

Pgfplots paket u Latex-u

Gržinčić, Teja

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:196:512494>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Mathematics - MATHRI Repository](#)



Sveučilište u Rijeci
Fakultet za matematiku

Preddiplomski studij matematike

Teja Gržinčić

PGFPLOTS PAKET U L^AT_EX-U

Završni rad
Rijeka, lipanj 2022.

Sveučilište u Rijeci
Fakultet za matematiku

Preddiplomski studij matematike

Teja Gržinčić

PGFPLOTS PAKET U L^AT_EX-U

Mentorica: dr. sc. Marija Maksimović

Završni rad

Rijeka, lipanj 2022.

SAŽETAK

Pgfplots paket je dodatan makro paket \LaTeX sustava koji služi za konstruiranje i uređivanje raznovrsnih grafova i dijagrama. \LaTeX je jedan od najčešće korištenih sustava za pisanje i uređivanje znanstvenih i seminarskih radova. Stoga, kako je susret s grafovima i grafikonima neizbježan korisno je znati se služiti pgfplots paketom. U ovome radu su navedene i opisane ključne naredbe i parametri ovog paketa te je pomoću primjera prikazano njihovo korištenje. Osim toga, primjerima se pokazuje i mogućnost izrade svakakvih grafova i grafikona na temelju podataka vezanih uz razna područja matematike, ali i drugih znanstvenih disciplina te svakodnevnog života. Prikazane su razne konstrukcije grafova funkcija u Kartezijevom koordinatnom sustavu u ravnini i u prostoru, raznovrsnih grafikona te grafa funkcije u polarnom koordinatnom sustavu.

Ključne riječi: makro paket, pgfplots, TikZ, preambula, okruženje, tikzpicture, axis, Kartezijev koordinatni sustav, graf funkcije, naredba, parametar, knjižnica, grafikon, polarni koordinatni sustav.

Sadržaj

1	UVOD	4
2	PGFPLOTS I TIKZ	5
2.1	Kompajliranje	6
3	KARTEZIJEV KOORDINATNI SUSTAV U RAVNINI	7
3.1	Grafovi funkcija	9
3.2	Crtanje pomoću podataka	13
3.3	Group plot	14
4	GRAFIKONI	16
4.1	Stupčasti grafikoni	16
4.2	Tortni grafovi	18
4.3	Linijski grafikoni	19
4.4	Raštrkani grafikon	20
5	KARTEZIJEV KOORDINATNI SUSTAV U PROSTORU	23
5.1	Grafovi funkcija	24
5.2	Crtanje pomoću podataka	26
6	POLARNI KOORDINATNI SUSTAV	29
7	ZAKLJUČAK	30

1 UVOD

\TeX je računalni sustav za pisanje i potpunu pripremu raznovrsnih tekstova za tiskanje. Razvijen je tijekom 1970-ih godina od strane američkog računalnog znanstvenika i matematičara Donalda E. Knutha. Uz osnovni sustav \TeX -a tijekom godina se razvijaju i dodatni paketi, makro paketi, za bolje i efikasnije uređivanje teksta, grafika i slika. Godine 1986. uvedena su dva nova paketa \LaTeX i $\text{AMS-}\text{\TeX}$. \LaTeX je donio mnoštvo novih, korisnih naredbi za kvalitetniju i bržu izradu tekstova, poput naredbe za izradu sadržaja ili literature, izradu poveznica u tekstu i jednostavnog citiranja. $\text{AMS-}\text{\TeX}$ pak omogućava korištenje mnogih simbola i znakova, pisanje matematičkih izraza, izradu dijagrama itd. Stoga, kada se kaže da se koristi \LaTeX , a ne \TeX , smatra se da se radi o \TeX programu s latex formatom. Korisnik ne mora samostalno pozivati latex makro paket već je on implementiran u osnovnom paketu. Ostali makro paketi ili packages su dodatni paketi koji se u \LaTeX pozivaju naredbom. Koriste se kada osnovni paket ne može riješiti postojeći problem ili napraviti ono što korisnik želi za određeno područje u dokumentu. Na primjer: paket colors omogućava bojanje teksta i pozadine, paket babel uz kojeg se navodi jezik služi kako bi se primijenila određena gramatička pravila, paket graphics se koristi za uređivanje slika i crteža. Jedan od takvih paketa je pgfplots koji omogućuje izradu i uređivanje raznih vrsta grafova.

Pojava grafova u matematici je neizbježna, od jednostavnih grafova funkcija Kartezijevog koordinatnog sustava u ravnini u matematičkoj analizi ili grafova u numeričkoj matematici do kompliciranijih i nepojmljivih trodimenzionalnih modela u diferencijalnoj geometriji i topologiji. S druge strane potreba za grafikonima kao što su stupčasti, linijski ili tortni je učestala u financijskoj matematici, statistici i teoriji vjerojatnosti. Osim u matematici, grafovi i grafikoni nalaze primjenu i u fizici, kemiji, biologiji, biotehnologiji, računarstvu te mnogim drugim znanstvenim, ali i neznanstvenim disciplinama.

Program s \LaTeX sustavom se može instalirati na računalo te koristiti kao lokalni program ili se može koristiti u internet izdanju poput Overleaf-a. Prednost lokalnog korištenja je brže kompajliranje, odnosno procesiranje koda, dok bi mu mana bila konstantna potreba za instalacijom dodatnih makro paketa. S druge strane, Overleaf omogućuje rad s kolegama te je lako dostupan, no problemi se javljaju kod procesiranja koda sa složenijim naredbama. Općenito prednost \LaTeX -a kao programa za stvaranje dokumenta bi bila opsežnost, u smislu velikog broja dostupnih paketa kojima se mogu uređivati svakakvi tekstovi, lakoća pisanja matematičkih izraza, stvaranje i uređivanje grafike te preglednost složenih dokumenata. Zbog tih karakteristika akademska zajednica teži pisanju u \LaTeX -u te je time postao uobičajeni sustav za korištenje prilikom izrade seminarskih i znanstvenih radova. Stoga je važno bolje se upoznati sa samim pisanjem, ali i pisanjem matematičkih formula i izvoda te izradom grafova u \LaTeX -u. U daljnjem tekstu bit će opisane razne mogućnosti i korisnosti pfgplots paketa, crtanje grafova funkcija u Kartezijevom koordinatnom sustavu u ravnini i u prostoru te crtanje grafikona.

2 PGFPLOTS I TIKZ

Pgfplots makro paket koji omogućuje konstruiranje raznih grafova i grafikona se temelji na TikZ makro paketu te su njegove naredbe definirane pomoću naredbi TikZ paketa. TikZ paket služi za crtanje jednostavnijih stvari poput točaka, linija, geometrijskih likova i dijagrama. Kako korisnik ne bi morao sam konstruirati sve točke i linije grafa, pgfplots paket to čini za njega pomoću nekoliko podataka. Grafove je moguće izraditi i u nekom drugom programu te ih ubaciti u L^AT_EX dokument. Pri tome su moguća znatna odstupanja u izgledu poput: različitog fonta, neusklađenost veličina teksta, neusklađenosti veličine i izgleda grafova, potpuno drugačiji izgled formula i matematičkih izraza. Također dolazi do nemogućnosti izrade izmjena. Sve u svemu, ubacivanje grafova izrađenih nekim vanjskim programom će narušiti formu i izgled dokumenta. Stoga je ponekad neophodno osloniti se na pgfplots i TikZ makro pakete.

Kako bi bilo moguće koristiti neki makro paket, tijekom izrade dokumenta potrebno je za uvođenja svakog novog makro paketa pisati naredbu:

```
\usepackage[opcije]{naziv_paketa}.
```

Dakle, ako korisnik želi u svome dokumentu konstruirati grafove i grafikone pisat će `\usepackage{pgfplots}`. Zatim će početak njegovog dokumenta i glavno okruženje izgledati otprilike ovako:

```
\documentclass[opcije]{tip_dokumenta} % odabir vrste dokumenta

\usepackage{pgfplots}

\usepackage{tikz} % implementacija TikZ makro paketa, ako je potrebno

\begin{document}

... NAREDBE I TEKST ...

\pgfplotsset{width=10cm,compat=1.9}
\end{document}
```

Uz linije koda se mogu pisati komentari nakon znaka `%`. Tako su u prethodnom tekstu te će biti u narednim primjerima dani opisi koda.

Sve uvođenje makro paketa se pišu u preambuli, odnosno prije naredbe `\begin{document}`, dok se naredbe vezane uz pojedinačne dijelove dokumenta pišu unutar okruženja *document*. Različiti makro paketi omogućuju i korištenje različitih okruženja. Okruženja se upotrebljavaju za različite zahtjeve formatiranja teksta, grafike ili izgleda dijela dokumenta. Svako okruženje započinje sa `\begin{naziv_okruženja}` i završava sa `\end{naziv_okruženja}`. Ona mogu biti i ugniježđena, ali je potrebno paziti da se u ispravnom redoslijedu završavaju. Grafove i grafikone je moguće konstruirati samo

unutar *tikzpicture* okruženja.

Naredbama `\ime_makro_paketa_set{...}` se za određene pakete mogu zadati osnovne postavke koje će biti primijenjene tijekom cijelog dokumenta. Tako naredba `\pgfplots set{width=10cm,compat=1.9}` određuje da će svaki graf i grafikon biti veličine 10 cm te da će kôd funkcionirati u verziji paketa 1.9 ili novijoj. Time se osigurava da će svi grafovi biti iste veličine i isto poravnati što ide u prilog profesionalnom izgledu dokumenta. Također je osigurana funkcionalnost koda i u nekoj drugoj, mlađoj verziji programa.

2.1 Kompajliranje

Prilikom kodiranja u različitim programima, svaki malo vještiji korisnik ili programer će uz ispravnost koda paziti da uštedi na prostoru i vremenu. Pritom se pod prostorom misli na memoriju ili pohranu koda. Programer npr. neće ponavljati već napisane kodove već će se pozivati na stare te time osim na pohrani, dobiti i na preglednosti koda. Pod vremenom se misli na vrijeme koje je programu potrebno da pročita kôd, procesira ga i na ekran ispiše, nacрта ili prikaže ono što se kreiralo. Dakle, to je vrijeme kompajliranja koda.

\TeX i \LaTeX nemaju problema kod kompajliranja osnovnih naredbi i određenih naredbi makro paketa, no izvorni \TeX nije bio namijenjen grafičkom uređivanju i izradi grafike i grafova. Zamisao je bila da će se grafike i grafovi uvoditi u dokumente kao vanjski dokumenti. Pojavom \pdfTeX -a koji omogućuje da se tekst automatski prebacuje u \pdf dokument uvode se makro paketi za stvaranje i uređivanje grafike direktno tijekom izrade dokumenta. Paketi kao što su \TikZ , \pgfplots , \graphics i sl. sadrže složene naredbe koje su stvorene iz osnovnih naredbi izvornog \TeX -a. Kompajliranje tih naredbi može biti nezanemarivo dugo jer ih program mora najprije rastaviti na primitivne, osnovne naredbe, procesirati ih i spojiti kako bi se dobila željena slika.

Kako bi se uštedjelo na vremenu kompajliranja dokumenta, pomoću dvije linije koda može se omogućiti da program jednom stvorene grafove sprema u drugi \PDF dokument. Sljedećom potrebom uvođenja istog grafa on će se uvesti iz tog drugog dokumenta, a ne ponovno stvarati. U preambuli je potrebno pisati:

```
\usepgfplotslibrary{external}  
\tikzexternalize
```

Ovime se štedi na svakom sljedećem pozivanju već kompajliranog grafa, no pri prvom kompajliranju novog grafa se ipak može izgubiti podosta na vremenu.

Ovaj problem je veći ako se radi u nekom online \TeX programu poput \Oveleaf -a. Jedno rješenje je da se dokument preuzme na računalo i kompajlira u nekom lokalnom programu. Drugo rješenje je kreiranje grafova u istom programu, ali u zasebnom dokumentu. Tada se u glavnom dokumentu kada zatreba poziva pomoćni dokument s grafovima. U tom slučaju gore navedeni kodovi nisu potrebni jer se grafovi već nalaze u zasebnom dokumentu te će ih ondje biti potrebno kompajlirati samo jednom.

3 KARTEZIJEV KOORDINATNI SUSTAV U RAVNINI

Kartezijev koordinatni sustav u ravnini, tj. dvodimenzionalni koordinatni sustav se počinje učiti u sklopu matematike već u osnovnoj školi te je neizbježan u daljnjem školovanju. Zatim do potreba za radom s grafikonima dolazi prilikom analize podataka i rada s postocima. Dalje, grafovi i grafikoni se počinju susretati i izvan matematike, primjerice u fizici, kemiji, biologiji itd. Stoga, svatko tko se bavi nekom znanstvenom disciplinom primoran je detaljnije se upoznati s grafovima.

U matematici se pronalaze različite vrste grafova. Grafovi funkcija, kakvi se uče u osnovnoj i srednjoj školi, nalazimo u matematičkoj analizi. Dolazi i do konstrukcija i rada sa složenijim funkcijama poput trigonometrijskih, eksponencijalnih, logaritamskih te mnogih drugih. Numerička matematika pak zahtijeva crtanje grafova funkcija zadanih polinomima ili barem njihovih aproksimacija na temelju danih podataka, dok diskretna matematika radi s prikazima stabala i grafova definiranih kao uređene trojke vrhova, bridova i funkcija incidencije.

U sljedećim potpoglavljima će biti objašnjeno kako konstruirati grafove funkcija u Kartezijevom koordinatnom sustavu u ravnini, od onih jednostavnijih do nešto složenijih. No najprije, pomoću TikZ paketa na jednom primjeru prikazano je kako konstruirati graf na kakav se nailazi u diskretnoj matematici. Naredbe koje se koriste za crtanje i uređivanje vrhova i bridova su:

- `ime_stila/.style={oblik_vrha, boja, linija, veličina_vrha}` % za definiranje i imenovanje različitih vrsta vrhova/bridova

Neke od mogućnosti za vrijednosti parametara su :

OPIS	MOGUĆNOSTI
oblik vrha	<code>circle</code> (krug), <code>rectangle</code> (kvadrat), <code>ellipse</code> (elipsa), ...
boja	<code>draw=boja</code> boja linije vrha, <code>fill=boja</code> boja unutrašnjosti vrha; za određenu nijansu odmah nakon boje se piše <code>!broj</code> Opcije za boju su: <code>white</code> (bijela), <code>black</code> (crna), <code>red</code> (crvena), <code>green</code> (zelena), <code>blue</code> (plava), <code>cyan</code> (svijetlo plava), <code>magenta</code> (ružičasta), <code>yellow</code> (žuta)
debljina linije	<code>ultra thin</code> , <code>very thin</code> , <code>thin</code> , <code>thick</code> , <code>very thick</code> , <code>ultra thick</code>
najmanja ili najveća moguća veličina vrha	<code>minimum size=x mm</code> , <code>maximum size=x mm</code>

Tablica 1: Definiranje oblika TikZ paketa

- `\node[ime_stila] (ime_vrha) [* = of ime_vrha_x] {oznaka_u_vrhu};`
% za konstruiranje i pozicioniranje vrha s obzirom na neki prethodno definirani vrh x, pri čemu umjesto * može doći neka od vrijednosti: `right(desno)`, `left(lijevo)`, `above(iznad)`, `below(ispod)`
- `\draw[stil_linije](ime_vrha_x)--(ime_vrha_y);` % za konstrukciju brida između vrha x i y

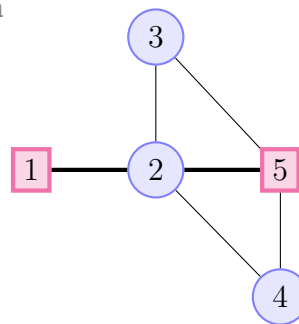
Primjer 1: Konstrukcija cikličkog grafa s 5 vrhova i naznačenim najkraćim putem od prvog do petog vrha.

U L^AT_EX-u pišemo:

```
\begin{tikzpicture}[
krug/.style={circle, draw=blue!50, fill=blue!10, thick, minimum size=5mm},
kvadrat/.style={rectangle, draw=magenta!70, fill=magenta!20, ultra thick}]
% definirana su dva različita stila vrha, krug i kvadrat
% vrhovi stila krug imaju oblik kruga plave boje s debelim obrubom tamnije
nijanse plave boje te veći od 5mm, dok vrhovi stila kvadrat imaju oblik
kvadrata ružičaste boje s tamnijim obrubom vrlo debele linije

\node[kvadrat] (start){1}; % prvi vrh sa stilom kvadrat je nazvan start
te se unutar vrha piše 1, prvom vrhu se ne zadaje pozicija
\node[krug] (vrh2) [right=of start] {2}; % sljedeći vrh ima stil krug,
ime mu je vrh2 te je pozicioniran s desne strane vrha s imenom start, a
unutar vrha piše 2
\node[krug] (vrh3) [above=of node2] {3};
\node[kvadrat] (vrh5) [right=of node2] {5};
\node[krug] (vrh4) [below=of node5] {4};

\draw[ultra thick,-] (start)--(vrh2); % vrh s imenom
start i vrh s imenom vrh2 se povezuju vrlo debelom
linijom(bridom)
\draw[-] (vrh2)--(vrh3);
\draw[-] (vrh3)--(vrh5);
\draw[-] (vrh2)--(vrh4);
\draw[ultra thick, -] (vrh2)--(vrh5);
\draw[-] (vrh4)--(vrh5);
\end{tikzpicture}
```

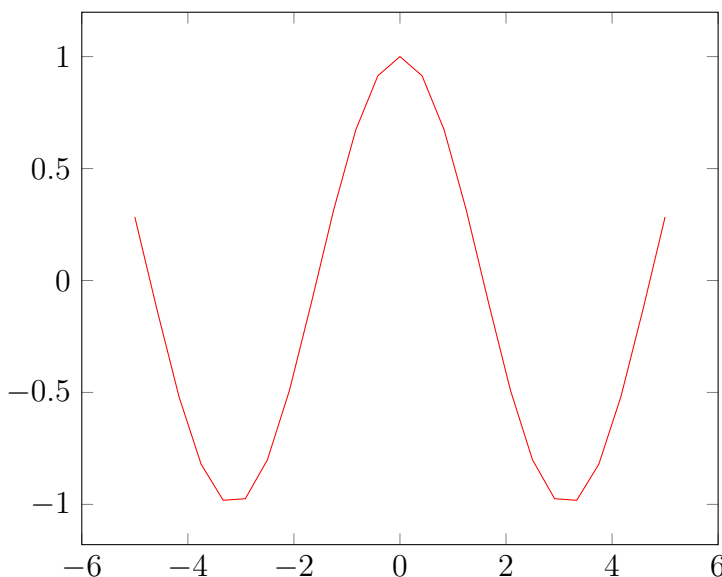


3.1 Grafovi funkcija

Jedan od najjednostavnijih načina crtanja grafova funkcija je formulom, ako se ju može zapisati eksplicitno. \LaTeX zna sam izraditi graf funkcije bez dodatnih podataka, korištenjem osnovnih naredbi:

- `\begin{axis}[parametri]` % za otvaranje okruženja *axis* koje se može dodatno definirati raznim parametrima
- `\addplot[parametri]{formula};` % za crtanje grafa funkcije zadane formulom eksplicitno, izgled se može dodatno definirati različitim parametrima, a naredba mora završiti sa ;
- `\end{axis}` % nakon naredbi za konstrukcije grafova funkcija potrebno je zatvoriti *axis* okruženje

Primjer 2: Konstrukcija kosinusoide, odnosno grafa funkcije s formulom $f(x) = \cos(x)$.



Za ovaj graf \LaTeX naredbe su sljedeće:

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}
\addplot[color=red]
{cos(deg(x))};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Kako je prethodno spomenuto, izgled okruženja *axis* i grafa funkcije se mogu detaljnije definirati pomoću raznih parametara. U prethodnom primjeru se može primijetiti da je samo graf funkcije obojen u crveno, a ostalo je program nacrtao po defaultu, odnosno onako kako je zadano u programu. Graf funkcije, kosinusoida, je vrlo gruba, tj. mogu se primijetiti prijelomi u određenim točkama. To je jedan od mnogih razloga zašto je pogodno znati koji su sve različiti parametri i mogućnosti. Kod okruženja *axis* pomoću parametara je moguće detaljnije definirati izgled koordinatnog sustava. Može se na primjer: promijeniti smještaj koordinatnih osi, zadati imena osima, odrediti vrijednosti koje će biti prikazane na osima, zadati položaj legende itd. Za graf funkcije se pak može primjerice definirati željenu boju, debljinu linije, oblik točaka, domenu te broj vrijednosti. Boja i debljina linije se zadaju na prethodno opisan način. Parametri okruženja su dalje nepromjenjivi, odnosno ostaju isti za sve što se radi unutar tog

okruženja. Dok se parametri grafa funkcije određuju samo za jedan graf funkcije te se nakon izvršenja naredbe `\addplot`, kad program pročita ; vraćaju u zadane postavke.

Vrsta osi koje se biraju ovisi o tome na koji način korisnik želi da vrijednosti na osima rastu. Na primjer, ako je korisnik odabrao *semilogxaxis* okruženje, na x-osi neće biti prikazane vrijednosti koje su se koristile za određivanje točaka grafa funkcije već će biti prikazane vrijednosti $\log(x)$. U *semilogyaxis* okruženju će na y-osi biti prikazane vrijednosti $\log(f(x))$, pri čemu je $f(x)$ funkcijska vrijednost točke x određena po zadanoj formuli te u *loglogaxis* okruženju će biti na x-osi vrijednosti $\log x$ i na y-osi $\log(f(x))$. Riječ je o prirodnom logaritmu, dakle to su vrijednosti $\ln x$ i $\ln(f(x))$. U suprotnome se standardno koristi okruženje *axis* te vrijednosti na osima korisnik ili zadaje sam ili program određuje proizvoljno. Program najčešće bira cijele brojeve za prikaz. Vrste osi se određuju odmah kod imenovanja okruženja.

U sljedećim tablicama su prikazani samo neki od najčešće korištenih parametara za uređivanje grafova. Postoje još mnogi drugi od kojih će neki i biti spomenuti do kraja rada uz dodatan opis čemu služe.

PARAMETAR	OPIS I MOGUĆI ODABIRI
<code>mark=odabir</code>	izgled točke unutar grafa *, x , +, —, o, <code>star</code> (zvijezda), <code>square</code> (kvadrat), <code>triangle</code> (trokut), <code>diamond</code> (dijamant), <code>halfcircle</code> (polukrug), <code>pentagon</code> (peterokut), ...
<code>domain=a:b</code>	domena, tj. graf funkcije će biti konstruiran samo za vrijednosti kada nezavisna varijabla ide od a do b
<code>samples=odabir</code>	broj vrijednosti nezavisne varijable za koje će se računati funkcijske vrijednosti

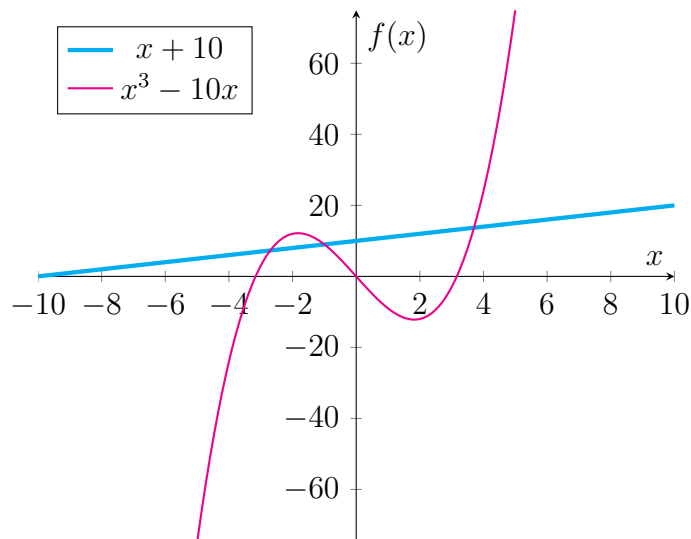
Tablica 2: Parametri za definiranje izgleda grafa funkcije

PARAMETAR	OPIS	MOGUĆI ODABIRI I OGRANIČENJA
<code>axis lines=odabir</code>	položaj koordinatnih osi	<code>box, left, middle, center, right, none</code>
<code>height= x cm,</code> <code>width= x cm</code>	visina i duljina koordinatnog sustava	/
<code>xlabel=ime_x,</code> <code>ylabel=ime_y</code>	dodjeljivanje naziva osima	/
<code>xtick={...},</code> <code>ytick={...}</code>	odabir vrijednosti koje će biti prikazane na x i y -osima	nije potrebno paziti da su vrijednosti poredane po veličini
<code>xmin=broj,</code> <code>xmax=broj,</code> <code>ymin=broj,</code> <code>ymax=broj</code>	zadaju se najmanje i najveće moguće vrijednosti koordinata točka grafa	minimalne vrijednosti moraju biti manje od maksimalnih
<code>legend pos=odabir</code>	određivanje pozicije legende, po defaultu se smješta u gornji desni kut	<code>south west, south east, north west, north east, outer north east</code>
<code>legend style={više odabira}</code>	dodatno definiranje izgleda legende	<code>at={(x,y)}</code> pozicioniranje legende po koordinatama, <code>legend columns=broj broj stupaca</code>
<code>title={naslov}</code>	dodjeljivanje naslova	/
<code>xmajorgrids=true,</code> <code>ymajorgrids=true</code>	uključivanje koordinatne mreže	moguće je uključiti samo linije paralelne s x ili y-osi
<code>grid style=odabir</code>	izgled koordinatne mreže	<code>dashed, major</code>
<code>xbar, ybar</code>	uspravni ili vodoravni stupčasti grafovi	/
<code>xcomb, ycomb</code>	do zadane koordinate je povučena uspravna ili vodoravna linija ili od x ili od y-osi	/
<code>nodes near coords {=odabir}</code>	uz čvor stoji ime ili broj	<code>(\coordindex)</code> redni broj čvora

Tablica 3: Parametri okruženja *axis*

Slijedi primjer koordinatnog sustava s dva grafa funkcije koji je uređen korištenjem prethodno navedenih parametara.

Primjer 3: Konstrukcija pravaca $y = x + 10$ i polinoma trećeg stupnja $f(x) = x^3 - 10x$.



Slijed naredbi u \LaTeX -u za crtanje ovoga grafa su:

```

\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[axis lines=middle, xlabel=$x$, ylabel=$f(x)$,
  legend pos=north west] % koordinatni sustav je centriran, odnosno
  prikazana su sva četiri kvadranta, zadana su imena koordinatnih osi te
  je legenda smještena na sjevero zapadu, odnosno u gornjem lijevom kutu
  koordinatnog sustava

\addplot[color=cyan, ultra thick, domain=-10:10, samples=10]{x+10};
% prvi graf funkcije je pravac svijetlo plave boje i vrlo debele linije
konstruiran pomoću deset točaka za vrijednosti nezavisne varijable izme-
đu -10 i 10

\addlegendentry{\(x+10\)} % za prethodni graf funkcije se u legendu uz
oznaku upisuje formula

\addplot[color=magenta, thick, domain=-5:5, samples=100]{x^3-10*x};
% drugi graf funkcije, kubna parabola, je ružičaste boje, debele linije
te konstruiran pomoću 100 točaka čije su vrijednosti nezavisne varija-
ble između -5 i 5

\addlegendentry{\(x^3-10x\)}
\end{axis}
\end{tikzpicture}

```

Broj vrijednosti, pri konstrukciji drugog grafa funkcije, je povećan zbog toga što kubna parabola više puta mijenja periode rasta i pada. Stoga kako bi to bilo uočljivo i lijepo konstruiran graf funkcije potrebno je više točaka. Svakako je pri konstrukciji kompliciranije funkcije uvijek bolje uzeti više vrijednosti, no što je broj vrijednosti veći time je i vrijeme kompajliranja duže. Domena je smanjena jer funkcijske vrijednosti polinoma

trećeg stupnja vrlo brzo rastu, stoga se uzima što više točaka u što manjem intervalu. Naredbom `\addlegendentry{naziv}`, nakon konstrukcije pojedinog grafa funkcije, se uz oznaku dodaje naziv ili formula toga grafa funkcije u legendu.

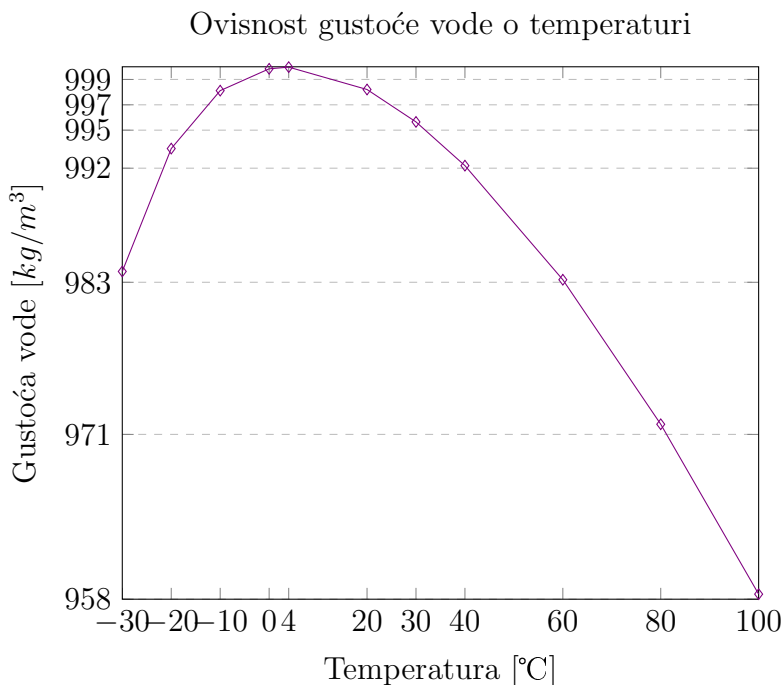
3.2 Crtanje pomoću podataka

U raznim znanstvenim disciplinama često se pojavljuje slučaj da su neki podaci ili početni uvjeti poznati, a cilj je odrediti polinom ili funkciju kojom bi se moglo aproksimirati kretanje tih podataka. Tada bi se mogli barem približno odrediti neki nepoznati podaci. \LaTeX neće dati formulu funkcije, ali će, ako mu se zadaju točke, otprilike nacrtati kako bi izgledao graf funkcije. Koordinate točaka se zadaju uz naredbu `\addplot` na sljedeći način:

- `\addplot[parametri] coordinates {(x1,y1) . . . (xn, yn)};`

Sljedeći primjer pokazuje ovisnost gustoće vode o temperaturi s naznačenim točkama. \LaTeX -om je prikazan graf funkcije koji bi aproksimirao polinom za koji vrijede ti uvjeti.

Primjer 4: Grafički prikaz ovisnosti gustoće vode o temperaturi.¹



Naredbe za konstrukciju su:

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
```

¹Podaci za koordinate točaka, tj. podaci o gustoći vode, su preuzeti s internet stranice: <https://en.wikipedia.org/wiki/Density> (06.4.2022.)

```

    title={Ovisnost gustoće vode o temperaturi vode}, % dodijeljen je
naslov
    xlabel={Temperatura [\textcelsius]},
    ylabel={Gustoća vode [ $\text{kg/m}^3$ ]},
    xmin=-30, xmax=100, ymin=958, ymax=1000, % zadane su najmanje i naj-
veće moguće vrijednosti za obje koordinatne osi
    xtick={-30, -20, -10, 0, 20, 30, 40, 60, 80, 100}, % definirano je
koje će vrijednosti biti prikazane na x-osi
    ytick={958, 971, 983, 992, 995, 997, 999},
    ymajorgrids=true, grid style=dashed] % uključene su linije koordi-
natne mreže koje prolaze kroz zadane vrijednosti na y-osi te im je zada-
ni stil iscrtkane linije

\addplot[color=violet, mark=diamond] % graf funkcije je ljubičaste boje
te su točke označene dijamantima

    coordinates {
        (-30, 983.854) (-20,993.547) (-10, 998.117) (0, 999.839)
        (20,998.207) (30,995.650) (40,992.2) (60,983.2) (80,971)
        (100,958.4)}; % između uređenih parova se ne smije pisati zarez

\end{axis}
\end{tikzpicture}

```

3.3 Group plot

Za prikaz nekoliko koordinatnih sustava, raspoređenih na određeni način se može koristiti dodatna knjižnica `groupplots`, no moguće je isto napraviti i samo naredbama `pgfplots` paketa. Slijedi primjer konstrukcije četiri koordinatna sustava raspoređena u dva reda na oba načina.

Primjer 5: Konstrukcija više koordinatnih sustav.

Jedan od način kako stvoriti više koordinatnih sustava s određenim rasporedom je pomoću `groupplot` okruženja za koje je potrebna `groupplots` knjižnica. Knjižnice nekog makro paketa se pozivaju u preambuli naredbom `\use_ime_makro_paketa_library{ime_knjižnice}`. Njihovom implementacijom se uvode dodatna okruženja i naredbe makro paketa koje omogućuju uređivanje specifičnih dijelova dokumenta koji spadaju pod taj makro paket. Stoga se u preambulu piše `\usepgfplotslibrary{groupplots}`.

Grafovi funkcija se navode unutar okruženja:

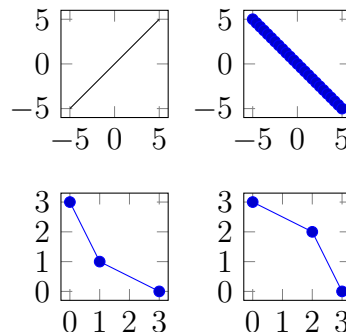
- `\begin{groupplot}[group style={group size=a by b}, height=xcm, width=xcm]`

Pri čemu `a` definira broj stupaca, a `b` broj redaka te se može definirati visina i širina koordinatnih sustava. Grafovi funkcija se konstruiraju naredbom `\addplot` no da bi

se konstruirali u zasebnim koordinatnim sustavima, prije svake `\addplot` naredbe se mora napisati `\nextgroupplot`.

U \LaTeX -u pišemo:

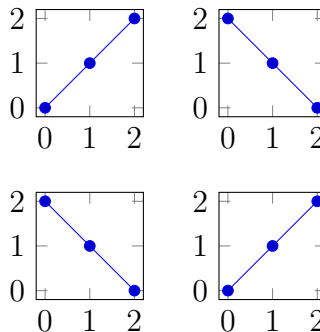
```
\begin{tikzpicture}
\begin{groupplot}[group style={group size=2 by 2}, height=3cm,width=3cm]
  \nextgroupplot
  \addplot [marke=none] {x};
  \nextgroupplot
  \addplot {-x};
  \nextgroupplot
  \addplot coordinates {(0,2) (1,1) (2,0)};
  \nextgroupplot
  \addplot coordinates {(0,2) (1,1) (2,0)};
\end{groupplot}
\end{tikzpicture}
```



Ako se ne koristi `groupplots` knjižnica i okruženje, svaki koordinatni sustav je potrebno imenovati te ga smjestiti s obzirom na prethodno definirane koordinatne sustave, osim prvog. Ime se zadaje parametrom `name=ime`. Zatim se koordinatne sustave smješta parametrom `at={($ime_koord.sus_x.pozicija)+ ili -(a cm, b cm)$}`, pri čemu je koordinatni sustav `x` neki prethodno konstruiran koordinatni sustav. Pozicija može biti `south`(ispod), `north`(iznad), `east`(lijevo) te `weast`(desno). Naposljetku, uređeni par `(a cm, b cm)` predstavlja pomak koji ovisi o predznaku, `a` je pomak lijevo ili desno, `b` pomak gore ili dolje.

U \LaTeX -u pišemo:

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[name=1,height=3cm,width=3cm]
  \addplot coordinates {(0,0) (1,1) (2,2)};
\end{axis}
\begin{axis}[name=2,at={$(1.east)+(1cm,0)$}, anchor=west,
  height=3cm,width=3cm]
  \addplot coordinates {(0,2) (1,1) (2,0)};
\end{axis}
\begin{axis}[name=3, height=3cm, width=3cm,
  at={$(1.south)-(0,1cm)$}, anchor=north]
  \addplot coordinates {(0,2) (1,1) (2,0)};
\end{axis}
\begin{axis}[name=4, height=3cm, width=3cm
  at={$(2.south)-(0,1cm)$}, anchor=north]
  \addplot coordinates {(0,0) (1,1) (2,2)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```



4 GRAFIKONI

Kako i u matematici tako i u ostalim područjima poput financija, ekonomije, marketingu itd. grafikoni se najčešće pojavljuju pri analizi i uspoređivanju podataka. Osim što je važno znati iščitati podatke iz grafikona, važno je znati i konstruirati grafikon na temelju zadanih podataka. Za prikaz i usporedbu različitih vrsta podataka koriste se različiti grafikoni, npr. stupčasti, linijski ili tortni.

4.1 Stupčasti grafikoni

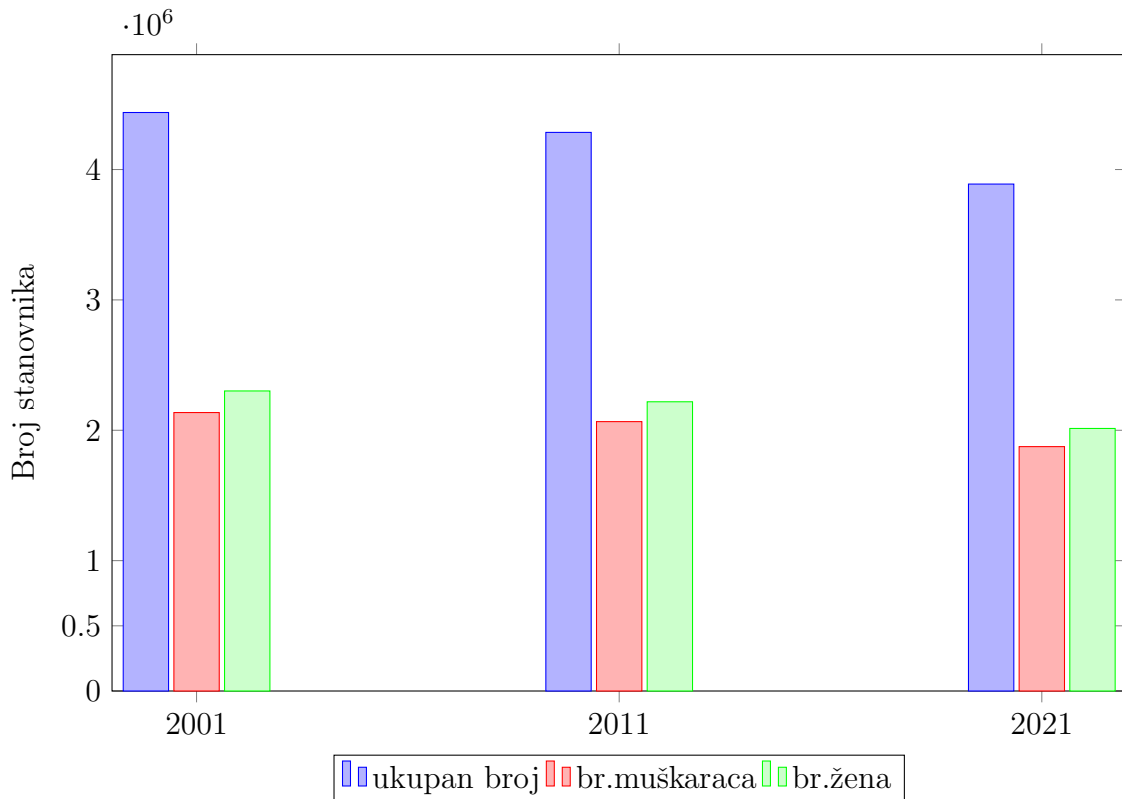
Stupčasti grafikoni služe za usporedbu promijene podataka. Međusobno se može uspoređivati više podataka ovisnih o zadanoj nezavisnoj varijabli.

Kako bi se mogli konstruirati stupčasti grafikoni ključno je u okruženju *axis* uključiti parametar `ybar` za uspravne stupce ili `xbar` za vodoravne stupce. Ovisno o izboru, program će konstruirati stupac ili od x-osi ili od y-osi do zadanih koordinata. Zatim se unutar `\addplot` naredbe navode koordinate točaka, one određuju stupce koji predstavljaju istu vrstu podataka.

U sljedećem primjeru je napravljena konstrukcija stupčastog grafikona pomoću kojeg se može usporediti promjena broja stanovništva, promjena broja muškaraca te promjena broja žena po popisima stanovništva.

Primjer 6: Usporedba ukupnog broja stanovnika i broja stanovnika po spolu u RH prema zadnja tri popisa stanovnika iz 2021., 2011., te 2001. godine.²

²Podaci su preuzeti s internet stranice: <https://dzs.gov.hr/istaknute-teme-162/popisi-stanovnistva/421> (07.4.2022.)



Naredbe su sljedeće:

```

\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[ybar, width=15cm, height=10cm, bar width = 0.6cm, % zadano
je da se konstruiraju uspravni stupci, zadane su visina i širina grafi-
kona te širina stupaca unutar grafikona

xtick={2001,2011,2021}, ylabel=Broj stanovnika,

x tick label style={/pgf/number format/1000 sep=} ] % ovaj parame-
tar omogućuje da se brojevi pišu kao 2001, a ne kao 2,011

legend style={at={(0.5,-0.1)}, anchor=north, legend columns=-1},
% legenda je smještena pomoću koordinata, postavljena vodoravno te je
zadano da se svi podaci pišu u jednom redu

\addplot coordinates {
(2001,4437460)(2011,4284889)(2021,3888529)};
\addplot coordinates {
(2001,2135900)(2011,2066335)(2021,1874566) };

\addplot [color=green!100, fill=green!20] coordinates{
(2001,2301560)(2011,2218554)(2021,2013963)}; % boja i izgled stupa-
ca se može definirati parametrima addplot naredbe

```

```

\legend{ukupan broj, br.muškaraca, br.žena} % stvara se legenda, potre-
bno je točnim redosljedom navesti što koja boja stupca predstavlja, odno-
sno koje podatke
\end{axis}
\end{tikzpicture}

```

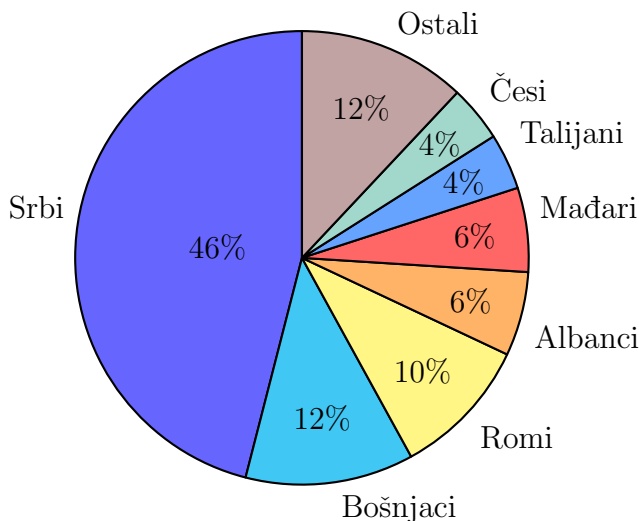
4.2 Tortni grafovi

Tortni grafovi služe kao vizualni prikaz koliki udio pojedina stvar, vrsta podatka ili sl. ima u odnosu na cjelinu. Tortni grafikoni ili pie charts se u \LaTeX -u lako konstruiraju pomoću naredbi i okruženja koje se dobivaju implementacijom *pgf-pie* paketa. Osnovna naredba za izradu tortnog grafikona je:

- `\pie[parametri]{podaci}`

pri čemu se podaci navode kao postotak/ime_tog_dijela i odvajaju zarezom.

Primjer 7: Prikaz udjela nacionalnih manjina s obzirom na broj vijeća nacionalnih manjina.³



Naredbe su:

```

\begin{tikzpicture}
\pie[rotate=90] % zadan je parametar za rotaciju podataka unutar grafikona
{46/Srbi, 12/Bošnjaci, 10/Romi, 6/Albanci, 6/Mađari, 4/Talijani,
4/Česi, 12/Ostali}
\end{tikzpicture}

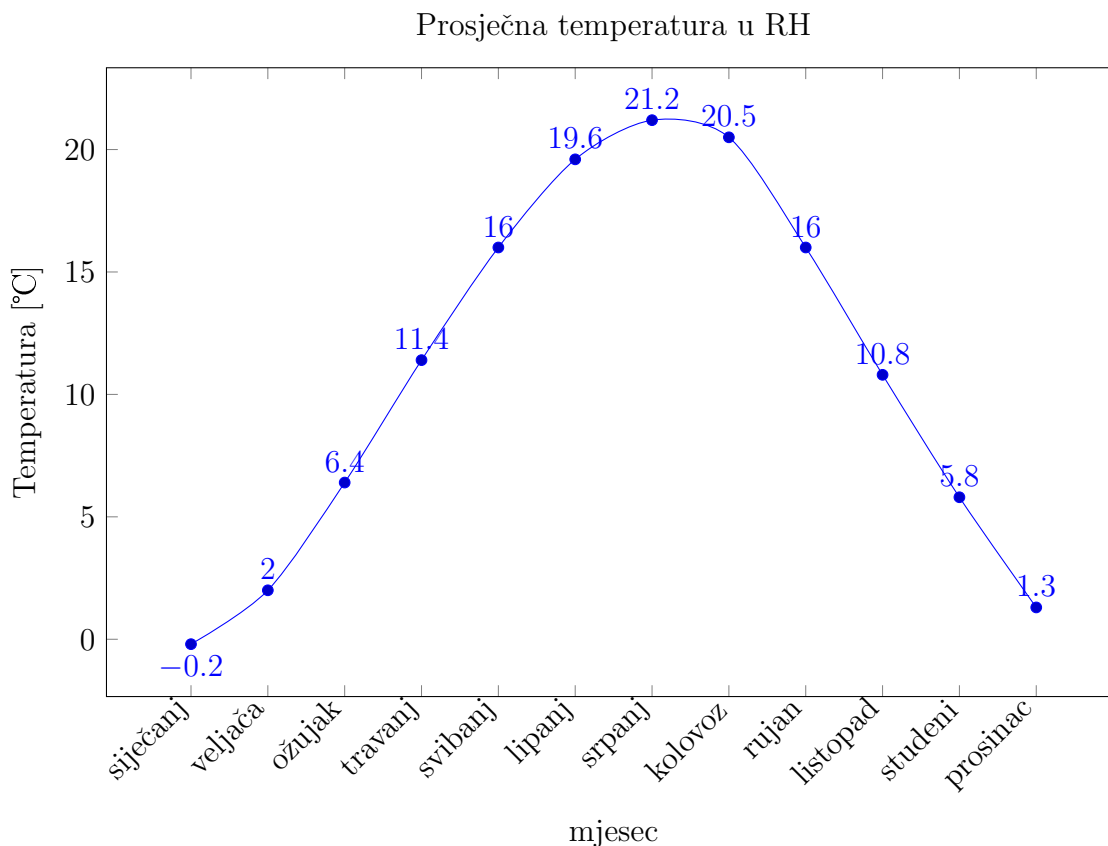
```

³Podaci za grafikon su preuzeti s internet stranice: <https://phralipen.hr/2018/11/30/petnaest-godina-vijeca-romske-nacionalne-manjine-grada-zagreba/> (04.5.2022.)

4.3 Linijski grafikoni

Linijski grafikoni su korisni za prikaz rasta ili pada, odnosno za prikaz kretanja neke varijable zavisno o drugoj. Dakle, linijski grafikoni u \LaTeX -u se konstruiraju poput grafova funkcija koji se konstruiraju pomoću podataka.

Primjer 8: Prikaz kretanja prosječne temperature zraka u RH po mjesecima. ⁴



Naredbe su:

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[height=10cm, width=15.cm, smooth, % s parametrom smooth se
omogućuje da program napravi lijepo zakrivljenu liniju kroz zadane točke,
a ne da ih povezuje ravnim linijama
ylabel={Temperatura [\textcelsius]},
xlabel={mjesec}, title={Prosječna temperatura u RH},
symbolic x coords={siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj,
lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj, listopad, studeni, prosinac},
% zadane su oznake koje će pisati na x-osi, analogno bi se zadalo i za y-
os
```

⁴Podaci za temperaturu su preuzeti s internet stranice: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k1 (05.5.2022.)

```
xtick=data, nodes near coords, % definirano je da su vrijednosti na
x-osi podaci, a ne brojevi te da se pišu vrijednosti uz oznaku točke, pri
tome program piše zavisne vrijednosti uz točke
```

```
x tick label style={rotate=45,anchor=east}] % zadano je da se podaci
na x-osi rotiraju za 45 stupnjeva u smjeru istoka
```

```
\addplot coordinates {
    (siječanj,-0.2) (veljača,2) (ožujak,6.4) (travanj,11.4)
    (svibanj,16) (lipanj,19.6) (srpanj,21.2) (kolovoz,20.5)
    (rujan,16) (listopad,10.8) (studenj,5.8) (prosinac,1.3)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

4.4 Raštrkani grafikon

Za podatke koji su raštrkani, odnosno podaci čija se promjena vrijednosti ne može predočiti je moguće prikazati upravo pomoću raštrkanih grafikona. Za izradu ovakvih grafikona potrebno je kod *axis* okruženja uključiti parametar:

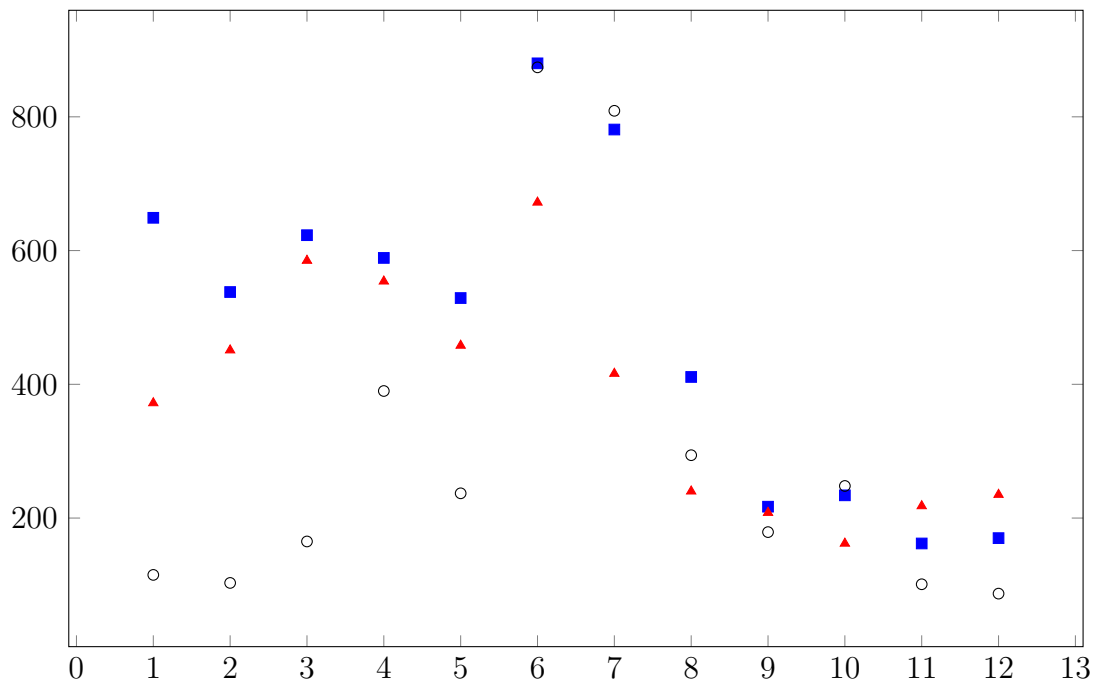
- `scatter/classes={ime={mark=opis_oznake}, ...}`

Dakle, definiraju se klase, odnosno grupe podataka te se definira izgled oznake pridružen svakoj klasi. Osnovna naredba za konstrukciju je:

- `\addplot[scatter, marks only, src=explicit symbolic] tabel[meta=*]
{tablica};`

pri čemu parametri redom određuju da je riječ o raštrkanom grafikonu, da se konstruiraju samo točke te da podaci, po kojima se razlikuju klase, nisu numerički. Zatim se zadaje da se podaci iščitavaju iz tablice, gdje je `meta=*`, a `*` predstavlja ime stupca u tablici u kojem se nalaze podaci koji određuju klasu. Naposljetku se piše tablica s podacima u tri stupca, dva za određivanje koordinata točaka i treći za određivanje klase, pri čemu prvi red sadrži imena stupaca. Stupci se imenuju upravo kako bi program znao po podacima kojeg stupca klasificira, odnosno razvrstava točke.

Primjer 9: Prikaz prodaje 3 najprodavanija automobila 2021. godine u RH po mjesecima pomoću raštrkanog grafikona.



U L^AT_EX-u pišemo:

```

\begin{tikzpicture}

\begin{axis}[scatter/classes={ Volkswagen={mark=square*,blue},
    Škoda={mark=triangle*,red}, Opel={mark=o,draw=black}},
    height=10cm, width=15cm] % definirane su tri klase

\addplot[scatter, only marks, scatter src=explicit symbolic]
    table[meta=marka] {
% program iz tablice iščitava podatke pri čemu je meta marka, odnosno
vrstu točke će odrediti po trećem stupcu u kojemu pišu klase

x      y      marka      x      y      mark
1      649    Volkswagen  7      781    Volkswagen
1      372    Škoda      7      416    Škoda
1      115    Opel      7      809    Opel
2      538    Volkswagen  8      411    Volkswagen
2      451    Škoda      8      240    Škoda
2      103    Opel      8      294    Opel
3      623    Volkswagen  9      217    Volkswagen
3      585    Škoda      9      208    Škoda
3      165    Opel      9      179    Opel
4      589    Volkswagen  10     234    Volkswagen
4      554    Škoda      10     162    Škoda
4      390    Opel      10     248    Opel

```

5	529	Volkswagen	11	162	Volkswagen
5	458	Škoda	11	218	Škoda
5	237	Opel	11	101	Opel
6	880	Volkswagen	12	170	Volkswagen
6	672	Škoda	12	235	Škoda
6	874	Opel	12	87	Opel

```

};
\end{axis}
\end{tikzpicture}

```


5 KARTEZIJEV KOORDINATNI SUSTAV U PROSTORU

Naposljetku dolaze konstrukcije grafova funkcija u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu. U matematici su nezamjenjivi na području geometrije. Vrlo su korisni za prikazivanje različitih ravnina, tijela i krivulja u prostoru.

U \LaTeX -u se grafovi funkcija u prostoru mogu zadati formulom eksplicitno ili parametarski te pomoću podataka, odnosno koordinatnih točaka. Kod trodimenzionalnog koordinatnog sustava dostupne su sve promijene parametara okruženja *axis* i parametara koji određuju izgled grafa funkcije kao i kod dvodimenzionalnog koordinatnog sustava, ali i još neke dodatne. Na isti način se može odrediti položaj koordinatnih osi, zadati imena osima, naslov grafa, najmanje i najveće vrijednosti, pozicija i stil legende, itd. Naravno, sada je moguće isto definirati i za treću os, z. Sljedeće tablice prikazuju neke nove parametre za *axis* okruženje koji se koriste samo pri konstrukciji trodimenzionalnih koordinatnih sustava te parametri koji se koriste pri konstrukciji grafa funkcije.

PARAMETR	OPIS	MOGUĆI ODABIRI I OGRANIČENJA
<code>colormap/odabir</code>	boja grafa funkcije	<code>hot</code> , <code>hot2</code> , <code>jet</code> , <code>blackwhite</code> , <code>bluered</code> , <code>cool</code> , <code>greenyellow</code> , <code>redyellow</code> , <code>violet</code>
<code>view{a}{b}</code>	kut iz kojeg se promatra koordinatni sustav	a je rotacija oko z osi, a b rotacija oko x-osi
<code>3d box</code> ili <code>3d box=complet*</code>	prikazuje koordinatni sustav u obliku kocke ili u obliku kocke s mrežom	/
<code>unit vector ratio = a b c</code>	omjer dimenzija osi	/
<code>colorbar odabir</code>	stupac s prikazom raspona boja u grafu funkcije	<code>horizontal</code> (stupac će biti ispod koordinatnog sustava), <code>left</code> (slijeva), <code>right</code> (sdesna)

Tablica 4: Parametri okruženja *axis*

PARAMETAR	OPIS I MOGUĆI ODABIRI
<code>surf, mesh</code>	prikazuje se samo površina lika ili se površina lika prikazuje kao mreža
<code>sampelsy=odabir</code>	broj vrijednosti nezavisne varijable y za koje će se računati funkcijske vrijednosti
<code>fill=boja</code>	ako se ne koristi colormap ovime se može obojiti površina grafa funkcije
<code>faceted color=boja</code>	boja linija grafa funkcije
<code>shader=odabir</code>	način na koji će biti prikazane boje na površini grafa funkcije; <code>faceted</code> vidljiva mreža na površini lika, <code>flat</code> vidljiva promjena nijansi boja, <code>interp</code> glatko prelijevanje boja
<code>patch</code>	prikazivanje površine grafa funkcije mrežom sastavljenom od zadanog geometrijskog lika
<code>patch type=odabir</code>	<code>rectangle</code> (kvadrat), <code>triangle</code> (trokut)

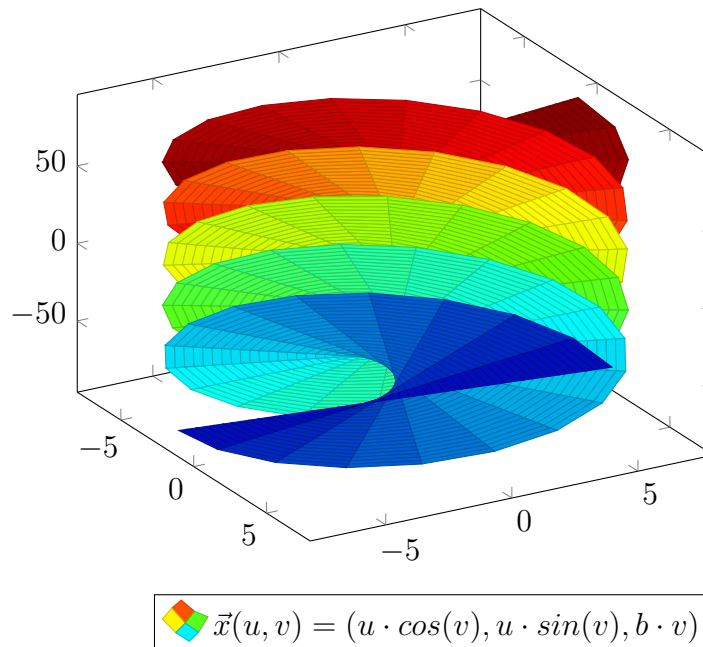
Tablica 5: Parametri za definiranje izgleda grafa funkcije

5.1 Grafovi funkcija

Prvi primjer je prikaz konstrukcije grafa funkcije zadane parametarski, a drugi primjer je prikaz konstrukcije grafa funkcije, zadane eksplicitnom formulom. Konstrukcija je analogna konstrukciji grafova funkcija u Kartezijevom koordinatnom sustavu u ravnini. Ključna naredba je `\addplot3` kojom se definira da se sada konstruira u prostoru.

Primjer 10: Prikaz helikoida s vektorskom jednadžbom

$$\vec{x}(u, v) = (u \cdot \cos(v), u \cdot \sin(v), b \cdot v), \text{ za } b=10.$$



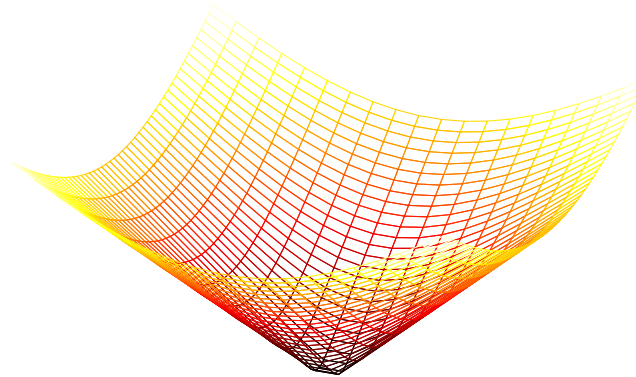
Slijed naredbi za konstrukciju ovoga grafa je:

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
    view={60}{30}, % koordinatni sustav je rotiran za 60 stupnjeva oko
    z osi i 30 oko x-osi
    colormap/bluered, % boja grafa funkcije se preljeva od plave do cr-
    vene
    legend style={at={(1,-0.1)}} ] % položaj legende je zadan koordina-
    tnim točkama
\addplot3[surf,samples=50,domain=-8:8] % prikazana je cijela površina
dobivenog lika, pri čemu se za konstrukciju uzima 50 vrijednosti, za ne-
zavisnu varijablu x, iz intervala [-8,8]
    ({x*cos(deg(y))},{x*sin(deg(y))},{10*y}); % funkcija je zadana pa-
    rametarski, svaki parametar se piše zasebno unutar vitičastih zagrada
    odvojenih zarezom
\addlegendentry{\$\vec x(u,v)=(u\cdot \cos(v), u\cdot \sin(v), b\cdot v)\$}
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Opis: Pri odabiru broja vrijednosti treba paziti na složenost zadane funkcije, ponekad program neće moći kompajlirati preveliki broj vrijednosti za kompliciranu funkciju.

Primjer 11: Prikaz konstrukcije grafa funkcije s eksplicitno zadanom formulom

$$f(x) = \sqrt{x^2 + y^2}.$$



Naredbe su:

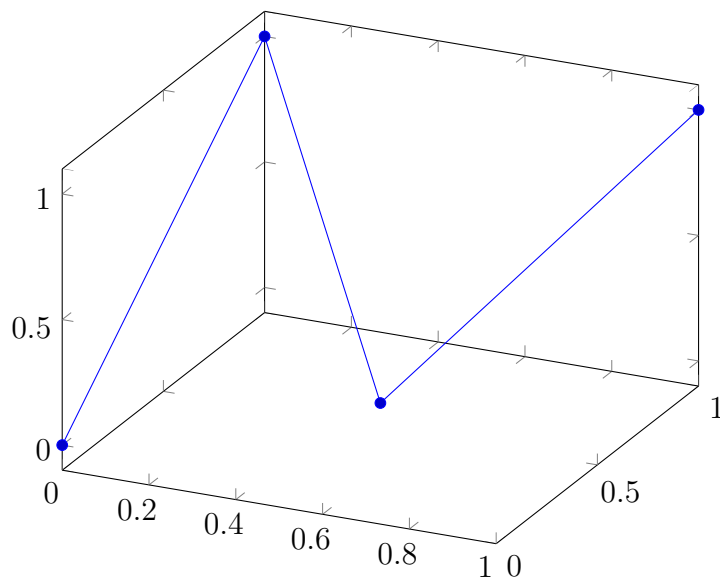
```
\begin{center}
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[colormap/hot2, hide axis]
\addplot3[mesh, samples=20, samples y=50] {\sqrt(x^2+y^2)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Opis: Graf funkcije je u ovome slučaju prikazan u obliku mreže te se ta mreža sastoji od pravokutnika, upravo zbog toga što je uzet manji broj vrijednosti nezavisne varijable x naspram broja vrijednosti uzetih za varijablu y . Da se uzme jednak broj tada bi mreža bila sastavljena od kvadrata. Parametar `hide axis` je ekvivalentan parametru `axis lines=none` te oni u potpunosti uklanjaju prikaz koordinatnog sustava.

5.2 Crtanje pomoću podataka

Kao i u Kartezijevom koordinatnom sustavu u ravnini moguće je i u prostoru konstruirati grafove funkcija zadavanjem koordinata točaka.

Primjer 12: Program iščitava koordinate iz tablice.

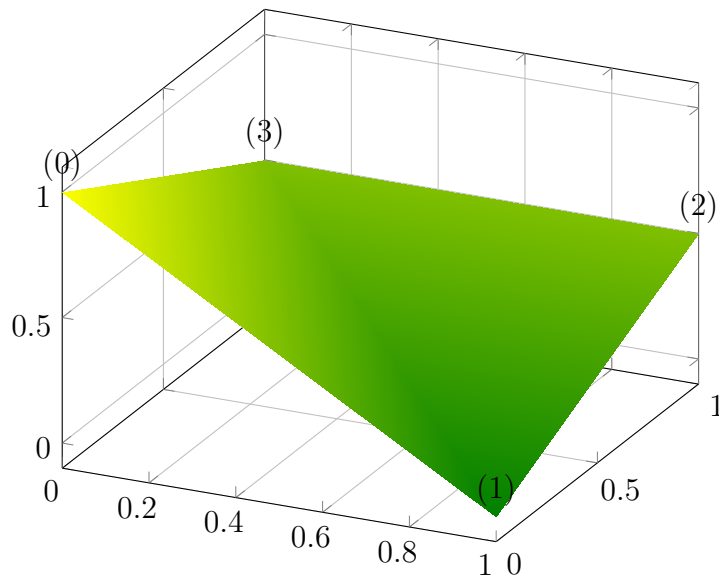


Naredbe su sljedeće:

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}
\addplot3 table % podaci se iščitavaju iz tablice koja se piše unutar
vitičastih zagrada
{
x    y    z
0    0    0
0    1    1
0.5  0.5  0
1    1    1
};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Zadavanjem koordinata u prostoru program konstruira linijski graf, spajajući točke redosljedom kojim su zadane. Slijedi primjer kako zadati da program naglasi površinu koju omeđuju zadane koordinate u prostoru. Pri tome treba paziti, program će to učiniti bile točke komplementarne ili ne.

Primjer 13: Crtanje površine omeđene koordinatama točaka.



```

\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[nodes near coords={(\coordindex)}, colormap/greenyellow,
grid] % dodane su oznake uz točke, tj. piše redni broj zadane točke
počevši od nule, zatim je uključen prikaz koordinatne mreže te je zadano
da se boja grafa funkcije preljeva iz žute u zelenu
\addplot3[shader=interp, patch, patch type=rectangle] % zadano je da
se boja površine grafa funkcije glatko preljeva te da program izradi po-
vršinu sastavljenu od kvadrata
coordinates { % zadaju se koordinate točaka (nisu komplementarne)
(0,0,1) (1,0,0) (1,1,0.5) (0,1,0.5)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}

```

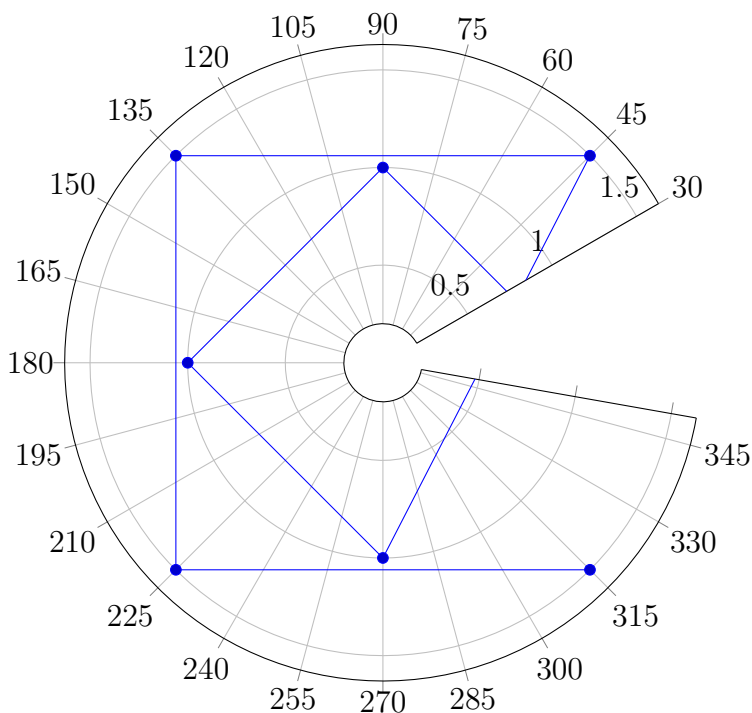
Opis: Kada ne bi bio zadan parametar `patch style=rectangle` tada bi program po defaultu prvo prepoznao trokut te bi bila obojena samo površina omeđena s prve tri točke. Kada uopće ne bi bio zadan parametar `patch` ponovno bi se dobio linijski graf funkcije. Ovakvi rezultati se ne mogu postići korištenjem samo `surf` ili `mesh` parametara.

6 POLARNI KOORDINATNI SUSTAV

Polarni koordinatni sustav je dvodimenzionalni koordinatni sustav određen ishodištem O , jediničnom točkom E i zrakom ρ . Za točku T u Kartezijevom dvodimenzionalnom koordinatnom sustavu, polarne koordinate točke su (r, φ) pri čemu je r duljina vektora \vec{OT} , a φ kut kojeg vektor \vec{OT} zatvara sa zrakom ρ .

Za izradu polarnog koordinatnog sustava je potrebno `polaraxis` okruženje, a kako bi se ga moglo koristiti potrebno je u preambulu dodatno napisati `\usepgfplotslibrary{polar}`.

Primjer 14: Konstrukcija grafa funkcije, zadanog koordinatama, u polarnom koordinatnom sustavu.



```
\begin{tikzpicture}
\begin{polaraxis}[xmin=30, xmax=270, ymin=0.2]
% vrijednosti za parametar  $\varphi$  su omeđene odozgo i odozdo što se primjećuje
% u koordinatnom sustavu, nedostaje dio od 0 do 30 i od 350 do 360 stupnjeva
% također je postavljena donja granica za  $r$ , stoga je unutrašnjost polar-
% nog koordinatnog sustava prazna do vrijednosti 0.2
\addplot coordinates {(0,1) (90,1) (180,1) (270,1) (45,1.5)
(135,1.5) (225,1.5) (315,1.5)}; % koordinate se zadaju obrnuto od
standardnog, tj.prva koordinata je kut, a druga radijus(duljina vektora  $r$ )
\end{polaraxis}
\end{tikzpicture}
```

7 ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja kratki priručnik za korištenje pgfplots, ali i Tikz makro paketa u \LaTeX -u. Tijekom poglavlja su objašnjena potrebna okruženja i naredbe za stvaranje dijagrama, grafova funkcija u ravnini i u prostoru te grafikona. Opisana je i većina parametara koji se mogu koristiti te čemu pojedini parametar služi. Općenito oni služe za dodatno definiranje izgleda okoline ili samoga grafa funkcije. Također, podosta parametara je korišteno u primjerima, pa je time uz naredbe prikazano i kako se uključuju parametri, odnosno kako ih se koristi pri konstrukciji grafova. Naravno, ovo nisu jedini grafovi koji se mogu konstruirati.

Programi s \LaTeX sustavom služe za pisanje raznovrsnih tekstova, no njima se koristi na drugačiji način od primjerice najčešće korištenog Worda. U \LaTeX -u se pomoću naredbi definira izgled teksta, dokumenta i dijelova dokumenta. Prednosti su preglednost, urednost i profesionalni izgled. Dok se korištenje naredbi i pojave grešaka u kodu mogu činiti zamorno, one osiguravaju da ne dolazi do nepotrebnih pomaka ili iskakanja u dokumentu. Makro paketi su poprilično jednostavni za korištenje, ako je korisnik upoznat s mogućnostima, a ako nije postoje upute na Overleaf stranici, razni online priručnici, ali i odlična YouTube predavanja. \LaTeX je često korišten sustav za pisanje znanstvenih radova, čak se i preferira. Stoga je korisno znati se koristiti Tikz i pgfplots paketima jer su grafovi i grafikoni česta pojava u raznim tekstovima, ne samo znanstvenim.

Literatura

- [1] Feuersänger, Christian: *Manual for Package pgfplots*, 2015., URL: <http://vonbuhren.free.fr/Liens/pgfplots.pdf> (24.6.2022.)
- [2] Tantau, Till: *Tik Z and PGF packages*, Institut za teoretsku informatiku, Sveučilište Lübeck ,Lübeck, 2007., url: <https://www.bu.edu/math/files/2013/08/tikzpgfmanual.pdf> (09.4.2022.)
- [3] Ungar, Šime: *Ne baš tako kratak uvod u T_EX, s naglaskom na L^AT_EX₂ε*, Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2002. , URL: https://web.math.pmf.unizg.hr/~ungar/lkratko2e_internet.pdf (30.3.2022.)
- [4] *An introduction to LaTeX*, The L^AT_EX project, URL: <https://www.latex-project.org/about/> (09.4.2022.)
- [5] *Bar Charts in LaTeX: Step-by-Step TikZ Tutorial*, TikZBlog, 2021., URL: <https://latexdraw.com/bar-charts-in-latex-step-by-step-tikz-tutorial/> (16.4.2022.)
- [6] *Latex Bar Graphs and Pie Charts using Tikz*, Javatpoint, URL: <https://www.javatpoint.com/latex-bar-graphs-and-pie-charts-using-tikz> (04.5.2022.)
- [7] *Pgfplots package*, Overleaf, URL: https://www.overleaf.com/learn/latex/Pgfplots_package (11.4.2022.)
- [8] *PGFPlots Gallery*, URL: <http://pgfplots.sourceforge.net/gallery.html> (24.6.2022.)
- [9] *TikZ package*, Overleaf, URL: https://www.overleaf.com/learn/latex/TikZ_package (09.4.2022.)
- [10] *Three Dimensional Plotting in LaTeX*, TikZBlog, 2021., URL: <https://latexdraw.com/three-dimensional-plotting-in-latex/> (24.6.2022.)