

Kreiranje grafičkih elemenata u Latex-u koristeći paket TikZ

Antić, Tonka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Mathematics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za matematiku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:126:112960>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



mathos

Repository / Repozitorij:

[Repository of School of Applied Mathematics and Informatics](#)



Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Odjel za matematiku
Preddiplomski sveučilišni studij matematike

Tonka Antić

Kreiranje grafičkih elemenata u \LaTeX -u koristeći paket TikZ

Završni rad

Osijek, 2021.

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Odjel za matematiku
Preddiplomski sveučilišni studij matematike

Tonka Antić
Kreiranje grafičkih elemenata u \LaTeX -u koristeći paket TikZ
Završni rad

Mentorica: doc.dr.sc. Ivana Kuzmanović Ivičić

Osijek, 2021.

Sažetak

TikZ je najsloženiji i najmoćniji alat za kreiranje grafičkih elemenata u \LaTeX -u. Njegov naziv je kratica od “TikZ ist kein Zeichenprogramm“ što bi s njemačkog preveli kao “TikZ nije program za crtanje“. Cilj ovog rada je prikazati osnovne mogućnosti koje nam pruža paket TikZ. Kroz rad ćemo pokazati kako kreiramo grafičke elemente, kako im mijenjamo stil, kako ih popunjavamo te kako dodajemo tekst na nacrtanu sliku.

Cljučne riječi: \LaTeX , TikZ, crtanje crta, crtanje krivulja, popunjavanje područja, dodavanje teksta

Abstract

TikZ is the most complex and powerful tool for creating graphic elements in \LaTeX . Its name is an acronym for “TikZ ist kein Zeichenprogramm“ which is German for “TikZ is not a drawing program“. This paper aims to show the basic possibilities provided by the TikZ package. Through the paper we will show how we create graphic elements, how we change their styles, how we fill them and how we add text to the drawn image.

Key words: \LaTeX , TikZ, drawing lines, drawing curves, filling areas, adding text

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Korištenje paketa TikZ	2
3	Crtanje ravnih i zakrivljenih crta	3
3.1	Jednostavne crte i likovi	3
3.2	Izgled crta	4
3.2.1	Veličina, stil i boja	4
3.3	Krivulje	7
4	Crtanje grafova funkcija	9
5	Popunjavanje likova i proizvoljnih područja	10
6	Stavljanje oznaka na slike	12
7	Primjeri	15
7.1	Vertikalno označavanje	15
7.2	Krivulje i tangente na krivulju	16
7.3	Naprednije korištenje paketa TikZ	19

1 Uvod

TikZ je jedan od najmoćnijih alata za kreiranje grafičkih elemenata u \LaTeX -u. Na samom početku ćemo, u poglavlju *Korištenje paketa TikZ*, opisati što je sve potrebno učiniti kako bi se paket mogao koristiti, a nakon toga, u poglavlju *Crtanje ravnih i zakrivljenih crta*, krećemo sa crtanjem jednostavnih crta i likova. U sljedećem poglavlju, *Izgled crta*, pokazat ćemo i kako možemo mijenjati boju, veličinu i stil crta pa samim time i svih nacrtanih likova. U sljedeća dva poglavlja, *Krivulje* i *Crtanje grafova funkcija* slijedi crtanje krivulja i grafova funkcija te popunjavanje likova i proizvoljnih područja u petom poglavlju *Popunjavanje likova i proizvoljnih područja*. U idućem poglavlju, *Stavljanje oznaka na slike*, ćemo pokazati kako se dodaje tekst na slike što nam omogućava označavanje niza matematičkih elemenata koje bismo htjeli crtati te ćemo u zadnjem, sedmom poglavlju *Primjeri* kreirati nekoliko zanimljivih primjera koristeći sve što smo do tada opisali. Na samom kraju ćemo prikazati jedan način naprednijeg korištenja paketa TikZ - izradu naslovnice.

2 Korištenje paketa TikZ

Autor paketa TikZ je Till Tantau, profesor na jednom njemačkom sveučilištu. Nešto što je počelo kao mali L^AT_EXstil za kreiranje grafičkih elemenata u njegovom doktorskom radu, pretvorilo se u paket za kojeg postoje manuali od preko tisuću stranica. Cilj ovog poglavlja je pojasniti što je sve potrebno kako bismo započeli korištenje paketa TikZ. Najprije, u preambuli svog dokumenta, upišemo

```
\usepackage{TikZ}
```

Okruženje u kojem se izrađuje slika je

```
\begin{tikzpicture}  
...naredbe  
\end{tikzpicture}
```

ako želimo samo sliku ili

```
\begin{figure}[parametri]  
\begin{tikzpicture}  
...naredbe  
\end{tikzpicture}  
\caption{...}  
\end{figure}
```

ako želimo sliku kao plutajući objekt s numeracijom i opisom (što nazivamo figurom). Parametri koje možemo koristiti u ovom okruženju su :

- **h** - ako je moguće, staviti figuru na mjesto gdje smo je unijeli
- **t** - ako je moguće, staviti figuru na vrh stranice
- **b** - ako je moguće, staviti figuru na dno stranice
- **p** - staviti figuru na stranicu na kojoj se nalaze samo plutajući objekti

3 Crtanje ravnih i zakrivljenih crta

3.1 Jednostavne crte i likovi

Kada želimo kreirati sliku koristeći paket TikZ, naš glavni zadatak je specifikacija puteva. Put je niz ravnih ili zakrivljenih crta. Za crtanje crte jednostavno upišemo

```
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) -- (1,2);
\end{tikzpicture}
```

i dobijemo crtu koja spaja koordinate (0,0) i (1,2).



Slika 3.1: Crta

Sve udaljenosti su u centimetrima što se, naravno, može promijeniti. Sada kada znamo kako crtamo crte, pokušajmo nacrtati kvadrat. On se sastoji od četiri spojene ravne crte pa bismo njega dobili na način da upišemo

```
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) -- (0,2) -- (2,2) -- (2,0) -- (0,0);
\end{tikzpicture}
```



Slika 3.2: Kvadrat

Primijetimo odmah da naredbe završavaju znakom ;. U nastavku ćemo izostavljati dio koda za okruženje slike

```
\begin{tikzpicture}
...naredbe
\end{tikzpicture}
```


radi jednostavnijeg i kraćeg zapisa, osim kada je to neophodno zbog nekih eventualnih specifikacija tog okruženja.

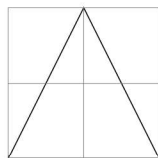
Nadalje, možemo dodati i mrežu kako bi se jasnije vidjele koordinate našeg nacrtanog lika. To radimo pomoću naredbe

```
\draw[help lines] (.,.) grid (.,.);
```

koja nam crta mrežu razapetu prvom i zadnjom zadanom koordinatom. Kada bismo sada htjeli nacrtati trokut sa koordinatama vrhova $(0,0)$, $(1,2)$ i $(2,0)$ s mrežom, upisali bismo

```
\draw (0,0) -- (1,2) -- (2,0) -- (0,0);  
\draw[help lines] (0,0) grid (2,2);
```

i dobili bismo

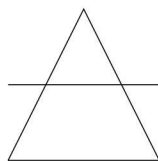


Slika 3.3: Trokut u mreži

Naravno, na sliku možemo dodati i više elemenata. Ako bismo htjeli nacrtati trokut koji presijeca crta, naredbe

```
\draw (0,0) -- (1,2) -- (2,0) -- (0,0);  
\draw (0,1) -- (2,1);
```

bi nam dale



Slika 3.4: Trokut presječen crtom

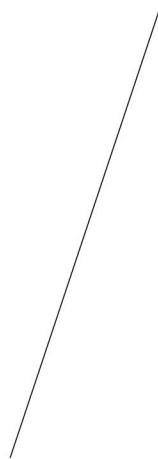
3.2 Izgled crta

3.2.1 Veličina, stil i boja

Sada kada znamo kako nacrtati crte i likove sastavljene od crta, pokažimo kako možemo skalirati koordinate početne i završne točke tih crta. Na primjer, ako bismo htjeli uvećati crtu sa slike 3.1 upisali bismo

```
\begin{tikzpicture}[xscale=2,yscale=3]
\draw (0,0) -- (1,2);
\end{tikzpicture}
```

i dobili bismo



Slika 3.5: Skalirana crta

gdje smo apscisu uvećali 2, a ordinatu 3 puta. Naravno, možemo skalirati i samo jednu od koordinata. Sada bismo htjeli i stilizirati crte. Kada bismo na krajevima crta željeli strelice, upisali bismo

```
\draw [->] (0,0) -- (3,0);
\draw [<-] (0, -0.5) -- (4,-0.5);
\draw [|->] (0,-1) -- (5,-1);
```

što bi nam dalo

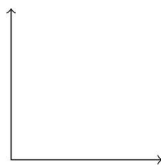


Slika 3.6: Strelice

a kada bismo upisali

```
\draw [<->] (0,2) -- (0,0) -- (2,0);
```

dobili bismo koordinatne osi.



Slika 3.7: Koordinatne osi

Dakle, strelice se smještaju na krajnje dijelove crta. Još jedna od mogućnosti je mijenjanje debljine crta. Nacrtajmo dvije crte različitih debljina kako bismo ih mogli usporediti. Kada upišemo

```
\draw [ultra thick] (0,1) -- (2,1);  
\draw [ultra thin] (0,0) -- (2,0);
```

dobivamo



Slika 3.8: Debljina crte

Također, postoje i mnoge druge opcije za debljinu crte kao što su : very thin, thin, semithick, thick i very thick. Debljinu crte možemo lako zadati i sami, bez korištenja unaprijed zadanih opcija. Upišemo li

```
\draw [line width=8] (0,0) -- (2,0);
```

dobivamo

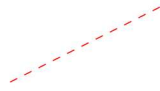


Slika 3.9: Prilagođena debljina crte

Nadalje, možemo mijenjati stil i boju crte. Ako bismo, na primjer, htjeli crvenu isprekidanu crtu, upisali bismo

```
\draw [dashed,red] (0,0) -- (2,1);
```

i dobili bismo



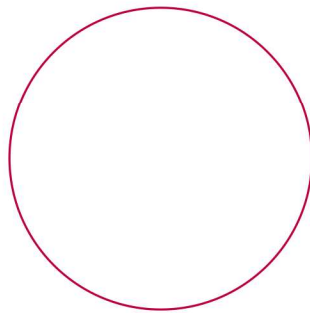
Slika 3.10: Stil i boja crte (isprekidana crvena crta)

Naravno, mnogo je dodatnih stilova i boja za crte koje možemo potražiti u bilo kojem manualu za paket TikZ.

3.3 Krivulje

Osim ravnih crta, možemo crtati i zakrivljene. Tako bismo, primjerice, kružnicu sa središtem u točki $(3,2)$ radijusa 2 cm dobili ako upišemo

```
\draw [purple,thick] (3,2) circle [radius=2cm];;
```



Slika 3.11: Kružnica

Na početku smo kvadrat crtali pomoću četiri ravne crte. Pokažimo sada kako bilo koji pravokutnik možemo crtati koristeći naredbe paketa TikZ. Kada bismo upisali

```
\draw [blue,ultra thick] (0,0) rectangle (2,1);
```

dobili bismo pravokutnik razapet točkama $(0,0)$ i $(2,1)$. Te točke predstavljaju nasuprotne vrhove pravokutnika, a oni ga jednoznačno određuju.

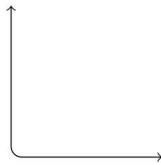


Slika 3.12: Pravokutnik

Još jedna od opcija koje nam nudi paket TikZ je zaglađivanje prijelaza između crta. Kada bismo u slici 3.7 htjeli gladi prijelaz između koordinatnih osi, upisali bismo

```
\draw [<->, rounded corners] (0,2) -- (0,0) -- (2,0);
```

i dobili bismo



Slika 3.13: Koordinatne osi

Za neke preciznije krivulje možemo, primjerice, koristiti programski paket Wolfram Mathematica na način da izračunamo koordinate puno njezinih točaka i samo ih prekopiramo u TikZ. Puno nam je lakše nacrtati krivulju tako da na istoj slici nadodamo nekoliko naredbi za krivulju. Tako bismo, na primjer, krivulju sa slike 3.14



Slika 3.14: Krivulja sa strelicama

dobili na način da upišemo

```
\draw [<->, thick, cyan] (0,0) to [out=90,in=180] (1,1) to  
→ [out=0,in=180] (2.5,0) to [out=0,in=-135] (4,1);
```

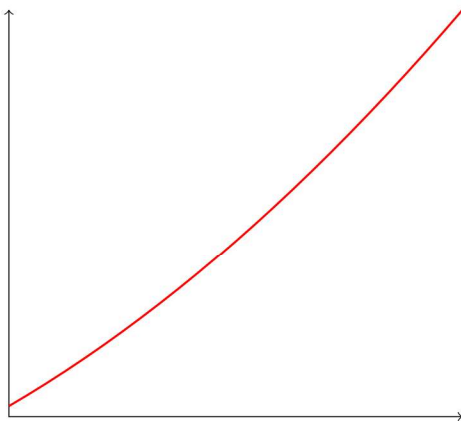
gdje su *in* i *out* kutevi pod kojim krivulja ulazi ili izlazi u područje razapeto navedenim točkama, a strelice su dodane na početak prvog segmenta i završetak zadnjeg segmenta.

4 Crtanje grafova funkcija

TikZ nam omogućuje i crtanje grafova funkcija. Ako bismo, na primjer, htjeli nacrtati graf funkcije $0.02 + x + x^2$, upisali bismo

```
\begin{tikzpicture}[xscale=12,yscale=7]
\draw [<->] (0,0.77) -- (0,0) -- (0.5,0);
\draw[red,thick,domain=0:0.5] plot (\x, {0.02+\x+\x*\x});
\end{tikzpicture}
```

i dobili bismo



Slika 4.1: Graf funkcije $0.02 + x + x^2$

gdje vrijednosti za nezavisnu varijablu x uzimamo iz segmenta $[0, 0.5]$ (što određujemo koristeći naredbu `domain`). Naredba `plot` za crtanje grafa funkcije se koristi na način da se u uglatim zagradama najprije navede varijabla po kojoj se graf crta te se u vitičastim zagradama pored varijable upiše eksplicitna formula funkcije. Ostale funkcije čije grafove možemo crtati su `factorial(\x)`, `sqrt(\x)`, `pow(\x,y)` (što daje x^y), `exp(\x)`, `ln(\x)`, `log10(\x)`, `log2(\x)`, `abs(\x)`, `mod(\x,y)`, `round(\x)`, `floor(\x)`, `ceil(\x)`, `sin(\x)`, `cos(\x)`, `tan(\x)`, `min(\x,y)`, `max(\x,y)`, `rnd` (daje slučajan broj između 0 i 1).

5 Popunjavanje likova i proizvoljnih područja

Pokažimo sada kako možemo bojom ispuniti nacrtane likove. Pogledajmo sljedeće primjere :



Slika 5.1: Obojani likovi

To smo dobili koristeći naredbe

```
\draw [fill=red,thick] (0,0) rectangle (1,1);  
\draw [fill=red,thick,red] (2,0) rectangle (3,1);  
\draw [blue,fill=blue] (4,0) -- (5,1) -- (4.75,0.15) -- (4,0);  
\draw[fill] (7,0.5) circle [radius=0.1];  
\draw [fill=orange] (9,0) rectangle (11,1);  
\draw [fill=white] (9.25,0.25) rectangle (10,1.5);
```

Naredba `fill` nam je ovdje ključna za popunjavanje likova. Ako ne odredimo kojom bojom želimo popuniti lik, on se automatski popuni crnom bojom. Primijetimo kako smo kod drugog kvadrata upisali da želimo crveni obrub (`[fill=red,thick,red]`), dok je kod prvog kvadrata automatski napravljen crni obrub. Ako bismo željeli u potpunosti izbjeći obrub tada bismo umjesto `\draw` pisali `\path`. Možemo popunjavati i neka proizvoljna područja. Tako bismo, na primjer, likove sa sljedećih slika



Slika 5.2: Proizvoljni obojani likovi

dobili na način da upišemo

```
\draw [thick] (0,0) to [out=87,in=150] (1,1) -- (.85,.15) --  
↪ (0,0);  
\draw [fill=red,thick] (2,0) to [out=87,in=150] (3,1) --  
↪ (2.85,.15) -- (2,0);  
\path [fill=red] (4,0) to [out=87, in=150] (5,1) -- (4.85,.15)  
↪ -- (4,0);
```

Primjetimo da smo ovdje kombinirali `--` i `to`. Kada bismo upisali samo naredbu `to` bez ikakvih opcija u uglatim zagradama, dobili bismo samo ravne crte. U tu svrhu, ako upišemo

```
\draw[thick] (0,0) to (1,1) to (.85,.15) to (0,0);
```

dobijemo geometrijski lik sa slike 5.3



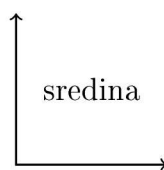
Slika 5.3: Trokut

6 Stavljanje oznaka na slike

Pogledajmo za početak kako bismo ubacili neki tekst na sliku. Pomoću naredbi

```
\draw[thick,<->] (0,2) -- (0,0) -- (2,0);  
\node at (1,1) {sredina};
```

upisuje se riječ *sredina* u točki (1,1) na način da je centar riječi pozicioniran točno u danu točku i dobili bismo sliku 6.1.

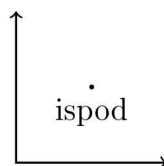


Slika 6.1: Ubacivanje riječi na sliku

Ponekad želimo riječ smjestiti na točno određeno mjesto u odnosu na neku točku sa slike. Na primjer, ako upišemo

```
\draw[thick,<->] (0,2) -- (0,0) -- (2,0);  
\draw[fill] (1,1) circle [radius=0.025];  
\node [below] at (1,1) {ispod};
```

dobivamo



Slika 6.2: Ubacivanje riječi na određeno mjesto na slici

Naravno, riječi možemo ubacivati i na ostale pozicije u odnosu na točku te im mijenjati boje. Tako bismo sljedeću sliku



Slika 6.3: Ubacivanje obojanih riječi na određeno mjesto na slici

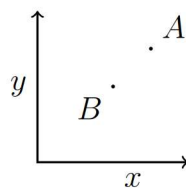
dobili na način da upišemo

```
\draw[thick,<->] (0,2) -- (0,0) -- (2,0);
\draw[fill] (1,1) circle [radius=0.025];
\node [below,blue] at (1,1) {ispod};
\node [above,red] at (1,1) {iznad};
\node [left,yellow] at (1,1) {lijevo};
\node [right,green] at (1,1) {desno};
```

Sada znamo i označavati osi i točke pa nacrtajmo koordinatne osi, točku A i točku B. To ćemo napraviti pomoću niza naredbi

```
\draw[thick,<->] (0,2) -- (0,0) -- (2,0);
\node [below right] at (1,0) {$x$};
\node [left] at (0,1) {$y$};
\draw [fill] (1.5,1.5) circle [radius=.5pt];
\node[above right] at (1.5,1.5) {$A$};
\draw [fill] (1,1) circle [radius=.5pt];
\node[below left] at (1,1) {$B$};
```

i dobiti



Slika 6.4: Označene točke u koordinatnom sustavu

Prethodni kod smo mogli pisati i skraćeno kao

```
\begin{tikzpicture}[xscale=3,yscale=1.5]
\draw[thick,<->] (0,1) node [left] {$y$} -- (0,0) -- (1,0) node
[below right] {$x$};
\draw [fill] (.6,.8) circle [radius=.5pt] node[above right]
↪ (.6,.8) {$A$};
```

```

\draw [fill] (.3,.5) circle [radius=.5pt] node[below left]
  ↪ (.3,.5) {\B$};
\end{tikzpicture}

```

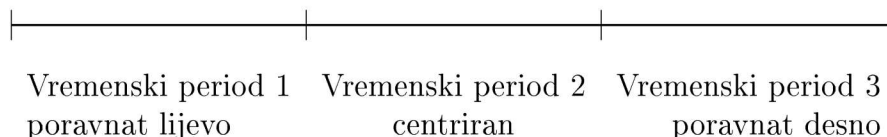
te bismo dobili jednak rezultat. Uočimo da smo naredbu `node` samo dodali u nastavku nakon koordinata i izostavili znak `\`. Ponekad bismo željeli staviti nekoliko crta u našu oznaku (na primjer, kada izrađujemo svojevrstne vremenske crte). To možemo napraviti koristeći standardnu \LaTeX -ovu oznaku za novi red, ali moramo i paziti na to da TikZ-u točno naredimo kako da uskladi sve oznake. Na primjer, napišemo li

```

\begin{tikzpicture}[xscale=1.3]
\draw[thick] (0,0) -- (9,0);
\draw (0,-.2) -- (0,.2);
\draw (3,-.2) -- (3,.2);
\draw (6,-.2) -- (6,.2);
\draw (9,-.2) -- (9,.2);
\node[align=left,below] at (1.5,-.5)% {Vremenski period
  ↪ 1\\poravnat lijevo};
\node[align=center,below] at (4.5,-.5)% {Vremenski period
  ↪ 2\\centriran};
\node[align=right,below] at (7.5,-.5)% {Vremenski period
  ↪ 3\\poravnat desno};
\end{tikzpicture}

```

dobiti ćemo

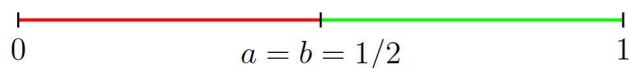


Slika 6.5: Vremenska crta

U ovom primjeru nam naredba za novi red svaku određenu oznaku prelama u dva reda, a naredba `align` nam razmješta oznake na točno određena mjesta vremenske linije. Bez korištenja naredbe `align` TikZ bi ispisao jednu dugačku liniju. Paket nam nudi i mnogo ostalih mogućnosti. Možemo preciznije definirati oblik i poziciju oznaka te također staviti oznaku na liniju ili krivulju.

7 Primjeri

Pogledajmo sada kako bismo sve što smo do sada naučili iskoristili u izradi nekoliko zanimljivih primjera. Sliku

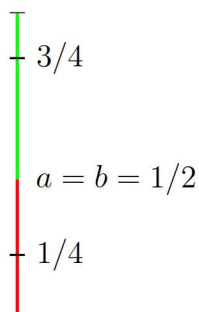


Slika 7.1: Dužina

bismo dobili tako da upišemo

```
\begin{tikzpicture}[xscale=8]
\draw[-][draw=red,very thick] (0,0) -- (.5,0);
\draw[-][draw=green,very thick] (.5,0) -- (1,0);
\draw[thick] (0,-.1) node[below]{$0$} -- (0,0.1);
\draw[thick] (0.5,-.1) node[below]{$a=b=1/2$} -- (0.5,0.1);
\draw[thick] (1,-.1) node[below]{$1$} -- (1,0.1);
\end{tikzpicture}
```

7.1 Vertikalno označavanje



Slika 7.2: Dužina

U ovom primjeru smo se podsjetili kako koristiti naredbu `align`. Sliku smo dobili tako što smo upisali

```
\begin{tikzpicture}[yscale=4]
\draw[-][draw=red,very thick] (0,0) -- (0,.45);
\draw[-][draw=green,very thick] (0,.45) -- (0,1);
\draw[thick] (-0.1,0.2) -- (0.1,.2)
↔ node[align=left,right]{$1/4$};
\node[right] at (0.1,.45) {$a=b=1/2$};
\end{tikzpicture}
```

```

\draw[thick] (-0.1,0.85) -- (0.1,.85)
  \to node[align=left,right]{$3/4$};
\draw (-0.1,0) -- (0.1,0);
\draw (-0.1,1) -- (0.1,1);
\end{tikzpicture}

```

7.2 Krivulje i tangente na krivulju

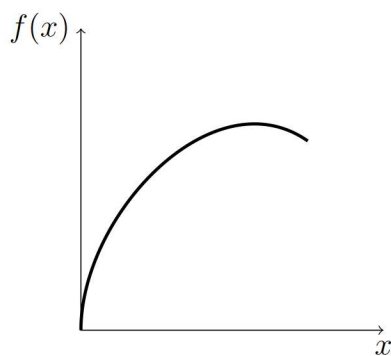
Kada bismo htjeli nacrtati krivulju u koordinatnim osima, upisali bismo

```

\draw[<->] (4,0) node[below]{$x$} -- (0,0) -- (0,4)
  \to node[left]{$f(x)$};
\draw[very thick] (0,0) to [out=90,in=145] (3,2.5);

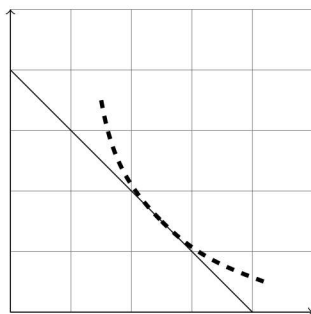
```

i dobili bismo



Slika 7.3: Krivulja

Tangentu



Slika 7.4: Tangenta na krivulju

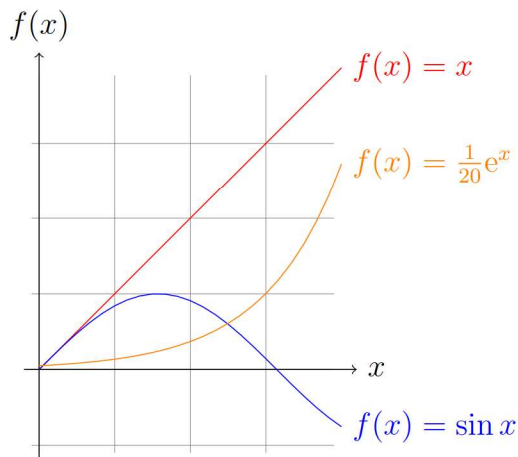
smo dobili tako što smo upisali

```

\draw [help lines] (0,0) grid (5,5);
\draw [<->] (5,0) -- (0,0) -- (0,5);
\draw (4,0) -- (0,4);
\draw [dashed,ultra thick] (1.5,3.5) to [out=-80,in=135]
  ↪ (2.5,1.5);
\draw [dashed,ultra thick] (2.5,1.5) to [out=-45,in=160]
  ↪ (4.2,0.5);\draw[<->] (6,0) node[below]{$q$} -- (0,0) --
  ↪ (0,6) node[left]{$V(q)$};
\draw[very thick] (0,0) to [out=90,in=145] (5,4.5);

```

Pogledajmo sada kako bismo označili nekoliko krivulja u istom koordinatnom sustavu. Sliku



Slika 7.5: Označavanje krivulja

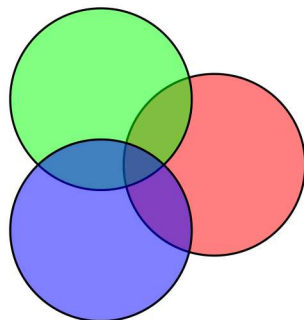
smo dobili na način da smo upisali

```

\begin{tikzpicture}[domain=0:4]
\draw[very thin,color=gray] (-0.1,-1.1) grid (3.9,3.9);
\draw[->] (-0.2,0) -- (4.2,0) node[right] {$x$};
\draw[->] (0,-1.2) -- (0,4.2) node[above] {$f(x)$};
\draw[color=red] plot (\x,\x) node[right] {$f(x) = x$};
\draw[color=blue] plot (\x,{sin(\x r)}) node[right] {$f(x) =
  ↪ \sin x$};
\draw[color=orange] plot (\x,{0.05*exp(\x)}) node[right] {$f(x) =
  ↪ = \frac{1}{20} \mathrm{e}^x$};
\end{tikzpicture}

```

U nastavku pogledajmo još dva zgodna primjera.
Prvi

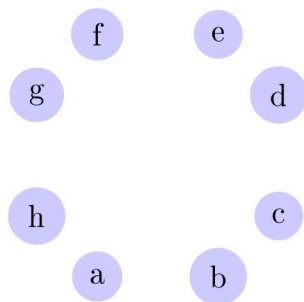


Slika 7.6: Primjer 1

je dobiven na način da smo upisali

```
\begin{tikzpicture}[thick,fill opacity=0.5]
\filldraw[fill=red] (0:1cm) circle (12mm);
\filldraw[fill=green] (120:1cm) circle (12mm);
\filldraw[fill=blue] (-120:1cm) circle (12mm);
\end{tikzpicture}
```

a drugi



Slika 7.7: Primjer 2

upisivanjem

```
\begin{tikzpicture}[scale=.8,auto=left]
\tikzstyle{every node}=[circle,fill=blue!20]
\node (a) at (-1,-2) {a};
\node (b) at ( 1,-2) {b};
\node (c) at ( 2,-1) {c};
\node (d) at ( 2, 1) {d};
```

```

\node (e) at ( 1, 2) {e};
\node (f) at (-1, 2) {f};
\node (g) at (-2, 1) {g};
\node (h) at (-2,-1) {h};
\end{tikzpicture}

```

7.3 Naprednije korištenje paketa TikZ

Za sam kraj izraditi ćemo jedan napredniji primjer korištenja paketa TikZ - naslovnicu. Najprije ćemo si nizom naredbi

```

\begin{tikzpicture}[overlay,remember picture]

\path
(current page.north west) coordinate (A)
(current page.north east) coordinate (B)
(current page.south east) coordinate (C)
(current page.south west) coordinate (D)
(current page.center) coordinate (E);

```

```

\fill[Blue!15] (A) rectangle (C);
\draw[black,line width=1.5mm]
([shift={(2,0)}]A)--([shift={(2,0)}]D)
([shift={(2.25,0)}]A)--([shift={(2.25,0)}]D);

```

definirati krajnje koordinate i središte stranice (A, B, C, D i E) te ju obojati u plavo sa određenim postotkom prozirnosti. Nakon toga ćemo nacrtati dvije ravne crte debljine 1.5 mm na lijevoj strani naslovnice.

Nadalje, krećemo sa ubacivanjem imena sveučilišta, autora te samog naziva knjige. To radimo pomoću niza naredbi

```

\node[black,xscale=1.5,yscale=2.5,align=left,
font=\sffamily] at (6,3)
{Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku};

```

```

\node[black,xscale=1.5,yscale=2.5,align=left,
font=\sffamily] at (6,2)
{Odjel za matematiku};

```

```

\node[black,xscale=1.5,yscale=2.5,align=left,
font=\sffamily] at (6,-23)

```



```
{Ime Prezime};
```

```
\node[black,xscale=3,yscale=4,align=left,  
font=\sffamily\bfseries] at (6,0)  
{TEORIJA SKUPOVA};
```

Koristili smo naredbu `\node` kako bismo ubacili tekst na naslovnicu te font `\sffamily`, a koordinatama u uglatim zagradama definirali gdje točno želimo da se taj tekst nalazi. Naredba `\bfseries` podebljava naslov.

Sada krećemo sa dodavanjem elemenata naše naslovnice. 13 redaka sa po 13 kružića koji u sebi sadržavaju brojeve izradili smo upisivanjem niza naredbi

```
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](1) at (0,-4) {1};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](2) at (1,-4) {2};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](3) at (2,-4) {3};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](4) at (3,-4) {4};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](5) at (4,-4) {5};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](6) at (5,-4) {6};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](7) at (6,-4) {7};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](8) at (7,-4) {8};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](9) at (8,-4) {9};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](10) at (9,-4) {10};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](11) at (10,-4) {11};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](12) at (11,-4) {12};  
\node [circle,fill=red!10,scale=1.5](13) at (12,-4) {13};
```

```
\node [circle,fill=red!10](1/2) at (0,-5) {1/2};  
\node (2/2) at (1,-5) {2/2};  
\node [circle,fill=red!10](3/2) at (2,-5) {3/2};  
\node (4/2) at (3,-5) {4/2};  
\node [circle,fill=red!10](5/2) at (4,-5) {5/2};  
\node (6/2) at (5,-5) {6/2};  
\node [circle,fill=red!10](7/2) at (6,-5) {7/2};  
\node (8/2) at (7,-5) {8/2};  
\node [circle,fill=red!10](9/2) at (8,-5) {9/2};  
\node (10/2) at (9,-5) {10/2};  
\node [circle,fill=red!10](11/2) at (10,-5) {11/2};  
\node (12/2) at (11,-5) {12/2};  
\node (13/2) at (12,-5) {13/2};
```

```
\node [circle,fill=red!10](1/3) at (0,-6) {1/3};
```

```

\node [circle,fill=red!10](2/3) at (1,-6) {2/3};
\node (3/3) at (2,-6) {2/3};
\node [circle,fill=red!10](4/3) at (3,-6) {4/3};
\node [circle,fill=red!10](5/3) at (4,-6) {5/3};
\node (6/3) at (5,-6) {6/3};
\node [circle,fill=red!10](7/3) at (6,-6) {7/3};
\node [circle,fill=red!10](8/3) at (7,-6) {8/3};
\node (9/3) at (8,-6) {9/3};
\node [circle,fill=red!10](10/3) at (9,-6) {10/3};
\node [circle,fill=red!10](11/2) at (10,-6) {11/3};
\node (12/2) at (11,-6) {12/3};
\node (13/3) at (12,-6) {13/3};

```

```

\node [circle,fill=red!10](1/4) at (0,-7) {1/4};
\node (2/4) at (1,-7) {2/4};
\node [circle,fill=red!10](3/4) at (2,-7) {3/4};
\node (4/4) at (3,-7) {4/4};
\node [circle,fill=red!10](5/4) at (4,-7) {5/4};
\node (6/4) at (5,-7) {6/4};
\node [circle,fill=red!10](7/4) at (6,-7) {7/4};
\node (8/4) at (7,-7) {8/4};
\node [circle,fill=red!10](9/4) at (8,-7) {9/4};
\node (10/4) at (9,-7) {10/4};
\node (11/4) at (10,-7) {11/4};
\node (12/4) at (11,-7) {12/4};
\node (13/4) at (12,-7) {13/4};

```

```

\node [circle,fill=red!10](1/5) at (0,-8) {1/5};
\node [circle,fill=red!10](2/5) at (1,-8) {2/5};
\node [circle,fill=red!10](3/5) at (2,-8) {3/5};
\node [circle,fill=red!10](4/5) at (3,-8) {4/5};
\node (5/5) at (4,-8) {5/5};
\node [circle,fill=red!10](6/5) at (5,-8) {6/5};
\node [circle,fill=red!10](7/5) at (6,-8) {7/5};
\node [circle,fill=red!10](8/5) at (7,-8) {8/5};
\node [circle,fill=red!10](9/5) at (8,-8) {9/5};
\node (10/5) at (9,-8) {10/5};
\node (11/5) at (10,-8) {11/5};
\node (12/5) at (11,-8) {12/5};
\node (13/5) at (12,-8) {13/5};

```

```

\node [circle,fill=red!10](1/6) at (0,-9) {1/6};
\node (2/6) at (1,-9) {2/6};
\node (3/6) at (2,-9) {3/6};
\node (4/6) at (3,-9) {4/6};
\node [circle,fill=red!10](5/6) at (4,-9) {5/6};
\node (6/6) at (5,-9) {6/6};
\node [circle,fill=red!10](7/6) at (6,-9) {7/6};
\node (8/6) at (7,-9) {8/6};
\node (9/6) at (8,-9) {9/6};
\node (10/6) at (9,-9) {10/6};
\node (11/6) at (10,-9) {11/6};
\node (12/6) at (11,-9) {12/6};
\node (13/6) at (12,-9) {13/6};

\node [circle,fill=red!10](1/7) at (0,-10) {1/7};
\node [circle,fill=red!10](2/7) at (1,-10) {2/7};
\node [circle,fill=red!10](3/7) at (2,-10) {3/7};
\node [circle,fill=red!10](4/7) at (3,-10) {4/7};
\node [circle,fill=red!10](5/7) at (4,-10) {5/7};
\node [circle,fill=red!10](6/7) at (5,-10) {6/7};
\node (7/7) at (6,-10) {7/7};
\node (8/7) at (7,-10) {8/7};
\node (9/7) at (8,-10) {9/7};
\node (10/7) at (9,-10) {10/7};
\node (11/7) at (10,-10) {11/7};
\node (12/7) at (11,-10) {12/7};
\node (13/7) at (12,-10) {13/7};

\node [circle,fill=red!10](1/8) at (0,-11) {1/8};
\node (2/8) at (1,-11) {2/8};
\node [circle,fill=red!10](3/8) at (2,-11) {3/8};
\node (4/8) at (3,-11) {4/8};
\node [circle,fill=red!10](5/8) at (4,-11) {5/8};
\node (6/8) at (5,-11) {6/8};
\node (7/8) at (6,-11) {7/8};
\node (8/8) at (7,-11) {8/8};
\node (9/8) at (8,-11) {9/8};
\node (10/8) at (9,-11) {10/8};
\node (11/8) at (10,-11) {11/8};
\node (12/8) at (11,-11) {12/8};
\node (13/8) at (12,-11) {13/8};

```

```

\node [circle,fill=red!10](1/9) at (0,-12) {1/9};
\node [circle,fill=red!10](2/9) at (1,-12) {2/9};
\node (3/9) at (2,-12) {3/9};
\node [circle,fill=red!10](4/9) at (3,-12) {4/9};
\node [circle,fill=red!10](5/9) at (4,-12) {5/9};
\node (6/9) at (5,-12) {6/9};
\node (7/9) at (6,-12) {7/9};
\node (8/9) at (7,-12) {8/9};
\node (9/9) at (8,-12) {9/9};
\node (10/9) at (9,-12) {10/9};
\node (11/9) at (10,-12) {11/9};
\node (12/9) at (11,-12) {12/9};
\node (13/9) at (12,-12) {13/9};

\node [circle,fill=red!10](1/10) at (0,-13) {1/10};
\node (2/10) at (1,-13) {2/10};
\node [circle,fill=red!10](3/10) at (2,-13) {3/10};
\node (4/10) at (3,-13) {4/10};
\node (5/10) at (4,-13) {5/10};
\node (6/10) at (5,-13) {6/10};
\node (7/10) at (6,-13) {7/10};
\node (8/10) at (7,-13) {8/10};
\node (9/10) at (8,-13) {9/10};
\node (10/10) at (9,-13) {10/10};
\node (11/10) at (10,-13) {11/10};
\node (12/10) at (11,-13) {12/10};
\node (13/10) at (12,-13) {13/10};

\node [circle,fill=red!10](1/11) at (0,-14) {1/11};
\node [circle,fill=red!10](2/11) at (1,-14) {2/11};
\node [circle,fill=red!10](3/11) at (2,-14) {3/11};
\node (4/11) at (3,-14) {4/11};
\node (5/11) at (4,-14) {5/11};
\node (6/11) at (5,-14) {6/11};
\node (7/11) at (6,-14) {7/11};
\node (8/11) at (7,-14) {8/11};
\node (9/11) at (8,-14) {9/11};
\node (10/11) at (9,-14) {10/11};
\node (11/11) at (10,-14) {11/11};
\node (12/11) at (11,-14) {12/11};

```

```

\node (13/11) at (12,-14) {13/11};

\node [circle,fill=red!10](1/12) at (0,-15) {1/12};
\node (2/12) at (1,-15) {2/12};
\node (3/12) at (2,-15) {3/12};
\node (4/12) at (3,-15) {4/12};
\node (5/12) at (4,-15) {5/12};
\node (6/12) at (5,-15) {6/12};
\node (7/12) at (6,-15) {7/12};
\node (8/12) at (7,-15) {8/12};
\node (9/12) at (8,-15) {9/12};
\node (10/12) at (9,-15) {10/12};
\node (11/12) at (10,-15) {11/12};
\node (12/12) at (11,-15) {12/12};
\node (13/12) at (12,-15) {13/12};

\node [circle,fill=red!10](1/13) at (0,-16) {1/13};
\node (2/13) at (1,-16) {2/13};
\node (3/13) at (2,-16) {3/13};
\node (4/13) at (3,-16) {4/13};
\node (5/13) at (4,-16) {5/13};
\node (6/13) at (5,-16) {6/13};
\node (7/13) at (6,-16) {7/13};
\node (8/13) at (7,-16) {8/13};
\node (9/13) at (8,-16) {9/13};
\node (10/13) at (9,-16) {10/13};
\node (11/13) at (10,-16) {11/13};
\node (12/13) at (11,-16) {12/13};
\node (13/13) at (12,-16) {13/13};

```

Za to smo, također, koristili naredbu `\node`. Neke smo kružice popunjavali crvenom bojom sa određenim stupnjem prozirnosti, a neke nismo. Odredili smo koordinate svih kružica te u njih upisali željene brojeve (u vitičastim zagradama na krajevima naredbi). Strelice između kružica smo crtali na način da smo odredili koordinatu početka strelice te koordinatu kraja strelice i tako se pomicali po kružicama. Kod za crtanje strelica slijedi u nastavku :

```

\draw [->] (0.25,-4) -- (0.75,-4);
\draw [->] (0.75,-4.25) -- (0.25,-4.75);
\draw [->] (0,-5.25) -- (0,-5.75);
\draw [->] (0.25,-5.75) -- (1.75,-4.15);

```

```

\draw [->] (2.25,-4) -- (2.75,-4);
\draw [->] (2.75,-4.25) -- (2.25,-4.75);
\draw [->] (1.75,-5.25) -- (1.25,-5.75);
\draw [->] (0.75,-6.25) -- (0.25,-6.75);
\draw [->] (0,-7.25) -- (0,-7.75);
\draw [->] (0.25,-7.75) -- (3.75,-4.15);
\draw [->] (4.25,-4) -- (4.75,-4);
\draw [->] (4.75,-4.25) -- (4.25,-4.75);
\draw [->] (3.75,-5.25) -- (3.25,-5.75);
\draw [->] (2.75,-6.25) -- (2.25,-6.75);
\draw [->] (1.75,-7.25) -- (1.25,-7.75);
\draw [->] (0.75,-8.25) -- (0.25,-8.75);
\draw [->] (0,-9.25) -- (0,-9.75);
\draw [->] (0.25,-9.75) -- (1.75,-8.15);
\draw [->] (2.25,-7.75) -- (3.75,-6.15);
\draw [->] (4.25,-5.75) -- (5.75,-4.15);
\draw [->] (6.25,-4) -- (6.75,-4);
\draw [->] (6.75,-4.25) -- (6.25,-4.75);
\draw [->] (5.75,-5.25) -- (4.25,-6.75);
\draw [->] (3.75,-7.25) -- (3.25,-7.75);
\draw [->] (2.75,-8.25) -- (1.25,-9.75);
\draw [->] (0.75,-10.25) -- (0.25,-10.75);
\draw [->] (0,-11.25) -- (0,-11.75);
\draw [->] (0.25,-11.75) -- (1.75,-10.15);
\draw [->] (2.25,-9.75) -- (5.75,-6.15);
\draw [->] (6.25,-5.75) -- (7.75,-4.15);
\draw [->] (8.25,-4) -- (8.75,-4);
\draw [->] (8.75,-4.25) -- (8.25,-4.75);
\draw [->] (7.75,-5.25) -- (7.25,-5.75);
\draw [->] (6.75,-6.25) -- (6.25,-6.75);
\draw [->] (5.75,-7.25) -- (5.25,-7.75);
\draw [->] (4.75,-8.25) -- (4.25,-8.75);
\draw [->] (3.75,-9.25) -- (3.25,-9.75);
\draw [->] (2.75,-10.25) -- (2.25,-10.75);
\draw [->] (1.75,-11.25) -- (1.25,-11.75);
\draw [->] (0.75,-12.25) -- (0.25,-12.75);
\draw [->] (0,-13.25) -- (0,-13.75);
\draw [->] (0.25,-13.75) -- (3.75,-10.15);
\draw [->] (4.25,-9.75) -- (5.75,-8.15);
\draw [->] (6.25,-7.75) -- (9.75,-4.15);
\draw [->] (10.25,-4) -- (10.75,-4);

```

```

\draw [->] (10.75,-4.25) -- (10.25,-4.75);
\draw [->] (9.75,-5.25) -- (9.25,-5.75);
\draw [->] (8.75,-6.25) -- (8.25,-6.75);
\draw [->] (7.75,-7.25) -- (7.25,-7.75);
\draw [->] (6.75,-8.25) -- (6.25,-8.75);
\draw [->] (5.75,-9.25) -- (5.25,-9.75);
\draw [->] (4.75,-10.25) -- (4.25,-10.75);
\draw [->] (3.75,-11.25) -- (3.25,-11.75);
\draw [->] (2.75,-12.25) -- (2.25,-12.75);
\draw [->] (1.75,-13.25) -- (1.25,-13.75);
\draw [->] (0.75,-14.25) -- (0.25,-14.75);
\draw [->] (0,-15.25) -- (0,-15.75);
\draw [->] (0.25,-15.75) -- (1.75,-14.15);
\draw [->] (2.25,-13.75) -- (3.75,-12.15);
\draw [->] (4.25,-11.75) -- (7.75,-8.15);
\draw [->] (8.25,-7.75) -- (9.75,-6.15);
\draw [->] (10.25,-5.75) -- (11.75,-4.15);
\draw [->] (12.25,-4) -- (12.75,-4);

```

Dodali smo i tri točkice određene veličine na mjesto predviđeno za njih naredbama

```

\filldraw [black] (12.95,-4) circle (0.5pt);
\filldraw [black] (13.15,-4) circle (0.5pt);
\filldraw [black] (13.35,-4) circle (0.5pt);

```

Za sami kraj, dodali smo tekst u pozadinu slike naredbom

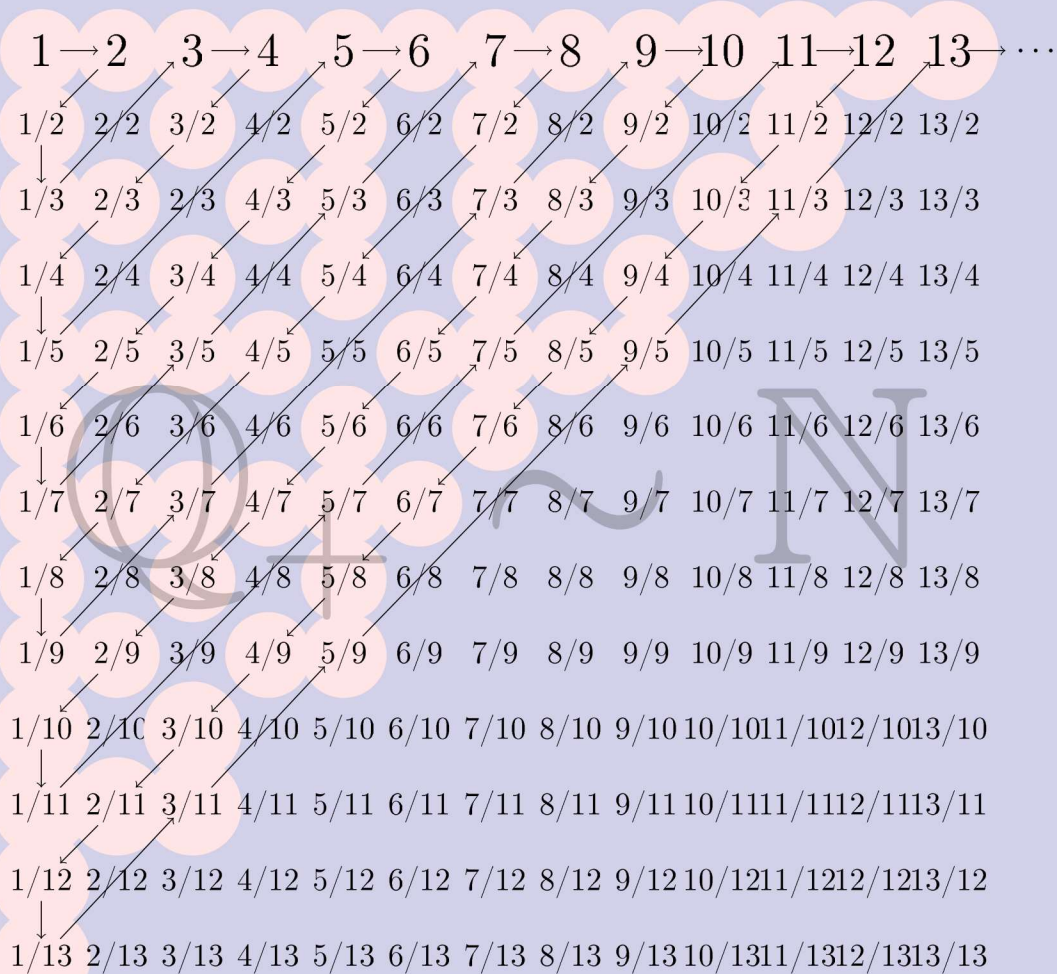
```

\node[black,xscale=8,yscale=8,opacity=.2] at (6,-10)
  ↔  $\mathbb{Q}_+ \sim \mathbb{N}$ ;
\end{tikzpicture}

```

Sada kada smo napisali i objasnili kod koji smo koristili za izradu naslovnice pogledajmo kako ona izgleda.

TEORIJA SKUPOVA



Ime Prezime

Literatura

- [1] Š. Ungar, *Ne baš tako kratak uvod u \LaTeX* , Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2002.
- [2] Jacques Cremer, *A very minimal introduction to TikZ*, Toulouse School of Economics, 2011. <http://cremeronline.com/LaTeX/minimaltikz.pdf>
- [3] *TikZ and PGF Manual* <https://www.bu.edu/math/files/2013/08/tikzpgfmanual.pdf>
- [4] *TikZ package - Overleaf* https://www.overleaf.com/learn/latex/TikZ_package
- [5] *LaTeX/PGF/TikZ* <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/PGF/TikZ>