

LESARSKA ŠOLA MARIBOR
Srednja lesarska in gozdarska šola Maribor
Lesarska ul. 2, 2000 Maribor

TESTIRANJE TAP ZA CAJON

Raziskovalno področje: Tehnika ali tehnologija

Raziskovalna naloga

Mentorica:

Vesna Pintar

Avtor:

Miha Golob

Maribor, 2020

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici za pregled naloge, staršema za vse vzpodbudne besede in predloge. Posebna zahvala pa gre sestri, ki mi je nalogo lektorirala in pregledala.

Kazalo vsebine

1 UVOD	1
2 TEORETIČNI DEL	2
2.1 Furnirne plošče	2
2.2 Zven <i>tap</i> v teoriji	4
2.3 Testiranje upogljivosti	6
2.4 Zvočna analiza	6
2.5 Program <i>Adobe Audition CC</i>	6
2.6 Akustične lastnosti lesa	7
2.7 Resonančni les	7
3 EMPIRIČNI DEL	9
3.1 Hipoteze	9
3.2 Metode raziskovalnega dela	10
4 PRAKTIČNI DEL	11
4.1 Izbrane in testirane <i>tape</i>	11
4.2 Test upogljivosti	12
4.3 Izdelava cajona: 1. del	14
4.4 Zvočna analiza	17
4.5 Izdelava cajona: 2. del	20
4.5.1 Barvanje in lakiranje	20
4.5.2 Nogice	21
4.5.3 Sistem za premikanje snare mrežice	22
4.5.4 Dodatek: osvetlitev	23
4.5.5 Uporaba in namestitev <i>pick-up-a</i>	25
5 REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ	27
5.1 Družbena odgovornost	29
6 ZAKLJUČEK	29
7 VIRI IN LITERATURA	31
7.1 Literatura	31
7.2 Slikovni viri	32

Kazalo slik

Slika 1: Razslojenost furnirne plošče.....	3
Slika 2: Logotip <i>Adobe Audition CC</i>	7
Slika 3: Test upogljivosti plošč.....	12
Slika 4: Graf upognjenosti vzorčnih plošč ob enaki obtežitvi.....	13
Slika 5: Enostavni načrt cajona.....	15
Slika 6: Lepljenje ohišja.	16
Slika 7: Udarjanje na cajon s pomočjo pedala in uteži.....	17
Slika 8: Snemanje cajona.	18
Slika 9: Brezbarvni, hitro sušeci končni lak.....	20
Slika 10: Povoskana <i>tapa</i>	21
Slika 11: Nameščanje nogic.....	22
Slika 12: Prerezane mrežice.....	23
Slika 13: Sistem za premikanje mrežic.....	23
Slika 14: Vezje za upravljanje osvetlitve.....	24
Slika 15: LED trak na plošči.....	25
Slika 16: <i>Pick-up</i>	26
Slika 17: <i>Pick-up</i> od zunaj.....	26
Slika 18: Končan cajon.....	30

Povzetek

V raziskovalni nalogi predstavim, kako se igralne površine glasbila cajon, imenovane tudi *tape*, med seboj razlikujejo. Cajon je glasbilo, tolkalo, ki izhaja iz Peruja. Izgleda kot škatla, na kateri se sedi in udarja po sprednji stranici.

Na kratko predstavim teorijo o *tapah* in furnirnih ploščah na splošno. Opišem tudi zvočne in akustične lastnosti lesa. Zanimalo me je, kako gostota, število slojev in upogljivost plošče vplivajo na zvok glasbila oz. plošče.

V nadaljevanju se odločim za sedem različnih plošč, ki jih nato testiram. Opravim enostaven preizkus upogljivosti in ugotovim, kako se plošče razlikujejo. Za vse plošče sem opravil zvočno analizo po tem, ko sem jih posnel. Prav tako sem ugotovil prevladujočo frekvenco in jakost posamezne plošče. Ugotovil sem, da je posledica togosti in večjega števila slojev višja frekvenca.

V raziskovalni nalogi opišem tudi izdelavo cajona, ki je nastal ob raziskavi. Na cajon sem namestil tudi zelo inovativen in atraktiven dodatek – osvetlitev.

Abstract

In my research I introduce how are the playing boards of the musical instrument cajon also called *tape*, different. The cajon is a musical instrument, percussion, that originates from Peru. It looks like a box on which we sit and hit on the front side.

I briefly introduce the theory about the *tape* and veneer-plywood boards. I also describe the vocal and acoustic characteristics of wood. I was interested in how a density, number of layers and flexibility of board affect on the sound of the musical instrument or boards.

I decide to test seven different boards. I do simple flexibility test and find out how the boards differ. I did sound analysis for all boards after I recorded them. I also found out the dominant frequency and intensity of each individual board. I found out that higher frequency is the consequence of stiffness and bigger number of layers.

In my research I also describe the production of cajon, which was made during this research. My cajon has very inovative and attractive addition – lighting.

1 UVOD

V raziskovalni nalogi bom predstavil različne udarne površine cajona, imenovane tudi *tape*. Že dolgo me je zanimalo, katera je najboljša. Kateri material? Katera drevesna vrsta? Kakšna debelina? Koliko slojna furnirna plošča? Kakšne so frekvence? Katera ima najboljši bas? Vsa omenjena in še druga vprašanja so se mi porajala pred začetkom raziskovanja.

Vse te izzive in vprašanja bom poskušal ugotoviti s to raziskovalno nalogo. Najprej sem pregledal teorijo o tem, kaj vpliva na zvok glasbila. Ker je cajon sestavljen iz furnirnih vezanih plošč, sem podal nekaj osnov o njih. Posvetil sem se tudi zvočnim in akustičnim lastnostim lesa.

V empiričnem delu predstavim lastne preizkuse o upogljivostnih lastnostih izbranih plošč. Testiral sem, kako je upogljivost odvisna od drevesne vrste, debeline in števila plasti, iz katerih je plošča sestavljena. Opravil sem tudi zvočno analizo plošč. Za vsako ploščo sem naredil zvočni posnetek in s pomočjo računalnika posnetek analiziral. Ugotavljal sem frekvenco, jakost in glasnost plošče. Na podlagi dobljenih rezultatov sem jih med seboj primerjal.

Izdelavo in izvedbo raziskovalne naloge sem si na začetku samo zamišljal. Pred pričetkom raziskovanja sem si postavil nekaj raziskovalnih vprašanj:

1. Ali se bo zvok glede na izbrano drevesno vrsto kaj spremenil?
2. Katera plošča bo imela najnižjo frekvenco?
3. Kako število slojev vpliva na zvok in upogljivost?
4. Katera plošča bo najglasnejša?
5. Kakšne bodo frekvence plošč?

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Furnirne plošče

Večina *tap*, tj. igralnih površin, ki so na cajonih, so vezane furnirne plošče, saj imajo zelo dobre lastnosti.

Imajo zelo enakomerno upogljivost in trdnost. Tudi pri drugih lesenih glasbilih se zelo pogosto uporabljajo in so lahko dober nadomestek masivnega lesa.

Furnirne plošče (tudi vezane plošče) so izdelane iz furnirnih listov, med seboj križno lepljenih pod približno pravim kotom. Večinoma so iz bukovine ali topolovine in redkeje iz drugih drevesnih vrst. (Čermak, 2001).

Po številu slojev ločimo:

- trislojne (tripleks) plošče,
- pet-, sedem- in večslojne (multipleks) plošče.

Po namenu (odvisno od vrste uporabljenega lepila in kakovosti lesa) ločimo:

- plošče za notranjo uporabo (lepilo, ki ni vodoodporno),
- plošče za prostore s povečano stopnjo vlažnosti (lepilo odporno proti vodi),
- plošče za zunanjo uporabo (odporne proti vodi).

Po namenu uporabe ločimo plošče za:

- proizvodnjo pohištva,
- izdelavo vrat,
- gradbeništvo,
- železniške vagona, karoserije, silose ipd.,
- embalažo,
- posebne namene (modelarstvo, glasbila ...).

Prednosti furnirnih plošč:

- krčenje in nabrekanje je zelo omejeno,
- trdnost je izenačena v vzdolžni in prečni smeri (pomembno v našem primeru),
- povečana odpornost proti pokanju (masiven les ob robovih pogosto poka),
- možna je proizvodnje plošč večjih dimenzij ter ukrivljenih in preoblikovanih plošč,
- večja prožnost in upogljivost (v nekaterih primerih). (Čermak, 2001).



Slika 1: Razslojenost furnirne plošče. (Slikovni viri: Slika 1).

2.2 Zven *tap* v teoriji

Proizvajalci cajonov izdelujejo *tape* iz zelo različnih drevesnih vrst, tako domačih kot tudi eksotičnih in tropskih. Tudi debeline so različne: od dveh pa vse do pet milimetrov, v Evropi se načeloma uporablja 4 mm debela furnirna plošča. Vsi pa poudarjajo, da ni najboljše in najslabše *tape*, ker ima vsak posameznik (glasbenik) svoje želje in predstavo o najboljši.

Načeloma pa za vsako drevesno vrsto veljajo neke splošne lastnosti, ki jih povzemam po Cajon Drums of the World (2019) in po Kidd G. (b. d.):

- breza: dobri visoki, srednje dobri nizki toni,
- bukev: srednje dobri visoki toni, dobri nizki, (podobno brezi),
- hrast: znan po glasnosti,
- mahagonij: nizki konci udarcev, srednje dobri visoki toni.
- topol: zelo redko uporabljen, brez podatka.

Cajon naj bi bil v popularnih zasedbah čim boljši približek bobnov. Sam mislim, da je s sprednjo stranico pri cajonu enako kot pri opnih na bobnih: bolj kot je opno napeto, višji ton proizvede. Torej manj kot je plošča trda oziroma mehkejša, nižji ton naj bi proizvedla. Seveda pa je ton odvisen tudi od velikosti resonančnega telesa. Na podlagi tega lahko do neke mere ton *tape* morda napovemo tudi s pomočjo gostote zračno suhega lesa.

Tabela 1: Gostote zračno suhega lesa. (vir: *Mizarstvo Hrovat, b. d.*)

Drevesna vrsta	Gostota zračno suhega lesa v kg/m ³
smreka	470
macesen	590
lipa	530
topol	450
bukev	720
hrast	690

Če zgoraj opisano mnenje soočimo s podatki iz tabele 1, sklepamo, da bi imela najnižji ton topolova plošča in najvišjega hrastova. Torej bi teoretično drevesne vrste z manjšo gostoto imele nižji bas ton, kot vrste z večjo gostoto. Vendar je pri cajonu (v našem primeru) potrebno najti ploščo, ki ima oba tona optimalna, saj mora ena plošča proizvesti oba tona.

Pri nakupu plošč je mogoče izbirati tudi koliko slojev ima plošča. Na spletu sem zasledil, da ima plošča z več sloji veliko boljši zvok. Tudi izdelovalci cajonov pri "najboljših" cajonih pogosto uporabljajo večplastne furnirne plošče (včasih celo do 10 slojev). Tako da zven ni odvisen samo od drevesne vrste, temveč tudi od drugih dejavnikov: št. slojev, vlažnosti, gostote, kakovosti plošče, načina izdelave, itd.

2.3 Testiranje upogljivosti

S testom upogljivosti želim ugotoviti, kako upogljivost vpliva na sam zvok (jakost in frekvenco). Na podlagi teorije o uglaševanju bobnarskih open predvidevam, da bo plošča, ki bo najbolj upogljiva, proizvedla najnižji ton. Posledično bi najmanj upogljiva plošča morala dati najvišji zven. Izvedel bom načrtovan, ponovljiv in enostaven preizkus v domači delavnici.

2.4 Zvočna analiza

Vse plošče, ki jih bom testiral, bom testiral tudi zvočno. To pomeni, da bom s pomočjo računalniških programov analiziral zvok vsake posamezne plošče. To bo seveda vključevalo snemanje cajona in medtem menjavanje *tap* oz. udarnih površin. Ker bi rad ugotovil, koliko je posamezna plošča drugačna od drugih oz. kako se med seboj razlikujejo, bom moral najti način, da bo vsak udarec na ploščo na enakem mestu in z enako močjo. Tako bom lahko primerjal tudi frekvenco in jakost v decibelih (dB).

2.5 Program Adobe Audition CC

Adobe Audition CC je plačljiv računalniški program za produkcijo, mešanje in urejanje zvoka. Uporabljal sem ga za snemanje in kasnejšo obdelavo, ki je bila potrebna. Poleg tega pa lahko v tem programu tudi zelo dobro analiziramo zvok. V mojem primeru je prišla prav funkcija za iskanje frekvence in merjenje glasnosti. Seveda pa ni to vse kar nam program omogoča.

Kot zanimivost lahko napišem tudi to, da je omenjeni program priznano in preizkušeno eden boljših programov za odstranjevanje neželenih zvokov v ozadju (*background noises*). (*Adobe Audition CC*, 13.0).



Slika 2: Logotip *Adobe Audition CC*. (Slikovni viri: Slika 2).

2.6 Akustične lastnosti lesa

»Zvok nastane z mehanskim nihanjem in valovanjem molekul v elastični snovi. Energija zvoka je energija gibajočih se molekul, ki se med nihanjem oziroma valovanjem prenaša z molekule na drugo molekulo. Zvok je zato mehansko valovanje snovi.« (Polanc in Leban, 2004)

Hitrost širjenja zvoka je odvisna predvsem od elastičnosti snovi in gostote. Zvok se lahko širi tudi po lesu, torej ga prevaja. S tem parametrom si pomagamo pri določanju kakovosti lesa.

Zvok se najhitreje širi v smeri vlaken. Najpomembnejši dejavniki, ki na to vplivajo, so gostota, elastičnost, vlažnost, temperatura lesa in frekvenca. Glede na ostale materiale les zelo dobro prevaja zvok, saj se zvok po zračno suhem lesu širi 10 do 15-krat hitreje kot po zraku. Les slabo izolira zvok. Vpija predvsem nizke in srednje tone, ter s tem zelo vpliva na akustičnost prostora. (Polanc in Leban, 2004).

2.7 Resonančni les

Pri tej raziskavi je še posebej pomembno, kako les vpliva na resonanco zvoka.

Resonančni les je tak, ki ima to posebno lastnost, da ojača valovanje zvoka, ki se širi v njem ter ga prenaša na zrak, kadar je neposredno v zvezi z izvorom zvoka. (Polanc in Leban, 2004).

Najpomembnejše značilnosti resonančnega lesa so:

- nizka gostota,
- enakomerne in ozke branike,
- čim bolj pravilna zgradba s čim manj kasnega lesa (20 do 25 %),
- brez grč in smolnih kanalov. (Polanc in Leban, 2004).

3 EMPIRIČNI DEL

Temo raziskovalne naloge sem si zadal zaradi zanimanja za cajone. Predvsem pa zato, ker nikjer nisem našel razlage o tem, katera plošče je najboljše. Vsekakor je samo mnenje popolnoma subjektivno, saj je lahko nekemu zvok plošče všeč, drugemu pa ne. Zato sem se odločil, da v raziskavo vključim samo merljive količine. Testi, ki sem jih uporabil, bodo v veliko pomoč pri izbiri *tape* glede na to, kaj je posamezniku všeč. Seveda bom omenil tudi plošče, ki so se meni osebno zdele nekaj posebnega ali zelo dobre.

3.1 Hipoteze

Pred začetkom raziskovanja sem si zadal nekaj hipotez, ki sem jih predvideval glede na moje predznanje in nekaj predelane teorije:

- Zvok cajona se bo spremenil glede na izbrano drevesno vrsto *tape*.
- Najnižjo frekvenco bo imela najtanjša in najbolj upogljiva plošča.
- Več kot ima plošča slojev, nižji zvok proizvede.
- Najmanj upogljiva plošča bo najglasnejša.
- Frekvence cajona se bodo gibale okoli 100 Hz.

Pri prvi hipotezi trdim, da se bo zvok razlikoval glede na drevesno vrsto iz katere je plošča narejena. Predvidevam, da bo razliko zaznal tako računalniški vmesnik kot tudi človeško uho. Razlika se bo pojavila pri frekvenci in pri glasnosti.

Pri drugi hipotezi trdim, da bo plošča, ki je najtanjša in najbolj upogljiva, imela najnižji zven. To pomeni, da bo po zvočni analizi, ki jo bom naredil, imela najnižjo frekvenco.

Poznavalci pravijo, da so najboljši cajoni izdelani iz večslojnih plošč. Imel sem priložnost slišati tak cajon. Njegov zven je bil zelo nizek. Navedeno odvisnost želim potrditi.

Na tematsko povezanih forumih sem zasledil, da naj bi bila 5 mm debela plošča pretoga, saj preobremenjuje roke. Uporabo toge plošče svetujejo v primeru potrebe po zelo glasnem cajonu. S četrto hipotezo želim preveriti povezavo med togostjo in jakostjo plošče. (Cajon – What thickness..., 2019).

Preveriti želim, kakšne so podobnosti med cajonom in bas bobnom. Glede na izkušnje in uporabo obeh tolkal v praksi menim, da bodo frekvence cajona nekoliko višje, saj ima cajon manjše resonančno telo oz. prostornino. Frekvence bas bobna se gibljejo od 80 Hz pa do 100 Hz.

3.2 Metode raziskovalnega dela

Pri raziskovanju izbrane teme sem si pomagal z različnimi metodami:

- metoda dela z literaturo in viri,
- metoda obdelave podatkov in interpretacija le-teh,
- metoda opazovanja in ugotavljanja,
- metoda preizkušanja in eksperimentiranja.

Že pred idejo za raziskovalno nalogo sem zelo dobro raziskal tudi literaturo o glasbilu samem. Še posebej sem se poglobil v samo zgradbo glasbila. Vse od sestavnih delov, načinov izdelave, različnih materialov, vrst lesa, vrst plošč, standardnih mer do oblikovanja. Z zanimanjem sem pregledoval predvsem projekte o doma izdelanih cajonih, ki sem jih našel na spletu. Veliko avtorjev takšnih člankov je opisovalo tudi razna dognanja in spoznanja, do katerih so prišli ob delu. Vsa ta spoznanja in tudi tista, ki sem jih sam odkril med izdelovanjem cajonov v preteklosti, sem poskusil uporabiti pri izdelavi novega cajona za namen te raziskovalne naloge.

4 PRAKTIČNI DEL

4.1 Izbrane in testirane *tape*

Če želim primerjati različne *tape*, jih moram tudi imeti. V različnih trgovinah, skladiščih in spletnih straneh sem poiskal mnogo različnih furnirnih plošč. Iskal sem različne debeline, drevesne vrste in različno število plasti.

Veliko časa sem porabil za iskanje furnirnih plošč, ki so sestavljene iz več kot treh slojev. Kasneje sem jih našel na modelarski spletni trgovini *Mibo RC shop* (*mibomodeli.eu*). Večplastne plošče je potrebo iskati pod imenom *avio plošče*, ali *aircraft plywood*, saj jih v večini uporabljajo modelarji. Prednost pri tem je tudi, da se lahko plošče dobi v razmeroma majhnih formatih. To je v mojem primeru prišlo zelo prav, saj nisem potreboval velikih dimenzij.

Izbrane vzorčne plošče v celotni raziskovalni nalogi označujem na sledeč način:

<i>Drevesna vrsta (debelina [mm], št. plasti)</i>

Odločil sem se za naslednjih sedem plošč:

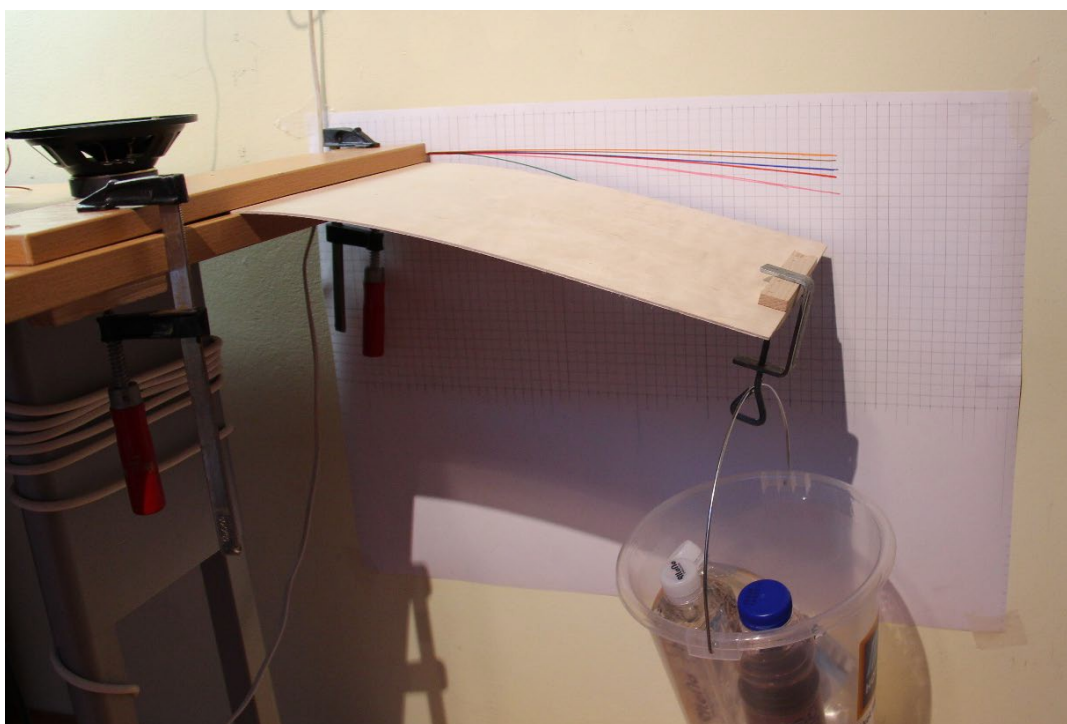
- topol (4,3),
- bukev (4,3),
- breza (4,8),
- breza (4,4),
- breza (3,4),
- breza (3,3),
- breza (2,4).

Ko sem imel vseh sedem plošč pri roki, sem jih najprej razrezal na enake mere, šele kasneje sem se lotil nadaljnjega testiranja. Pri vseh meritvah so bile plošče enakih mer in pod enakimi pogoji.

4.2 Test upogljivosti

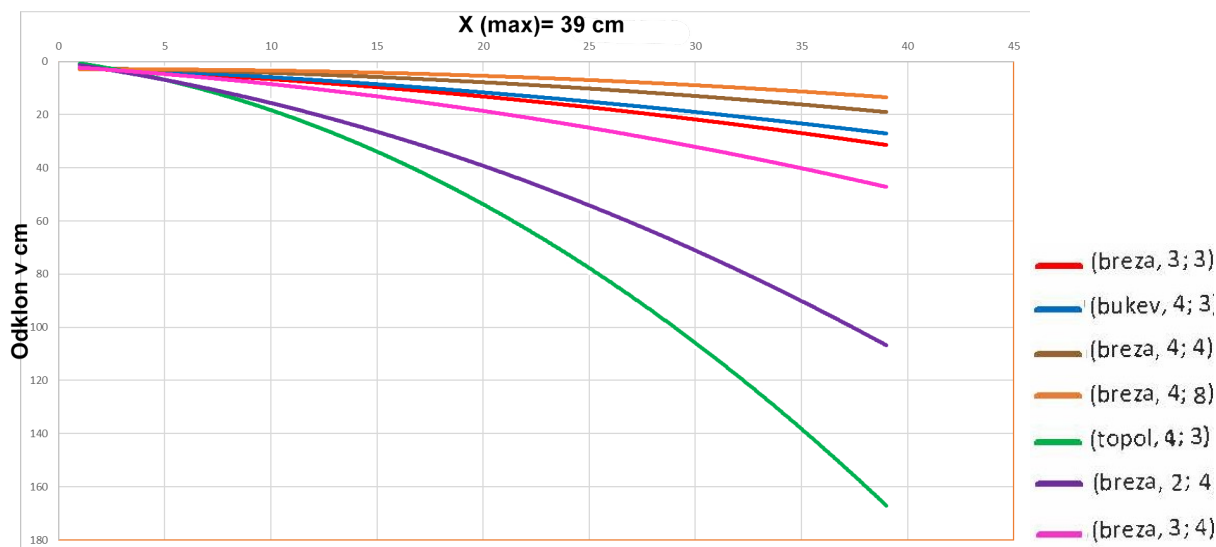
S testom upogljivosti plošč sem hotel ugotoviti, kako se plošče zvijajo. Zanimalo me je tudi, kakšne bodo razlike med drevesnimi vrstami in kakšna je povezava z zvočno analizo, ki jo bom še opisal.

Test sem izvedel na zelo enostaven način. Plošče sem vsakokrat vpel na mizo na enak način, kot prikazuje slika 3. Nato sem jih obtežil, seveda vedno z enako težo. Na list, ki je bil prilepljen na steno, sem nato s pisalom prerisal krivino, ki se je pojavila zaradi obtežitve. Tako sem imel na koncu ročno narisani graf zvijanja plošč v naravni velikosti.



Slika 3: Test upogljivosti plošč. (Slikovni viri: Slika 3).

Ko sem imel narisane grafe v fizični obliki, sem ga hotel prenesti tudi v digitalno obliko. Zato sem si že pred testom na list narisal centimetrsko mrežo. Za vsako krivuljo sem z ravnilom meril koordinate v x in y smeri, kar je bilo zelo dolgotrajno delo. Vnašal sem jih v *Microsoft Excel*, kjer sem lahko nato izdelal digitalni graf, ki je ustrezal meritvam. Dobljeni graf sem lahko izrisal v katerem koli merilu, saj so se vsa razmerja ohranila.



Slika 4: Graf upognjenosti vzorčnih plošč ob enaki obtežitvi. (Slikovni viri: Slika 4)

Iz grafa lahko razberemo, da se je najmanj zvila breza (4,8), kar je bilo pričakovano. Večje presenečenje je najbolj upognjena topolova plošča (4,3). Pričakoval sem, da se bo najbolj upognila breza (2,4), saj je dva milimetra tanjša. Naslednje moje začudenje je požela razlika med tri-milimetrskima brezama, saj sem pričakoval, da bo večje število plasti dajalo večjo togost. To se je vsekakor potrdilo pri štiri-milimetrskih brezah.

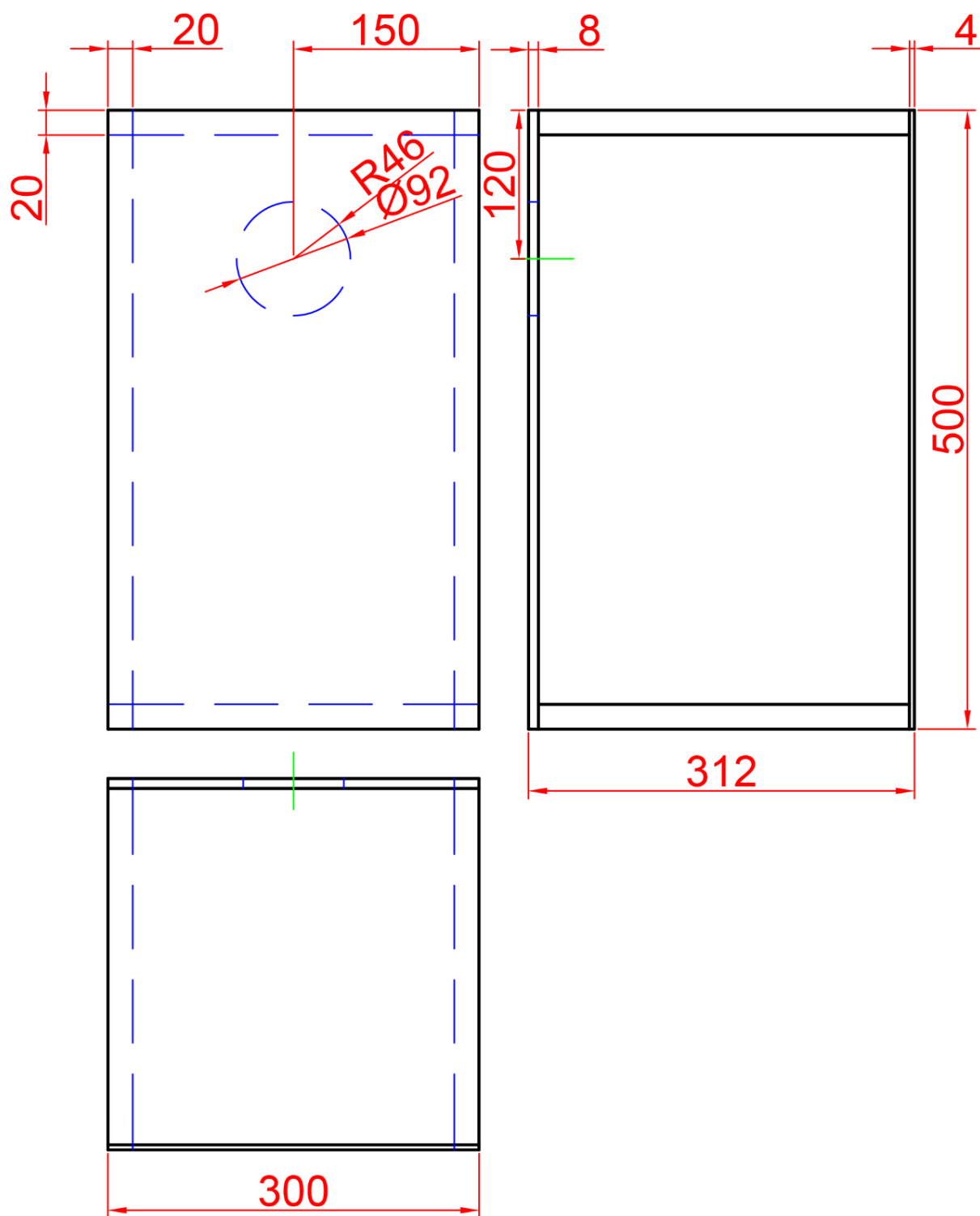
Menim, da bi rezultati testa upogljivosti lahko bili uporabni tudi za modelarje. Nekaj plošč je modelarskih, saj prav oni največkrat uporabljajo furnirne plošče, narejene iz veliko plasti.

4.3 Izdelava cajona: 1. del

Eden izmed glavnih delov raziskovalne naloge je izdelava cajona. Pri izdelavi sem se odločil uporabiti bukovo furnirno ploščo. Odločil sem se na podlagi tega, ker je v večini trgovin možno dobiti le furnirno ploščo iz bukve in topola. Topol pa že kot tak ne velja za zelo kvaliteten les. To pa je pri izdelavi glasbil dokaj pomembno. Zato sem izbral bukev. Zgornja, spodnja in stranski plošči sta debeli 20 mm, zadnja pa 8 mm. Marsikdo bi lahko rekel, da je 20 mm plošča predebela. Sam sem jo izbral zato, da sem lahko brez težav vanjo vsadil tudi vijачne vložke za les. Vložki so pri tej raziskavi izjemno pomembni, saj bom moral *ta*po velikokrat menjati. Brez vložkov to ne bi bilo mogoče, saj bi se les obrabil. Posledično vijak ne bi več prijel in se zategnil.

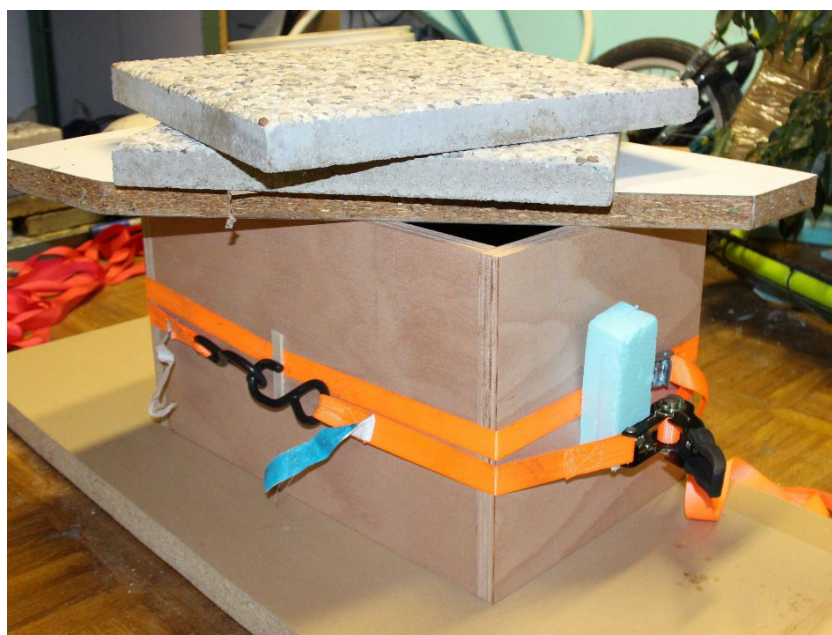
Pred izdelavo sem si izdelal enostaven načrt v treh pogledih: tlorisu, narisu in stranskem risu. V načrt nisem izrisoval vseh podrobnosti. To se mi ni zdelo potrebno, saj ni bil moj namen, da nekdo izdelava cajon, ki bo identičen načrtu. Načrt sem izdelal za lažjo predstavbo, da vse dokumentiram in da predstavim osnovne mere, za katere sem se odločil. To bi prišlo prav nekemu, ki bi hotel raziskavo ponoviti ali preveriti.

Za risanje načrta sem uporabil program *Autodesk AutoCAD 2020*, verzijo za učence. V programu je možno risanje v dvodimenzionalni in trodimenzionalni obliki. Odločil sem se le za dvodimenzionalno, saj izdelek ni zahteven in je tudi vnašanje mer oz. kotiranje enostavnejše. Prav tako še nimam dovolj znanja za 3D risanje.



Slika 5: Enostavni načrt cajona. (Slikovni viri: Slika 4).

Izdelavo cajona sem začel, ko sem imel vse plošče razrezane po meri. S pomočjo lepila, moznikov, letvic in napejalnih trakov sem jih zalepil. Zgornja in spodnja plošča prekrivata stranski. To se mi zdi zelo pomembno, saj se na cajonu sedi, torej mora prenesti tudi nekaj obremenitve.



Slika 6: Lepljenje ohišja. (Slikovni viri: Slika 5).

Kmalu za tem je prišla na vrsto zadnja stranica. Ta plošča mora imeti luknjo, da se lahko zvok širi iz cajona. Luknjo sem izrezal s pomočjo vbojne žage. Po tem, ko je bila luknja že izdelana, sem ploščo prilepil na že zalepljeno ogrodje in vse skupaj spet obtežil.

Nato sem v robove plošč, kjer bo *tapa* privijačena, vsadil samorezne vijačne vložke. Najprej sem izvrtal luknje z vrtalnikom. Sveder je moral biti nekoliko manjši kot vložki, da so se vložki lahko zarezali. Vložki so v mojem primeru ključni, saj bom moral *tapo* večkrat menjati. Na kupljenih cajonih tega ni, saj ni mišljeno, da *tapo* menjuješ.

Za tem je prišlo na vrsto brušenje in zaobljanje robov. Zaobljanje sem opravil z ročnim rezkarjem, brušenje pa delno s tračnim in delno z vibracijskim brusilnikom. Seveda pa je na koncu potrebno tudi ročno brušenje.

Nato sem mere prenesel na odvečno *tapo*, kjer sem izvrtal luknje. To ploščo sem kasneje uporabljal kot šablono, s katero sem vrtal v vse *tape*. Na tak način sem imel vse izvrtane enako in tudi luknje so se skladale z vložki. Vse *tape* sem povrtal tako, da so se vijaki skrili v ploščo. S tem ne ogrožajo glasbenika in pripomorejo, da se ne poškoduje.

4.4 Zvočna analiza

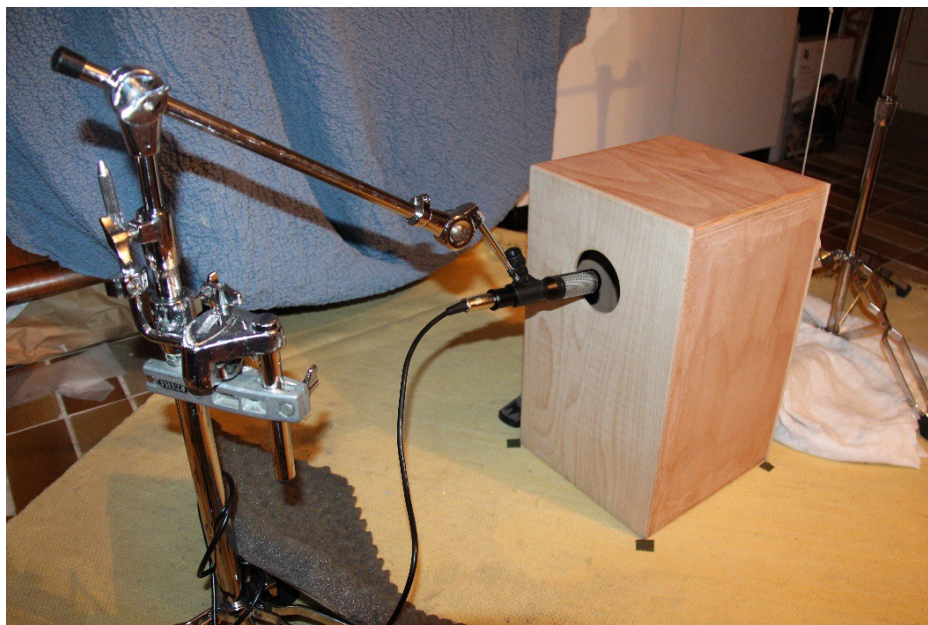
Z zvočno analizo sem hotel plošče med seboj primerjati prav po tem, čemur so namenjene. To je ustvarjanje zvoka. Zvok je tudi skoraj edina in najpomembnejša naloga *tape*. Že pred raziskavo sem bil skoraj prepričan, da imajo plošče različne zvene, vendar sem jih želel med seboj tudi primerjati z merljivimi količinami. V nasprotnem primeru bi bilo vse skupaj subjektivno.

Največji izziv pri testu je bil najti način, da bi ploščo vsakič udaril z enako močjo in na enako mesto. Problem sem rešil z bobnarskim pedalom, ki se uporablja za igranje na bas boben. Na pedalo sem vsakič iz enake višine spustil utež. Le-ta je vsakič z enako silo udarila na pedalo, pedalo pa na cajon oz. *tapo*. To mi je omogočilo, da sem lahko kasneje sploh naredil ustrezno primerjavo med ploščami.



Slika 7: Udarjanje na cajon s pomočjo pedala in uteži. (Slikovni viri: Slika 6).

Zvok cajona oz. plošč sem snemal s pomočjo kondenzatorskega mikrofona. Kondenzatorski mikrofoni mi je omogočil, da sem zajel vse frekvence, ki jih človeško uho zazna in še malo nižje. Prav to sem potreboval, da sem lahko kasneje naredil dobro in ustrezno zvočno analizo.



Slika 8: Snemanje cajona. (Slikovni viri: Slika 7).

Samo snemanje plošč sicer ni trajalo dolgo, zelo dolgo pa je trajalo menjavanje plošč. Vsako ploščo sem moral privijačiti s 26 vijaki, in jih nato še odviti. Delo sem opravljal z električnim vijačnikom, vendar sem jih na koncu privil še z roko. To mi je omogočilo, da so bile vse plošče privite z enako močjo.

Zvočno analizo sem opravil v že omenjenem računalniškem programu *Adobe Audition CC 2020*. Program mi je omogočil zelo natančno analizo. Vsak posnetek plošče sem najprej obdelal, obrezal in uredil. Nato sem za posamezni udarec poiskal specifikacije, ki jih ponuja program. Program npr. sam poišče najglasnejšo točko in jo izpiše. Tudi frekvenco sem določal na podlagi tega programa. Le-ta sicer izpiše tudi ton, kateremu je frekvenca najbližja, vendar nas v tem primeru to ne zanima.

V tabeli 2 so zbrane meritve zvočne analize.

Tabela 2: Rezultati zvočne analize testnih plošč.

Plošča	Jakost (dB)	Frekvenca (Hz)
topol (4,3)	-1,83	109,88
bukev (4,3)	-1,92	112,22
breza (4,8)	-1,89	129,49
breza (4,4)	-1,93	116,51
breza (3,4)	-1,91	111,83
breza (3,3)	-1,92	108,32
breza (2,4)	-1,94	91,36

Na podlagi analize rezultatov lahko ugotovimo nekaj zanimivih dejstev. Že na prvi pogled opazimo, da se plošče glede jakosti skoraj niso razlikovale. Jakost vseh plošč se giblje med -1,83 in -1,94 dB. To je zelo majhna razlika, pričakoval sem večjo.

Frekvenčna analiza ponuja drugačno sliko. Le-te se med vsako ploščo kar precej razlikujejo. Ugotovimo, da, tako kot debelina, tudi število plasti dviguje frekvenco. Torej je zvok višji. Plošča breza (2,4) ima frekvenco celo pod 100 Hz. To je zanimivo, saj ima cajon razmeroma malo resonančno telo. Najvišjo frekvenco ima breza (4,8). To me je deloma presenetilo, saj veliko proizvajalcev uporablja prav to ploščo. Moje subjektivno mnenje je, da je ta zven previsok.

Omeniti je potrebno tudi, da je imela plošča breze (2,4) zelo zanimiv nizek in vendar zelo neuporaben zvok. Z zelo dobrim poslušanjem sem ugotovil, da je plošča tako mehka in upogljiva, da je zavibrirala celo dvakrat. Ko je udarec upognil ploščo, se je odbila nazaj, naprej in še enkrat nazaj. Zaradi tega se drugo vibriranje sliši kot odmev. Tega pri cajonu ne želimo. Posebej ne v tako očitnem odmevu. Plošča je kljub temu, da ima najnižjo frekvenco, skoraj neuporabna.

4.5 Izdelava cajona: 2. del

Ko sem opravil zvočno analizo, sem veliko časa porabil za samo dokončno izdelavo cajona. Vse od barvanja do sistema za premikanje mrežic.

4.5.1 Barvanje in lakiranje

Na spletu sem našel fotografijo cajona, ki je bil zelo zanimivo pobarvan. To idejo sem poskusil uporabiti tudi na svojem. Najprej sem cel cajon prelakiral z brezbarvnim temeljnim lakom in ga pobrusil z brusnim papirjem granulacije 320. Nato sem z pleskarskim trakom oblepil ohišje, vendar ne povsod. Tako so nastali zanimivi liki, ki niso bili polepljeni. Po tem sem celotno ohišje cajona pobarval s črnim sprejem. Ko se je barva posušila, sem odstranil lepilne trakove in nastali so zelo zanimivi črni liki. Pri odstranjevanju trakov sem moral paziti na to, da sem najprej odstranil trak, ki je bil na vrhu, sicer bi se barva ob robovih lahko luščila.

Kasneje sem celotno ohišje še prelakiral z brezbarvnim, sijajnim končnim lakom. Nanesel sem ga v dveh slojih.



Slika 9: Brezbarvni, hitro sušiči končni lak. (Slikovni viri: Slika 8).

Sprednje igralne površine sem samo pobrusil in povoskal. Povoskal sem jih z domačim voskom. Vosek sem izdelal doma iz čebeljega voska in drugih sestavin. Vosek je dal lesu izredno lep izgled strukture, posebno lepo je do izraza prišla ikrasta struktura.



Slika 10: Povoskana *tapa*. (Slikovni viri: Slika 9).

4.5.2 Nogice

Odločil sem se, da si bom sam izdelal nogice. Želel sem nekoliko višje in robustnejše. Izdelal sem jih iz odpadnega masivnega lesa, ki sem ga razžagal, obrusil in tudi pobarval s črno barvo. Nogice sem prevrtal in tudi povrtal, da sem jih lahko privijačil na spodnjo stran cajona. Kasneje sem jih tudi oblepil s klobučevino.



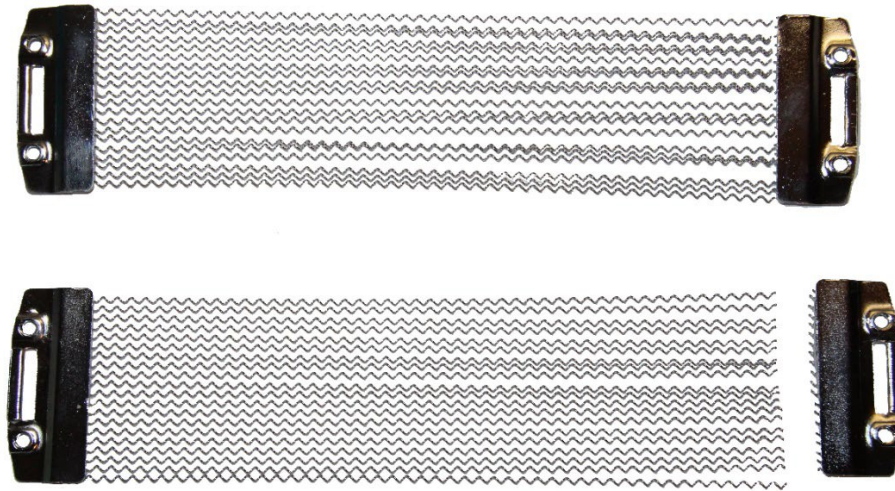
Slika 11: Nameščanje nogic. (Slikovni viri: Slika 10)

4.5.3 Sistem za premikanje snare mrežice

Izdelal sem tudi sistem, ki omogoča premikanje, nastavljanje in izklop mrežice. Navadno se v cajonih uporabljajo mrežice, ki so sicer namenjene malemu bobnu. V tem primeru jih samo prerežemo. Mrežice morajo pritiskati na vrh *tape*. S sistemom za premikanje sem želel doseči, da lahko nastavimo, s kakšno močjo pritiskajo na *tapo* ali jih v celoti umaknemo. Nastavitev mrežice je v domeni igralca. Ta sistem pa nam omogoča, da si jo nastavimo po svoji želji in občutku.

Mrežice sem s pomočjo vijakov pritrdil na plastično cev. Palico sem s pomočjo razih plošč pritrdil v notranjost cajona tako, da se lahko še vedno vrti. Nato sem s pomočjo bakrene palice in lesa izdelal sistem, ki omogoča zatikanje vrtenja palice. Ko premaknemo bakreno palico, se cev zavrti in mrežica pritisne ob *tapo*.

Ko sem mrežico izklopil, jo odmaknil od *tape*, so se žice ob igranju premikale in ustvarjale neželen zvok. To sem rešil tako, da sem v notranjosti cajona napel vrvico, ob katero se sedaj naslonijo (slika 13).



Slika 12: Prerezane mrežice. (Slikovni viri: Slika 11).



Slika 13: Sistem za premikanje mrežic. (Slikovni viri: Slika 12).

4.5.4 Dodatek: osvetlitev

S tem dodatkom sem želel povečati atraktivnost cajona. LED osvetlitve so vse bolj pogoste in zanimive. Ideja osvetlitve je bila, da bi na spodnji stranici namestil barven LED trak. Trak bi tako svetil v tla in dajal zanimivo svetlobo izpod cajona.

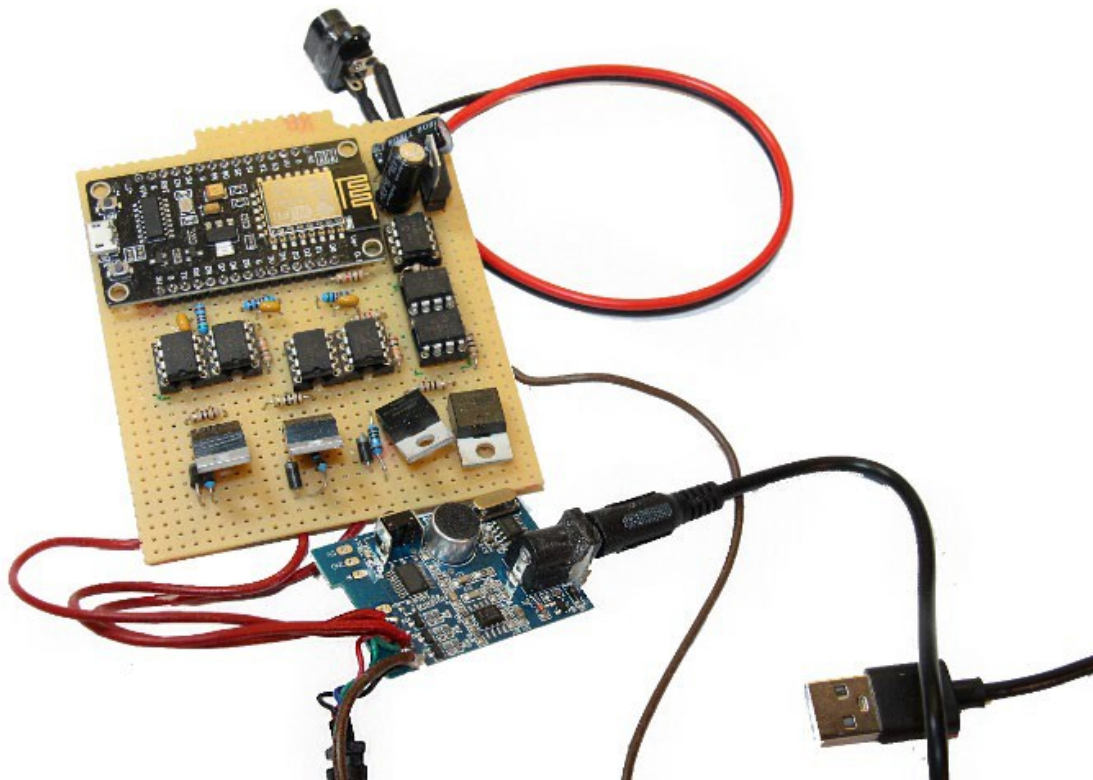
Tudi v praksi se je ideja izkazala za izvedljivo, vendar sem se raje poslužil druge izvedbe. Izbrana izvedba omogoča odstranjevanje in ponovno pritrdjevanje osvetlitve. To sem storil tako, da sem izdelal ploščo, ki jo je mogoče pritrditi na spodnjo stranico.

Na tej 4 mm debeli plošči je nameščen LED trak. Le-ta je prilepljen zgolj na zunanji robovi plošče, saj drugje ne bi prišlo do spremembe. Ploščo je mogoče odstraniti s pomočjo tekstilnih ježkov.

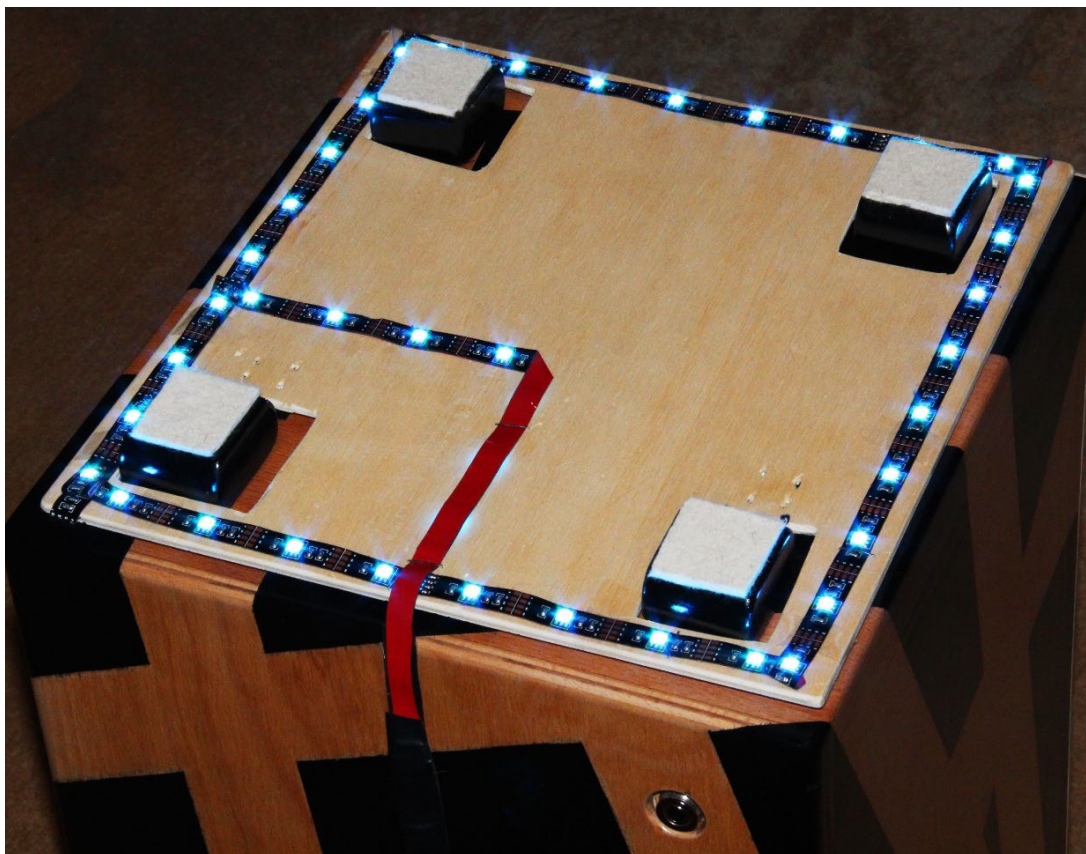
Osvetlitev ima tudi zelo zanimive funkcije. Trak lahko upravljamo na dva načina, preko majhnega daljince ali pa kar preko pametnega telefona. Menjajmo lahko različne odtenke barv, jakosti, programe. Preko telefona pa lahko določimo katerikoli odtenek, vklopimo in izklopimo osvetlitev.

Osvetlitev preko daljince deluje celo na 5 V, kar pomeni, da lahko cajon osvetlimo tudi preko polnilne baterije.

Najpomembnejša in tudi najatraktivnejša funkcija osvetlitve je ta, da lahko svetloba reagira na igranje cajona. To dosežemo z uporabo malega mikrofona. Ko igramo na cajon, sveti, in ko je v prostoru tišina, ugasne.



Slika 14: Vezje za upravljanje osvetlitve. (Slikovni viri: Slika 13).



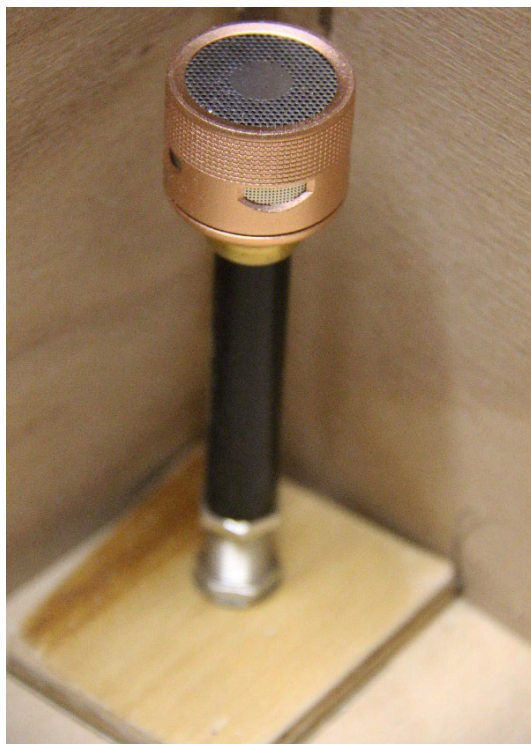
Slika 15: LED trak na plošči. (Slikovni viri: Slika 14).

4.5.5 Uporaba in namestitvev *pick-up-a*

Pri tej izdelavi cajona sem se odločil cajon nadgraditi še s *pick-up*-om. To bo v prihodnost koristilo, ko bom želel cajon ozvočiti ali posneti. Če ima cajon *pick-up*, ga lahko zelo hitro in enostavno priključimo brez posebnih mikrofonov. Pri izdelavi svojega cajona sem se odločil za *pick-up* srednjega cenovnega razreda. Preizkusil sem ga – z njegovo kakovostjo sem presenečen in zelo zadovoljen.

Pred namestitvijo sem poskusil veliko pozicij, kamor bi ga lahko namestil. Ugotovil sem, da pozicija ne vpliva močno na zvok, ki ga zajame. Tako da sem se odločil za spodnji levi kot, kjer ne bo v napoto.

Sam *pick-up* je narejen tako, da ga brez težav pritrdimo na cajon. Vendar je mišljeno, da zadnji del gleda ven. Jaz tega nisem želel, zato sem se znašel drugače in eksperimentalno. Končna namestitvev je vidna na slikah.



Slika 16: *Pick-up*. (Slikovni viri: Slika 15).



Slika 17: *Pick-up* od zunaj. (Slikovni viri: Slika 16)

5 REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ

Osnovno vprašanje in namen raziskovalne naloge je bil ugotoviti, kako se igralne plošče za cajon med seboj razlikujejo. Zanimalo me je, kako se bo spreminjal zvok in kako na to vplivata upogljivost in število slojev posamezne plošče.

V zvočni analizi sem primerjal plošče glede na jakost in osnovno frekvenco, ki jo oddajo plošče.

1. Ali se bo zvok glede na izbrano drevesno vrsto spremenil?

Pri prvem vprašanju sem potrdil, da se zvok glede na ploščo kar precej spremeni. S pomočjo opravljene zvočne analize in lastnega poslušanja lahko to potrdim. Tudi z računalniškim programom sem brez težav našel velike razlike pri frekvencah plošč. Pri jakosti sicer ni bilo tako velikih sprememb, saj je največje odstopanje le 28 %. Pred raziskavo sem pričakoval veliko večje razlike.

2. Katera plošča bo imela najnižjo frekvenco?

Zagotovo lahko potrdim, da ima najnižjo frekvenco breza (2,4). Ta plošča je bila tudi edina, ki je s frekvenco prišla pod 100 Hz. Slednje sem tudi pričakoval, saj je bila plošča zelo upogljiva in najtanjša. Vendar sem že samo s poslušanjem ugotovil, da je plošča skoraj neuporabna kljub nizkim tonom, ki jih proizvede. Plošča je tako tanka in prožna, da po udarcu zavibrira celo dvakrat. Tega pri nizkem tonu ne želimo, saj se sliši kot odmev. Mogoče bi to lahko rešili z vstavljanjem pen oz. dušilcev.

3. Kako število slojev vpliva na zvok in upogljivost?

To vprašanje se mi zdi eno najzanimivejših. Že od nekdanj me je zelo zanimalo. Ugotovil sem, da število slojev vpliva na zvok tako, da zven cajona postane višji, jakost se ne spremeni oz. je razlika zanemarljiva. Glede na to, da se večplastne plošče v proizvodnji cajonov uporabljajo pogosto, sem pričakoval, da bo zven nižji in ne višji.

Kako pa večplastnost vpliva na upogljivost ne morem reči. Primerjam lahko le malo število plošč in glede na dobljene rezultate potrdim, da so se nekatere zvile bolj, nekatere manj. Vsekakor pa lahko po opazovanju plošč ocenim, da so plošče z večjim številom slojev bolj kvalitetne. To je dokaj logično, saj morajo biti takšne plošče narejene iz tanjšega in posledično bolj kakovostnega furnirja.

4. Katera plošča bo najglasnejša?

Pri tem vprašanju je odgovor malenkost bolj zapleten. Glede na opravljene meritve je razvidno, da ni velikih razlik v jakosti med ploščami. Glede na teorijo sem pričakoval kar nekaj sprememb. V praksi pa se je izkazalo, da so razlike zelo majhne. Največje odstopanje je le 28 %. Najglasnejša plošča je breza (2,4). To je glede na prebrano teorijo prav nasprotno, saj v teoriji piše, da je najglasnejša plošča najdebelejša. Možno je, da je pri meritvah prišlo do večjih absolutnih napak. Udarno moč bi bilo mogoče tudi optimizirati za doseg večjih razlik, kar pa je presegalo obseg dela pri raziskovalni nalogi.

5. Kakšne bodo frekvence plošč?

Pri tem raziskovalnem vprašanju me je zanimalo predvsem to, kakšne bodo dejanske frekvence plošč. Z pomočjo zvočne analize sem dobil podatke, ki se ne razlikujejo veliko od mojih pričakovanj. Frekvence izbranih plošč se gibljejo med 90 in 130 Hz. Ugotovil sem tudi, da je imela plošča iz topola dokaj nizko frekvenco, kar je bilo možno sklepati tudi iz testa upogljivosti in teorije. Bukovina in brezovina se med seboj nista posebej očitno razlikovali, čeprav je bukovina gostejša. Moram priznati, da nisem pričakoval tako visoke frekvence za ploščo breza (4,8), saj prav to ploščo proizvajalci zelo radi uporabljajo.

5.1 Družbena odgovornost

V raziskovalni nalogi sem pomislil tudi na družbeno odgovornost. Najbolj se kaže v tem, da med izbrane *tape* nisem vključil niti ene iz umetnih snovi, kar sem imel najprej načrtovano. Glede na vse predznanje, ki ga imam, popolnoma podpiram naravni material, v tem primeru les, ki je v glasbi skoraj nenadomestljiv.

Tudi pri izdelavi glasbila sem poskusil napraviti čim manj odpada. To sem naredil z nabavo lesa zgolj v količinah, ki sem jih potreboval. Sicer pa je družbeno odgovorno tudi to, da je glasbilo izdelano iz lesa, v katerem je shranjenega veliko škodljivega CO₂.

Za osvetlitev sem uporabil osvetljavo LED, ki porabi zelo malo energije in ima zelo velik izkoristek. Na priloženem daljincu lahko tudi zmanjšamo jakost svetlobe, ko je ne potrebujemo.

Z raziskovalno nalogo podpiram tudi domačo izdelavo, predvsem glasbil. V vsakem pogledu zagovarjam domačo izdelavo cajona, predvsem zato, ker je izdelava dokaj preprosta in enostavna. Naj dodam, da sam nisem kupil še nobenega cajona, vse sem izdelal sam.

6 ZAKLJUČEK

Z raziskovalno nalogo sem zelo zadovoljen. Zdi sem mi, da je tudi zelo uporabna. Ta raziskovalna naloga in njene ugotovitve so lahko, in tudi upam, da bodo, v pomoč mnogim pri izbiri *tape* za cajon.

Za izvedbo naloge in izdelavo cajona sem porabil zelo veliko časa. Na primer za samo zvočno analizo sem porabil okoli 15 ur. Vendar se mi zdi, da ves porabljen čas ni šel v nič, saj je nastala zelo uporabna naloga.

Zelo sem zadovoljen s končnim izdelkom, ki je tudi estetsko zelo lep in zanimiv. Posebno atraktivnost pa izdelku doda zvočno odzivna osvetlitev.

Potrebno je omeniti, da je ohišje cajona iz 20 mm debele furnirne plošče pretežno. Brez težave bi uporabil na primer 12 mm debelo ploščo, ki bi se prav tako odlično obnesla. To predlagam tudi tistemu, ki se bo odločil sam izdelati cajon. Razmišljal sem tudi o nekakšnem ročaju, ki bi ga vključil na cajon, vendar je resonančna luknja popolnoma dovolj za prenašanje. Smiselno bi bilo izdelati tudi sedež, ki bi bil iz pene, oblečen v tkanino ali usnje.

Seveda je možno raziskovalno nalogo še zelo razširiti. Najenostavnejše bi to naredili s še večjim številom testiranih plošč, vključil bi lahko več drevesnih vrst. V raziskavo bi lahko vključili tudi raziskovanje o tem, kako resonančno telo (velikost, drevesna vrsta, debelina) vpliva na vse določene parametre (jakost, frekvenca ...). Izpopolniti je mogoče tudi test jakosti plošč in ga optimizirati za večje razlike.



Slika 18: Končan cajon. (Slikovni viri: Slika 17)

7 VIRI IN LITERATURA

7.1 Literatura

Adobe Audition CC, [računalniški program, verzija 13.0]. Pridobljeno 18. 2. 2020 s <https://helpx.adobe.com/si/support/audition.html>.

AutoCAD, [računalniški program, verzija 2020; student version]. Pridobljeno 18. 2. 2020 s <https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>.

Cajon - What thickness Plywood should I use for the playing surface? (2019). [forum]. Pridobljeno 12. 2. 2020 s <https://music.stackexchange.com/questions/39096/cajon-what-thickness-plywood-should-i-use-for-the-playing-surface>.

Cajon Drums of the World. (2019). *The Best Wood for a Cajon Drum*. Pridobljeno 10. 2. 2020 s <https://www.cajonsmadein.com/the-best-wood-for-cajon.html>.

Čermak, M. (2001). *Furnirji in plošče*. Učbenik. Ljubljana: Lesarska založba.

Kidd, G. (b. d.) *Best Wood For Cajon*. Pridobljeno 10. 2. 2020 s <https://www.drummingbasics.com/best-wood-for-cajon/>.

Mizarstvo Hrovat. (b. d.). *Gostota lesa*. Pridobljeno 10. 2. 2020 s <https://hrovat.net/izdelki-storitve/gostota-lesa>.

Polanc J. in Leban I. (2010). *Les - zgradba in lastnosti*. Učbenik. Ljubljana: Lesarska založba.

Wood, S. (2016). Cajon Expert. *5 Key Features Of A Great Cajon: Learn The Secrets (Part 2)*. Pridobljeno 11. 2. 2020 s <https://cajonexpert.wordpress.com/2016/06/08/5-key-features-of-a-great-cajon-learn-the-secrets-part-2/>.

7.2 Slikovni viri

Slika 1: Razslojenost furnirne plošče. Dostop:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/73/Birch_plywood.jpg/800px-Birch_plywood.jpg. (27. 01. 2020).

Slika 2: Logotip – Adobe Audition CC. Dostop:

<https://www.adobe.com/content/dam/cc/icons/audition.svg>. (27. 01. 2020).

Slika 3: Test upogljivosti plošč. (avtor naloge), 1. 1. 2020.

Slika 4: Graf upognjenosti vzorčnih plošč ob enaki obtežitvi. (avtor naloge), 15. 1. 2020.

Slika 5: Enostavni načrt cajona. (avtor naloge), 1. 1. 2020.

Slika 6: Lepljenje ohišja. (avtor naloge), 11. 12. 2019.

Slika 7: Udarjanje na cajon z pomočjo pedala in ureži. (avtor naloge), 1. 1. 2020.

Slika 8: Snemanje cajona. (avtor naloge), 1. 1. 2020.

Slika 9: Brezbarvni, hitro sušeci končni lak. Dostop: https://www.hobyles.si/wp-content/uploads/2018/09/color_hs_lak.png. (27. 1. 2020).

Slika 10: Povoskana tapa. (avtor naloge), 9. 1. 2020.

Slika 11: Nameščanje nogic. (avtor naloge), 10. 1. 2020.

Slika 12: Prerezane mrežice. (avtor naloge), 10. 1. 2020.

Slika 13: Sistem za premikanje mrežic. (avtor naloge), 10. 1. 2020.

Slika 14: Vezje za upravljanje osvetlitve. (avtor naloge), 12. 1. 2020.

Slika 15: LED trak na plošči. (avtor naloge), 12. 1. 2020.

Slika 16: Pick-up. (avtor naloge), 12. 1. 2020.

Slika 17: Pick-up od zunaj. (avtor naloge), 12. 1. 2020.

Slika 18: Končan cajon. (avtor naloge), 26. 2. 2020.