

## Vizualizacija podatkov in delo s slikami v jeziku Python

Splošnonamenski programski jezik **Python** je trenutno **najpopularnejši jezik** zaradi enostavne sintakse in obilice prosto-dostopnih programskeh knjižnic, dočim pa ni najhitrejši jezik. Jezik se interpretira, kar pomeni, da program `demo.py` v ukazni vrstici izvedemo s `python demo.py`.

### Grafičen prikaz podatkov

V programskem jeziku **Python** za grafičen prikaz podatkov najpogosteje uporabljamo knjižnico `pyplot` modula `matplotlib` ali njene razširitve. Risanje grafov je podobno kot v jeziku za numerično računanje MATLAB.

```
import math # pomožne knjižnice
import random
import datetime
import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt
```

Python

Najprej s funkcijo `figure` ustvarimo površino za risanje grafa `fig`, ki ji lahko določimo velikost v palcih `figsize`. Vsi nadaljnji klici metod in funkcij se vedno nanašajo na trenuten graf. Graf lahko prikažemo z metodo `show` in na koncu zapremo z metodo `close`. Graf lahko tudi shranimo v datoteko z uporabo metode `savefig`.

```
fig = plt.figure(figsize = [6.4, 4.8])
...
plt.show()
plt.close()
fig.savefig('plot.pdf', bbox_inches = 'tight')
```

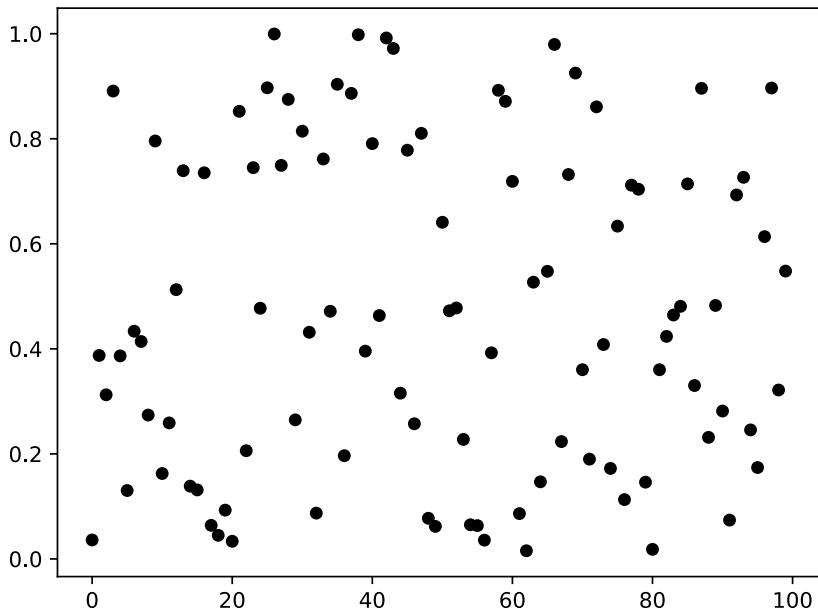
Python

### Osnovne vrste grafov

**Množico točk v ravnini** narišemo z uporabo metode `scatter`, ki ji podamo seznama `x` in `y` koordinat točk v ravnini. Barvo točk določimo s parametrom `color` (npr. `'k'`, `'black'`, `[0, 0, 0]`), obliko točk s parametrom `marker` (npr. `'o'`, `'s'`, `'*'`) in velikost točk s parametrom `s` (npr. `25`). Vsi podprtih parametri metode so opisani v dokumentaciji na naslovu [https://matplotlib.org/stable/api/\\_as\\_gen/matplotlib.pyplot.scatter.html](https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.scatter.html).

```
X = range(100)
Y = [random.random() for x in X]
plt.scatter(X, Y, color = 'k', marker = 'o', s = 25)
```

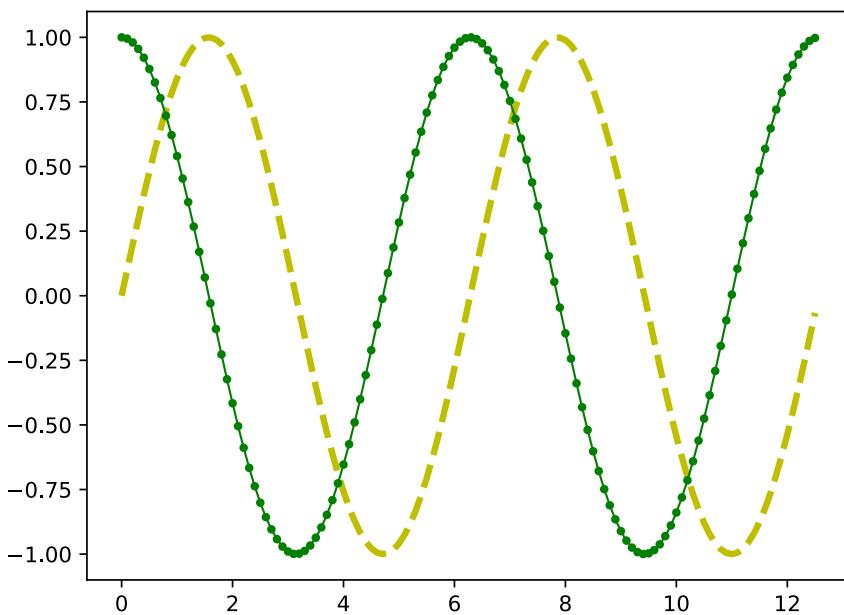
Primer uporabe metode `scatter` je prikazan spodaj.



**Krivuljo v ravnini** narišemo z uporabo metode `plot`, ki ji podamo seznama `X` in `Y` koordinat točk krivulje. Barvo krivulje določimo s parametrom `color` (npr. `'k'`, `'y'`, `'g'`), obliko krivulje s parametrom `linestyle` (npr. `'-'`, `--`, `:'`), debelino krivulje s parametrom `linewidth` (npr. `3`), obliko točk s parametrom `marker` (npr. `''`, `'o'`, `'*'`) in velikost točk s parametrom `markersize` (npr. `3`). Vsi podprtji parametri metode so opisani v dokumentaciji na naslovu [https://matplotlib.org/stable/api/\\_as\\_gen/matplotlib.pyplot.plot.html](https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.plot.html).

```
X = np.arange(0, 4 * math.pi, 0.1)
Y1 = [math.sin(x) for x in X]
Y2 = [math.cos(x) for x in X]
plt.plot(X, Y1, color = 'y', linestyle = '--', linewidth = 3)
plt.plot(X, Y2, color = 'g', linestyle = '-.', linewidth = 1, marker = 'o', markersize = 3)
```

Primer uporabe metode `plot` je prikazan spodaj.

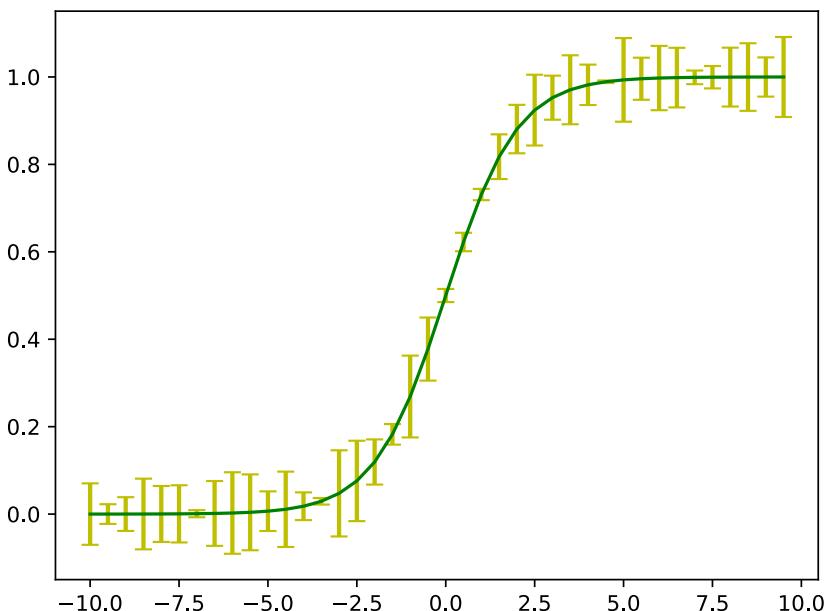


**Krivuljo z intervali napak** narišemo z uporabo metode `errorbar`, ki deluje podobno kot metoda `plot`, le da ji lahko podamo tudi seznam napak `E` preko parametra `yerr`. Barvo intervalov napak določimo s parametrom `ecolor` (npr. `'k'`, `'y'`, `'g'`) debelino intervalov napak s parametrom `elinewidth` (npr. `2`) in širino krajišč intervalov s parametrom `capsize` (npr. `4`). Vsi podprtih parametri metode so opisani v dokumentaciji na naslovu [https://matplotlib.org/stable/api/\\_as\\_gen/matplotlib.pyplot.errorbar.html](https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.errorbar.html).

```
X = np.arange(-10, 10, 0.5)
Y = [1 / (1 + math.exp(-x)) for x in X]
E = [0.1 * random.random() for y in Y]
plt.errorbar(X, Y, yerr = E, color = 'g', ecolor = 'y', elinewidth = 2, capsize = 4)
```

Python

Primer uporabe metode `errorbar` je prikazan spodaj.

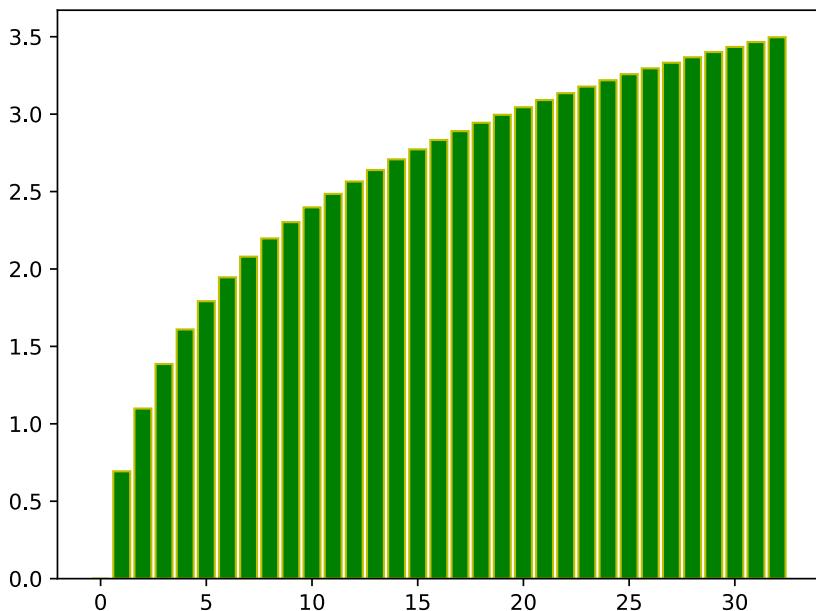


**Stolpični diagram** narišemo z uporabo metode `bar`, ki ji podamo seznam koordinat stolpcev `x` in seznam višin stolpcev `H`. Barvo stolpcev in njihovih robov določimo s parametrom `color` in `edgecolor` (npr. `'k'`, `'g'`, `'gray'`), širino stolpcev s parametrom `width` (npr. `0.8`) in debelino robov stolpcev s parametrom `linewidth` (npr. `1`). Vsi podprtji parametri metode so opisani v dokumentaciji na naslovu [https://matplotlib.org/stable/api/\\_as\\_gen/matplotlib.pyplot.bar.html](https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.bar.html).

```
X = range(33)
H = [math.log(x + 1) for x in X]
plt.bar(X, H, color = 'g', edgecolor = 'y', width = 0.8, linewidth = 1)
```

Python

Primer uporabe metode `bar` je prikazan spodaj.

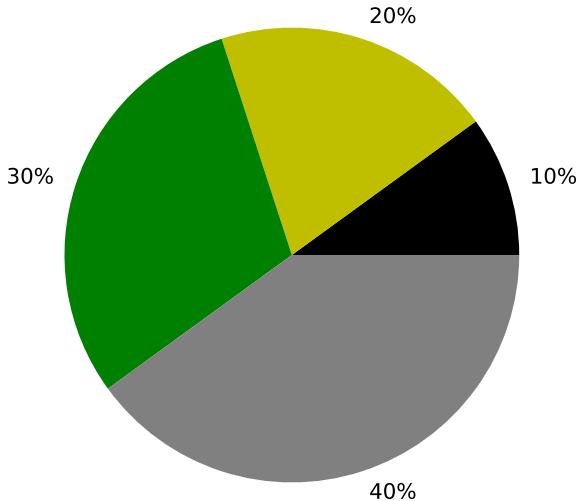


**Tortni diagram** narišemo z uporabo metode `pie`, ki ji podamo seznam (relativnih) velikosti krožnih izsekov `x`. Barvo krožnih izsekov določimo s parametrom `colors` (tj. seznam barv), oznake krožnih izsekov določimo s parametrom `labels` (tj. seznam nizov znakov) in polmer diagrama določimo s parametrom `radius` (npr. `1`). Vsi podprtji parametri metode so opisani v dokumentaciji na naslovu [https://matplotlib.org/stable/api/\\_as\\_gen/matplotlib.pyplot.pie.html](https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.pie.html).

```
X = [1, 2, 3, 4]
C = ['k', 'y', 'g', 'gray']
L = ["{:d}%".format(10 * x) for x in X]
plt.pie(X, colors = C, labels = L, radius = 1)
```

Python

Primer uporabe metode `pie` je prikazan spodaj.



Ostale pogoste uporabljene metode za risanje grafov (npr. `hbar`, `boxplot`, `fill_between`) so opisane v dokumentaciji na naslovu [https://matplotlib.org/stable/plot\\_types/index.html](https://matplotlib.org/stable/plot_types/index.html). Pri risanju bolj naprednih grafov navadno uporabljamo barvne palete opisane na naslovu <https://matplotlib.org/stable/users/explain/colors/index.html>.

## Naslov, oznake in legenda

**Naslov grafa in oznake osi** določimo z uporabo metod `title`, `ylabel` in `xlabel`. Družino pisave določimo s parametrom `fontname` (npr. `'Helvetica'`), velikost pisave določimo s parametrom `fontsize` (npr. `15`), debelino pisave določimo s parametrom `fontweight` (npr. `'bold'`), obliko pisave določimo s parametrom `style` (npr. `'italic'`) itd. Pri tem lahko uporabljamo tudi **matematično okolje** `$...$` podobno kot v sistemu (La)TeX, dočim pa je nabor podprtih funkcij omejen (<https://matplotlib.org/stable/tutorials/text/mathtext.html>).

```

Python
X = np.arange(-5, 5, 0.01)
Y1 = [max(0, x / 5) for x in X] # ReLU
Y2 = [(math.tanh(x) + 1) / 2 for x in X] # tanh
Y3 = [1 / (1 + math.exp(-x)) for x in X] # logistic

plt.plot(X, Y1, ':k', label = r"$\max(0,ax)$")
plt.plot(X, Y2, '-g', linewidth = 2, label = r"$\frac{(\rm tanh}(x)+1}{2}$")
plt.plot(X, Y3, '--y', linewidth = 3, label = r"$\frac{1}{1+e^{-x}}$")

plt.title("Aktivacijske funkcije", fontsize = 15)
plt.ylabel(r"Vrednost funkcije $f(x)$")
plt.xlabel(r"Neodvisna spremenljivka $x$")
```

**Legendo grafa** dodamo s klicem metode `legend`, pri čimer lahko določimo lokacijo legende s parametrom `loc` (npr. `'best'`, `'upper left'`) itd. V legendi so dodani vsi grafi, ki imajo

določeno labelo s parametrom `label`.

```
plt.legend(loc = 'best', frameon = False, fontsize = 13)
```

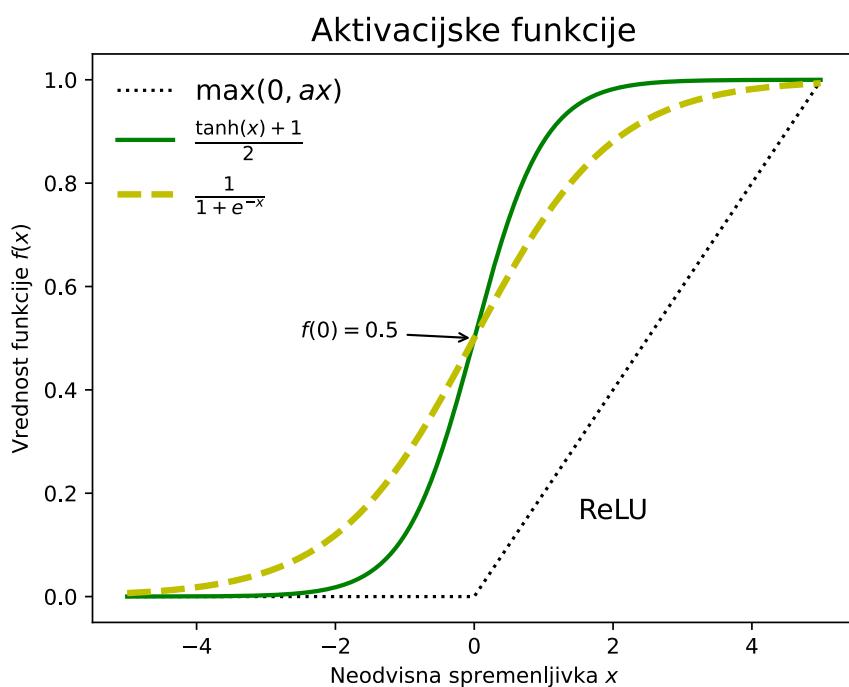
Python

Oznake na grafu dodamo z uporabo metod `text` in `annotate`, kot je prikazano spodaj.

```
plt.text(1.5, 0.15, "ReLU", fontsize = 13)
plt.annotate(r"$f(0)=0.5$", xy = (0, 0.5), xytext = (-2.5, 0.5), \
arrowprops = {'arrowstyle': '->'})
```

Python

Primer grafa z naslovom, oznakami osi, legendo in anotacijami je prikazan spodaj.



## Vrste in omejitve osi

Z uporabo funkcije `subplots` lahko **ustvarimo mrežo** za risanje več grafov `fig`, pri čimer določimo število vrstic in stolpcev mreže ter velikost v palcih `figsize`. Funkcija vrne zbirko osi grafov `axs`, ki zaporedoma predstavljajo posamezne grafe mreže (od leve proti desni, od zgoraj navzdol). Vse nadaljnje klice grafičnih metod in funkcij nato izvedemo nad izbranim grafom kot npr. `axs[...].plot` (namesto `plt.plot`).

```
fig, axs = plt.subplots(1, 3, figsize = [12.8, 4.8])
```

Python

**Omejitve osi** lahko določimo preko parametrov `ylim` in `xlim`. **Vrsto osi** lahko izberemo z uporabo metod `semilogy`, `semilogx` in `loglog` (namesto `plot`).

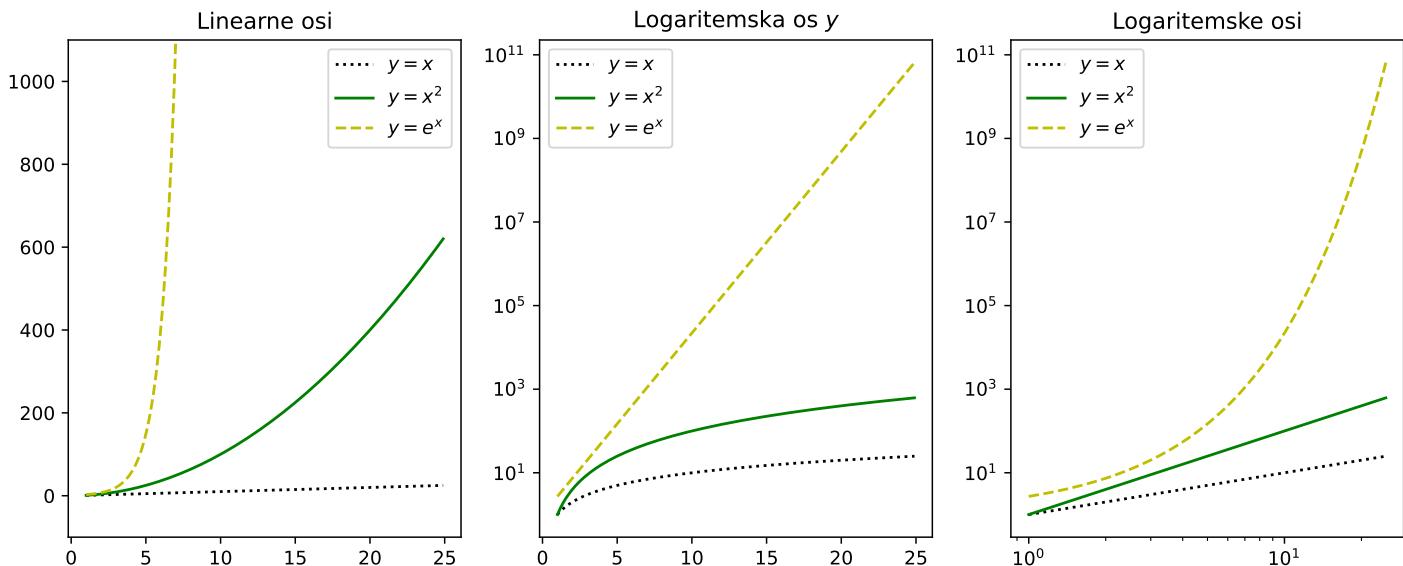
```
X = np.arange(1, 25, 0.1)
Y1 = X
Y2 = [x**2 for x in X]
Y3 = [math.exp(x) for x in X]

axs[0].plot(X, Y1, ':k', label = r"$y=x$")
axs[0].plot(X, Y2, '-g', label = r"$y=x^2$")
axs[0].plot(X, Y3, '--y', label = r"$y=e^x$")
axs[0].title.set_text("Linearne osi")
axs[0].set_ylim([-100, 1100])
axs[0].legend()

axs[1].semilogy(X, Y1, ':k', label = r"$y=x$")
axs[1].semilogy(X, Y2, '-g', label = r"$y=x^2$")
axs[1].semilogy(X, Y3, '--y', label = r"$y=e^x$")
axs[1].title.set_text(r"Logaritemska os $y$")
axs[1].legend()

axs[2].loglog(X, Y1, ':k', label = r"$y=x$")
axs[2].loglog(X, Y2, '-g', label = r"$y=x^2$")
axs[2].loglog(X, Y3, '--y', label = r"$y=e^x$")
axs[2].title.set_text("Logaritemske osi")
axs[2].legend()
```

Primer uporabe različnih vrst in omejitev osi je prikazan spodaj.



## Druge vrednosti osi

**Vrednosti osi** niso nujno numerične vrednosti, ampak so lahko nizi znakov, datumi, labele itd.

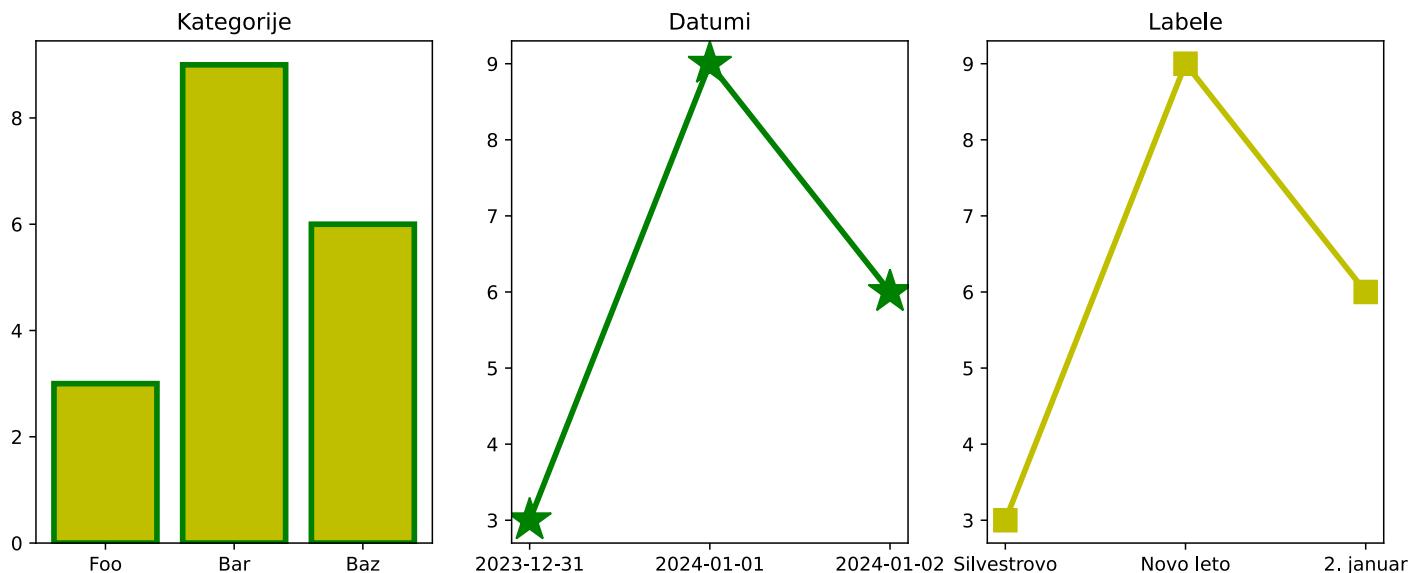
```
C = ["Foo", "Bar", "Baz"]
D = [datetime.datetime(2022, 12, 31), datetime.datetime(2023, 1, 1), datetime.datetime(2023,
Y = [3, 9, 6]

axs[0].bar(C, Y, color = 'y', edgecolor = 'g', linewidth = 3)
axs[0].set_title("Kategorije")

axs[1].plot(D, Y, '-g*', linewidth = 3, markersize = 24)
axs[1].set_title("Datumi")
axs[1].set_xticks(D)

axs[2].plot(D, Y, '-ys', linewidth = 3, markersize = 12)
axs[2].set_title("Labele")
axs[2].set_xticks(ticks = D, labels = ["Silvestrovo", "Novo leto", "2. januar"])
```

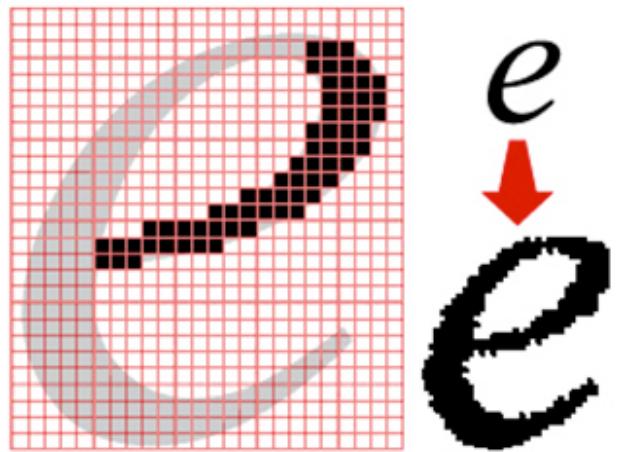
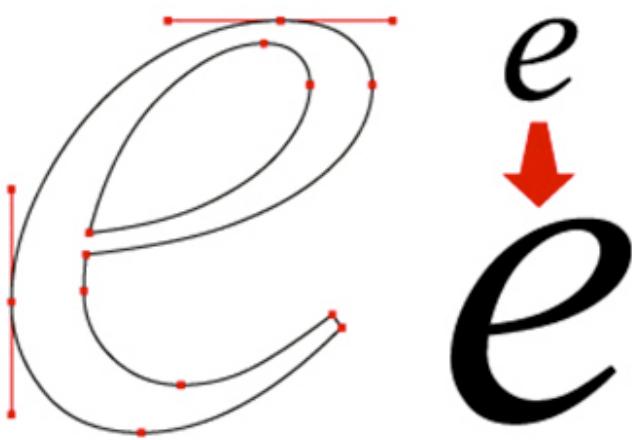
Primer grafov z različnimi vrednostmi osi je prikazan spodaj.



## Slike v računalniku

Slike v računalniku so lahko predstavljene na dva načina. **Vektorske slike** v formatu PDF, SVG ali EPS so zbirke geometrijskih objektov z določeno lokacijo, orientacijo, velikostjo in barvo (npr. črn krog v središču slike z izbranim polmerom). **Bitne ali rastrske slike** v formatu PNG, JPG ali GIF so dvodimenzionalna matrika pikslov z določeno barvo (npr. fotografija).

**Barve pikslov** so kodirane v formatu RGB z intenziteto rdeče, zelene in modre barve  $[r, g, b]$ , kjer velja  $r, g, b \in [0, 1]$ . Tako  $[1, 0, 0]$ ,  $[0, 1, 0]$  in  $[0, 0, 1]$  zaporedoma predstavljajo rdečo, zeleno in modro barvo. Za sivinske barve velja  $r = g = b$ , pri čimer  $[0, 0, 0]$  predstavlja črno barvo in  $[1, 1, 1]$  belo barvo. Alternativno lahko dodamo še četrto komponento kot  $[r, g, b, a]$ , ki določa prosojnost barve. Pri tem  $a = 1$  predstavlja neprosojno barvo (privzeto),  $a = 0$  pa predstavlja popolnoma prosojno barvo (tj. nevidno).



## Delo z bitnimi slikami

V programskem jeziku **Python** za delo z **bitnimi slikami** najpogosteje uporabljamo knjižnico `image` modula `matplotlib` ali njene razširitve.

```
import random # pomožne knjižnice
import numpy as np

import matplotlib.image as im
import matplotlib.pyplot as plt
```

Python

Sliko lahko **preberemo** iz datoteke z uporabo funkcije `imread` in **shranimo** v datoteko z uporabo metode `imsave`. Slika `img` je dejansko predstavljena s tridimenzionalno *NumPy* tabelo, ki jo uporabljamo enako kot **seznam** **seznamov** **seznamov** števil. Atribut `shape` hrani nabor treh vrednost, ki zaporedoma predstavljajo višino in širino slike v pikslih ter število barvnih komponent.

```
img = im.imread('image.png')

print(img[0][0][0]) # rdeča komponenta prvega piksla
h, w, c = img.shape # višina, širina, 3 ali 4

im.imsave('image.png', img)
```

Python

Popolnoma **črno sliko** lahko ustvarimo z uporabo *NumPy* funkcije `zeros`, **belo sliko** pa z uporabo *NumPy* funkcije `ones`.

```
black = np.zeros((h, w, 3))
white = np.ones((h, w, 3))
```

Python

**Barvno sliko** pretvorimo v **sivinsko sliko** tako, da vse barvne komponente nastavimo na njihovo

povprečje. Pri ustvarjanju slik si lahko pomagamo z razširtvami *NumPy* tabel napram običajnim seznamom (glej vodič na naslovu [https://numpy.org/doc/stable/user/absolute\\_beginners.html](https://numpy.org/doc/stable/user/absolute_beginners.html)).

```
gs = np.ones((h, w, 3))
for i in range(h):
    for j in range(w):
        gs[i][j] = sum(img[i][j][:3]) / 3

conc = np.concatenate((img, np.ones((h, 300, 3)), gs), axis = 1)
```

Python

Primer ustvarjanja sivinske slike je prikazan spodaj.



Sliko lahko narišemo na graf z uporabo metode `imshow`. Pri tem se **koordinatno izhodišče** privzeto postavi v zgornji levi kot in vrednosti na ordinatni osi naraščajo od zgoraj navzdol.

```
fig = plt.figure()

plt.imshow(img) # risanje slike
#plt.axis('off')

X = range(0, w, 25) # naključna krivulja
Y = [h * random.random() for _ in X]
plt.plot(X, Y, '-w', linewidth = 3)

plt.show()
```

Python

Primer risanja slike na graf je prikazan spodaj.

