

Mladi za napredek Maribora 2018

35. srečanje

UKLONSKA TRDNOST PODVOZJA ELASTOMOBILA

PROIZVODNO-TEHNIČNO PODROČJE

Raziskovalna naloga

Avtor: EMA HAJDENKUMER, AJDA MACUH, METKA SUPEJ

Mentor: MARTIN KNUPLEŽ

Šola: OŠ BOJANA ILICHA MARIBOR

Maribor, februar, 2018

KAZALO

POVZETEK	4
ZAHVALA	5
1 UVOD.....	6
2 METODOLOGIJA DELA	7
2.1 Preučevanje pisnih virov in dopolnitev znanja	8
2.1.1 Trdnost	8
2.1.2 Uklonska trdnost	9
2.2 Eksperimentalni del.....	11
2.2.1 Priprava nosilcev	11
2.2.2 Merjenje uklonske sile	14
2.2.3 Preizkus nosilcev v pogojih razmer pri elastomobilu	16
3 REZULTATI	19
4 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV	21
5 ZAKLJUČEK/SKLEP(I)	22
6 DRUŽBENA ODGOVORNOST	22
Priloge	24

Kazalo slik

Slika 1 Nosilec podvozja iz stirodura ni imel dovolj velike trdnosti	7
Slika 2 Primeri napetosti lesa	8
Slika 3 Uklonska dolžina.....	10
Slika 4 Vitkost palic in kritične napetosti	10
Slika 5 Rezanje trakov vezane plošče za izdelavo profilov	11
Slika 6 U profil – polne vezane plošče	12
Slika 7 U profil s stranicama iz vezane plošče z izvrtinami s premerom 12 mm.....	12
Slika 8 U profil s stranicama iz vezane plošče s podolgovatimi luknjami 12 mm x 28 mm.....	13
Slika 9 U profil s stranicama iz vezane plošče s podolgovatimi luknjami 12 mm x 48 mm.....	13
Slika 10 L – profil	14
Slika 11 Spreminjanje tlačne sile z vijakom mizarske sfore	14

Slika 12 Merjenje kritične uklonske sile s pomočjo osebne digitalne tehcnice	15
Slika 13 Postopek preizkušanja uklonske trdnosti podvozja elastomobila	16
Slika 14 Maksimalna obremenitev podvozja elastomobila	17
Slika 15 Merjenje uklona med obremenjevanjem nosilca	17

Kazalo preglednic

Tabela 1 Prikaz izmerjenih podatkov za različne oblike profilov podvozja	15
Tabela 2 Uklon posameznega profila podvozja elastomobila	18
Tabela 3 Primerjava med masami nosilcev in kritično uklonsko silo	19
Tabela 4 Primerjava mase nosilcev in njihovih kritičnih uklonskih sil.....	20

Kazalo grafikonov

Grafikon 1 Primerjava med koeficienti mase in kritične uklonske sile	19
--	----

POVZETEK

Vsako leto poteka v Ljubljani tekmovanje elastomobilov. To so vozila, ki jih poganja energija prožne vzmeti. Ker je potrebno vzmet raztegniti z dokaj veliko silo, mora biti podvozje dovolj trdno. Tekmovanje poteka tako, da mora vozilo prevoziti čim večjo razdaljo v rahel klanec. Zato mora biti elastomobil čim lažji, saj se del prožnostne energije spreminja v potencialno. V nalogi smo preučevale in dopolnjevale svoje znanje o osnovah trdnosti, izdelale več oblik nosilcev za podvozje elastomobila, merile kritične uklonske sile pri posameznih profilih ter preizkusile uporabnost nosilcev za podvozja v realnih razmerah. Iz pridobljenih podatkov z opazovanji in merjenji smo ugotovile, da bi bil najustreznejši nosilec za podvozje našega elastomobila tisti, ki je imel v stranicah podolgovate odprtine 44×12 mm. Imel je najboljše razmerje med maso in kritično uklonsko silo, zadostil pa je tudi osnovnim pogojem za izdelavo podvozja elastomobila.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorju, vsem učiteljem in učiteljicam, našim staršem, ki so nas podpirali, ter spremljali na tej dolgi in naporni poti.

1 UVOD

V Ljubljani že več let poteka tekmovanje elastomobilov. Ta vozila se premikajo s pomočjo elastik in vzmeti. Vsak tekmovalec ga lahko oblikuje na svoj način, vendar moramo upoštevati določene kriterije, kot so dolžina elastomobila, premer koles, raztezek vzmeti... Iz izkušenj vemo, da mora biti elastomobil čim lažji in aerodinamičen, saj se čim dalje premika po rahlem klancu navzgor. Vemo, da je masa elastomobila pomembna, saj je pospešek obratno sorazmeren z maso. Vozila z večjo maso prevozijo krajšo pot. Večino mase elastomobila predstavlja podvozje, ki mora biti dovolj trdno, da prenese obremenitve pri napenjanju vzmeti in elastik. Naš cilj je ugotoviti, od česa je odvisna trdnost in kako zgraditi podvozje elastomobila, da bo imelo čim manjšo maso, toda še vedno dovolj veliko trdnost.

Hipoteze:

- s pomočjo podatkov iz literature bomo lahko dimenzionirale optimalno obliko podvozja elastomobila,
- z večanjem praznih prostorov v profilih, iz katerih bo podvozje, se bo trdnost podvozja linearno zmanjševala,
- koeficient med tlačno in uklonsko silo ter maso podvozja, bo za vse oblike iz enakega gradiva, enak.

2 METODOLOGIJA DELA

Podvozje elastomobila mora biti dovolj trdno, da prenese obremenitve pri napenjanju vijačne vzmeti, ki služi za pogon vozila. To se je lepo pokazalo lansko leto, ko so fantje v želji po čim lažjem podvozju, le to izdelali iz stirodura. Stirodur so oblikovali v U profil, na mestih vpetja vzmeti pa ga ojačili s koščki vezane plošče. Pri napenjanju vzmeti se je nosilec upognil, zato so ga morali na obeh straneh vzdolžno oblepiti s trakovima iz 4 mm vezane plošče (slika 1). Le tako je bilo podvozje dovolj trdno.



Slika 1 Nosilec podvozja iz stirodura ni imel dovolj velike trdnosti (vir: avtorice)

Da bi pridobile več podatkov o trdnosti, smo začele s preučevanjem literature. Podatke smo iskale na spletu. Hitro smo ugotovile, da je tema zelo zahtevna in da zajema enačbe, ki so za nas prezapletene. Postalo nam je jasno, da dimenzij nosilcev za podvozje elastomobila ne bomo mogle določiti s pomočjo enačb, ampak s praktičnim preizkušanjem in merjenji.

V nadaljevanju smo v praktičnem delu naloge izdelale več različnih sestavnih delov za podvozja elastomobilov. Dele smo zlepile v U profile in L profil in jih preizkušale ob merjenju velikosti tlačne oz. uklonske sile. S tehtanjem smo izmerile mase posameznih nosilcev. Rezultate smo prikazale v tabeli in z grafikoni. Izračunale smo koeficient med uklonsko silo in maso ter ugotovljale, kateri nosilec bi bil najustreznejši glede na enoto mase. Velikost mase je namreč odločilna za doseganje čim večje dolžine prevožene poti.

Ob koncu smo preizkusile uporabnost posameznih nosilcev podvozij v realnih pogojih – pogojih, kot bodo na elastomobilu.

2.1 Preučevanje pisnih virov in dopolnitev znanja

O trdnosti gradiv oz. nosilcev smo vedele le toliko, kot smo spoznavali pri pouku TIT v 6. razredu. Zato smo želele pridobiti dodatno znanje iz literature. Na žalost so bila vsa gradiva na previsokem nivoju, da bi jih lahko uporabile pri načrtovanju podvozja elastomobila. Vseeno pa smo dobile osnovni vpogled v zahtevno problematiko načrtovanja različnih nosilcev.

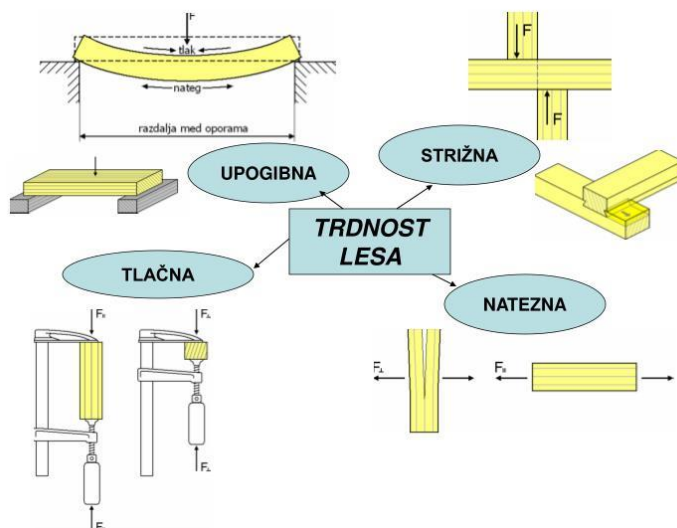
2.1.1 Trdnost ¹

Trdnost je tehnična veda o vrstah in obnašanju materiala pod vplivom zunanjih sil. Te sile v notranjosti telesa povzročajo notranje napetosti. Če so zunanje sile večje od sil med molekulami, se telo lahko poruši, če pa so manjše pa pride do mehanske napetosti in deformacije.

Poznamo tlačno, natezno, upogibno, strižno, uklonsko ter torzijsko ali vzvojno napetost. Ločimo jih glede na smer delovanja sil. Največja napetost je porušna ali zrušilna napetost, ki se lahko pojavi v nekem materialu tik pred porušitvijo. Spoznamo jih po učinkih: sploščitev, razteg in upogib. Skrajna posledica teh učinkov je porušitev ali zdrobitev, pretrg ali zlom.

Strokovnjaki določajo trdnost materialov eksperimentalno na preizkušancih standardnih oblik. Preizkušajo jih glede na vrsto materiala in obremenitev. Osnovni princip dela je enak: obremenitev preizkušanca enakomerno povečujejo vse do porušitve in sproti merijo naraščajočo deformacijo. Trden material nikoli ni ne krhek ne mehak.

Idealni material za rezalna orodja bi moral imeti čim večjo trdnost in hkrati čim večjo trdoto, vendar takšnega materiala ni.



Slika 2 Primeri napetosti lesa (vir: <https://www.slideserve.com/khoi/mehanske-lastnosti-lesa>)

¹ Dr. Boris Jerman, univ.dipl.inž.str. Varnost v strojništvu (prosojnice)

Pri rudarstvu, v ladjedelništvu, pri lesnih mostovih in drugih gradbenih konstrukcijah ima upogibna trdnost velik pomen, ker se uporabljajo masivni in lepljeni nosilci. Ko nastopi porušitev na natezno obremenjeni strani nosilca, dosežemo maksimalno upogibno trdnost.

2.1.2 Uklonska trdnost²

Pri uklonski trdnosti je palica poljubne dolžine obremenjena z aksialno silo F na tlak. V primeru, ko sila F prestopi določeno mejo, palica izgubi stabilnost in se ukloni. V palici nastopi uklonska napetost. Ukloni oziroma povesi se takrat, ko spremeni položaj.

Kritična uklonska sila F je aksialna tlačna sila, pri kateri se pojavi uklon. Za dimenzioniranje nosilcev glede na uklonsko trdnost, uporabljajo Eulerjevo enačbo:

$$F_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{a^2}$$

POMEN OZNAK:

F_k – kritična uklonska sila

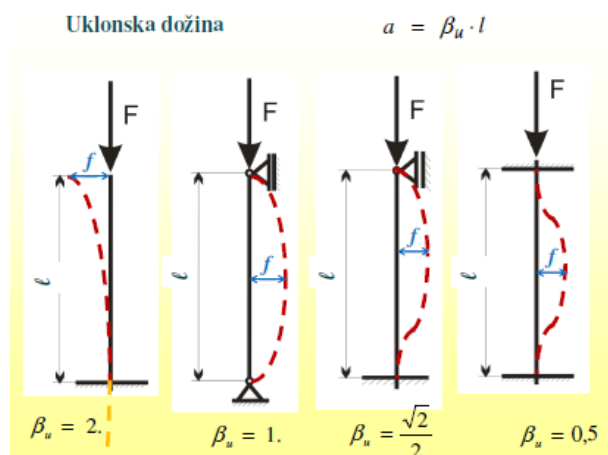
I_{min} – minimalni upogibni vztrajnostni moment

E – modul elastičnosti

a – uklonska dolžina nosilca

Prosta uklonska dolžina (slika 3) je odvisna od načina vpetja palice, ki se vedno ukloni v smeri najmanjšega upora. Palica se lažje ukloni, če je daljša in ožja - bolj vitka in ima kritično napetost. Vitke palice so dolge in ozke. Merilo za „dolžino“ ni dejanska dolžina palice, temveč uklonska dolžina. Merilo za „širino“ oziroma „ozkost“ palice ni njena širina, temveč vztrajnostni radij oziroma vztrajnostni polmer. Palic ne smemo nikoli obremeniti s kritično silo F_k . Dejansko silo F , s katero smemo obremeniti nosilec, določimo z upoštevanjem varnostnega koeficienta. Varnostni koeficient znaša med 4 in 8.

² Dr. Boris Jerman, univ.dipl.inž.str. Varnost v strojništvu (prosojnice)
S. Srpčič, Mehanika trdnih teles. FGG, Ljubjana, 2003.



POMEN OZNAK:

F – uklonska sila

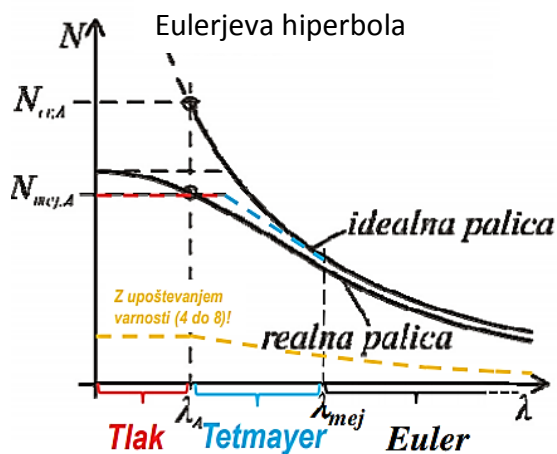
β_u – koeficient dolžine

l – dejanska dolžina

a – uklonska dolžina

Slika 3 Uklonska dolžina (vir: http://lab.fs.uni-lj.si/lasok/index.html/gradivo_jerman_OTV/VvS_13__Trdnost_D__TorzijaUklon.pdf)

Za dimenzioniranje nosilcev, obremenjenih s centrično tlačno silo, v praksi uporabljajo tudi Tetmayerjeve enačbe, ki upoštevajo tudi določene varnostne koeficiente (slika 4).



POMEN OZNAK:

N - centrična osna tlačna sila v palici

$N_{mej,A}$ – sila na meji plastičnosti

λ_{mej} – mejna vitkost – pri manjši vitkosti se odstopanje med Eulerjevo teorijo in realno palico povečuje

λ_A – pri vitkosti, manjši od λ_A ne pride do uklona

Slika 4 Vitkost palic in kritične napetosti (vir: http://lab.fs.uni-lj.si/lasok/index.html/gradivo_jerman_OTV/VvS_13__Trdnost_D__TorzijaUklon.pdf)

Računanje vitkosti:

$$\lambda = \frac{a}{i}$$

POMEN OZNAK:

λ – vitkost nosilca

a – uklonska dolžina

i – vztrajnostni polmer

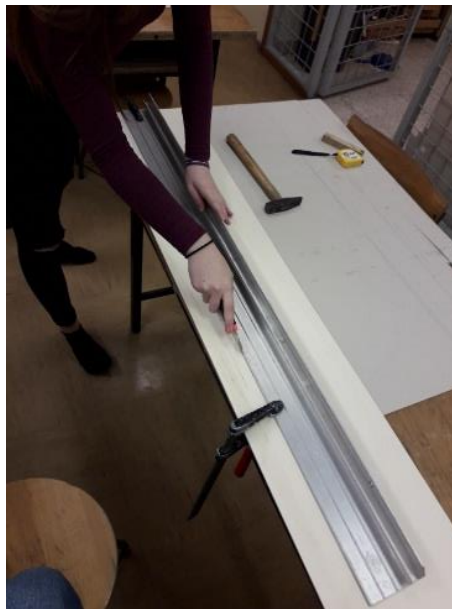
2.2 Eksperimentalni del

V eksperimentalnem delu smo najprej izdelale različne nosilce podvozij z merami, kot smo jih potrebovale za naš elastomobil. V nadaljevanju smo nosilce postavile v navpični položaj in jih obremenjevale s tlačno aksialno silo, v tretjem delu pa smo nosilce postavile v vodoravni položaj in jih obremenjevale z aksialno silo, ki je potrebna za raztezanje pogonske vzmeti elastomobila.

2.2.1 Priprava nosilcev

Ob preučevanju virov smo ugotovile, da je naše znanje preskromno, da bi si pri dimenzioniranju nosilcev podvozja elastomobila, lahko kakor koli pomagale z enačbami. Zato smo se odločile, da delo nadaljujemo po eksperimentalni metodi. Glede na izkušnje in razporeditev sestavnih delov za pogon elastomobila, smo določile optimalno dolžino podvozja 170 cm, nosilec podvozja v obliki U-profila z vmesno razdaljo 20 mm.

Iz 4mm topolove vezane plošče smo izrezale 14 enakih sestavnih delov za podvozje (dolžina: 170 cm, širina: 2 cm) (slika 5). Podvozje bi naj bilo čim lažje in še vedno dovolj trdno. Zato smo stranske dele oblikovale z različnimi luknjami (priloga 1).

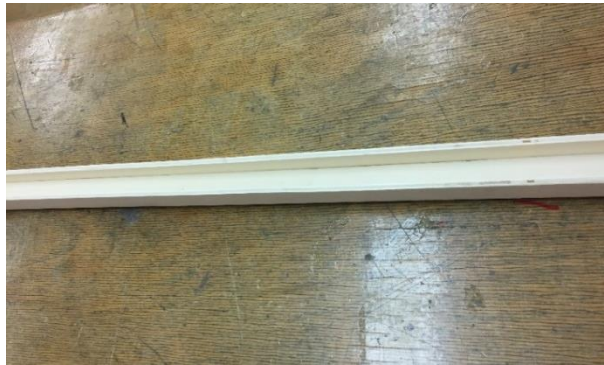


Slika 5 Rezanje trakov vezane plošče za izdelavo profilov (vir: avtorice)

Izdelale smo 5 različnih nosilcev za podvozje elastomobila:

1. Primer:

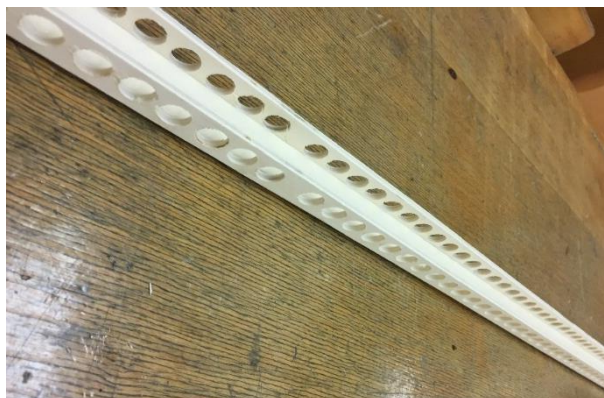
Tri enake stranice iz vezane plošče smo z lepilom za les zalepile v U profil (slika 6). Na zunanja robova traku, ki je predstavljal osnovno ploščo, smo nanese lepilo za les in pod pravim kotom ob dno namestile stranska dela U profila. Paziti smo morale, da se je vzorec sušil na ravni podlagi in da se med sušenjem ni ukrivil.



Slika 6 U profil – polne vezane plošče (vir: avtor)

2. Primer:

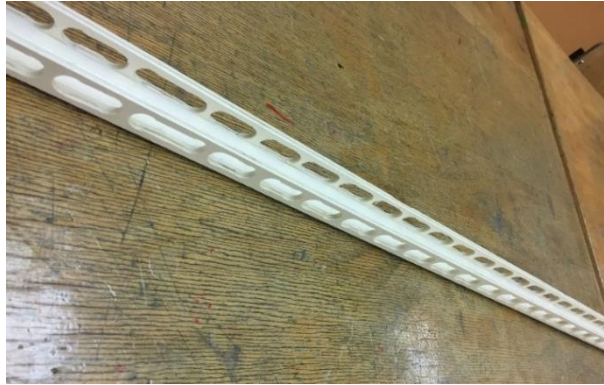
Na trakovih za stranske stranice smo označili središča izvrtin v medsebojnem razmiku 16 mm. Z vrtalnim strojem smo zvrtale 12 mm luknje. Stranici smo prilepile ob osnovni trak iz vezane plošče po enakem postopku, kot v 1. primeru (slika 7).



Slika 7 U profil s stranicama iz vezane plošče z izvrtinami s premerom 12 mm (vir: avtorice)

3. Primer:

V stranski stranici nosilca smo napravile podolgovate, 28 mm dolge in 12 mm široke luknje. Najprej smo na označenih mestih z vrtnim strojem zvirtale s svedrom \varnothing 12 mm, nato pa s prirejenim dletom izsekale vmesno gradivo med dvema sosednjima izvrtinama. Stranici smo po že opisanem postopku prilepile ob dno nosilca (slika 8).



Slika 8 U profil s stranicama iz vezane plošče s podolgovatimi luknjami 12 mm x 28 mm (vir: avtorice)

4. Primer:

V tem primeru smo na stranicah nosilca podaljšale podolgovate odprtine z združitvijo 3 izvrtin \varnothing 12 mm, z medsebojnim razmikom 16 mm. Gradivo med luknjami smo izsekale s prirejenim dletom. Tako smo dobile na stranicah podolgovate luknje, dolge 48 mm in široke 12 mm. Med sosednjimi luknjami je ostajala 4 milimetrska stena (slika 9).



Slika 9 U profil s stranicama iz vezane plošče s podolgovatimi luknjami 12 mm x 48 mm (vir: avtorice)

5. primer

L oz. V profil smo izdelale iz dveh polnih trakov iz vezane plošče, ki smo ju po vzdolžnem robu zalepile z lepilom za les pod pravim kotom. Če bi profil zadovoljivo prenesel obremenitve, bi ga v podvozju postavile v obliko črke V, da bi bila v njem vzmet stabilno nameščena.



Slika 10 L – profil (vir: avtorice)

2.2.2 Merjenje uklonske sile

Postopek: nosilce obremenjujemo z aksialno silo F , ki povzroča tlak. V primeru, ko sila F prestopi določeno mejo, palica izgubi stabilnost in se ukloni (ukrivi). V palici nastopi uklonska napetost. Palica preide iz stabilnega položaja v nestabilni položaj - se ukloni. Aksialno tlačno silo, pri kateri se pojavi uklon, imenujemo kritična uklonska sila F_k .

Izvedba merjenja: Izdelane nosilce smo morale postaviti v vertikalni položaj in jih postopoma obremenjevati z aksialno tlačno silo. Za to bi potrebovale posebno konstrukcijo. Zadovoljivo rešitev smo našle v kovinski konstrukciji vrat pregrade med učilnico in strojnim delom. Za spreminjanje tlačne sile smo uporabile vijak večje mizarske svore, ki smo ga privile z obratne strani, kot je sicer. Da je vijak nalegal v osi nosilcev, smo omenjeno sforo pritrdile pod ustreznim kotom na jeklen okvir vrat (slika 11).



Slika 11 Spreminjanje tlačne sile z vijakom mizarske svore (vir: avtorice)

Za merjenje velikosti tlačne sile smo uporabile osebno digitalno tehtnico, ko smo jo namestile pod nosilce na tla (slika 12).



Slika 12 Merjenje kritične uklonske sile s pomočjo osebne digitalne tehtnice (vir: avtorice)

Med obremenjevanjem z aksialno tlačno silo, smo opazovale nosilce, pri kolikšni obremenitvi se bodo pričeli uklanjati (kriviti). Meritve smo ponovile 3-krat na posameznem nosilcu in izračunale povprečne vrednosti. Rezultate smo strnile v tabeli 1. Za določitev kritične uklonske sile smo morale odšteti od prikazanih vrednosti na tehtnici mase posameznih nosilcev. Sila vijaka na nosilec je bila določena s pomočjo razlike med omenjenima masama.

Tabela 1 Prikaz izmerjenih podatkov za različne oblike profilov podvozja (vir: avtorice)

Profil	Masa nosilca [g]	Povprečna izmerjena vrednost s tehtnico [g]	Razlika [g]	Kritična uklonska sila [N]	Koeficient [N/g]
U - brez lukenj	160	11380	11220	112,2	0,71
U - posamezne luknje	123	7060	6937	69,4	0,57
U - 2 združeni luknji	115	6870	6755	67,6	0,60
U - 3 združene luknje	111	8830	8719	87,2	0,80
L - brez lukenj	107	3730	3623	36,2	0,35

2.2.3 Preizkus nosilcev v pogojih razmer pri elastomobilu

Nosilce smo želele preizkusiti pod enakimi pogoji, kot bodo pri elastomobilu. Ti pogoji so manj ugodni, kot v primeru, ko so nosilci v navpičnem položaju. Na nosilce deluje pravokotno na osno obremenitev še teža samih nosilcev, ki lahko povzroči, da je kritična uklonska sila mnogo manjša, kot pri navpični legi.

Nosilce smo na obeh koncih podložile z lesenima kladama, da je bila sredina v zraku. Za pritrjevanje vzmeti smo izdelale posebno pripravo s kavljem, ki smo jo lahko nameščale na različne vzorce. Na vzmet smo namestile gibljivi škripec, preko katerega smo speljale vrvico. Prvi konec vrvice smo pritrdile na nasprotni konec nosilca, drugega pa na istem delu speljale skozi luknjico v pripravi (slika 13). Tako je potekalo obremenjevanje vzmeti aksialno vzdolž nosilca.



Slika 13 Postopek preizkušanja uklonske trdnosti podvozja elastomobila (vir: avtorice)

Podatki o natezni vijačni vzmeti:

»Koefficient = 0,18 N/mm, zunanji premer vzmeti = 15 mm, debelina žice = 1,5 mm, (približna) dolžina neobremenjene vzmeti = 20 cm, dovoljena dolžina raztezka je 25 cm (najdaljša dolžina vzmeti v raztegnjenem stanju je tako 45 cm - v to razdaljo se šteje celotna vzmet skupaj s pritrditvenima ušesoma). Obe montažni ušesi sta krogca (3/4 kroga) in sta zapognjena na

sredini vzmeti. Dimenzije in koeficient vzmeti lahko rahlo odstopajo od navedenih podatkov. Vzmet je lahko raztegnjena le linearno. Torzijsko ali kakršnokoli navijanje vzmeti ni dovoljeno.« (Hiša eksperimentov, 2017, str. 3).

Največja natezna sila vzmeti:

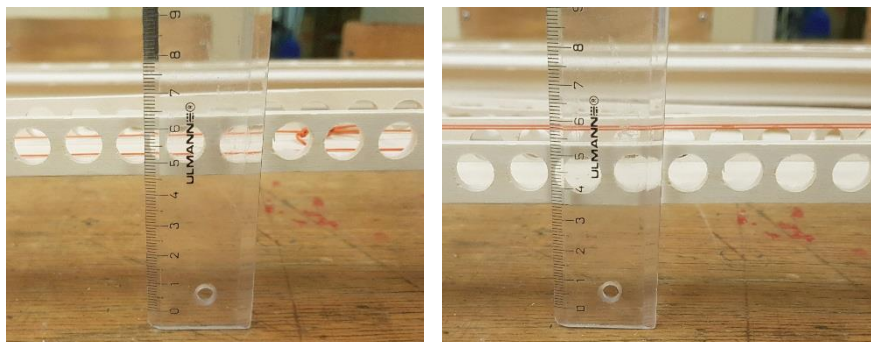
$$F = k \cdot \Delta l = 0,18 \frac{N}{mm} \cdot 250 \text{ mm} = 45 \text{ N}$$

Na nosilcih smo označile največji dovoljeni raztezek 25 cm. Z vlečenjem drugega konca vrvice smo vzmet postopoma raztegovale do oznake (slika 14).



Slika 14 Maksimalna obremenitev podvozja elastomobila (vir: avtorice)

Med obremenjevanjem smo merile za koliko se je nosilec uklonil (slika 15).



Slika 15 Merjenje uklona med obremenjevanjem nosilca (vir: avtorice)

Podatke smo prikazale v tabeli 2.

Tabela 2 Uklon posameznega profila podvozja elastomobila (vir: avtorice)

Profil	Obremenitev [N]	Začetna razdalja do mize [mm]	Končna razdalja do mize [mm]	uklon [mm]
U - brez lukenj	45	50	49	1
U - posamezne luknje	45	51	40	11
U - 2 združeni luknji	45	48	38	10
U - 3 združene luknje	45	50	44	6
L - brez lukenj	45	46	6	40

3 REZULTATI

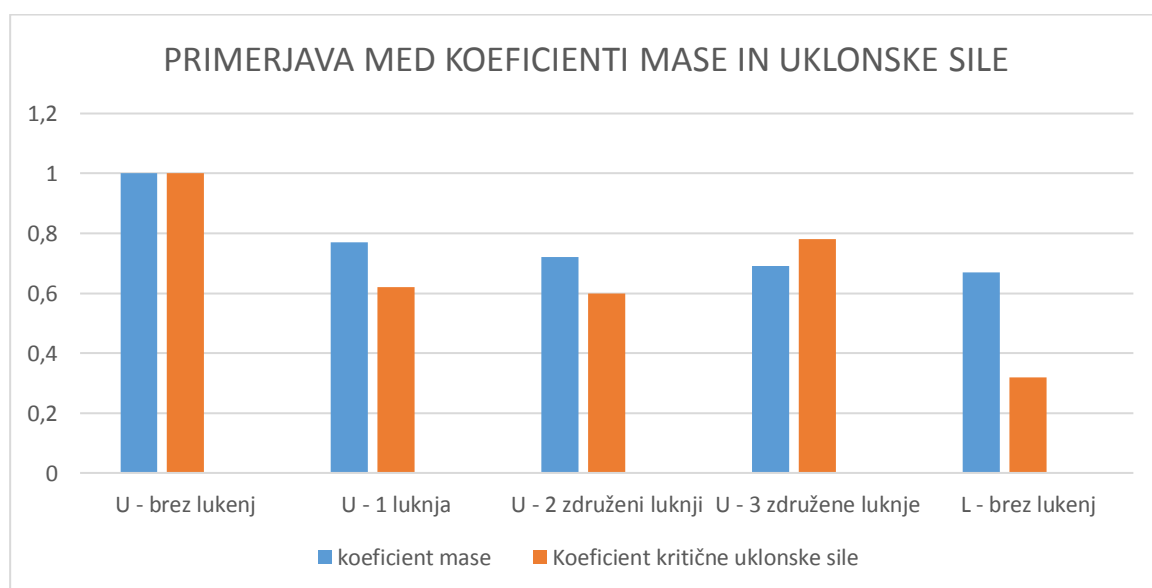
Ugotovile smo, da se uklonska sila spreminja glede na obliko nosilcev. S povečevanje praznih prostorov v stranicah nosilcev, se je manjšala njihova masa, ob tem pa nesorazmerno kritična uklonska sila. Za lažjo primerjavo, smo izračunale kvociente med masami ostalih profilov in U profilom brez lukenj. U profil brez lukenj je imel vrednost 1. Prav tako smo izračunale kvociente med kritičnimi uklonskimi silami (tabela 3).

Presenetili so nas rezultati pri nosilcu z velikimi ovalnimi luknjami 12 mm x 48 mm, saj je imel le 69 % mase nosilca brez lukenj, prenesel pa je 78 % njegove uklonske sile. To je dobro razvidno iz grafikona 1.

Tabela 3 Primerjava med masami nosilcev in kritično uklonsko silo (vir: avtorice)

Profil	Masa nosilca [g]	koeficient	Kritična uklonska sila [N]	Koeficient
U - brez lukenj	160	1,00	112,2	1,00
U – posamezne luknje	123	0,77	69,4	0,62
U - 2 združeni luknji	115	0,72	67,6	0,60
U - 3 združene luknje	111	0,69	87,2	0,78
L - brez lukenj	107	0,67	36,2	0,32

Grafikon 1 Primerjava med koeficienti mase in kritične uklonske sile (vir: avtorice)



Zanimiva je tudi primerjava kvocientov med kritičnimi uklonskimi silami in masami posameznih nosilcev. Tudi v tej primerjavi se je najbolje odrezal U-profil z velikimi podolgovatimi luknjami v stranicah (tabela 4). Na gram svoje mase je dosegel največjo uklonsko silo, celo večjo kot profil brez lukenj.

Tabela 4 Primerjava mase nosilcev in njihovih kritičnih uklonskih sil (vir: avtorice)

Profil	Masa nosilca [g]	Kritična uklonska sila [N]	Kvocient [N/g]
U - brez lukenj	160	112,2	0,70
U - posamezne luknje	123	69,4	0,56
U - 2 združeni luknji	115	67,6	0,59
U - 3 združene luknje	111	87,2	0,79
L - brez lukenj	107	36,2	0,34

4 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV

V nalogi smo se v glavnem ukvarjale z uklonsko trdnostjo nosilcev, ki bi lahko služili za podvozje elastomobila. Nismo si predstavljale, da je to področje teoretično tako zahtevno. V praktičnem delu nas je presenetil profil z velikimi ovalnimi luknjami, saj je prenesel največjo obremenitev glede na svojo maso (tabela 4). Predvidevamo, da sta bila ostala dva U-profila z luknjami pomanjkljivo izdelana, ali pa so bile kakšne napake v materialu, vendar nismo imele dovolj časa, da bi izdelale nove. K napakam pri izdelavi nosilcev so nas usmerile tudi meritve pri preizkušanju uklonske trdnosti nosilcev v vodoravnem položaju. Nosilci so bili na vsaki strani podloženi s 50 mm visokima kladama. Pri merjenju oddaljenosti sredine nosilca od mize pa smo pri nekaterih izmerile vrednosti, ki očitno odstopajo (str. 17, tabela 2). Nekateri nosilci so se med sušenjem nekoliko ukrivili, česar pa nismo opazile. Tako rezultati meritev za nosilca s posameznimi luknjami in s kratkimi ovalnimi luknjami po vsej verjetnosti niso realni.

Potrditev hipotez:

S pomočjo znanja, ki smo ga pridobile s preučevanjem virov in literature nismo mogle dimenzionirati podvozij. Torej je s tem prva hipoteza ovržena.

Z merjenjem uklonske sile smo delno potrdile drugo hipotezo, saj je trdnost pri profilih z luknjami manjša. Vsi ti profili imajo manjšo uklonsko trdnost, kot profil brez lukenj, vendar ima profil s tremi luknjami najboljše razmerje med maso in kritično uklonsko silo.

S primerjavo kvocientov med masami profilov in njihovih uklonskih sil smo ugotovile, da koeficienti niso enaki. Tako je tretja hipoteza prav tako ovržena.

5 ZAKLJUČEK/SKLEP(I)

Po našem mnenju smo nalogo uspešno opravile in prišle do uporabnih rezultatov za izgradno podvozja elastomobila. Iz meritev je razvidno, da bi z nekoliko tveganja lahko bil najustreznejši U-profil s stranicama z velikimi ovalnimi luknjami 12 mm x 48 mm, saj je zadostil minimalnim kriterijem.

Ob merjenjih smo spoznale, kako pomembna je natančnost pri delu, saj lahko že majhna sprememba močno vpliva na končni rezultat raziskave.

6 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Pri izvedbi raziskovalne naloge smo racionalno ravnale z gradivi in opremo, ki je bila potrebna za opravljanje meritev. Kljub težavam, ki so se občasno pojavljale, smo vztrajale pri delu in nalogo uspešno zaključile. Rezultatov meritev in izračunov nismo prilagajale glede na pričakovane, ampak smo jih predstavile takšne, kot so bili izmerjeni ter iskale odgovore, zakaj so odstopanja.

VIRI

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Trdnost>, (pridobljeno 17. 10. 2017)

http://egradivo.ecnm.si/ODR/trdnost_in_trdota_rezalnega_materiala.html, (pridobljeno 17. 10. 2017)

<https://www.slideserve.com/khoi/mehanske-lastnosti-lesa>, (pridobljeno 17. 10. 2017)

http://jjamsek.eu/STG/1SN/2008_2009/RozmanT_Les_Upogibna%20trdnost_2009.pdf, (pridobljeno 17. 10. 2017)

http://www.sfsb.unios.hr/ksk/statika/cvrstoca/M_izvijanje/b_euler/M_s_221.htm, (pridobljeno 24. 10. 2017)

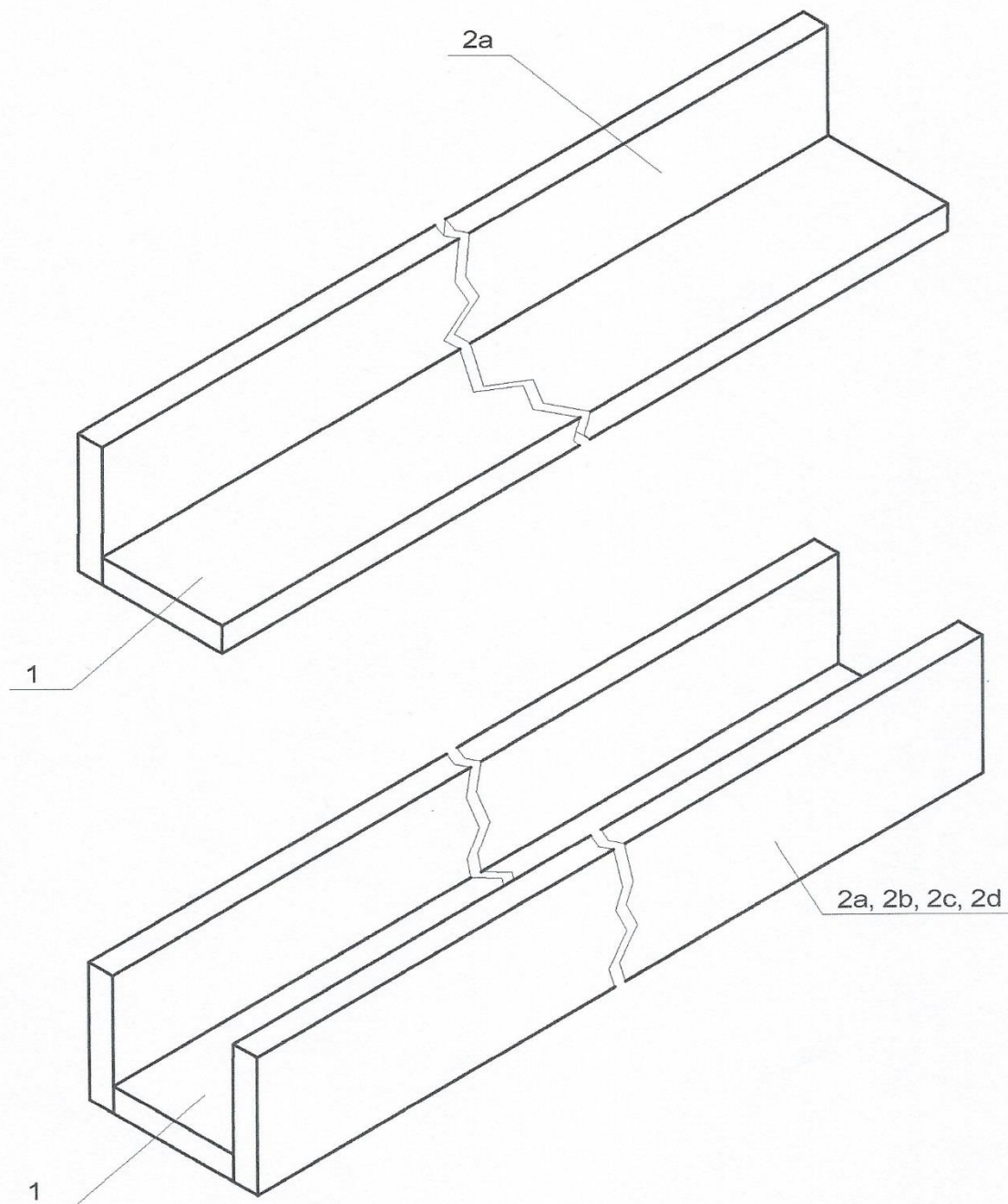
http://lab.fs.uni-lj.si/lasok/index.html/gradivo_jerman_OTV/VvS_13__Trdnost_D__TorzijaUklon.pdf, (pridobljeno 24. 10. 2017)

<http://www.km.fgg.uni-lj.si/PREDMETI/Trdnost-UNI-B/Literatura/UKLON.pdf>, (pridobljeno 14. 11. 2017)

<http://www.km.fgg.uni-lj.si/PREDMETI/Trdnost-UNI-B/Trdnost.html>, (pridobljeno 14. 11. 2017)

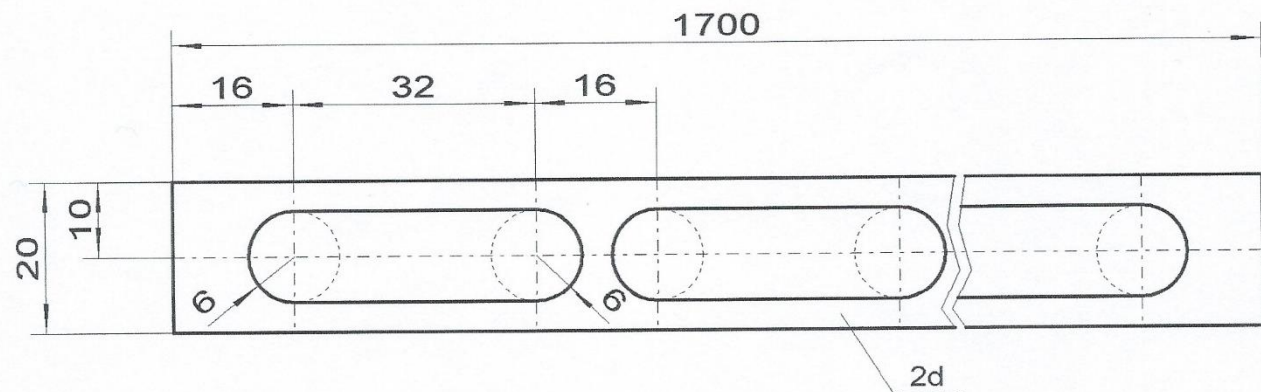
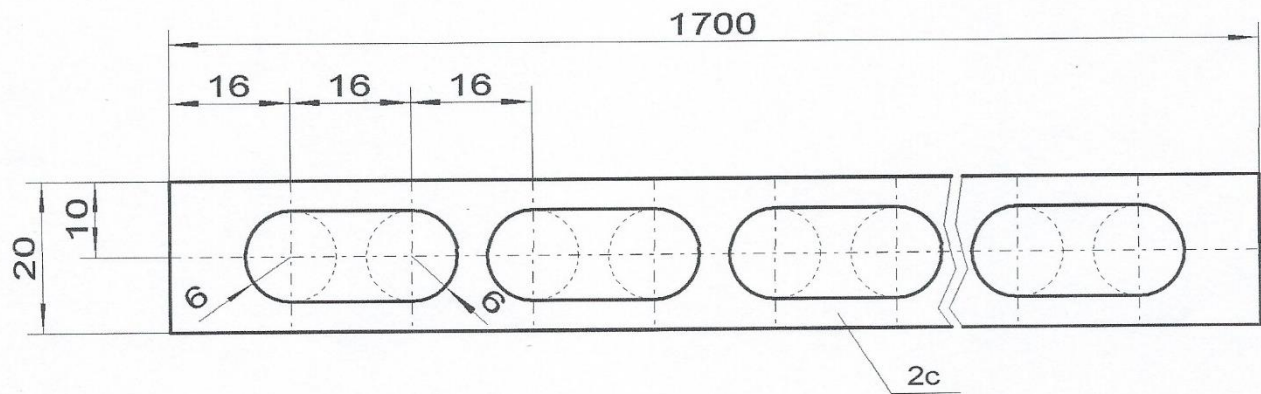
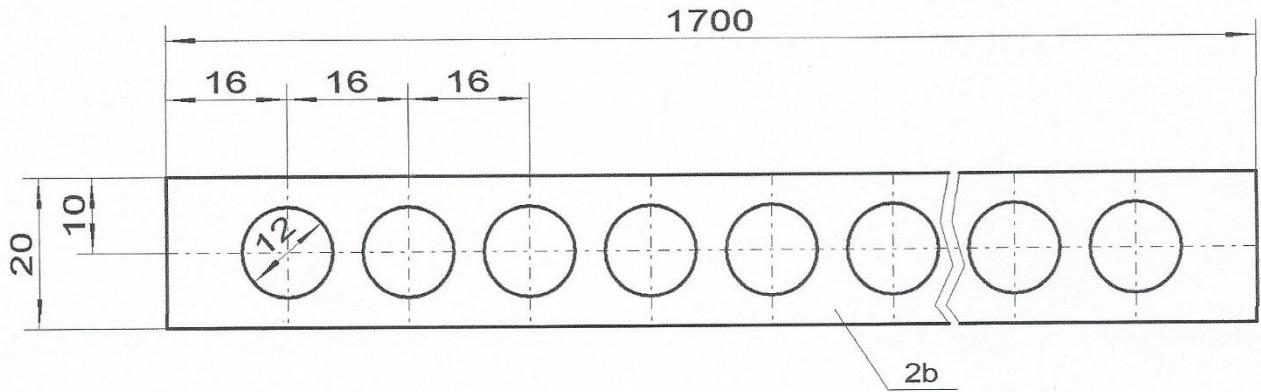
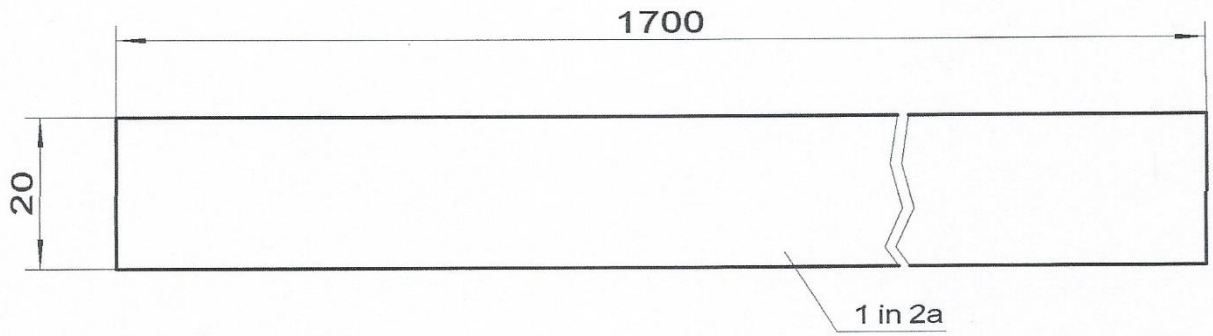
PRILOGE

- Priloga 1: Sestavni deli nosilca podvozja elastomobila



2	stranska stranica nosilca z ovalnimi luknjami 12 x 44 mm	2d	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
2	stranska stranica nosilca z ovalnimi luknjami 12 x 28 mm	2c	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
2	stranska stranica nosilca z luknjami $\varnothing 12$	2b	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
3	stranska stranica nosilca - polna plošča	2a	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
6	dno nosilca	1	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
Kos	Predmet	Poz	Gradivo	Mere

	Datum	Priimek	Podpis	Šola:
Risal:				
Pregledal:				
Merilo:	1:1 NOSILEC PODVOZJA			Št. risbe: 01



2	stranska stranica nosilca z ovalnimi luknjami 12 x 44 mm	2d	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
2	stranska stranica nosilca z ovalnimi luknjami 12 x 28 mm	2c	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
2	stranska stranica nosilca z luknjami $\varnothing 12$	2b	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
3	stranska stranica nosilca - polna plošča	2a	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
6	dno nosilca	1	topolova vez. plošča	1700 x 20 x 4
Kos	Predmet	Poz	Gradivo	Mere

	Datum	Priimek	Podpis	Šola:
Risal:				
Pregledal:				
Merilo:	1:1 NOSILEC PODVOZJA			Št. risbe: 02