

Vpliv vlažnosti in temperature na razglašenost kitarskih strun

Raziskovalna naloga

Področje: Fizika z astronomijo

Avtor: Gregor Čekada

Razred: 8. b

Mentorica: Brigita Pirnat
OŠ Poljane

Somentor: Miha Čekada
Odsek za tanke plasti in površine
Inštitut Jožef Stefan

Osnovna šola Poljane

Zemljemerska 7

Ljubljana, 2020

KAZALO

KAZALO.....	II
POVZETEK.....	1
TEORETIČNO OZADJE	2
Osnovne značilnosti kitare	2
Zvok.....	3
UVOD.....	4
HIPOTEZE.....	4
METODOLOGIJA RAZISKAVE	5
Preučevanje zgradbe strun z optičnim in elektronskim mikroskopom	5
Meritve vpliva vlažnosti in temperature na razglašenost kitarskih strun	8
REZULTATI RAZISKAVE.....	10
Preučevanje zgradbe strun.....	10
Meritve vpliva vlažnosti in temperature na razglašenost kitarskih strun	12
ZAKLJUČKI.....	18
LITERATURA.....	19
PRILOGE	20
Slika P1: Zgradba kovinske strune, posnete z elektronskim mikroskopom.....	20
Slika P2: Zgradba plastične strun, posnete z elektronskim mikroskopom.....	20
Slika P3: Zgradba kovinske strune s slikama.	21
Slika P4: Notranjost in zunanost kovinskih strun.....	21
Slika P5: Strune pod 1500-kratno povečavo.	22
SLIKE	
Slika 1: Krajšanje in daljšanje strune – nastanek različnih tonov.....	3
Slika 2: Shematski prikaz priprave vzorca.	5
Slika 3: Priprava vzorca.....	6
Slika 4: Vzorec s pokončnimi strunami, slikan z optičnim mikroskopom.	7
Slika 5: Shematski prikaz delovanja elektronskega mikroskopa.....	8
Slika 6: Elementi in sestava strun.....	10
Slika 7: Pokončne strune pod 200-kratno povečavo.	10
Slika 8: Ležeče strune pod povečavo optičnega (konfokalnega) mikroskopa.	11
Slika 9: Pregled vseh meritev zamika uglašenosti	12
Slika 10: Meritev 6.	13
Slika 11: Meritev 7.	14
Slika 12: Meritev 8.	15
Slika 13: Meritev 9.	16
Slika 14: Meritev 10.	17

TABELE

Tabela 1: Predstavlja rezultate ene od meritev.....	9
Tabela 2: Elementi in sestava strun.....	10
Tabela 3: Sprememba vlažnosti in temperature	12
Tabela 4: Rezultati 6. meritve	13
Tabela 5: Rezultati 7. meritve	14
Tabela 6: Rezultati 8. meritve	15
Tabela 7: Rezultati 9. meritve	16
Tabela 8: Rezultati 10. meritve.....	17

POVZETEK

Uvod

Kitara je strunsko glasbilo, natančneje brenkalo. Na akustični kitari vibriranje strune povzroči nastanek zvoka, ki ga votel trup ojača. Les, ki se uporablja za izdelavo kitare, je smrekov in ima pomembno vlogo pri generiranju in ojačitvi zvoka. Ko je kitara podvržena nagli spremembi temperature ali vlage, se razglasi.

Namen

V raziskovalni nalogi sem raziskoval vpliv vlažnosti in temperature na razglašenost kitarskih strun.

Metodologija

Klasična kitara, ki sem jo uporabil za raziskavo, ima dve vrsti strun: kovinske in plastične. Zgradbo strun sem opazoval pod optičnim in elektronskim mikroskopom. Za opazovanje sem pripravil vzorce strun tako, da sem jih zalepil na matico in jih položil v kalup ter jih zalil z metalografsko maso. Ko se je masa strdila, sem vzorce spoliral in jih slikal z optičnim in elektronskim mikroskopom.

Vpliv vlažnosti in temperature na razglašenost kitarskih strun sem meril tako, da sem v notranjih prostorih s konstantno temperaturo in vlago, uglasil kitaro in v tabeli zabeležil meritve vlage in temperature. Temperaturo in vlago sem meril s hišno vremensko postajo TFA Dostmann/Wertheim.

Rezultati

V raziskavi sem ugotovil, da so kovinske strune sestavljene iz tankih plastičnih nitk, ovitih z bakreno žico s srebrno prevleko. Ta posebna zgradba daje strunam drugačno barvo zvoka kot pri plastičnih strunah. Plastične strune pa so iz ene plastične niti. Ugotovil sem tudi, da na razglašenost kitarskih strun vpliva sprememba temperature in vlage in pa tudi njihova zgradba, saj se kovinske strune (E3, A, D) bolj razglasijo kot plastične (G, H, E1).

Zaključek

Ugotovil sem, da se moramo izogibati nenadnim spremembam vlage in temperature, če želimo, da kitara ostane uglašena.

Ključne besede:

Kitara, strune, temperatura, vlaga, razglašenost.

TEORETIČNO OZADJE

Osnovne značilnosti kitare

Kitara je strunsko glasbilo, natančneje brenkalo, ki je poznano v različnih oblikah že zelo dolgo časa in se uporablja v številnih glasbenih zvrsteh: v blues, country, flamenco, rock in pop glasbi [1,2]. Kitara ima navadno šest strun, obstajajo pa tudi kitare s štirimi, sedmimi, desetimi in dvanajstimi strunami [1,2]. Kitaro lahko igramo akustično, kjer sprostitvev strune povzroči, da struna zavibrira in s tem naredi zvok, ki ga votel trup ojača [1,2]. Lahko pa igramo na električno kitaro, ki nima votlega trupa. Pri njej zvok namesto trupa ojačajo magneti in ojačevalec zvoka [2].

Kitara je v glavnem sestavljena iz lesa in drugih komponent (t.j. kovina, lepilo, plastika in lak) [5]. Leseni del kitare je natančneje narejen iz celic, imenovanih traheide [5]. To so odmrle celice lesa, ki v veliki večini potekajo vzporedno z osjo debla [5]. Drevesu nudijo mehansko oporo in mu služijo tudi v fiziološke namene [5]. Les, ki je največkrat uporabljen pri klasičnih kitarah, je smrekov les in ima velik pomen pri generiranju zvoka, konstrukciji kitare in ojačanju zvoka [5]. Med drugim ima najboljše razmerje med trdnostjo in gostoto [5]. Smrekov les, ki ga uporabljajo za izdelavo kitar, mora biti brez grč, njegove letnice morajo biti enakomerne in vzporedno razporejene [5].

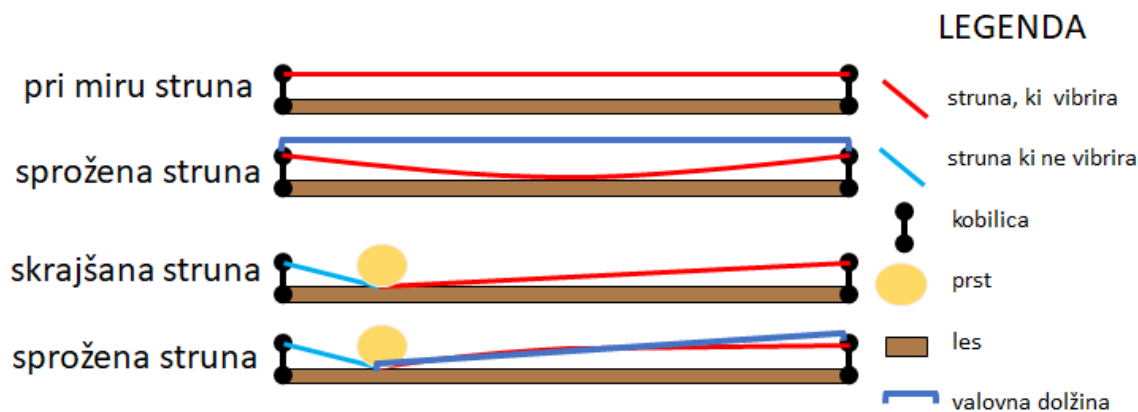
Beseda kitara je sestavljena iz besede angita, kar v sanskrtu pomeni glasba, in perzijske besede tar, kar pomeni struna [2]. Mnogi pa menijo, da prihaja iz besede *kutur*, kar v sanskrtu pomeni štiri, strunski inštrument [2].

Kitaro se uporablja kot osrednji inštrument v manjših glasbenih skupinah ali pa kot solo klasični inštrument [1]. Kitara ni orkestrski inštrument.

Poznamo več vrst kitar: akustične bas kitare, akustične kitare, archtop ali polakustične kitare, električne bas kitare, električne kitare, flamenko kitare, kitare brez prečk, klasične kitare, renesančne in baročne kitare, resonančne kitare in večstrunske kitare [2].

Kitara je sestavljena iz glave, vratu in trupa. Glava je sestavljena iz vijakov (ključev) in sedla. Vrat je sestavljen iz ubiralke, označb na ubiralki in strun. Trup sestavljata zvočnica in kobilica. Strune kitare so lahko plastične ali kovinske.

V šoli uporabljamo kitaro, ko pojemo v pevskem zboru, medtem ko učiteljica stoje dirigira in igra na kitaro za spremljavo.



Slika 1: Krajšanje in daljšanje strune – nastanek različnih tonov.

Kitara, ki sem jo uporabljal v raziskavi, spada med klasične kitar in je polovinske velikosti. Ima šest strun in to so: E, A, D, G, H, e1. Tona E in e1 sem za lažji pregled preimenoval: E→E3, e1→E1.

Strune uglašim tako, da na kitaro najprej pripnem uglaševalec. Vijake obračam in s tem spreminjam napetost strun. Potem ko spremenim napetost strune, na struno zabrenkam. Zvok, ki ga proizvede nihajoča struna, zazna uglaševalec, ki je pripet na kitari. Uglaševalec ta zvok natančno izmeri in pokaže, za koliko višina tona odstopa.

Včasih so kitare uglaševali samo po posluhu.

Strune, ki jih uporabljam, na tej kitari so iz podjetja Alliance HT CLASIC SAVAREZ, normale tension, LONG PLAY, set: 540 R. Te strune so znane po mehkobi pri igranju, daljši življenjski dobi in so nekoliko tišje od strun »high tension« [4].

Na kitari so tri plastične E1, H in G (najlon) in tri kovinske strune (jedro iz najlona, ki je ovito z različnimi kovinami), in sicer: D, A, E3 [4].

Zvok

Zvok je longitudinalno valovanje, ki za razširjanje potrebuje snov. Zvok povzroči v snovi mesta z nekoliko večjo gostoto, ki jim sledijo mesta z nekoliko manjšo gostoto. Zgoščine in razredčine potujejo po snovi z zvočno hitrostjo. Potuje lahko skozi trdne, tekoče in plinaste snovi [6]. Ima širok razpon frekvenc [6]. Frekvenco zvočnega valovanja merimo s hertzi. To je število zvočnih valov na sekundo [6]. Višji toni imajo višjo frekvenco, nižji pa nižjo frekvenco. Zvočno valovanje s frekvencami, ki segajo od 20 do 20 000 hertzov, lahko slišimo [6]. Veja fizike, ki preučuje obnašanje zvočnih valov, se imenuje akustika [6]. Zvoke uporabljamo za izvajanje različnih melodij. Vsa glasba temelji na zaporedju tonov, kateri so razvrščeni od nizkih do visokih tonov z določenimi intervali med njimi [6].

Na višino tona, ki ga proizvedejo strune, vpliva debelina, napetost in dolžina strune. Velja sledeče: bolj ko je struna napeta, večja je frekvenca, manjša je valovna dolžina in višji je ton. Debelejše strune imajo manjšo frekvenco in večjo valovno dolžino ter nižji ton. Ko struno skrajšamo (s prstom pritisnemo ob les), proizvede višji ton, ker ima valovanje

večjo frekvenco in manjšo valovno dolžino. V glasbi je osnovno merilo za višino oktava. Za eno oktavo višji ton pomeni dvakrat višjo frekvenco. Različna glasbila pri enaki višini oddajajo povsem drugačen zvok, ki je lasten posameznemu instrumentu. To lastnost imenujemo barva zvoka.

UVOD

Raziskovalno nalogo sem si izbral zato, ker me že od nekdanj zanimala kitara. Ko sem imel nastop kitare na deževen dan, se je ta zelo hitro razglasila. Tudi če sem se pred nastopom zelo trudil uglasiti kitaro, se je skoraj vedno, ko sem prišel na oder, kitara spet razglasila. Ta nenavadni pojav me je zelo zanimal. Med nastopom me je to zelo motilo. Včasih sem se celo moral ustaviti pri igranju in kitaro uglasiti.

Zato sem se odločil, da bom raziskal, kateri dejavniki po mojem mnenju vplivajo na razglašenost kitarskih strun.

Naloga je sestavljena iz teoretičnega dela. Sledijo opis metod raziskovanja, rezultati in zaključki.

HIPOTEZE

H1: Na razglašenost kitarskih strun vpliva sprememba temperature.

H2: Na razglašenost kitarskih strun vpliva sprememba vlažnosti.

H3: Zgradba strun vpliva na njihovo razglašenost.

METODOLOGIJA RAZISKAVE

Preučevanje zgradbe strun z optičnim in elektronskim mikroskopom

Zato da sem lahko potrdil 3. hipotezo, sem na inštitutu Jožef Stefan preučil strune in njihovo zgradbo.

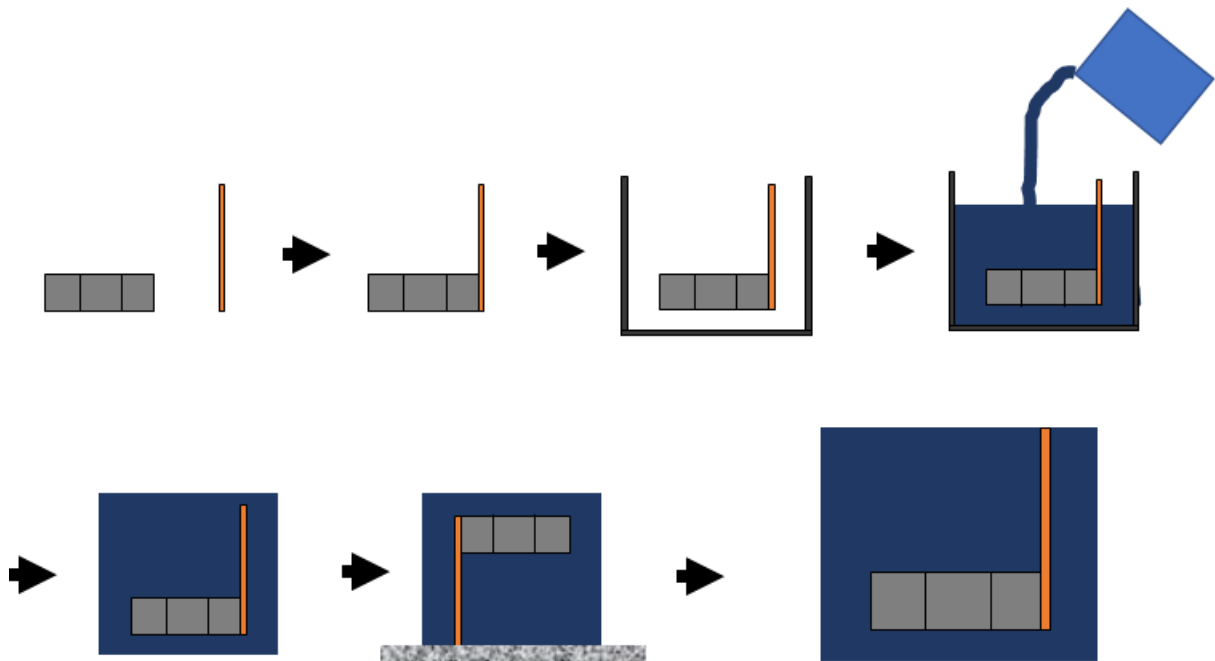
Najprej sem odrezal majhen košček vsake strune in jih očistil z alkoholom. Vsako posebej sem dal v drugo škatlico in škatlico označil. Te škatlice sem spravil.

Za pripravo vzorca sem potreboval strune, matico, sekundno lepilo, metalografsko maso in kalup.

Najprej sem vse strune zalepil na matico, nato sem matico položil v kalup in vanj nalil metalografsko maso. Nato smo počakali, da se je metalografska masa strdila.

Ko se je metalografska masa strdila, sem jo vzel iz kalupa. Nato sem jo zbrusili tako, da so strune stale na površju metalografske mase.

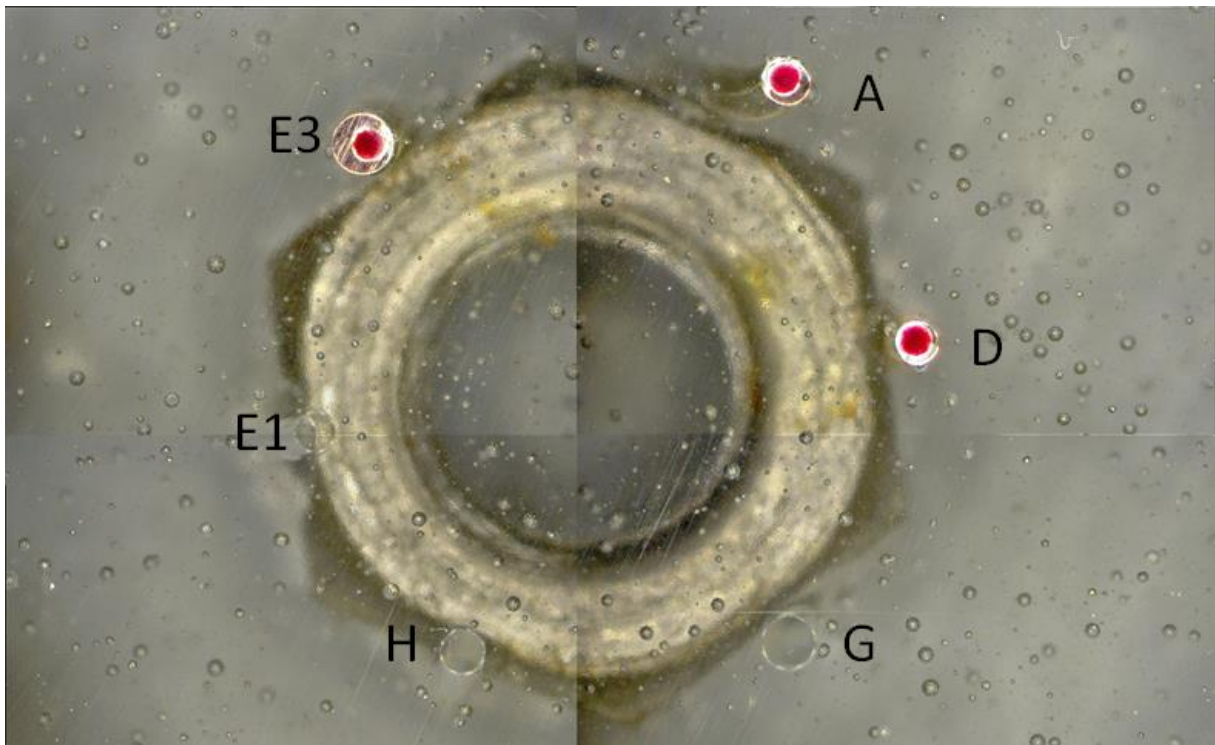
S konfokalnim mikroskopom sem vsako struno posebej slikal v različnih povečavah in slogih slike. Nato sem slikal delčke strun še z digitalnim mikroskopom.



Slika 2: Shematski prikaz priprave vzorca.



Slika 3: Priprava vzorca.



Slika 4: Vzorec s pokončnimi strunami, slikan z optičnim mikroskopom.

Vzorci strun sem slikal z [3]:

1. Optičnim: z manjšo in večjo povečavo in
2. Elektronskim mikroskopom (SEM).

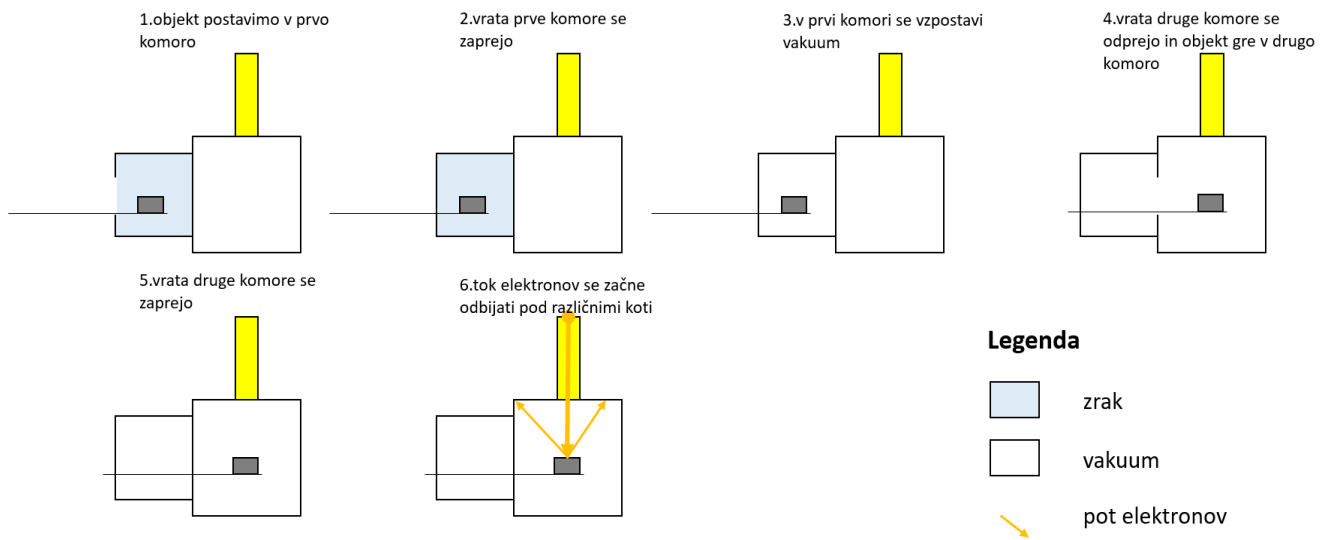
Poznamo dve vrsti mikroskopov, to so elektronski in optični. Razlikujeta se po tem, kakšen delec prenaša sliko pojava. Pri optičnih je to foton, ki prenaša vidno svetlobo. Pri elektronskih pa sliko prenašajo elektroni. Elektron je manjši od fotona kar vpliva na ločljivost, ki je v primeru elektronskih mikroskopov večja. Zato lahko z elektronskim mikroskopom vidimo veliko manjše stvari kot z optičnim [3].

Prvi razviti mikroskopi so bili optični. Delujejo na principu preučevanja odbite vidne svetlobe in s pomočjo zapletenega sistema leč [3]. Ker je ločljivost omejena s polovično razdaljo valovne dolžine elektromagnetnega valovanja, s katerim opazujemo vzorec, je ločljivost manjša kot pri elektronskih mikroskopih [3].

Elektronski mikroskop je vrsta mikroskopa, s katerim lahko opazujemo svet na ravni atomov. To pomeni, da vidimo stvari skoraj milijonkrat manjše kot s prostim očesom [3].

Elektronski mikroskop obstreljuje objekt z elektroni. Ti se na objektu odbijejo pod različnimi koti (slika 5). Elektrone potem ujamejo senzorji, ki določijo kot, s katerim so se odbili od grobe površine objekta. S podatki, ki jih mikroskop dobi od senzorjev ta sestavi sliko in zgradbo na atomski ravni [3].

Z digitalnim in konfokalnim mikroskopom sem izvedel veliko o zgradbi strun.



Slika 5: Shematski prikaz delovanja elektronskega mikroskopa.

Meritve vpliva vlažnosti in temperature na razglašenost kitarских strun

Meritve vpliva vlažnosti in temperature na razglašenost kitarских strun sem meril tako, da sem v notranjih prostorih s konstantno temperaturo in vlago uglasil kitaro in v tabeli zabeležil meritve vlage in temperature. Temperaturo in vlago sem meril s hišno vremensko postajo TFA Dostmann/Wertheim. Nato sem uglasil kitaro. Počakal sem nekaj minut in preveril, če so strune uglasene. Ko sem to naredil, sem šel v drug prostor s pomočnikom. Nato sem čez nekaj minut zaigral na določeno struno in pogledal na oglaševalec, ki je zabeležil odstopanje strune. Te podatke sem posredoval pomočniku, ki jih je zabeležil skupaj s trenutnim časom v tabeli spodaj. Ta postopek sva s pomočnikom večkrat ponovila in potem prenehala s poskusom. Za večjo preglednost sem testiral vse strune.

Tabela 1: Predstavlja rezultate ene od meritev.

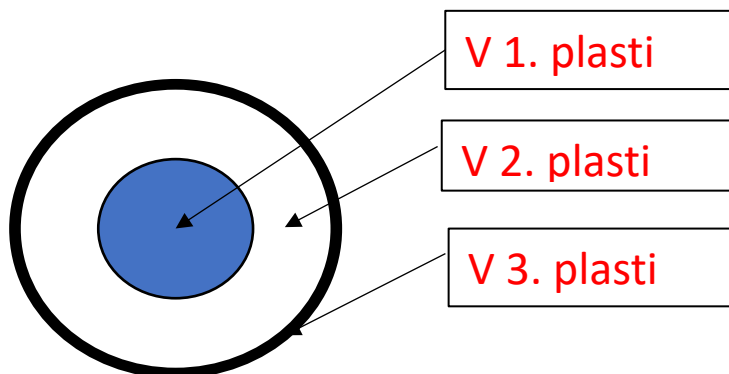
DATUM	2.1.
TEMPERATURA ZNOTRAJ	21,3°C
TEMPERATURA ZUNAJ	4,4°C
ΔT	16,9

ŠT.	1
VLAGA ZNOTRAJ	40%
VLAGA ZUNAJ	46%
ΔV	6

URA	E3	A	D	G	H	E1
16:57	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	-1	0	-1	0
17:02	-1	-1	-1	-0,5	-0,5	0
17:04	-1	-1	-1	0	-0,5	0
17:08	-2	-1	-2	0	-0,5	0
17:12	-3	-0,5	-5	0	-0,5	-0,5
17:16	-3	-2	-6	-2	-2	-1

REZULTATI RAZISKAVE

Preučevanje zgradbe strun



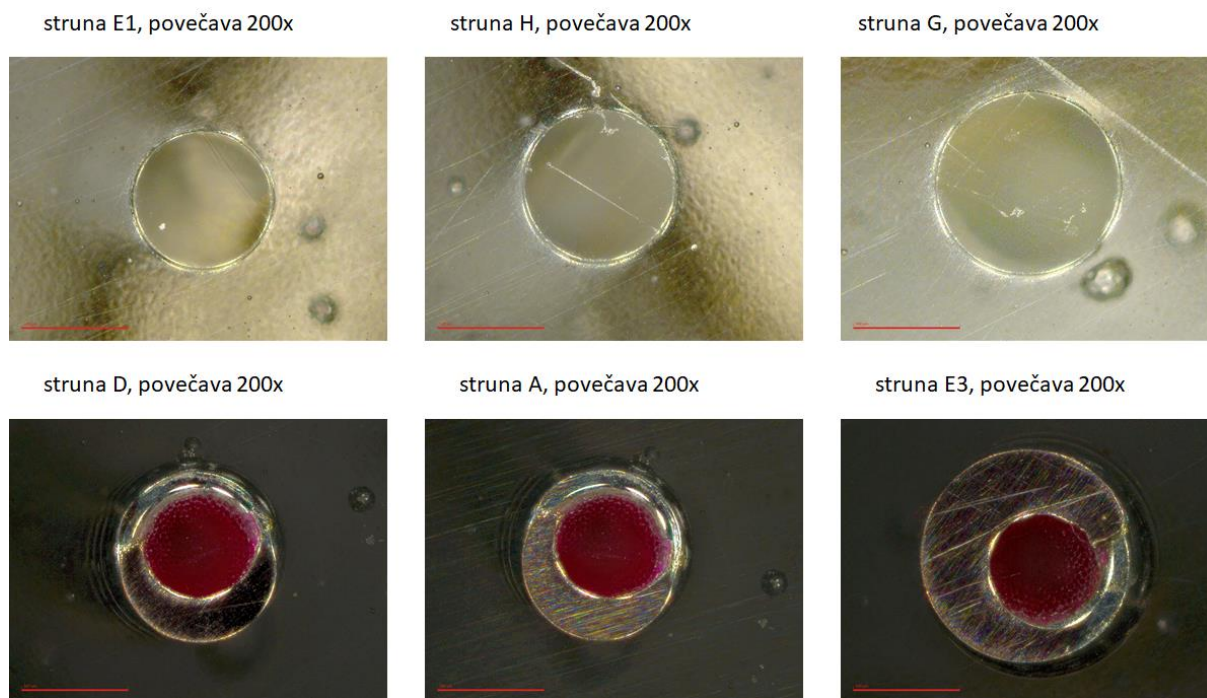
Slika 6: Elementi in sestava strun.

Z elektronskim mikroskopom sem lahko podrobneje preučil strune in prišel do rezultatov, ki sem jih zapisal v spodnjo tabelo.

Tabela 2: Elementi in sestava strun.

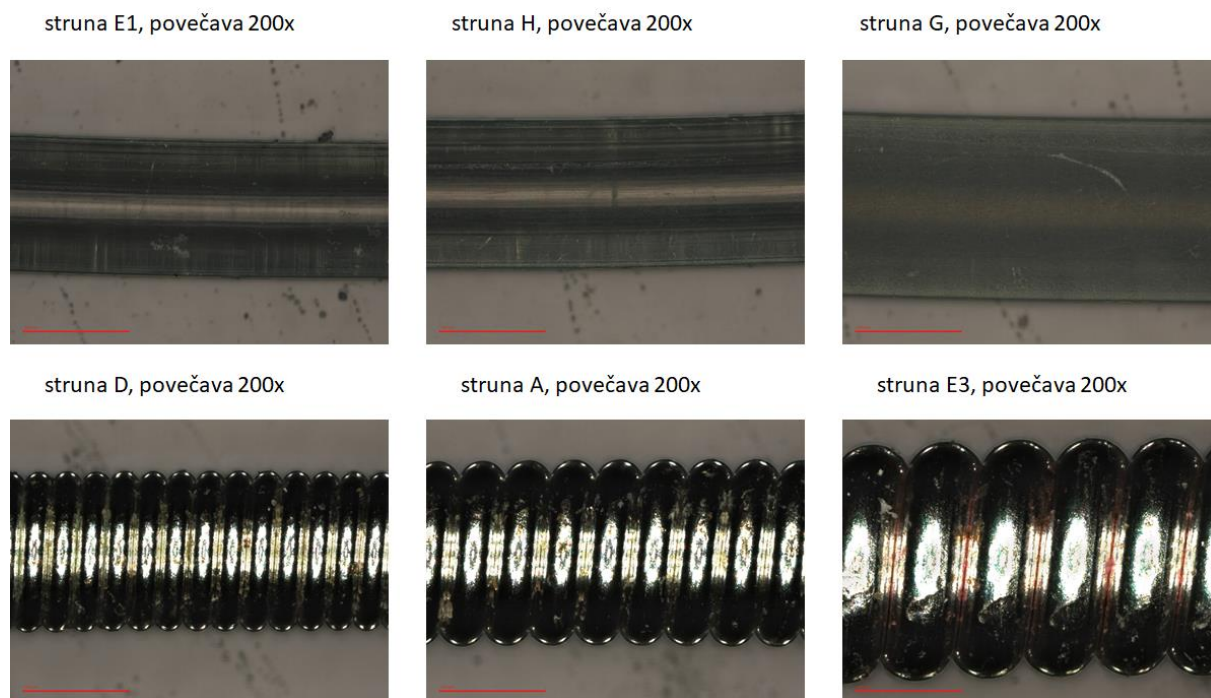
	E3	A	D	G	H	E1
V 1. plasti	Plastika 1	Plastika 1	Plastika 1	Plastika 2	Plastika 2	Plastika 2
V 2. plasti	Baker	Baker	Baker	Plastika 2	Plastika 2	Plastika 2
V 3. plasti	Srebro	Srebro	Srebro	Plastika 2	Plastika 2	Plastika 2

Plastični del kovinskih strun se po zgradbi in vrsti plastike razlikuje od plastičnih strun.



Slika 7: Pokončne strune pod 200-kratno povečavo.

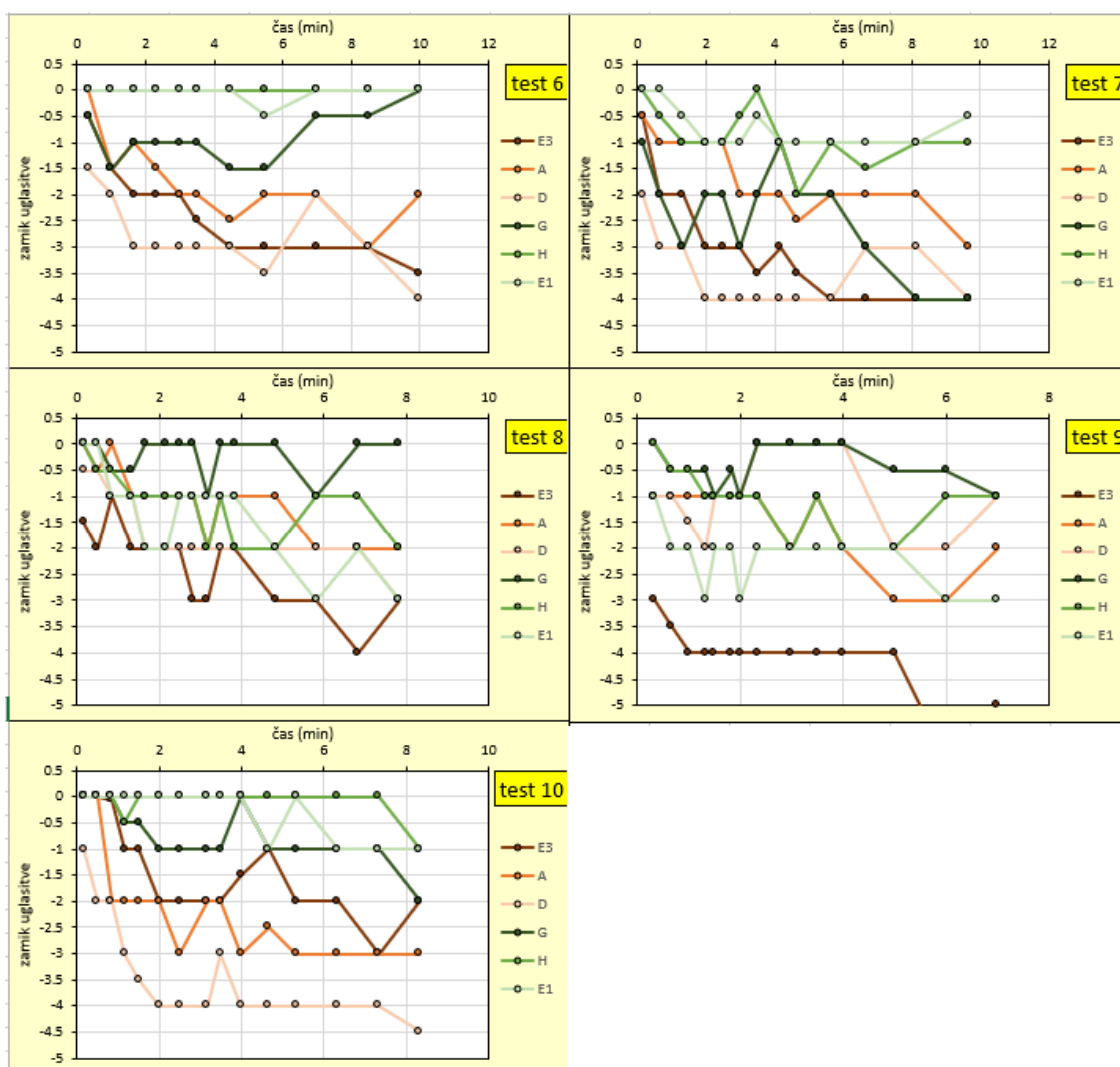
Na sliki 7 vidimo, da so kovinske strune skupek tanjših plastičnih nitk, zavitih v širšo kovinsko žico. Vidimo tudi, da je skupek plastičnih nitk v vseh kovinskih strunah enako debel in da so plastične strune iz enotnega materiala.



Slika 8: Ležeče strune pod povečavo optičnega (konfokalnega) mikroskopa.

Na sliki 8 vidimo, da so plastične strune na površini gladke, kovinske pa valovite. Lahko tudi vidimo, da so kovinske strune v povprečju debelejše kot plastične.

Meritve vpliva vlažnosti in temperature na razglašenost kitarskih strun



Slika 9: Pregled vseh meritev zamika uglastosti

Na sliki 9 sem v grafih predstavil, kako se razglasijo posamezne strune, ko se spremenita vlažnost in temperatura. Kovinske strune predstavljajo odtenki oranžne, plastične pa odtenki zelene. Svetlejši kot je odtenek, tanjša je struna. Ob strani grafa lahko najdemo imena strun, ki se ujemajo z določeno barvo. Pojasnilo o spremembi vlažnosti in temperature pri posameznih meritvah je prikazano v tabeli 3.

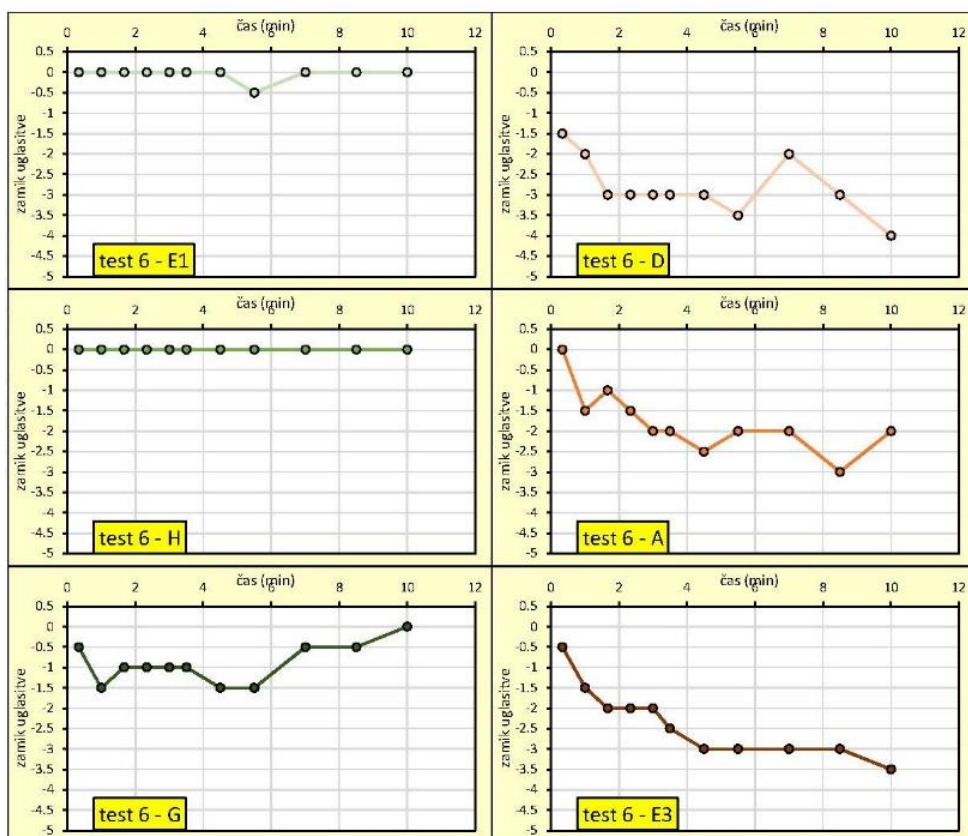
Tabela 3: Sprememba vlažnosti in temperature

MERITEV	ΔT (°C)	ΔV (%)
6	13,9	-29
7	14,5	-35
8	16,9	-31
9	20,0	-33
10	11,9	-30

Tabela 4: Rezultati 6. meritve

datum	1.12.2019	št.	6
temperatura znotraj	19.9 °C	vlaga znotraj	46%
temperatura zunaj	6 °C	vlaga zunaj	75%
ΔT	13.9 °C	ΔV	-29%

ura	E3	A	D	G	H	E1	opombe
15:30:20	ven						15:16 uglasševanje 15:30 spet
15:30:40	-0.5	0	-1.5	-0.5	0	0	
15:31:20	-1.5	-1.5	-2	-1.5	0	0	
15:32:00	-2	-1	-3	-1	0	0	
15:32:40	-2	-1.5	-3	-1	0	0	
15:33:20	-2	-2	-3	-1	0	0	
15:33:50	-2.5	-2	-3	-1	0	0	
15:34:50	-3	-2.5	-3	-1.5	0	0	
15:35:50	-3	-2	-3.5	-1.5	0	-0.5	
15:37:20	-3	-2	-2	-0.5	0	0	
15:38:50	-3	-3	-3	-0.5	0	0	
15:40:20	-3.5	-2	-4	0	0	0	



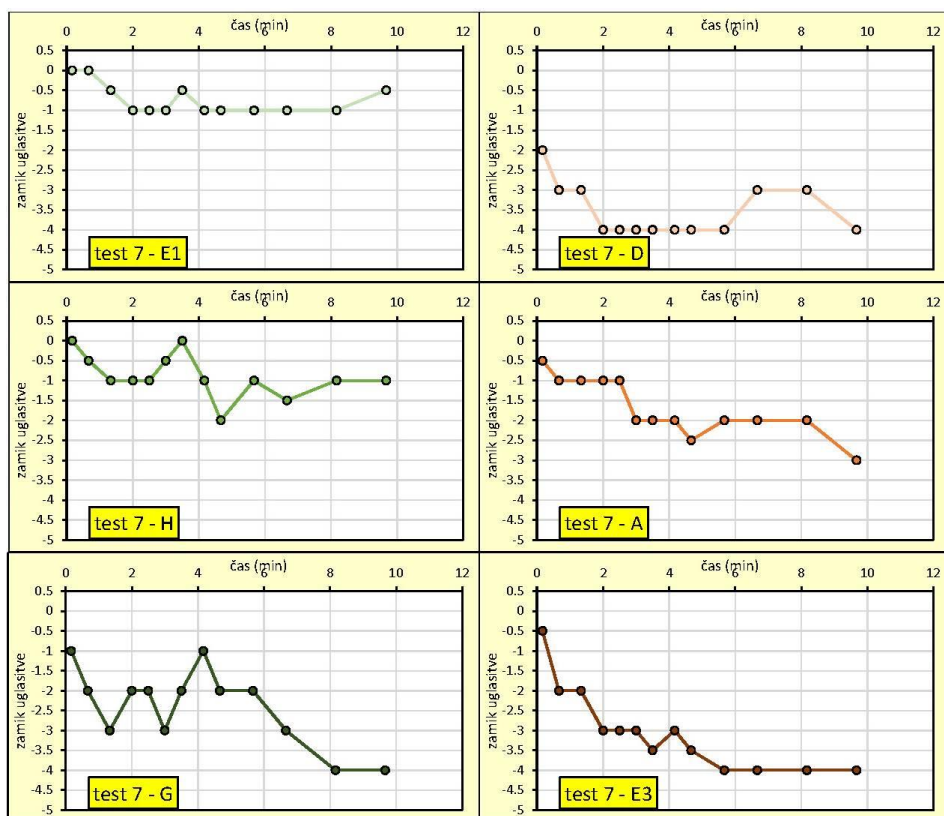
Slika 10: Meritev 6.

V meritvi 6 lahko vidimo, da se struni E1 in H ne razlikujeta v razglaševanju. Opazimo, da se struna G v petih minutah dokončno razglesi, potem po se že spet uglasli. Vse kovinske strune (D, A, E3) razglasijo v štirih minutah. Po štirih minutah se razglašenost ustali.

Tabela 5: Rezultati 7. meritve

datum	1.12.2019	št.	7
temperatura znotraj	19 °C	vlaga znotraj	49%
temperatura zunaj	4.5 °C	vlaga zunaj	84%
ΔT	14.5 °C	ΔV	-35%

ura	E3	A	D	G	H	E1	opombe
19:53:50							19:52 uglaševanje
19:54:00	-0.5	-0.5	-2	-1	0	0	
19:54:30	-2	-1	-3	-2	-0.5	0	
19:55:10	-2	-1	-3	-3	-1	-0.5	
19:55:50	-3	-1	-4	-2	-1	-1	
19:56:20	-3	-1	-4	-2	-1	-1	
19:56:50	-3	-2	-4	-3	-0.5	-1	
19:57:20	-3.5	-2	-4	-2	0	-0.5	
19:58:00	-3	-2	-4	-1	-1	-1	
19:58:30	-3.5	-2.5	-4	-2	-2	-1	
19:59:30	-4	-2	-4	-2	-1	-1	
20:00:30	-4	-2	-3	-3	-1.5	-1	
20:02:00	-4	-2	-3	-4	-1	-1	
20:03:30	-4	-3	-4	-4	-1	-0.5	



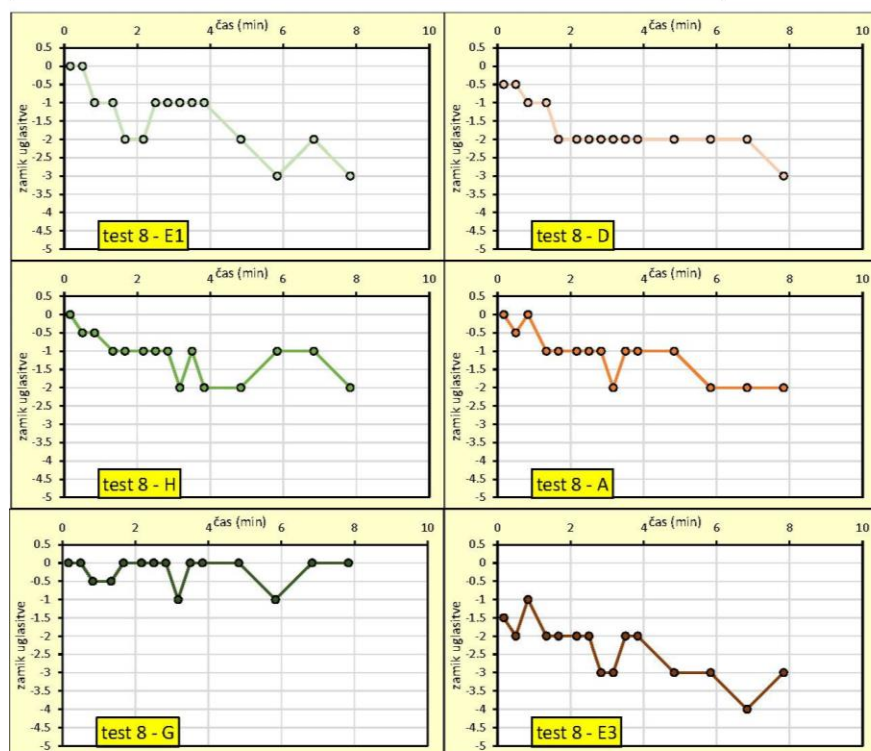
Slika 11: Meritev 7.

V meritvi 7 se vse strune razglasijo bolj kot v drugih meritvah. Še posebej so zanimive plastične strune (E1, H, G), saj se najprej razglasijo v prvih dveh minutah in se spet uglasijo v četrti minuti, nato pa se spet razglasijo. Če primerjamo meritvi 6 in 7, lahko ugotovimo, da je na razglašnost strun v tem primeru vplivala predvsem razlika v vlažnosti. Temperaturna razlika je v teh dveh primerih dokaj enaka.

Tabela 6: Rezultati 8. meritve

datum	3. 12.2019	št.	8
temperatura znotraj	20.1 °C	vlaga znotraj	54%
temperatura zunaj	3.2 °C	vlaga zunaj	85%
ΔT	16.9 °C	ΔV	-31%

ura	E3	A	D	G	H	E1	opombe
7:25:20							7:23 uglaševanje
7:25:30	-1.5	0	-0.5	0	0	0	
7:25:50	-2	-0.5	-0.5	0	-0.5	0	
7:26:10	-1	0	-1	-0.5	-0.5	-1	
7:26:40	-2	-1	-1	-0.5	-1	-1	
7:27:00	-2	-1	-2	0	-1	-2	
7:27:30	-2	-1	-2	0	-1	-2	
7:27:50	-2	-1	-2	0	-1	-1	
7:28:10	-3	-1	-2	0	-1	-1	
7:28:30	-3	-2	-2	-1	-2	-1	
7:28:50	-2	-1	-2	0	-1	-1	
7:29:10	-2	-1	-2	0	-2	-1	
7:30:10	-3	-1	-2	0	-2	-2	
7:31:10	-3	-2	-2	-1	-1	-3	
7:32:10	-4	-2	-2	0	-1	-2	
7:33:10	-3	-2	-3	0	-2	-3	



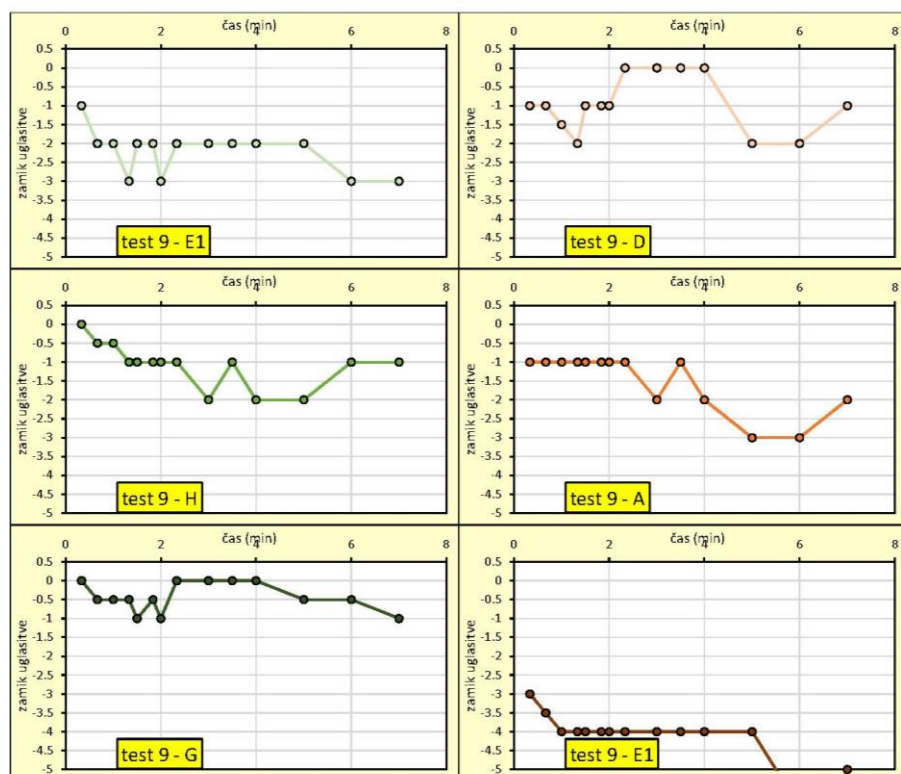
Slika 12: Meritev 8.

Pri plastičnih strunah (E1, H, G) se po navadi najmanj razglasi E1, potem H in nato še struna G. A v tej meritvi je to zaporedje obrnjeno. Vse kovinske strune (D, A, E3) se razglasijo v prvih dveh minutah, a se potem razglaševanje še ne ustavi. Če primerjamo pogoje meritev 8 in 9 z ostalimi meritvami, opazimo večjo razliko v spremembi temperature, kar vpliva na vrstni red razglašnosti plastičnih strun (E1, H, G).

Tabela 7: Rezultati 9. meritve

datum	4. 12.2019	št.	9
temperatura znotraj	20.4 °C	vlaga znotraj	50%
temperatura zunaj	0.2 °C	vlaga zunaj	83%
ΔT	20.2 °C	ΔV	-33%

ura	E3	A	D	G	H	E1	opombe
19:41:10	-1	0	0	0	0	0	19:39 uglasjevanje
19:41:30	-3	-1	-1	0	-1	-1	
19:41:50	-3.5	-1	-1	-0.5	-2	-2	
19:42:10	-4	-1	-1.5	-0.5	-2	-2	
19:42:30	-4	-1	-2	-0.5	-2	-3	
19:42:40	-4	-1	-1	-1	-1	-2	
19:43:00	-4	-1	-1	-0.5	-2	-2	
19:43:10	-4	-1	-1	-1	-2	-3	
19:43:30	-4	-1	0	0	-2	-2	
19:44:10	-4	-2	0	0	-2	-2	
19:44:40	-4	-1	0	0	-3	-2	
19:45:10	-4	-2	0	0	-1	-2	
19:46:10	-4	-3	-2	-0.5	-4	-2	
19:47:10	-6	-3	-2	-0.5	-4	-3	
19:48:10	-5	-2	-1	-1	-2	-3	



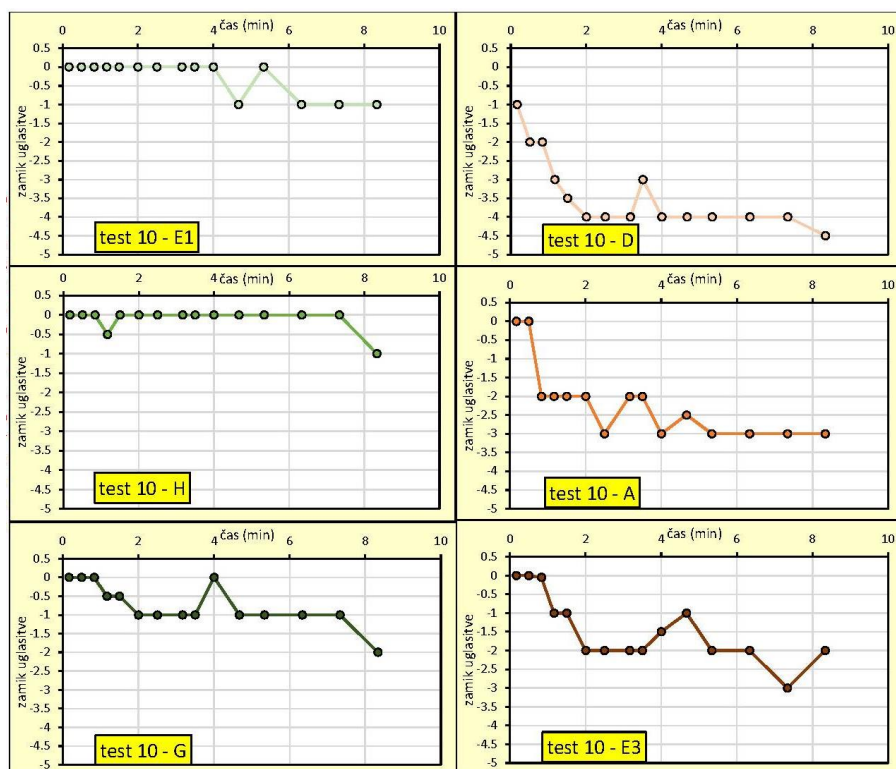
Slika 13: Meritev 9.

Pri meritvi 9 je vrstni red razglašenosti pri plastičnih strunah (E3, H, G) spet zamenjan. Struna D se najprej razglasi in se po dveh minutah že spet uglaši. Pri obeh D- in A- strunah se okoli četrte minute pojavi lok razglašenosti. V tej meritvi se iz vseh meritev najbolj razglasi E3.

Tabela 8: Rezultati 10. meritve

datum	7. 12. 2019	št.	10
temperatura znotraj	19.3 °C	vlaga znotraj	48%
temperatura zunaj	7.4 °C	vlaga zunaj	78%
ΔT	11.9 °C	ΔV	-30%

ura	E3	A	D	G	H	E1	opombe
15:14:10							15:13 uglaševanje
15:14:20	0	0	-1	0	0	0	
15:14:40	0	0	-2	0	0	0	
15:15:00	-0.05	-2	-2	0	0	0	
15:15:20	-1	-2	-3	-0.5	-0.5	0	
15:15:40	-1	-2	-3.5	-0.5	0	0	
15:16:10	-2	-2	-4	-1	0	0	
15:16:40	-2	-3	-4	-1	0	0	
15:17:20	-2	-2	-4	-1	0	0	
15:17:40	-2	-2	-3	-1	0	0	
15:18:10	-1.5	-3	-4	0	0	0	
15:18:50	-1	-2.5	-4	-1	0	-1	
15:19:30	-2	-3	-4	-1	0	0	
15:20:30	-2	-3	-4	-1	0	-1	
15:21:30	-3	-3	-4	-1	0	-1	
15:22:30	-2	-3	-4.5	-2	-1	-1	



Slika 14: Meritev 10.

Pri meritvi 10 se struni E1 in H enako razglasita. Kovinske strune (D, A, E3) se po navadi razglasijo tako, da se najbolj razglasi E3, potem A in potem D. V tej meritvi pa se strune razglasijo ravno obratno. Če primerjamo meritvi 6 in 10, kjer je primerljiva in majhna temperaturna razlika, se plastične strune (E1, H, G) skoraj ne razglasijo za razliko od kovinskih strun (D, A, E3).

ZAKLJUČKI

Hipoteza 1: Na razglašenost kitarških strun vpliva sprememba temperature.

Na podlagi meritev 9 in 10, kjer je sprememba v vlažnosti približno enaka, sprememba temperature pa velika, sem ugotovil, da hipoteza 1 drži.

Hipoteza 2: Na razglašenost kitarških strun vpliva sprememba vlažnosti.

Na podlagi meritev 6 in 7, kjer je sprememba v temperaturi približno enaka, sprememba vlažnosti pa različna, sem potrdil hipotezo 2.

Hipoteza 3: Zgradba strun vpliva na njihovo razglašenost.

Meritve so pokazale, da se kovinske strune (E3, A, D) razglasijo bolj kot plastične (G, H, E1), kar potrjuje hipotezo 3, da na razglašenost vpliva tudi zgradba strun.

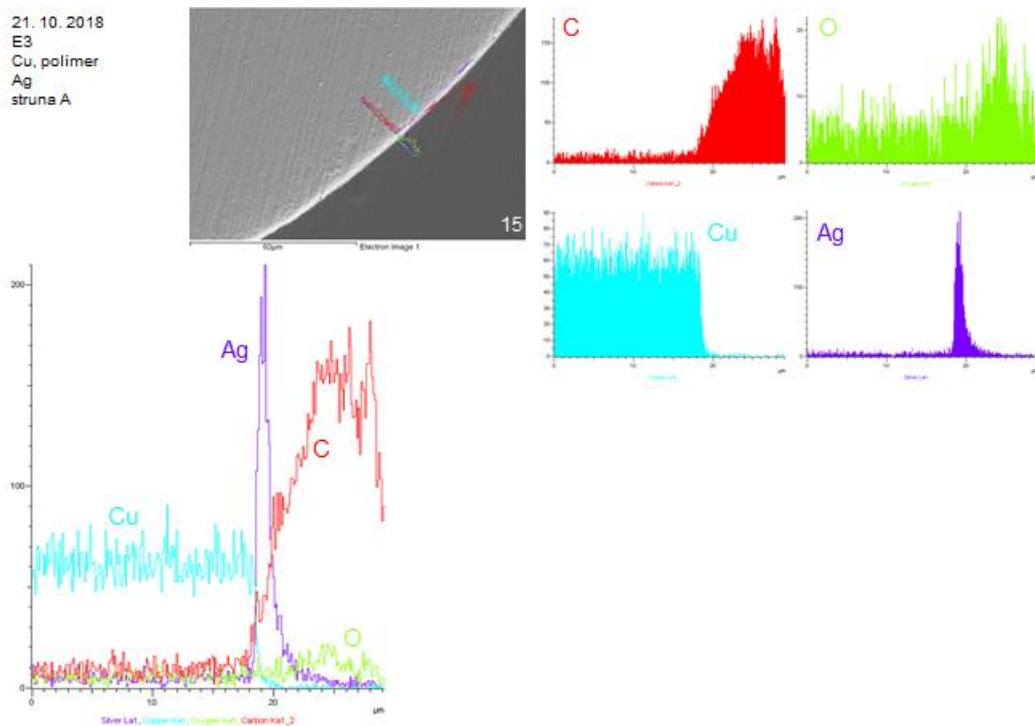
V svoji raziskavi sem popolnoma zanemaril dejstvo, da je večji del kitare zgrajen iz lesa, na katerega tudi vplivata spremembi temperature in vlažnosti. Visoka relativna vlaga povzroči, da se les napne, kar vpliva tudi na napetost strun.

LITERATURA

- [1] Jereb, P. 2011: Analiza dejavnikov, ki vplivajo na ceno in kakovost kitar. Diplomski projekt. Biotehnična fakulteta Oddelek za lesarstvo Univerza v Ljubljani. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/lesarstvo/du1_jereb_peter.pdf (14. 12. 2018)
- [2] Šavli, J., Šuligoj, L., 2012: Skoraj vse o kitari. <https://sites.google.com/site/skorajvseokitarah/home/povzetek> (kdaj sem pogledal)
- [3] Ambrožič, B. 2015: elektronski mikroskopi. <https://bojanambrozic.com/2015/01/19/elektronski-mikroskopi/> (17. 3. 2019)
- [4] Kirar, B. 2017: Nekaj koristnih informacij o strunah. <http://bobencek.com/nekaj-koristnih-informacij-o-strunah/> (17. 3. 2019)
- [5] Ocvirk, R. 2007: Analiza zvoka klasične kitare. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjXtpHq85jhAhXiwsQBHV4ZCooQFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.fizika.fnm.um.si%2Ffiles%2Fseminarji%2F06%2FSEMINAR-ANALIZA_ZVOKA_KLASICNE_KITARE.pdf&usg=AOvVaw0gKRRKHWliwhfGjmUNvvXd (17. 3. 2019)
- [6] Stockley, C., Oxlade, C. in Wertheim J.: Slikovni priročnik FIZIKA, Tehniška založba Slovenije, 2015

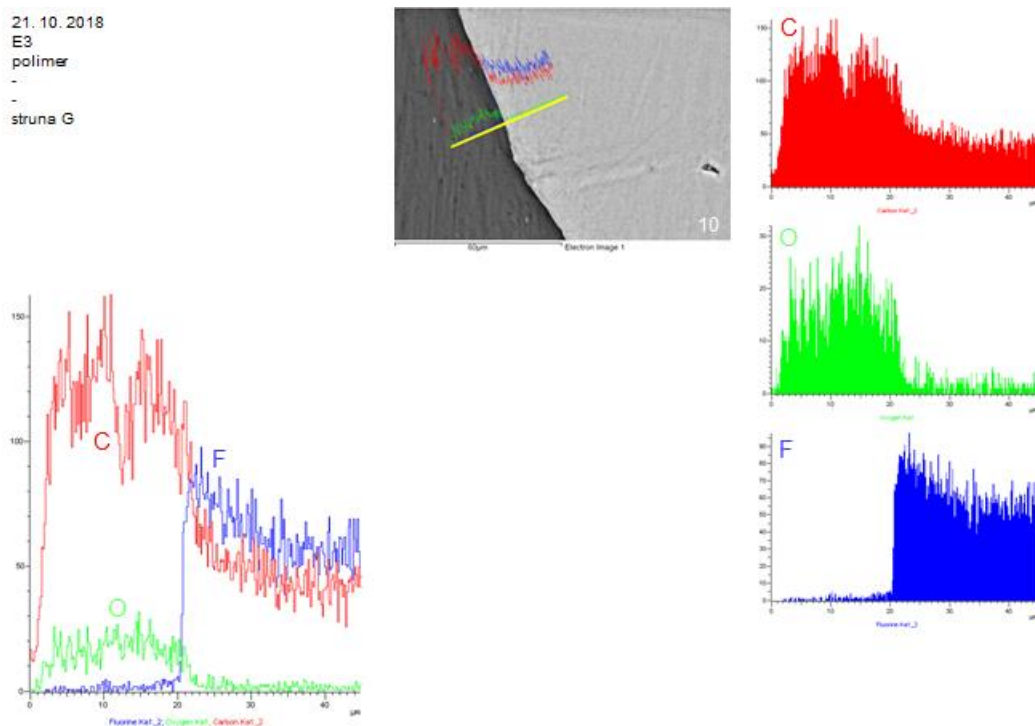
PRILOGE

21. 10. 2018
E3
Cu, polimer
Ag
struna A



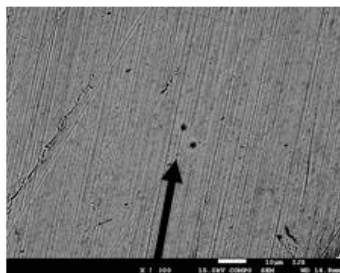
Slika P1: Zgradba kovinske strune, posnete z elektronskim mikroskopom.

21. 10. 2018
E3
polimer
-
struna G



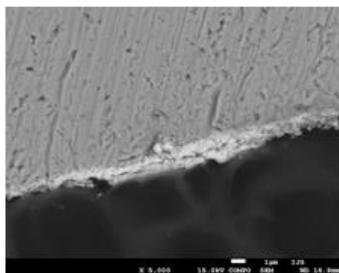
Slika P2: Zgradba plastične strun, posnete z elektronskim mikroskopom.

struna E3, povečava 1000x

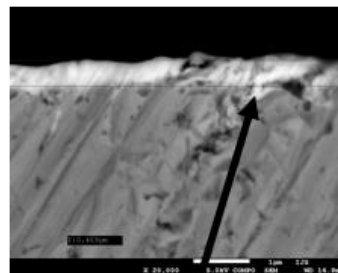


BAKER

struna A, povečava 5000x



struna D, povečava 20000x



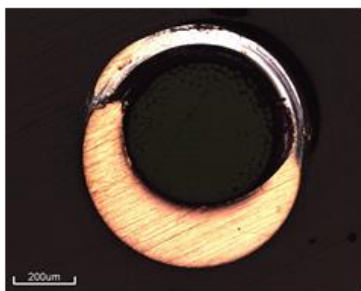
TANKA PLAST SREBRA

Slika P3: Zgradba kovinske strune s slikama.

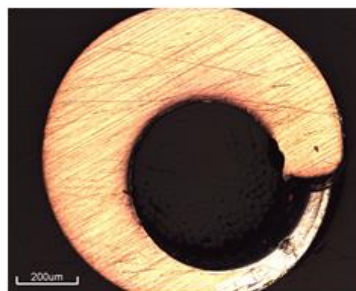
struna D, povečava 150x



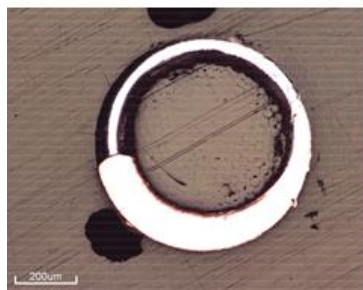
struna A, povečava 150x



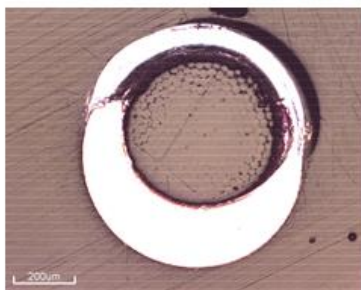
struna E3, povečava 150x



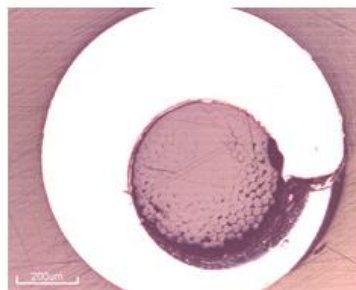
struna D, povečava, sredica, 150x



struna A, povečava, sredica, 150x

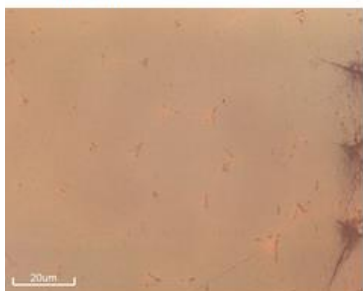


struna E1, povečava, sredica, 150x

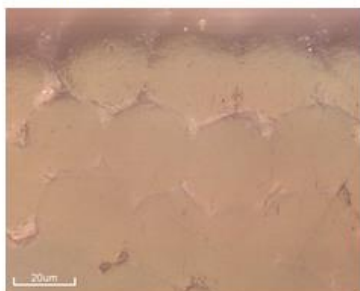


Slika P4: Notranjost in zunanost kovinskih strun.

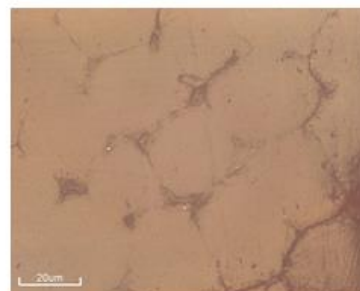
struna D, povečava, sredica 1500x



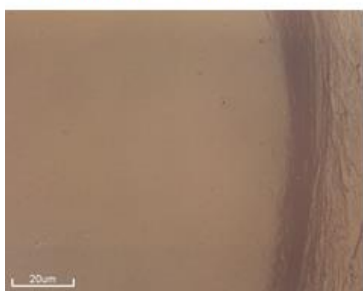
struna A, povečava, sredica 1500x



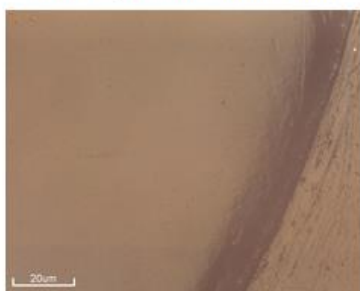
struna E1, povečava, sredica 1500x



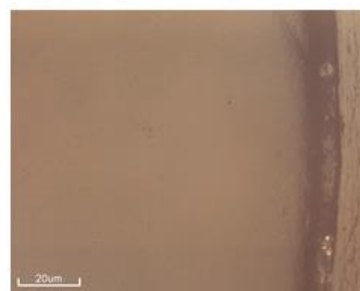
struna E1, povečava, sredica 1500x



struna H, povečava, sredica 1500x



struna G, povečava, sredica 1500x



Slika P5: Strune pod 1500-kratno povečavo.