstavlja veliki strošek. Zato želimo v raziskovalni nalogi odgovoriti na vprašanje ali je možno narediti sneg z nizkimi stroški in z doma narejenim snežnim topom. Raziskava je prinesla rezultat, da je z lastno izdelanim snežnim topom t. i. »žirafa« je mogoče zelenico pobeliti. Izdelava osnovnega pripomočka za zasneževanje le-tega je dokaj preprosta in za obratovanje potrebujemo ustrezen kompresor za stisnjen zrak in vodo iz vodovodnega omrežja. Tako lahko dobimo le manjše količine snega, če pa bi želeli izdelati večje količine snega, pa potrebujemo dovolj zmogljiv vodni vir, močnejšo črpalko za vodo in prav tako sistem posebnih šob za izdelovanje snega. Te bodo v povezavi z zadostnim tlakom vode naredile kapljice v velikosti med 300 in 400 mikrometri. Za izdelavo večje količine snega pa je potrebno izdelati večje število »žiraf« ali oplaščenega ventilatorskega snežnega topa, kateri predstavlja bistveno večji finančni zalogaj. K temu je potrebno dodati ustrezno infrastrukturo in ustrezna dovoljenja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND ŠC Velenje, 2012/2013

CX snow / snow gun / snowmaking /lance

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

AA GRABANT, Nedeljko

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2013

PY 2013

TI HOMEMADE SNOW (Production of homemade Lance snow gun)

DT RESEARCH WORK

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

LA SL

AL sl/en

AB Snowmaking is in technical terms a very new and interesting technical discipline, which has not been very much researched. Snowmaking represents an important part on every big ski slope; they need it for earlier beginning of the season and its prolongation. There are many providers of snow guns, which look alike; the basic principle of operating is pretty much the same in every gun. There are high and low pressured snow guns on the market. The important fact is that snow guns aren't very big environmental burden, like many think. Building of the needed infrastructure for snowmaking is a bigger environmental burden.

Because the expenses for buying the already built snow gun are too high, we made this research paper in search for an answer, if it is possible to make home made Lance snow gun with low expenses. The research gave us the answer that it truly is possible to make your own snow with a homemade Lance snow gun. Making of a simple snowmaking device is relatively easy. For operating we need an air-pressure compressor and water from the main pipeline. In such a way we can make small amounts of snow, if we want to make bigger amounts of snow we need a big enough water supply, a water pump with more power and a system of special nozzles for snow making. When connected to a high enough water pressure they will make drops in size between 300 and 400 micrometres. For making large amounts of snow we need to make a bigger number of Lances (or Fan guns), which represents a bigger financial burden. With that we need to add the right infrastructure and appropriate permits.

Kazalo kratic

% – procent

° - stopinje

°C – stopinje Celzijev

+ - plus

× - krat

€ – Euro

€/kWh – euro na kilovatno uro

2D – dvodimenzionalno

3D – tridimenzionalno

A – amper, enota za električni tok

ang. – prevod iz angleškega jezika

bar – enota za tlak

BY – priznanje avtorstva

CC – angl. Creative Commons, kreativna skupnost

cca – približno, okoli

cm – centi metrov

cm – centimetri

D.I.Y. – angl. design it yourself, sam svoj mojster (izdelaj sam)

dipl. – diplomirani

g – gram

g. – gospod

g/m³ – gram na kubični meter

H₂O – kemijski zapis za vodo

ha – hektar

http – angl. hipertext transfer protocole, nadbesedilni prenosni protokol

inž. – inženir

kJ/kg kilo juli na kilogram

kPa – kilo paskali

l/m² – litrov na kvadratni meter

l/s – litri na sekundo

LED – angl. Light Emitting Diode, sveleča dioda

m³ / h – kvadratni metri na uro

m³ /ha – kubični metri na hektar

min – minuta

mm – milimeter

NC – nekomercialno

npr. – na primer

Pa – Paskal

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

spl. – splet

ŠCV – Šolski Center Velenje

t.i. – tako imenovani

V – volt, enota za napetost

W – wat, enota za moč

wiki – Wikipedia

www – world wide web -svetovni splet

Kazalo vsebine

1 UVOD.....	1
1.1 Namen raziskovanja.....	2
1.2 Hipoteze.....	2
2 PREGLED OBJAV.....	3
2.1 Voda.....	3
2.2 Osnovne lastnosti vode.....	3
2.3 Kroženje vode.....	4
2.4 Nastajanje snega.....	4
2.4.1 Snežinke.....	5
2.4.2 Ledeni kristali.....	6
2.5 Naravni sneg.....	6
2.6 Tehnični ali umetni sneg.....	7
2.7 Nekaj pojmov okrog snega, snežink in ledih kristalov.....	8
2.7.1 Osnovni pojmi [4].....	8
2.7.1.1 Vlaga v ozračju [4].....	8
2.7.1.2 Agregatna stanja vode, tlak vodne pare [4].....	8
2.7.2 Razvrstitev snežnih kristalov, vrste snega [4].....	11
2.7.3 Fazni prehodi med agregatnimi stanji.....	13
2.8 Vrste snežnih topov.....	15
2.8.1 T-snežni top.....	15
2.8.2 Kombiniran snežni top.....	16
2.8.3 Priprava vode za kombiniran snežni top.....	16
2.8.4 Zrak za kombiniran snežni top.....	17
2.8.5 Šobe za kombiniran snežni top.....	18
2.8.5.1 Ventil za kombiniran snežni top.....	18
2.8.5.2 Premer cevi pri kombiniranem snežnem topu.....	19
2.8.6 Izdelava tehničnega snega s kombiniranim snežnim topom.....	19
2.8.6.1 Za domačo proizvodnjo tehničnega snega.....	19
2.8.7 Ventilatorski oplasčen snežni top.....	19
2.8.7.1 Snežni top Techno Alpin T60.....	20
2.9 Šobe za snežne topove [50].....	21
2.9.1 Šobe ploščati curek.....	21
2.9.2 Oznake na šobah.....	21
2.9.3 Kot razpršitve šobe.....	22
2.9.4 Velikost vodnih kapljic iz šob.....	22
2.9.5 Delovni tlak šob.....	24
2.9.6 Material za šobe.....	24
2.9.7 Izvedbe šob.....	25
2.9.8 Nukleatorska šoba.....	25
2.9.9 Šoba All HAGO.....	25
2.9.10 Spiralna šoba -Spiraljets.....	26
2.9.11 Šoba FogJets.....	26
3 MATERIALI IN METODE DELA.....	27
3.1.1 Kratak pregled nekaterih spletišč za samogradnjo snežnih topov.....	27
3.2 Domača izdelava tehničnega snega z »žirafe«.....	27
3.3 Vplivi umetnega zasneževanja na okolje [45].....	33
4 RAZPRAVA.....	34
4.1 Izbira tipa snežnega topa.....	34
4.1.1 Izbira izdelave tipa domačega snežnega topa.....	34
4.1.2 Nasveti za izdelavo boljšega snežnega topa »žirafe«.....	36
5 ZAKLJUČEK.....	40

6 ZAHVALA.....	41
7 LITERATURA.....	42
8 AVTORJI RAZISKOVALNE NALOGE.....	44

Kazalo slik

Slika 1: Osnovna izvedba domače izdelanega T-snežnega topa (Foto: M. Sever).....	1
Slika 2: Lastno izdelani snežni top "žirafa".....	2
Slika 3: Razdalje in koti med atomov kisika in vodika v molekuli vode, vir: [1].....	3
Slika 4: Model molekule vode, 3D-model: N. Grabant.....	3
Slika 5: Kroženje vode, vir: [2].....	4
Slika 6: Nastajanje snega, risba D. Kušer po [4].....	5
Slika 7: Sneženje 6. 2. 2013 v Velenju, vir: N. Grabant.....	5
Slika 8: Tehnični snega pod povečavo, vir: [62].....	7
Slika 9: Nastajanje tehničnega (umetnega) snega.....	7
Slika 10: Različna agregatna stanja vode so odvisna od temperature, tlaka in drugih pogojev, risba: N. Grabant.....	9
Slika 11: Izhlapevanje vode iz kapljic ali ledu, 3D-model: N. Grabant.....	9
Slika 12: Razlika v tlaku vodne pare in nad vodo in ledom siki molekule vode da prehajajo na površino leda, 3D-model: N. Grabant	10
Slika 13: Napadajoči snežni kristal v megli ali oblaku primrzne podhlajene vodne kaplje v obliki ivja, 3D-model: N. Grabant.....	10
Slika 14: Voda kristalizira šesterosomerno, 3D-model: N. Grabant.....	11
Slika 15: Delitev 80 tipov snežink po Maronu in Lee-ju iz leta 1966, vir: [4].....	13
Slika 16: Fazni diagram vode, vir: [6]	14
Slika 17: Primer testiranja izvedbe T-snežnega topa, foto: M. Sever.....	15
Slika 18: Primer sestavljenega kombiniranega snežnega topa, foto: M. Sever.....	16
Slika 19: Visokotlačni čistilec, vir: http://www.karcher-vps.si/images/D/Visokotla%C4%8Dni-%C4%8Ddistilec-Karcher-HD-7-18-4M-Plus-01.jpg	17
Slika 20: Visokotlačna črpalka CAT, vir: http://cfnewsads.thomasnet.com/images/large/023/23602.jpg	17
Slika 21: Brezolja kompresor, vir: http://trgovina.mercator.si/wcsstore/Tehnika/images/products/a087/3831081021328_01_large.jpg	17
Slika 22: Radiatorski ventil, vir: http://www.merkur.si/media/catalog/product/cache/1/image/5e06319eda06f020e43594a9c230972d/1/0/1066091_5.jpg	18
Slika 23: Krogljični ventil, vir: http://www.merkur.si/media/catalog/product/cache/1/image/5e06319eda06f020e43594a9c230972d/2/2/227323.jpg	18
Slika 24: Zasneževanje s kombiniranim snežnim topo, vir: http://img32.imageshack.us/img32/4678/dscn0342vv.jpg	19
Slika 25: Senžni top Krpan, ki ga proizvaja podjetje Sašo Krajnc s.p., Foto: N. Grabant, Ž. Korpar	20
Slika 26: Snežni top T60, vir http://www.technoalpin.com/Faszination_Technik/Schneeerzeuger/Propellermaschinen/T60/Bilder%20%26%20Prospekte.html , 2. 2. 2013.....	21
Slika 27: Primer razlaga oznak na šob, vir: http://www.teejet.com/media/30243/nomenclature.jpg	22
Slika 28: Velikost kaplic pri šobi s kotom razprševanja 65°, vir: http://farm3.static.flickr.com/2479/3838928635_751de21c42_o.jpg	23
Slika 29: Velikost kaplic pri šobi s kotom razprševanja 40°, vir: http://farm3.static.flickr.com/2555/3839717878_f185f85e17_o.jpg	23
Slika 30: Velikost kaplic pri šobi s kotom razprševanja 80°, vir: http://farm3.static.flickr.com/2523/3839718020_3e1b5c0fdf_o.jpg	24
Slika 31: Šoba iz medenine, vir: http://img.weiku.com/photo/7454/745445/product/_20127717173303_s.jpg	25

Slika 32: Šoba iz nerjavečega jekla, vir: http://www.esska-tech.co.uk/esska_eng/bilder/hauptbilder_neu/45_reinigungstechnik/4555_waschduesen/455572_700.jpg	25
Slika 33: Tip ženske šobe, vir: http://www.ispray.com/images/H-DT.gif	25
Slika 34: Šoba z hitro spojko, vir: http://ispray.com/images/QCMEG-QCIMEG.gif	25
Slika 35: Vrh šobe, vir: http://www.ispray.com/images/tp.gif	25
Slika 36: Tip moške šobe, vir: http://www.ispray.com/images/H-VV.gif	25
Slika 37: Oljna šoba HAGO, vir: http://hago.danfoss.com/Product/6087_PGR.jpg	26
Slika 38: Spiralna šoba, vir: http://farm4.static.flickr.com/3595/3838939309_b8eb58bd5e_o.jpg	26
Slika 39: FogJets šoba, vir: http://www.ispray.com/images/FF.gif	26
Slika 40: Izdelana prototipna "žirafa".....	28
Slika 41: Prvi test oktobra 2011, foto: M. Sever.....	29
Slika 42: Varjenja konstrukcija za »žirafa«, foto: Ž. Korpar.....	29
Slika 43: Sistem za spuščanje in dvigovanja roke, foto: Ž. Korpar.....	30
Slika 44: Barvanje konstrukcije, foto: M. Sever.....	30
Slika 45: Miha S. pri izdelavi "žirafe", foto: Ž. Korpar.....	31
Slika 46: Izdelava elektro omarice, foto: M. Sever.....	31
Slika 47: Skoraj dokončano umetno jezero, foto: M. Sever.....	32
Slika 48: Skica prereza načrtovanega umetnega jezera za vodo, skica M. Sever.....	32
Slika 49: Princip delovanja izdelovalca snega IDE All Weather Snowmaker, vir: http://www.ide-tech.com/refrigeration-and-heating/snow-machines	39
Slika 50: Strokovnjak za snežne topove g. Sašo Krajnc razlaga delovanje njegovega snežnega topa Krpan.....	45

Kazalo tabel

Tabela 1: Osnovne lastnosti vode.....	3
Tabela 2: Fizikalne lastnosti vode.....	4
Tabela 3: Oblike ledenih kristalov glede na temperaturo zraka [3].....	6
Tabela 4: Odvisnost vlage zraka od temperature.....	8
Tabela 5: Količina padavin pri različnih temperaturah.....	12
Tabela 6: Možne oblike faznih prehodov med agregatnimi stanji (vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Phase_transition).....	14
Tabela 7: Izbira tipa šobe glede na kot razpršitve in njej ustrezne nukleatorske.....	16
Tabela 8: Izračun nabavne cene posameznih komponent T-snežnega topa.....	21
Tabela 9: Strošek izdelave jezera.....	33
Tabela 10: Potrebna količina vode za osnovno zasneževanje glede na potrebe [58].....	34
Tabela 11: Osnovni tehnični podatki profesionalne »žirafe« VIS C4, podatki za več možnosti »žirafe« podjetja Demaclenko VIS-4 (vir: http://www.demaclenko.com/Products/VIS , 4. 10. 2. 2013	35
Tabela 12: : Razširjeni tehničnih podatki za več možnosti podtipov »žirafe« Demaclenko VIS (vir: http://www.demaclenko.com/Products/VIS , 4. 10. 2. 2013.....	35
Tabela 13: Tehnični podatki do sedaj izdelane lastne »žirafe«.....	36
Tabela 14: Tehnični podatki načrtovane nove "žirafe".....	37
Tabela 15: Strošek izdelave nove "žirafe".....	37
Tabela 16: Zasnežitev dela testne zasneževalne površine.....	37
Tabela 17: Zasneževanje z eno »žiraf«.....	38
Tabela 18: Zasnežitev celotne testne zasneževalne površine.....	38
Tabela 19: Zasneževanje z eno »žiraf«.....	38
Tabela 20: Zasneževanje z šestimi »žirafami«.....	38

1 UVOD

Smučarska središča so vedno bolj odvisna od umetnega snega, saj lahko tako začnejo smučarsko sezono mnogo prej, kot pa če bi čakali na naravni sneg. Vendar komercialni zasneževalni sistemi so za manjša smučišča ali pa za domačo uporabo predraga. Prav s tem namenom sta bila ustanovljena angleški forum (<http://www.snowguns.com/>) in slovenski forum (<http://sneznitpovi.mojforum.si/>), ki danes predstavljata dobro bazo nasvetov za izdelavo domačega snežnega topa.

Skoraj pri vsaki hiši se najde kompresor, ki nam predstavlja vir stisnjenega zraka, brez katerega ne moremo izdelati snega. Potrebujemo le še vodo in preprosto sestavljen snežni top, za katerega lahko dele kupimo v vsaki trgovini z vodovodnim materialom. Cena takšnega topa ne presega 20 EUR (slika 1).



Slika 1: Osnovna izvedba domače izdelanega T-snežnega topa (Foto: M. Sever)

Pri citiranju virov smo uporabili način sklica na vir, ki je oštevilčen v oglatih oklepajih, npr. [1] in je ta pozneje v kazalu virov na koncu opredeljen kot [1] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Voda>, 1. 9. 2012.

1.1 Namen raziskovanja

Želimo si podrobneje raziskati principe in tehnike zasneževanja, osnove zasneževanja, vpliv na okolje pri delovanju snežnega topa. Želimo tudi sami izdelati snežni top »žirafa«, ki bi izdeloval podobne količine snega kot komercialni topovi.

Cilj, ki smo si ga zastavili, je pridobiti znanje o delovanju snežnih topov, teorijo nastanka snega oz. snežnih kristalov in izdelati preprosti sistem, ki lahko naredi sneg.

1.2 Hipoteze

Na začetku raziskovanja smo si zastavili naslednje hipoteze:

- Tehnični sneg je mogoče izdelati tudi doma s precej majhnimi vložki (slika 2).
- S pomočjo močnega kompresorja lahko izdelamo večja količine snega ob relativno malem vložku (do 20 EUR) in stroških nabave kompresorja.
- Glavni pogoj za ustvarjenje umetnega snega z »žiraf« je temperatura vsaj 0 °C oz. manj.

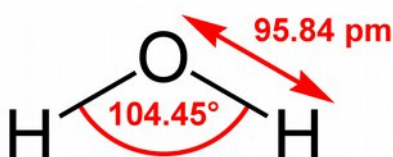


2 PREGLED OBJAV

Pri pregledu objav obravnavamo pomen vode, nastajanje snega, zgodovino razvoja snežnih topov, o infrastrukturi za zasneževanje, delitev topov, o zasneževanje pri nas in v tujini, kako je z investicijami in vzdrževanjem, o vplivih zasneževanja na okolje in opisana je izdelava sistema za domače zasneževanje.

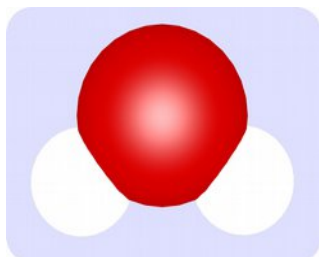
2.1 Voda

Voda je kemijska spojina in polarna molekula, pri standardnih pogojih tekočina s kemijsko molekulsko formulo H_2O (slika 3). Formula pove, da je ena molekula vode sestavljena iz dveh vodikovih in iz enega kisikovega atoma (slika 3 in 4). Vodo najdemo skoraj povsod na Zemlji in je potrebna za vse znane oblike življenja. Okoli 70 % Zemljine površine je prekrito z vodo.



Slika 3: Razdalje in koti med atomov kisika in vodika v molekuli vode, vir: [1]

Trdno stanje vode je znano kot (vodni) led, plinsko stanje je vodna para (tabela 1). Enoti za temperaturo (nekdaj stopinja Celzija in sedaj Kelvin) sta določeni s trojno točko vode 273,16 K (0.01°C) in 611,2 pa pri temperaturi in parnem tlaku, kot so trdna, kapljevinska in plinasta voda v termodinamskem ravnovesju.



Slika 4: Model molekule vode, 3D-model: N. Grabant

Pri temperaturah, večjih od 647 K, in tlakih, večjih kot 22,064 MPa, vodne molekule zavzamejo superkrično stanje, kjer kapljevinske skupine plavajo znotraj parne faze [1].

2.2 Osnovne lastnosti vode

Za vodo vemo, da je brezbarvna tekočina, brez vonja in okusa (tabela 1).

Tabela 1: Osnovne lastnosti vode

Ime	voda, vodikov(I) oksid, oksidan
Kemijska formula	H_2O
Videz	brezbarvna tekočina, brez vonja in okusa

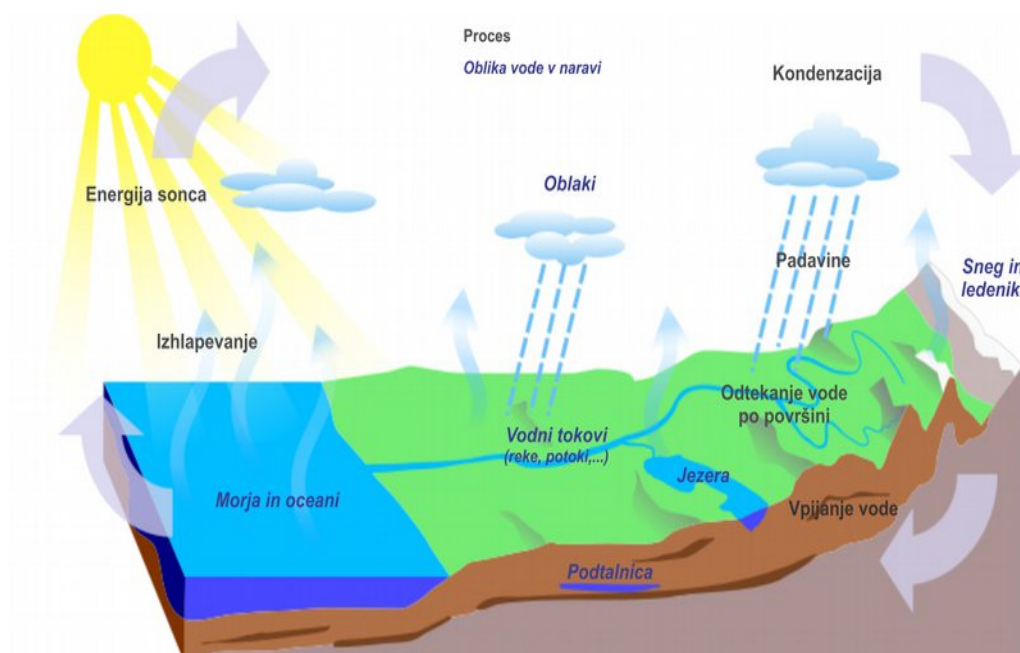
Fizikalne lastnosti vode so podane v tabeli 2.

Tabela 2: Fizikalne lastnosti vode

Molekulska masa	18,01528 a.e.m.
Tališče	273,16 K, 0 °C
Vrelišče	373,16 K, 100 °C
Kritična temperatura	647 K
Kritični tlak	22,064 MPa
Gostota	$1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

2.3 Kroženje vode

Kroženje vode, tudi **vodni krog**, je neprestano kroženje vode v Zemljini hidrosferi (slika 5). Morje, kontinenti in ozračje so največji zbiralniki vode na Zemlji. So v stalnem medsebojnem ravnotežju. Sevanje sonca poganja kroženje vode in s tem vpliva na izhlapevanje vode tako, da v ozračje prehaja v obliki vodnih hlapov. Izhlapevanje vode poteka iz ledenikov, zasneženih površin, ribnikov, jezer in oceanov. Z izhlapevanjem v ozračje pride največ vode iz oceanov. Tudi pri dihanju vsa živa bitja oddajajo v ozračje ogljikov dioksid in vodo. Pri izgorevanju organskih snovi, nafte, lesa in drugih snovi prehajajo vodni hlapi v ozračje. Izhlapela voda se pri ohladitvi s pomočjo dviganja zračnih mas kondenzira ter jo spremeni v meglo, roso in tvori oblake. Pri še večji ohladitvi pa se spremenijo vodni hlapi v točo, sneg in led. S padavinami dežja, toče in snega pa se cikel kroženja vode sklene [2].

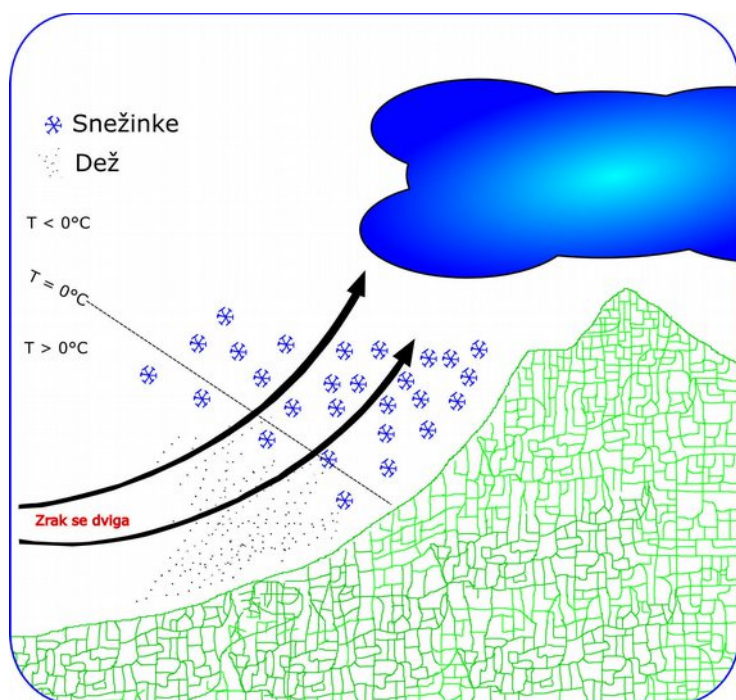


Slika 5: Kroženje vode, vir: [2]

2.4 Nastajanje snega

Sneg (slika 6) je padavina v trdem stanju, ki iz ledenih kristalov nastaja v oblakih, kar pomeni, da nastaja, ko je zrak zasičen z vodno paro pod 0 °C temperature (slika 6). Takrat vodna para takoj preide v trdo stanje. Snežinke nastanejo tako, da če je sublimacija (prehod v trdo stanje) postopna, ledeni kristali v glavnem dobivajo pravilno obliko in se pri padanju spajajo.

Ledeni kristali, ki rastejo samo na račun vodne pare, imajo značilne oblike, odvisne od temperature okolice. Njihova zgradba postane bolj zapletena pri padanju skozi toplejše plasti, ali pri dvigovanju skozi oblak s pomočjo zgornjega vetra.



Slika 6: Nastajanje snega, risba D. Kušer po [4]

Masa kristalov se povečuje in kristali začnejo padati (slik 5). Ko med padanjem trčijo v druge kristale ali v oblačne kapljice, majhni delci kristala odletijo in začnejo rasti. Pri padanju se ledeni kristali med seboj tudi sprimejo in tako nastanejo snežinke. Snežinke so v obliki različnih kristalnih zvezdic, ki pa so tudi pomešane z navadnimi ledenimi kristali [1].



Slika 7: Sneženje 6. 2. 2013 v Velenju, vir: N. Grabant

Pri temperaturi zraka višji od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se kristali običajno spajajo v najrazličnejših oblikah (so različnih velikosti, največje merijo včasih tudi do 4 cm). Na velikost snežink vpliva predvsem temperatura zraka. Nižja je temperatura, manjše so snežinke in obratno.

Temperature, pri katerih so možne snežne padavine, se gibljejo od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ pa vse do $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Že pred nekaj desetletji je človek iznašel način, da sneg izdeluje sam. Tako so danes skoraj vsa pomembna smučišča opremljena tudi z napravami za umetno zasneževanje. Umetni sneg med smučarji velja za boljšega, saj smuči po njem drsijo hitreje, z njim pa so zadovoljni tudi upravljalci smučišč, saj z njim lahko podaljšajo smučarsko sezono [1].

2.4.1 Snežinke

Masa ledenih kristalov se z rastjo povečuje in kristali začnejo padati. Med padanjem lahko trčijo v druge ledene kristale ali v oblačne kapljice. Pri trkih majhni delci kristala odletijo in začnejo rasti. Število ledenih kristalov hitro narašča kot pri verižni reakciji. Pri padanju se ledeni kristali med seboj tudi sprimejo in nastanejo snežinke.

Snežinke so v obliki različnih kristalnih zvezdic, ki pa so tudi pomešane z navadnimi ledenimi

kristali. Pri temperaturi zraka, ki je višja od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se ti kristali navadno spajajo v obliki kosmov. Njihova velikost je različna, vendar imajo redkokdaj večji premer kakor od 3 do 4 cm. Na velikost snežink vpliva predvsem temperatura zraka. Čim nižja je temperatura, tem manjše so snežinke. Velike snežinke ali kosmi pa nastajajo, če vodna para kondenzira pri temperaturi, ki ni znatno pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1].

2.4.2 Ledeni kristali

Ledeni kristali, ki rastejo samo na račun vodne pare, imajo značilne oblike, odvisne od temperature okolice (tabela 3). Pri padanju skozi toplejše plasti postaneta zgradba in oblika bolj zapleteni, podobno velja za dviganje z vzgornjikom skozi oblak.

Ledeni kristali rastejo tudi na osnovi različnih hitrosti padanja. Večji kristali so težji in padajo hitreje in pod sabo pobirajo manjše, počasneje padajoče ledene kristale [3].

Tabela 3: Oblike ledenih kristalov glede na temperaturo zraka [3]

Temperatura	Osnovna oblika	Tip ledenega kristala
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$	ploščica	tenki šestkotniki
$-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	prizma	igla ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$), cevka ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$)
$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$	ploščica	večdelna ploščica ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$), razvejen kristal ($-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$), večdelna ploščica ($-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$)
$-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$	prizma	Cevka

Zanimive posnetke snežinke iz prejšnjega stoletja od Američana Wilson Bentley je dostopno na spletni strani: http://commons.wikimedia.org/wiki/Wilson_Bentley, 10. 1. 2013.

2.5 Naravni sneg

Padavine začnejo nastajati, ko se relativno topel, vlažen zrak dviguje. Ko se zrak ohlaja, vodni hlapi začnejo kondenzirati na kondenzacijskih jedrih in tako oblikujejo oblake. Ko kapljice dovolj zrastejo, nastanejo padavine. V oblakih, kjer se temperatura spusti pod $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, so oblačne kapljice vseh velikosti, ki se razlikujejo po hitrosti padanja. Večje in hitrejše kapljice dohitevajo manjše in se z njimi združijo. Kapljice, ki so dovolj velike, da lahko padejo na zemljo, so ustvarjene na dva načina.

Najpomembnejši je Bergeronov proces, v katerem podhlajene kapljice in ledeni kristalčki v oblaku medsebojno vplivajo, da ustvarijo hitro rast ledenih kristalčkov, ki padejo iz oblaka in se med tem stopijo. Ta proces se najpogosteje ustvari v oblakih, ki imajo vrhove hladnejše od $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

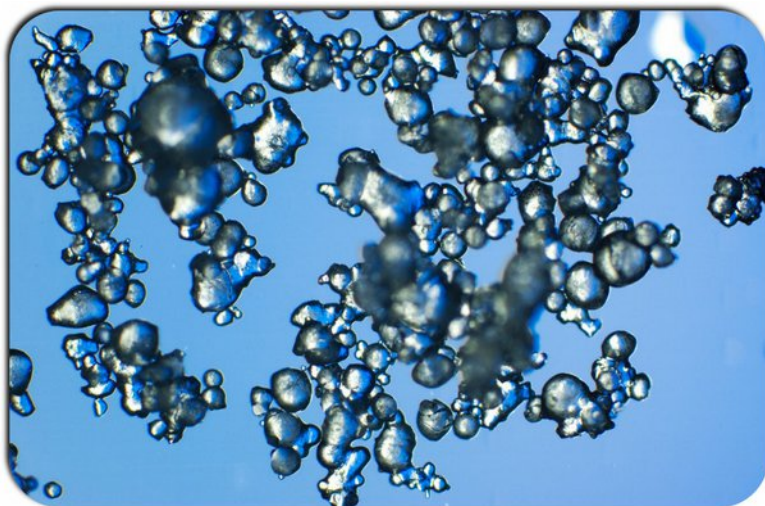
Drugi najpomembnejši proces je proces trčenja in ujetja v vodni razor (vrtinec), ki se pojavlja v oblakih s toplejšimi vrhovi, v katerih trčenje padajočih in dvigajočih se kapljic ustvari vedno večje kapljice, katere so že dovolj težke, da premagajo zračne tokove in dvigajoči se zrak ter padejo na površje zemlje kot dež. Ko kapljica pada skozi manjše kapljice, ki jo obdajajo, ta ustvari vodni razor (vrtinec, ki pritegne manjše kapljice do trčenj).

Posamezni snežni kristali nastajajo z zmrzovanjem vodnih kapljic v zraku ali pa s procesom resublimacije v atmosferi. Jedra, okoli katerih rastejo snežni kristali, so lahko že prisotni snežni kristali ali drugi prisotni delci v zraku (npr. delci prahu). Snežni kristali rastejo na račun sublimacije vodne pare v heksagonalni obliki in so vedno simetrični. Zaradi spreminjajočih atmosferskih razmer nastanejo zelo različni kristali - lahko rečemo, da si niti dva med seboj nista enaka. V grobem jih

lahko razdelimo na šestkrake zvezdice, t. i. dendrite, ploščice, iglice in stebriče. Kakšna bo oblika, je odvisno od razmer, ki jim bo izpostavljen na poti do tal.

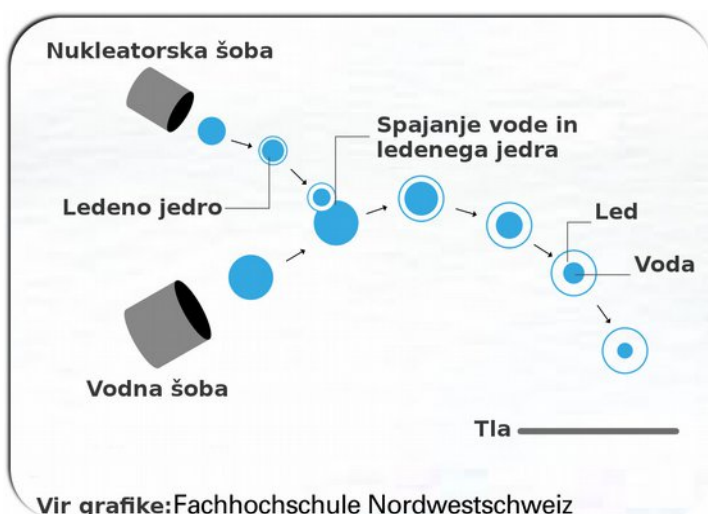
2.6 Tehnični ali umetni sneg

Noben sneg kot tak ni umetno narejen, ker je ta še zmeraj nastane iz vode. Po navadi ga človek naredi s pomočjo tehničnih pripomočkov in je zato bolj primerno govoriti o tehničnem snegu (slika 8). Za njegovo proizvodnjo je potrebna zmes vode in zraka pod pritiskom. Zaradi svoje oblike so zrnca stabilna in obstojna ter med seboj sprijeta in dobro povezana.



Slika 8: Tehnični snega pod povečavo, vir: [62]

Ker so zrnca okrogla, je umetni sneg odporen proti obrabi, smučem nudi malo trenja, zato na njem hitro drsijo. Umetni sneg za razliko od naravnega zelo dobro prenaša tudi občasne otoplitve. Načelno obstajata dve vrsti snežnih topov: snežni topovi, strokovno imenovani propelerski, ki pihajo material s pomočjo ventilatorja do 40 metrov daleč in snežne sulice oz. "žirafe", pri katerih se "domet" ustvari s pomočjo stebra, na katerem je nameščen grozd šob. Pri obeh škropih iz šob razpršena voda. Poleg tega iz mešalnih šob (nukleatorjev) piha pod visokim tlakom stisnjeni zrak, pomešan z manjšo količino vode, ki se ob izhodu bliskovito ohladi. Pri tem nastanejo mikroskopsko majhni ledeni kristali. Ti potem potujejo skozi vodni curek. To je možno celo ob nizkih pozitivnih stopinjah, le da mora biti vlažnost zraka toliko nižja, kolikor višja je zunanja temperatura. Med poletom zrastejo v snežne kristale (slika 9). Daljša kot je njihova pot, boljša je kvaliteta snega.



Slika 9: Nastajanje tehničnega (umetnega) snega

2.7 Nekaj pojmov okrog snega, snežink in ledih kristalov

Opisani bodo nekateri pomembnejši pojmi iz knjige avtorja Pavle Šegula, 1986, Sneg, led, plazovi, Planinska zveza Slovenije, Ljubljana [4]. Še več osnov o snegu v dodatku 1 (Dodatek raziskovalne naloge Domač sneg).

2.7.1 Osnovni pojmi [4]

Sneg je padajoči ali že odloženi delci ledu iz ozračja, ki nastanejo pretežno z neposrednim prehodom vodne pare v trdno snov (resublimacija).

V Sloveniji je izraz sneg dokaj širok pojem; pomeni nam tako kristale ledu v prvinski obliki, že predelana snežna zrna ali pa tudi snežno odejo kot tako.

Sneg nastaja, obstaja in kopni v razmeroma ozkem temperaturnem območju. V naših krajih, oz. v klimatskih razmerah gre za temperature v razponu vsega skupaj nekaj deset stopinj Celzija. Zato je tudi tako spremenljiv in vedno blizu tališča.

2.7.1.1 Vlaga v ozračju [4]

S površine vode in ledu izhlapevajo vodne molekule. Količino vodnih par v prostorninski enoti zraka, v katerem so te pare, imenujemo absolutna vlaga (g/m^3). Odvisna je od temperature zraka. Pri določeni temperaturi ima zrak neko maksimalno vlago, pravimo, da je z njo nasičen, več je ne more sprejeti. Razmerje med absolutno in maksimalno vlago je relativna vlaga, ki je tudi odvisna od temperature – saj ta določa, kdaj je zrak nasičen z vlago. Maksimalna vlažnost zraka narašča z rastočo temperaturo. Čim višja je temperatura, več vlage je lahko v zraku, kar nazorno pokaže razpredelnica 4.

Tabela 4: Odvisnost vlage zraka od temperature

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Maksimalna vlažnost (g/m^3)
-20	1,08
-10	2,38
0	4,835
10	9,33
20	17,12

Pri -10°C pomeni 2,38 g vodnih par v kubičnem metru traka že maksimalno vlago, nasičenje. Ista količina vlage v kubičnem metru zraka ustvari pri 20°C samo absolutno vlago 2,38 g/m^3 , relativna vlaga pa je komaj 13 %.

Če se z vodno paro nasičen zrak ohladi, se presežena količina vodne pare izloči v obliki vodnih kapljic: nastane rosa, megla, oblaki. Temperaturo, pri kateri se to dogaja, imenujemo temperaturna rosišča ali kar rosišče. Da bi se to zgodilo, so potrebna kondenzacijska jedra.

Pričakovali bi, da bodo te kapljice pri 0°C ali manj zmrznile, da bi nastal led in sneg. Vendar se to brez jeter zmrzovanja ne bo zgodilo. Voda bo ostala tekoča vse do -40°C , ko kapljice spontano zmrznejo.

Ob pomoči jeter zmrzovanja se to dogaja že od -4°C naprej, najbolj izdatno pa med -12°C in -25°C . Nasprotno pa je taljenje manj zapleteno: pri normalnem zračnem pritisku se prične pri 0°C .

Kadar pa je pritisk večji, se led in sneg talita tudi pri temperaturah pod 0°C .

2.7.1.2 Agregatna stanja vode, tlak vodne pare [4]

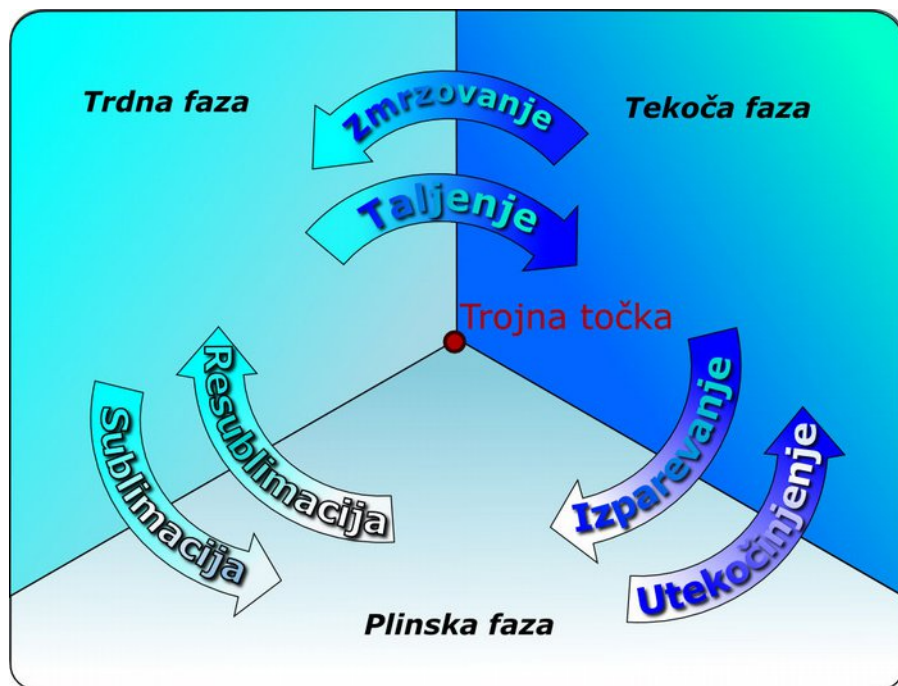
Ko obravnavamo sneg in preobrazbo snega, imamo nenehno opravka z vodo v njenih treh agregatnih stanjih. S prehodnimi pojavi in tlakom vodne pare. Posebej zanimivi pojavi so:

- **Izparevanje** je hlajenje vodnih molekul v obliki nevidne vodne pare s površine vode ali ledu v

ozračje (slika 10).

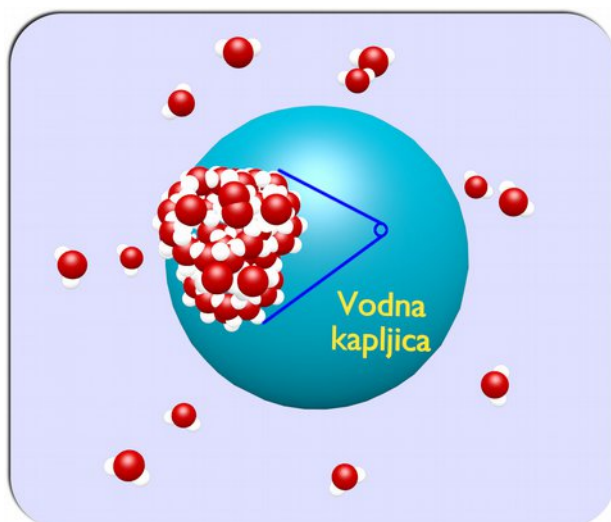
- **Utekočinjenje** (kondenzacija) je zgostitev, prehod vodne pare v tekočino.
- **Sublimacija** je prehod ko led prehaja v paro, ne da bi se poprej utekočinil.
- **Resublimacija** je prehod ko para prehaja v led, ne da bi se poprej utekočinil.
- **Primrzovanje** (akrescenca) je pojav, ko se vodne kapljice v ozračju odlagajo neposredno na delce ledu in prirezujejo.
- **Taljenje** je utekočinjenje ledu in snega.

Pojavi so vezani na prenos snovi. Ta poteka v določeni smeri in z določeno izdatnostjo, kar bomo najlažje razumeli, če si pomagamo s pojmom parnega tlaka. Parni tlak ni nič drugega, kot pritisk, ki ga v prostoru ustvarja vodna para – tako kot vsi drugi plini!

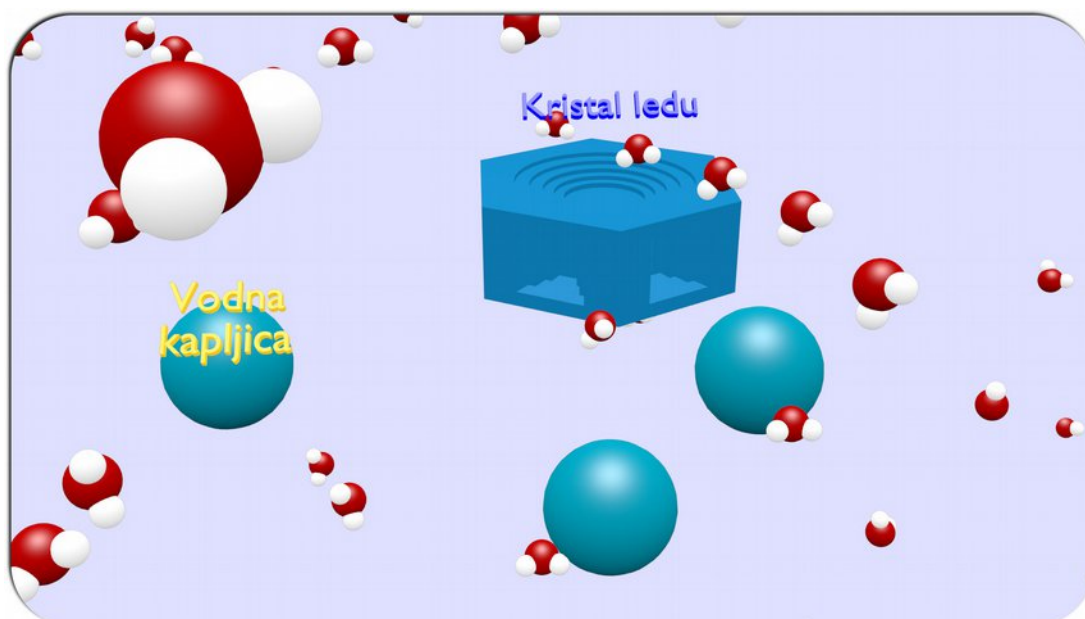


Slika 10: Različna agregatna stanja vode so odvisna od temperature, tlaka in drugih pogojev, risba: N. Grabant

Pomembna je odvisnost parnega tlaka od oblike telesa, s katerega se dvigajo vodne molekule (slika 11 in 12). To si na preprost način pojasnjujemo z različno vezanimi molekulami v snovi.

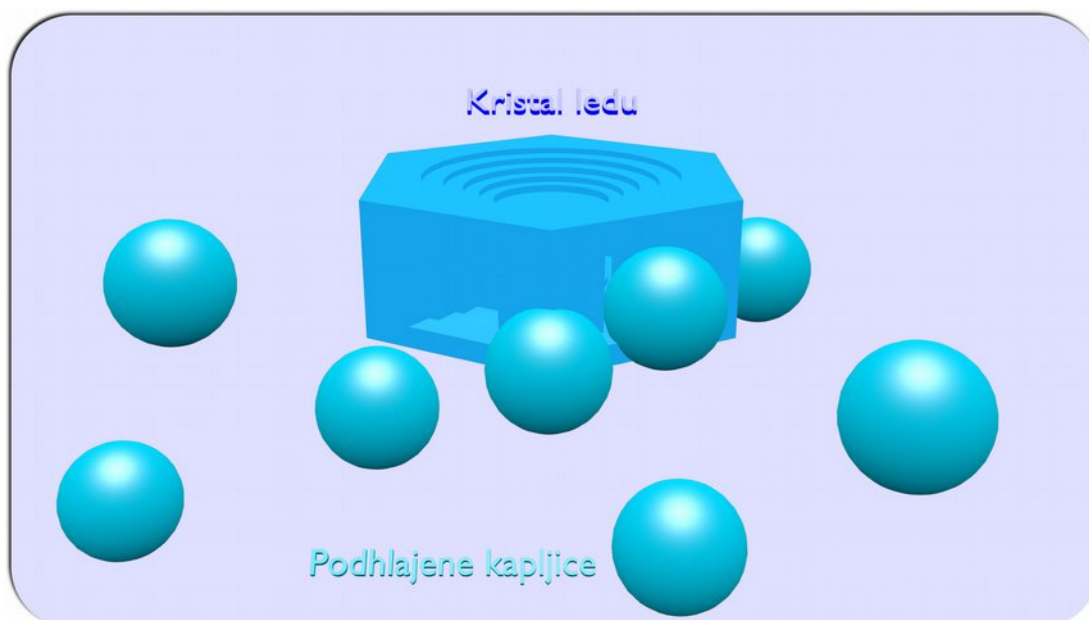


Slika 11: Izhlapevanje vode iz kapljic ali ledu, 3D-model: N. Grabant



Slika 12: Razlika v tlaku vodne pare in nad vodo in ledom siki molekule vode da prehajajo na površino leda, 3D-model: N. Grabant

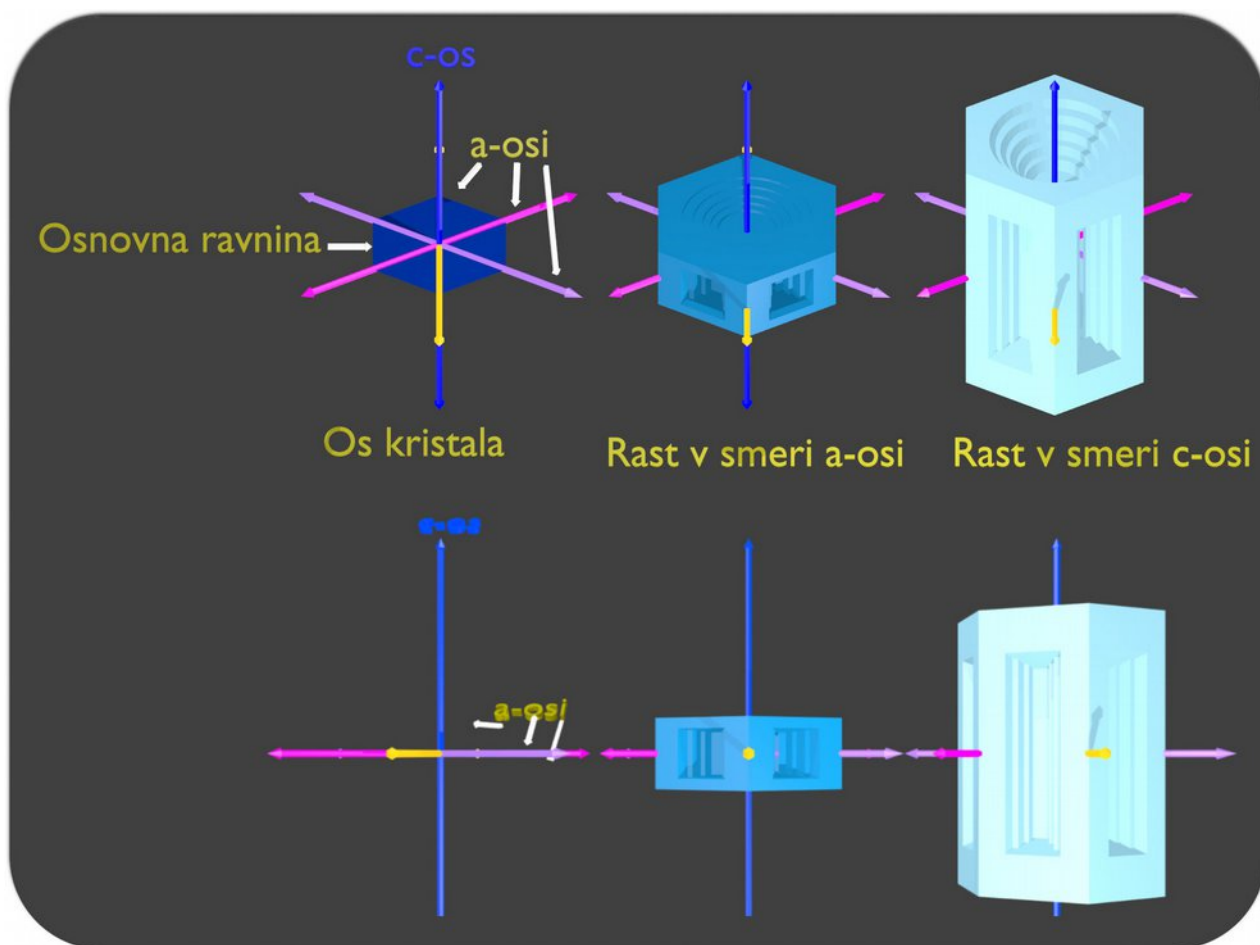
Te na ledu se najlažje dvigujejo iz konic, robov in izboklih površin. Tam je največ prostih molekul, parni tlak je tam večji kot sicer v enakih pogojih nad ravnimi ali vboklimi površinami (slika 13). Pri vodi je parni tlak večji na površini majhnih kapljic ter se z njihovo debelino manjša. Najmanjši je nad ravno gladino, je torej v obratnem razmerju s polmerom krivine.



Slika 13: Napadajoči snežni kristal v megli ali oblaku primrzne podhlajene vodne kaplje v obliki ivja, 3D-model: N. Grabant

Če imamo vse to pred očmi, lažje govorimo o prehajanju vodnih molekul med ledom in vodo, med posameznimi kapljicami, med snežinkami ali različnimi deli iste snežinke. Izhajamo iz tega, da pomeni večji tlak vodne pare večjo količino prostih molekul.

Seveda bodo te romale od predelov z višjim tlakom, kjer jih je v izobilju, k predelom z nižjim tlakom, kjer je molekul manj, jih primanjkuje (slika 14).



Slika 14: Voda kristalizira šestrosomerno, 3D-model: N. Grabant

To je difuzija molekul. V predelih višjega parnega tlaka izstopa iz vode oz. ledu večja količina vodnih molekul, ki nato prehajajo v predele nižjega parnega tlaka, kjer se ponovno utekočinjajo ali sublimirajo. Opravka imamo tudi s prehajanjem energije: ta se pojavlja za izparevanje, vrača pa se v utekočinjanju oz. sublimaciji.

Zapolniti si velja:

- Kadar imamo v nekem prostoru hkrati delce ledu in vodne kapljice, se ledeni kristali rede na račun kapljic.
- Kadar so drug ob drugem različno mrzli ledeni kristali, se hladni rede na račun toplih.
- Prehod vodnih par je v tem izdatnejši, čim večja je temperaturna razlika.
- Kadar so druga ob drugi različno debele vodne kapljice, se debele rede na račun drobnih.
- Vodne pare izdatneje izstopajo na štrlinah in se odlagajo v vboklinah, na stilnih točkah med kristali.

2.7.2 Razvrstitev snežnih kristalov, vrste snega [4]

Pogoji za zasneževanje niso vedno enaki, nujno je predvsem, da je temperatura pod zmrzovališčem torej $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj. To je zelo pomembno za planinca, ki iz znanega poprečnega padca temperature ozračja na 100 m višinske razlike ($0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$) iz razmer v dolini lahko ugotovi, kje približno bo na gori snežilo, npr. če se pustega, mokrega jesenskega dne iz Preddvora odpravimo na Kališče in v izhodišču namerimo $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, lahko povsem upravičeno pričakujemo, da bo na Kališču pri $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ med dežjem še kar precej snežink, na Bašeljskem sedlu ali malo nad njim pa bo samo snežilo.

Razpredelnica 2 kaže, koliko je pri temperaturah $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ – merjeno na zemeljski površini – v padavinah dežja in koliko snega (tabel 5).

Tabela 5: Količina padavin pri različnih temperaturah

Temperatura pri tleh (°C)	-1	0	+1	+2	+3	+4
Sneg (%)	98	93	50	30	8	1
Sneg z dežjem (%)	1	4	23	15	7	0
Dež (%)	1	3	27	55	85	99

S snežnimi kristali, njihovim nastankom in oblikami so se ukvarjali številni znanstveniki po vsem svetu. Choji Magono in Čung Van Li (1966) sta nadaljevala delo svojih predhodnikov in izdelala popolnejšo razdelitev (slika 15), ki smotrno dopolnjuje temeljno delitev na deset osnovnih vrst trdnih padavin iz leta 1951, ki jo je uvedla Mednarodna komisija za sneg in led. Ta je bila posodobljena s strani UNESCO leta 2009.

• **Ploščica** je tanek ploščat, šestersomeren kristal. Mejne ploskve so bodisi gladke bodisi žlebičaste. Debelina znaša nekaj deset mikronov, najdemo pa tudi debelejše.

• **Zvezdice** so tanki, ploski kristali s šestimi, redkeje dvanajstimi golimi kraki, ki se v eni ravnini razvrščajo v osrednje jedro. Zvezdam z razvejenimi kraki pravimo dendrit.

• **Stebrički** so podolgovati kristali šestokotnega preseka, ki po dolžini pet do osemkrat presegajo premer. Če je razmerje manjše, imamo opravka z debelimi ploščinami oz. prizmami. Osnovni ploskvi sta bodisi gladki bodisi podaljšani v piramido ali stožec. Votlim stebričkom pravimo tulec.

• **Igle** so v bistvu tanki stebrički, katerih dolžina je osem do dvajsetkrat večja od njihovega premera. Ločimo polne in votle igle, igle s koničastimi ali votlimi konci, snope vzporednih igel in raznovrstne druge skupke.

• **Ježek** (prostorski dendrit) je več kristalna tvorba iz ledu. Iz osrednjega jedra se razvrščajo v prostor ploščice, preprosto razvejeni lističi, kraki zvezdic, igle, stebrički, ipd.

• **Ročka (manšetni gumb)** je snežinka, sestavljena iz stebrička, na čigar osnovnicah sta primrzneni tanki ploščici ali zvezdici, dendrita.

• **Spaček (nepravilen kristal)** je tvorba iz zelo majhnih ledenih delcev, stebričkov in drugih, ki se brez kakšnega določenega reda razraščajo v prostor.

• **Babje pšeno** so bolj ali manj okrogle, motno bele kroglice, premera do 5 mm. Zrna so krhka, lahko jih stisnemo v kepo, od trdnih tal odskakujejo in se razlete. Babje pšeno nastane iz ploščic, igel, stebričkov, zvezdic in drugih snežnih kristalov, tudi ježkov in spačkov, če ti med sneženjem padajo skozi oblake ali meglo podhlajene vode. Ob dotiku se kristali kapljice primrznejo. Na kristalih se nabira ivje in jih s časoma popolnoma pokrije. Pogosto ob pogledu na kroglico babjega pšena ne moremo ugotoviti, kakšen je bil prvotni kristal.

K babjemu pšenu štejemo še stožčasta zrna sodre in zrnat sneg. Sodra nastaja, kadar so v oblakih tudi debelejše podhlajene kapljice, s katerih se razvršča ivje v vse smeri. Oblikujejo se zrna s kroglasto zaobljeno spodnjo in stožčasto zoženo vrhno polovico. **Sodra** je precej bolj gosta ko babje pšeno. **Zrnat sneg** so ploščate ali podolgovate, majhne bele neprozorne padavine, premera pod 1mm. Ločiti babje pšeno od sodra ni težko, če ima zrno leden oklep je sodra, drugače je babje pšeno.

• **Leden dež** so majhna, prosojna ledena zrnca kroglaste oblike. V notranjosti se pogosto ohrani voda v tekočem stanju, kar pomeni, da kapljice zmrzujejo od površine v notranjost. Če so zrna debela, imamo opravka s sodro.

• **Toča** so ledena zrna, ki nastajajo iz sodre in iz vodnih kapelj velikank, ki merijo 7 do 10 mm v premeru. Na površini se začne delati led, ki v koncentričnih plasteh prodira vse globlje v notranjost.

	N 1 a Iгла		C 1 f Tulec		P 2 b Zvezdica s sektorji		P 6 b Ploščica z dendriti		CP 3 d Ploščica z zvitki		R 3 c Babje pšeno z izrastki
	N 1 b Sveženj igel		C 1 g Debela ploščica		P 2 c Dendrit s ploščicami		P 6 c Zvezdica s srezem		S 1 Stebrček z bočnimi ploščicami		R 4 a Šesterokotno babje pšeno ali sodra
	N 1 c Cevka		C 1 h Debela rebrasta ploščica		P 2 d Dendrit s sektorji		P 6 d Zvezdica z dendriti		S 2 Skupek stebrčkov z bočnimi ploščicami		R 4 b Babje pšeno ali sodra
	N 1 d Sveženj cevki		C 1 i Zvitek		P 2 e Ploščica z izrastki		P 7 a Prostorski skupek ploščic		S 3 Skupek stebrčkov z bočnimi ploščicami in stebrčkov		R 4 c Stožčasto babje pšeno ali sodra
	N 1 e Podolgovat stebrček		C 2 a Skupek koničastih stebrčkov		P 2 f Ploščica s sektorskimi izrastki		P 7 b Prostorski skupek dendritov		R 1 a Zavižnena igla		I 1 Delci ledu
	N 2 a Skupek igel		C 2 b Skupek stebrčkov		P 2 g Ploščica z dendritskimi izrastki		CP 1 a Stebrček s ploščicami		R 1 b Zavižen stebrček		I 2 Zavižni delci ledu
	N 2 b Skupek cevki		P 1 a Ploščica		P 3 a Dvovejnati kristal		CP 1 b Stebrček z dendritoma		R 1 c Zavižna ploščica		I 3 a Vejica dendrita
	N 2 c Skupek podolgovatih stebrčkov		P 1 b Sektorska ploščica		P 3 b Trivejnati kristal		CP 1 c Skupek stebrčkov s ploščicami		R 1 d Zavižna zvezdica		I 3 b Zavižna vejica dendrita
	C 1 a Piramida		P 1 c Širokokraka ploščica		P 3 c Štirvejnati kristal		CP 2 a Skupek koničastih stebrčkov s ploščicami		R 2 a Gosto zavižna ploščica		I 4 Razni skupki
	C 1 b Čaša		P 1 d Zvezdica		P 4 a Dvanajstkraška ploščica		CP 2 b Koničast stebrček z dendriti		R 2 b Gosto zavižna zvezdica		G 1 Zametek stebrčka
	C 1 c Koničast stebrček		P 1 e Dendrit		P 4 b Dvanajstkraški dendrit		CP 3 a Zvezdica z iglami		R 2 c Zvezdica z ljavstimi izrastki		G 2 Zametek rebraste ploščice
	C 1 d Koničast tulec		P 1 f Praprostasta zvezdica		P 5 Popačen kristal		CP 3 b Zvezdica s stebrčki		R 3 a Zvezdast zametek babjega pšena		G 3 Zametek ploščice
	C 1 e Stebrček		P 2 a Zvezdica s ploščicami		P 6 a Ploščica s srezem		CP 3 c Zvezdica z zvitki		R 3 b Ježast zametek babjega pšena		G 4 Zametek zvezdice
											G 5 Zametek prostorskega skupka ploščic
											G 6 Nepravilen zametek

Slika 15: Delitev 80 tipov snežink po Maronu in Lee-ju iz leta 1966, vir: [4]

V teh je dosti zračnih mehurčkov, včasih tudi ivja. Rast je pogosto neenakomerna, zato zrna toče niso vselej okrogla.

Zrno toče se debeli med padanjem, ki je včasih v nevihtnem oblaku zaradi močnih zgornjikov oteženo in upočasnjeno. Na točo se nabira ivje – podhlajene vodne kapljice, ki ob dotiku z zrnem primrznejo. V toplejših predelih oblaka se na zrnju spet nabira led. Premer toče je okrog 10 mm, doseže pa tudi velikost kurjega jajca in več.

Za delce od 1-7 je že na prvi pogled jasno, da spadajo h kristalom: imajo ravne ploskve, lahko jim priredimo kristalne osi. Skupen simbol za te je križec, ki pomeni nov, nespremenjen sneg. Babje pšeno, sodra in toča so drugačni, vendar so delci ledu in jih za to štejemo k snegu.

Še več osnov o snegu v dodatku 1 (Dodatek raziskovalne naloge Domač sneg).

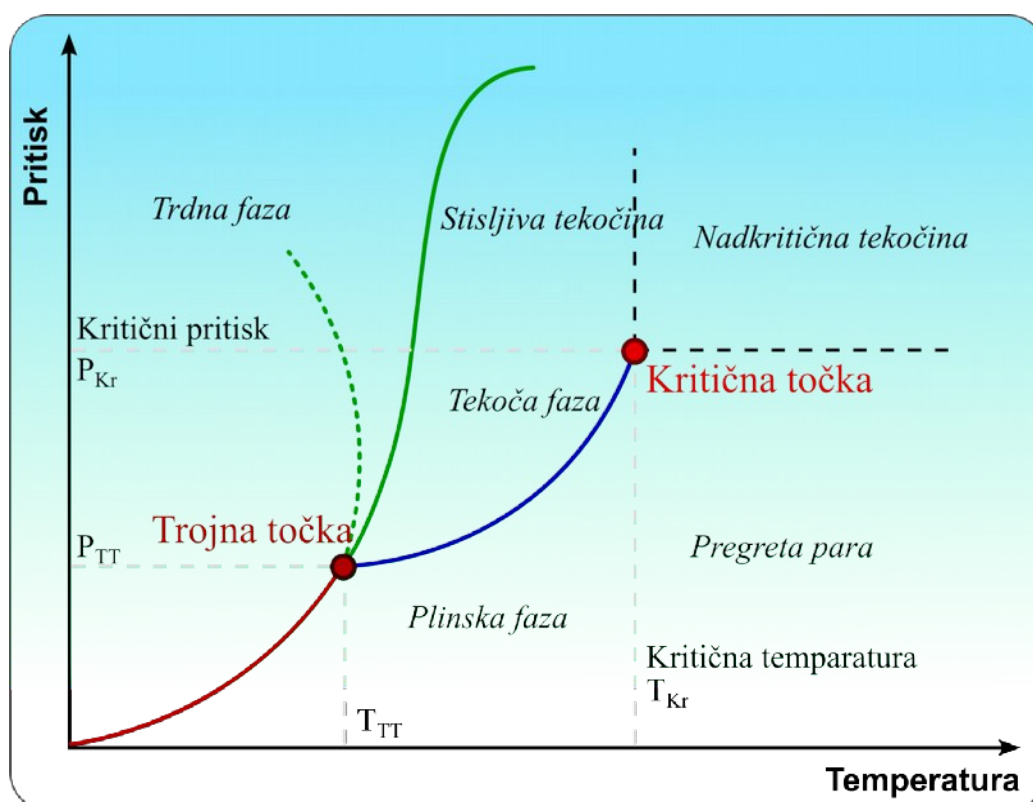
2.7.3 Fazni prehodi med agregatnimi stanji

Fázni diagram [6] je grafična ponazoritev obstajanja različnih faz. **Faza** je v tem primeru definirana kot homogeni del (povsod enaka kemična sestava ter fizikalno-kemične lastnosti) **heterogenege sistema**, ki se da mehansko ločiti in ima fizikalne značilnosti (tabela 6). Faza je lahko sestavljena iz ene ali več komponent; lahko je **element**, **spojina** ali **raztopina**. Komponenta je lahko **element** ali **spojina**. Faza se lahko nahaja v **plinastem**, **tekočem** ali **trdnem agregatnem stanju**.

Tabela 6: Možne oblike faznih prehodov med agregatnimi stanji (vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Phase_transition)

Ime faznega prehoda		Začetna faza			
		Trdnina	Kapljevina	Plin	Plazma
Končna faza	Trdnina	-	strjevanje	resublimacija	-
	Kapljevina	taljenje	-	kondenzacija	-
	Plin	sublimacija	izparevanje	-	ionizacija
	Plazma	-	-	rekombinacija/ deionizacija	-

Fazni diagrami (slika 16) navadno ponazarjajo termodinamska ravnotežja. To je stanje z najmanjšo prosto energijo. Čeprav v nekem faznem diagramu obstaja veliko faz, je največje število faz, ki so lahko v ravnotežju, omejeno z Gibbsovimi faznim pravilom: $F + S = K + 1$, kjer je F število faz, S število prostorski stopenj in K je število komponent. Zgled npr. v diagramu Fe-Fe₃C je navzočih 5 faz, toda hkrati so lahko v ravnotežju največ tri.



Slika 16: Fazni diagram vode, vir: [6]

Glede na število komponent v faznem diagramu ločimo:

- enokomponentne sisteme (npr. za Fe, vodo - H₂O), ki jih navadno podajamo v diagramih temperatura - tlak;
- dvokomponentne ali binarne sisteme
- trojkomponentne ali ternarne sisteme [6].

Trojna točka vode je pri temperaturi 273,16 K (0,01 °C) in parnem tlaku 611,73 Pa (približno 0,6 % normalnega zračnega tlaka).

2.8 Vrste snežnih topov

Snežne tope delimo na:

- T-snežni top (domača izdelava)
- kombiniran visokotlačni snežni top (domača izdelava)
- nizkotlačni ali oplaščen ventilatorski top (domača izdelava)
- visokotlačni snežni top ali »žirafa« (komercialna izvedba)
- nizkotlačni ali oplaščen ventilatorski top (komercialna izvedba)
- strojni pogon za izdelavo snega v vseh temperaturnih pogojih (redka komercialna izvedba)

Opisani bodo posamezni topovi razen zadnjega, ki bo omenjen v razpravi.

2.8.1 T-snežni top

T-snežni top (angl. Tee gun) je najosnovnejši model snežnega topa (slika 17), na katerem se lahko naučimo osnov zasneževanja. Sestavljen je iz delov, ki jih lahko kupimo v vsaki tehnični trgovini z opremo za vodo-inštalaterska dela (material za vodovod in kanalizacijo npr.

<http://www.termotehnika.si/> ali <http://www.instal.si/>, 15. 2. 2012). V osnovi ne gre za mešalno komoro, ki je T-komad, po tem ima tudi ime. T-snežni top v osnovi uporablja le nukleatorsko šobo, tako da lahko naredimo le male količine snega. Pretok vode na takem snežnem topu je od 0,5 l/min do 0,8 l/min. Nukleatorsko šobo izdelamo kar sami, najlažje je iz kromirane-medeninaste kape za vodovod, saj zaradi mehkega materiala, zlahka zvrtno luknjo za nukleator. Velikosti lukenj so od 1 mm do 4 mm, odvisno od pretoka zraka na kompresorju. Večji ko je pretok zraka na kompresorju, večjo luknjo potrebujemo. In kako izvemo, kakšno šobo potrebujemo? Velikost šobe pri domačem snežnem topu ugotovimo s preizkušanjem različnih velikosti. Na začetku preizkusimo šobo velikosti 1mm, če pride do utripanja (pulziranja) curka vode, kar pomeni, da zrak zabija nazaj vodo in zvok, ki ga oddaja snežni top, ni enakomeren. Iz česar sklepamo, da je potrebno povečati velikost šobe. Zelo hitro bomo pri preizkušanju z večanjem odprtine šobe našli pravo šobo, ki ustreza našemu kompresorju. Zvok, ki nastane na šobi, naj bo čist in enakomeren, kot pri komercialnih snežnih topovih. V primeru da se še vedno pojavlja utripanje, je pametno vklopiti kompresor in ga pustiti najprej prosto delovati 5 minut, tako da se tlak ustali in šele nato postopoma začeti odpirati ventil za vodo. Stroški izdelave T-snežnega topa so okoli 20 € (tabela 7).



Slika 17: Primer testiranja izvedbe T-snežnega topa, foto: M. Sever

Natančen izračun je naveden v tabeli 7.

Tabela 7: Izračun nabavne cene posameznih komponent T-snežnega topa

Artikel	Količina	Cena	Skupaj
Titan poc T-kos 3/8"	1	1,16 €	1,16 €
Titan poc tuljavka - dvovijačnik 3/8"	2	1,12 €	2,24 €
Ventil kroglični z dolgo ročko 3/8"	2	3,35 €	6,70 €
Čep krom 9.5 mm (3/8")	2	1,12 €	2,24 €
Tuljavka reducirna krom 12.7x9.5 mm (1/2"x3/8")	1	1,20 €	1,20 €
PRIKLJUČEK ZA VODO 1/2"	1	1,49 €	1,49 €
SPOJNI ELEMENT MOLAN VTIČ (3/8) ZN/P	1	1,99 €	1,99 €
Cena skupaj:			17,02 €

2.8.2 Kombiniran snežni top

Kombiniran snežni top (angl. Combo gun) pomeni nadgradnjo prej opisanega T-snežnega topa (slika 18). Dodane so dodanimi vodne oz. t.i. angl. bulk šobe.



Slika 18: Primer sestavljenega kombiniranega snežnega topa, foto: M. Sever

2.8.3 Priprava vode za kombiniran snežni top

Kot prvo je najpomembneje dovod vode. Voda mora biti pod velikim pritiskom, da lahko snežni top deluje. Ko omenjamo visok pritisk, govorimo o pritisku okoli 24 barov. Po navadi bo žirafa delala odlično pri 35 barih. Več kot pa 48 barov pa ni primerno za uporabo pri domači izvedbi. Za ustrezen pritisk lahko uporabimo preprosto visokotlačni čistilec ali pa kakšno visoko tlačno črpalko, ki ima večji pretok (slika 19 in 20).



Slika 19: Visokotlačni čistilec, vir:
<http://www.karcher-vps.si/images/D/Visokotla%C4%8Dni-%C4%8Distilec-Karcher-HD-7-18-4M-Plus-01.jpg>



Slika 20: Visokotlačna črpalka CAT, vir:
<http://cfnewsads.thomasnet.com/images/large/023/23602.jpg>

2.8.4 Zrak za kombiniran snežni top

Za dovod zraka je potrebno uporabiti cev čim večjega premera (za zmanjšanje tlačnih izgub skozi cev), saj če boste uporabljali klasično cev za zrak 3/8", bo hitro zamrznila. Do zamrznitve pride, ker se zrak v kompresorju segreva in med tem ko potuje po cevi, se ohlaja, tako začne kondenzirati in pri malem primeru cevi hitro zmrzne. Prav tako ni priporočljivo uporabljati hitrega spoja za zrak, saj je popolnoma kovinski in zopet malega premera, tako da bo prav tako hitro zmrznil. Tudi plastični hitri spoji, ki se uporabljajo za vrtno cevi, niso primerni za uporabo, ker prav tako hitro zmrznejo. Najbolje bo, da cev natakemo s pomočjo objemke.

Za zrak je najbolje, če poskrbi brezoljni kompresor, kateri naj ima pretoka vsaj 113 l/min pri tlaku 4 barov (slika 21).



Slika 21: Brezoljni kompresor, vir:
http://trgovina.mercator.si/wcsstore/Tehnika/images/products/a087/3831081021328_01_large.jpg

Še več o tehničnih podatkov o uporabljeni razsvetljavi in testnem kompresorju je v dodatku 2 (Dodatek raziskovalne naloge Domač sneg).

2.8.5 Šobe za kombiniran snežni top

Veliko ljudi ima težave z vprašanjem: "Kakšne vodne šobe naj kupim?". Torej želimo imeti pretok 7,6 l/min, pri tlaku 31 barov. Za takšen pretok bi bila uporabna šoba xx06. Pretok šobe se meri pri tlaku 2,76 bara in je 2,3 l/min, kar pomeni, da ima šoba pri tlaku 31 barov pretoka 7,6 l/min. Dobili smo isti pretok, kot ga želimo, ampak priporočljivo je izbrati za eno stopnjo manjšo šobo torej xx05, saj si ne želimo prevelikih kapljic, ki bi preprečevale izdelavo snega pri višjih temperaturah.

Naslednji del je najpomembnejši del kombiniranega snežnega topa, to je nukleatorska šoba. V tej šobi se mešata voda in zrak in ob izstopu se mešanica močno ohladi ter se pomeša z vodo iz vodnih šob. Mnogo ljudi misli, »zakaj ne bi snega preprosto izdeloval le z visokotlačnim čistilcem«, ampak to ni mogoče, ker nukleatorska šoba omogoča izdelovanje snega zaradi močne ohladitve pri izstopu iz nukleatorja. Pri tlaku zraka okoli 8 barov in pri temperaturi zraka 0 °C izstop zraka povzroči podoben učinek kot da bi bilo -40 °C, in zaradi tega lahko fine vodne kapljice zamrznejo tako hitro. Nato se zmrznjeni kristali združijo z vodo iz vodnih šob, pri tem nastane do združevanja in tako do večjih snežink.

Pozorni moramo biti tudi na razdaljo med nukleatorjem in vodnimi šobami. Če ti dve šobi postavimo preblizu, bo prišlo do prehitrega združevanja, in dobili bomo leden sneg, če pa sta postavljeni preveč narazen, pa nam veter odpihne nukleatorsko mešanico in prav tako ne bomo dobili snega.

Pri izbiri števila vodnih šob na naši žirafi lahko uporabimo tudi le eno ali dve in tako ohranimo enostavnost "žirafe" in tudi zmanjšamo stroške izdelave. Pri večjem številu šob moramo uporabiti šobe manjših velikosti, kar pa nam omogoča obratovanje pri nižjem tlaku, saj manjše šobe naredijo tudi manjše kapljice.

Prav tako se moramo zavedati, da večje število šob ni nujno, da bo prineslo več snega. Lahko naredimo z žirafo, ki ima samo eno vodno šobo prav enako količino snega, kot pa z žirafo z večimi šobami, saj število šob nam ne določa količine snega, saj je pomemben pretok vode in zraka.

2.8.5.1 Ventil za kombiniran snežni top

Krogelni ventil je zelo pomemben, saj z njim uravnavamo mešanico zraka in vode. Brez tega ventila bi voda, saj je pod višjim pritiskom, izpodrinila zrak in bi prodrla v kompresor (tam bi ga tudi uničila). Največjo natančnost lahko dosežemo z ventilom, ki se uporablja za odpiranje in zapiranje dotoka vode na radiatorju, vendar te ventili hitro zamrznejo. Torej pozorni moramo biti, če pustimo žirafo zunaj, da popolnoma izpihamo vodo iz "žirafe" in tako preprečimo zamrznitev vode v armaturah.



Slika 22: Radiatorski ventil, vir:
http://www.merkur.si/media/catalog/product/cache/1/image/5e06319eda06f020e43594a9c230972d/1/0/1066091_5.jpg



Slika 23: Kroglični ventil, vir:
<http://www.merkur.si/media/catalog/product/cache/1/image/5e06319eda06f020e43594a9c230972d/2/2/227323.jpg>

2.8.5.2 Premer cevi pri kombiniranem snežnem topu

Na kombiniranem snežnem topu lahko uporabimo cevi med ¼" in ½".

2.8.6 Izdelava tehničnega snega s kombiniranim snežnim topom

Veliko se jih sprašuje, kakšna bo sploh proizvodnja tehničnega snega in koliko bo le ta večja od proizvodnje snega s pomočjo T topa. Večji kot je pretok vode, zraka in pritiska, več snega bomo lahko naredili. V primeru, da imamo kombiniran snežni top (angl. combo gun) s pretokom 7,6 l/min, bomo v eni uri porabili 456 l vode. Nekje iz enega kubičnega metra vode lahko dobimo 2 do 2,5 kubična metra snega, lahko izračunamo, da bomo dobili približno 1,15 m³ snega v eni uri. Kar na površini 40 m² pomeni 2,89 cm snega. Vendar to je mogoče le ob idealnih pogojih, brezveterje in idealna temperatura.

Temperature, ki so primerne za uporabo kombiniranega snežnega topa pod -2,2 °C in relativno vlažnostjo zraka nižjo od 70 %.

2.8.6.1 Za domačo proizvodnjo tehničnega snega

Za delovanje domačih snežnih topov potrebujemo le vodno in zračno črpalko ter cevi za vodo in zrak. Meteorološke postaje ne potrebujemo, saj je zadosti navadni termometer. Zagotoviti moramo, da je dovolj vodnega in zračnega pritiska.



Slika 24: Zasněževanje s kombiniranim snežnim topom, vir:
<http://img32.imageshack.us/img32/4678/dscn0342vv.jpg>

2.8.7 Ventilatorski oplaščen snežni top

Skupino nizko tlačnih topov poznamo še pod imenom ventilatorski oplaščen snežni top (v nadaljevanju bomo govorili skrajšano samo o ventilatorskem snežnem topu). Za delovanje potrebuje ventilatorski snežni top le 8 barov vodnega pritiska, kar je v primerjav z žirafko skoraj za polovico manj. Zgornja meja vodnega pritiska je podobna kot pri žirafah. Nizko tlačni top ima veliko večjo porabo električne energije v primerjavi z visoko tlačnimi topovi. Glavni del teh topov so prav tako šobe, ki so razporejene v krogu ali drugače rečeno šobe so razporejene v obroču. Število šob je različno in je odvisno od modela. Na trgu so topovi od 32 do celo 200 šob.



1 Električni dovod **2** Ohišje snežnega topa **3** Dovod vode **4** Nosilna konstrukcija **5** Elektro omarica
6 Ročka vodnega filtra **7** Zaščitna mreža **8** Ventilator **9** Šobe **10** Ventilator **11** Reflektor
12 Vodni filter **13** Električni kabel **14** Krmililna omarica **15** Nukleatorska šoba **16** Vodna šoba

Slika 25: Senžni top Krpan, ki ga proizvaja podjetje Sašo Krajnc s.p., Foto: N. Grabant, Ž. Korpar
Nekaj let so v Evropi najbolj prodajani topovi znamke TechnoAlpin, ki na svojih topovih prisegajo na manjše število šob. Razmerje nukleatorske in vodne šobe je v večini primerov 1:3 (ena vodna šoba ima po navadi 4 odprtine za vodni curek). Glavna prednost ventilatorskih oplaščenih topov je njihova mobilnost (na kolesih ali namenjeni za premik). V večini primerov so ventilatorski snežni topovi mobilne izvedbe in jih razporejajo po smučišču po potrebi. Seveda so še druge izvedbe. Poznamo topove na stebrih, po katerem lahko top dvigujemo ali spuščamo. Višina teh stebrov je 3,5 m ali 4,5 m. Možnost montaže topa je še na roko dolžine 6 m oz. 10 m. Prednost teh mobilnih topov je tudi v enostavnem usmerjanju topa na smučarsko progo. Lahko poljubno zasučemo top in kot zasneževanja, kar je koristno v rahlemu vetru in pri različnih temperaturah.

2.8.7.1 Snežni top Techno Alpin T60

Podrobneje bomo predstavili snežni top, ki prihaja iz italijanskega podjetja TechnoAlpin (s sedežem v Boteznu- Severnatirolska). Gre za enega izmed najbolj prodajanih modelov podjetja TechnoAlpin. Model T60 je popolnoma avtomatski nizko tlačni snežni top. Lahko je v mobilni obliki, nameščen na stebri ali na roki. T60 sestavljajo naslednje komponente:

- boben z močnim ventilatorjem zadaj,
- gretje lopatic ventilatorja, kot standardna oprema,
- brezoljno kompresorsko enoto,
- motorne ventile,
- senzorji temperature in tlaka oz. vremenska postaja,
- celoten električni sistem, vključno z močno LED-razsvetljava.

Snežni top T60 omogoča ročno nastavljanje kota oz. višine in motorno vodoravno nihanje. Tipke na nadzorni plošči so osvetljene za lažje upravljanje ponoči.



Slika 26: Snežni top T60, vir

http://www.technoalpin.com/Faszination_Technik/Schneeerzeuger/Propellermaschinen/T60/Bilder%20%26%20Prospekte.html, 2. 2. 2013

V »Dodatku raziskovalne naloge Domač sneg« je v poglavju Kako bi doma izdelali ventilatorski snežni top, opisana osnova njegove izdelave.

2.9 Šobe za snežne topove [50]

Šobe so najpomembnejši del snežnega topa, saj brez šob ne bi bilo mogoče izdelati snega. Zato je pri domači kot pri komercialni izdelavi topov zelo pomembna izbira ustreznih šob.

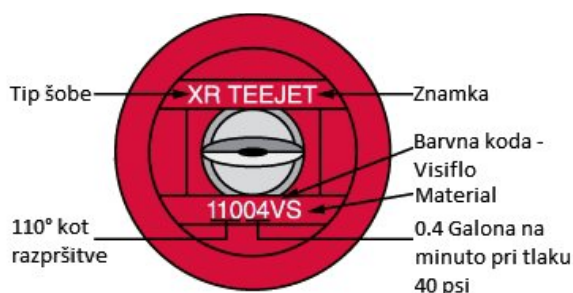
Najprej se bomo posvetili šobam za t. i. kombiniran top (angl. combo gun).

2.9.1 Šobe ploščati curek

Najbolj primerna šoba za kombiniran top je šoba tipa ploščati curek oz. »angl. Flat fan«, ki je pri ameriških prodajalcih bolj poznana pod imenom »Teejet« šoba. Dobre šobe tipa ploščati curek so MEG in IMEG, ki jih izdeluje podjetje Spraying Systems Co (<http://www.spray.com/>). Dobre so zaradi materiala, saj so izdelane iz nerjavečega jekla, ki je 4-6 x trši od medenine. Uporabljajo se tudi šobe tipa votli stožec, ki se uporabljajo v oljnih gorilnikih. Obravnavane so kot boljše od tipa ploščati curek, vendar težave nastanejo pri mešanju z nukleatorjem in odnašanjem kapljic. S tako šobo ne dobimo dolgega dometa in tudi dražje so kot šobe tipa ploščati curek, zato so po našem mnenju te šobe neprimerne za uporabo na kombiniran topu.

2.9.2 Oznake na šobah

Na šobah ploščatega curka lahko najdemo številke, ki nam povedo pomembne podatke o sami šobi. Po navadi imajo štiri do pet števil, ki nam povedo kote razpršitve in pretok šobe. Prve dve oz. tri številke nam povedo kot razpršitve. Pri šobi 11004 lahko razberemo, da ima kot razpršitve 110°, kar vidimo iz prvih treh števil. Zadnji dve številki, torej 04, pa nam povedo pretok šobe (slika 31). Torej šoba 11004 ima kot 110° in pretok 0.4 galona na minuto pri tlaku 40 psi, kar pomeni 1,5 l/min pri tlaku 2,76 bar.



Slika 27: Primer razlaga oznak na šob, vir:
<http://www.teejet.com/media/30243/nomenclature.jpg>

Povezavo med bari in psi podaja naslednji faktor pretvorbe:
1 Psi = 0,0689475729 bar (vir: <http://www.asknumbers.com/bars-to-psi.aspx>, 10. 2. 2013).
Ameriška galona je 231 kubičnih palcev (3,785411784 litra).

2.9.3 Kot razpršitve šobe

To je ključ do izdelave snega in njegove kvalitete. Če imamo preširoko vodno šobo oz. angl. bulk šobo, in ne dovolj širokega nukleatorja, bomo dobili »mokre robove«. To pomeni, da se v sredini dobro zmešata mešanica vode in zraka in voda iz široke šobe, ob robovih pa ne pride do mešanja in tako na tleh dobimo samo led. Večina proizvajalcev ponuja šobe v kotih 15, 25, 40, 50, 65, 73, 80, 95, in 110°. Ožji kot je, večje so kapljice in daljši je domet, kot pa pri širših šobah. Širši kot šobe pomeni manjše kapljice, vendar tudi krajši domet. Večina kombiniranih topov uporablja vodne šobe kota 40° z nukleatorjem ene stopnje več (enkrat širši kot tabela 7). Širši kot je kot razpršitev šob, manjše bodo kapljice, vendar tudi domet bo kratek in tako bomo dobili sneg bolj na kupu.

Ozek kot šobe še ne pomeni, da je šoba slaba za uporabo. Ozek kot šobe nam da dober domet snežnega topa. Ker kapljice potujejo dlje, se tako dobro pomešajo z mešanico iz nukleatorja in se kristali združujejo v zraku, to je ključ, kako dobimo večje snežinke in suh sneg. Spodaj, v naslednjih tabelah, boste lahko videli, kako hitro upada velikost kapljic z večjim kotom. To je dobro za delovanje z manjšim pritiskom, vendar bo leženje zmanjšalo domet. Pred izbiro kota šob moramo vedeti, ali želimo top, ki bi nam nudil daljši domet; v tem primeru moramo izbrati šobe ožjega kota, ali top, ki nam bo nudil kratek domet; izbrati moramo šobe širšega kota, vendar ne sme biti širša od 80° kota, ker je potem nukleator preozek. Kratek domet pomeni večji kup snega na manjši površini.

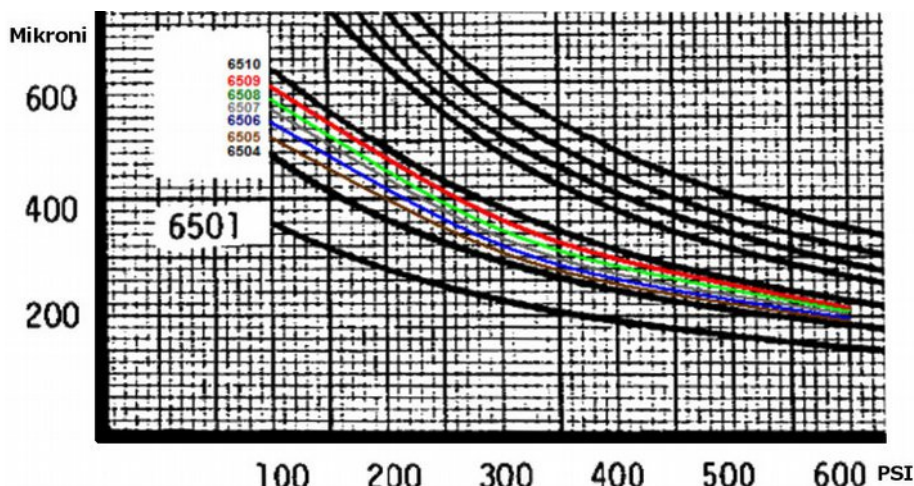
Tabela 8: Izbira tipa šobe glede na kot razpršitve in njej ustrezne nukleatorske

Široka vodna šoba – angl. bulk	Nukleatorska šoba
15°	40°
25°	40°, 50° ali 65°
40°	65°
50°	80°
65°	110° (morda bo potrebna predelava)
80°	110° (potrebna bo predelava)

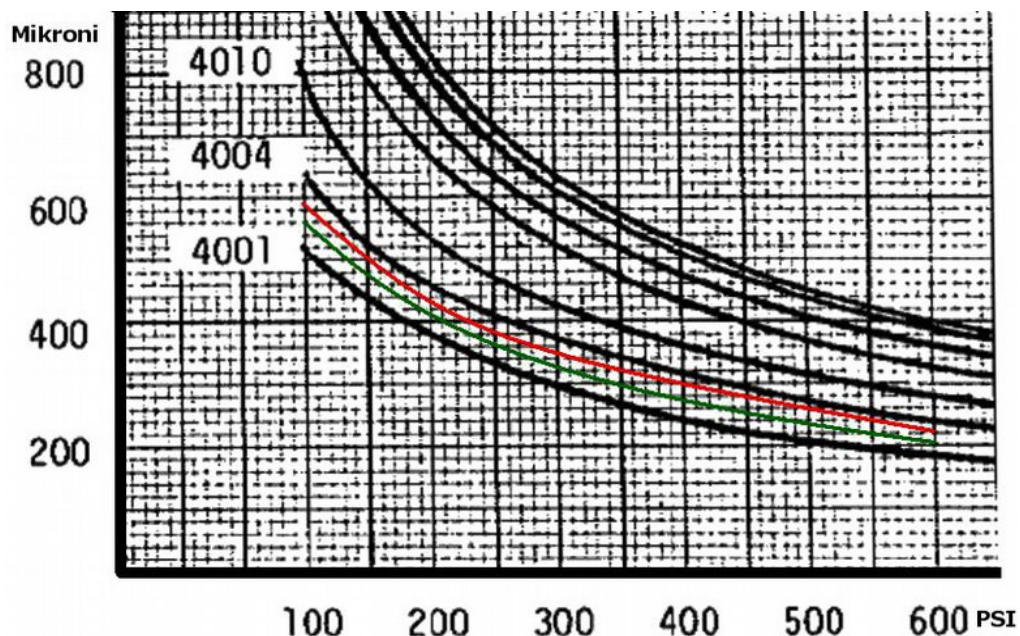
2.9.4 Velikost vodnih kapljic iz šob

Velikost vodnih kapljic je zelo pomembna za samo kvaliteto snega, kot tudi premikanje in izhlapevanje kapljic. Večina snežnih topov ustvarja kapljice velikosti od 300 do 600 mikronov (slika 32, 36, 35). Večina doma narejenih topov ni oddaljena od tal 6 m ali več, zato imajo manjše

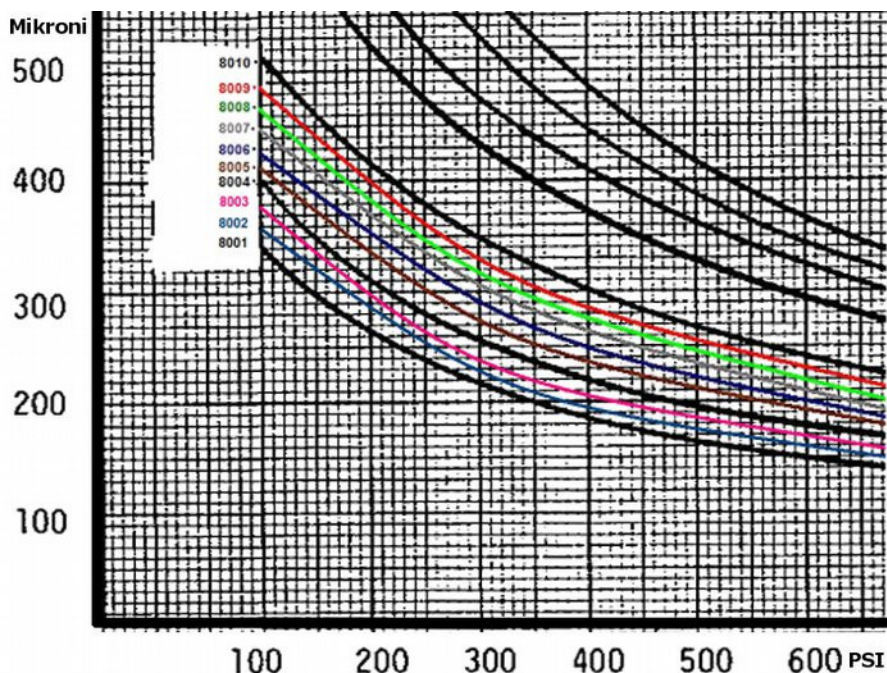
pretoke in ustvarjajo manjše kapljice. Za velikost kapljic nam po navadi ni potrebno skrbeti, da bi bile prevelike, če imamo tlak okoli 28 barov. Če sneg proizvajamo z okoli 20 bari, je potrebno dobro razumeti velikosti kapljic, saj lahko hitro pride do slabe kvalitete snega. Velike kapljice lahko hitro padejo na tla in se bolje upirajo vetru, kar močno pomaga pri premikanju in izhlapevanju. Moramo biti tudi pozorni, da imajo kapljice dovolj časa za spremembo v sneg, preden padejo na tla. Spodaj sov grafih vidne primerjave velikosti kapljic med posameznimi šobami. Manjše kot so kapljice, boljše so za zasneževanje, vendar premajhne nam hitro odnese veter, oz. že sapa vetra. Najmanjša velikost kapljic naj bi bila 200 mikronov, največja pa za domače zasneževanje okoli 450 mikronov, odvisno od temperature in višine "žirafe". Približna normalna velikost kapljic za domače zasneževanje je 300 mikronov.



Slika 28: Velikost kaplic pri šobi s kotom razprševanja 65°, vir:
http://farm3.static.flickr.com/2479/3838928635_751de21c42_o.jpg



Slika 29: Velikost kaplic pri šobi s kotom razprševanja 40°, vir:
http://farm3.static.flickr.com/2555/3839717878_f185f85e17_o.jpg



Slika 30: Velikost kaplic pri šobi s kotom razprševanja 80°, vir: http://farm3.static.flickr.com/2523/3839718020_3e1b5c0fdf_o.jpg

2.9.5 Delovni tlak šob

Kombiniran snežni top deluje v razponu tlaka od 20 barov do 48 barov. Nižji tlak prinaša večje kapljice, zato moramo biti pozorni pri izbiri šob, ki jih bomo uporabljali. Vendar tudi previsoki tlak nam lahko dela probleme, saj so kapljice premajhne in tako izhlapijo ali pa jih veter odpihne. Priporočljiv tlak je med 24 bari in 34 bari. Če imamo prevelike kapljice ali preveliko izhlapevanje, kar opazimo pri dviganju kapljic namesto padanju, pa moramo uporabiti večjo šobo.

Pretoki šob so vedno navedeni pri tlaku 2,76, naši delovni tlaki pa so višji. Pri višjemu tlaku se dvigne tudi pretok. Zato če želimo izračunati dejanski pretok našega topa si lahko pomagamo z sledečo formulo.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} \quad P_1 = 2,76 - \text{ov. (tlak šobe) bar-a.}$$

$$P_2 = \text{tlak črpalke 25 bar-a.} \quad Q_1 = \text{Naveden pretok šobe 1,5 l/min}$$

$$Q_2 = \text{Dejanski pretok šobe 4,51 l/min.}$$

2.9.6 Material za šobe

Na trgu je možno kupiti šobe različnih materialov. Najbolj pogosta sta medenina in nerjaveče jeklo. Nerjaveče jeklo je 4-6 x trše od medenine, kar pomeni, da ima šoba iz nerjavečega jekla daljšo življenjsko dobo. Tudi šobe iz medenine so v redu za uporabo, vendar treba se je zavedati, da se te šobe kmalu obrabijo. Tudi cena šob iz nerjavečega jekla je dražja in zato so lahko končni stroški precej višji. Dobro pa se je izogniti plastičnim šobam, saj lahko veter odpihne kapljice proti šobi in tam začne zmrzovati ter tako šoba počí.



Slika 31: Šoba iz medenine,
vir:
http://img.weiku.com/photo/7454/745445/product/_20127717173303_s.jpg



Slika 32: Šoba iz nerjavečega
jekla, vir: http://www.esska-tech.co.uk/esska_eng/bilder/hauptbilder_neu/45_reinigungstechnik/4555_waschduesen/455572_700.jpg

2.9.7 Izvedbe šob

Na voljo so različne izvedbe šob. Poznamo šobe z navojem 1/4" ali 1/8" z ženskim ali moškim navojem, ali pa le vrh šobe, katerega pritrdimo na cev 1/2"



Slika 35: Vrh šobe,
vir:
<http://www.ispray.com/images/tp.gif>



Slika 36: Tip moške
šobe, vir:
<http://www.ispray.com/images/H-VV.gif>



Slika 33: Tip ženske šobe,
vir:
<http://www.ispray.com/image/s/H-DT.gif>



Slika 34: Šoba z hitro
spojko, vir:
<http://ispray.com/images/QCMEG-QCIMEG.gif>

2.9.8 Nukleatorska šoba

Nukleatorska šoba mora biti praviloma večja od vodne šobe, sicer pa je to odvisno tudi od števila vodnih šob in od pretoka kompresorja. Vedno je potreben večji kot razpršitve nukleatorja, ker z dodajanjem zraka, se kot razpršitve vidno zmanjša.

Zelo pomemben je razmak med nukleatorsko šobo in vodno šobo. Če imamo šobi preblizu skupaj, ne more nukleatorska mešanica popolnoma zamrzniti do takrat, ko pride do mešanja z vodo, in tako dobimo slabo kvaliteto snega. Tudi prevelika razdalja ni dobra, saj nam v tem primeru lahko veter razpiha nukleatorsko mešanico in tako ne pride do mešanja z vodo.

Pri uporabi kombiniranega topa si želimo, da bi nukleator ustvaril tlak zraka med 2,8 bara in 4,8 bara. S tem bomo poskrbeli za dobro mešanico vode in zraka, kasneje, ko bomo dodali vodo. Pri temperaturah nižjih od -7 °C bi lahko tlak zraka zmanjšali na 0,6 bara. Pri toplejših dnevih pa je potrebno izbrati šobo, ki bo ustvarila tlak med 3,4 bari in 4,8 bari.

2.9.9 Šoba AII HAGO

Hago šobe ustvarjajo curek v obliki votlega stožca. Takšne šobe se uporabljajo v oljnih gorilnikih. Za zasneževanje je primerna šoba tipa »Pseries«. Kot razpršitve, primeren je 30°, pri večjem kotu nastanejo problemi s padavinami. Pri pretokih moramo biti previdni, saj so pretoki navedeni za gostoto olja litrih na uro in ne gostoto vode in še to pri tlaku 6,9 bara.

Šobe tega tipa so najpogostejše na ventilatorskih topovih, saj imajo majhne pretoke in ustvarijo lepe in enotne majhne kapljice tudi pri nižjih tlakih. Te šobe so lahko tudi uporabljene na kombiniranem topu, vendar je večji učinek pri uporabi šob s ploščatim curkom.

Večina teh šob je narejenih iz medenine, prevlečene so z baker-nikelj prevleko, ki doda boljšo odpornost in lepši zgled.

Cena ene takšne šobe je okoli 3 € - 4 €, vendar sama šoba ima 11/16 navoj, zato je potrebno dokupiti pretvornik na 1/4", ki pa stane 1 € - 2 €. Torej je končna cena ene šobe med 4 € in 6 €.



Slika 37: Oljna šoba HAGO, vir:

http://hago.danfoss.com/Product/6087_PGR.jpg

2.9.10 Spiralna šoba -Spiraljets

Voda se razbija po spirali na majhne kapljice in tako nastanejo res zelo fine kapljice v obliki pol votlega ali polnega stožca. Nekateri amaterji so jih preizkusili za domače zasneževanje, vendar niso prišli do dobrih rezultatov. Trenutno so najbolj primerne za uporabo na ventilatorskih topovih.



Slika 38: Spiralna šoba, vir: http://farm4.static.flickr.com/3595/3838939309_b8eb58bd5e_o.jpg

Na splošno takšna šoba ni primerna za domače zasneževanje. Morda se sliši kot dobra ideja v teoriji, ampak je med slabšimi šobami, ki bi jih lahko uporabili za zasneževanje. Že sama cena šobe ni konkurenčna z ostalimi šobami, prav tako je vzorec razpršitve boljši s katero drugo vrsto šobe.

2.9.11 Šoba FogJets

Gre za ozko kotno šobo, s finim pršenjem. Zgrajena je iz 12 odprtin (slika 39). Te odprtine sestavljajo 20-30° kot ploščatega curka.



Slika 39: FogJets šoba, vir: <http://www.ispray.com/images/FF.gif>

Te šobe lahko uporabimo na:

- Kombiniran snežni top 13,8 bara tlaka vode.
- Ventilatorski snežni top 6,9 bara tlaka vode.

Te šobe lahko dobimo s pretokom 34 l/min pri tlaku 20 barov. Pretok si lahko poljubno nastavljamo z zapiranjem posameznih odprtin.

Te šobe lahko dobimo v medenini za okoli 45 € in v nerjavečem jeklu za 70 €. Cena je res visoka, ampak ne zaradi materiala, ampak ker mora stroj na eni šobi narediti 12 odprtin.

3 MATERIALI IN METODE DELA

V tem poglavju sledi opis nekaterih spletišč za samogradnjo snežnih topov, opis lastne izdelave Žirafe in vplivov na okolje (slednje je bolj širše obravnavano v Dodatku raziskovalne naloge Domači sneg).

3.1.1 Kratek pregled nekaterih spletišč za samogradnjo snežnih topov

Na spletu imamo na voljo kar nekaj spletnih strani oz. forumov, s katerimi si lahko pomagajo pri izdelavi snežnega topa. V slovenskem jeziku je najbolj razširjen forum snežni topovi (<http://sneznitpovi.mojforum.si/>, 3. 9. 2012), sicer ne gre za tako razširjen forum, saj na njem sodeluje le malo število uporabnikov. Opisane so osnovne izdelave snežnih topov v samogradnji (Tee-gun in Combo-gun), popolnoma primeren. Nekaj prispevkov o samogradnji topov, lahko najdemo tudi na spletnem forumu smučišča.net (<http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43&sid=bcbd213e622a6a30ad1d6be30c5d3daf>, 3. 9. 2012)).

V primeru, da želimo izdelati zahtevnejši oplaščen ventilatorski top (Fan-gun), toplo priporočam obisk ameriškega foruma <http://snowguns.com/eve/forums>, 3. 9. 2012, ki pa nam ponuja ogromno bazo podatkov, veliko različnih izdelanih topov z uporabo različnih materialov. Za uporabo foruma se je potrebno registrirati.

Na spletišču snowguns.com članek o izdelavi topov je na naslovu:

<http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/6636012705/m/2601037642>, 3. 9. 2012.

Na tem forumu je tudi odličen prispevek o ventilatorskem snežnem topu na naslovu:

<http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/1701080181/m/672103868>, 3. 9. 2012.

Prav tako je tam odličen članek o šobah na naslovu:

<http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/6636012705/m/7361038564?f=6636012705&a=tpc&m=7361038564&s=4826057994>, 3. 9. 2012.

3.2 Domača izdelava tehničnega snega z »žirafa«

Pri domači proizvodnji tehničnega snega skoraj vsi uporabljajo vodo iz javnega vodovodnega omrežja, kar ni najbolj racionalno, saj vemo, da se čez nekaj let lahko zgodi, da bo voda postala problem. Ker pri domači proizvodnji ne uporabljamo težke mehanizacije za delovanje, posledično ne posegamo v naravo in življenjski prostor. Domače »žirafe« so približno enako glasne kot serijsko proizvedene. V tem primeru lahko govorimo, da hrup moti živali, saj ni konstanten in se živali ne morejo navaditi naj.

Načrtovanje lastne izvedbe vodnega topa »žirafa«

V šoli so nas učili, da je za vsak projekt, katerega želimo realizirati, zelo pametno najprej skicirati in narediti načrt zanj, zato smo ga tudi mi izdelali za izdelavo našega nosilca "žirafe". Ker nismo potrebovali pravih tehničnih načrtov, smo se odločili kar za Google SketchUp (<http://www.sketchup.com>), ki je enostaven za izdelovanje 3D-modelov. Tako je Miha Sever, 29. avgust 2012 naredil prvi načrt svojega vodnega topa »žirafe« v Google SketchUp (slika 44).

Opis izdelave lastnega snežnega topa »žirafe«

Miha Sever se je odločil za izdelavo snežnega topa "žirafe" (slika 40), ker je imel možnost uporabe velikega kompresorja. Začetek njegovih prvih testiranj je bil v oktobru 2011. Ta testiranja so se mu zdela obetavna, zato je začel preizkušati razne oblike "glave".



Slika 40: Izdelana prototipna "žirafa"

Prva prava zimska testiranja so pokazala, da je problem v pregrevanju zraka in o potrebi po zajetju vode, saj vodovod ni bil primeren, zaradi pretoka, pritiska in same temperature vode iz vodovoda. Bil je mnenja, da bi lahko bil to uspešen projekt kljub nizkemu tlaku. Poleti 2012 so začeli izdelovati stojalo za žirafa, višine 6 m.



Slika 41: Prvi test oktobra 2011, foto: M. Sever

Pri izdelovanju smo uporabil material, ki mi je bil na voljo pri Mihi Severju in tako niso nastali stroški s samo izdelavo (te stroške bomo pozneje ocenili). Ogradje je v celoti varjeno iz profilov 30 x 20 mm in 10 x 10 mm. Varilo se je približno 3 dni (ocenjeno okoli 4 ure, brez da bi upoštevali presledke preoblikovanja in rezanja posameznih delov).



Slika 42: Varjenja konstrukcija za »žiraf«, foto: Ž. Korpar



Slika 43: Sistem za spuščanje in dvigovanja roke, foto: Ž. Korpar

Roka je sestavljena iz dveh 250 cm dolgih aluminijastih cevi, premera 80 mm in 60 mm. Za nastavitev višine uporabljam navojno palico M18 dolžine 100 cm, katero vrtim s pomočjo vrtnega stroja.



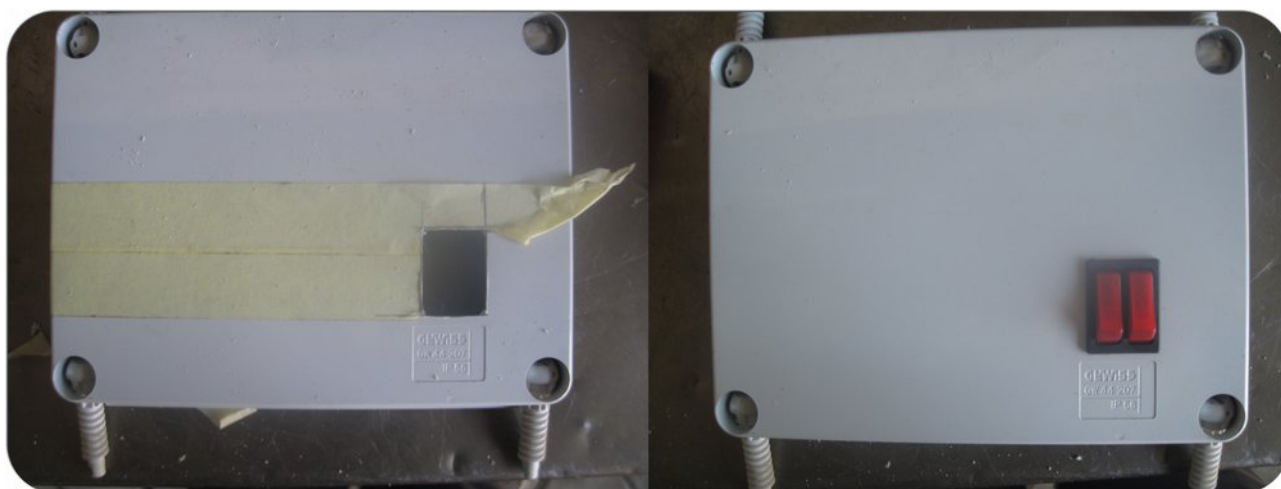
Slika 44: Barvanje konstrukcije, foto: M. Sever

Pokrov ogrodja in ogrodje sta se barvala približno 2 dni, saj se je bara v vmesnem času sušila. Barvalo se je dvakrat.

Sledilo je sestavljanje ogrodja in montaža elektro omarice ter reflektorja. Za kar je bilo porabljeno 1 dan. Za razsvetljavo je uporabljen 500 W halogenski reflektor in trak iz LED-diod dolžine 5 m, ki je nameščen na roki "žirafe" (za omogočanje vidnosti roke ponoči). V notranjosti roke sta dve plastični cevi premera 1/2" za dovod vode in zraka.



Slika 45: Miha S. pri izdelavi "žirafe", foto: Ž. Korpar



Slika 46: Izdelava elektro omarice, foto: M. Sever

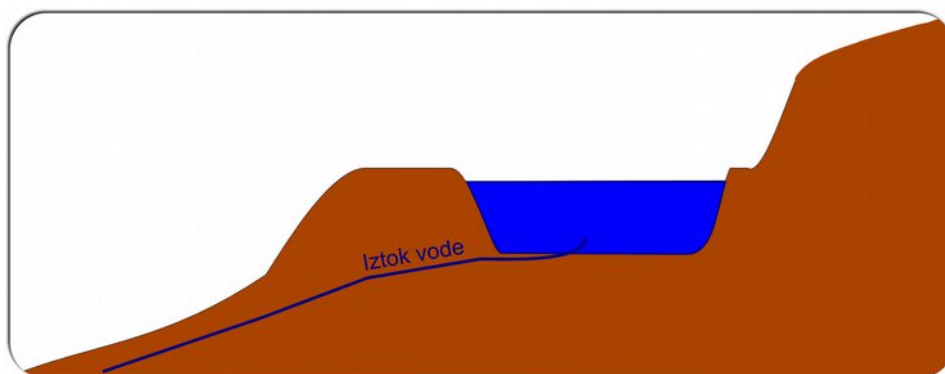
Izdelana izvedba ni avtomatizirana, saj je popolnoma ročno izvedeno krmiljenje dovoda vode/zraka s pomočjo dveh ventilov, ki sta na spodnjem delu ogrodja "žirafe".

Zaradi potreb vode za zasneževanje je Miha Sever prav tako začel izdelovati jezero volumna 70 m³, vendar ga do tega trenutka ni uspel dokončati.

Zato smo za letošnje zasneževanje uporabil kar vodovod, za katerega se je dokazalo, da ni uporaben, saj je tlak le 2,2 bara. Nastalo je veliko problemov z izpodrivanjem vode, prav tako je bila temperatura vode previsoka 12 °C, kar je pri mejnih pogojih zraka okoli -2 °C težko izdelati sneg. Tako smo prišli do ugotovitve, da je sneg nemogoče izdelati kljub veliki količini zraka na minuto. Zrak iz kompresorja je potrebno hladiti in brez ustrezne vodne črpalke, ki bi skrbela za tlak, ter primernih šob ni možno narediti veliko količino snega.



Slika 47: Skoraj dokončano umetno jezero, foto: M. Sever



Slika 48: Skica prereza načrtovanega umetnega jezera za vodo, skica M. Sever

Strošek izdelave umetnega jezera je podan v tabeli 9.

Tabela 9: Strošek izdelave jezera

Artikel	Količina	Cena	Skupaj
Izkop za jezero	8	35,0 €	280,00 €
Folija za jezero	81	5,99 €	485,00 €
Cev za vodo alkatn 3/4"	50	0,64 €	32,00 €
Spojni element alkatn 3/4"	3	2,19 €	6,57 €
Ventil kroglični z dolgo ročko 3/4"	1	4,57 €	4,57 €
Cena skupaj:			808,14 €

Še več slik je na spletnem naslovu: <http://sneznitpovi.mojforum.si/sneznitpovi-about188.html>

3.3 Vplivi umetnega zasneževanja na okolje [45]

Posledice delovanja sistemov za umetno zasneževanje na okolje so različne in deloma sporne. Pogosto se pozablja, da sta že smučanje in urejanje smučarskih prog sama po sebi izredno velik poseg v naravno okolje.

Gradbeni ukrepi: čim več kot jih, tem bolj vprašljivo z naravovarstvenega vidika.

Dejstvo je, da zasneževanja ni mogoče izvajati brez dobro razvite infrastrukture. Razvod vodovodne, zračne in električne napeljave zahteva obsežna gradbena dela, ki jih je mogoče opraviti le s težkimi gradbenimi stroji. Pri tem lahko pride do poškodovanosti rastlinskega in živalskega sveta, tal in podobe krajine. Gorski ekosistemi so občutljivi in čim višje je lokacija gradbišča, dlje časa običajno traja sanacija terena. Minejo lahko tudi desetletja ali celo stoletja, preden si tla in rastje opomoreta od takih obremenitev.

Poleg tega je z gradnjo naprav za umetno zasneževanje pogosto povezano tudi strojno izravnavanje smučarskih prog, saj je zasneževanje izravnanih smučišč lažje. To pa je spet grob poseg v naravo in krajino.

Še več o Vplivu zasneževanje na naravo je v dodatku 4 (Dodatek raziskovalne naloge Domač sneg).

4 RAZPRAVA

Za proizvodnjo tehničnega snega smo našli pravilo, da tehnično izdelan sneg ima specifično gostoto približno 360 kg/m^3 in približno 2,5-krat mehansko odpornost glede na novo zapadli sneg, ki je v prvotnem stanju (brez zrnjenja) [58]. Za samo proizvodnjo različno debele snežne odeje je potrebna velika količina vode (tabela 10).

Tabela 10: Potrebna količina vode za osnovno zasneževanje glede na potrebe [58]

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 m ³ /ha	3000 m ³ /ha	4000 m ³ /ha
Količina vode na hektar	720 m ³ /ha	1080 m ³ /ha	1440 m ³ /ha
Specifična obremenitev tal z vodo	72 l/m ²	108 l/m ²	144 l/m ²

4.1 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 -časne 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.

4.1.1 Izbira izdelave tipa domačega snežnega topa

Pri odločanju, kateri snežni top bomo izdelovali, moramo najprej poznati osnove zasneževanja. Če teh osnov ne poznamo, je najbolje začeti na začetku. Torej izdelavo preprostega T-snežnega topa, s katerim dobro spoznamo princip delovanja nukleatorja. Naslednja stopnja, ki jo izberemo, je izdelovanje kombiniranega snežnega topa, s katerim bomo v krajšem času izdelali večje količine snega, kot pa pri T-snežnem topu. Pri tej stopnji se moramo spoznati tudi z osnovami šob tipa ploščati curek. Seveda pa moramo biti previdni, saj tukaj že delamo z višjim tlakom kot pri T-topu. Če imamo željo po večji količini snega in nam finančna sredstva to omogočajo, lahko izdelamo še ventilatorski top. Ta nam bo vzel največ časa za izdelavo in pri tem moramo biti pozorni in natančni. Ventilatorski top je zelo nevaren, saj se ventilator vrti z visoko hitrostjo in če ni natančno in močno izdelan, lahko pride do resnih poškodb telesa. Tudi pri obratovanju ventilatorskega topa moramo biti pazljivi, saj ob vetru se nam kapljice hitro začnejo nabirati na ventilatorju, kjer začnejo

1 V drugi literaturi smo zasledili za specifično gostoto tehničnega snega tudi okrog 380 kg/m^3

zmrzovati, lahko nam unči ventilator in celoten boben ventilatorskega topa.

Na skrajšan način sledi predstavitev osnovnih podatkov profesionalne "žirafe" VIS C4 podjetja Demaclenko (tabela 11 in 12), ter lastno izdelane »"žirafe"« (tabela 13).

Tabela 11: Osnovni tehnični podatki profesionalne »"žirafe"« VIS C4, podatki za več možnosti "žirafe" podjetja Demaclenko VIS-4 (vir: <http://www.demaclenko.com/Products/VIS>, 4. 10. 2. 2013

Dolžina droga	5 - 8 - 10 mm
Višina	6 m
Masa 8 m droga	65 kg
Masa stojala	90 kg
Nukleator	5 kosov
Vodne šobe	15 kosov
Kompresor	3,3 kW
Ogrevanje	0-1 kW
Skupna moč	4,3 kW
Električna vtičnica	230 V, 16A
Vodni filter	200 mikronov
Tlak vode	15-50 barov
Pretok vode	5,7 l / s
Poraba zraka	450 l / min
Maksimalno zasneževanje	54 m ³ / h

Pri »"žirafi"« Demaclenko VIS je od različice 1 do 4 vidno povečanje zmogljivosti same proizvodnje snega (tabela 12).

Tabela 12: Razširjeni tehničnih podatki za več možnosti podtipov »"žirafe"« Demaclenko VIS (vir: <http://www.demaclenko.com/Products/VIS>, 4. 10. 2. 2013

	VIS 1		VIS 2		VIS 4	
Tehnična možne postavitve	1	1K	2	2K	4	4K
Kompresor, kW	-	3.3	-	3.3	-	3.3
Gretje šob, kW	0-1		0-1		0-1	
Napajanje, kW	1	4.3	1	4.3	1	4.3
Poraba zraka, l/min	450 pri 5,5 bar					
Teža 8 m droga, kg	218,5	264,5	218,5	264,5	245	291
Dolžina cevi, m	5 - 8 - 10					
Maksimalen domet vode iz šob						
Mejna, l/s	1,3		2,13		4,61	
Standardna, l/s	1,72		2,55		5,02	
Arktična, l/s	2,55		2,97		5,67	
Maksimalen izdelava snega iz šob						
Mejna, m³/h	12,3		20		43,7	
Standardna, m³/h	16,2		24		47,5	
Arktična, m³/h	24,1		28,1		53,7	

Trenutno naša izdelana žirafa nima še vodnih šob, le eno nukleatorsko (tabela 13), agregat za proizvodnjo zraka je pri nas predimenzioniran in je za faktor 5 večji kot por eni VIS4. Seveda bi lahko z zrakom centralno napajali več »žiraf« npr. 5.

Tabela 13: Tehnični podatki do sedaj izdelane lastne »žirafe«

Dolžina droga	5 m
Višina	6 m
Masa 5 m droga	18 kg
Masa stojala	65 kg
Nukleator	1 kos
Vodne šobe	/
Kompresor	15,3 kW
Razsvetljava	500 W
Skupna moč	15,8 kW
Električna vtičnica	230 V, 16A
Tlak vode	1,5-2 bar
Pretok vode	14 l/min
Poraba zraka	2000 l / min

Ker se je naša izvedba t. i. "velikega T-snežnega topa" izkazala za neuspešnega, je v planu izdelati žirafa s šobami tipa ploščati curek in dodatno vodno črpalko. Ogrodje in roka bi v osnovi ostala ista, spremenila bi se le glava. Glava "žirafe" bi bila sestavljena iz dveh nukleatorskih šob, štirih vodnih oz. bulk šob in dveh po potrebi dodatno vklopljivih vodnih šob. Za vodo bo poskrbela pretočna kardanska črpalka, lahko pa bi jo nadomestili tudi z večstopenjsko pretočno črpalko, ki bi sicer bila boljše izbira, ampak je finančno prezahtevna, saj se cene takih črpalk gibljejo okoli 2000 €. Vodo bomo črpali iz jezera, katerega že izdelujemo, potrebno je le dodati še odtok v primeru previsokega nivoja vode in filter vode na odtoku. Filter bo preprečil vnos večjih delcev v vodovodno napeljavo, za manjše delce pa bo poskrbel filter, ki bo za črpalko in bo preprečeval zabijanje šob na žirafi. Glede nato, da bodo šobe tako kot morajo biti, bo ta žirafa bistveno bolj "zelená", saj bo za delovanje potrebovala 6 x manj zraka in tako bo možno na isti kompresor priklopiti 6 žiraf. Po prvih izračunih smo prišli do pretoka 30 l/min na eno žirafó, kar bi pri šestih žirafah pomenilo 180 l/min in prav toliko je predvidena maksimalna zmogljivost črpalke.

V nadaljevanju, če se bo pokazala ta opcija za dobro, bi lahko nagradili z avtomatskim upravljanjem. Za avtomatsko upravljanje bi bila nujna senzorja temperature in vlage, ki nam bi priskrbeli meteorološke podatke. Potrebovali bi krmilnik, s katerim bi krmilili tri ventile, ventil za zrak, vodo in vodo za dodatni šobi. Dodali bi še gretje, ki bi preprečevalo zmrzovanje vode na posameznih delih.

4.1.2 Nasveti za izdelavo boljšega snežnega topa »žirafe«

Vsak snežni top se vedno da še izboljšati. Izboljšave so lahko na področju kapacitete ali avtomatike delovanja. Pri kapaciteti lahko s pomočjo spreminjanja šob dosežemo večji pretok, če nam to dopušča črpalka, prav tako lahko izboljšujemo nukleator in razporeditev šob. Naš snežni top lahko izboljšamo tudi z nadgradnjo v avtomatski top. Dodamo lahko zapiranje, odpiranje ventilov, vklop ali izklop na daljavo (s pomočjo računalnika, tablice ali mobilnega telefona). Dodamo lahko tudi izklop v sili, v primeru, da nam zmanjka elektrike, se bo top s pomočjo akumulatorja pravilno izključil in tako preprečil izdelavo ledu (tabela 14). Lahko bi naredili tudi samodejni izklop, ko se temperature dvignejo nad dovoljeno mejo za obratovanje, kar je koristno pri hitri spremembi temperature. Na celoten sistem bi lahko dodali tudi merilnike količine pretočene vode in bi tako

spremljali porabo vode. Možnost izboljšave je tudi avtomatski vklop gretja, ki bi se vključil pri neuporabi topa in pri padcu temperature pod nastavljeno (4°C). V primeru, da imamo veliko zasneževalno površino, je pametno razmišljati še o samodejnem premikanju topa, saj s tem sneg že pri izdelavi razporedimo po večji površini.

Tabela 14: Tehnični podatki načrtovane nove "žirafe"

Dolžina droga.	5 m
Višina	6 m
Masa 5 m droga.	12 kg
Masa	65 kg
Nukleator	2 kos
Vodne šobe	4 kosi + 2 dodatna
Kompresor	2,2 kW
Razsvetljava	500 W
Skupna moč	2,7 kW
Električna vtičnica	230 V 16A
Vodni filter	400 mikronov
Tlak vode	25 bar
Pretok vode	30 l/min (0,5 l/s)
Poraba zraka	395 l/min (6,58 l/s)
Maksimalen izdelava snega iz šob	4,14 m ³ /h

Strošek izdelave nove različice "žirafe" je podan v tabeli 15.

Tabela 15: Strošek izdelave nove "žirafe"

Artikel	Količina	Cena	Skupaj
Šobe tipa ploščati curek	16	3,79 €	60,64 €
Kardanska črpalka	1	176,00 €	176,00 €
Elektro motor 5,5 kW 1400 vrt./min	1	390,00 €	390,00 €
Kompresor 2,2 kW pretok 395 l/min	1	520,80 €	520,80 €
Tuljavka reducirna krom 12.7x9.5 mm (1/2"x3/8")	1	1,20 €	1,20 €
Material za izdelavo glave	1	50,00 €	50,00 €
Cena skupaj:			1.198,64 €

V naslednjem izračunu (tabela 16, 17 in 18) bomo prikazali stroške obratovanja naše "žirafe" za zasneževanje površine 15 m².

Tabela 16: Podatki o zasnežiti dela testne zasneževalne površine

Zasneževalna površina	15 m ²
Višina željene snežne odeje	30 cm
Potrebna količina snega	4,5 m ³
Potrebna količina vode	2 m ³

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

Tabela 17: Zasneževanje z eno »žiraf«

Pretok "žirafe"	30 l/min
Potreben čas za izdelavo	1 uro in 7 minut
Poraba električne energije za zrak	2,46 kWh
Poraba električne energije za vodo	6,14 kWh
Skupna poraba električne energije	8,6 kWh
Strošek električne energije	0,62 €

V naslednjem izračunu (tabela 19 in 20) bomo prikazali stroške obratovanja naše "žirafe" za zasneževanje testne površine 1500 m².

Tabela 18: Zasnežitev celotne testne zasneževalne površine

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

Tabela 19: 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
Poraba električne energije za vodo	610,5 kWh
Skupna poraba električne energije	854,7 kWh
Strošek električne energije	61,32 €

V naslednjem izračunu (tabela 20) bomo prikazali stroške obratovanja šestih naših "žiraf" za zasneževanje testne površine 1500 m².

Tabela 20: Zasneževanje z šestimi »žirafami«

Pretok 6 žiraf	180 l/min
Potreben čas za izdelavo	18 ur in 30 minut
Poraba električne energije za zrak	244,2 kWh
Poraba električne energije za vodo	101,8 kWh
Skupna poraba električne energije	346 kWh
Strošek električne energije	24,82 €

Izračuni (iz teh tabel) obveljajo le ob idealnih vremenskih pogojih. To pomeni, da mora biti temperatura vlažnega termometra nekje -5 °C in popolno brezveterje. Če 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: <http://www.petrol.si/energija-za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava>, 10. 2. 2013.

Raziskovalec M. Sever ima posnetke svojih snežnih topov objavljene na YouTubu, na spletnem naslovu: <https://www.youtube.com/user/velencan13>. Nekaj njegovih filmov so tudi na priloženi v prilogi 3 (na CD-ju v mapi Filmi_s-top_M-Sever).

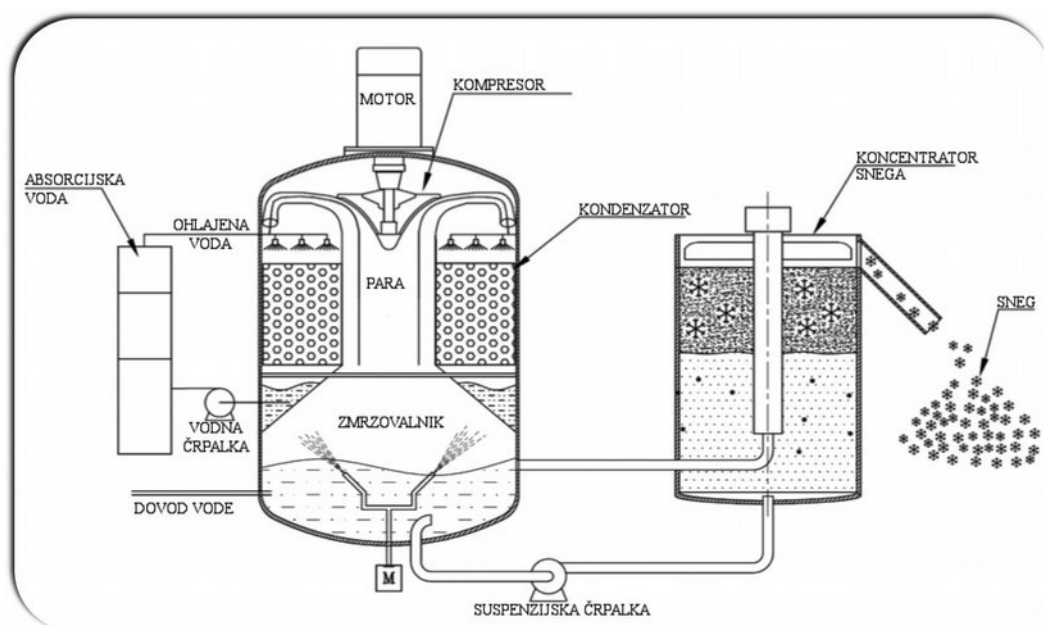
Kot zanimivost bi omenili še drug način zasneževanja s pomočjo posebnega obrata (slika 49). Izraelsko podjetje IDE proizvaja izdelovalec snega za vse vremenske pogoje, ki omogoča zgodnji začetek smučarske sezone [60].

Prednosti izdelovalca snega IDE All Weather Snowmaker:

- proizvodnja snega pri vseh temperaturah,
- izdelava do 1720 m³ snega na dan,
- visoka kvaliteta snega,
- prijazen okolju,
- nizki stroški obratovanja,
- energetska učinkovitost.

Obstoječi snežni topovi zahtevajo temperature pod lediščem in so odvisni od vremenskih razmer, kot so vlaga in veter. IDE izdelovalec snega pa lahko izdelava do 1720 m³ snega dnevno, neodvisno od temperature zraka.

Ta vse vremenski izdelovalec snega temelji na tehnologiji vakuumske izdelave ledu, ki se po vsem svetu uporablja več kot 20 let.



Slika 49: Princip delovanja izdelovalca snega IDE All Weather Snowmaker, vir: <http://www.ide-tech.com/refrigeration-and-heating/snow-machines>

Reference proizvajalca IDE:

- Devet izdelovalcev ledu (850 ton po enoti) za hlajenje rudnika zlata v Južni Afriki, ki deluje od leta 1995. Zadnje tri enote so bile postavljene leta 2009.
- En izdelovalec ledu (100 ton) za termo elektrarno na Japonskem, obratuje od leta 2002.
- En izdelovalec ledu (400 ton) za novo tovarno NISSAN, ki obratuje od leta 2007.

- Dva izdelovalca snega (400 ton po enoti) na smučiščih Pitztal v Avstriji in Zermatt v Švici, obratujeta od leta 2009.

5 ZAKLJUČEK

Pri raziskavi smo spoznali, kako težko je izdelati sneg, sploh z nizkimi stroški, kar je praktično nemogoče. Spoznali smo, da ni vse v pretoku zraka in vode, da je tudi zelo pomemben tlak vode in zraka, prav tako pa so pomembne šobe ter temperature. Med izdelavo raziskovalne naloge se je največ napredka naredilo na samem ogrodju "žirafe". Dobilo je estetsko obliko in tudi večjo funkcionalnost, saj ima nameščen reflektor in LED-trak ter elektor omarico, preko katere vklopimo in izklopimo razsvetljavo. Začela se je tudi izdelava jezera, ki bo v prihodnosti zelo pomembno za zasneževanje. Bolj malo se je naredilo okoli same glave, saj se njej ni posvečalo veliko pozornosti. V prihodnosti imamo namen izdelati popolnoma novo glavo "žirafe" z 8 šobami, ki bi omogočala v začetku pretok 30 l/min, kasneje pa bi ga poskusili tudi dvigniti s kombinacijo različnih šob. Dokončati moramo tudi jezero ter napeljavo za zasneževanje.

Med raziskavo smo potrdili prej zastavljeno hipotezo, da je doma možno narediti sneg z majhnim vložkom, ki je pri nas znašal 17,02 €. Vodo smo uporabili iz vodovoda, zrak pa iz kompresorja, ki ga lahko najdemo v »vsakem« gradbenem podjetju.

Prav tako smo potrdili da za izdelavo snega potrebujemo temperaturo vsaj -3°C vlažnega termometra. Pri višjih temperaturah smo izdelovali le led.

Zavreči pa smo morali hipotezo, da lahko z močnim kompresorjem izdelamo večje količine snega ob majhnem vložku, ki je pri nas znašal 5,87 €. Ugotovili smo, da potrebujemo še višji pritisk vode, katerega dosežemo s pomočjo črpalke in pa šobe, za pravo razpršitev kapljic in stroški s tem naraščajo.

Veliko smo spoznali na obisku pri gospodu Sašu Kranjcu, ki izdeluje snežne topove že več kot 20 let. Po obisku v Črno na Koroškem sta dva raziskovalca (M. Sever in D. Kušer) šla na prakso v Nemčijo, tako da je delo na raziskovalni nalogi potekalo tudi na daljavo.

6 ZAHVALA

Zahvaljujemo se:

- gospodu Sašu Krajncu za njegov čas in predstavitev delovanja njegovega snežnega topa Krpan (prozvod njegovega podjetja),
- sošolcu Arminu Topiću za izdelavo nekaterih tabel
- sošolcu Jasminu Kurbašiču za angleški prevod povzetka
- mag. Vlasti Leban, prof. za lektoriranje angleškega povzetka
- Bojani Vrbnjak, prof. slovenščine in naši razredničarki za lektoriranje dokumentacije in spodbudo
- staršem za podporo
- mentorju Nedeljku Grabantu, dipl. inž. za vodenje pri raziskovanju, vzpodbudo in pomoč pri pregledu besedila

7 LITERATURA

- [1] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Voda>, 18. 10. 2012
- [2] http://sl.wikipedia.org/wiki/Kro%C5%BEenje_vode, 18. 10. 2012
- [3] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Sneg/>, 18. 10. 2012
- [4] Šegula, P., 1986, Sneg, led, plazovi, Planinska zveza Slovenije, Ljubljana
- [5] Kopušar, S., Boj za sneg je bedenje nad termometrom
http://www.dnevnik.si/tiskane_izdaje/dnevnik/227857, 20. 9. 2012
- [6] http://sl.wikipedia.org/wiki/Fazni_diagram, 20. 9. 2012
- [7] http://sl.wikipedia.org/wiki/Bar_%28enota%29, 18. 10. 2012
- [8] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Sublimacija>, 18. 10. 2012
- [9] http://sl.wikipedia.org/wiki/Temperatura_sublimacije, 18. 10. 2012
- [10] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Slana>, 18. 10. 2012
- [11] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Rosi%C5%A1%C4%8De>, 18. 10. 2012
- [12] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vla%C5%BEnost>, 18. 10. 2012
- [13] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Kondenzacija>, 18. 10. 2012
- [14] http://sl.wikipedia.org/wiki/Agregatno_stanje, 18. 10. 2012
- [15] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Trdnina>, 18. 10. 2012
- [16] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Kapljevina>, 18. 10. 2012
- [17] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Plin>, 18. 10. 2012
- [18] http://sl.wikipedia.org/wiki/Splo%C5%A1na_plinska_ena%C4%8Dba, 18. 10. 2012
- [19] http://sl.wikipedia.org/wiki/To%C4%8Dkasto_telo, 18. 10. 2012
- [20] http://sl.wikipedia.org/wiki/Izparilna_toplota, 18. 10. 2012
- [21] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Izparevanje>, 18. 10. 2012
- [22] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Higrometer>, 18. 10. 2012
- [23] http://sl.wikipedia.org/wiki/Izparilna_toplota, 18. 10. 2012
- [24] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vreli%C5%A1%C4%8De>, 18. 10. 2012
- [25] http://sl.wikipedia.org/wiki/Clausius-Clapeyronova_ena%C4%8Dba, 18. 10. 2012
- [26] <http://www.ide-tech.com/refrigeration-and-heating/snow-machines>, 18. 1. 2013
- [27] <http://en.wikipedia.org/wiki/Snow>, 18. 10. 2012
- [28] <http://de.wikipedia.org/wiki/Schnee>, 18. 10. 2012
- [29] <http://de.wikipedia.org/wiki/Industrieschnee>, 18. 10. 2012
- [30] <http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>, 18. 10. 2012
- [31] <http://en.wikipedia.org/wiki/Snowmaking>, 18. 10. 2012
- [32] http://en.wikipedia.org/wiki/Snow_grooming, 18. 10. 2012
- [33] <http://de.wikipedia.org/wiki/Schneekanone>, 18. 10. 2012
- [34] http://www.technoalpin.com/Faszination_Technik/Schneeerzeuger/Propellermaschinen/T60.html, 18. 10. 2012
- [35] http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_syringae, 18. 10. 2012
- [36] <http://inventors.about.com/library/inventors/blsnow.htm>, 18. 10. 2012
- [37] mag. Ivan Božičko, Drevo-gozd-biodiverziteta, maj 2005
<http://www.ivanbo.org/images/bioloska%20raznolikost.pdf>
- [38] <http://snowguns.com/>, 18. 9. 2012
- [39] <http://en.wikipedia.org/wiki/Snowmaking>, 18. 9. 2012
- [40] <https://sites.google.com/site/snagnaredisi/>, 18. 9. 2012
- [41] <http://www.technoalpin.com/>, 18. 9. 2012
- [42] <https://sites.google.com/site/snagnaredisi/home/umetni-sneg>, 18. 9. 2012
- [43] <https://sites.google.com/site/snagnaredisi/home/pogoji-za-umetni-sneg>, 18. 9. 2012
- [44] <http://www.gore-ljudje.net/novosti/32709/>, 18. 9. 2012

- [45] Felix Hahn, Umetnem zasneževanju na območju Alp
http://www.cipra.org/pdfs/454_sl/at_download/file, 18. 9. 2012
- [46] <http://www.rikom.si/index.php?id=146>, 18. 9. 2012
- [47] <http://www.madehow.com/Volume-4/Artificial-Snow.html>, 18. 9. 2012
- [48] <http://www.greengroup.lt/index.php?cid=437>, 18. 9. 2012
- [49] http://www.slf.ch/forschung_entwicklung/schnee/kunstschnee/index_EN, 18. 9. 2012
- [50] <http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/6636012705/m/7361038564>, 18. 9. 2012
- [51] <http://www.snowathome.com/>, 18. 9. 2012
- [52] <http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fe763903e11081233f612a06efa8&mforum=sneznitpovi> "http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fe763903e11081233f612a06efa8&mforum=sneznitpovi"&HYPERLINK
- [53] <http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fe763903e11081233f612a06efa8&mforum=sneznitpovi> "http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fe763903e11081233f612a06efa8&mforum=sneznitpovi"&HYPERLINK
- [54] <http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43> "http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43&sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781"&HYPERLINK
- "http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43&sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781" "http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43&sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781" "sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781"
18. 9. 2012
- [55] http://www.planthireuk.co.uk/Plant/SpecSheets/Compressor/XAS_36pb_en.pdf
- [56] <http://snowflakebentley.com/WBresources.htm>, 18. 10. 2012
- [57] http://www.nasa.gov/audience/foreducators/son/winter/snowstorms/F_Snowstorms_prt.htm, 18. 10. 2012
- [58] http://www.ktn.gv.at/42109_DE-ktn.gv.at-THEMEN?detail=380&thema=11&subthema=58,leitfaden_beschneigungsanlagen_band_1.pdf, 18. 10. 2012
- [59] <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/>, 18. 10. 2012
- [60] <http://www.ide-tech.com/refrigeration-and-heating/snow-machines>, 15. 2. 2013
- [61] <http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/1701080181/m/672103868>, 18. 10. 2012

8 AVTORJI RAZISKOVALNE NALOGE

Sledi kratka predstavitev avtorjev raziskovalne naloge.

Žan Korpar



Žan Korpar je dijak 3. 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 3. 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 mobilne aplikacije za Windows phone ter aplikacije za operacijski sistem Windows. Njegov cilj je postati dober programer ter izdelovalec spletnih strani. Šolanje želi nadaljevati kot bodoči računalničar.

Miha Sever



Miha Sever, dijak 3. letnika Elektro in računalniške šole (ERŠ) v Velenju. Za raziskovalno nalogo se je odločil, ker je želel bolj podrobneje spoznati sneg tudi iz 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.

Priloga 1: Obisk pri gospodu Sašo Krajnc v Črni na Koroškem

V sredo, 30. 1. 2013, ob 8.10 so se raziskovalci z mentorjem odpravili v Črno na Koroškem (slika 1). Tam smo se srečali z gospodom Sašom Krajncem, ki že okoli 20 let izdeluje snežne topove. Nato smo odšli do smučišča Črna na Koroškem, kjer nam je na primeru pokazal in razložil delovanje snežnih topov. Povedal nam je veliko o zgodovini zasneževanja, delovanju topov in vplivu na okolje. Delovanje topov je podrobno opisal in razložil, kaj je dobro za top in kaj ne. Na topu je pokazal ključne dele ter nam jih še od blizu pokazal na izdelku njegovega podjetja Sašo Krajnc s.p., topu z imenom Krpan. Povedal je o vplivu na okolje, v katerem je nanizal nekaj predsodkov okoli črnogledosti na umetno zasneževanje. Razložil je, da porabimo več energije, če se pripeljemo do smučišča z avtom, kot pa če zasnežimo 1 km proge. Po uri in pol strokovne razlage smo se poslovili in odšli domov.



Slika 50: Strokovnjak za snežne topove g. Sašo Krajnc razlaga delovanje njegovega snežnega topa Krpan

Spodnji zapis je zapis ustnega vira Saša Kranjca in tudi delni video zapis (ta je nastal ob obisku pri njem v Črni na Koroškem v sredo, 30. 1. 2013)

Začetki in razvoj umetnega zasneževanja

Umetno zasneževanje so v praksi prvič preizkusili pred približno 50 leti v ZDA, ko je eden od bratov Larchmont imel izjemno lokacijo za vzgojo pomaranč v Kaliforniji, vendar je imel vsako leto spomladi problem, da so mu zmrznili cvetovi. Ti cvetovi so zamrznili zaradi hladnega suhega zraka. To zamrzovanje je poizkušal preprečiti na tak način, da je v zrak spuščal meglo. S pomočjo bratovega kompresorja in pištole, ki sta jo izdelala, sta izdelovala super meglo. V tej pištoli sta

mešala vodo in trak. Neko noč se je zgodilo, da je bil pred tem »zamegljevalec« ogromen kup snega. Ker je imel drugi brat hotel in smučišče, je dobil super idejo, da bo lahko izdeloval sneg in odprl smučišče pred svojo konkurenco. Trajalo je desetletje, da se je uporaba snežnih topov na začetku šestdesetih v Severni Ameriki uveljavila in razširila, miniti pa je moralo še desetletje, da so sistemi umetnega zasneževanja prodrli tudi v Evropo, zlasti v Alpe in skandinavske države. Zmagoslavni pohod umetnega snega danes je nezadržen. V Alpah so začeli umetno zasneževanje intenzivno uvajati zlasti konec osemdesetih let, ko so bile v zimskih mesecih snežne razmere izrazito neugodne. Zadostne količine snega so zaradi globalnega segrevanja podnebja vedno bolj negotove, komercializacija zimskih športov pa je že dosegla tisto raven, ko je sneg postal ekonomska nuja. Številna žičničarska podjetja pri svojem obratovanju ne želijo biti odvisna od vremenskih razmer - rešitev tega problema naj bi se obetala prav s snežnimi topovi. Naprave za umetno zasneževanje se ne uporabljajo le zaradi neugodnih vremenskih razmer, marveč tudi zaradi dejstva, da je z njimi mogoče podaljšati smučarsko sezono. Sistemi umetnega zasneževanja so zato za alpsko gospodarstvo v zimskem času največjega pomena.

Univ. prof. DI Dr. Ulrike Pröbstl – univerzitetna profesorica na Univerzi na agrarne kulture na Dunaju (Universität für Bodenkultur, Wien) je leta 2000 ugotovila, da obstajajo štiri poglavni razlogi, ki so povzročili tako velik razmah snežnih topov:

- zagotavljanje boljše izrabe turističnih zmogljivosti (tj. zurstične panoge v celoti),
- zagotavljanje dohodka žičničarskim podjetjem,
- zagotavljanje boljše prepoznavnosti krajev, ki prirejajo mednarodna smučarska tekmovanja;
- zagotavljanje okvirnih pogojev za trening in izvajanje vrhunskih športov.

Zaostrene konkurenčne razmere med žičničarskimi podjetji lahko strmo naraščanje števila naprav za umetno zasneževanje le še pospešujejo.

Kaj izdelujejo snežni topovi?

Snežni topovi izdelujejo nič drugega kot sneg, strojno izdelan sneg.

Vprašanje je ali je ta sneg, ki mu pravimo umetni sneg nasprotje naravno zapadlemu snegu ?

Odgovor je ne, saj sneg sam po sebi ni umeten, umeten je le način izdelave. Ker ima umetni sneg po navadi negativen prizvok, naraven pa pozitiven, nekateri raje uporabljajo izraz „tehnični sneg“ ali „kulturni sneg“. Kakor koli že ta sneg imenujemo - dejstvo ostaja, da ima popolnoma drugačno strukturo kristalov kot naravni sneg, je kompaktnjši, zračno bolj neprepusten in manj toplotno izolativen.

Kako nastane umetni sneg?

Za umetni sneg je potrebna zmes vode in zraka pod pritiskom. Zaradi svoje oblike so zrnca stabilna in obstojna ter med seboj sprijeta in dobro povezana. Ker so zrnca okrogla, je umetni sneg odporen proti obrabi, smučem nudi malo trenja, zato na njem hitro drsijo. Umetni sneg za razliko od naravnega zelo dobro prenaša tudi občasne otoplitve. Načelno obstajata dve vrsti snežnih topov: snežni topovi, strokovno imenovani propellerski, ki pihajo material s pomočjo ventilatorja do 40 metrov daleč in snežne sulice oz. "žirafe", pri katerih se "domet" ustvari s pomočjo stebra, na katerem je nameščen grozd šob. Pri obeh škropi iz šob razpršena voda. Poleg tega iz mešalnih šob piha pod visokim tlakom stisnjeni zrak, pomešan z manjšo količino vode, ki se ob izhodu bliskovito ohladi. Pri tem nastanejo mikroskopsko majhni ledeni kristali. Ta nukleacijski material potem potuje skozi vodni curek. To je možno celo ob nizkih pozitivnih stopinjah, le da mora biti vlažnost zraka toliko nižja, kolikor višja je zunanja temperatura. Med poletom zrastejo v snežne kristale. Daljša kot je njihova pot, boljša je izdelava snega.

Dr. Jacobs iz koncerna Linde je leta 68 izdelal prvi pravi oplaščen ventilatorski top.

Bil je zelo podoben današnjim topovom, vendar vse šobe so bile nukleatorske.

Ta propellerski top je deloval na zračnem tlaku 15 barov, zato je potreboval tudi vodni tlak 15 barov,

da ni prišlo do izpodrivanja enega ali drugega medija.

V Slovenijo sta bila prodana dva takšna topova. Eden v Begunje in drugi v Velenje, ki so ga kasneje uporabili tudi na Golteh.

Kasneje so Američani za svoj trg razvili topove, ki jih poznamo danes, vendar so bili ti topovi primerni le za kanadski mraz. Za evropsko tržišče pa je švedsko podjetje Lenko (danes je to Demaclenko, njihovo spletišče je <http://www.demaclenko.com/>) izdelalo takšen top, ki je primeren za naše podnebje, kar je bilo okoli leta 1980.

Leta 1984 pa je bil ta vrsta snežnega topa pripeljana v Maribor.

Priloga 2: DVD z vsebino raziskovalne naloge

Mape, ki so na DVD-ju:



Vsebina Dodatka raziskovalne naloge Domač sneg:

Dodatek 1: Več osnov o snegu

Dodatek 2: Več tehničnih podatkov o uporabljeni razsvetljavi in testnem kompresorju

Dodatek 3: Kako bi doma izdelali ventilatorski snežni top

Dodatek 4: Vpliv zasneževanje na naravo

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

DODATEK ZA RAZISKOVALNO NALOGO

Domači sneg (Izdelava domačega snežnega topa žirafa)

Tematsko področje:
tehnika ali tehnologija

Avtorji:
Žan Korpar, 3. letnik
Darko Kušer, 3. letnik
Miha Sever, 3. letnik

Mentor:
Nedeljko Grabant, dipl. inž.

Velenje, 2013

Ž. Korpar, D. Kušer, M. Sever, Dodatek za raziskovalno nalogo Domači sneg
ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2013

Dodatek raziskovalno nalogo Domači sneg je bil izdelana na ŠC Velenje, Elektro in računalniška
šola, 2013.

Mentor: Nedeljko Grabant, dipl. inž.

Datum predstavitve: marec, 2013



Žan Korpar, Darko Kušer, Miha Sever, Nedeljko Grabant

Kazalo vsebine

1 Dodatek 1: Več osnov o snegu.....	6
1.1 Taljenje ledu [4].....	6
1.2 Gibljivost molekul na površini ledu [4].....	7
1.3 Sneg kot padavina [4].....	7
1.4 Posebne vrste snega.....	8
1.5 Nov sneg [4].....	8
1.6 Snežna odeja [4].....	9
1.7 Fizikalne lastnosti snega [4].....	10
1.7.1 Poroznost snega [4].....	11
1.7.2 Prepustnost snega za zvok [4].....	12
1.7.3 Prepustnost snežne odeje za vodo [4].....	12
1.7.4 Toplotna prevodnost snežne odeje [4].....	12
1.7.5 Gnetljivost snega [4].....	13
1.8 Preobrazba snega [4].....	14
1.9 Drobljenje [4].....	15
1.10 Zrnjenje [4].....	15
1.11 Okrogljenje zrn [4].....	16
1.12 Povezovanje zrn [4].....	17
1.13 Sreženje [4].....	17
1.14 Srenjenje [4].....	18
1.15 Še nekaj pojmov povezanih s snegom.....	21
1.16 Spremembe termodinamskih spremenljivk pri taljenju.....	22
2 Dodatek 2: Tehnični podatki razsvetljave in uporabljenega testnega kompresorja.....	24
2.1 Razsvetljava.....	24
2.2 Primarna razsvetljava.....	25
2.2.1 Sekundarna razsvetljava.....	25
3 Dodatek 3: Kako bi doma izdelali ventilatorski snežni top.....	27
3.1 Ventilator in motor.....	27
3.1.1.1 Boben.....	27
3.1.1.2 Statorske lopatice.....	28
3.1.1.3 Šobe za ventilatorsk top.....	29
3.1.1.4 Obroč.....	30
3.1.1.5 Nukleator.....	30
3.1.1.6 Stojalo.....	30
3.1.1.7 Nihalnik.....	30
3.1.2 Potrebna infrastruktura za zasneževanje smučišč [45].....	30
4 Dodatek 4: Vpliv zasneževanje na naravo	31
4.1 Rastlinstvo [45].....	31
4.2 Živali in zasneževanje [45].....	31
4.2.1 Vodna bilanca [45].....	32
4.3 Podoba krajine in rekreacija [45].....	32
4.4 Hrup in svetloba [45].....	32
4.4.1 Zasneževanje na območju Alp [58].....	33
4.4.2 Razvojni trendi [45].....	34
5 LITERATURA.....	35

Kazalo slik

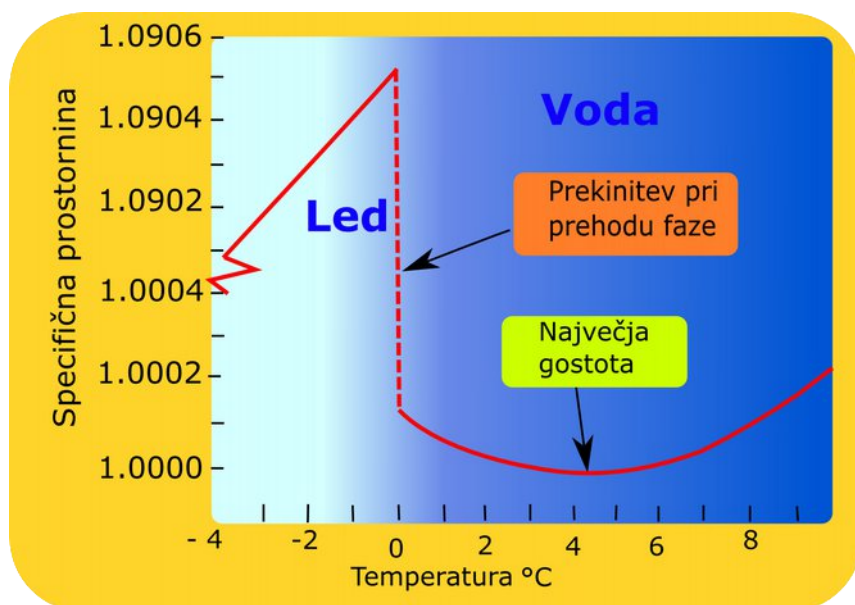
Slika 1: Sprememba gostote vode v odvisnosti od temperature, risal Ž. Korpar.....	6
Slika 2: Preoblikovanje snežink, vir: http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html , 10. 1. 2013	13
Slika 3: Sprememba temperature v snežni odeji zaradi nihanj temperature v ozračju.....	14
Slika 4: Preobrazba snega, risal D. Kušer po [4].....	15
Slika 5: Potek kroglenja in zrnjenja, risal D. Kušer po [4].....	16
Slika 6: Okroglenje in povezovanje zrn, narisal D. Kušer po [4].....	17
Slika 7: Globinski srež nastaja najpogosteje v toplejših prizemnih plasteh snežne odeja pa tudi v višjih slojih, kjer je temperaturna razlika včasih pre velika.....	18
Slika 8: Pri ogrevanju snega začne mehurčke med zrn nadomesti voda.....	19
Slika 9: Grafičen prikaz trdnosti in napetosti v snežni odeji, risba: N. Grabant po [4].....	19
Slika 10: Z večanjem kota se povečuje možnost plaza [4].....	20
Slika 11: Daljinski upravljalca za RGB-trak, foto: M. Sever.....	25
Slika 12: Kompresor uporabljen v raziskovalni nalogi za pogon "žirafe".....	26
Slika 13: Primer elektro motorja, vir: http://www.sugunapumps.com/images/tefc-cando-t-motor.jpg	27
Slika 14: Ventilator na snežnem topu, vir: http://i292.photobucket.com/albums/mm9/anickode/S6309069.jpg	28
Slika 15: Statorski ventilator, vir: http://farm5.static.flickr.com/4136/4752702933_543836b5dd_b.jpg	29
Slika 16: Šobe, vir: http://snowguns.com/eve/forums/a/ga/ul/8161014565/inlineimg/Y/DSCN0218.JPG	29
Slika 17: Grob načrt strojnih inštalacij smučišča, vir: [39].....	30
Slika 18: Delež alpskih držav v strukturi zasneževanih smučišč na območju Alp (v %)......	33
Slika 19: Zasneževane in nezasneževane smučarske proge na območju Alp [45].....	34

Kazalo tabel

Tabela 1: Termokemijske lastnosti vode.....	6
Tabela 2: Velikosti snežnih delcev.....	9
Tabela 3: Razmerje med odbitim in vpadnim valovanjem.....	10
Tabela 4: Slabljenje svetlobe in sevanja.....	11
Tabela 5: Različne vrste snega glede na prostorninsko gostoto.....	11
Tabela 6: Temperatura v snežni odeji.....	13
Tabela 7: Gnetljivost snega.....	14
Tabela 8: Tipične vrednosti posameznih trdnosti snežne odeje v naših krajih.....	20
Tabela 9: Trdnost snega.....	20
Tabela 10: Tehnične karakteristike RGB LED-traka.....	25
Tabela 11: Tehnične karakteristika halogenskega reflektorja.....	25
Tabela 12: Tehnični podatki za mobilno zračno kompresorsko postajo Atlas Copco XAS 36.....	26
Tabela 13: Primerjava površin smučišč in tiste, ki se lahko zasnežujejo.....	33

1 Dodatek 1: Več osnov o snegu

Zaradi zmanjšanja obsega raziskovalne naloge je bil dodan dodatek.
Gostota vode s spreminja z temperaturo (slika 1).



Slika 1: Sprememba gostote vode v odvisnosti od temperature, risal Ž. Korpar

Termokemijske lastnosti vode so podane v tabeli 1.

Tabela 1: Termokemijske lastnosti vode

$\Delta_f H^0_{\text{plin}}$	-241,83 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{tekoče}}$	-285,83 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{trdno}}$	-291,83 kJ/mol
$S^0_{\text{plin, 1 bar}}$	188,84 J/mol·K
$S^0_{\text{tekoče, 1 bar}}$	69,95 J/mol·K
S^0_{trdno}	41 J/mol·K

1.1 Taljenje ledu [4]

Led potrebuje za ogrevanje in taljenje veliko toplote. Zpomnimo si, da se troši energija najprej v ta namen, da se led ogreje na 0 °C, nato spet, da iz ledu (ogretega na 0 °C), nastane voda temperature

0 °C. Samo v ta namen je potrebno skoraj toliko toplotne energije, kolikor je porabimo, da isto količino vode segrejemo od 0 °C do vrelišča. Ko voda zmrzne, odda isto količino energije v prostor. Talilna toplota ledu je 334 kJ/kg.

Glede na število komponent v faznem diagramu ločimo:

- enokomponentne sisteme (npr. za Fe, [vodo](#) - H₂O), ki jih navadno podajamo v diagramih [temperatura](#) - [tlak](#);
- dvokomponentne ali binarne sisteme (npr. Cu-Ni, H₂O - C₂H₅OH, CaO-Si₂), ki jih navadno ponazarjamo pri konstantnem tlaku, spremenljivki sta temperatura in delež ene komponente,
- trokomponentne ali ternarne sisteme. Prikazujemo jih lahko s prostorskimi modeli: sestava treh komponent - temperatura (tlak je konstanten). Navadno uporabljamo reze skozi prostorski model: horizontalni rez (pri konstantni temperaturi) ali vertikalni rez (pri konstantni koncentracije ene komponente ali konstantno razmerje dveh komponent).

Seveda obstajajo še diagrami z več komponentami, vendar jih je težko grafično predstaviti [6].

1.2 Gibljivost molekul na površini ledu [4]

V ledu so molekule vode oz. njenih sestavin kisika in vodika urejene v šesterosomerni kristalni mreži, ki pri temperaturi pod -10 °C ostaja urejena vse do meje plasti površine ledu. Pri bolj umirjenih temperaturah blizu tališča ledu red na površini popusti in razmere so dokaj neurejene. Kristalna struktura se ne more obdržati, kar pa ne pomeni večjo gibljivost molekul. Led je v skoraj tekočem stanju, molekule lahko hitro potujejo od izboklih k vboklim predelom površine znotraj snovi ne le v obliki vodne pare.

Za temperature med 0 °C in -10 °C si velja zapolniti:

- Kjer sta dva delca ledu med seboj povezana z vezjo, se ta vrača zaradi prehoda snovi v površini plasti.
- Kjer se dva delca medsebojno dotikata, se zaradi prostega gibanja molekul v površinski plasti zelo naglo (v nekaj sekundah) ustvari in okrepi vez.

V mrzlem snegu je to dogajanje zelo počasno, hitro medsebojno povezovanje – lepljenje delcev je nemogoče.

1.3 Sneg kot padavina [4]

Zrak, ki vsebuje več ali manj vodnih par, se ohlaja iz različnih vzrokov:

–Zaradi dviganja, npr. od pobočju gore. Prvotna prostornina se poveča, temperatura pade (adiabatno ohlajevanje).

–Zaradi mešanja s hladnejšimi zračnimi gmotami.

Vemo, da je hladen zrak hitro prenasičen z vlago, ki se mora izločiti. Nastanejo vodne kapljice, megla, oblaki. Če so pri roki zamrzovalna jedra, nastanejo zarodki ledu, snega in se debelijo na račun vodnih kapljic, dokler zaradi težnosti ne padejo na zemljo.

Odvisnost nasičenja od temperature nam pojasni še nekaj – zakaj so snežne padavine pri zelo nizkih

temperaturah tako pričele in zakaj pri npr. 0 °C sneži na debelo in kot za stavo. Pri -20 °C se v ku-
bičnem metru zraka lahko spremeni v sneg samo 1,08 g vodne pare, pri 0 °C pa kar 4,835 g. Pri še
nižjih temperaturah je mera snega tako manjša.

1.4 Posebne vrste snega

Oris snega in najpomembnejših trdnih padavin bi ne bil popoln, če mu ne dodamo še delcev, ki
nastajajo iz vodnih par ali vode na površini tal oz. snega in jih poleg tega obravnavamo kot sneg.

•**Srež** so lističasti, piramidasti, prizmasti, ploski razvejeni ledeni kristali, ki nastanejo s sublimacijo
vodne pare na podhlajenih tleh, kamnih, ledu, snegu, vejicah, travi in listju. Pojavljajo se v mrzlih,
jasnih, brezveternih nočeh. K srežu lahko prištevamo tudi slano, ki jeseni pobeli podhlajena tla,
predvsem travo in pogosto zamori pozno cvetje. Srežu, ki pokrije površino snežne oddeje ali led,
pravimo površinski srež.

•**Mehko ivje** je nekakšna kombinacija sreža in ivja. Nastaja v obliki krhkih, razpotegnjenih in
razvejenih dendridov, nitk in peresc iz vodne pare v ozračju blizu tal. Ta v jasnih mrzlih nočeh, v
osojah tudi podnevi, sublimira na podhlajenih tleh: travi, listju, steblih, vejah, na lesu in strehah,
kamnih in skalah.

Ob izdatni vlagi in hudemu mrazu nastaja tudi na laseh, brkih, na obleki in kožuhih živali.

•**Ivje, trdo ivje** nastaja, ko veter nosi podhlajene kapljice megle, nakar ob stiku z močno ohlajeno
oviro v hipu primrznejo. Ivje raste proti vetru. Vsebuje mnogo zraka, zato je motne, bele barve.

•**Poledica** je prozorna ledena prevleka, ki nastane, ko se kaplje podhlajene vode razlezejo po
podhlajeni podlagi in zmrznejo, prihajajoč bodisi iz megle ali s pršenjem oz. z dežjem iz oblakov.
Poledici na žicah in drevju pravimo še žled ali požled.

1.5 Nov sneg [4]

Doslej smo trdne padavine obravnavali s fizikalnih vidikov. V vsakdanjem življenju gledamo na
večino stvari bolj s praktične plati, pri čemer tudi sneg ni izjema. Ločimo ga predvsem po starosti v
nov in star sneg. Vsaka teh dveh novih oblik ima po nekaj zvrsti in ime, po katerem ju ločimo od
drugih. Po dogovoru velja:

**Nov je sneg med sneženjem v snežni odeji, dokler v njem še lahko prepoznamo oblike
prvotnih snežnih kristalov.**

Starost ni pomembna: v hudem mrazu je nekaj dni star sneg še vedno nov.

**Meteorološki vidiki so drugačni. Vremenarju je nov samo tisti sneg, ki je padel v zadnjih 24
urah,** to je med dvema opazovanjema običajno vsak dan ob 7. uri zjutraj. Star je sneg, ki leži na
tleh več kot 1 dan.

Ljudsko poimenovanje loči:

1. **Pršič** (30-60 kg/m³); suh, nesprijet sneg v začetku zrnjenja, zrna globinskega sreža,
nastajajoča blizu površine snega, napihan nesprijet sneg, nesprijet sneg, ki ga s smučmi nastrgajo
uporabniki smučišč na pogah ter površinski srež.
2. **Puhec** (10-30 kg/m³); posebno lahka zvrst pršiča: nastaja ob hudem mrazu (cca. -15 °C),
pada v brezveterju. Sestoji iz ježkov, zvezdic, iglic, ki se medsebojno komaj dotikajo in sestavljajo
lahko, zračno in rahlo gmoto, ki se ob najmanjšem vetrcu zavrtinči v zrak. V prostorninskem metru

puhca je od 97 % do 99 % zraka. V kepe se ne sprijema, po strmini teče kot voda

3. **Ledene iglice**, imenovane tudi **diamantni prah**, nastajajo ob jasnem vremenu pri zelo nizkih temperaturah. Opazujemo jih kot drobcene, lesketajoče se kristale, ki se prepeljavajo po zraku nekaj metrov nad tlemi.

4. **Južen sneg (60-150 kg/m³)**; vlažen, nesprijet sneg. Pada pri temperaturah okrog 0 °C. Lahko ga stisnemo v kepo, oblikujemo. Med sneženjem se kristali pogosto sprimejo v kosme, ki merijo do 5 cm in več v premeru. Lepi se na smuči, prijema se v cokle na dereze in podplate. Ob ohladitvi v hudem mrazu se posuši in se spremeni v pršič.

Južen sneg je tudi vlažen polsten sneg, ljudje pa pravijo tako še snegu, ki je prešel preobrazbo ter je bolj ali manj prepojen z vodo (kašnat sneg, gnilec).

Tabela 2: Velikosti snežnih delcev

Opis velikosti kristala	Velikost D (mm)	Oznaka
Zelo majhno	0,5	Da
majhno	0,5-1,0	Db
Srednje veliko	1,0-2,0	Dc
veliko	2,0-4,0	Dd

1.6 Snežna odeja [4]

Opredelitev pojmov za snežno odejo [4]

V življenjski dobi snežnega kristala je nastanek ob vsej svoji zapletenosti daleč najkrajše obdobje, o katerem vemo razmeroma malo, saj nas bolj vabi snežna odeja. Omogoča nam smučanje, da poseben čar hoji v gorskem svetu, varuje zemljo in posevke pred zmrzaljo.

Snežna odeja nastaja s sneženjem

•**Sneženje je odlaganje snežnih kristalov iz ozračja. Sneženju z močnim vetrom pravimo metež.**

Sneženju podoben pojav povzroča veter:

•**Vejavica je pojav, da veter odnaša sneg s snežne odeje, ga vrtinči, prenaša in odlaga, ne da bi ob istem času snežilo. Vejavici, omejeni na prizemni sloj ozračja, rečemo živi sneg.**

S pojmom sneženja in meteža so združeni prvi trenutki rasti in nastajanja snežne odeje, z vejavico pa vzroki za njeno kasnejšne prerazporejanje.

Najprej vsebinsko opredelimo in si zapomnimo še nekaj pojmov:

•**Snežna odeja je ves na tleh odložen in nakopičen sneg: snežne padavine, sneg, ki ga je nanosil veter, v snegu odložen tekoč ali zmrznjen dež, površinski in globinski srež, ivje in plazovina.**

Če zanemarimo raznovrstne tujke in nezaželene primesi, je snežna odeja porozna, stisljiva zmes snega, zraka in vode. Slednja se v njej pojavlja v vseh trdnostnih stanjih – trdnem, tekočem in plinastem ter s tem določa vlažnost snega:

-V snegu je voda v trdnem in plinastem stanju – sneg je suh.

-V snegu je voda v trdnem, tekočem in plinastem stanju – sneg je vlažen oziroma moker. Snežna odeja nastaja v plasteh, ki sledijo obdobjem sneženja, meteža, vejavic, nastajanja površinskega steža in ivja, deževjem in lepem vremenu. Plasti so bolj ali manj debele – v njih se odraža zima in njen potek.

Snežna odeja je med nastajanjem odvisna od številnih dejavnikov: temperature, vetra, lastne teže, izdatnosti padavin, časa nastajanja, nagiba in lege področja in še česa.

Spričo tega se ne čudimo njeni raznolikosti in nespremenljivosti. Ujeta je med površino tal in ozračje nad njeno površino, njena življenjska doba je različna.

•Sezonska snežna odeja nastaja in premine v obdobju enega koledarskega leta.

Razlikujemo:

- občasno snežno odejo, ki nastane kadarkoli med letom in obleži samo nekaj ur ali dni;
- redno oziroma zimsko snežno odejo, ki nastane in obleži čez zimo, v času pozne pomladi, poletja in zgodnje jeseni pa premine.

Med najvažnejšimi dejavniki, ki odločajo o možnosti trgiranja snežnih plazov, je hitrost, intenzivnost nastajanja snežne odeje.

Pomembna je debelina novega snega, to je sneg, ki pade v času enega sneženja. Še več kot to nam pove izdatnost sneženja, torej količina snežnih padavin med sneženjem v časovni enoti.

Zaradi lažjega in natančnejšega sporazumevanja velja k pojmu snežne odeje dodati še nekaj definicij:

- **strnjena snežna odeja v celoti pokriva opazovalno območje. Izjema so koprnine pod krošnjami iglavcev in izjemno strme višine, kjer se sneg sprti obleti.**
- **prekinjena snežna odeja prehaja mestoma v posamezne krpe kopenskega sveta. Koprjava ne presega več kot polovico vse površine.**
- **krpe snega ali snežne lise so ostanki snežne odeje, ko od te ostanejo samo še posamezne zaplate snega, zameti, ostanki plazov in ti pokrivajo manj od polovice vse površine.**

Snežna meja:

Snežna meja je tista nadmorska višina, ki razmejuje predel s strnjeno snežno odejo in koprjavo. Prehod praviloma ni oster.

1.7 Fizikalne lastnosti snega [4]

1. Sneg je sončevo obsevanje

Sneg delno odbija in delno prepušča elektromagnetna valovanja: svetlobo, toplotne, UV in druge žarke, naj ti izvirajo od sonca, zemlje ali česarkoli.

Odboj nastane, ko valovanje zadane snežno površino. Približno 80 % teh žarkov se vrne v prostor, le 20 % sevanja snežna odeja vpije, vendar jakost z rastočo globino usiha.

Razmerje med odbitim vpadnim valovanjem izražamo v odstotkih, imenujemo albedo (tabela 3).

Albedo je odvisen od valovne dolžine obsevanja. Pri vidni svetlobi ta razlika ni opazna, odboj je enak za vse njene sestavine, zato se nam sneg kaže v beli barvi.

Tabela 3: Razmerje med odbitim in vpadnim valovanjem

Vrsta snega	Albedo A (%)
nov sneg, suh	90-95
star sneg, čist	70-90

star sneg, srenec	50-70
umazan sneg	< 50
ledeniški led	30-40
prst	ca. 29

Prehod sevanja skozi snežno odejo pa je zelo odvisen od njegove valovne dolžine. Pri svetlobi prodre najgloblje njena kratkovalovna modra sestavina, najprej se izgubi dolgovalovni rdeči delež (tabela 4).

Tabela 4: Slabljenje svetlobe in sevanja

Snežna odeja – Globina H (cm)	Slabljenje sevanja (%)	Slabljenje svetlobe (%)
10	91,2	50-60
20	96,2	70-90
30	98,4	90
40	100,0	100

Zanimiv je podatek o gostoti snega med sneženjem (slika 5). Ugotovili smo, da je med sneženjem v zraku silno majhna, nekako v mejah 0,001 do 0,01 kg/m³. Med vejavico se vrednost že bistveno poveča in znaša med 0,1 in 1 kg/m³, merjeno v bližini tal.

Tabela 5: Različne vrste snega glede na prostorninsko gostoto

Vrsta snega	Prostorninska gostota ρ [kg/ m ³]
puhec	10-30
pršič	30-60
napihan sneg	60-300
uležan suh sneg	200-400
uležan moker sneg	400-600
globinski srež	200-300
suh srenec	400-700
moker srenec	600-800
ledeniški firn	do 820
ledeniški led	870-910
vodni led	917

1.7.1 Poroznost snega [4]

V snegu je vedno več ali manj praznega prostora v obliki por. V njih je zrak, včasih tudi voda.

Odnos med prostornino por in prostornino snega izražamo v odstotkih, imenujemo ga pa absolutna poroznost.

Podatek o poroznosti pravzaprav veliko pove. Če pravimo: poroznost puhca je 97 %, pomeni, da snežni kristali v vzorcu zavzemajo samo 3 % prostora. Preostalo sta zrak in pa vodna para.

1.7.2 Prepustnost snega za zvok [4]

Zvočno valovanje, ki zadane ob površino snežne odeje, se na njej delno odbije, deloma lomi in v snegu širi dalje. Vemo, da dogajanje v obratni smeri ni tako preprosto.

Klicev in glasu zapustega v plazu reševalci praviloma ne slišijo, četudi on dobro sliši in spremlja njihov pogovor. Na to vpliva plastni sestav snežne odeje in različna gostota in temperatura teh plasti, kot tudi temperatura zraka nad njimi. V homogeni, enakomerni snežni odeji se zvok širi v vseh smereh enako hitro. Kadar se mora prebijati skozi različno goste in debele plasti, se zvočni val lomi. To je posebej izrazito, ko na površini snega zadane na zrak, v katerem je hitrost širjenja manjša. Posledica je skoraj popoln lom zvočnih valov, ki se vračajo v sneg. Kaže, da je zaradi navadnega možno zaznati glas zapustega tik ob površini snežne odeje, kar je verjetno zmožen reševalni pes.

1.7.3 Prepustnost snežne odeje za vodo [4]

Snežna odeja različno prepušča vodo. To je odvisno od vrste snega, njegove prostorninske gostote, specifične teže in poroznosti, vendar pa tudi od temperature snežne odeje.

Dokler so zunanje temperature nizke in sonce še ni visoko nad obzorjem, omehčajo in tajajo sončni žarki samo površino snežne odeje in sežejo komaj kak centimeter globoko. K temu veliko pripomore še (zaradi sevanja) močno podhlajena snežna površina.

Dež na mrzlem snegu ne opravi ničesar. Voda bodisi odteče in morda v poševno ležečo površino izdolbe žlebiče bodisi zmrzne. Če si najde pot v notranjost skozi pore, hitro zmrzne in prodre le kak centimeter globoko.

Šele topel sneg pri 0 °C odpre pot vodi, da se po porah in lastnih kanalih razleze v notranjost snežne odeje. Ustavi se šele na tleh pa tudi na neprepustnih slojih (led, sren) ali pa zmrzne, če naleti na bolj hladne pasti v notranjosti.

1.7.4 Toplotna prevodnost snežne odeje [4]

Sneg slabo prevaja toploto, ki se lahko širi predvsem prek snežnih kristalov oziroma zrn, pore prevajanje zelo otežujejo.

Zato je lahek, rahel sneg odličen toplotni izolator, ki varuje pred mrazom človeka in posevke, rastlinstvo in celo samo zemljo, ki sicer pozimi globoko zmrzne.

Snežna odeja dobiva v naravnih pogojih toplotno energijo od sonca po zraku in od zemlje s tal. Spremembe temperature zraka se v snežni odeji odražajo z veliko zakasnitvijo, dnevna nihanja sežejo samo v skrajne vrhnje plasti. V globini se spremembe čutijo samo, če so zadosti velike in če trajajo dovolj dolgo.

Nekoliko boljši vpogled v dogajanje nam omogoči podatek o razmerah v snežni odeji, debeli 2 m, ki se je pred spremembo od vrha do tal ohladila na -1°C. Po ohladitvi ozračja na -16° so bile spremembe temperature kot kaže naslednja tabela 6.

Tabela 6: Temperatura v snežni odeji

Globina (cm)	Znižanje T v snežni odeji (°C)	Zakasnitev za ohladitvijo zraka (dni)
20	8,0	2
50	4,0	3
100	1,5	6
150	1,0	10

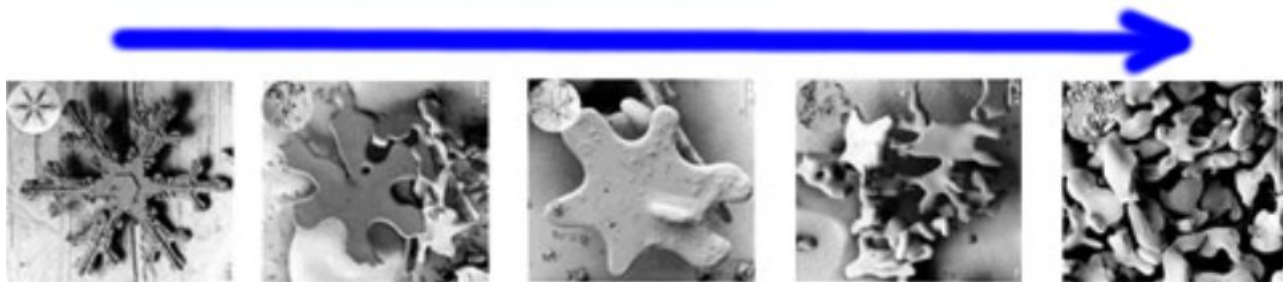
Nespametno bi bilo pričakovati, da se bo zunanja sprememba temperature kar takoj odrazila že tudi v notranjosti snežne odeje, še zlasti, če bi na to radi gradili sojo vero v njeno utrditev na pobočju. Zelo koristna je primerjava snega z drugimi materiali. Lahek pršič ($Q = 50 \text{ kg/m}^3$) prevaja toploto nekako za polovico slabše kot smrekov les in celo moker zrnat sneg ($Q = 500 \text{ kg/m}^3$) je trikrat boljši izolator kot beton. Spričo tega je jasno, od kod priljubljenost bivakov v iglujih in snežnih luknjah. Potek temperature v notranjosti snežne odeje si določamo s temperaturnim profilom snežne odeje, iz katerega poznavalec izlušči poleg trenutnega stanja tudi osnovne značilnosti določenega daljšega obdobja neke zime.

Seveda moramo vedeti, da temperatura (kot vse drugo v snežni odeji) ni nekaj nespremenljivega. Zlasti po sneženju nastajajo spremembe, padci temperature so drugačni, kot so bili v času pred tem. Najvažnejše pa je, da se s tem utegne spremeniti trdnost snežne odeje, bodisi da se poveča njena stabilnost, ali pa se v njej zaradi sneženja pojavi šibke plasti.

1.7.5 Gnetljivost snega [4]

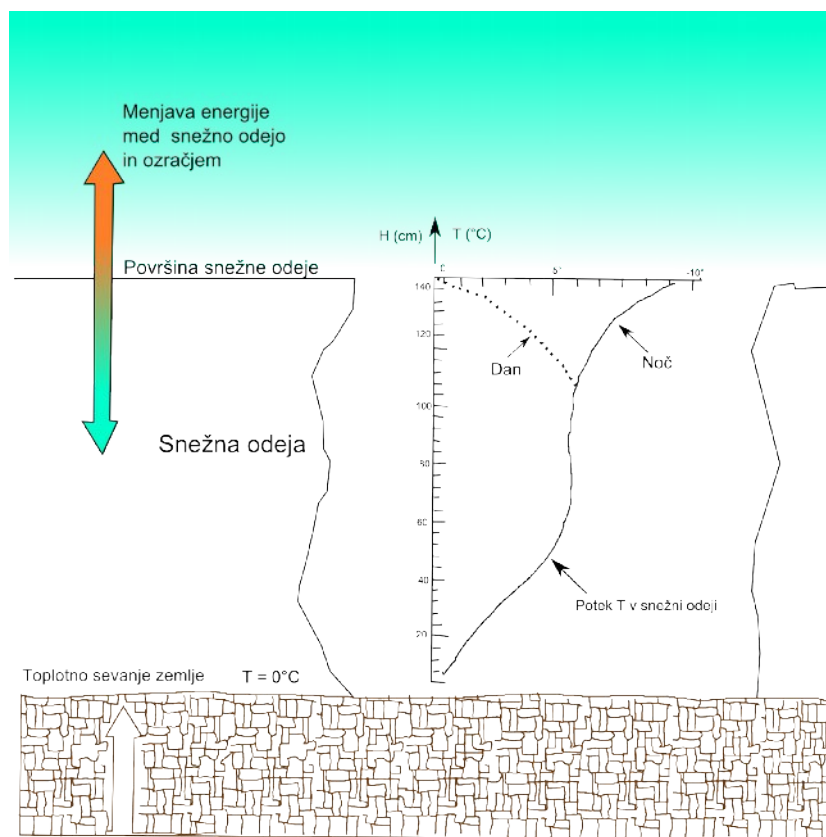
Sneg je snov, ki jo je mogoče gnesti, stisniti, oblikovati (slika 2). Pravimo, da je plastičen oz. gnetljiv, kar je zelo močno odvisno od gostote, oblike kristalov oz. zrn, temperature in vlažnost snega (slika 3).

Izrežimo iz snega kocko in jo na vrhu obremenimo. Opazovanje pokaže, da njena višina s časom upada, kar bi se nekoliko počasneje dogaja tudi zaradi lastne teže snega. Izobličene je enostavno. Če obremenitev popusti, se kocka ne bo povrnila v svoje prejšnje stanje. Proces ni povračljiv.



Slika 2: Preoblikovanje snežink, vir: <http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>, 10. 1. 2013

Na podlagi opazovanj ugotovimo, da se sneg obnaša kot židka tekočina. Čim večja je obremenitev, hitrejša je sprememba prostornine in oblike.



Slika 3: Sprememba temperature v snežni odeji zaradi nihanj temperature v ozračju

Zaradi snega gnetenja se notranja struktura v snežni odeji lahko:

- **preoblikuje, vendar ne poruši.** Tako je na primer s sesedanjem snega, gubanjem, zgoščevanjem ob zaprekah, polzenjem;
- **preoblikuje in poruši.** Tako je na primer pri stiskanju snega v kepo, utiranju gazi, pluženju. Hitro, sunkovito preoblikovanje.

Tabela 7: Gnetljivost snega

Dejavnik	Majhna gnetljivost snega	Velika gnetljivost snega
Gostota	velika	majhna
Vrsta zrn, kristalov	globinski srež	nov sneg
Temperatura	nizka	visoka
Vlažnost	suh sneg	vlažen sneg

1.8 Preobrazba snega [4]

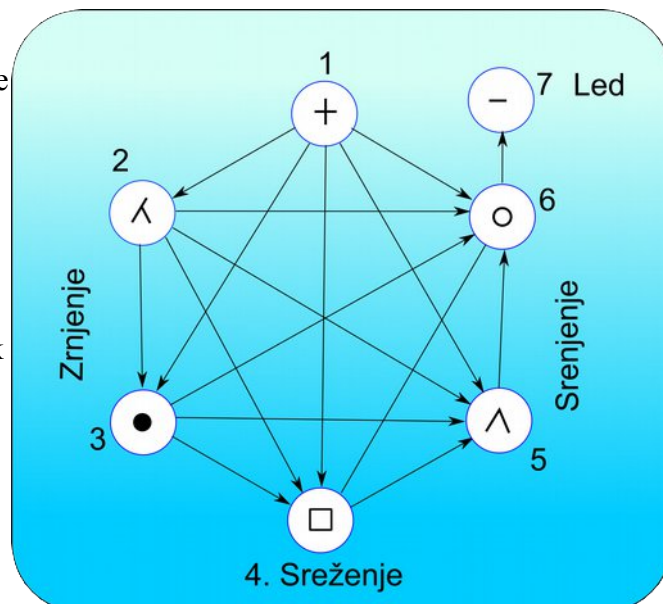
Sneg je zelo spremenljiva in občutljiva snov. Od trenutka nastanka v ozračju med sneženjem, ob naletu na tla pa naprej ves čas trajanja snežne odeje in od trenutka, ko skopni, je podvržen nenehnim spremembam, zdaj počasnim in komaj opaznim, zdaj naglim.

Ločimo štiri različne preobrazbe:

- drobljenje
- zrnjenje
- sreženje
- srenjenje (slika 4).

S fizikalnega vidika ločimo predvsem naslednje vzroke preobrazbe snega:

1. delovanje mehanskih sil,
2. težnja narave, da imajo kristali ob dani masi najmanjšo možno površino,
3. vpliv različnih tlakov vodne pare med delci snega v snežni odeji, ki povzročajo pretok vodnih par;
4. vpliv toplotne energije posameznih kristalov, površine snežne odeje in zemeljske površine, ki krmilijo gibanje in širjenje vodnih molekul – difuzijo vodnih par.



Slika 4: Preobrazba snega, risal D. Kušer po [4]

1.9 Drobljenje [4]

Drobljenje je preobrazba snega zaradi mehanskih vplivov. Kristali novega snega spreminjajo obliko zaradi vpliva vetra ali zaradi pritiska snežne odeje.

Veter mikasti, nosi, premeta kristale, še preden dosežejo tla, pometa z njimi po snežni površini. Nežne snežinke se lomijo, izgubljajo prvotno obliko, na tleh se kopičijo njihovi ostanki in drobir, ki niti tam nima miru in obstanka, saj z njim kasneje gospodari še vejavica. Ta napihani, živi sneg je drugačen od tistega, ki se je porajal v oblakih. Notranje napetosti se v njem dolgo ohranijo in slabo izravnajo, zato je pripraven za plazove.

Kristale novega snega drobi tudi lastna teža snežne odeje in se zaradi tega gosti in uležava.

1.10 Zrnjenje [4]

Zrnjenje (slika 5) je preobrazba kristalov novega snega, a tudi snega, ki je že prestal spremembe. Bolj ali manj razvejene snežinke v naravi niso obstojne, ker je njihova površina v primerjavi z maso prevelika. Zato se oblika spreminja, dokler delci ne postanejo kar najbolj okrogli, številni pa še med seboj sprijeti z novonastalimi vezmi.

Poglavitno gibalno te preobrazbe je razlika v parnem tlaku na snežnih kristalih, razlika med tlaki na konicah in robovih, nad izboklinami ter tlaki v vdoblinah in na stičnih posameznih snežnih delcev.

Razlika tlakov vodne pare je motor, ki poganja vodne molekule od predelov večjega v območju manjšega parnega tlaka. To je dandanes že dobro znano in zadnja leta že bolj razjasnjeno.

Da preobrazba hitreje poteka, bistveno pripomorejo temperaturne razlike. Četudi majhne, da jim marsikdo ne bi pripisal tolikšnega vpliva, so vendar zadostne, da poteka pretok molekul med območji različnih parnih tlakov bolj živahno, izdatno in s hitrostjo, ki smo jo vajeni v stvarnih razmerah.

Preobrazba se odraža na dva načina:

1.11 Okrogljenje zrn [4]

V začetku preobrazbe se kljub spremembam kristalov še dobro vidi, kakšna je bila njihova prvotna oblika. Ko se razkroj nadaljuje, postajajo konice in ostri robovi čedalje bolj topi in obli (slika 6).

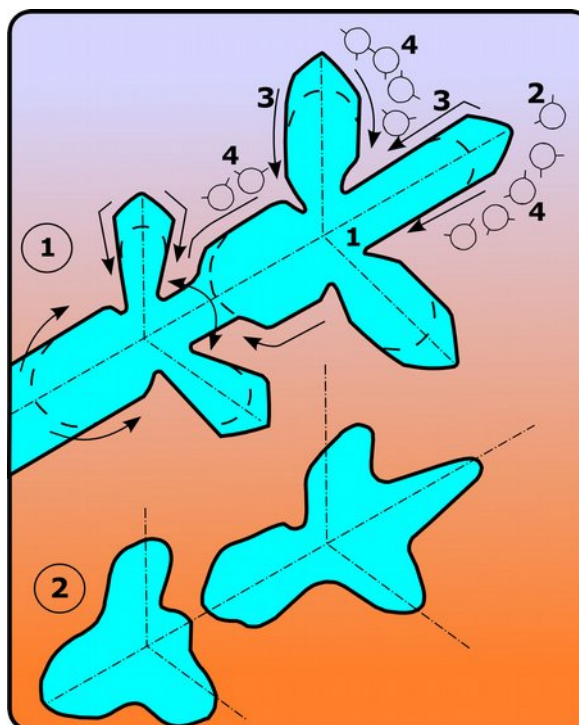
Tanjše veje izginjajo, nastajajo drobci in posamezna majhna zrnca.

To pa še ni konec zrnjenja, saj so tudi zelo majhna zrnca v naravi nezaželeni. Razmerje med površino in maso je še vedno negospodarno. Zato vodne molekule zapuščajo mala zrnca ter prehajajo k debelejšim, dokler v zaključnem obdobju zrnjenja niso vsa več ali manj enaka in okrogla, kar pomeni, da je doseženo ravnotežje, stabilnost.

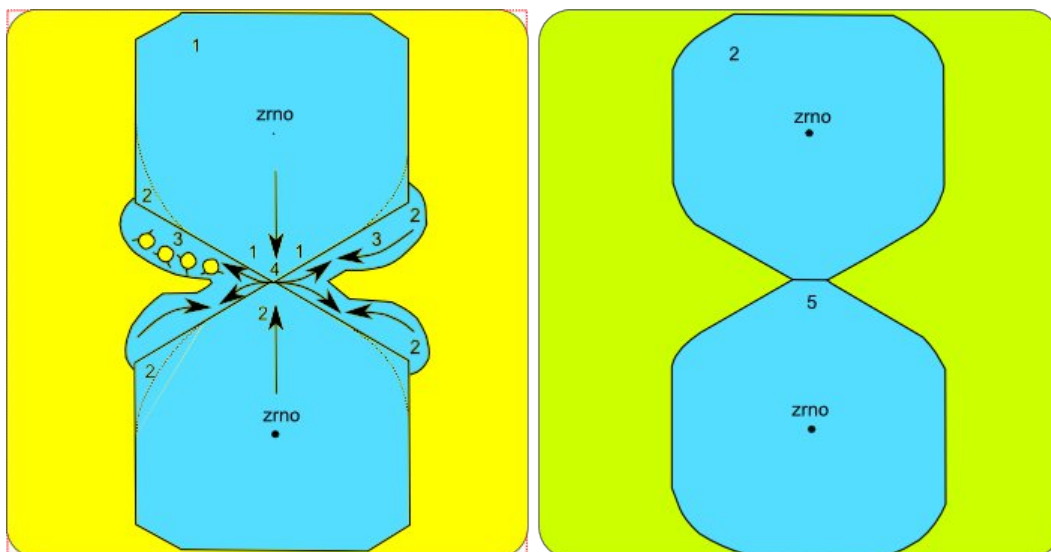
Vse opisano je pa zelo odvisno od temperature.

Če mraz ni hud, preobrazba hitro napreduje. Pri temperaturi med 0 °C in -10 °C pospeši prehod molekul še popuščanje kristalne mreže na površini delcev, ki je v »skoraj tekočem« stanju.

Molekule se tam tako rekoč prosto gibljive, četudi površine sploh ne zapustijo.



Slika 5: Potek krogljenja in zrnjenja, risal D. Kušer po [4]



Slika 6: Okroglenje in povezovanje zrn, narisal D. Kušer po [4]

1.12 Povezovanje zrn [4]

Je zelo pomembna posledica zrnjenja, ki se kaže v utrditvi snežne odeje. Na stikališčih sosednjih zrn se oblikujejo območja majhnega tlaka vodne pare, ki močno privlačijo vodne molekule. Vbokline se na ta način zapolnijo z ledom, nastajajo vezi, zrnca se še vežejo z vratovi. To je sintranje, ki da snežni odeji večjo trdnost in celo nekaj elastičnosti. Višina snežne odeje se niža, gostota se večja, snežna odeja postaja stabilnejša [4].

1.13 Sreženje [4]

Večje temperaturne razlike v snežni odeji povzročajo intenziven pretok vodnih molekul, ki se prebijajo skozi zračne pore, morda celo prek posebnih prehodov in na načine, ki so še malo razjasnjeni. Pretok poteka od predelov višje temperature in večjega parnega tlaka k predelom z nižjo temperaturo in nižjim parnim tlakom, od toplega k hladnemu. Pretoku pravimo s tujo besedo še difuzija (slika 7).

Sreženje je zanimiv proces:

- Prvotno okrogla zrnca postajajo najprej robata, dobivajo ravne mejne ploskve. Ko sreženje napreduje, se sčasoma spremenijo v votle, čašaste kristale, oblike grobih piramid s šestkotno osnovnico, stopničasto oblikovanimi mejnimi ploskvicami in z ostrimi stičnimi robovi.
- Zrna globinskega sreža so v povprečju velika do 5 mm v premeru. Dosežejo pa tudi 8 mm in več. Rast je najhitrejša pri temperaturi okrog $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ko pa ta pade pot $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, rastejo kristali bistveno počasneje. Značilno je, da med sneženjem pridobivajo velikost predvsem zrna, medtem ko se vezi in vratovi ne krepe, kar je posledica zakonitosti pri pretoku toplotne energije. V resnici se število vezi celo zmanjša, zaradi česar slabi trdnost snežne odeje.

Posledica sreženja je globinski srež. Rečemo mu tudi plovni sneg, po francoskem zgledu pa tekoči sneg. Smučarji in planinci, ki na tak sneg nalete pod površjem snežne odeje, ga imenujejo kar pršič, pač zaradi tega, ker zrna medsebojno niso sprijeta.

Sreženju ni podvržen samo zrnat sneg pač pa vsak sneg, če so le dani naravni pogoji – zadostna temperaturna razlika znotraj snežne odeje. Nastaja globinski srež, ki ima bloko prizem, paličic, lističev in podobno.

Hitrost streženja je odvisna od padca temperature v snežni odeji. Ta mora biti vsaj $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{cm}$. Npr. če je na površini $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, pri tleh pa $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in je snežna odeja debela 1 meter. Čim večji je temperaturni padec, čim pozornejša je snežna odeja tem hitreje poteka streženje. Pretok par je pač večji. Posledica sreženja je rahljanje snežne odeje v predelu, koder se to dogaja. Pri dnu snov dobesedno izginja in se kopiči v krhkih spletih kristalih. Taka snežna odeja slabo prenaša obremenitve in zlahka splazi.

Kje naj pričakujemo globinski srež ?

V starih prizemnih plasteh, kjer je temperatura zaradi bližine tal in dihanja zemeljske skorje okrog 0°C ter je za preobrazbo na voljo dovolj časa in miru.

Včasih nastanejo manjše plasti globinskega sreža v srednjih ali vrhnjih slojih snežne odeje nad plastjo srena ali nad ledenimi lamelami.

V osojah (senčnih legah), kjer je površina snežne odeje zelo hladna in zaradi tega v njej velik padec temperature. Take so razmere na severnih in severozahodnih pobočjih, v globelih, ozebelih, ozebnikih, povsod tam, kamor redko posijejo sončni žarki in koder ima ohlajanje zaradi nočnega sevanja še posebno veljavo, ker čez dan manjka sončeve toplote [4].

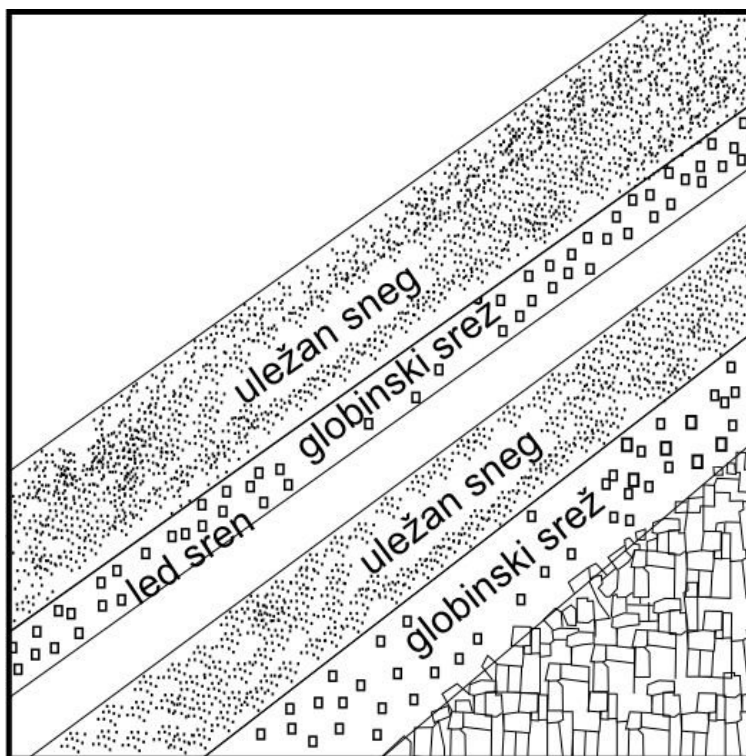
1.14 Srenjenje [4]

Srenjenje poteka skoraj ves čas obstoja snežne odeje.

Kadar snežni kristali zaradi sončevega obsevanja in toplote, zaradi splošne otoplitve ali dežja, se ogrejejo na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, obda posamezna zrnca tanka in vodna mrenica. Ta ponoči in ob ohladitvi spet zmrzne, čez dan in otoplitvah pa se proces taljenja ponovi in prodira bolj ali manj v globoko v notranjost snežne odeje. V zračnih porah se počasi nabira voda.

Opravka imamo z zelo zanimivimi pojavi. Do veljave prihajajo razlike tlakov vodne pare, komaj zaznavne temperaturne razlike na delcih in med delci, razlike v temperaturi tališča ledu kot posledica tlaka nalaganja, površinska napetost vode ter seveda spet in spet nihanja dnevne temperature zraka ter njihov vpliv v notranjosti snežne odeje.

Manjša zrnca in delčki izginjajo, na njihov račun se predvsem zaradi razlike parnih tlakov debele



Slika 7: Globinski srež nastaja najpogosteje v toplejših prizemnih plasteh snežne odeje pa tudi v višjih slojih, kjer je temperaturna razlika včasih pre velika

večja zrna.

Dotikajoča zrna se na stičnih ploskvah zaradi tlaka naleganja tale. Površina naleganja se veča:

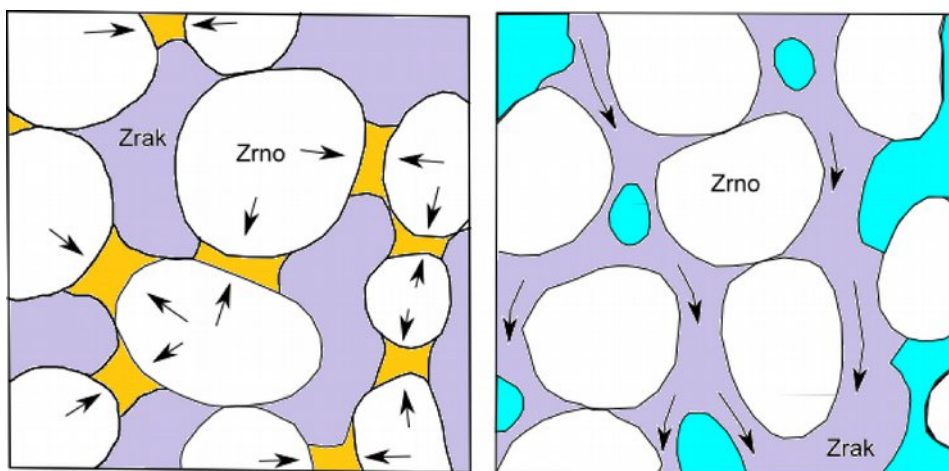
sproščenci vodne molekule uhajajo in se razlezejo v vodni mrenici, dokler ne zmrznejo na prosti površini zrn.

Manjša zrnca in nežnejše vezi med njimi se tale že pri neznatno nižji temperaturi kot debelejša zrna in vezi. Nastaja voda. Ta deloma spet zmrzne na hladnih zrnih in vezeh, deloma pa se v tekočem stanju združuje med bližnjimi zrn in jih s pomočjo površinske

napetosti veže v sprimke. Ob ohladitvi zmrzne v trdno vez, nastajajo gruče sprimkov – velika, goba zrna, ki združujejo tudi po petdeset in več zrn v eno celoto.

Spričo tega se gostota snežne odeje hitro in občutno veča, nastaja srevec v različnih pojavnih oblikah, zlasti zrnec in zoprni gnilec.

Sčasoma je vode toliko, da ji pore niso več kos. Ne morejo je več zadrževati, prebija se v notranjost, vendar ne ponika enakomerno po vsej snežni odeji. Izbira si prednostne kanale in se ustavi samo na neprepustnih plasteh: na tleh, na sloju sreca, na ledeni lameli. Tam kaj razmaka snežno odejo in ustvarja nevarno drsno plasti ali pa zmrzne, če ji to dopušča temperatura, v ledeno lamelo.

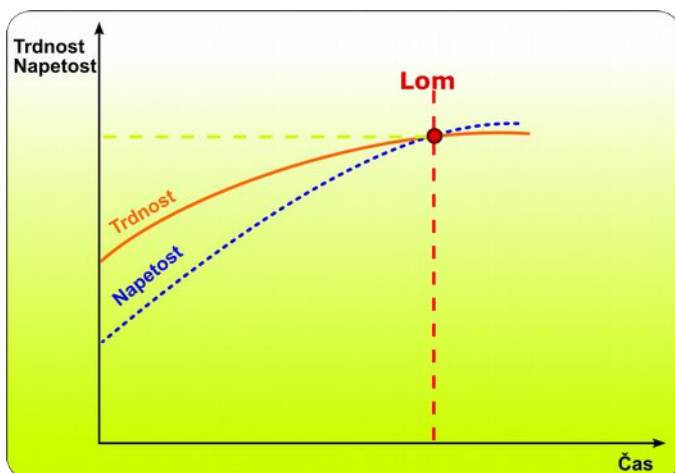


■ Voda v koticčkih med zrn ■ Prosta voda v snegu

Slika 8: Pri ogrevanju snega začne mehurčke med zrn nadomesti voda

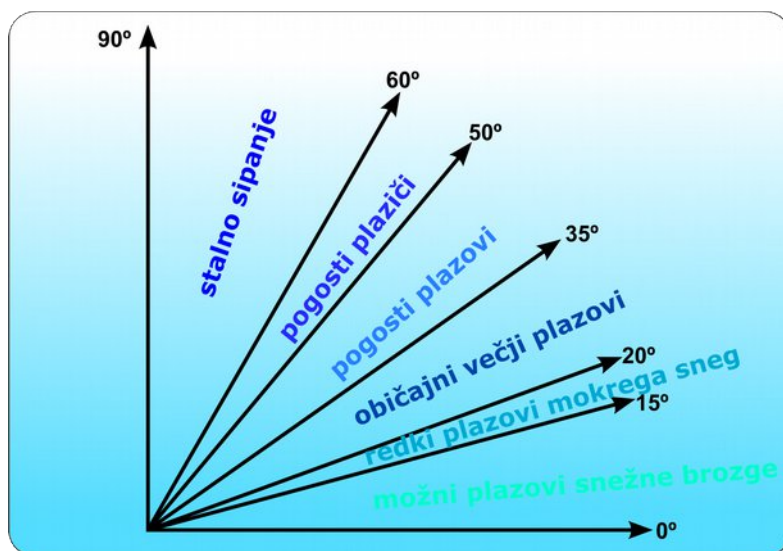
Plaz [4]

Plaz je gibajoči del snežne odeje ali ledene gmote, ki drsi teče, lebdeč nad tlemi pada v globino, dokler se ne zaustavi, ko izgubi svojo gibalno energijo (slika 9). Gre torej za dogodek, ne za predmet.



Slika 9: Grafičen prikaz trdnosti in napetosti v snežni odeji, risba: N. Grabant po [4]

Po dogovoru imamo opraviti s plazom, le tedaj, ko splazmela gmota prevali po pobočju najmanj 50 metrov (slika 10). Če je pot plazov krajša govorimo o osipu, plaziču, omeli (tabela 8 in 9). O osipu govorimo še o podorih snega s strehe. O podoru govorimo tedaj, ko imamo v mislih podiranje serakov in ledu v ledeniških gorah [4].



Slika 10: Z večanjem kota se povečuje možnost plaza [4]

Tabela 8: Tipične vrednosti posameznih trdnosti snežne odeje v naših krajih

Trdnost	v kPa
tlačna	4-400
natezna	2-200
strižna	0,3-10

Tabela 9: Trdnost snega

Dejavnik	Majhna trdnost	Velika trdnost
Gostota sneg	Majhna (rahel sneg)	Velika
Oblika zrn	Kristali novega snega, globinski srež, čašice, površinski srež	Okrogla zrna
Velikost zrn	Velika zrna	Majhna zrna
temperatura	Visoka	Nizka, mrzel sneg
vlažnost	Velika, moker sneg	Majhna, suh sneg

1.15 Še nekaj pojmov povezanih s snegom

Léd je zmrznjena trdna oblika vode. Od kapljevinske vode ima manjšo gostoto in na njej plava.

Izhlapevanje [1]

Transformacija vode iz tekočega v plinsko fazo in premik iz tal ali vodnih teles v ozračje. Vir energije za izhlapevanje je predvsem sončnega sevanja/energija. Izhlapevanje pogosto implicitno vključuje transpiracijo iz rastlin (angl. evapotranspiration). Skupna letna evapotranspiracija znaša približno 505.000 km³ vode in 434.000 km³, ki izhlapeva iz oceanov.

Sublimacija

Sprememba neposredno iz trdne vode (snega ali ledu) v vodno paro. Obratnemu pojavu se reče resublimacija. Tvorjenje slane je znan zgled resublimacije iz meteorologije.

Advekcija

Pretok vode - v trdnem, tekočem ali hlapov - skozi atmosfero. Brez advekcije, se voda, ki je izparela nad oceani ne bi mogla vrniti nazaj nad zemljo.

Kondenzacija

Preoblikovanje vodne pare v tekoče kapljice vode v zraku. Kondenzacija proizvaja meglo in oblake.

Taljenje [<http://sl.wikipedia.org/wiki/Taljenje>]

Taljênje je fazni prehod, pri katerem snov preide iz trdnega v kapljevinsko agregatno stanje. Taljenje poteka pri temperaturi tališča, ki je odvisna od tlaka. Ob taljenju je trdnini treba dovesti talilno toploto. Taljenju nekaterih snovi pravimo tudi tajanje. Obratni fazni prehod je strjevanje.

Dovedena talilna toplota se pri taljenju porabi za trganje vezi v kristalu, s čimer se poruši kristalna zgradba trdnin. Snovi, ki nimajo kristalne zgradbe (npr. steklo), se pravzaprav ne stalijo, ampak se pri višanju temperature postopoma mehčajo.

Taljenje snega

Voda, ki nastane ob taljenju snega zaradi temperature, ki je višja od 0 °C.

Tališče [<http://sl.wikipedia.org/wiki/Tali%C5%A1%C4%8De>]

Tališče (T_T) (tudi **strdišče**, posebej v zvezi s faznimi spremembami vode tudi **ledišče**, **zmrzišče** ali **zmrzovališče**) je temperatura, pri kateri lahko pri danem tlaku obenem obstojata trdna in kapljevinska faza snovi.

Če zmesi trdne in kapljevinske faze dovajamo toploto, se njena temperatura ne spremeni, na račun trdne pa se povečuje delež kapljevinske faze. Proces imenujemo taljenje. Obratno se ob strjevanju, če sistem pri temperaturi tališča oddaja toploto, na račun kapljevinske povečuje delež trdne faze. Toploto, potrebno, da stalimo dano maso izbrane snovi, imenujemo talilna toplota.

Snovi, ki nimajo kristalne zgradbe (npr. steklo), nimajo ostro določenega tališča, ampak se pri

višanju temperature postopoma mehčajo.

1.16 Spremembe termodinamskih spremenljivk pri taljenju

Notranja energija W_n se, če zanemarimo raztezanje, pri taljenju poveča za dovedeno toploto:

$$\Delta W_n = m q_t.$$

Pri tem je m masa telesa, q_t pa talilna toplota.

Pri taljenju se poveča entropija S :

$$\Delta S = \frac{m q_t}{T_t}.$$

Pri tem je T_t temperatura tališča.

Izparilna toplôta [20] je [toplota](#), ki jo moramo pri stalnem [tlaku](#) dovesti enemu [kilogramu](#) dane [snovi](#) v [kapljevinstem agregatnem stanju](#), segrete do [vrelišča](#), da [izpari](#), torej da preide v [plinasto](#) agregatno stanje. Enaka je toploti, ki jo pri stalnem tlaku odda en kilogram do vrelišča ohlajenega plina, ko [kondenzira](#) in preide v kapljevinsto agregatno stanje. Praviloma je izparilna toplota tabelirana pri normalnem [zračnem tlaku](#) 101,325 [kPa](#) (glej tudi [standardni pogoji](#)).

[Mednarodni sistem enot](#) predpisuje za izparilno toploto [izpeljano enoto J/kg](#). Namesto na [maso](#) snovi lahko preračunamo izparilno toploto tudi na [množino snovi](#); v tem primeru navajamo izparilno toploto v [J/mol](#).

Izparilna toplota [vode](#) pri tlaku 101,325 kPa in 100 °C je 2256,9 kJ/kg, kar je enako okoli 40,6 kJ/mol. To je veliko — petkratna količina [energije](#) potrebna za segretje vode od 0 do 100 °C.

Izparilna toplota je v splošnem odvisna od temperature. Velikokrat pa lahko računamo s povprečno vrednostjo med dvema ozkima intervaloma.

Vrelišče [24](oznaka T_V) je [temperatura](#), pri kateri lahko pri danem [tlaku](#) obenem obstojata [kapljevinska](#) in [plinasta faza snovi](#).

Če zmesi kapljevinske in plinaste faze dovajamo [toploto](#), se njena temperatura ne spremeni, na račun kapljevinske pa se povečuje delež plinaste faze. Proces imenujemo [izparevanje](#). Obratno se ob [kondenzaciji](#), če sistem pri temperaturi vrelišča oddaja toploto, na račun plinaste povečuje delež kapljevinske faze. Toploto, potrebno, da izparimo dano [maso](#) izbrane snovi, imenujemo [izparilna toplota](#).

Vrelišče je močno odvisno od tlaka. Odvisnost približno opisuje [Clausius-Clapeyronova enačba](#).

Clausius-Clapeyronova enačba [25] približno opisuje odvisnost [vrelišča](#) od [tlaka](#) ali odvisnost nasičenega [izparilnega tlaka](#) od [temperature](#) v [dvofaznem](#) sistemu. [Enačba](#) izhaja iz [drugega zakona termodinamike](#) in podaja mejo med fazama [snovi](#) na [faznem diagramu](#). Za [toplotno ravnovesje plina](#) (npr. za suho [vodno paro](#)) in [kapljevine](#) velja:

$$dp_s(V_p - V_k) = m q_i \frac{dT}{T},$$

kjer sta V_p , V_k [prostornini](#) plina in kapljevine, p_s izparilni tlak in T vrelišče. Prostornino kapljevine lahko pri nizkih tlakih zanemarimo v primeri s prostornino plina, ki jo izračunamo iz [plinske enačbe](#):

$$V_p = \frac{mRT}{(P_s M)},$$

Clausius-Clapeyronova enačba pa dobi obliko:

$$\frac{dp_s}{p_s} = M q_i \frac{dT}{RT^2}.$$

Tu sta R [splošna plinska konstanta](#) in M [kilomolska masa](#). [Izparilna toplota](#) q_i je odvisna tudi od temperature. Po navadi jo nadomestimo s povprečno vrednostjo med dvema intervaloma. Z [integracijo](#) dobimo:

$$p_s = p_{s0} e^{(M \bar{q}_i / R)(1/T_0 - 1/T)}.$$

Enačbo je zapisal [francoski inženir](#) in [fizik Benoit Paul Émile Clapeyron \(1799-1864\)](#), dopolnil pa jo je [nemški matematik](#) in fizik [Rudolf Julius Emmanuel Clausius \(1822-1888\)](#).

Enačba velja tudi za ravnovesje kapljevine in [trdnine](#), tako da poda tudi odvisnost [tališča](#) od tlaka. V tem primeru je ni potrebno integrirati, ker se tališče pri večji spremembi tlaka le malo spremeni:

$$dp(V_k - V_t) = m q_t \frac{dT}{T},$$

Tu je T tališče in q_t [talilna toplota](#) snovi. Uporabimo jo lahko v diferencialni obliki, izraženo z [gostotami](#):

$$\frac{do}{dT} = \frac{q_t}{T} \left(\frac{1}{(\rho_K)} - \frac{1}{(\rho_T)} \right).$$

Tališče se pri naraščanju tlaka poveča ($dp/dT > 0$), če je $\rho_K < \rho_T$ in obratno se zniža ($dp/dT < 0$), če je $\rho_K > \rho_T$.

2 Dodatek 2: Tehnični podatki razsvetljave in uporabljenega testnega kompresorja

2.1 Razsvetljava

Na žirafi sta uporabljena dva vira svetlob. Za primarno razsvetljavo smo izbrali RGB LED-trak, ki je nameščen po celotni roki žirafe. To razsvetljavo lahko uporabljamo skozi celotno zasneževanje, saj je poraba energije zelo nizka, s tem pa še pridobimo na atraktivnem izgledu naše žirafe. Za sekundarno razsvetljavo pa uporabljamo močan halogenski reflektor, ki ga uporabljamo le ob ogledu zasneževalne površine.

2.2 Primarna razsvetljava

V primarni razsvetljavi je uporabljen RGB LED-trak. Za krmiljenje poskrbi poseben LED-kontroler. Ta sprejema navodila za krmiljenje preko IR-sprejemnika. Navodila pa oddajamo s pomočjo 44 funkcijskega daljinskega upravljalnika.

Tabela 10: Tehnične karakteristike RGB LED-traka

Dolžina traku:	500 cm
Širina traku:	80 mm
Število LED žarnic na meter:	60
Skupno število LED žarnic:	300
Napetost:	12V DC
Tok:	2A
Vidni kot:	120°
Življenjska doba žarnic:	Več kot 50 000 ur.
Vrsta zaščite:	IP65
Cena:	20€



Slika 11: Daljinski upravljalac za RGB-trak, foto: M. Sever

2.2.1 Sekundarna razsvetljava

Za sekundarno razsvetljavo je uporabljen močan halogenski reflektor (tabela 11).

Tabela 11: Tehnične karakteristika halogenskega reflektorja.

Napetost:	230V AC
Tok:	2.2A
Moč:	500W

Ker vsaka žirafa ali snežni top potrebuje kompresorski zrak, tudi naša žirafa ni nobena izjema. Za obratovanje žirafe uporabljamo zelo močan kompresor znamke AtlasCopco XAS 36 (slika 12 in tabela 12).



Slika 12: Kompresor uporabljen v raziskovalni nalogi za pogon "žirafe"

Tabela 12: Tehnični podatki za mobilno zračno kompresorsko postajo Atlas Copco XAS 36

Kompresor	
Pretok zraka:	35 l/s (2100 l/min)
Pretok zraka po standardu ISO 1217 ed. 3 1996 aneksu D	2.1 m ³ /min
Tlak zraka:	7 bar
Dizelski pogon Yanmar	
Model	3TNE 68E
Število cilindrov	3
Število obratov pri polni obremenitvi	3600 o/min
Moč motorja:	15,4 kW
Glasnost motorja:	100 dB
Prostornina rezervoarja goriva	29 l

3 Dodatek 3: Kako bi doma izdelali ventilatorski snežni top

Enostavno povedano, ventilatorski top je snežni top, ki uporablja močan ventilator, ki je uporabljen kot potisni medij mešanice zraka in vode, ki nastane iz šob na topu oz. t. i. umetni sneg.

1. Zagotavlja daljši čas za letenje kapljic, medtem ko pada na tla. To ima neposredne učinke na uspešnost snežnega topa. Prvič, omogoča nižje obremenitve in večje šobe, ki se uporabljajo, ker povečajo časovno obdobje padanja snega in še vedno omogoča večje kapljice, ki so zamrznjene v celoti, preden te dosežejo tla. Drugič, povečanje časovnega obdobja padanja pomeni, da lahko propelerski snežni top deluje na nižjem razmerju med zrakom in vodo, zaradi zmanjšane potrebe po visoki koncentraciji mešanice vode in zraka. Dobro zasnovan domači ventilatorski snežni top more doseči pretok 15,2 l/min oz. več.
2. Povečanje pokritosti terena. Ventilator lahko odpihne oblak snega veliko dlje, kot lahko to stori običajni snežni top, kar pomeni, da ta sneg pokrije večji del terena.

3.1 Ventilator in motor

Ventilator in motor (slika 13) sta v bistvu srce in duša ventilatorskega topa. Ventilator mora biti zelo močan, kajti če bo ventilator slab, potem snežni top ne bo dobro deloval. V preteklosti je veliko ljudi izdelovalo ventilatorski snežni top z uporabo radiatorskih ventilatorjev. Ti delajo, vendar ne bodo zagotovili ustreznega pretoka zraka. Na splošno boste morali uporabiti ventilator s 1725 obrati na minuto zaradi dveh glavnih razlogov: hrupa in delcev. Če pride pri ventilatorju do napake, pomeni, da vas lahko to hudo poškoduje ali celo ubije. Obstajajo tudi ventilatorji, ki se vrtijo s 3450 obrati na minuto. Kar se tiče hrupa, bo ventilator s 1725 obrati na minuto ustvarjal manjši zvok, vendar slabši doseg odpihanja snega, medtem ko 3450 ventilator ustvarja večji zvok in daljšo odpihljivost snega.

Dobra praksa je uporaba popolnoma zaprtega (TEFC) motorja na ventilatorskem topu.

Motor se da kupiti skoraj povsod, od lokalnih dobaviteljev ali celo na Ebayu.

Ventilator je treba izbrati tako, da se ujema čim bolj z bobnom. Vrste lopatic, ki jih želimo, naj bodo v obliki kril, z zmerno krivuljo (srp v obliki rezila pomaga zmanjšati hrup). Velike lopatice, kot so tiste v klimatskih kondenzatorjih, proizvajajo zelo malo statičnega tlaka in niso posebej trpežne. Prav tako ventilator z malo lopatic, kot so lopatice hladilnika, ne bodo posebej koristne, saj zahtevajo zelo visoke obrate.



Slika 13: Primer elektro motorja, vir: <http://www.sugunapumps.com/images/tefc-cando-t-motor.jpg>

3.1.1.1 Boben

Boben oz. cev za ventilatorski snežni top je drugi najbolj pomemben del (slika 14). To je del, ki usmerja pretok zraka, poleg tega je to del, na katerem je večina sestavnih delov snežnega topa. Zato je zelo pomembno, da izberete cev, ki premore vso težo. Zaradi tega je priporočljivo, da je boben jeklen, čeprav veliko ljudi nima zadosti sredstev za nakup le tega.

Ena od glavnih stvari za iskanje bobna je konusni nastavek. Konus pomaga povečati hitrost zraka in zračni pretok, s čimer se poveča domet ventilatorskega topa. Konus mora biti gladek, da zmanjša vrtinčenje. Konus je na koncu cevi zelo oster.

Za boben lahko uporabite skoraj vse, kar je podobno bobnu. Nekateri so za bobne že uporabljali smetnjake, sodčke nafte, 20l vedra, sodčke piva, cevovode ...



Slika 14: Ventilator na snežnem topu,
vir: <http://i292.photobucket.com/albums/mm9/anickode/S6309069.jpg>

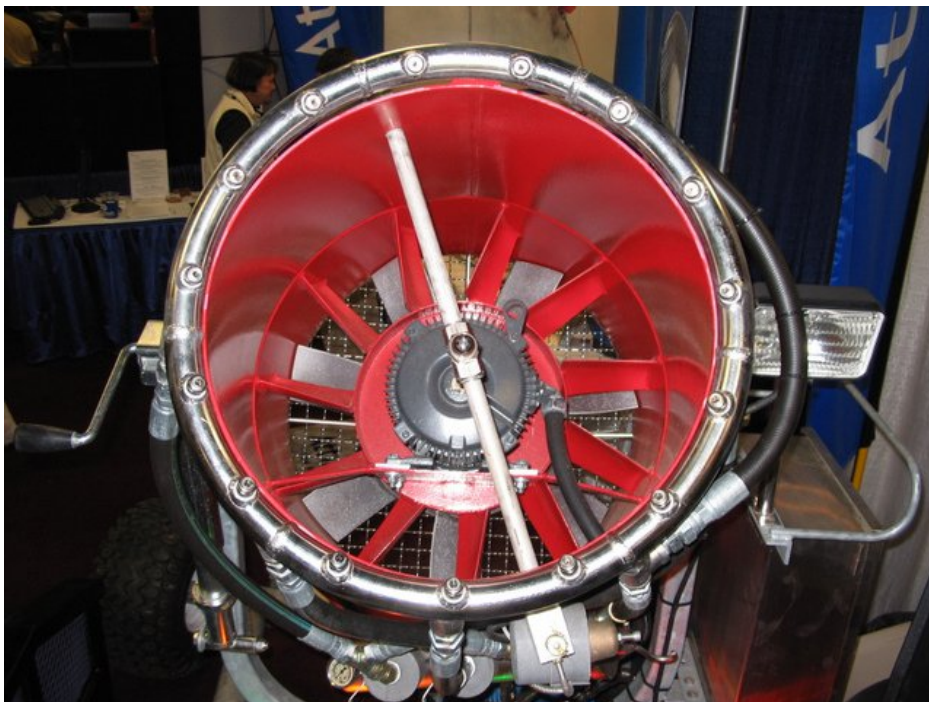
3.1.1.2 Statorske lopatice

So zelo pomemben element ventilatorskega topa. To so radialno nameščena krila znotraj cevi, da uravnajo oz. stabilizirajo kroženje zraka iz ventilatorja. Brez tega razvrščenega kroženja zraka bi top dosegel drastično manjši domet.

Naredite svoje statorske lopatice kolikor se da blizu ventilatorju (slika 15). To pripomore k zajemanju zraka, ki prihaja izven ventilatorja in zmanjša hrup.

Nikoli ne smete imeti enako število statorskih lopatic in lopatic ventilatorja. To daje rezultate harmonične renesance, kar pomeni, da bi bil ventilatorski snežni top zelo glasen. Dobro pravilo je, da statorskim lopaticam dodamo 1 več, kot je lopatic ventilatorja.

Pri dimenzioniranju statorskih lopatic morate zagotoviti, da teče zrak skozi celoten boben, poleg tega pa mora biti vsaka lopatica približno 1 – 1,5 krat daljša od lopatic na ventilatorju.



Slika 15: Statorski ventilator, vir:

http://farm5.static.flickr.com/4136/4752702933_543836b5dd_b.jpg

3.1.1.3 Šobe za ventilatorsk top

Več kot očitno je, da so šobe zelo pomemben del ventilatorskega topa. Najbolj priljubljena vrsta šob za ventilatorske tope so Hago šobe. Torej obstaja ducate tipov šob, vprašanje je samo, koliko ste pripravljeni zanje plačati. Zelo priljubljene šobe so tudi Core šobe.

Popularne so tudi šobe »Fat Cap«. To so dejansko šobe za brizganje barve. Največji problem teh šob je, da ne zagotavljajo visokega pretoka, poleg tega jih je pa tudi zelo težko pritrditi.



Slika 16: Šobe, vir:

<http://snowguns.com/eve/forums/a/ga/ul/8161014565/inlineimg/Y/DSCN0218.JPG>

3.1.1.4 Obroč

Zelo pomemben del topa, kajti na njega pritrdimo šobe. Slaba stran je, da ga je zelo težko izdelati, če ga želimo kupiti, je pa zelo drag. Za izdelavo obroča je najboljša kovina, vendar kot že omenjeno je izdelava zelo težka. Večina komercialnih ventilatorskih topov ima en glavni obroč, na katerem so šobe.

3.1.1.5 Nukleator

Največji problem nukleatorjev je, da lahko hitro zamrznejo, ker material iz nje izstopi z veliko hitrostjo.

Najpogostejša oblika je samostojni nukleator pod bobnom. Ta deluje v redu, ampak lahko pri mešanju pride do problema.

3.1.1.6 Stojalo

Še ena velika stvar, ki ni zapletena za izdelavo. Ventilatorski topovi so zelo težki, zato je smiselno narediti stojalo s kolesi. Po navadi se za stojalo uporablja trikotno ogrodje, kjer sta 2 kolesa na zadnji strani in 1 na sprednji. Pametno je na ogrodje privariti tudi vlečno kljuko.

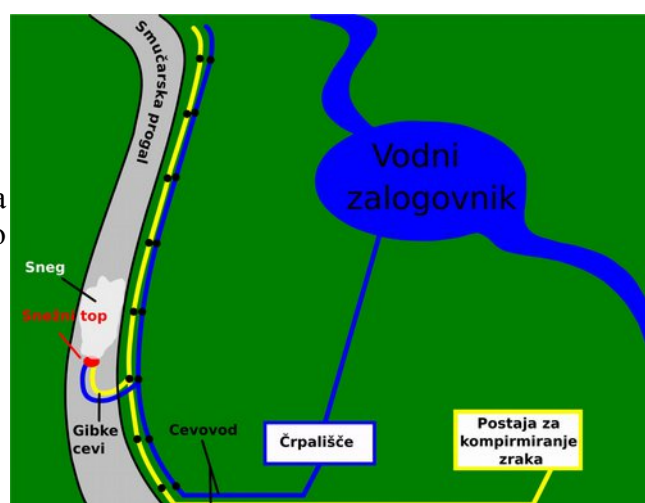
3.1.1.7 Nihalnik

Tega po navadi ne najdemo na domače izdelanih topovih. Nihalnik je dejansko naprava, s katero upravljamo oz. vrtimo snežni top in ga tako prilagajamo. Zaradi tega lahko po svoje prilagodimo, kam želimo usmeriti izdelavo snega, poleg tega pa se s tem lahko poveča površina zasneževanja. Torej, če želite pokriti večji del terena s snegom, je nihalnik zelo priporočljiv.

Pri nihalniku je največja težava namestiti ga na stojalo, pa tudi že pri načrtovanju ventilatorskega snežnega topa je treba vedeti, če ga boste imeli, da lahko top primerno oblikujete.

3.1.2 Potrebna infrastruktura za zasneževanje smučišč [45]

Za uspešno delovanje snežnih topov potrebujemo dobro infrastrukturo. Kar pomeni, da za nemoteno preskrbo z vodo potrebujemo vodno zajetje ali celo jezero. Vodo iz jezera črpamo z velikimi vodnimi črpalkami v vodovodni sistem, ki je napeljan do topov (slika). Poleg vodovodnega sistema potrebujemo še stisnjen zrak in elektriko. Za zadostno količino zraka potrebujemo visokotlačne kompresorje. Za upravljanje potrebujemo kontrolno sobo, kjer se lahko upravlja vse topove hkrati. Potrebujemo pa še meteorološko postajo, ki je povezana s krmilnim sistemom.



Slika 17: Grob načrt strojnih inštalacij smučišča, vir: [39]

4 Dodatek 4: Vpliv zasneževanje na naravo

4.1 Rastlinstvo [45]

Snežna odeja na umetno zasneženih smučiščih je povprečno 70 cm debelejša in vsebuje dvakrat več vode kot snežna odeja na naravno zasneženih smučiščih. Voda, ki nastaja pri taljenju umetnega snega, vsebuje tudi štirikrat več mineralov in hranilnih snovi kot pa „naravna“ snežnica. Kot posledica tega so na umetno zasneženih smučiščih vedno pogostejše indikatorske rastlinske vrste, ki kažejo na povečan dotok hranilnih snovi in vode. Olesenele rastline, ki se občutljivo odzivajo na mehanske poškodbe oz. obremenitve (robovi smučk, dela na smučišču), se na umetno zasneženih smučiščih pogosteje pojavljajo kot na naravno zasneženih smučiščih, saj jih ščiti dodatna snežna odeja.

Tla na smučiščih z naravno snežno odejo dosežejo najnižje temperature pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$: sorazmerno tanka in neprepustna snežna odeja ima slabe izolacijske lastnosti in se zato hitro ohladi. Nasprotno pa so temperature na smučiščih z umetnim snegom in smučiščih z nemoteno snežno odejo okrog $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zaradi nizkih temperatur na površini tal na smučiščih z naravnim snegom se povečuje število rastlinskih vrst, ki so prilagojene takim razmeram – gre za vrste vresovk, ki rastejo na visokogorskih grebenih in vrhovih s tanko snežno odejo.

Sneg se na umetno zasneženih smučiščih začne v primerjavi s smučišči z naravnim snegom taliti dva do tri tedne kasneje, kar upočasni začetek vegetacijske rasti. Zaradi dolgotrajne snežne sezone se delež rastlin, za katera je značilna zakasnela okopnitev njihovih rastišč, povečuje na umetno zasneženih smučiščih.

Praviloma sta tako na umetno kot naravno zasneženih smučiščih občutno zmanjšani vrstna sestava in produktivnost v primerjavi z nemotenimi kontrolnimi površinami.

Pri preizkusu učinkov, ki jih imajo dodatki za utrjevanje umetnega snega na alpske rastline, pri uporabi kristalizacijskih kali prihaja do manjših sprememb rasti, deloma pa so opazni tudi povečani učinki gnojenja zaradi delovanja utrjevalcev snega.

Pri vseh analizah se je pokazalo, da ima strojna izravnava tal največji vpliv na rastline, ki rastejo na smučiščih. Zaradi umetnega snega so spremembe v rastlinstvu manj izrazite kot spremembe na splošno zaradi smučišča samega.

4.2 Živali in zasneževanje [45]

Celotna smučarska dejavnost ima škodljive posledice tudi za divjad, ki ravno v zimskem času potrebuje mir in varčuje s svojo energijo. Umetno zasneževanje je tako le še dodatni dejavnik vznemirjanja živali, ki se pojavlja zlasti pozimi. Najbolj moteča sta za živali hrup in svetloba. Raziskave na nemškem smučišču Fellhorn so pokazale, da začetek smučarske dejavnosti sredi decembra povzroča nenadno spremembo v izbiri prostora in dnevnih aktivnosti koconogih kur (kot tudi druge divjadi). Lesne sove, koconogi čuki in mali skoviki so na višini nad 1.500 metrov že v celoti zapustili območje, ki ga obremenjuje dodatno zasneževanje, prav tako se tudi zajci, gamsi, navadni jeleni in srne ne zadržujejo več v bližini obratujočih zasneževalnih naprav. Zadrževalniki vode za zasneževanje lahko zaradi izredno velikega nihanja vodne gladine postanejo usodni za dvoživke. Prav tako lahko odvzem vode iz potokov negativno vpliva na vodni ekosistem, zlasti še takrat, ko niso več zagotovljene potrebne količine preostale vode.

4.2.1 Vodna bilanca [45]

Voda se za potrebe zasneževanja odvzema praviloma iz tekočih vodotokov, naravnih ali umetnih jezer, deloma tudi iz drugih vodnih virov, npr. zajetij za oskrbo s pitno vodo, izvirov, podtalnice ali iz elektrarn. V francoskih Alpah se skoraj polovica količine vode, ki se uporablja za zasneževanje, črpa iz vodnih zbiralnikov, četrtnina potrebnih količin vode se zagotavlja neposredno iz površinskih ali podzemnih akumulacij, četrtnina pa iz omrežja za oskrbo s pitno vodo.

Vplivi na vodno bilanco se kažejo pri odvzemanju vode in taljenju snega (v obliki povečanega odtoka taleče vode).

Pri obravnavi problemov, povezanih z odvzemanjem vode za polnjenje vodnih zbiralnikov, ni pomembna samo količina, temveč v enaki meri tudi čas in intenzivnost odvzema. Dejansko je umetno zasneževanje smučišč najintenzivnejše novembra in decembra, kar pomeni, da se prav v času nizkega naravnega pretoka vodotoku odvzemajo velike količine vode. Predpisana preostala količina vode večinoma z limnološkega vidika ne zadostuje in se po prepričanju bavarske naravovarstvene organizacije „Bund Naturschutz in Bayern e.V.“ upošteva le deloma (Doering & Hamberger 1996). V posameznih primerih je zaradi tega lahko ogrožen tudi sistem oskrbe s pitno vodo.

4.3 Podoba krajine in rekreacija [45]

Gradnja podzemnih cevovodnih napeljav za sistem zasneževanja pogosto zelo dolgo pusti vidne poškodbe tal in vegetacije. Nadzemni in čvrsto pritrjeni deli zasneževalnih naprav, npr. priključki ali črpalne postaje, celo leto kazijo podobo krajine. Še vedno pa jih ne moremo prišteti v skupino tistih naprav, ki bi bile na smučiščih najbolj opazne, npr. vlečnice ali strojno izravnana smučišča. Drugi možni posegi v krajino so vodna zajetja in vodni zadrževalniki.

Tu so še obremenitve okolja, ki jih povzročata zvočno in svetlobno onesnaževanje. Zlasti v nočnem času in v nekaterih ožjih dolinah se lahko snežne topove sliši na kilometre daleč. V celoti gledano zasneževalne naprave negativno vplivajo na rekreacijsko vrednost gorske krajine.

4.4 Hrup in svetloba [45]

Hrup, a tudi osvetlitev, ki ju povzročajo naprave za umetno zasneževanje, sta lahko za človeka in živali zelo moteča zlasti v nočnem času. Čim višja je gostota populacije divjadi na določenem območju in čim bližje so naselja, več možnosti obstaja, da bo prišlo do konflikta. Vznemirjena divjad se vedno bolj umika v gozd, posledica tega pa je, da se v mirnejših predelih znatno poveča objedanje gozdnega mladja.

Visokotlačne naprave so praviloma glasnejše od nizkotlačnih, naprave sistema HKD so nekje vmes. Zvočna moč propelerskih snežnih topov, ki ne povzročajo večjega hrupa, dosega s stranske pozicije 92 dB, s sprednje in zadnje pa 94 dB (Bavarski deželni urad za varstvo okolja 2001). Številne meritve emisij hrupa zaradi uporabe snežnih topov na Štajerskem leta 1999 so v 50-metrskem pasu pred topom pokazale zvočno moč 76 do 95 dB pri visokotlačnih napravah ter 58 do 70 dB pri nizkotlačnih napravah. Za primerjavo: zvočna moč osebnega avtomobila je 70 dB, močnejšega cestnega prometa 80 dB, tovornjaka 90 dB. Emisije hrupa lahko pri visokotlačnih sistemih dosežejo najvišje vrednosti 115 dB, kar je glasneje kot pnevmatično kladivo.

Viri hrupa so lahko tudi črpalke in hladilni agregati. Po podatkih Bavarskega deželnega urada za varstvo okolja (2000) je slišno območje zvočnega spektra tudi do šestkrat večje, kot je območje zasnežene površine.

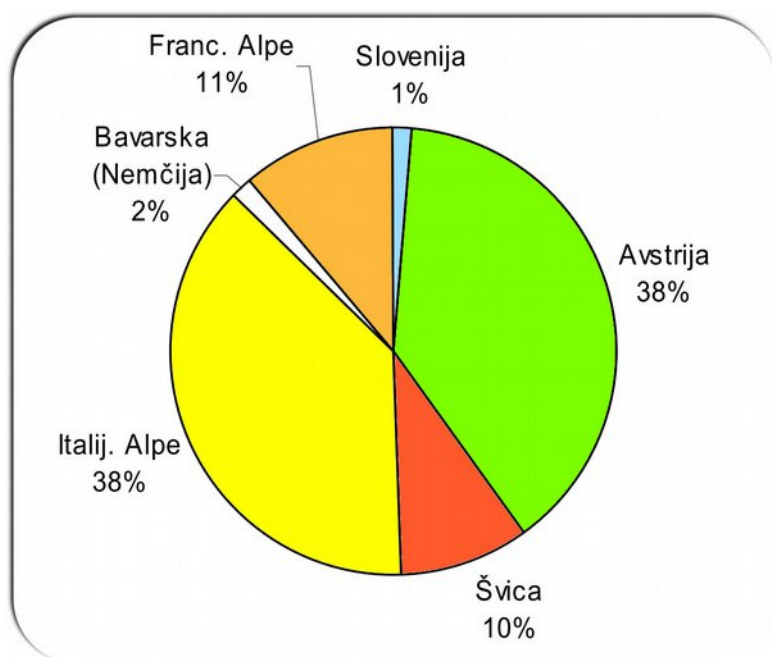
4.4.1 Zasneževanje na območju Alp [58]

Po podatkih WWF Avstrija (2004) je več kot 90 % vseh večjih alpskih smučišč opremljenih z napravami za umetno zasneževanje. Iz spodnje preglednice je razvidno, v kolikšnem obsegu danes v posameznih alpskih državah zasnežujejo smučišča.

Tabela 13: Primerjava površin smučišč in tiste, ki se lahko zasnežujejo

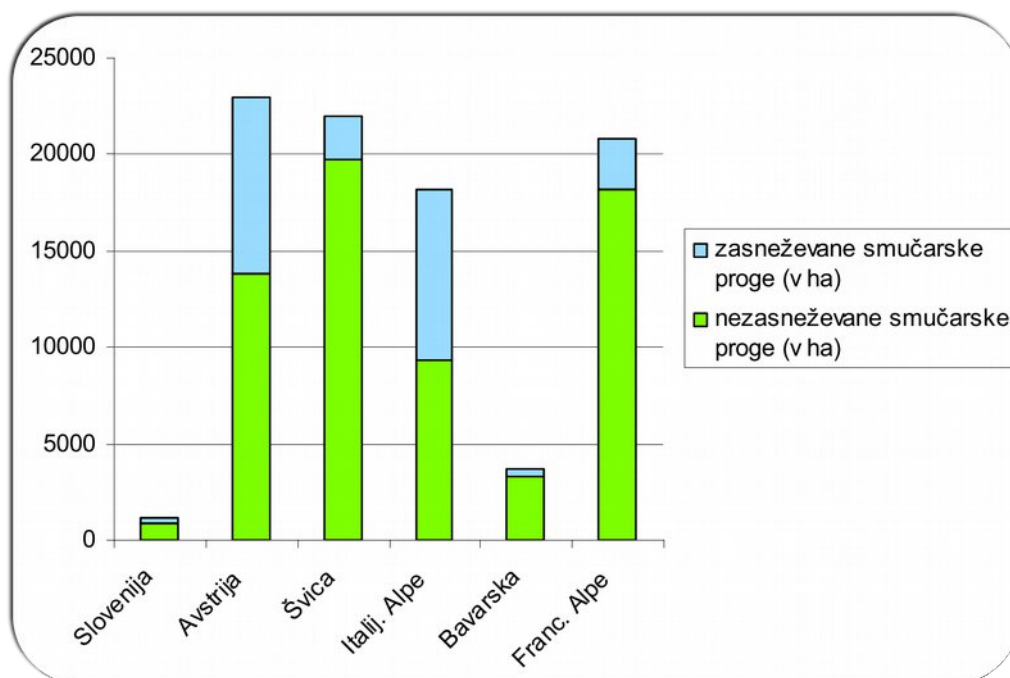
Država	Površina smučišč, ki se jih lahko zasnežuje (v %)	Površina smučišč, ki se jih lahko zasnežuje (v ha)	Celotna površina smučišč (v ha)
Slovenija	27	430	1.200
Avstrija	40	9.200	23.000
Lihtenštajn	0	0	5
Švica	10	2.290	22.000
Italjanske Alpe	40	9.000	22.600
Bavarska (Nemčija)	10	380	3.700
Francoske Alpe	13	2.650	20.800
Alpe – skupaj	27	23.840	93.300

Smučarske površine na območju Alp, kjer se lahko izvaja umetno zasneževanje, so danes s približno 24.000 hektarji velike za poldrugo območje Kneževine Lihtenštajn, to pa ustreza dobri četrtini celotne smučarske površine. Odstotkovni delež zasneževanih prog je še posebej velik v Italiji in Avstriji (slika 18).



Slika 18: Delež alpskih držav v strukturi zasneževanih smučišč na območju Alp (v %)

Na prvem mestu v umetnem zasneževanju v Alpah je italijanska pokrajina Bolzano/Bozen-Južna Tirolska, kjer danes zasnežujejo že več kot 70-80 % smučišč. Iz slike 2 je razvidno, da je danes več kot dve tretjini vseh umetno zasneženih alpskih smučišč v Avstriji in Italiji. V francoskih in švicarskih Alpah je sicer površina smučišč prav tako velika kot v omenjenih dveh državah, vendar pa ta v obeh državah predstavlja le okrog 10 % površine v celotni strukturi alpskih smučišč, ki jih zasnežujejo. Temu primerno postajajo v Franciji, Švici in tudi v Nemčiji vedno glasnejše zahteve, da bi delež zasneženih smučišč v prihodnje občutno povečali (slika 19).



Slika 19: Zasneževane in nezasneževane smučarske proge na območju Alp [45]

4.4.2 Razvojni trendi [45]

Skupni delež smučarskih prog, ki jih je mogoče zasneževati, strmo narašča. Trend umetnega zasneževanja so v posameznih državah začeli različno, zato se tudi izhodiščni položaj kaže zelo različno, vendar pa danes skorajda že povsod vlagajo precejšnja sredstva v sisteme umetnega zasneževanja. V državah, kjer je trenutno mogoče zasneževati le sorazmerno majhen odstotkovni delež smučišč, danes naravnost tekmujejo, da bi nadoknadili zamujeno. To vodi v razmere, ki ne bodo več obvladljive in o katerih si bo komajda še kdo upal postaviti kritično vprašanje. Pri tem se za zasneževanje za vzgled pogosto navajata prav Italija in Avstrija.

Kje se bo rast ustavila? V ZDA smučarska območja, na katerih umetno zasnežujejo 80 % prog, niso nobena redkost. V Evropi sicer vedno znova poudarjajo, da vladajo pri njih drugačne razmere, kot so tiste v Severni Ameriki, v resnici pa je razvoj, ki smo mu priča, vendarle podoben ameriškemu. In tudi v Alpah že obstajajo večji smučarski centri, kot sta npr. južnotirolski Tre Valli ali pa Chamrousse v francoskem departmaju Isère, kjer lahko smučišča umetno zasnežijo v celoti.

5 LITERATURA

- [1] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Voda>, 18. 10. 2012
- [2] http://sl.wikipedia.org/wiki/Kro%C5%BEenje_vode, 18. 10. 2012
- [3] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Sneg/>, 18. 10. 2012
- [4] Šegula, P., 1986, Sneg, led, plazovi, Planinska zveza Slovenije, Ljubljana
- [5] Kopušar, S., Boj za sneg je bedenje nad termometrom
http://www.dnevnik.si/tiskane_izdaje/dnevnik/227857, 20. 9. 2012
- [6] http://sl.wikipedia.org/wiki/Fazni_diagram, 20. 9. 2012
- [7] http://sl.wikipedia.org/wiki/Bar_%28enota%29, 18. 10. 2012
- [8] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Sublimacija>, 18. 10. 2012
- [9] http://sl.wikipedia.org/wiki/Temperatura_sublimacije, 18. 10. 2012
- [10] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Slana>, 18. 10. 2012
- [11] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Rosi%C5%A1%C4%8De>, 18. 10. 2012
- [12] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vla%C5%BEnost>, 18. 10. 2012
- [13] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Kondenzacija>, 18. 10. 2012
- [14] http://sl.wikipedia.org/wiki/Agregatno_stanje, 18. 10. 2012
- [15] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Trdnina>, 18. 10. 2012
- [16] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Kapljevina>, 18. 10. 2012
- [17] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Plin>, 18. 10. 2012
- [18] http://sl.wikipedia.org/wiki/Splo%C5%A1na_plinska_ena%C4%8Db, 18. 10. 2012
- [19] http://sl.wikipedia.org/wiki/To%C4%8Dkasto_telo, 18. 10. 2012
- [20] http://sl.wikipedia.org/wiki/Izparilna_toplota, 18. 10. 2012
- [21] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Izparevanje>, 18. 10. 2012
- [22] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Higrometer>, 18. 10. 2012
- [23] http://sl.wikipedia.org/wiki/Izparilna_toplota, 18. 10. 2012
- [24] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vreli%C5%A1%C4%8De>, 18. 10. 2012
- [25] http://sl.wikipedia.org/wiki/Clausius-Clapeyronova_ena%C4%8Db, 18. 10. 2012
- [26] <http://www.ide-tech.com/refrigeration-and-heating/snow-machines>, 18. 1. 2013
- [27] <http://en.wikipedia.org/wiki/Snow>, 18. 10. 2012
- [28] <http://de.wikipedia.org/wiki/Schnee>, 18. 10. 2012
- [29] <http://de.wikipedia.org/wiki/Industrieschnee>, 18. 10. 2012
- [30] <http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>, 18. 10. 2012
- [31] <http://en.wikipedia.org/wiki/Snowmaking>, 18. 10. 2012
- [32] http://en.wikipedia.org/wiki/Snow_grooming, 18. 10. 2012
- [33] <http://de.wikipedia.org/wiki/Schneekanone>, 18. 10. 2012
- [34] http://www.technoalpin.com/Faszination_Technik/Schneeerzeuger/Propellermaschinen/T60.html, 18. 10. 2012
- [35] http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_syringae, 18. 10. 2012
- [36] <http://inventors.about.com/library/inventors/blsnow.htm>, 18. 10. 2012
- [37] mag. Ivan Božičko, Drevo-gozd-biodiverziteta, maj 2005
<http://www.ivanbo.org/images/bioloska%20raznolikost.pdf>
- [38] <http://snowguns.com/>, 18. 9. 2012
- [39] <http://en.wikipedia.org/wiki/Snowmaking>, 18. 9. 2012

- [40] <https://sites.google.com/site/snagnaredisi/>, 18. 9. 2012
- [41] <http://www.technoalpin.com/>, 18. 9. 2012
- [42] <https://sites.google.com/site/snagnaredisi/home/umetni-sneg>, 18. 9. 2012
- [43] <https://sites.google.com/site/snagnaredisi/home/pogoji-za-umetni-sneg>, 18. 9. 2012
- [44] <http://www.gore-ljudje.net/novosti/32709/>, 18. 9. 2012
- [45] Felix Hahn, Umetnem zasneževanju na območju Alp
http://www.cipra.org/pdfs/454_sl/at_download/file, 18. 9. 2012
- [46] <http://www.rikom.si/index.php?id=146>, 18. 9. 2012
- [47] <http://www.madehow.com/Volume-4/Artificial-Snow.html>, 18. 9. 2012
- [48] <http://www.greengroup.lt/index.php?cid=437>, 18. 9. 2012
- [49] http://www.slf.ch/forschung_entwicklung/schnee/kunstschnee/index_EN, 18. 9. 2012
- [50] <http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/6636012705/m/7361038564>, 18. 9. 2012
- [51] <http://www.snowathome.com/>, 18. 9. 2012
- [52] <http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fefe763903e11081233f612a06efa8>
HYPERLINK "http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fefe763903e11081233f612a06efa8&mforum=sneznitpovi"&HYPERLINK
- [53] <http://sneznitpovi.mojforum.si/index.php?sid=61fefe763903e11081233f612a06efa8&mforum=sneznitpovi>
"mforum=sneznitpovi", 18. 9. 2012
- [54] <http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43>
HYPERLINK "http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43&sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781"
&HYPERLINK "http://www.smucisca.net/forum/viewforum.php?f=43&sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781"
"sid=d228e97634cfdca48c317e85d4912781"
18. 9. 2012
- [55] http://www.planthireuk.co.uk/Plant/SpecSheets/Compressor/XAS_36pb_en.pdf
- [56] <http://snowflakebentley.com/WBresources.htm>, 18. 10. 2012
- [57] http://www.nasa.gov/audience/foreducators/son/winter/snowstorms/F_Snowstorms_prt.htm,
18. 10. 2012
- [58] http://www.ktn.gv.at/42109_DE-ktn.gv.at-THEMEN?detail=380&thema=11&subthema=58,leitfaden_beschneigungsanlagen_band_1.pdf, 18. 10. 2012
- [59] <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/>, 18. 10. 2012
- [60] <http://www.ide-tech.com/refrigeration-and-heating/snow-machines>, 15. 2. 2013
- [61] <http://snowguns.com/eve/forums/a/tpc/f/1701080181/m/672103868>, 18. 10. 2012