

# Konstrukcija i proizvodnja novog uređaja za antigensko testiranje na SARS-CoV-2

---

**Gudelj, Ante**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:218964>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-20**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Ante Gudelj**

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica, dipl.ing.

Student:

Ante Gudelj

Zagreb, 2022.

**ZADATAK**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite  
 Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:  
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
 inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602-04/22-6/1	
Ur. broj: 15-1703-22-	

**DIPLOMSKI ZADATAK**

Student: **ANTE GUDELJ** Mat. br.: 0035209817

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcija i proizvodnja novog uređaja za antigensko testiranje na SARS-CoV-2**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design and production of a new device for antigen testing on SARS-CoV-2**

**Opis zadatka:**

Aktualna pandemija SARS-CoV-2 uzrokovala je potrebu za masovnim korištenjem uređaja za testiranje. S obzirom na takve količine, od posebnog je interesa ekološka prihvatljivost uređaja. Postojeće konstrukcije uređaja za antigensko testiranje sadrže znatnu količinu polimernog materijala. Budući da su otpadni polimerni materijali globalno prepoznati kao ekološki i klimatski problem, sve je više pažnje i razmišljanja usmjereno k mogućnostima upotrebe zamjenskih vrsta materijala.

**U radu je potrebno:**

1. Istražiti te opisati način rada i konstrukciju postojećih uređaja za antigensko testiranje na SARS-CoV-2.
2. Predložiti ekološki prihvatljiviju konstrukciju uređaja.
3. Razmotriti mogućnosti proizvodnje novog uređaja u okviru postojećeg proizvodnog sustava.
4. Koncipirati automatski sustav za proizvodnju novog uređaja.

Zadatak zadan:  
3. ožujka 2022.

Rok predaje rada:  
5. svibnja 2022.

Predviđeni datum obrane:  
9. svibnja do 13. svibnja 2022.

Zadatak zadao:  
prof. dr. sc. Zoran Kućica

Predsjednica Povjerenstva:  
prof. dr. sc. Biserka Runje

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici, dipl.ing. na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade diplomskog rada te ugodnoj suradnji.

Također zahvaljujem svim djelatnicima tvrtke VELPROM d.o.o. na prenesenom znanju i prijedlozima koji su mi olakšali pisanje ovoga rada.

Naposljetku zahvaljujem svojoj obitelji, kolegama i prijateljima koji su mi bili velika podrška svih ovih godina studiranja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu.

U Zagrebu, 2. svibnja 2022.

Ante Gudelj

## **SAŽETAK**

Tijekom pandemije uzrokovane virusom SARS-CoV-2 masovno se koriste ispitni uređaj za ustanovljavanje prisutnosti toga virusa u ljudi. Nakon korištenja, navedeni uređaji gomilaju se kao medicinski i komunalni otpad, nepovoljno utječući na okoliš pa tako i na kvalitetu života ljudi. Stoga su u ovome radu prikazani procesi razvoja ideje, konstrukcije i proizvodnje novog, ekološki prihvatljivijeg proizvoda – kartonskog uređaja za antigensko testiranje ljudi na koronavirus.

Izrađen je prototip uređaja i testirana njegova funkcionalnost.

Također je razvijen koncept automatskog procesa i sustava za proizvodnju novog ispitnog uređaja. Automatski sustav sadržavao bi sedam stanica te mogao dvosmjernim radom proizvesti godišnje oko 100 milijuna proizvoda.

Navedene su daljnje mogućnosti unaprjeđivanja konstrukcije novog ispitnog uređaja, posebno za ostvarenje njegove još učinkovitije primjene te sa stanovišta poopćavanja za različite medicinsko-zdravstvene primjene.

Ključne riječi: SARS-CoV-2, brzo antigensko testiranje, ispitni uređaj, konstruiranje, proizvodnja, ekologija

## **SUMMARY**

During the SARS-CoV-2 virus pandemic, a test device was widely used to detect the presence of the virus in humans. After its usage, these devices accumulate as medical waste, adversely affecting the environment and also the quality of life of people. Therefore, this master thesis presents the processes of developing the idea, design and production of a new, more environmentally friendly product – cardboard device for rapid antigen testing on coronavirus.

A prototype of the device has been made and its functionality has been tested.

The concept of an automatic process and system for the production of a new test device has also been developed. The automatic system would contain seven stations and could produce about 100 million products a year in two shifts.

Further possibilities for improving the construction of the new test device are shown, especially for the realization of its even more efficient application and from the point of view of generalization for various medical and health applications.

Key words: SARS-CoV-2, rapid antigen test, testing device, design, production, ecology

# SADRŽAJ

<b>ZADATAK.....</b>	<b>I</b>
<b>IZJAVA .....</b>	<b>II</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>III</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>IV</b>
<b>POPIS OZNAKA, KRATICA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA ..</b>	<b>VIII</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. VIRUS SARS-CoV-2 .....</b>	<b>3</b>
2.1. Nastanak virusa .....	3
2.2. Učinci i posljedice djelovanja virusa .....	4
2.3. Dijagnostika .....	6
2.3.1. Test RT-PCR.....	6
2.3.2. Brzi antigenski test.....	7
<b>3. UTJECAJ KORONAVIRUSA NA OKOLIŠ .....</b>	<b>8</b>
3.1. Okoliš i njegovo očuvanje.....	8
3.2. Utjecaj koronavirusa .....	9
3.2.1. Otpadni polimerni materijali .....	10
3.2.2. Zaštitne maske .....	10
3.2.3. Kućni otpad .....	12



---

3.2.4.	Testovi na koronavirus.....	12
3.2.5.	Papir, karton i okoliš.....	16
<b>4.</b>	<b>PROIZVODNO OKRUŽENJE ZA RAZVOJ NOVOG ISPITNOG UREĐAJA.....</b>	<b>18</b>
4.1.	Tvrtka VELPROM d.o.o.....	18
4.2.	Proizvodni program.....	19
4.3.	Tehnologije i strojevi.....	20
4.3.1.	Tisak.....	20
4.3.2.	Obrada materijala.....	22
4.3.3.	Dorada materijala.....	28
<b>5.</b>	<b>RAZVOJ EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIJEG UREĐAJA ZA ANTIGENSKO TESTIRANJE.....</b>	<b>33</b>
5.1.	Postojeći ispitni (testni) uređaj.....	33
5.2.	Opis novog uređaja i način njene izrade.....	35
5.2.1.	Konstruiranje.....	35
5.2.2.	Odabir materijala i dimenzija ploče.....	36
5.2.3.	Odabir vrste tiska.....	38
5.2.4.	Proces rezanja i formiranja proizvoda.....	39
5.2.5.	Izrada prototipa i testiranje proizvoda.....	45
5.3.	Dodatne mogućnosti upotrebe novog proizvoda.....	48
<b>6.</b>	<b>RAZVOJ SUSTAVA ZA PROIZVODNJU NOVOG UREĐAJA ZA TESTIRANJE 51</b>	
6.1.	Koncept.....	51

---

6.2. Pojedinačni prikaz stanica.....	53
6.2.1. Stanica za ulaganje.....	53
6.2.2. Stanica za štancanje .....	54
6.2.3. Stanica za čišćenje .....	56
6.2.4. Stanica za lijepljenje duplofana .....	56
6.2.5. Stanica za utiskivanje testne trakice.....	59
6.2.6. Stanica za savijanje .....	60
6.2.7. Stanica za izlaz gotovih proizvoda.....	63
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>64</b>
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>66</b>

**POPIS OZNAKA, KRATICA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA**

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
<i>a</i>	m/s <sup>2</sup>	akceleracija
<i>b</i>	Mm	debljina
CAD		eng. <i>Computer Aided Design</i> – računalom potpomognuto oblikovanje
eng.		engleski
<i>l</i>	Mm	duljina
<i>m</i>	G	masa
<i>n</i>		broj noževa
RT-PCR		eng. <i>Real-Time Polymerase Chain Reaction</i> – lančana reakcija polimeraze u stvarnom vremenu
SAD		Sjedinjene Američke Države
<i>s</i>	Mm	udaljenost
<i>š</i>	Mm	širina
<i>t</i>	S	vrijeme
<i>v</i>	mm/s	brzina

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Shematski prikaz izgleda virusa [4] .....	3
Slika 2.	Shematski prikaz vezivanja virusa SARS-CoV-2 za receptore na stanicama respiratornog epitela [6] .....	5
Slika 3.	Broj novoizaraženih od početka pandemije [5].....	5
Slika 4.	Broj preminulih od početka pandemije [5].....	6
Slika 5.	Postupak testiranja RT-PCR [8] .....	7
Slika 6.	Briga za okoliš [11] .....	9
Slika 7.	Prikaz utjecaja medicinskog materijala na okoliš [12].....	10
Slika 8.	Procjena količine polipropilena kao otpada zbog zaštitnih maski [14].....	11
Slika 9.	Onečišćenje oceana [15].....	12
Slika 10.	Ukupan broj službeno obavljenih testova na koronavirus [16].....	13
Slika 11.	Brojnost polimernih ostataka RT-PCR testova po državama [17] .....	14
Slika 12.	VELPROM d.o.o. ....	19
Slika 13.	Dio proizvodnog asortimana tvrtke VELPROM: a) Podni stalak, b) Paletni omotač, c) Pultni <i>display</i> , d) Viseći <i>display</i> , e) Kartonska kutija .....	20
Slika 14.	Sloter Gandossi & Fossati GFM 180 s fleksotiskom .....	22
Slika 15.	Ploter (rezač) Aristo Aristomat TL 1625 .....	23
Slika 16.	Ploter Zund G3 3XL-3200 .....	24
Slika 17.	Stroj za lasersko rezanje i graviranje FL1610 .....	25
Slika 18.	Savijačica-rezačica .....	26
Slika 19.	Usjecalica .....	27
Slika 20.	Kaširka Lamina .....	28
Slika 21.	Ručna kaširka .....	29
Slika 22.	Cilindar štanca .....	30
Slika 23.	Zaklopna štanca .....	30
Slika 24.	Šivačica FQD X-1400 .....	31
Slika 25.	Velika ljepilica ZX-1300.....	32

Slika 26.	Ljepilica Box Plus 2 .....	32
Slika 27.	Prikaz sadašnjeg rješenja testnog uređaja .....	33
Slika 28.	Masa postojeće testnog uređaja .....	34
Slika 29.	Crtež novog proizvoda u programu ArtiosCad .....	36
Slika 30.	Kratki tok vlaknaca na ploči .....	37
Slika 31.	Dugi tok vlaknaca na ploči .....	38
Slika 32.	Ukupan broj službeno provedenih testova u Republici Hrvatskoj do 24. veljače 2022. [16] .....	39
Slika 33.	Duljina metara noža.....	40
Slika 34.	Ploter (rezač) u tijeku rezanja proizvoda.....	41
Slika 35.	Crtež alata u programu ArtiosCad.....	43
Slika 36.	Namještanje noževa na rezačici za razrezivanje ploče.....	44
Slika 37.	Negativni rezultati testa na koronavirus: lijevo na postojećem uređaju a desno na prototipu novog uređaja.....	46
Slika 38.	Pozitivni rezultati testa na koronavirus: lijevo na postojećem uređaju a desno na prototipu novog uređaja.....	47
Slika 39.	Prikaz povezanosti triju sustava s jednom bazom .....	49
Slika 40.	Prikaz sustava u programu Solidworks .....	52
Slika 41.	Stanica za ulaganje .....	54
Slika 42.	Stanica za štancanje .....	55
Slika 43.	Stanica za čišćenje .....	56
Slika 44.	Stanica za lijepljenje duplofana.....	57
Slika 45.	Mehanizam za lijepljenje duplofana.....	58
Slika 46.	Stanica za utiskivanje testne trakice .....	59
Slika 47.	Stanica za savijanje .....	60
Slika 48.	Prvi dio procesa savijanja.....	61
Slika 49.	Drugi dio procesa savijanja .....	61
Slika 50.	Treći dio procesa savijanja .....	62
Slika 51.	Četvrti dio procesa savijanja .....	62

Slika 52. Stanica za izlaz gotovih proizvoda ..... 63

## 1. UVOD

Proizvod je rezultat neke proizvodne djelatnosti koji se materijalizira u ekonomskom dobru te nakon dovršenog procesa razvoja i izradbe dobiva neko značenje te svojim uporabnim svojstvima može zadovoljiti neku od ljudskih potreba. Svaki proizvod zasebno rezultat je nekog proizvodnog procesa, a osnovne karakteristike su vrsta materijala od kojeg se sastoji i tehnološki postupci koji su se koristili. [1]

Ljudi proizvodima zadovoljavaju svoje želje i potrebe, i stalno je zanimanje za nove i kvalitetnije proizvode. Današnja situacija u vezi pandemije tzv. koronavirusa pravi je primjer toga. Naime, na početku pandemije COVID-19 sav fokus ljudi bio je usmjeren k očuvanju zdravlja, spašavanju života te pokušaju usporavanja širenja virusa. Otkrivena su razna cjepiva koja ublažavaju simptome i smanjuju mogućnost zaraze, objavljena pravila ponašanja u skladu sa situacijom i u mnogim zemljama uveden tzv. *lockdown* odnosno ograničevanje kretanja. Također, a kako bi se prepoznala osoba zaražena virusom, razvijena je i dijagnostika u vidu različitih ispitivanja (testiranja) prisutnosti virusa u pojedinaca.

Pandemija podrazumijeva masovnost korištenih različitih sredstava i opreme, i s vremenom sve aktualnije postaje pitanje utjecaja korištenih materijala na okoliš odnosno **potreba za razvojem za okoliš što prikladnijih proizvoda, među koje spadaju i uređaji za testiranje na koronavirus.**

Pojam novog proizvoda ne odnosi se samo na nešto što se prvi put pojavljuje na tržištu već može uključivati:

- potpuno nov proizvod
- nadopunu linije postojećih proizvoda
- poboljšanja postojećih proizvoda
- mijenjanje funkcije postojećeg proizvoda. [2]

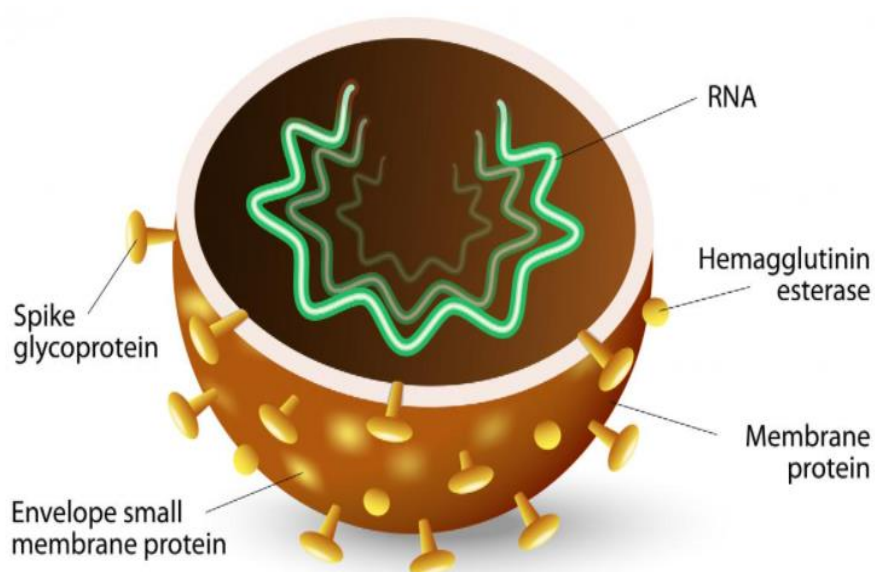
**Konstrukcija i razvoj novog proizvoda o kojem je riječ u ovom diplomskog radu odnosi se na poboljšanja već postojećeg proizvoda. Glavo poboljšanje ishodi smanjenjem otpadnih polimernih materijala** koji su velik ekološki i klimatski problem. Osim toga, u ovome radu razvijenim proizvodom, **brže će se i jednostavnije provoditi dijagnostika** vezana uz koronavirus.



## 2. VIRUS SARS-CoV-2

### 2.1. Nastanak virusa

U prosincu 2019. godine, u Wuhanu u Kini, prijavljeno je izbijanje upale pluća nepoznatog porijekla. Inokulacija respiratornih uzoraka u epitelne stanice ljudskih dišnih putova, dovela je do izolacije novog respiratornog virusa (Slika 1.) čija je analiza genoma pokazala da se radi o novom koronavirusu povezanom sa SARS-CoV, stoga je nazvan teški akutni respiratorni sindrom koronavirus 2 (SARS-CoV-2). Prve zaražene osobe epidemiološki se povezuju s boravkom na wuhanskoj veleprodajnoj tržnici morskih i drugih životinja, pa se pretpostavlja da je najprije došlo do prijenosa virusa iz nepoznate životinje domaćina na čovjeka, nakon čega se nastavilo njegovo daljnje širenje s čovjeka na čovjeka. [3] Globalno širenje SARS-CoV-2 i tisuće smrtnih slučajeva uzrokovanih bolešću od koronavirusa (COVID-19) naveli su Svjetsku zdravstvenu organizaciju da 12. ožujka 2020. proglasi pandemiju.



Slika 1. Shematski prikaz izgleda virusa [4]

## 2.2. Učinci i posljedice djelovanja virusa

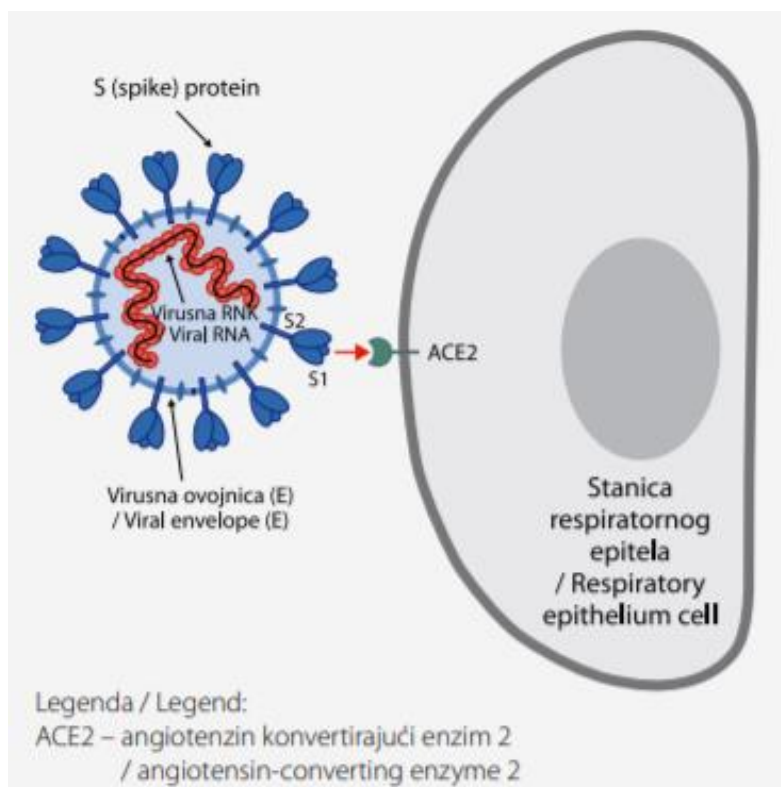
Pacijenti s infekcijom virusom SARS-CoV-2 mogu imati simptome u rasponu od blagih do teških, a veliki dio populacije asimptomatski su nositelji. Iako su glavna meta zaraze koronavirusom pluća (Slika 2.), ona može dovesti do oštećenja kardiovaskularnog, gastrointestinalnog, bubrega, jetre i središnjeg živčanog sustava.

Najčešći prijavljeni simptomi jesu:

- kašalj
- povišena tjelesna temperatura
- groznica
- kratkoća daha
- otežano disanje
- gubitak okusa i mirisa
- grlobolja
- glavobolja
- bolovi u mišićima.

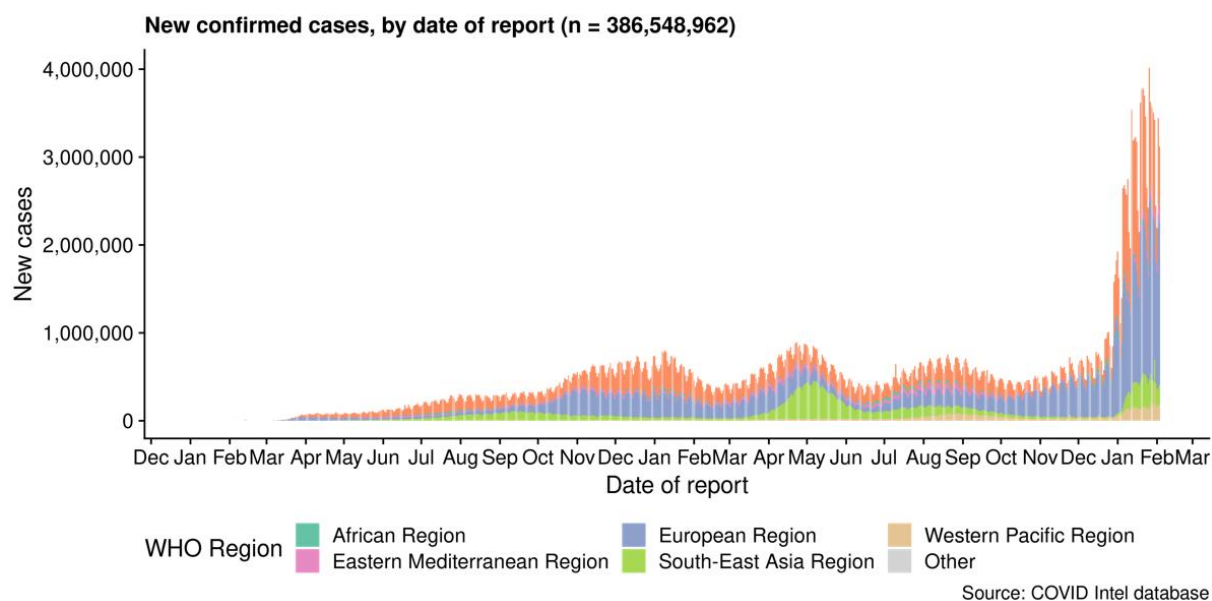
Virus se širi kapljičnom infekcijom, poglavito kapljicama sekreta koje zaraženi stvara kihanjem, kašljanjem, govorenjem, smijanjem, šmrcajem, a moguć je i indirektan prijenos preko neopranih ruku koje su došle u kontakt s kapljicama sekreta. Također se ne može isključiti prijenos putem aerosola koji stvaraju zaražene osobe. [6]

Higijena ruku, dezinfekcija površina, fizička distanca i korištenje maski, osnovni su načini sprječavanja prijenosa bolesti.

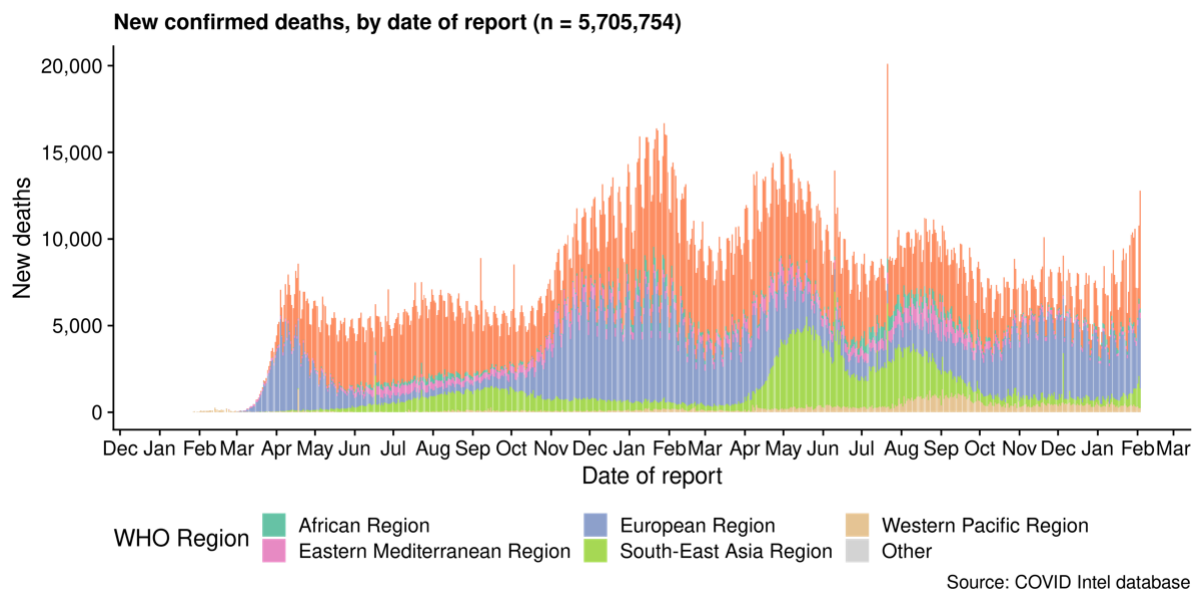


**Slika 2. Shematski prikaz vezivanja virusa SARS-CoV-2 za receptore na stanicama respiratornog epitela [6]**

Od početka pandemije do pisanja ovoga rada u svijetu se virusom Covid 19 zarazilo 368 548 962 ljudi (Slika 3.), a od korone ili uz nju dosad je preminulo gotovo šest milijuna ljudi (Slika 4.). U Republici Hrvatskoj, od posljedica korone preminulo je oko 14 tisuća ljudi.



**Slika 3. Broj novoizaraženih od početka pandemije [5]**



Slika 4. Broj preminulih od početka pandemije [5]

## 2.3. Dijagnostika

Vrlo brzo širenje bolesti zahtijeva brzu i pouzdanu dijagnostiku, kako bi se virus u pojedinaca što ranije otkrio, a u namjeri da se uspori ili zaustavi širenje bolesti. Budući da je poznat cijeli genom virusa SARS-CoV-2, vrlo brzo su proizvedeni i usvojeni testovi amplifikacije nukleinskih kiselina, a najviše je korišten test tzv. RT-PCR. Nedugo zatim pojavili su se i tzv. brzi antigenski testovi koji služe kako bi se na još brži i jednostavniji način moglo uz relativno visok postotak točnosti odrediti je li osoba zaražena virusom ili nije.

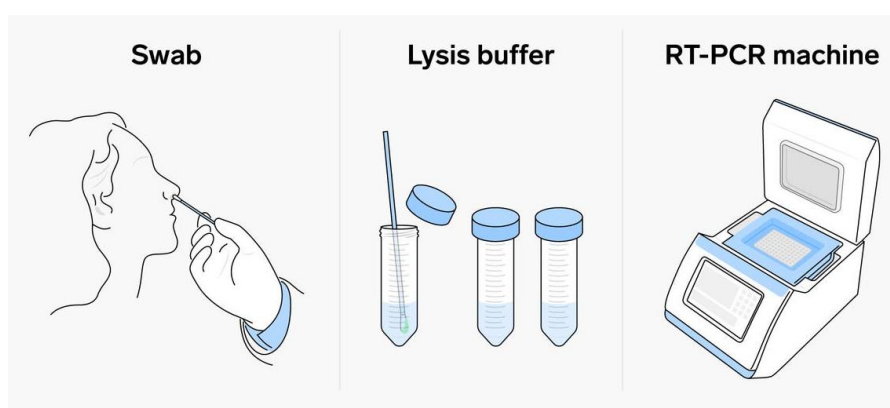
Navedene vrste testova spadaju u skupinu tzv. izravnih testova. Uz izravne, postoje i neizravni testovi koji mogu detektirati antitijela osobe, a samim time i radi li se o aktivnoj ili minuloj infekciji.

Naglasak u ovom radu stavljen je na **brze antigenske testove**.

### 2.3.1. Test RT-PCR

Lančana reakcija polimeraze reverzne transkripcije u stvarnom vremenu (eng. *Real-Time Polymerase Chain Reaction*), skraćeno RT-PCR, usmjerena na odabrane gene SARS-CoV-2

RNA glavni je dijagnostički alat u globalnom odgovoru na pandemiju COVID-19. Prvi RT-PCR test razvio je kineski CDC u siječnju 2020. godine. Iako se smatra najboljim i najtočnijim oblikom dijagnostike ovog virusa, zbog raznih mutacija virusa, nedovoljne količine uzetog uzorka prilikom testiranja ili neodgovarajućeg transporta i rukovanja mogu se pojaviti lažno pozitivni ili lažno negativni testovi. Najčešće se uzima bris nosa ili bris grla. Odgovarajući postupci uzorkovanja, standard dobre laboratorijske prakse i korištenje visokokvalitetne ekstrakcije i RT-PCR kompleta smanjuju broj netočnih rezultata. [7]



**Slika 5. Postupak testiranja RT-PCR [8]**

### **2.3.2. Brzi antigenski test**

Brzo otkrivanje, učinkovita izolacija simptomatskih slučajeva i sustavno praćenje bliskih kontakata najvažniji su za usporavanje i konačno zaustavljanje širenja infekcije koronavirusom. Kao što je već prethodno spomenuto, RT-PCR je danas referentni standard što se dijagnostike koronavirusa tiče. Međutim, jedna od njegovih mana, a prednosti brzog antigenog testa, jest u jednostavnosti. Naime, za provođenje testa PCR potrebni su specijalni uređaji i stručno osoblje, dok se brzi testovi mogu vrlo lako izvesti i interpretirati bez opreme. Također su pristupačni i cijenom. Ljudi mogu napraviti kućni brzi antigenski test te ukoliko su pozitivni na njemu, tek nakon toga idu na PCR kako bi se potvrdilo postojanje i zaraza virusom.

Princip testiranja sastoji se od nekoliko jednostavnih koraka. Najprije se uzima bris iz nosa te stavlja u tubu koja je ispunjena otopinom za ekstrakciju. Zatim, nakon otprilike jedne minute, nekoliko kapi iz tube se dodaje u otvor testne kartice te se pričekava 15 do 20 minuta kako bi se dobio rezultat. Ukoliko se obojene trake pojave i u kontrolnoj zoni C i u testnoj T, test je pozitivan.

### 3. UTJECAJ KORONAVIRUSA NA OKOLIŠ

#### 3.1. Okoliš i njegovo očuvanje

Okoliš je prirodno ili stvoreno okruženje u kojem žive čovjek i druga bića. Može se definirati i kao ukupnost svih prirodnih i stvorenih vrijednosti kojima svojim djelovanjem upravlja čovjek. Zaštita okoliša predmetom je zakonske regulative na nacionalnoj i međunarodnoj razini, a pravo na zdravi okoliš jedno je od temeljnih ljudskih prava. [9]

Životna sredina podložna je stalnim promjenama kojeg mogu izazvati prirodni uzročnici (na primjer erozija tla, poplave, potresi, požari...) ili antropogeni (urbanizacija, industrija, promet, porast stanovništva...). Zaštita okoliša nikada nije bila od veće važnosti nego danas na način da se vodi briga o zaštiti od onečišćenja u svim sastavnicama okoliša, kako pojedinačno tako i u okviru ostalih sastavnica okoliša uzimajući u obzir njihove međusobne odnose. [10]

Sastavnice okoliša jesu:

- zrak
- vode
- more
- tlo
- krajobraz
- biljni i životinjski svijet.

U ostvarivanju uvjeta za održivi razvoj osnovni strateški ciljevi zaštite okoliša su:

- trajno očuvanje izvornosti
- biološke raznolikosti prirodnih zajednica
- očuvanje ekološke stabilnosti.

Za trajan uspjeh procesa održivosti temeljno je pitanje razvoja svijesti o održivom razvoju okoliša na razini svakog pojedinca.

Očuvanje okoliša započinje stvaranjem dobrih i zdravih navika u vlastitom domu. Stvaranje manje otpada u kućanstvu uvelike će potaknuti da sve dobre navike vezano uz njega prenesu i na okoliš izvan kućanstva.

Također, važno je isto tako i racionalno korištenje svih izvora koji su na raspolaganju. Primjeri izvora kojima treba racionalno upravljati jesu pitka voda i električna energija.

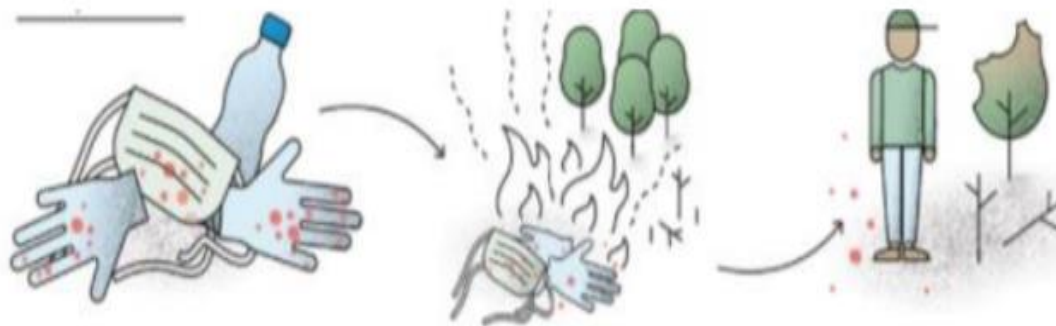
Sve više se daje prednost trajnim, umjesto jednokratnim proizvodima. Treba birati predmete iste namjene od prirodnih materijala koji se mogu kompostirati i lako reciklirati.



**Slika 6. Briga za okoliš [11]**

### **3.2. Utjecaj koronavirusa**

Pandemija COVID-19 u znatnoj je mjeri utjecala na povećanje potrošnje materijala za proizvodnju sredstava za zaštitu i testiranja, što za posljedicu ima i porast otpadnih materijala (Slika 7.).



Slika 7. Prikaz utjecaja medicinskog materijala na okoliš [12]

### 3.2.1. Otpadni polimerni materijali

Upotreba plastike je široko rasprostranjena u cijelom svijetu, a medicinski materijal nije iznimka. Plastika je postala jedan od glavnih zagađivača u cijelom svijetu, stvarajući ozbiljne učinke na okoliš i prijeteći svom živom svijetu. Sve veća količina, njezin utjecaj na bioraznost i doprinos klimatskim promjenama te način postupanja u kontekstu kružnog gospodarstva pitanja su koja se postavljaju već godinama u političkom programu Europske unije. Tijekom godina provedene su brojne međunarodne edukacije i inicijative za podizanje svijesti o učincima plastike i poticanje upotrebe alternativnih biorazgradivih materijala. Zadnjih godina znatno su porasle osviještenost, zabrinutost, pa i aktivnosti u vezi s načinima odlaganja plastika u morskome okolišu i drugdje. Izazovi koje nameće plastika u velikoj su mjeri posljedica činjenica da sustavi proizvodnje i potrošnje nisu održivi. U kontekstu pandemije i klimatskih promjena javnost pridaje veću pozornost krizi u području plastičnog otpada. Jasno je da je najbolje rješenje prelazak na potpuno održivo i kružno gospodarenje, koje podrazumijeva daleko mudriju upotrebu materijala. Većina zdravstvenih ustanova koristi spaljivanje kao glavni način inaktivacije patogena (kao što je virus koji uzrokuje COVID-19), a među tim otpadom je i plastika koja pri sagorijevanju oslobađa postojeće kemijske tvari koje djeluju pogubno za okoliš kao što su dioksin i policiklički aromatski ugljikovodik. [12]

### 3.2.2. Zaštitne maske

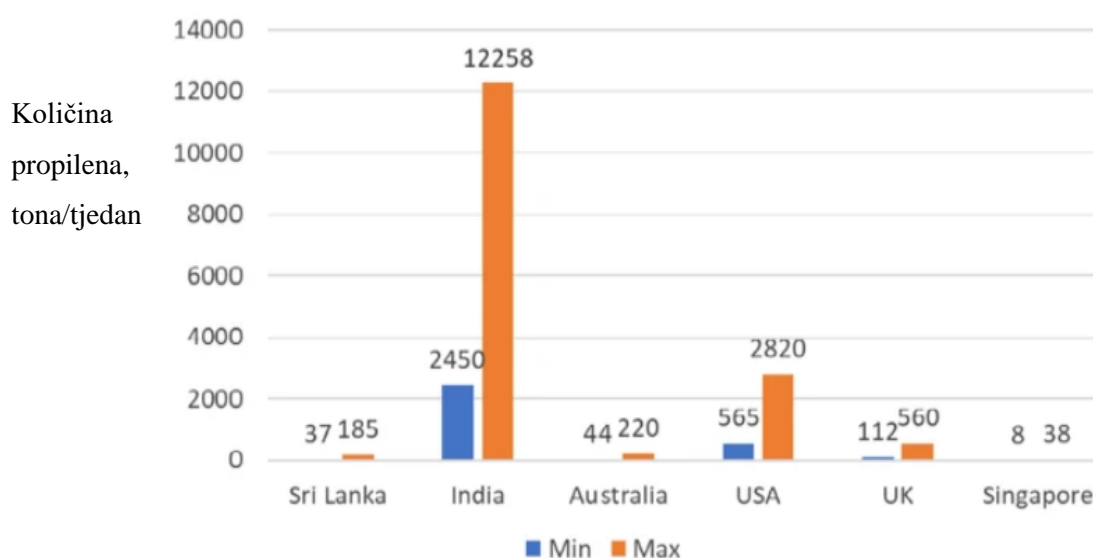
Zaštitne maske su postale svakodnevni „odjevni predmet“ ljudi diljem svijeta. Nije moguće ući u zatvoreni prostor ako na licu nije maska; neke zemlje su u jednom trenutku otišle toliko daleko



da su se zaštitne maske morale nositi i na otvorenom. Proizvodnja zaštitnih maski višestruko je narasla, i mnoge su je tvrtke uvrstile u svoj proizvodni program. [14]

Maske mogu biti kirurške ili pamučne. Za proizvodnju jedne maske potrebno je između 10 i 30 W snage, a u tom procesu 59 grama CO<sub>2</sub> stakleničkih plinova dospije u atmosferu. Prema studiji, jedna kirurška maska sadrži pet grama polipropilena. [14]

Slika 8. prikazuje procjenu količine polipropilena kao otpada zbog zaštitnih maski u rasponu od tjedan dana, pri čemu se od navedenih zemalja Indija ističe kao daleko najveći potrošač.



**Slika 8. Procjena količine polipropilena kao otpada zbog zaštitnih maski [14]**

Nadalje, uporaba zaštitnih maski ne onečišćuje samo atmosferu stakleničkim plinovima već dolazi i do velikog onečišćenja oceana i voda, s negativnim utjecajem na biljni i životinjski svijet. Nemarnost ljudi dovodi do oceana punih zaštitnih maski, ostalog medicinskog i ambalažnog otpada, čiji se obujam ovom pandemijom uvelike povećao.



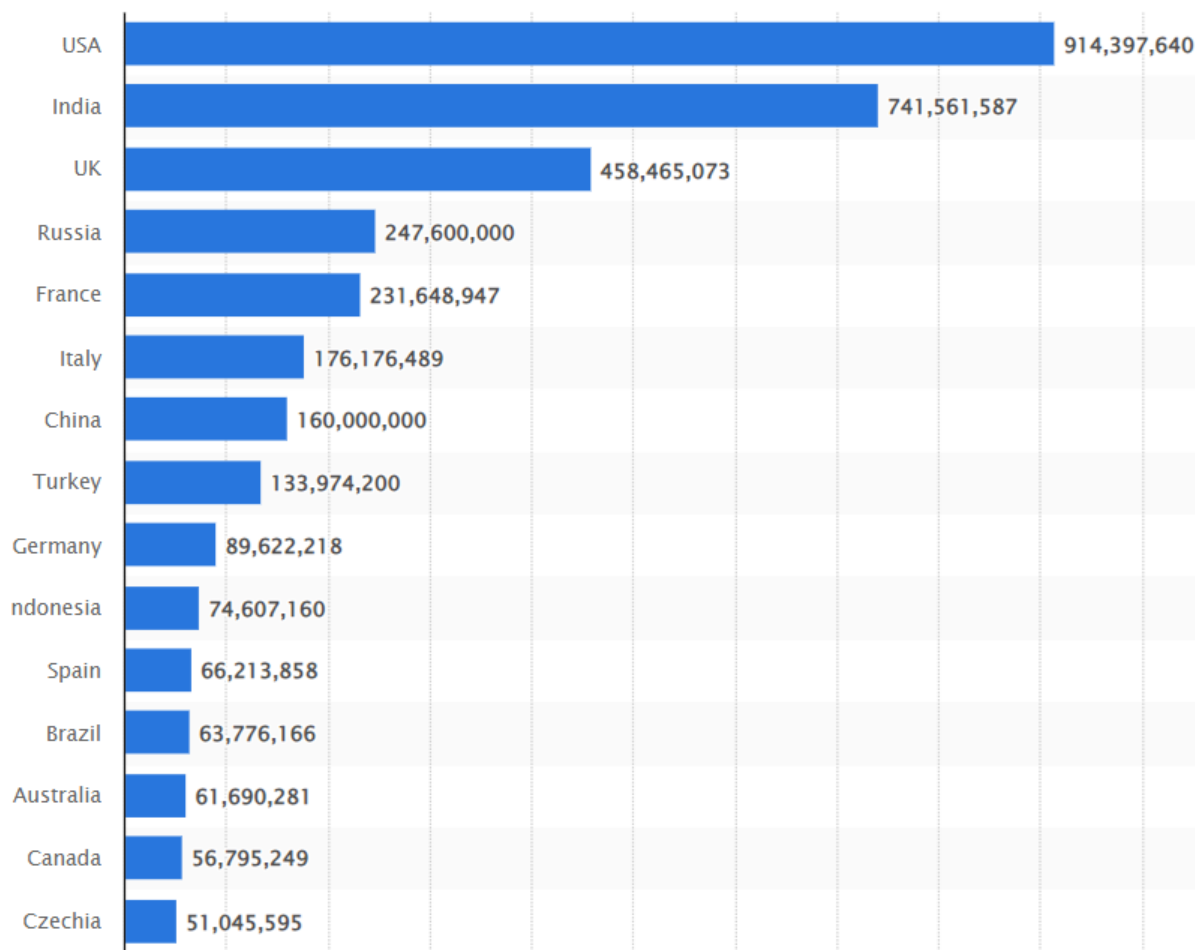
Slika 9. Onečišćenje oceana [15]

### 3.2.3. Kućni otpad

U jeku pandemije, u mnogim zemljama svijeta proglašen je *lockdown*, djelomični ili potpuni. Negdje su ljudi bili u mogućnosti otići samo do dućana ili doktora, radna mjesta su se smanjivala, tvrtke su propadale, sve više vremena ljudi su provodili u svojim domovima. U tim uvjetima opseg otpada se uvelike povećao. Sve se počelo naručivati *on-line* na internetskim stranicama, od hrane, odjeće i svega ostaloga što je ljudima bilo potrebno. Sve to što je bilo naručeno trebalo je biti pakirano kako u transportu ne bi bilo problema. Samim time, povećala se i količina plastičnog i ambalažnog otpada.

### 3.2.4. Testovi na koronavirus

Slika 10. prikazuje ukupan broj službeno obavljenih testova na koronavirus u koje se ubrajaju testovi RT-PCR i oni brzi antigenski. Na popisu su one države u kojima je obavljeno više od 50 milijuna testova.



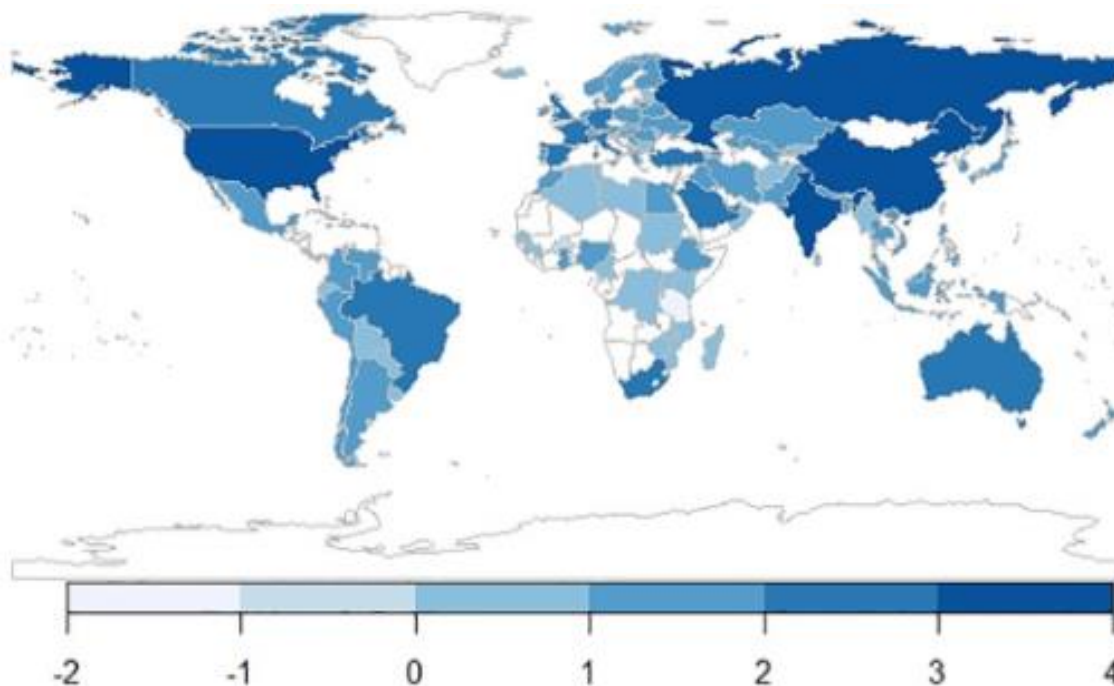
Slika 10. Ukupan broj službeno obavljenih testova na koronavirus [16]

Plastika za test RT-PCR nalazi se u većini, kako dijelova samog uređaja za testiranje, tako i u druge opreme uključene u ovu vrstu testiranja:

- štapić
- epruveta
- posuda
- boce
- epruveta Eppendorf
- aerosolne plastične barijere
- plastična ploča za uzorke te
- ostale naprave za transport uzorka.

Od sve plastike korištene za testove na COVID-19, 90 % (33,54 g) odnosi se na polipropilen, 8,22 % (3,06 g) na poliester i 1,77 % (0,66 g) na polietilen. Ukupno zbrojeno, **svaki** dijagnostički **test RT-PCR** za COVID-19 koristi **37,27 g** plastike za jednokratnu upotrebu.

Slika 11. prikazuje mase plastičnih ostataka iz testova RT-PCR na COVID-19 po kontinentima i državama svijeta. Vidljivo je da najviše polimernog otpada ima u Aziji gdje prednjače Kina, Indija i Rusija, a tu je također i SAD. Količina polimernog otpada očekivana je s obzirom na broj stanovnika u tim područjima. Deset zemalja koje imaju najveću količinu polimernog otpada čini 80 % ukupnog potrošenog polimernog otpada na testovima za koronavirus.



**Slika 11. Brojnost polimernih ostataka RT-PCR testova po državama [17]**

Trenutno upravljanje konačnim odlaganjem polimernog otpada nastalog testovima na COVID-19 u cijelom svijetu uglavnom ovisi o tome radi li se o bioopasnom otpadu, biološkim uzorcima koji su možda izloženi virusu ili bioneopasnom otpadu, onome koji je bio u doticaju samo s reagensima.

Bioopasni polimerni ostaci se obično spaljuju, što predstavlja oko 97 % udjela, dok ostatak obično završava na odlagalištu. Biološki opasni materijali mogu proizvesti iznimno otrovne kemijske tvari pri spaljivanju. Tehnike procesa spaljivanja za kontrolu emisija otrovnih plinova u atmosferu izgaranjem plastike i drugog otpada su unaprijeđene i modernizirane, međutim one se trenutno koriste samo u razvijenijim zemljama poput SAD-a ili članica Europske unije gdje su emisije otrovnih plinova značajno smanjene. [12]

U ostalim, manje razvijenijim zemljama i dalje se koriste stare tehnologije spaljivanja koje ne pružaju i ne osiguravaju zaštitu, već ispuštaju otrovne kemikalije u zrak što dovodi do velikih onečišćenja okoliša. U atmosferi se dio plinova koji nastaju spaljivanjem plastike vezane uz COVID-19 miješa s drugim onečišćenih tvarima što može potencijalno biti izrazito velik problem. Ima više vrsta učinaka tog problema na zdravlje ljudi, a to su:

- poremećaj uobičajenih hormonskih signalnih puteva
- razne vrste defekata
- oštećenja jetre
- imunotoksičnost te
- rak.

Druga vrsta testova, oni brzi antigenski, koriste se vjerojatno i više od onih PCR zbog toga što su pogodni za samotestiranje.

**Jedan antigenski test jest uređaj koji se sastoji od nekoliko komponenti:**

- **brze SARS-CoV-2 antigen testne kartice pakirane u folija-vrećici**
- **sterilnog brisa**
- **tube za ekstrakciju**
- **otopine za ekstrakciju uzoraka**
- **stalka za tubu i**
- **uputa za upotrebu.**

Kao i kod testa PCR, i dijelovi antigenog testa većinom su izrađeni od neke vrste polimera. Najteži polimerni dio je antigenska testna kartica zapakirana u folija-vrećici, a njena masa iznosi 4 g. Uzevši u obzir proizvedenu i iskorištenu količinu tih testnih kartica, dolazi se do zaključka kako se radi o **milijunima kilograma plastike.**

Plastika za jednokratnu upotrebu i COVID-19 trenutno su neizbježni. Međutim, potrebno je procijeniti utjecaje ove pandemije na okoliš i **smanjiti upotrebu plastike** u medicinskim potrepsinama.

### 3.2.5. *Papir, karton i okoliš*

Osnovni sastojci za izradu papira (kartona i ljepenke) jesu vlakna (ili vlakanca) i dodaci. Vlakna mogu biti, i najčešće jesu, biljnog porijekla, ali također i životinjskog porijekla te mineralna i sintetska. Vlakna biljnog podrijetla se u najvećoj mjeri dobivaju iz višegodišnjih biljki, tj. drva, ali i iz jednogodišnjih, a to su različite vrste slama. Najvažniji sastojak biljnih vlakana za izradu papira je celuloza te se zbog toga često koristi izraz „celulozna vlakna“. Sirovine biljnog porijekla koje se najčešće koriste za izradu papira i čine oko 90 % ukupne sirovine za izradu papira, jesu:

- celuloza i njene podvrste
- drvenjača
- stari papir
- polutvorina.

Najvažniji dodaci koji se koriste pri izradi papira su punila, ljepila i bojila. Punila su anorganski, najčešće mineralni dodaci u proizvodnji papira koji se mogu dodavati u masi prilikom proizvodnje ili naknadno u obliku površinskog premaza i tada se dobiva premazani papir. Ljepila su organski dodaci papiru koji se mogu dodavati u masu prilikom proizvodnje papira ili u obliku tankog površinskog premaza. Ljepila mogu biti biljnog, životinjskog ili sintetskog porijekla, a koriste se biljne smole, škrob i slično. Bojila su dodaci papiru koji se najčešće dodaju u masu prilikom izrade papira, a mogu biti topiva ili pigmentna. Bojila služe ili za povećanje stupnja bjeline kod izrade bijelih papira ili za izradu obojenih papira u bilo kojem tonu.

Postoje i ostali dodaci koji se koriste rjeđe ili u manjoj mjeri ili za specijalne potrebe. Svaki od spomenutih dodataka papiru ima svoju funkciju i utjecat će na svojstva gotovog papira. Dodaci se koriste u većoj ili manjoj mjeri i nije ih potrebno sve dodavati u svaki papir.

Nakon korištenja nekog proizvoda, ukoliko je to moguće, slijedi njegovo recikliranje. Recikliranjem se štedi energija jer je potrebno uložiti znatno manje iste nego za novi proizvod. Proizvodnja recikliranog papira uključuje između 28 i 70 % manje potrošnje energije te generira između 20 i 50 % manje emisija ugljičnog dioksida u usporedbi s proizvodnjom novog papira.

Osim toga, proces recikliranja otpadnog papira te njegova upotreba za proizvodnju novog (recikliranog) smanjuje broj stabala koja se sijeku, čuvajući prirodne resurse. U komunalnom otpadu nalazi se 30 % papirnato otpada. Otpadni papir i karton u tijelu odlagališta vrlo se sporo razgrađuju te značajno produljuju vijek aktivnosti odlagališta. Recikliranjem papira čuvaju se šume, štedi se energija, smanjuje se onečišćenje zraka i vode te štedi skupi odlagališni prostor. Na taj način može se za četvrtinu smanjiti količina kućanskog otpada. Papir i karton mogu se reciklirati i do sedam puta. Reciklirani papir se proizvodi od 80 do 100 % starog papira i nove celuloze uz dodatak kemijskih pomoćnih sirovina. Karton se u prosjeku proizvodi od 90 % starog papira.

Stopa recikliranja u Europi dosegla je 70,4 % u 2011. godini. Ukupna količina skupljenog i recikliranog papira u sektoru papira ostaje stabilna na 58 milijuna tona, kao i prethodnih godina. Međutim, to je povećanje od 18 milijuna tona od 1998., bazne godine za prvu dobrovoljnu obvezu koja se postavila za povećanje recikliranja u Europi. [18]

Glavni nedostatak recikliranja papirnato otpada je ograničenje broja ponovne upotrebe. Nakon šest do sedam postupka uporabe reciklirana vlakna više nemaju dovoljnu duljinu i čvrstoću te je potrebno dodavanje novih celuloznih vlakana.

## 4. PROIZVODNO OKRUŽENJE ZA RAZVOJ NOVOG ISPITNOG UREĐAJA

Razvoj novog uređaja za brzo antigensko testiranje odvija se u tvrtki VELPROM d.o.o.

### 4.1. Tvrтка VELPROM d.o.o.

Tvrтка VELPROM d.o.o. osnovana je 1993. godine kao obiteljska tvrtka sa svega nekoliko zaposlenika. Osnovana je s idejom proizvodnje transportne ambalaže. Iz godine u godinu tvrtka je polako rasla akumulirajući znanje te šireći ponudu proizvoda na kaširanu ambalažu od valovite ljepenke kao i na ambalažu od punog kartona. Od 2010. godine u VELPROMu se koristi digitalni tisak, uvodi obrada novih pločastih materijala (poput polipropilena, alubonda<sup>1</sup>, drveta, pleksiglasa i forexa<sup>2</sup>) te kreće na ponudu i proizvodnju svih vrsta POS/POP<sup>3</sup> proizvoda.

U Velpromu je trenutno zaposleno 65 radnika od čega 40 radi u proizvodnji koja radi u dvije smjene. Proizvodnja<sup>4</sup> se odvija u Velikoj Gorici, na prostoru od 7 000 m<sup>2</sup> (Slika 12.). Posebno valja istaknuti da u tvrtki postoji odjel razvoja i inovacije proizvoda kao i vlastiti odjel izrade alata za štancanje.

---

<sup>1</sup> vrsta proizvoda od aluminijske folije

<sup>2</sup> vrsta polimernog pločastog materijala

<sup>3</sup> engl. *Point Of Sale/Point Of Purchase* – mjesto prodaje/mjesto kupovine

<sup>4</sup> Adresa: Poštanska 7, 10410 Velika Gorica; sjedište tvrtke: Dalmatinska 27, Gradići, 10410 Velika Gorica.





Slika 12. VELPROM d.o.o.

## 4.2. Proizvodni program

U nastavku će se navesti proizvodni program tvrtke VELPROM d.o.o. (Slika 13.):

### a) Proizvodi POS/POP

1. Samostojeći podni stalci
2. Paletni omotači
  - služe za promociju paletiziranih proizvoda u trgovinama
  - većinom za palete s pićem, voćem i povrćem
3. Pultni *display* (Stolni stalak)
  - mali i uvijek prisutni na prodajnim mjestima i promotivnim pultovima u cilju stimuliranja impulzivne kupnje
  - nosači proizvoda raznih oblika i dimenzija, kreativnog i privlačnog dizajna
4. Viseći *display*
  - police malih dimenzija koje imaju mogućnost vješanja ili podnog oslanjanja

## b) Ambalažni proizvodi

### 1. Kartonske kutije

- transportne, arhivske, poklon-kutije, kutije za prehranu (torte, kolače, vjenčanja), kutije za boce, staklenke, ekskluzivne kutije, glasačke kutije, kutije za nagradnu igru, kutije *shelf-ready*
- izrada strojevima: savijačica-rezačica, štanca, rezač-ploter

### c) Ostali proizvodi

- reklamni panoi, *banneri*, cerade, etikete, promotivni pultovi i kutije.



Slika 13. Dio proizvodnog asortimana tvrtke VELPROM: a) Podni stalak, b) Paletni omotač, c) Pultni *display*, d) Viseći *display*, e) Kartonska kutija

## 4.3. Tehnologije i strojevi

### 4.3.1. Tisak

Općenito, koriste se sljedeće tehnologije tiska [18]:

#### 1) Visoki tisak (knjigotisak, fleksotisak)

Koristi uzdignutu površinu tiskovne forme za zadržavanje boje koja se na formu nanosi prolaskom valjka s bojom ili pritiskanjem forme preko tampona sa bojom, tiskovne forme za visoki tisak nisu skupe i relativno se brzo izrađuju.

## 2) Duboki tisak (bakrotisak)

Za razliku od visokog tiska, koristi udubljene dijelove tiskovne forme za nanos boje na tiskovnu površinu, bakrotisak se danas koristi samo kod velikih naklada poput novina.

## 3) Propusni tisak (sitotisak)

Tehnika propuštanja boje kroz tiskovnu formu. Tiskovna forma kod propusnog tiska predstavlja sito kod kojeg je mrežica napeta na okvir. Metalna ili plastična mrežica ostavlja otvorena područja na mjestu gdje se boja želi otisnuti, a zatvorena područja tamo gdje ne želi.

4) Plošni tisak (tisak *offset*)

Izvodi se pomoću rotacije ili se tiska na arke i to tako da se boja sa tiskovne forme transferira na gumeni plašt, a sa gumenog plašta na papir, odnosno na tiskovnu površinu.

## 5) Digitalni tisak

Moderna tiskarska tehnika bez tiskovne forme. Zbog toga je sama izrada otiska mnogo brža te se lakše može mijenjati. Znatno se pojednostavnjuje tiskarski proces jer omogućuje otisak malih i srednjih naklada, bez izrade filmova i ploča. To je izuzetno pogodna tehnika za makete, pokazni marketinški primjerak i manje naklade. Digitalnim tiskom se može otiskivati na razne površine poput papira, fotopapira, platna, stakla, metala, mramora te ostalih površina.

U Tvrtki VELPROM koriste se sljedeće tehnologije tiska, odnosno strojevi za tiskanje:

## 1) HP Latex 365

- duljina role  $l$  je od 254 do 1625 mm
- rezolucija do 1200x1200 dpi (točaka po inču)

## 2) Fuji Acuity LED 1600 II (UV printer)

- maksimalna širina ispisa  $\check{s}$  = 1610 mm
- maksimalna debljina materijala  $b$  = 13 mm

## 3) HP Scitex FB15500 (UV printer)

- dimenzija materijala za tisak: 1600 x 3200 mm, debljina do 25 mm
- rezolucija: do 1200 dpi.

### 4.3.2. Obrada materijala

Strojevi za obradu materijala su kako slijedi.

1) Sloter Gandossi & Fossati GFM 180 s fleksotiskom (Slika 14.)

- maksimalni format kartona: 1760 x 800 mm
- ima mogućnosti tiskanja s dvije boje, savijanja i štancanja rukohvata



**Slika 14. Sloter Gandossi & Fossati GFM 180 s fleksotiskom**

2) Ploter (plošni rezač) Aristo Aristomat TL 1625, za obradu (rezanje, presavijanje, V-rez...) pločastih materijala, a koristi se za izradu uzoraka, prototipova te manjih naklada.

## Karakteristike:

- dimenzija radne površine: 1520x2500 mm
- brzina  $v = 1130$  mm/s (maksimalna)
- akceleracija  $a = 11,3$  m/s<sup>2</sup> (maksimalna)
- debljina materijala za obradu  $b$  je do 46 mm.



Slika 15. Ploter (rezač) Aristo Aristomat TL 1625

### 3) Ploter Zund G3 3XL-3200

To je također plošni rezač za obradu (rezanje, presavijanje, V-rez...) pločastih materijala, a koristi se za izradu uzoraka i prototipova te izradu manjih naklada.

Karakteristike:

- dimenzija radne površine: 3200x3200 mm
- brzina  $v = 1414$  mm/s (maksimalna)
- akceleracija  $a = 9,3$  m/s<sup>2</sup> (maksimalna).



Slika 16. Ploter Zund G3 3XL-3200

#### 4) Stroj za lasersko rezanje i graviranje FL1610

Koristi se za izradu uzoraka, prototipova te proizvodnju manjih naklada. Može se gravirati na drvo, staklo, gumu, keramiku, papir, karton, kožu i kamen, a rezati se može pleksiglas do 20 mm, drvo do 30 mm, papir, prirodnu kožu, karton i gumu.

##### Karakteristike:

- dimenzija radne površine: 1600x1000 mm
- maksimalna brzina lasera  $v = 67$  mm/s
- minimalna veličina graviranja: 1,5 x 1,5 mm
- maksimalna rezolucija: 1000 dpi.



**Slika 17. Stroj za lasersko rezanje i graviranje FL1610**

### 5) Savijačica-rezačica (tzv. krajšer)

Savijačica se može koristiti za razrezivanje ploča na određene dimenzije ili za povlačenje linija za savijanje.

Karakteristike:

- maksimalna dužina: 3000 mm
- broj noževa  $n = 5$
- minimalan razmak između noževa: 120 mm.



**Slika 18. Savijačica-rezačica**



## 6) Usjecalica

Karakteristike:

- maksimalna dužina: 1880 mm
- maksimalna dužina usijecanja: 360 mm.



**Slika 19. Usjecalica**

### 4.3.3. Dorada materijala

Strojevi za doradu materijala su kako slijedi.

#### 1) Kaširka Lamina i ručna kaširka

Kaširana ambalaža uobičajeni je naziv za ambalažu koja se izrađuje iz dvije različite i međusobno zalijepljene vrste materijala: prethodno otisnutog arka papira ili punog kartona i arka valovitog kartona. Zbog velikih mogućnosti aplikacija grafičkih rješenja i oblikovanja ambalaže, ova vrsta ambalaže u širokoj je primjeni.



**Slika 20. Kaširka Lamina**



**Slika 21. Ručna kaširka**

## 2) Cilindar štanca, zaklopne B1 i B0 štanca te velika zaklopna štanca

Strojevi za štancanje pomoću alata, silom pritiska, štancaju različite oblike plašteva za kutije te različite nepravilne oblike, koje se ne mogu u velikoj količini oblikovati i proizvesti na ploteru. Štancanje se odvija pomoću alata za štancanje – štanca, koja djeluje na ravnu ploču. Postupak se kod starih štanci obavlja ručno, dok isto tako može biti i automatiziran. Štancanjem se na različite načine mogu obraditi papir, puni karton i valovita ljepenka. Tim se postupkom izrezuju razni oblici, obavlja se perforiranje, utiskivanje i ostalo.



Slika 22. Cilindar štanca



Slika 23. Zaklopna štanca

## 3) Šivačica FQD X-1400



**Slika 24. Šivačica FQD X-1400**

Osim lijepljenja vrućim ili hladnim ljepilom, postoji druga mogućnost spajanja jednog dijela kutije s drugim kako bi se na kraju formirala. Ta druga opcija je šivanjem, odnosno klamanjem na jednom mjestu. Takva vrsta spajanja najčešće se koristi kod velikih kutija koje nisu baš pogodne za lijepljenje, odnosno na njima može lakše doći do odlijepljivanja kutije.

## 4) Velika ljepilica ZX-1300 i Ljepilica Box Plus 2



**Slika 25. Velika ljepilica ZX-1300**



**Slika 26. Ljepilica Box Plus 2**

Kada se radi od lijepljenju većih količina manjih kutija, tada je puno isplativije koristiti ova dva stroja koji mogu zalijepiti 40 kutija u minuti te povećavaju efikasnost lijepljenja. Ukoliko se mora zalijepiti neka manja količina, to je bolje napraviti ručno zbog dužeg vremena potrebnog za postavljanje parametara stroja.

## 5. RAZVOJ EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIJEG UREĐAJA ZA ANTIGENSKO TESTIRANJE

### 5.1. Postojeći ispitni (testni) uređaj

Uzevši u obzir sve dosad navedene podatke i primjere u kojima plastika uvelike zagađuje atmosferu i okoliš, izrodila se ideja o novom, ekološki prihvatljivijem materijalu kod testiranja ljudi na koronavirus. U ovom radu naglasak je na ispitnoj kartici antigenskog testa iz razloga što je taj test ljudima prihvatljiviji i češće se upotrebljava u svakodnevnom životu od testa RT-PCR.

Masa  $m$  postojeće testne kartice (Slika 27.) iznosi 4 g (Slika 28.), a sastoji se od donjeg i gornjeg polimernog kućišta te unutrašnjeg dijela koji u sebi ima boju koja reagira pri istiskanju kapi u okrugli otvor nakon čega se pokaže je li osoba pozitivna ili negativna na COVID-19.



Slika 27. Prikaz sadašnjeg rješenja testnog uređaja



Slika 28. Masa postojeće testnog uređaja



## 5.2. Opis novog uređaja i način njene izrade

**Ideja je da se umjesto polimernog kućišta izradi kućište od druge vrste materijala.** Taj materijal bio bi puni karton Highpoint čija masa po kvadratnom metru iznosi 295 g. Riječ je o punom kartonu bijele boje debljine 0,5 mm koji se koristi za izradu kutija nosivosti do 2 kg.

Kako bi bio vodootporan tako da ne upija kapljice tekućine za ekstrakciju koja se istiskuje iz tube, taj materijal je premazan vododisperzivnim lakom (VD) lakom. VD lak u svom sastavu ima vodotopive smole, modificirane akrilne smole, vosak, vodu i razne aditive u vodi. Sam proces vododisperzivnog lakiranja odvija se pomoću vode iz laka koja prvo penetrira u tiskovnu podlogu, a zatim nakon nekoliko sekundi započinje isparavanje ukoliko je otisak izložen vrućem zraku.

Neke od prednosti ovih vrsta lakova su:

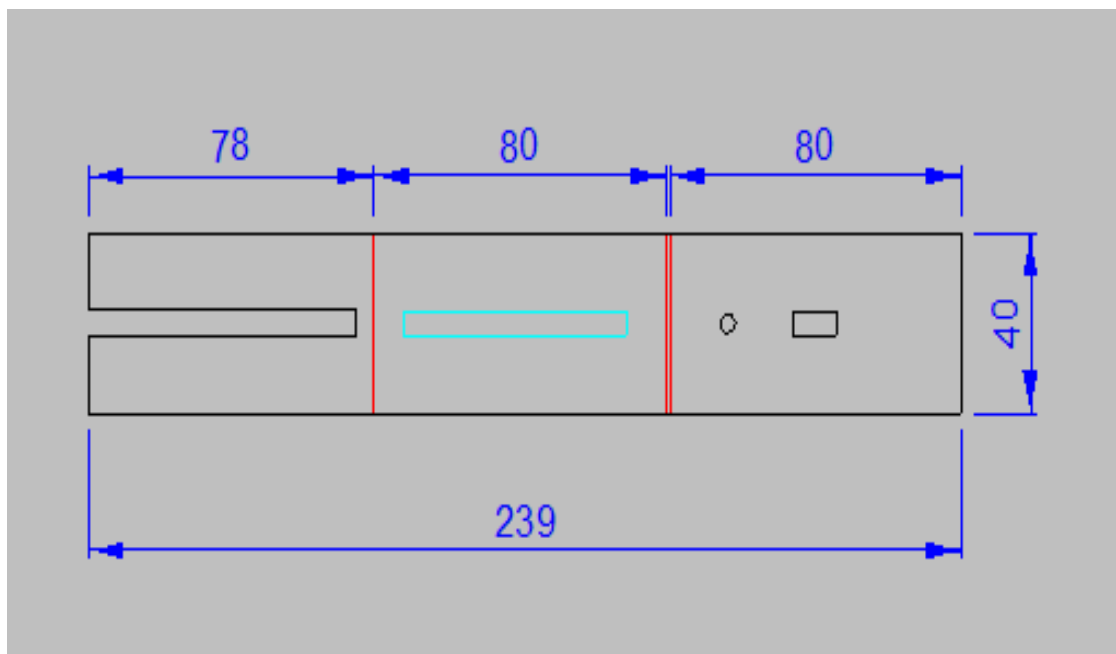
- veći sjaj nego kod lakova na bazi ulja
- vrlo dobra mehanička zaštita
- otisak se brzo suši i ne mijenja boju
- nema miris i
- nije štetan za okoliš.

### 5.2.1. *Konstruiranje*

Proces ostvarenja novog proizvoda odvija se u nekoliko faza. Prva faza je njegovo konstruiranje. Konstruiranje proizvoda u tvrtki odvija se pomoću programa ArtiosCad, koji je pogodan za konstruiranje kartonskih i papirnatih proizvoda, međutim može se koristiti i za ostale materijale.

Najprije je cilj bio napraviti proizvod što manje mase koji će zauzimati malo prostora kako bi se olakšao proces proizvodnje, kako bi bilo lako moguće njime rukovati, skladištiti ga i prevoziti, a na samom kraju i korisniku upotrijebiti ga. Osmišljen je kao običan pravokutnik s prerezom na jednom dijelu, a koji je raspoređen na tri jednaka dijela odvojena dvama linijama savijanja kao što je prikazano slikom 29. Crnom bojom označene su linije po kojima se reže, crvenom bojom označavaju se linije savijanja, dok plava boja označava mjesto na kojem će se

materijal samo djelomično zarezati, odnosno nož na tim mjestima neće probiti materijal. To će biti važno u dijelu proizvodnje za pozicioniranje trakice koja pokazuje je li osoba zaražena virusom ili nije. Dimenzije, odnosno prirez rasklopljenog proizvoda iznosi 239x40 mm.



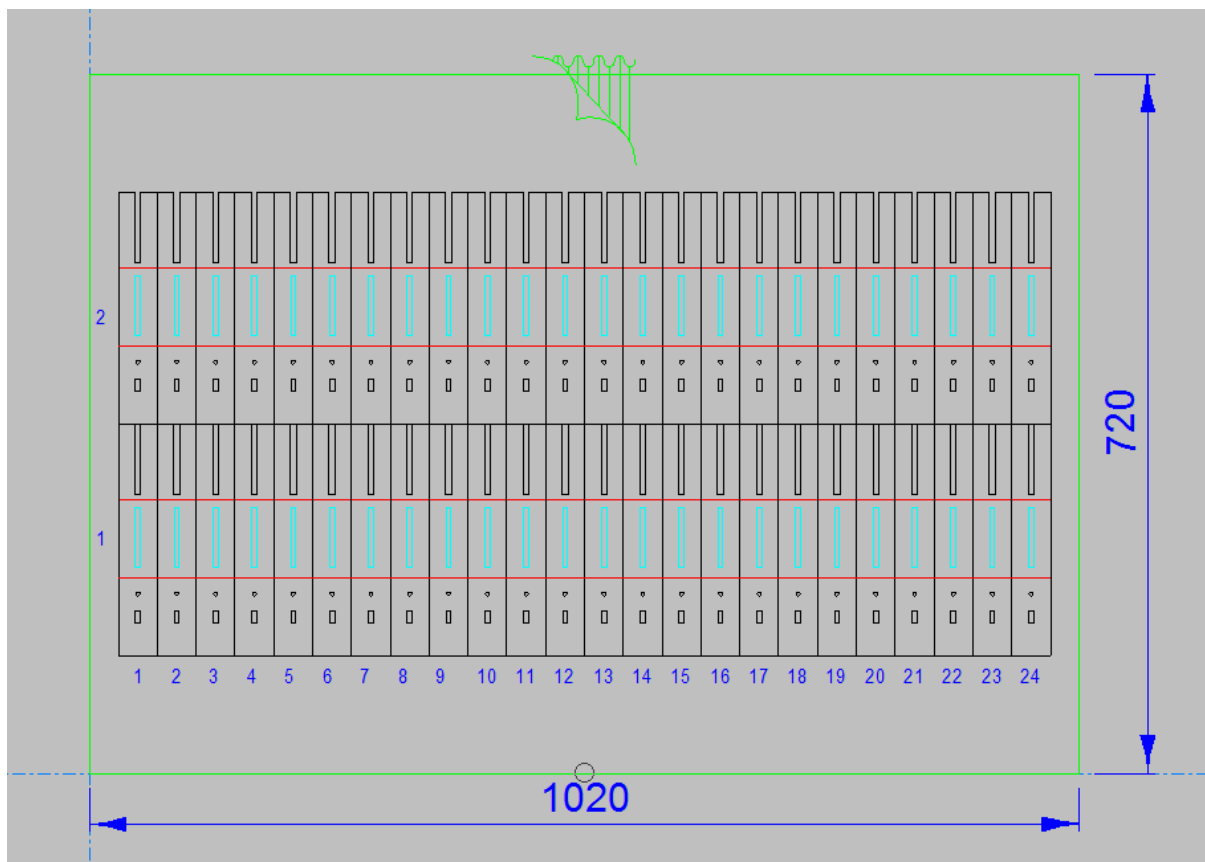
Slika 29. Crtež novog proizvoda u programu ArtiosCad

### 5.2.2. Odabir materijala i dimenzija ploče

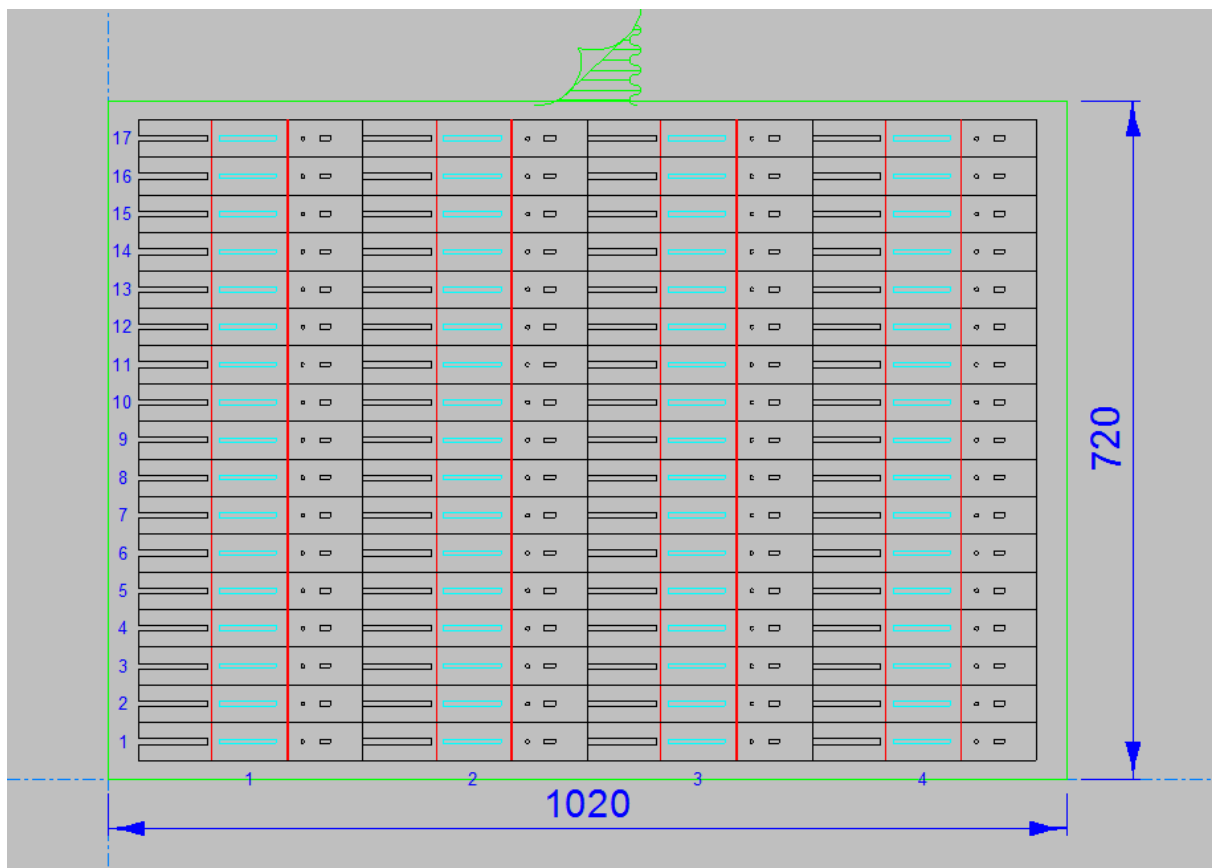
Nakon određivanja oblika testne kartice, slijedi odabir materijala koji bi bio najprikladniji proizvodu i njegovoj ulozi. Odabran je kartonski materijal Highpoint 295 g zbog odgovarajuće debljine i težine, a pri odabiru je najvažniji karakteristika bila mogućnost ponovnog upotrebljavanja, odnosno mogućnost recikliranja.

Nakon što je odabran materijal, odabire se kartonska ploča toga materijala, a ona je najčešće dimenzija proširenog B1 formata tj. 1020x720 mm ili 720x1020 mm, ovisno o smjeru toka vlaknaca punog kartona. U ovom slučaju potrebno je odabrati ploču tzv. „dugog toka“, odnosno ploču dimenzija 1020x720 mm. Kako i samo ime nagovještava, na toj vrsti ploče vlakna idu po duljoj stranici. To je bitno zbog linija savijanja. Nakon provedenog istraživanja u tvrtki prije nekoliko godina zaključeno je da je savijanje mnogo lakše i urednije ukoliko je tok vlakana kod punog kartona ili tok valova kod valovite ljepenke okomit na linije savijanja.

Osim toga, cilj je postići što veću iskoristivost odabrane ploče, odnosno iz jedne ploče dobiti najveći mogući broj proizvoda. Na slikama 30. i 31. može se vidjeti kako na ploču ako je ona kratkog toka mogu stati dva proizvoda po njenoj kraćoj stranici te 24 proizvoda po njenoj dužoj stranici, dok u obrnutom slučaju stanu četiri proizvoda po njenoj dužoj, a 17 proizvoda po njenoj kraćoj stranici. Jednostavnim množenjem tih brojeva dobije se kako u prvom slučaju na ploču stane 48 proizvoda ovih dimenzija, a u drugom ih može stati čak 68. Uzmemo li se u obzir oba uvjeta (linije savijanja i broj mogućih proizvoda na ploči), zaključno je kako se treba uzeti ploča dugog toka vlakana.



Slika 30. Kratki tok vlakana na ploči



Slika 31. Dugi tok vlakanaca na ploči

### 5.2.3. Odabir vrste tiska

Sljedeće na što se treba obratiti pozornost jest način ostvarenja tiska koji će biti na proizvodu. Na testnu karticu se tiska naziv testa koja je u ovom slučaju brzi antigenski. Slova S, C i T su uvriježene oznake koje se pojavljuju na svim testovima ovog tipa. Na mjestu označeno slovom S treba istisnuti tri do četiri kapi tekućine, dok su C i T oznake koje pokazuju prisutnost ili odsutnost virusa. Ukoliko se boja zadrži samo u polju označenom slovom C tada je test negativan, a virus (najčešće) nije prisutan, a ako boja ostane u oba polja, tada se test može smatrati pozitivnim.

Za tisak su u tvrtki zaduženi referenti grafičke pripreme koji se uglavnom koriste programom Adobe Illustrator nakon što dobiju nacrt proizvoda iz odjela CAD-a. Odjeli CAD-a i grafičke pripreme zajedno pripadaju odjelu razvoja.

Mogućnosti tiskanja na ovome materijalu su pomoću digitalnog tiska na stroju HP Scitex FB15500 koji ima rezoluciju do 1200 dpi, odnosno točaka po inču ili pomoću plošnog tiska,

koji se još naziva i *offset* tisak. U ovom slučaju koristit će se offset tisak iz dva razloga. Prvi razlog je vrlo povoljna cijena za veće naklade, a drugi razlog je taj što Scitexove boje sadrže neke otrovne spojeve koji bi mogli postati opasni prilikom ponovnog korištenja.

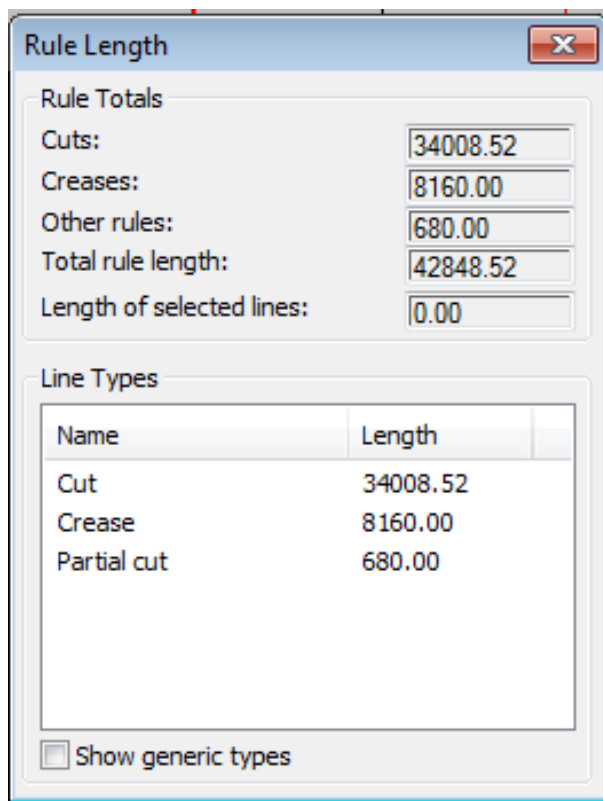
#### 5.2.4. Proces rezanja i formiranja proizvoda

Nadalje, iduća faza uključuje način rezanja kartona, odnosno na kojem će se stroju odvijati tehnologija rezanja. To uvelike ovisi o zahtijevanoj količini. U trenutnom proizvodnom sustavu postoje dvije mogućnosti rezanja punog kartona koje se mogu iskoristiti u ovom slučaju. To je rezanje na štancu, odnosno štancanje, ili rezanje na ploter, tj. rezač. U Republici Hrvatskoj dosad je službeno obavljeno više od 4,5 milijuna testova (Slika 32.), čiji se broj uvelike povećava kada se tome pribroje i kućni antigenski testovi. Stoga je plan za početak proizvesti **500 tisuća proizvoda**. Nakon nekog vremena, proizvodnja bi se trebala **višestruko povećati**.

Cote d'Ivoire	Feb 24, 2022 1.41 million	+1.40 million	+38,337%
Croatia	4.50 million	+4.50 million	+1,822,764%
Cuba	Jul 4, 2021 5.30 million	+5.30 million	+1,022,441%

**Slika 32. Ukupan broj službeno provedenih testova u Republici Hrvatskoj do 24. veljače 2022.**  
[16]

Za veće količine kao što je ova koriste se štanice zbog brzine kojom se može proizvesti veći broj proizvoda u jedinici vremena. U programu ArtiosCad u trenutku kada se proizvodi stave na ploču može se vidjeti koliko tzv. metara noža ima ukupno, to jest kolika je duljina (puta) koju nož treba odrezati ili presaviti. U ovom slučaju duljina puta noža iznosi 42,9 metara.



Slika 33. Duljina metara noža

Kad se želi vidjeti koliko je minuta rezanja na ploteru potrebno za izrezati cijelu ploču tada se put koji ploter mora prijeći podijeli sa 0,15 kako bi se dobilo vrijeme plotanja  $t$  u sekundama, a zatim i sa 60 kako bi se taj rezultat pretvorio u minute plotanja. Dijeljenje s brojem 0,15 dobiveno je nakon provedenog istraživanja gdje su se proizvodi različitih duljina noža slali na ploter kako bi se dobio što točniji rezultat. To nije potpuno točno jer brzina ovisi o broju dizanja i spuštanja noža, rasporedu linija i još mnogobrojnim parametrima, ali je najtočnije što se može dobiti.

- $42,9 \text{ m} / 0,15 = 286 \text{ s}$
- $286 \text{ s} / 60 = 4,8 \text{ minuta.}$

Iz podataka se može vidjeti kako bi se rezanje cijele ploče završilo u nešto manje od pet minuta, a kad se to podijeli s brojem proizvoda na jednoj ploči koji iznosi 68, dobije se da su **četiri sekunde** potrebne **za izrezati jedan proizvod**. U vremenskom periodu od jednog sata, moglo bi biti izrezano između 1500 i 1600 proizvoda. To je relativno brzo, međutim postoji mnogo brži način koji se, kao što je već ranije navedeno, koristi za naklade većih količina.



**Slika 34. Ploter (rezač) u tijeku rezanja proizvoda**

Riječ je o štancanju. Tijekom tog postupka moguće je izraditi 10 200 proizvoda u jednom satu. To znači da u vremenskom razdoblju od jednog sata stanca naspram plotera izradi **šest puta više proizvoda**. U tvrtki VELPROM d.o.o. postoje četiri različite vrste štanci čija se razlika najvećim dijelom očituje u dimenzijama. Budući da se ovdje radi o formatu B1, ova ploča stane u sve navedene štance. Za štancanje je potrebno izraditi alat pomoću kojeg se nakon toga izrađuje proizvod. Alat se najčešće naručuje u nekima od tvrtki, a najčešće u Laser profi forma d.o.o. Ukoliko se radi o hitnoj izradi, može se napraviti i u tvrtki VELPROM. Cijena izrade alata ovisi isključivo o duljini metara noža. Ispod pet metara noža iznosi 100 kuna po metru, a ukoliko alat ima više od toga, cijena je 80 kuna po metru. Nakon što se alat naruči, kroz nekoliko dana se može početi sa štancanjem.

Postupak izrade alata sastoji se od nekoliko koraka. Najprije se odredi veličina drvene daske na kojoj će se on nalaziti, a koja mora biti minimalno 40 mm veća od prireza alata, odnosno mora imati najmanje 20 mm prostora sa svake strane. Nakon toga se pomoću kružne pile odreže daska

na potrebne dimenzije. Na ploteru, koji na sebi osim noževa i bigova<sup>5</sup> ima i opciju olovke, iscrtaju se linije rezanja i savijanja. Osim tih linija, na alat se uvijek upisuju njegove karakteristike i polica na kojoj će on stajati.

U karakteristike alata spadaju:

- broj alata
- naziv proizvoda za koji je potreban alat
- materijal proizvoda koji se štanca
- dimenzije alata
- visina noževa i bigova
- duljina noža
- smjer vala ploče
- polica na kojoj se alat odloži na kraju procesa štancanja.

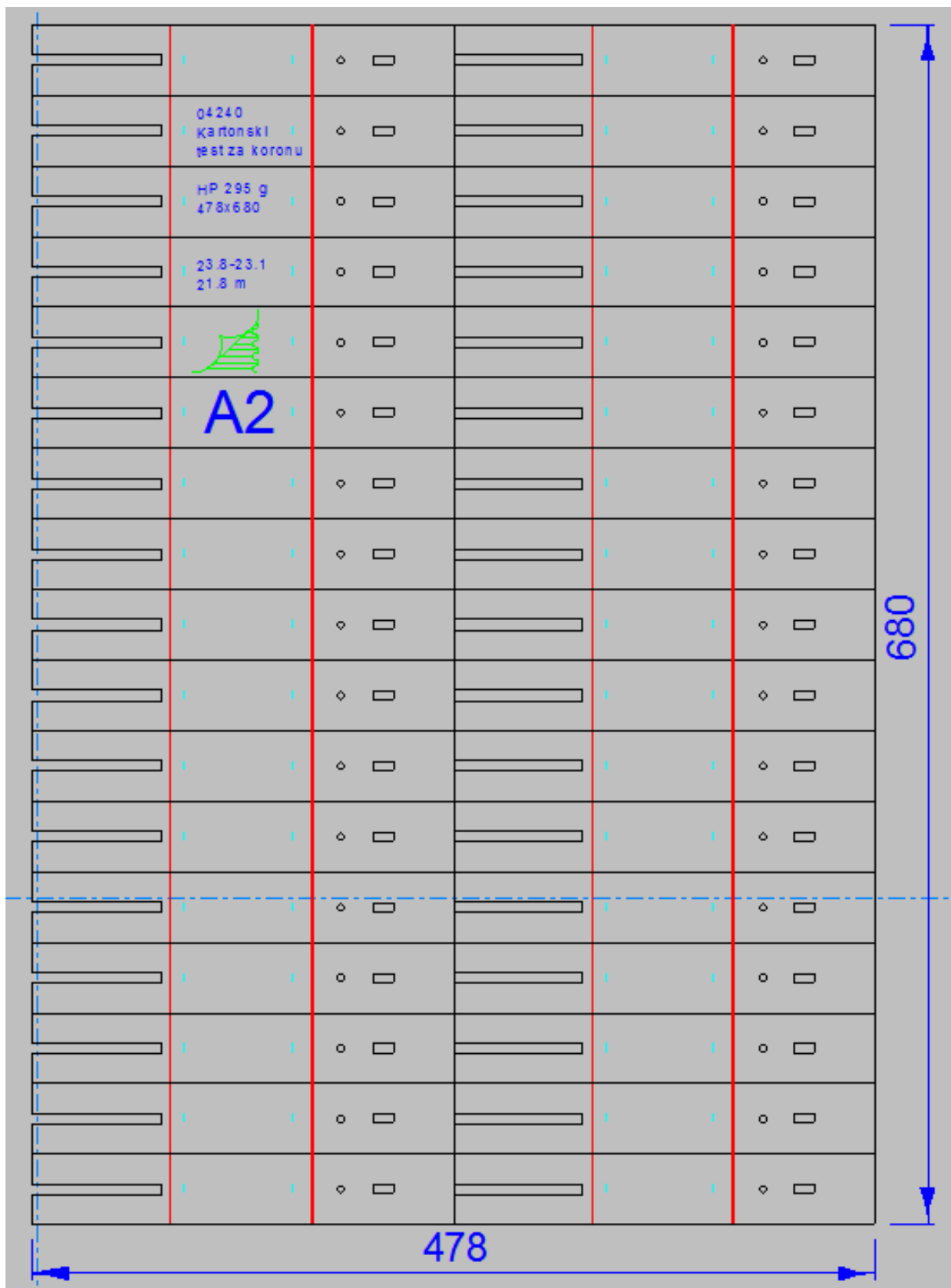
Nakon te faze pomoću bušilice se rade utori u dasci kako bi se mogli rasporediti noževi i bigovi i kako bi alat bio spreman korištenje.

Slika 35. prikazuje skicu alata u programu ArtiosCad koji se zatim šalje na izradu.

---

<sup>5</sup> zaobljeni noževi za savijanje

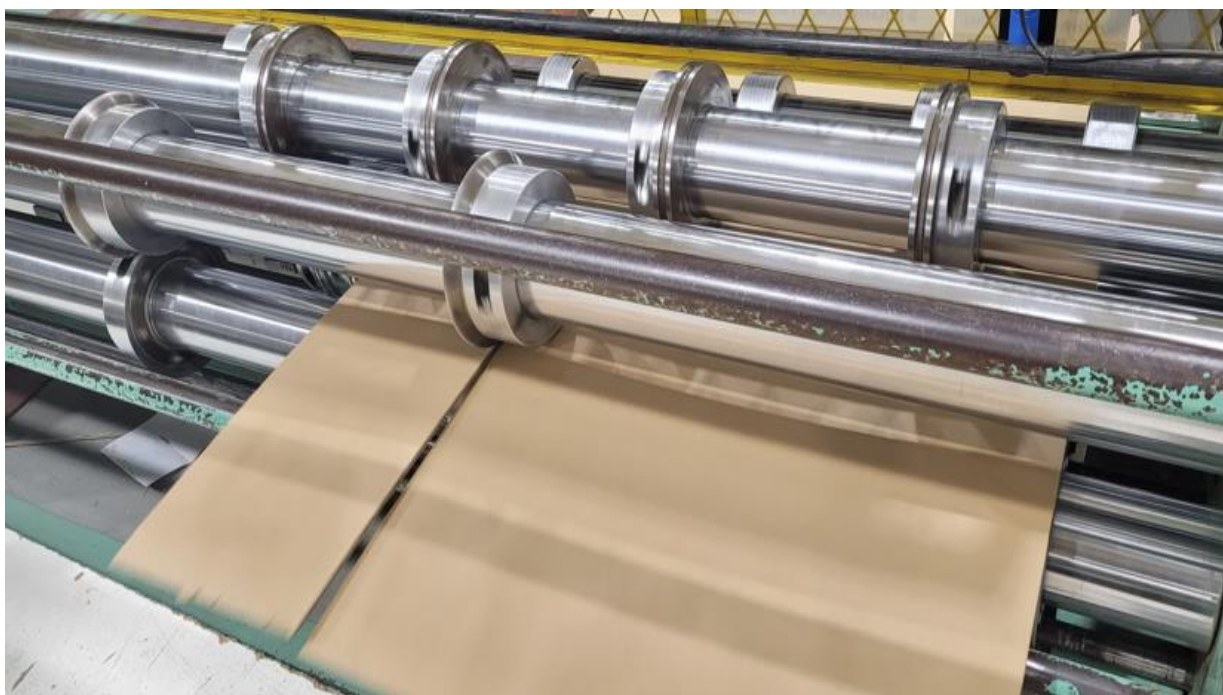




Slika 35. Crtež alata u programu ArtiosCad

Kada se alat izrađuje, u isto vrijeme mu se daje šifra koja se unosi u program Sloning kroz koji se prati rad tvrtke kako bi se u svakom trenutku moglo znati gdje se nalazi alat, a možda i iskoristiti ga ponovno za istog ili drugog kupca ukoliko traže sličan ili isti proizvod. Sve karakteristike alata prethodno nabrojane koje se upisuju na alat isto tako se upisuju i u taj program.

Jedna od loših strana štancanja je broj metara noža koji može biti na nekom alatu. Primjerice, na formatu B1 može biti maksimalno 25 metara noža inače se štancanje ne može izvesti jer dolazi do prevelikog oštećivanja proizvoda koji ima previše linija rezanja i savijanja. U ovom slučaju taj broj iznosi preko 40 metara pa će alat biti napravljen polovično, odnosno na dasci će biti noževi za 34 proizvoda, a ploča će se prije toga razrezati na dva jednaka dijela. Razrezivanje ploča može se vršiti na dva načina, pomoću motorne pile ili provlačenjem kroz rezačicu. Na njoj se od ruba namjesti nož na udaljenost  $s$  od 510 mm (Slika 36.) i uloži ploča koja se želi razrezati te se takav postupak ponovi toliko puta koliko je potrebno.



**Slika 36. Namještanje noževa na rezačici za razrezivanje ploče**

Ovaj proizvod se može proizvoditi na štanci B1 koja može u maksimalnoj brzini obaviti 400 štancanja po satu, međutim zbog sigurnosti radnika u proizvodnji te zbog dužeg roka trajanja stroja brzina je smanjena na 300 štancanja po satu. Za fiksiranje i centriranje alata na štanci

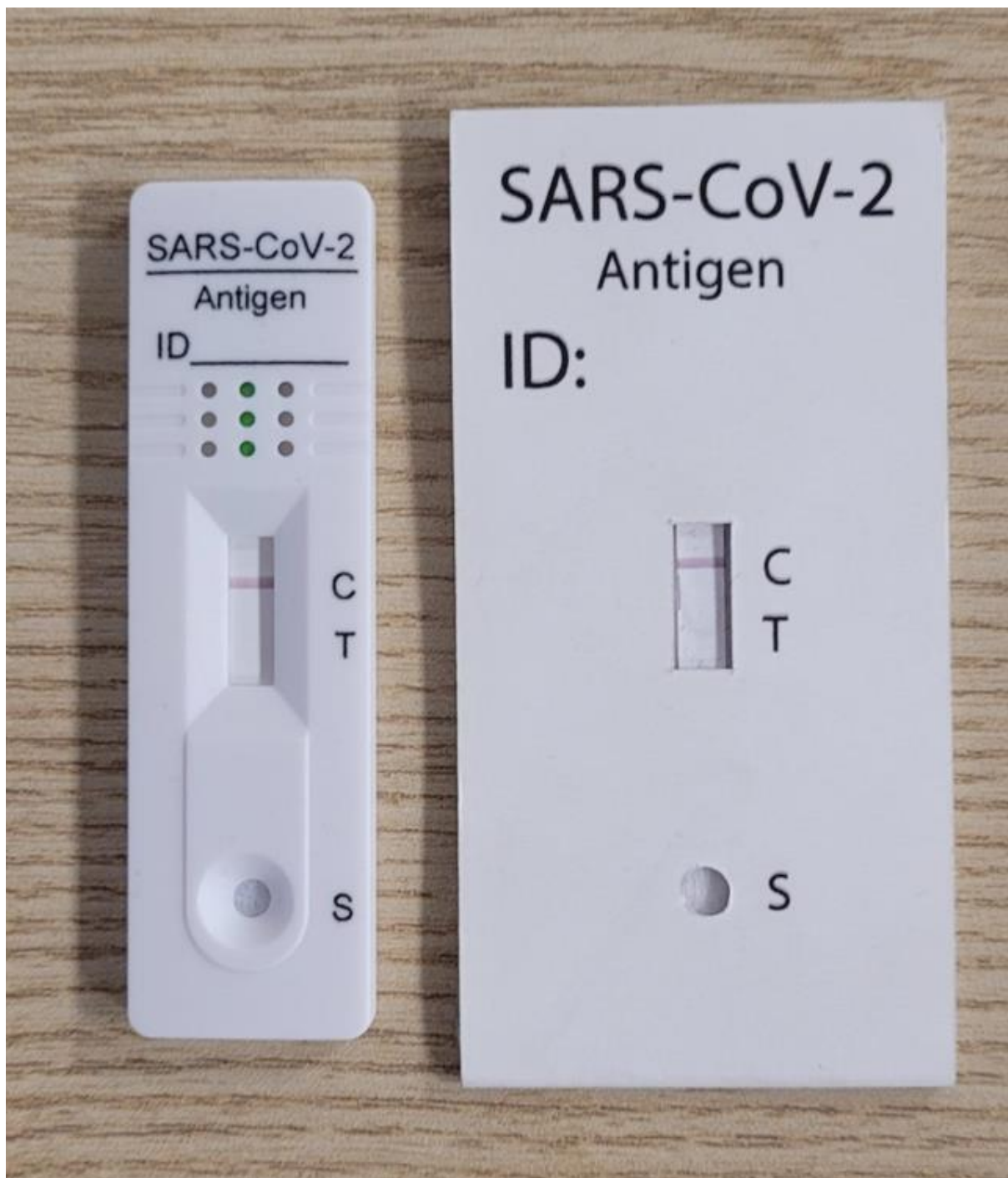
potrebno je otprilike pola sata. Budući da se iz jednog odštancaja može dobiti 34 proizvoda iz formata B2, to znači da se može dobiti **10 200 proizvoda u jednom satu**.

Kada se uspoređi broj proizvoda proizvedenih u satu na ploteru i na štanci vidljiva je ogromna razlika u količini. Kao što je ranije navedeno, na ploteru je moguće u jednom satu dobiti 1600 proizvoda, dok se štancanjem u istoj jedinici vremena dobije 10 200 proizvoda. Zbog toga kod većih naklada proces štancanja ima prednost ispred plotanja.

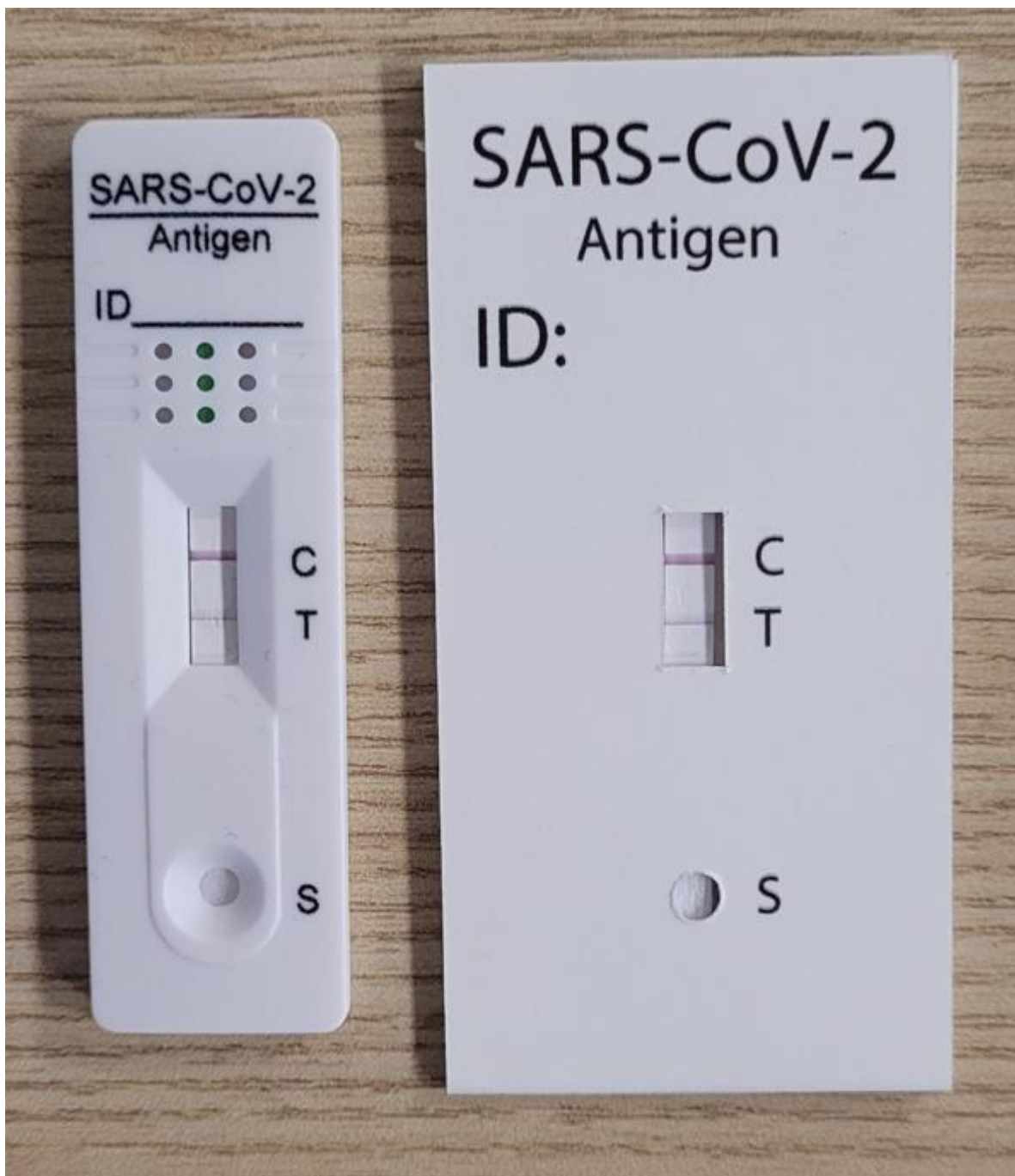
Nakon samog procesa rezanja slijedi proces dorade, odnosno formiranja proizvoda. Faza koja slijedi je rezanje i lijepljenje prozirnog duplofana tj. trake ljepljive s obje strane. Naručene su dvije debljine trake na mjeru koja su potrebne kako bi se proizvod mogao zalijepiti. Duplofan se reže škarama ili skalpelom na duljinu od 80 milimetara i deblja traka se zatim lijepi na središnji pravokutnik, a dvije tanje trake na manje pravokutnike. Na središnjem pravokutniku su linije koje obilježavaju mjestu na koje se može utaknuti trakica s bojom koja pokazuje zaraženost osobe. Nakon što se ona utakne, zalijepi se pravokutne stranice i dobije se gotovi proizvod. Za ovu doradu potrebne su dvije osobe, jedna koja duplofan reže na zadanu duljinu i druga koja ga lijepi. Dvije osobe tako mogu jedan proizvod formirati u 30 sekundi, što znači da se **u jednom satu formira 120 proizvoda** tim tempom.

#### ***5.2.5. Izrada prototipa i testiranje proizvoda***

Izrađen je prototip novog ispitnog uređaja i provedeno usporedbeno ispitivanje njime i postojećim ispitnim uređajem. Test je proveden na 10 osoba, što kolega, što članova obitelji i prijatelja. Svaka od osoba prvo je test obavila s trenutnim rješenjem testne kartice, a zatim nakon 15 minuta čekanja na rezultat, i test s novim rješenjem. Ishodi testa su pokazali identične rezultate. Osmero ispitanika bilo je negativno na oba testa, a dvoje je bilo pozitivno u oba slučaja. Rezultati jedne negativne i jedne pozitivne osobe mogu se vidjeti na slikama 37. i 38.



**Slika 37. Negativni rezultati testa na koronavirus: lijevo na postojećem uređaju a desno na prototipu novog uređaja**



**Slika 38. Pozitivni rezultati testa na koronavirus: lijevo na postojećem uređaju a desno na prototipu novog uređaja**

### 5.3. Dodatne mogućnosti upotrebe novog proizvoda

Postoji dodatna mogućnost ovakve vrste testiranja koja bi mogla znatno olakšati i ubrzati cijeli postupak koji slijedi nakon dobivanja pozitivnog testa. Nakon što test obavljen samostalno ispadne pozitivan, kontaktira se liječnik opće prakse kako bi se dobila uputnica za test. Zatim se ljudi naručuju na neki od punktova gdje je moguće obaviti PCR ili antigensko testiranje i tek nakon toga ukoliko im je ponovno ustanovljen pozitivan test idu u desetodnevnu samoizolaciju te nakon toga dobiju potvrdu o preboljenju koronavirusa. Sva sporost i nedostatak tog procesa bila je vidljiva u jeku pandemije. Naime, od kućnog pozitivnog antigenog testa do testiranja na punktovima je zbog velike gužve znalo proći i po tjedan dana. S obzirom da zaraza koronavirusom može trajati po svega nekoliko dana, odnosno prvi simptomi mogu doći prekasno, postoji mogućnost da zaražena osoba u periodu između dva testa u potpunosti ozdravi te drugi bude negativan.

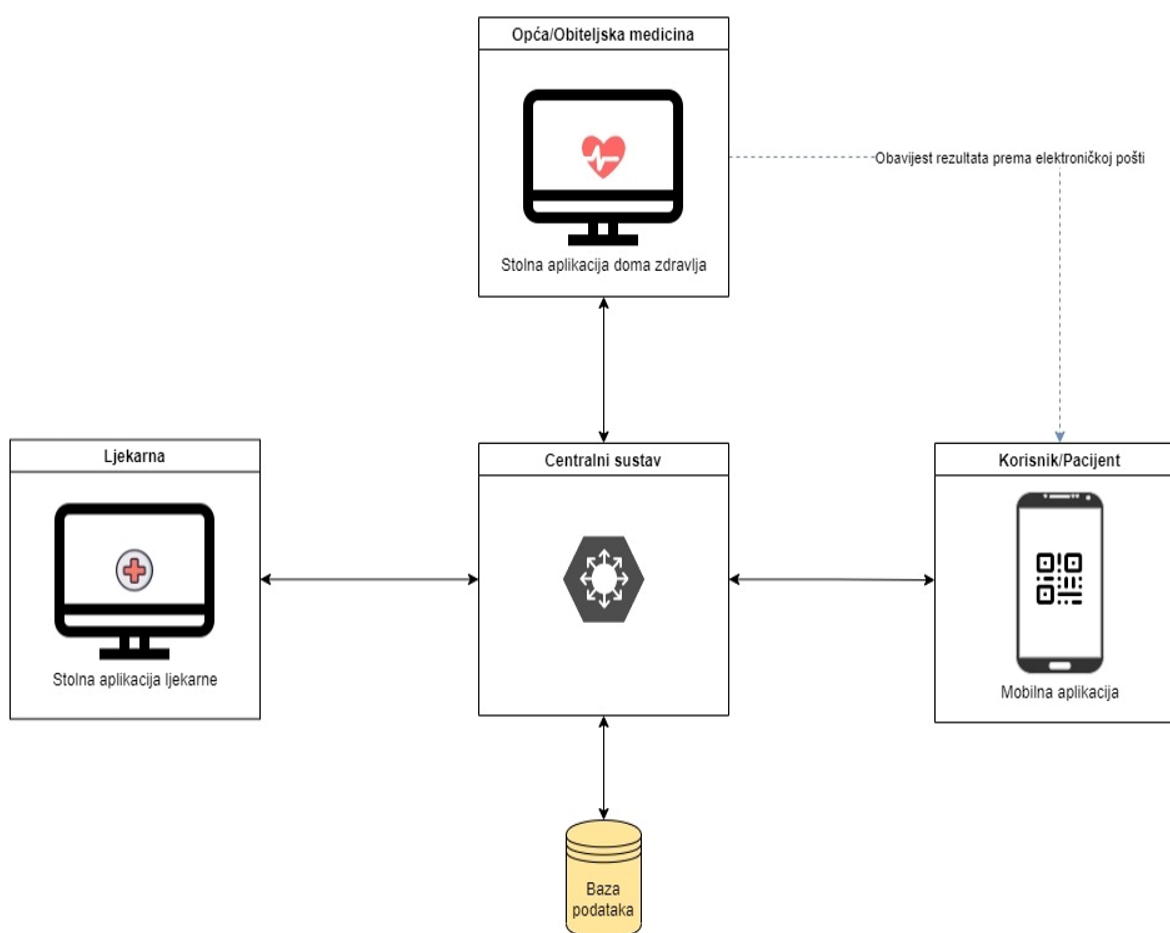
Kako bi se proces ubrzao potrebno je napraviti tri sustava koji bi međusobno komunicirali s istom bazom. Jedan sustav bi koristile ljekarne, drugi sustav korisnici antigenih testova, dok bi treći sustav bio u nadležnosti obiteljske doktorice. S obzirom da bi baza bila podijeljena na tri sustava i cijeli proces bi bio isto tako sveden na tri koraka.

Prvi korak činio bi dolazak korisnika u ljekarnu po antigeni test. Prodavačica na blagajni traži na uvid neki dokument ili jednostavno pita za OIB te ga unosi u sustav povezujući ga s brojem koji se nalazi na kutiji u kojoj je test. Taj broj na kutiji jedinstveno je povezan s QR kodom koji se nalazi na poledini testne kartice.

U drugi korak ulazi testiranje korisnika. Ukoliko je test pozitivan, osoba skenira QR kod na poledini testa i otvori se jedinstvena forma u kojoj je potrebno unijeti osobne podatke kao što su ime, prezime, OIB i e-mail na koji se može primiti obavijest. Uz to još je potrebno priložiti slike testa i osobne iskaznice radi validacije, odnosno provjere valjanosti. Sustav tada provjerava podudaraju li se uneseni podaci s onima iz prvog sustava upisanih u ljekarni. Ako su podaci jednaki, na navedeni e-mail se dobiva poruka da su podaci validni te da će nakon što ih obiteljska doktorica potvrdi nastupiti desetodnevna samoizolacija nakon koje će se preko sustava moći podići potvrda o preboljenju virusa.

Naposljetku, obiteljska doktorica ima treći sustav povezan na zajedničku bazu s prva dva. Ona dobije obavijest kako je došao novi zahtjev za izdavanjem samoizolacije i COVID potvrde. Tada jednostavno otvori podatke i sliku testa te usporedi navedeni OIB sa slikom osobne iskaznice ili nekog drugog dokumenta te ovisno o tome potvrdi ili odbije valjanost testa. Nakon pritiska na opcije Potvrdi/Odbij, korisniku na e-mail dolazi povratna informacija kako je od tog dana u bazi naveden kao pozitivan, stoga se mora pridržavati pravila samoizolacije, a nakon tog perioda može dobiti COVID potvrdu.

Slika 39. daje pojednostavnjen prikaz povezanosti triju sustava koji imaju jednaku bazu.



**Slika 39. Prikaz povezanosti triju sustava s jednom bazom**

Osim slučaja ubrzanja procesa testiranja ljudi, vrlo dobra stvar je kod ovih tipova testova što se mogu koristiti i u **različite svrhe**. Jedan od najboljih primjera za to jest test za trudnoću. Princip rada toga testa sastoji se od nekoliko jednostavnih koraka:

- vađenja testnog štapića iz omota

- stavljanja apsorbirajućeg vrha pod mlaz urina na pet sekundi
- čekanja jedne do tri minute
- očitavanje rezultata.

Zapravo se taj test svodi na vrlo slične korake koji su uključeni i u testiranju na koronavirus. Tekućina se pomiješa s nekim od reagensa te se nakon nekog vremena vidi je li test pozitivan ili negativan. Jedina razlika je što se u ovom slučaju uzima bris nosa, dok se rezultat testa za trudnoću dobiva pomoću urina.

Konstrukcija testne kartice bila bi promijenjena, bila bi veća kako bi se test mogao lakše provesti, a i otvori na kartici bi trebali biti veći. Samim time radio bi se novi alat za štancu na kojem bi moglo stati manje testova pa bi vrijeme proizvodnje bilo nešto duže, ali u funkciji ne bi bilo nikakvih promjena.



## 6. RAZVOJ SUSTAVA ZA PROIZVODNJU NOVOG UREĐAJA ZA TESTIRANJE

### 6.1. Koncept

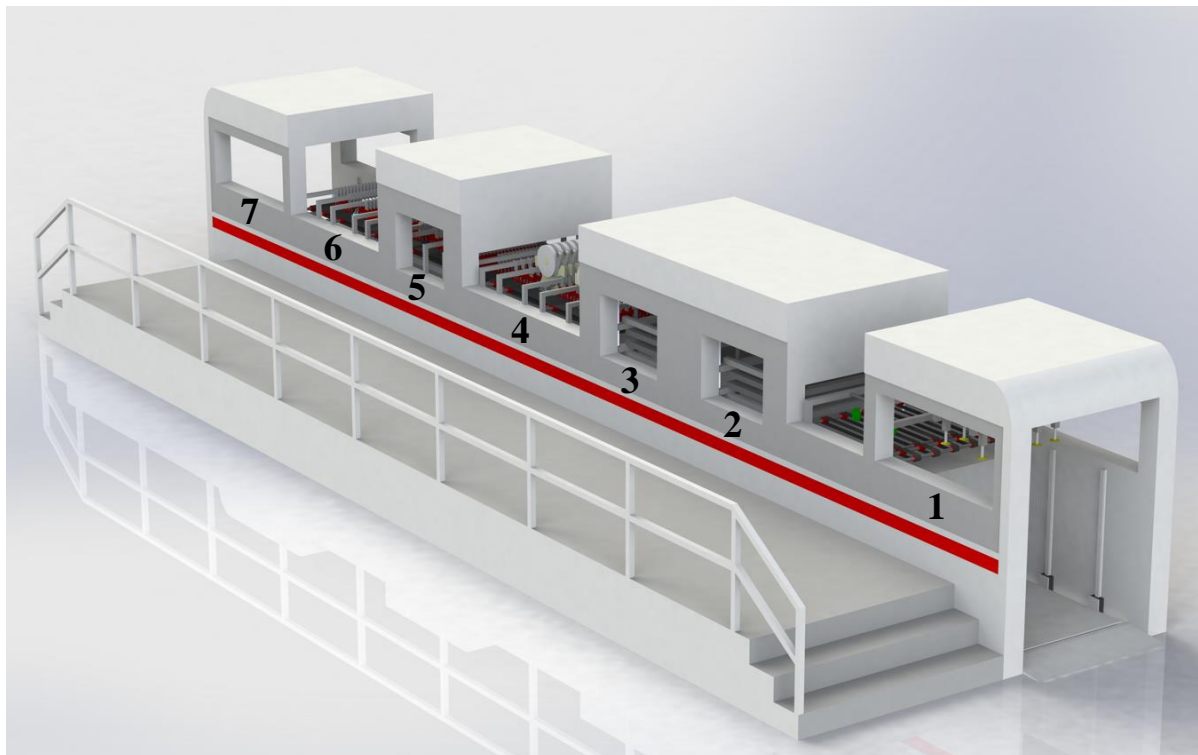
S obzirom na ranije spomenute željene količine, koje bi na početku bile 500 tisuća, a kasnije i mnogo više, proizvodnja bi trebala biti automatska.

Automatizacija predstavlja upravljanje strojevima, procesom ili sustavom s pomoću mehaničkih i elektroničkih uređaja koji zamjenjuju ljudski rad. Pojam automatizacije usko je povezan s pojmom mehanizacije, jer oba pojma označavaju zamjenu ljudskog rada strojevima i uređajima. [19] To se najčešće događa u nekim poslovima koji su preopasni i naporni za čovjeka ili na poslovima gdje se treba postići veća produktivnost, a to se može postići upravo uvođenjem strojeva.

U proizvodnom procesu navedenom i opisanom u poglavlju 5. postoji jedan nedostatak, a to je ljudski faktor prilikom lijepljenja duplofana i savijanja testa. Dio vezan za štancanje gdje se **u jednom satu odštanca 10 200 komada** je relativno dobar, međutim i tu se može povećati produktivnost samog procesa odabirom štanice koja bi mogla izvesti više od 300 štancanja u satu.

Zbog toga je osmišljen sustav s više strojeva koji bi mogao uvelike povećati produktivnost proizvodnje testnih kartica. Sustav je oblikovan i vizualiziran pomoću programa Solidworks (Slika 40.). Izgled i konstrukcija samog sustava inspirirana je sustavom tvrtke BOBST [20] uz dodatke koji su bili potrebni ovdje za provođenje određenih procesa.

Dužina sustava iznosi 13 m, širina 4 m, dok mu je visina 2,3 m. Masa iznosi 18 tona.



**Slika 40. Prikaz sustava u programu Solidworks**

Navedeni sustav sastoji se od **sedam različitih stanica** koje će biti prikazane u nastavku rada i stepenica te povišene površine kako bi se obavljao nadzor procesa u tijeku samog rada. Svakoj stanici dodijeljen je naziv s obzirom na proces koji se unutar nje obavlja pa tako postoje:

1. stanica za ulaganje
2. stanica za štancanje
3. stanica za čišćenje
4. stanica za nanošenje duplofana
5. stanica za utiskivanje testne trakice
6. stanica za savijanje
7. stanica za izlaz gotovih proizvoda.

Najsporiji dio sustava čine stanice za nanošenje duplofana i stanica za savijanje iz razloga što su postavljene u dva reda, odnosno na toj stanici imaju dvije radnje koje se moraju obaviti. Kod nanošenja duplofana se to događa zato što se u prvom redu nalazi devet, a u drugom osam mehanizama za nanošenje duplofana. Kod savijanja je razlog taj što je potrebno najprije saviti prvi dio testa, a nakon toga i drugi dio kako bi se formirao gotovi proizvod.

Na tim stanicama moguće je odraditi 30 redova u jednoj minuti. Kada se taj broj pomnoži sa 60 dobije se da se odradi 1800 redova po satu. Budući da u jednom redu postoji 17 proizvoda, dolazi se do broja od 30 600 proizvoda u satu na stanicama za nanošenje duplofana i savijanja. Samim time toliko je proizvoda u satu potrebno odraditi i na ostalim stanicama kako se tempo ne bi narušio:

- $30 \text{ redova/minuta} * 60 = 1800 \text{ redova/h}$
- $1800 \text{ redova/h} * 17 \text{ proizvoda u jednom redu} = 30\,600 \text{ proizvoda/h}$ .

Na jednom arku kartona nalazi se 68 proizvoda. Kada se ukupni broj proizvoda proizvedenih u satu podijeli s tim brojem dobije se 450 araka koji su potrebni kako bi se toliko proizvoda proizvelo u jednom satu:

- $30\,600 \text{ proizvoda/h} / 68 \text{ proizvoda na jednom arku} = 450 \text{ araka/h}$ .

U nastavku je prikazana svaka stanica zasebno te su opisani procesi koji se odvijaju na tim stanicama.

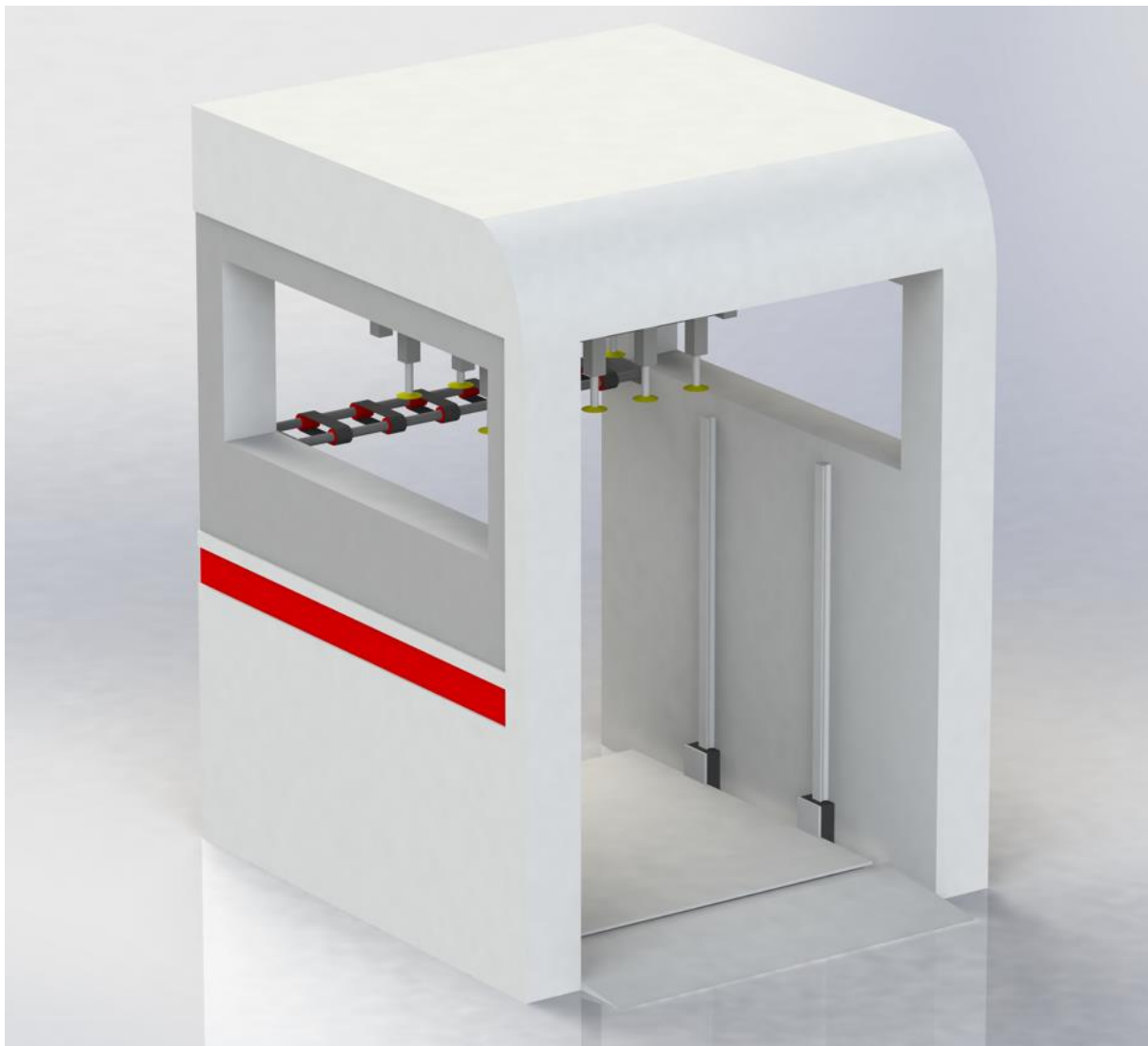
## 6.2. Pojedinačni prikaz stanica

### 6.2.1. Stanica za ulaganje

Ploče koje će se ulagati najprije se šalju na *offset* tisak u jednu od tvrtki koje se time bave te se nakon određenog vremena otisnute ploče dopremaju u VELPROM. Nakon kontrole kvalitete tiska za koju su zaduženi referenti odjela grafičke pripreme slijedi transport paleta s pločama do stroja pomoću viličara. Zatim slijedi ulaganje palete u stroj. Paleta na kojoj se nalaze otisnute ploče pomoću viličara se pozicionira na ulagači stol. Onda se pomoću okomitih vodilica i kliznih uzdužnih ležaja podiže na određenu visinu gdje se ploča preko sisaljki koje su obojane u žuto (Slika 41.) prebacuje na plosnati remen te ide dalje prema drugoj stanici.

Budući da se ploče moraju na ulagači stol staviti radom čovjeka s jedne strane može se reći da je riječ o poluautomatskom sustavu. Međutim, gledano s druge strane, čovjek taj rad mora obaviti relativno rijetko pa se također može reći da se radi i o gotovo potpuno automatiziranom sustavu. Naime, visina na kojoj sisaljke preuzimaju papir iznosi 1,5 metara. S obzirom da je

visina palete 144 milimetra, a debljina 295-gramskog kartona Highpointa 0,5 milimetara, zaključak je da na jednu paletu može stati 678 ploča punog kartona. Kada se taj broj pomnoži s brojem proizvoda koji se dobiju iz jedne ploče (68 komada) dobije se količina od 46104 proizvoda. Nakon što stol dostigne najveću visinu vraća se u početni položaj kako bi se proces mogao ponoviti.



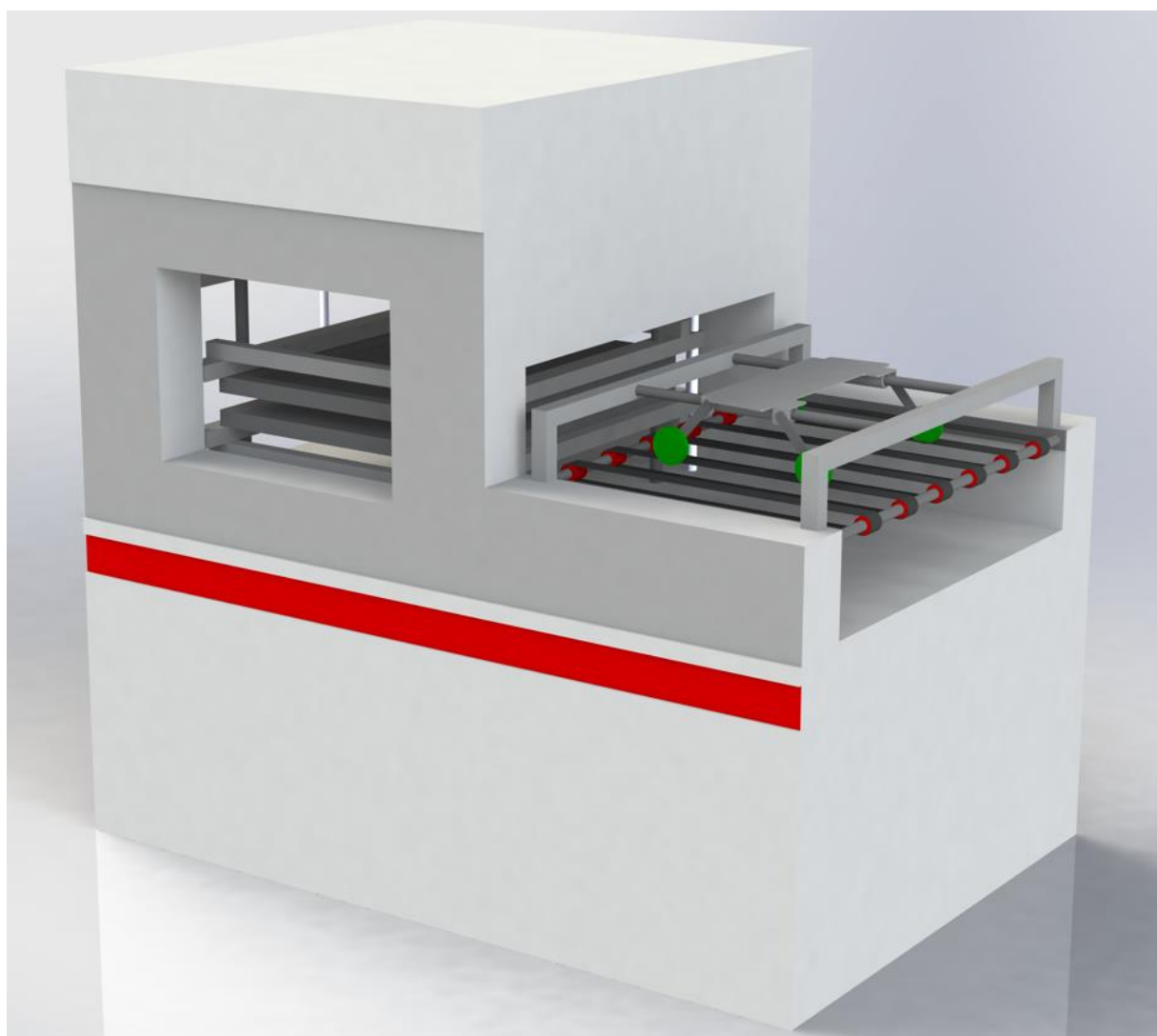
**Slika 41. Stanica za ulaganje**

### **6.2.2. Stanica za štancanje**

S plosnatog remena na stanici za ulaganje ploča se prebacuje na remen stanice za štancanje (Slika 42.). Četiri kotačića zelene boje služe za centriranje i fiksiranje ploče odnosno imaju ulogu sprječavanja rotiranja ploče prilikom gibanja. Remenskim prijenosom ploča dolazi na

stol za štancanje. Gornji stol se pomoću hidrauličkih cilindara spušta velikom brzinom i velikom silom pritišće ploču. Unutar gornjeg stola nalazi se alat. Prije nego što proizvodni proces krene potrebno je namjestiti željeni alat i dobro ga zategnuti kako bi se izbjeglo njegovo ispadanje. Ukoliko je potreban neki drugi alat, jednostavno se zamijeni starim, a stari se odloži na jednu od polica namijenjenim za skladištenje alata.

U ovom slučaju koristi se alat za štancanje testne kartice koji je ranije prikazan. Nakon što se proštanca, slijedi proces čišćenja otpada.



**Slika 42. Stanica za štancanje**

### 6.2.3. Stanica za čišćenje

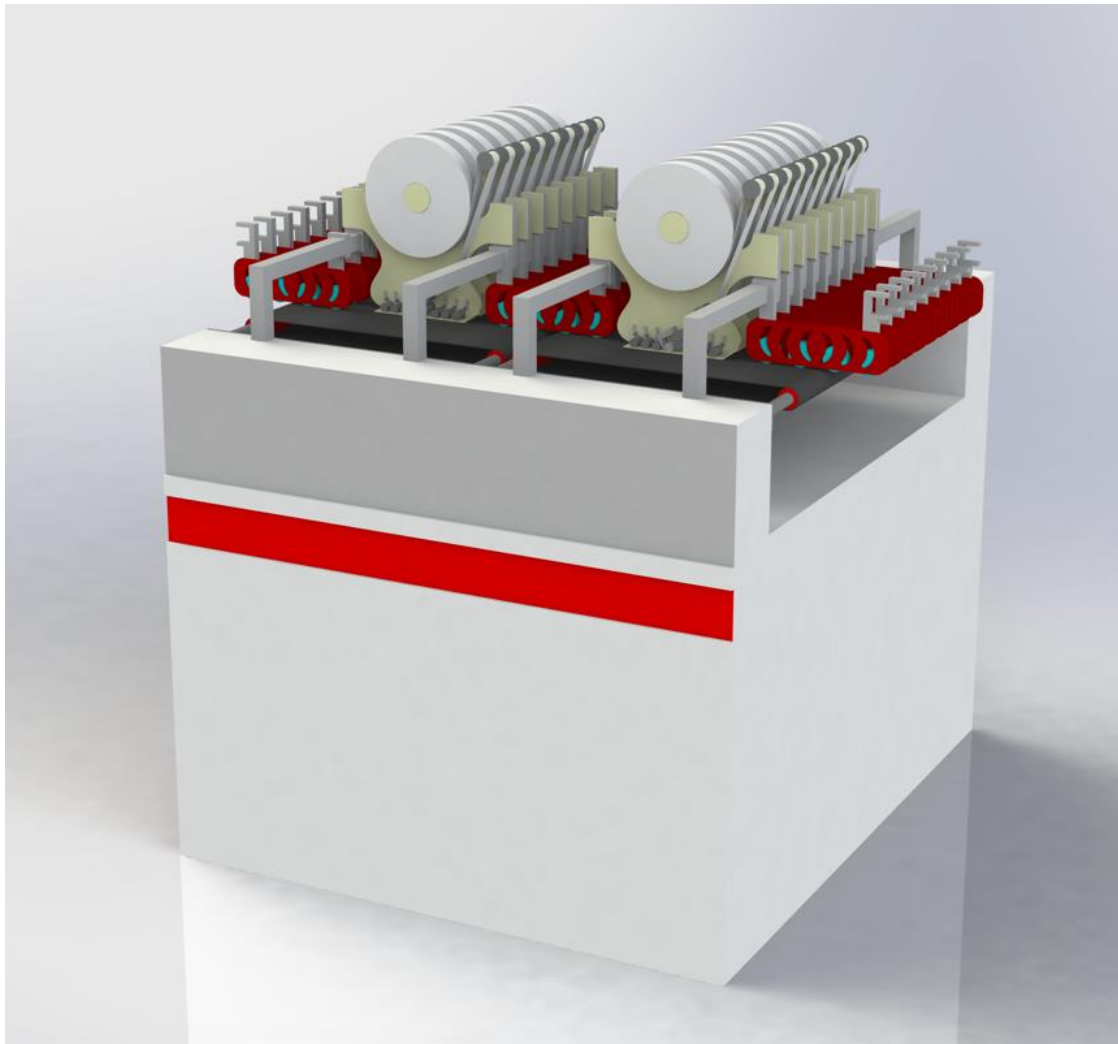
Odmah nakon štancanja slijedi čišćenje kako bi se odstranio višak materijala koji nakon tog rezanja ostaje. Stanica za čišćenje izgleda slično onoj za štancanje međutim razlikuje se u alatu (Slika 43.). Točnije, alat za čišćenje potpuno je suprotan onome za štancanje i nalazi se na donjem stolu kako bi višak materijala mogao pasti kroz njega i na taj način ostati samo testovi koji se prenose do sljedeće stanice. Na ovoj stanici alat ima i male vibracije kako bi još lakše bilo otresti višak. U rupi na dnu stanice za čišćenje pozicionira se remen kojim se kartonski otpad odvozi prema mjestu navedenom za tu vrstu otpada nakon čega se odmah i reciklira.



Slika 43. Stanica za čišćenje

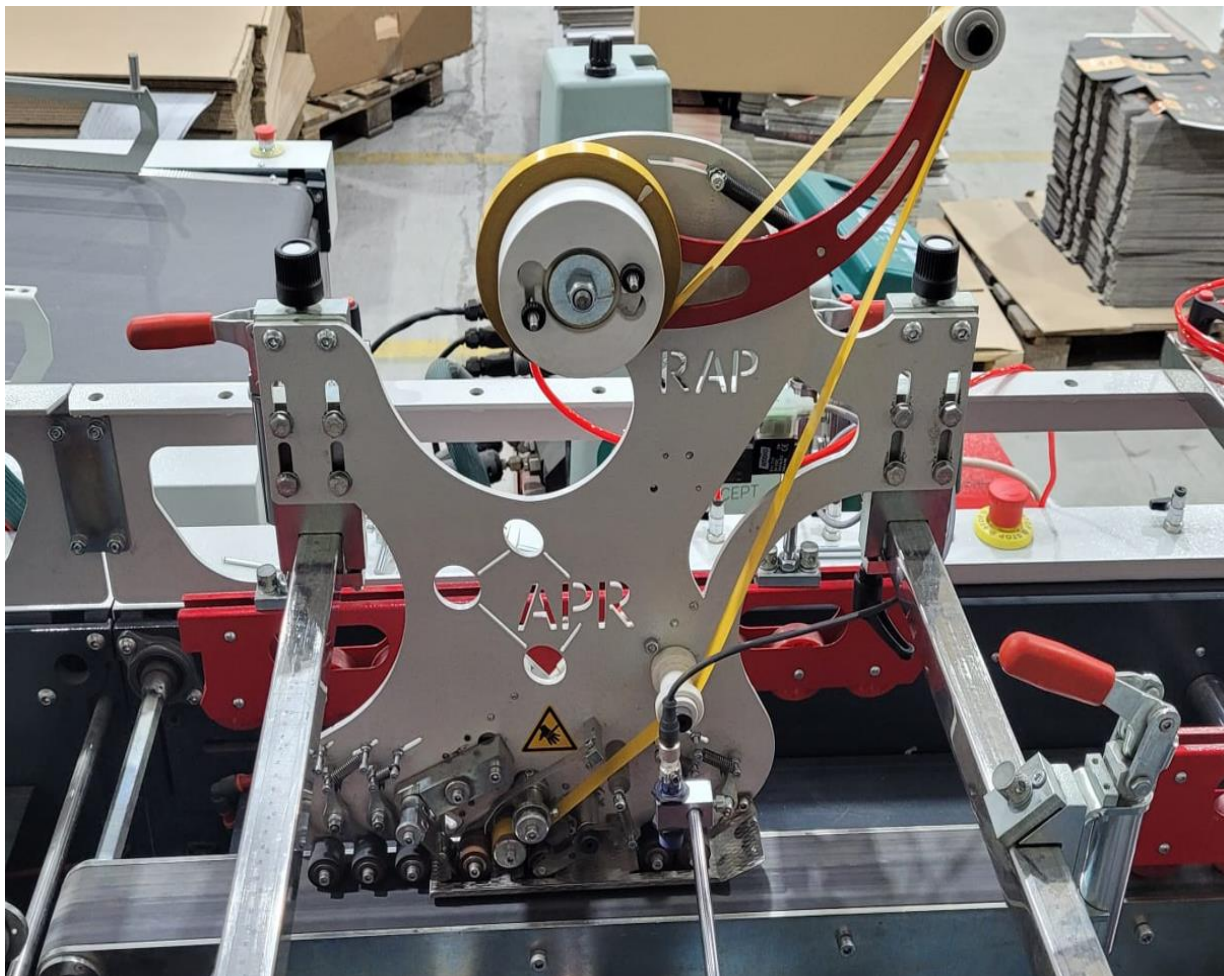
### 6.2.4. Stanica za lijepljenje duplofana

Nakon čišćenja ostaju iz jedne ploče četiri reda po 17 testova u svakom od tih redova. Zatim slijedi stanica za lijepljenje duplofana (Slika 44.).



**Slika 44. Stanica za lijepljenje duplofana**

Ideja za mehanizam pomoću kojeg se zalijepi duplofan dobivena je iz tvrtke VELPROM, odnosno napravljena prema mehanizmu koji se nalazi u ljepljici koja se nalazi u radionici (Slika 45.).



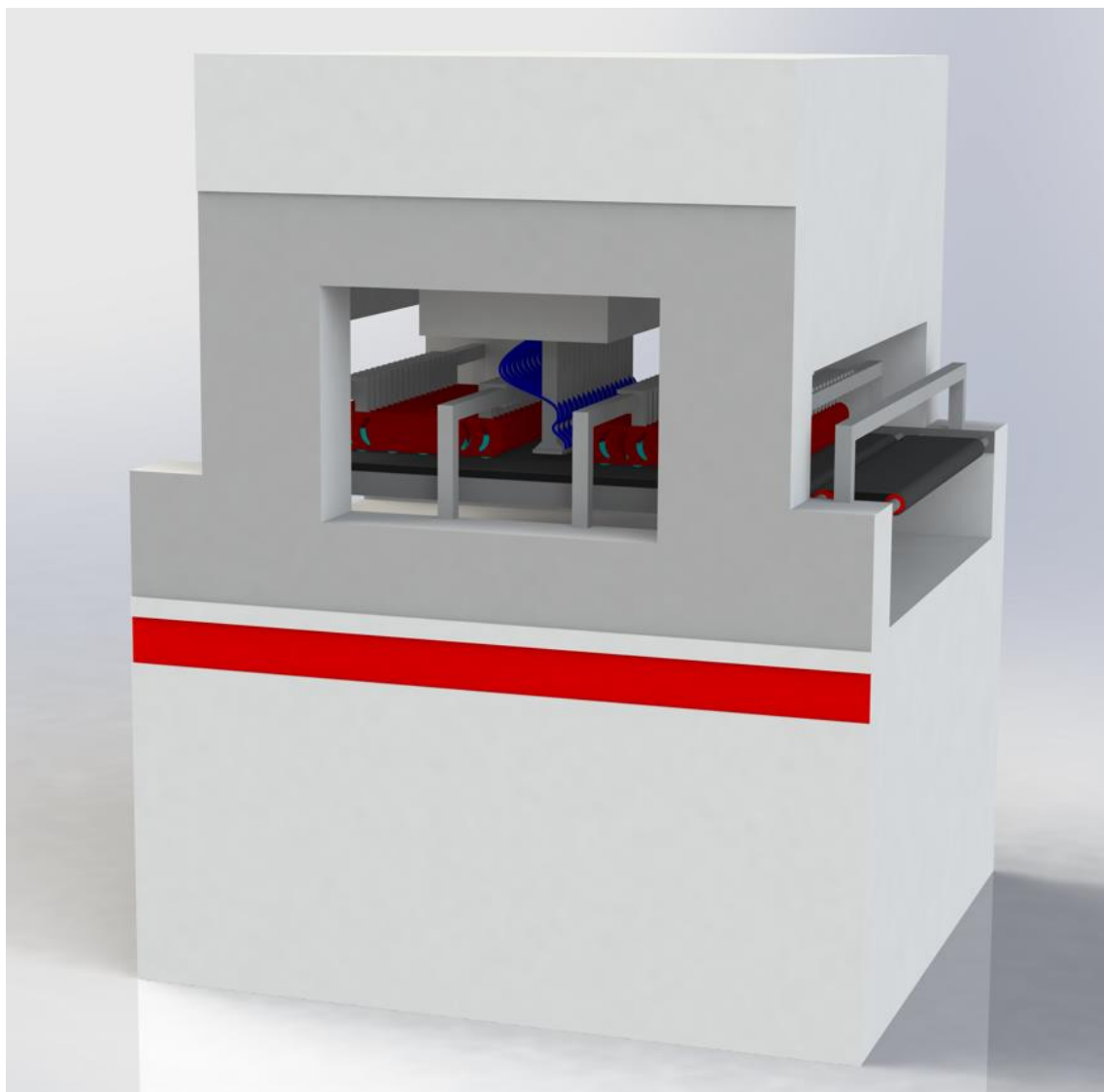
**Slika 45. Mehanizam za lijepljenje duplofana**

Navedeni mehanizam sastoji se od nekoliko dijelova. Prvi dio su kotačići koji sprečavaju da se kutija ili u ovom slučaju testne kartice tijekom gibanja ne bi pomicala, već išle po ravnoj liniji. S obzirom da mehanizam ima debljinu koja je veća od 40 mm koliko iznosi debljina testne kartice, oni su raspoređeni u dva reda. U prvom redu je njih devet, a u drugom osam što u zbroju daje ukupno 17 komada te predstavlja broj testova u jednom redu. Na velikom kolutu je namotan žuti duplofan koji se zatim namata preko pokretne šipke na vrhu koje je kotačić preko kojega duplofan klizi prema donjem dijelu naprave. Donji dio sastoji se od većeg broja kotačića koji usmjeravaju duplofan prema testu na koji se zalijepi. Na samom dnu mehanizma postoji maleni nož koji u određenom trenutku prekine lijepljenje te nakon toga dolazi sljedeći test na red.



### 6.2.5. Stanica za utiskivanje testne trakice

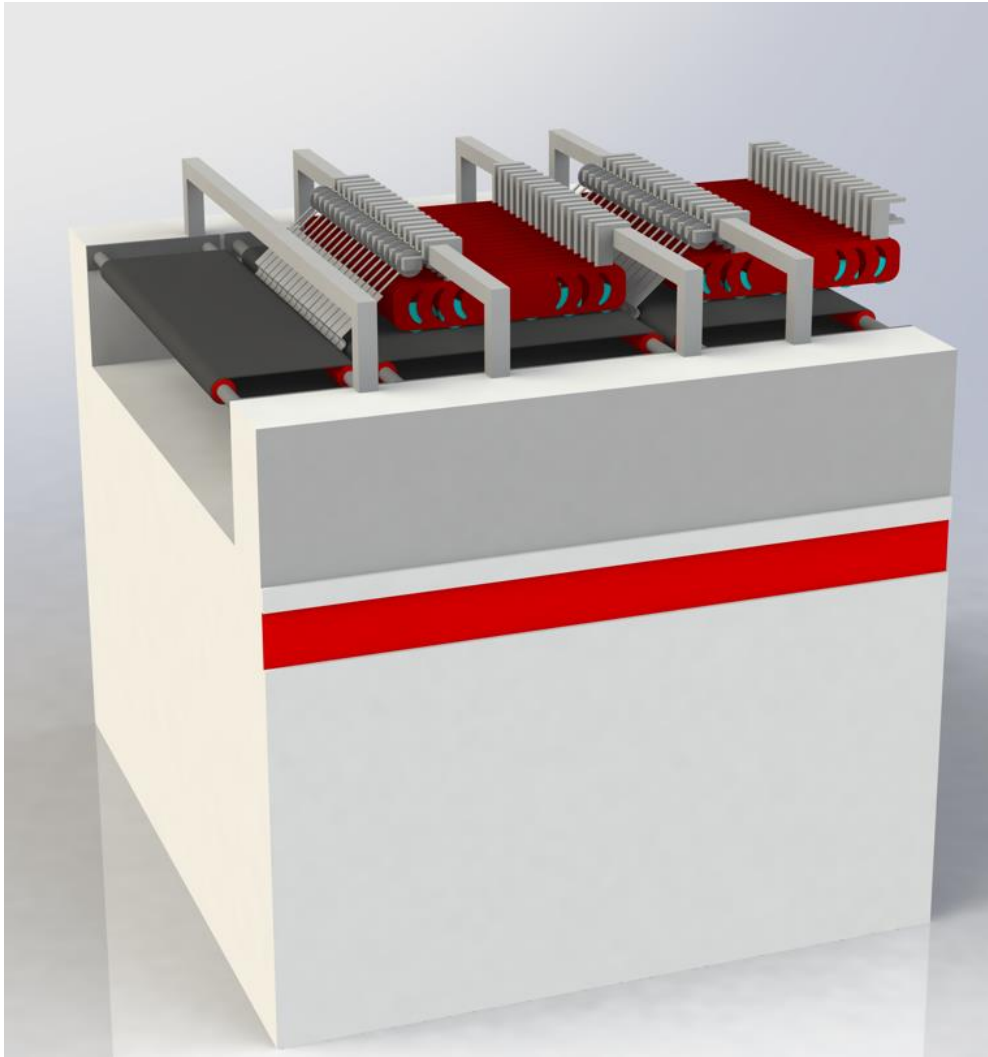
Nakon što se duplofan zalijepio na dvije površine slijedi utiskivanje testne trakice (Slika 46.). Na vrhu postoji uređaj za punjenje u kojem se veće ploče na kojima su brojne trakice razrezuju i spuštaju kako bi se utisnule. Testne trakice utiskuju se u sredinu središnje plohe testne kartice na mjesto koje je za to predviđeno. Testovi se dovode na ovu stanicu i odvođe s nje pomoću remenskog prijenosa kojem pomažu kotačići.



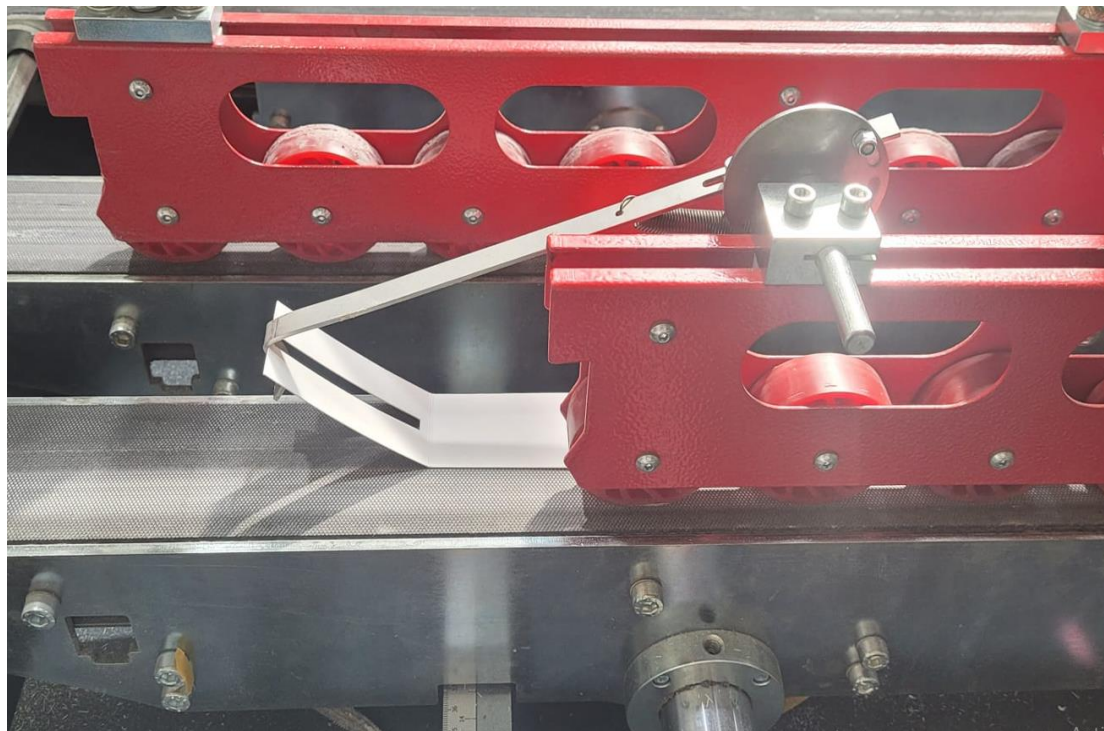
**Slika 46. Stanica za utiskivanje testne trakice**

### 6.2.6. Stanica za savijanje

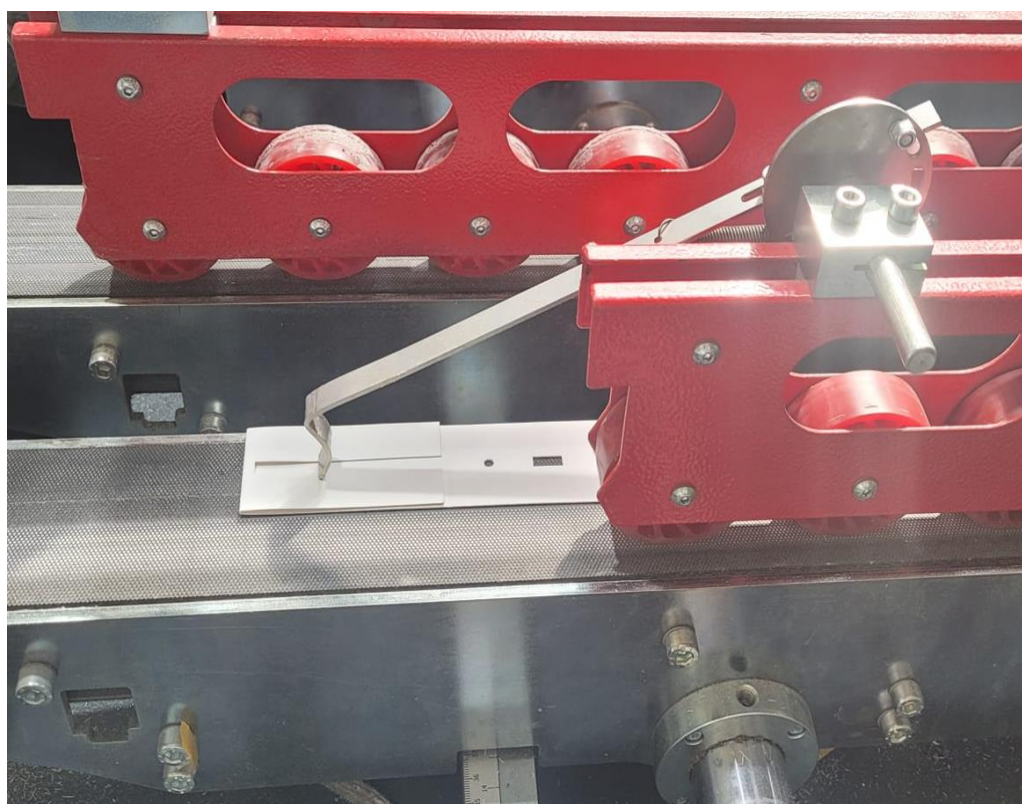
Nakon što je testna trakica utisnuta na sredinu testa slijedi savijanje dviju njegovih ploha – Slika 47. Kao i kod lijepljenja duplofana i u ovom slučaju je mehanizam preuzet iz tvrtke VELPROM (slike 48. do 51.)



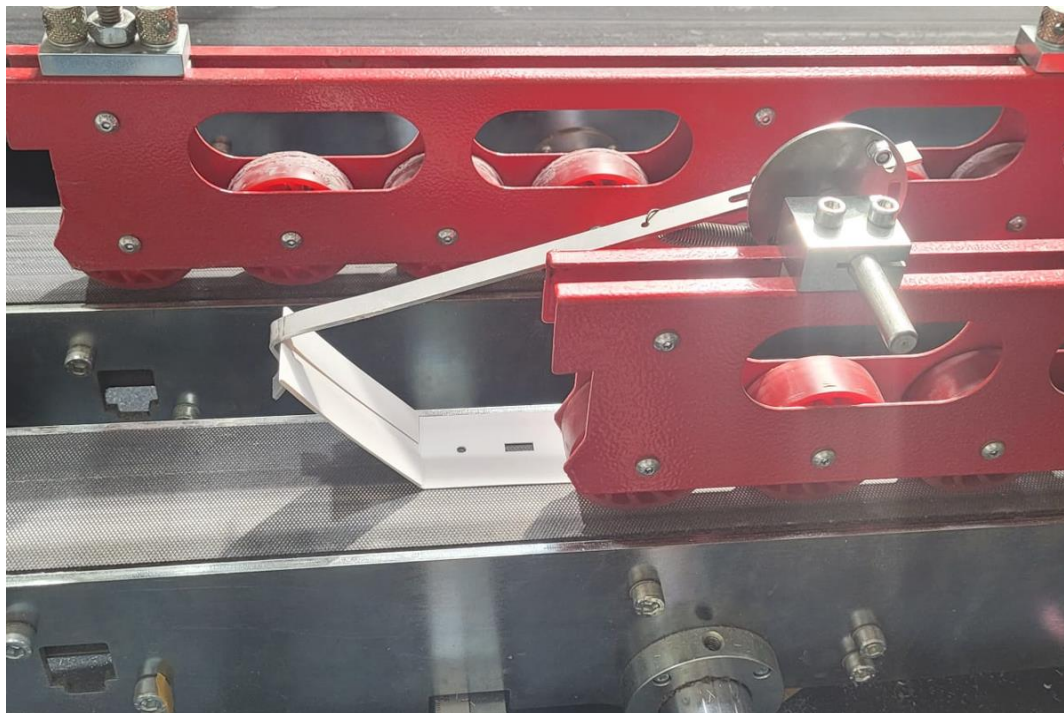
Slika 47. Stanica za savijanje



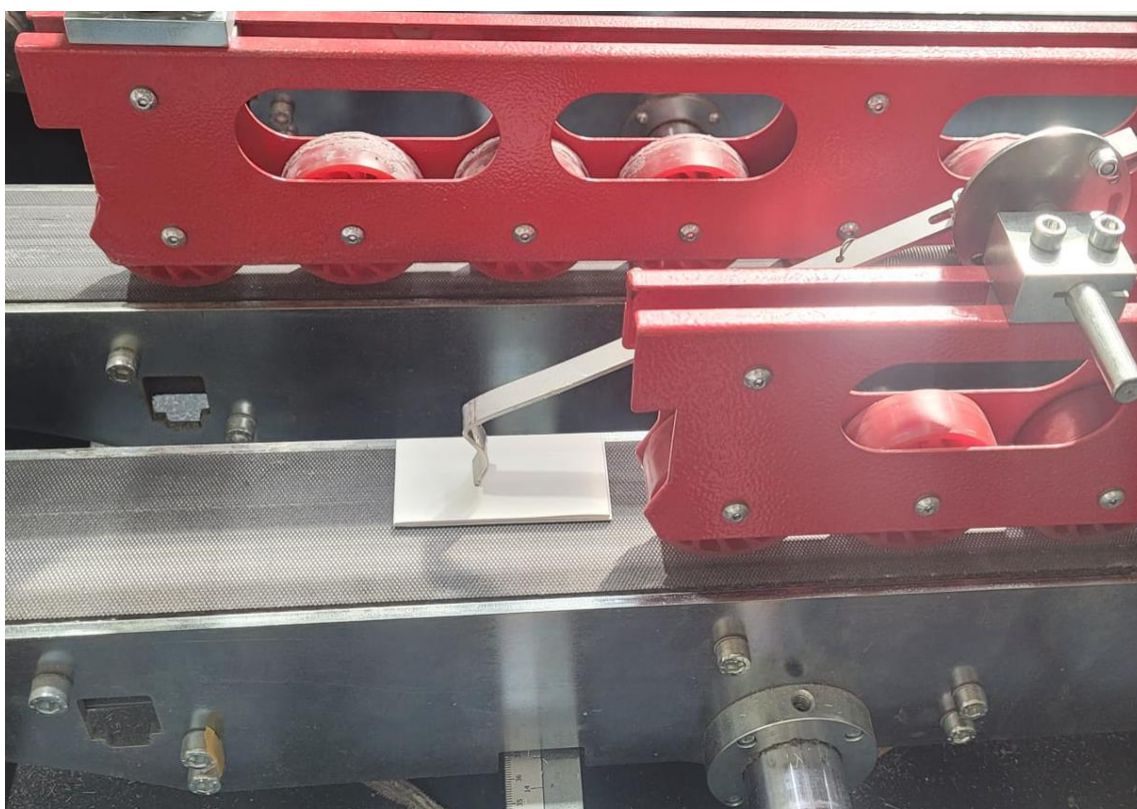
**Slika 48. Prvi dio procesa savijanja**



**Slika 49. Drugi dio procesa savijanja**



Slika 50. Treći dio procesa savijanja

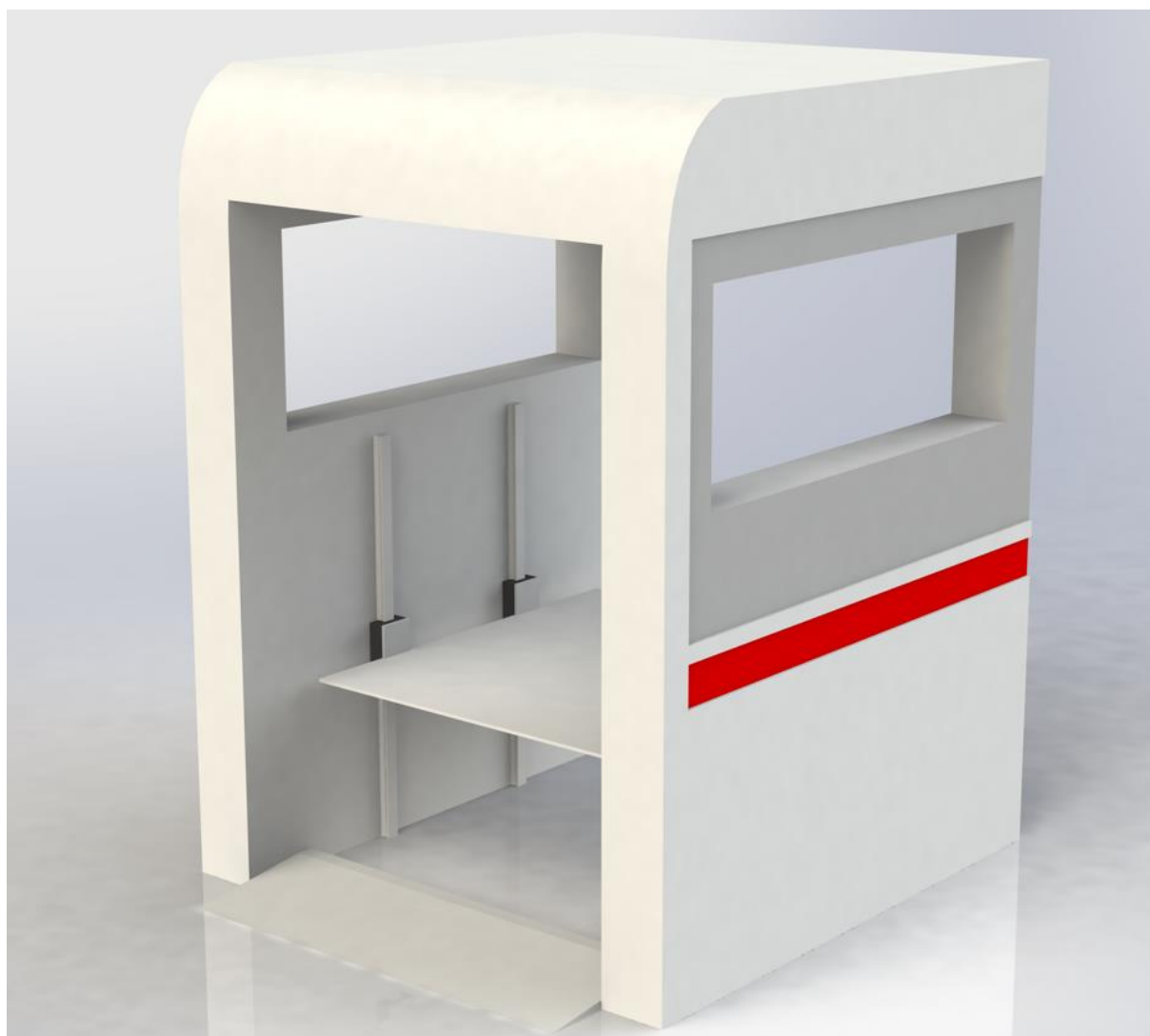


Slika 51. Četvrti dio procesa savijanja

Riječ je o mehanizmu sličnom vilici koja se podiže i spušta kako bi presavila proizvod i stisnula ga. U ovom slučaju debljina mehanizma bit će jednaka debljini testne kartice. Na ovom dijelu stroja prvo se remenskim prijenosom i kotačićima odrađuje transport do prvih vilica koje saviju prvu plohu testa, zatim se gibanje nastavlja do drugih vilica koje postižu konačni oblik testa savijanjem druge plohe.

### **6.2.7. Stanica za izlaz gotovih proizvoda**

Na samome kraju procesa nalazi se stanica za izlaz proizvoda. Stol se i ovdje kreće po vertikalnim kliznim vodilicama. Na njega se stavi paleta koja na sebi ima spremnik u koji upadaju gotovi proizvodi. Stol se polako spušta te se paleta odvozi viličarem do stanice za pakiranje.



**Slika 52. Stanica za izlaz gotovih proizvoda**

## 7. ZAKLJUČAK

Proizvodnju karakterizira stalna težnja za što većom efikasnošću, koja se posebno očituje kod tvrtki koje ovise o proizvodnji velikih količina proizvoda. Iz toga proistekla masovna proizvodnja i potrošnja nameću da se u sklopu povećanja efikasnosti mora voditi briga i o okolišu. U ovome radu upravo je riječ o kombinaciji te dvije bitne stvari, i to na primjeru ispitnog uređaja za prisutnost virusa SARS-CoV-2. Navedeni uređaj masovno se proizvodi i nakon upotrebe gomila kao medicinski i komunalni otpad, nepovoljno utječući na okoliš pa tako i na kvalitetu života ljudi. Primjerice, u državi u kojoj je službeno obavljeno najviše testova do sada, u SAD-u, taj broj iznosi oko milijardu. U Republici Hrvatskoj on iznosi nešto manje od pet milijuna. Uzevši u obzir da jedan test RT-PCR koristi 37,27 g plastike za jednokratnu upotrebu, a uređaj za antigensko testiranje oko 5 g, dolazi se do enormne količine potrošenog polimernog materijala.

Uočeno je da je postoji mogućnost značajnog poboljšanja konstrukcije ispitnog uređaja s ekološkog stanovišta, zamjenom materijala (karton umjesto polimernog materijala), što bi se pozitivno odrazilo i sniženjem troška proizvodnje uređaja.

U radu je prikazan razvoj novog ispitnog uređaja počevši od konstrukcije pomoću programa ArtiosCad do same finalizacije, odnosno gotovog proizvoda. Izrađen je prototip uređaja i testirana njegova funkcionalnost.

Nadalje, određen je tehnološki proces izrade novog ispitnog uređaja, pri čemu su razmatrane razne tehnološke opcije s obzirom na brzinu i kvalitetu izrade te odabrane najpovoljnije. S obzirom na kvalitetu i mogućnosti tiska, odabran je *offsetni* tisak. Glavna prednost pred digitalnim tiskom je niža cijena za veće naklade. Za proces rezanja odabrano je štancanje zbog efikasnosti i brzine, jer je broj gotovih proizvoda bio šest puta veći nego pri izradi na ploteru.

U sklopu prvotnog rješenja tehnološkog procesa prisutan je ljudski rad za koji je zamijećeno da je nedovoljno produktivan. Stoga je razvijen koncept automatskog procesa i sustava za proizvodnju novog ispitnog uređaja. Automatski sustav sadržavao bi sedam stanica, i dijelom je zasnovan na postojećem rješenju tvrtke čiji proizvodni program obuhvaća strojeve za tisak i pakiranje. U sustavu koncipiranom u ovome radu, proces otpočinje od ulaganja kartona pa

preko štancanja, čišćenja, lijepljenja duplofana, utiskivanja trakice, savijanja sve do izlaza gotovog proizvoda. Opisan je proces koji se odvija u sustavu i svakoj od njegovih stanica s navođenjem proizvodnih količine koje se mogu dobiti u jedinici vremena.

Uza sve navedeno, predstavljena je i mogućnost unaprjeđenja sadašnjeg sustava testiranja ljudi koji bi se mogao uvelike ubrzati pomoću novog proizvoda i njegovog dodatka kao što je QR-kod.

Znanja i iskustva stečena u ovome radu mogla bi se poopćiti te tako koristiti za unaprjeđenje konstrukcija i proizvodnji čitavog niza sličnih medicinskih ispitnih uređaja (naprimjer, testovi na trudnoću).

## 8. LITERATURA

- [1] Proizvod: Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno: 2022-03-05.  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=50570>
- [2] Razvoj novih proizvoda: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Razvoj\\_novih\\_proizvoda](https://hr.wikipedia.org/wiki/Razvoj_novih_proizvoda)  
Pristupljeno: 2022-03-05.
- [3] Marco Ciotti, Massimo Ciccozzi, Alessandro Terrinoni, Wen-Can Jiang, Cheng-Bin Wang, Sergio Bernardini: The COVID-19 pandemic. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, Volume 57, 2020 Jul, 365-388
- [4] Izgled koronavirusa: <https://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/covid-19/novi-koronavirus-i-bolest-koju-uzrokuje-covid-19> Pristupljeno: 2022-02-24.
- [5] <https://covid19.who.int/> Pristupljeno: 2022-02-24.
- [6] Adriana Vince: COVID-19, pet mjeseci kasnije 2020., 55–63. Dostupno online:  
<https://hrcak.srce.hr/file/346368>
- [7] Alireza Tahamtan, Abdollah Ardebili: Real-time RT-PCR in COVID-19 detection: issues affecting the results. *Expert review of molecular diagnostics*, 2020 Apr, 453-454
- [8] <https://www.businessinsider.com/how-coronavirus-throat-tests-work-rt-pcr-method-explained-2020-4> Pristupljeno: 2022-02-26.
- [9] Okoliš: Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 2022-02-27.
- [10] <https://eko.zagreb.hr/zastita-okolisa/10> Pristupljeno 2022-02-27.
- [11] <https://story.hr/Lifestyle/a159052/10-jednostavnih-koraka-koje-svatko-od-nas-moze-uciniti-za-ocuvanje-okolisa.html> Pristupljeno: 2022-02-27.
- [12] José E.Celis, Winfred Espejo, Esteban Paredes-Osses, Sonia A. Contreras, Gustavo Chiang, Paulina Bahamonde: Plastic residues produced with confirmatory testing for COVID-19: Classification, quantification, fate, and impacts on human health, *Science of The total environment*, Volume 760, 2020 Dec.
- [13] Samuel Asumadu Sarkodie, Phebe Asantewaa Owusu: Impact of COVID-19 pandemic on waste management, *Environment, Development and Sustainability*, 2020 Aug.



- [14] Mahak Mittal, Divya Mittal, Neeraj K. Aggarwal: Plastic accumulation during COVID-19: call for another pandemic; bioplastic a step towards this challenge?, *Environmental Science and Pollution Research*, 2022 Jan.
- [15] <https://www.dw.com/en/coronavirus-plastic-waste-polluting-the-environment/a-53216807> Pristupljeno: 2022-02-26.
- [16] <https://www.statista.com/statistics/1028731/covid19-tests-select-countries-worldwide/> Pristupljeno: 2022-02-24.
- [17] <https://ourworldindata.org/coronavirus-testing> Pristupljeno: 2022-02-24.
- [18] Pratima Bajpai: Recycling and deinking of recovered paper, 2014 Sep.
- [19] Automatizacija: Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno: 2022-03-21.
- [20] <https://www.bobst.com/hren/products/product-finder/#> Pristupljeno: 2022-02-27