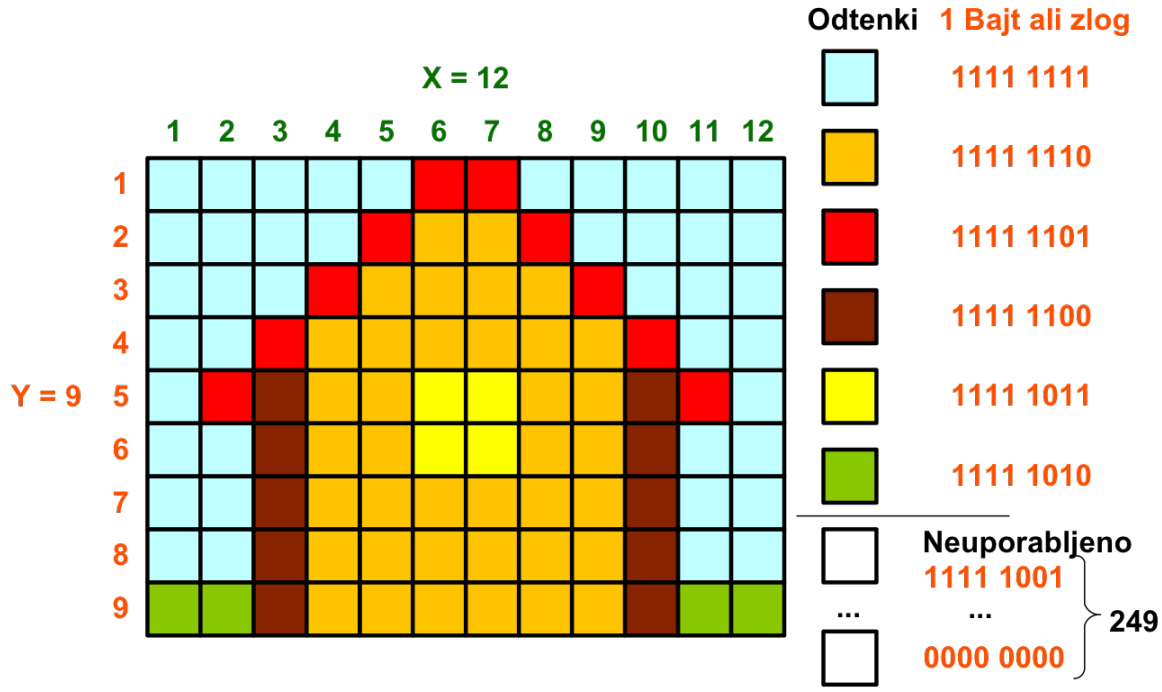
Ponavadi je za večji barvni ali sivinski obseg kot npr. 8 bitov ali 256 odtenkov (ta se uporablja pri formatu GIF) potrebno povečati število bitov na 8 bitov = 1 zlog = 1 byte = 1B na posamezno slikovno točko. Pri GIF-formatu je možno imeti barvno paleto z 255 odtenki in enim prosojnim kanalom. Obstajata dve različici GIF87a in GIF89a. Pri slednjem je možno shraniti več slik v eno datoteko. S predvajanjem le-teh zaporedoma dobimo preprosto animacijo. GIF-format omogoča le 1-bitno prosojnost (določena slikovna točka je ali ni prosojna). Če je točka prosojna, se za njo vidi slikovna točka slike, kot bi imeli skladovnico barvnih prosojnic.
Več o Gif-formatu lahko preberete na spletnem naslovu:
http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_Interchange_Format, 1. 7. 2012.

Velikost barvne neindeksirane digitalne slike

Na naslednji sliki hiše (slika 147) je tako kot že na prejšnji 6 barvnih odtenkov (na pogled je slika enaka kot prejšnja indeksirana). Tokrat ne bomo indeksirali slike (ne iščemo najmanjše število bitov za zapis barvnih komponent). V našem primeru zapišemo vsak odtenek z enim bajtom in tako ne bomo preveč optimizirali zapisa, saj bi z indeksiranjem dobili manjšo slikovno datoteko. Na desni strani slike 147 opazimo, da je za vsako barvo zapisan po en zlog ali bajt. Katera kombinacija je dodeljena kateremu barvnemu odtenku, je naključno izbrano (lahko bi bil drugačni vrstni red).
V tem preprostem primeru bodo vse proste ali nezasedene kombinacije barvnih zlogov ostale 255 – 6 = 249.
Vrednosti posameznih 6 barv je potrebno dodatno zapisati, vsako vsaj s tremi zlogi. Za vsak kanal RGB, torej skupaj 3 • 8 • 6 B + 6 B = 150 B.

Primer: **Velikost barvne slike = št. točk • št. bajtov + število kodiranj 6 barv = 108 B (108 • 8 b) + 150 B + 1 B (za širino slike - 12 točk) + 1 B (za višino slike - 9 točk) + 12 bajtov (za ime + končnica, npr. moj_slik.png je 12 znakov)** = 864 B + 150 B + 14 B = **1028 B**, kar je približno **1 KB**. Če primerjamo to sliko s prejšnjo indeksirano, ki je imela **199 B. je sedaj ta slikovna datoteka 5 krat večja.** Glede na prvi primer črno-bele slike s 26 B je ta neindeksirana 36,7 krat večja.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 147: Barvna neindeksirana slika

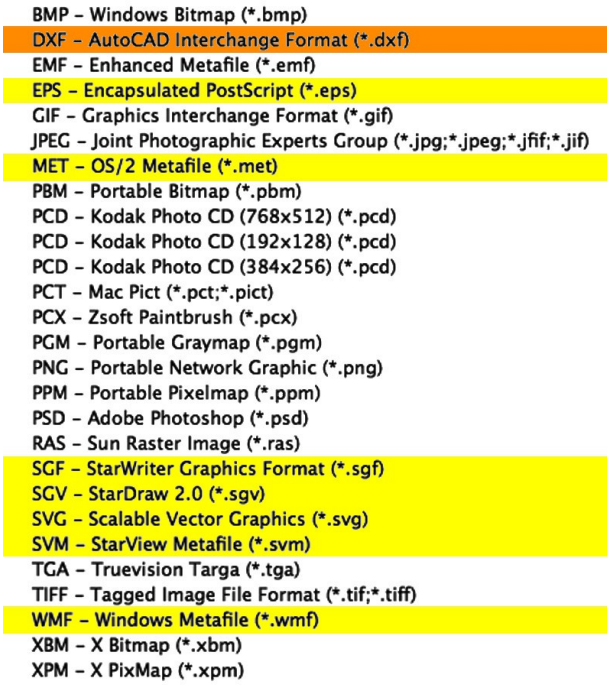
Sicer je bil prej opisani postopek optimiran, da bo velikost datoteke čim manjša. Zato smo pravzaprav naredili indeks z enim bajtom, kar je uporabno, če je barvnih odtenkov največ 255, drugače bi potrebovali dva bajta (do 65536 odtenkov) ali 3 B za do 16 777 216 odtenkov, kar je potem že 8-bitni RGB. Torej zapis vsake RGB-točke v 108 slikovnih pikah, da je 3 • 8 • 108 b = 2592 b/8 = 324 B.
Če bi povečali dimenzije slike na 120 x 90 slikovnih točk (kar je še zmeraj manjša slika npr. logotip ali gumb), kar je 10 krat po vsaki osi, bi takrat imeli velikost in privzeli iste pogoje za prejšnji izračun slike. Dobili bi slikovno datoteko veliko 120 x 90 x 3 x 8 259200 b = 32400 B / 1024 = 31,64 KB. Površino slike in velikost slikovne datoteke smo s tem povečali za faktor 100. Za realnejšo in v vsakdanu uporabno sliko z velikostjo 1200 x 900 slikovnih točk bi 24-bitni RGB-zapis posamezne točke za celo slikovno datoteko znašal 3240000 B oz. 3164,0625 KB ali 3,089 MB (kar je spet povečanje za 100 krat).

Velikost realnih digitalnih slik

Pri fotografiranju z digitalno kamero (fotoaparatom) se v slikovno datoteko shranijo tudi podatki uporabljenega objektiva, kamer in nastavitve le-teh v t. i. exif-podatkih (to so metapodatki o sliki). Pri slikanju je potrebnih 24 bitov (3 B) za dokaj natančen barvni zapis ene točke. Poglejmo primer digitalne kamere s tipalom 3024 • 2048 slikovnih točk, kar znaša 6193152 točk (5,9 M točk).
Za prejšnjo sliko bi tako velikost nestisnjenega zapisa slikovne datoteke pri 24-bitni barvni globini znašala: velikost slikovne datoteke = 6193152 točk • 3 B = 18579456 B = 18144 KB = 17,7 MB.
Ker bi bila na ta način spominska kartica hitro polna, se uporablja ena od tehnik stiskanja (kompresije ali zgoščevanja zapisa) slik. Danes obstaja več kot dvesto slikovnih formatov datotek

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

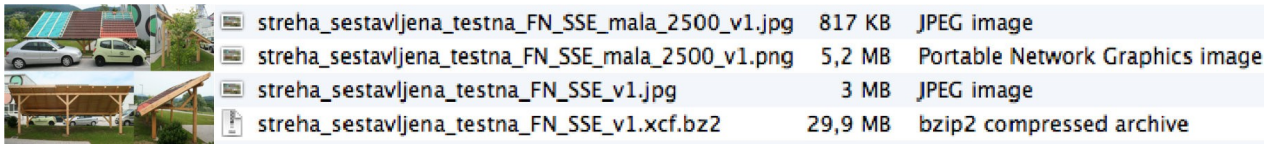
in nekatere končnice in imena so vidna na sliki 148. To je seznam podprtih formatov, ki jih lahko vstavimo v pisarniški paket LibreOffice. Tista imena, ki nimajo pobarvanega ozadja, so rastrski formati. AutoCAD-ov format DXF je na tem seznamu edini, ki je le vektorski izmenjevalni format (angl. Drawing Interchange Format) in je namenjen izmenjavi podatkov med programskimi aplikacijami Autodesk. Imena z rumeno pobarvanim ozadjem so vektorski formati, ki lahko kontejnersko zapisujejo tudi rastrske slike. Med njimi je tudi SVG, ki je vedno bolj popularen za spletne strani in omogoča uporabniku krmiljenje in uporabo interaktivnih animacij.



Slika 148: Različni slikovni datotečni formati, ki jih omogoča vstavljanje v pisarniški paket LibreOffice (oranžno je označen vektorski format, rumeno format za vektorske in rastrske slike, brez pobarvanega ozadja pa format za zapis rastrskih slik)

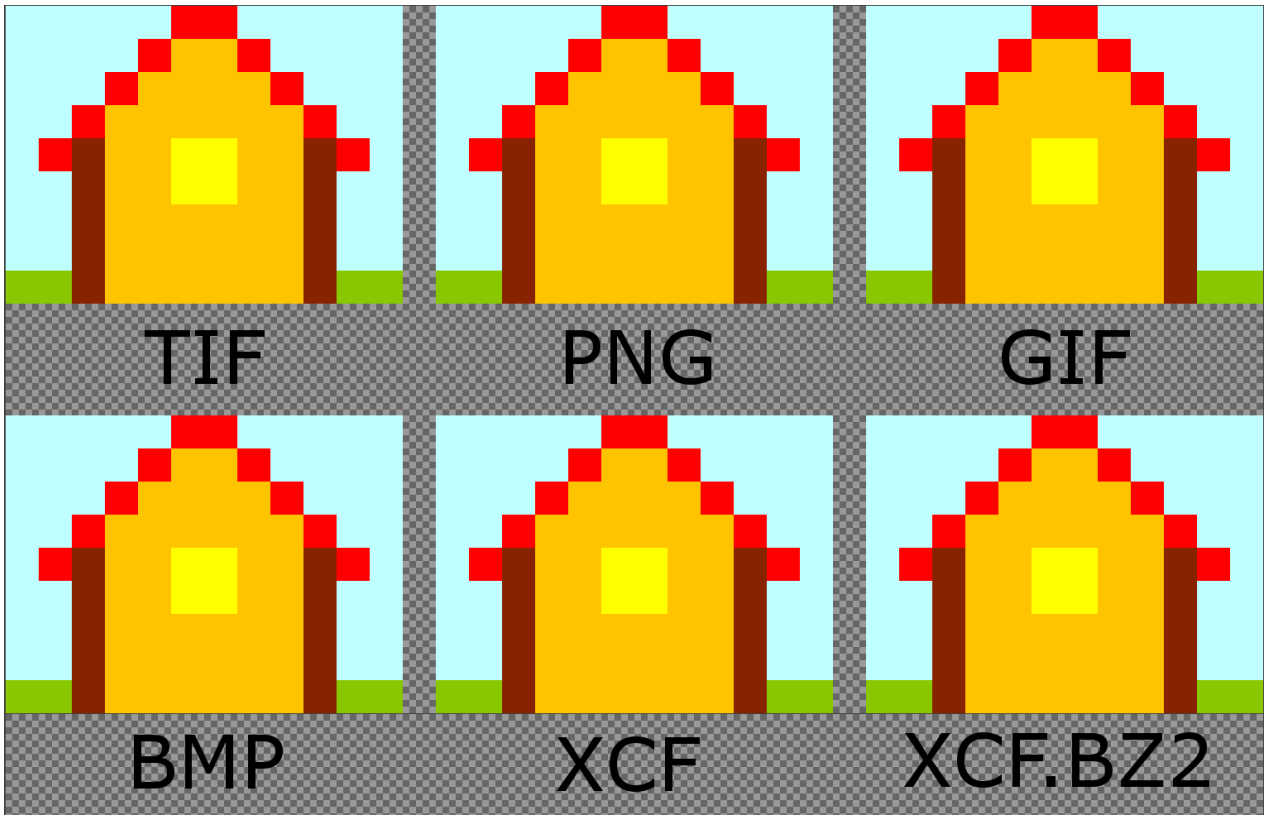
Nekateri slikovni formati (npr. JPG, TIF, GIF ali PNG) omogočajo zapisovanje podatkov z uporabo različnih algoritmov (postopkov), ki omogočajo stiskanje (zgoščevanje) podatkov. Stiskanje podatkov je lahko izgubno (npr. JPG) ali breizgubno (npr. PNG). Izgubno stiskanje je učinkovitejše, vendar je pri višjih stopnjah stiskanja rezultat le-tega viden na sliki v obliki napak t. i. artefaktov.
Slike se navadno shranjujejo v določenem formatu; ta zraven slikovnih podatkov dodajo še informacije o vrsti formata, ki se zapisujejo v glavo slikovne datoteke.
Pri stiskalnem algoritmu JPG za prejšnji začetni primer tega poglavja bi velikost slike znašala nekje med 2 in 4 MB (ponavadi okrog 3 MB, kar je odvisno od vsebine na sliki - prehodi in barve). Tako je na sliki 149 vidno, da je format JEPG najmanjši po velikosti in GIMP-ov format XCF (ta podpira plasti in je brezizgubni), ki je stisnjen s algoritmom BZ2 (zaradi tega je velikost slikovne datoteke vsaj od dva- do štirikrat manjša).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 149: Primer realne fotomontaže štirih slik, ki je shranjena v različnih ločljivostih in rastrskih formatih

Vrnimo se ponovno k naši sliki hiše in velikosti slikovnih datotek pri različnih formatih (slika 150), med posameznimi podobami hiš na sliki ni opaznih razlik.



Slika 150: Slike hiše ločljivosti 12 x 9 različnih formatov pri povečavi 4000 %

Razlika med njimi se pojavi pri velikosti zapisov slikovnih datotek (tabela 20). Najmanjša slikovna datoteka je s končnico GIF, sledi ji PNG in največja je XCF, ki je v stisnjeni obliki XCF.BZ2 skoraj enkrat manjša (JPG s 100 % je dodan le za primerjavo).

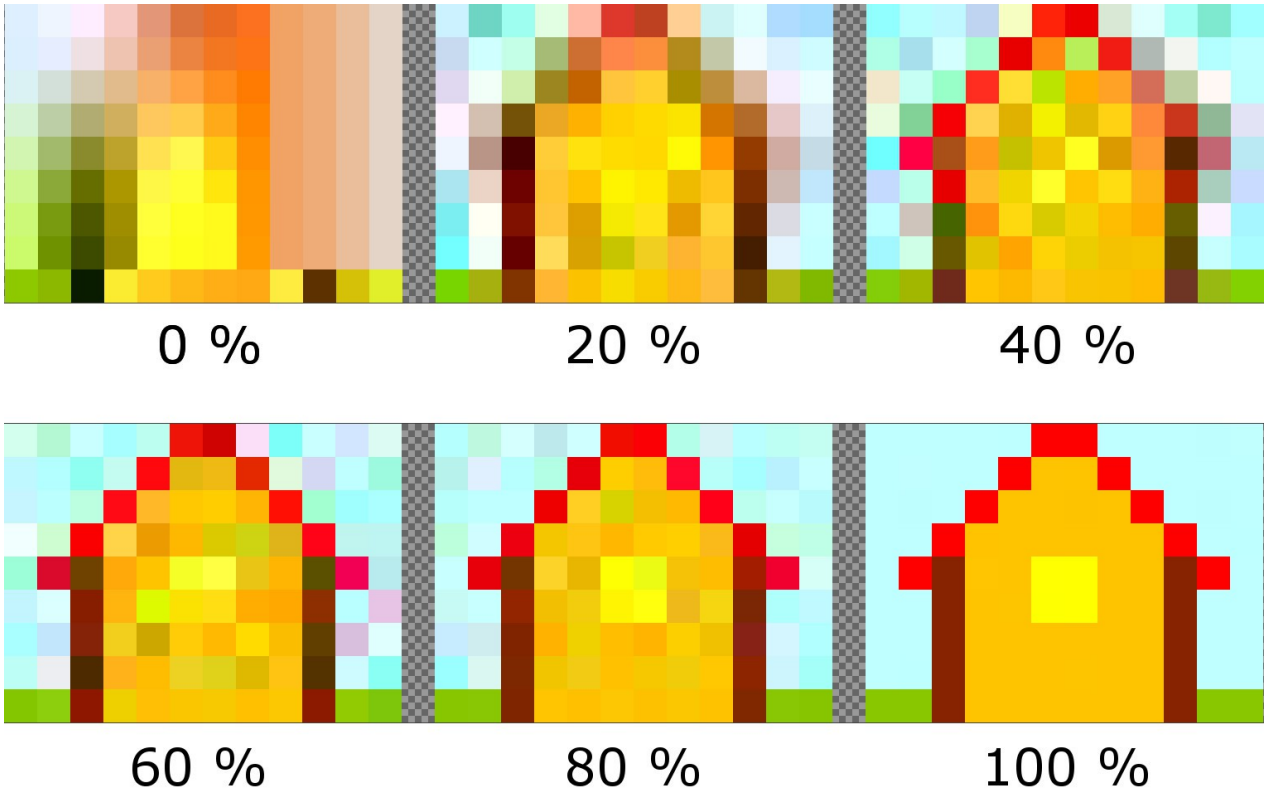
Tabela 20: Različni slikovni formati in pripadajoče velikosti teh datotek za sliko hiše z ločljivostjo 12 x 9 (slika 150)

Končnica slikovnega formata	JPG (100 %)	XCF	TIF	BMP	XCF.BZ2	PNG	GIF
Velikost slikovne datoteke	1005 B	802 B	672 B	446 B	418 B	185 B	112 B

Za fotografske posnetke se največ uporablja JPG format, ki lahko izgubo stisne glede na izbrano stopnjo stiskanja med 0 in 100 % (slika 151). Pri vsaki stopnji razen 100 % se opazi

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

izguba kvalitete, že pri 60 % je skoraj neuporabna. V praksi se pri navadnih slika najpogosteje uporablja stiskanje med 85 in 90 %.



Slika 151: Različne kvalitete shranjevanja formata JFIF bolj znanega pod kratico JPG ali JEPG pri povečavi 4000 %

Manjši odstotki pri nastavljeni stopnji kompresijskega algoritma pomenijo manjšo slikovno datoteko in s tem večjo izgubo podatkov (tabela 21).

Tabela 21: Različne stopnje stiskanja pri slikovnem formatu JPG in pripadajoče velikosti teh datotek za sliko hiše z ločljivostjo 12 x 9 (slika 151)

Odstotki stiskanja slikovnega formata JPG oz. JPEG	100 %	80%	60%	40%	20%	0%
Velikost slikovne datoteke	1005 B	761 B	699 B	658 B	606 B	544 B

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Pri 3D-animaciji je potrebno izračunati oz. upodobiti rastrsko sliko na osnovi scene, ki je bila modelirana ali sestavljena iz objektov, ki so pobarvani ali prekriti s teksturami (proceduralnimi ali slikami). Animacijo dobimo z večkratnim izračunavanjem slike t. i. upodabljanjem, kjer je v Evropi pri TV PAL-standardu 25 slik na sekundo. Video posnetek ali animacija je digitalni zapis ponavadi vsaj 24 slik na sekundo. Mirujoče slike (angl. Stil images) ali digitalne fotografije je številski zapis ene same slike.

Več o slikovnih formatih lahko najdete na spletnih naslovih:
http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_graphics_file_formats, 1. 8. 2012
http://www.file-extensions.org/, 1. 8. 2012
http://www.file-extensions.org/filetype/extension/name/graphic-files, 1. 8. 2012
http://freeweb.siol.net/gfranja/izpit/monitor.html, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Color_depth, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Binary_numeral_system, 1. 8. 2012
http://sl.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9zierova_krivulja, 1. 8. 2012
http://sl.wikipedia.org/w/index.php?title=B%C3%A9zierova_povr
%C5%A1ina&action=edit&redlink=1, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_display_unit, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Pixels_per_inch, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Dots_per_inch, 1. 8. 2012
http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/Tiskalnik, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Standard-definition_television, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/HDTV, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Display_resolution, 1. 8. 2012
http://www.cie.co.at/index_ie.html, 1. 8. 2012
http://www.iscc.org/, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space, 1. 8. 2012
http://www.brucelindbloom.com/index.html?WorkingSpaceInfo.html, 1. 8. 2012
http://www.cis.rit.edu/mcsl/research/1931.php, 1. 8. 2012
http://cvrl.ioo.ucl.ac.uk/index.htm, 1. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_illuminant, 1. 8. 2012
http://research.microsoft.com/~jplatt/cleartype/samples.html?0sr=a, 1. 8. 2012
http://www.bberger.net/rwb/gamma.html, 1. 8. 2012
http://www.cis.rit.edu/, 1. 8. 2012
http://www.bberger.net/rwb/gamma.html, 1. 8. 2012
http://www.basiccolor.de/, 1. 8. 2012
www.couleur.org, 1. 8. 2012
http://www.focoltone.com/focoltone/, 1. 8. 2012
http://www.trumatch.com/, 1. 8. 2012
http://www.itu.int/, 1. 8. 2012
http://www.jpeg.org/, 1. 8. 2012

Povzetek ločljivosti in barvne globine

Ločljivost in kakovost izpisa sta tudi relativna pojma, odvisna od naših zahtev in razdalje opazovanja. Kakovost kopije ocenjujeta naše oko in osebno dojemanje barv, kontrasta in prikaza oz. zapisa v celoti.
Kadar ne poznamo namena uporabe posnetka, naj bo za kakovostno zajemanje slik ločljivost čim

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

višja. Optimalno pa se ločljivost prilagoditi uporabi; pri prikazu na zaslonu je ta zahteva bistveno manjša kot pri tiskanju. Velikost slikovne datoteke je odvisna od naprave za zajemanje, nastavljene barvne globine in formata za zapis. Brezizgubni formati (npr. PNG) imajo za navadne fotografije dosti večje datoteke od izgubnih (JPG), ki jim lahko nastavimo želeno stopnjo stiskanja. Pri shranjevanju slik pogovornih oken (malo število odtenkov) ima format PNG dosti boljše in krajše datoteke kot format JPG (pravilno povedano je to JFIF).
Barvni model je širši pojem in ponavadi posamezne naprave (npr. digitalna kamera, tiskalnik ali optični bralnik) lahko prikažejo oz. uporabljajo barvni obseg (angl. color gamut) oz. območje barv (odtenkov), ki je manjše od barvnega modela RGB.
Če je le mogoče, ne pretvarjamo iz manjšega barvnega obsega v širšega in obratno, ker se zaradi tega izgubljajo barvni odtenki.
Potrebno se je zavedati, da vsi barvni modeli nujno ne vsebujejo barv, ki jih človeško oko lahko razpozna oz. vidi.
Vsak barvni prostor ima slabosti in prednosti pri zapisu barv ali njihovi uporabi.
Pri monitorjih se največkrat uporablja barvni model RGB oz. HSV, pri tiskanju pa CMYK.
Vsak operacijski sistem omogoča nastavitev izhodne ločljivosti videokartice in s tem zaslonsko ločljivost. Prav tako je možno nastaviti barvno globino, ki se včasih imenuje tudi barvna kakovost; ta je običajno 32- ali 16-bitna. Barvno upravljanje (angl. Color management) je postopek zagotavljanja enakih barv od začetka.
Pri novejših LCD-zaslonih je najbolje izbrati s strani proizvajalca priporočano ločljivost. Tako dobimo kakovostno in kontrastno sliko, brez zamegljenih delov zaslona.
Pri starejših zaslonih s katodno cevjo (angl. CRT) je bilo spreminjanje ločljivosti boljše zaradi trikotne postavitve slikovnih podtočk, ker uporabnik ni opazil nepravilnosti prikaza.

Vprašanja za preverjanje znanja

1. Kaj je bit?
2. Koliko bitov ima en bajt? Napiši tri različne primere enega bajta.
3. Koliko znaša vrednost 2,1 Mibit in koliko 1,5 kbit v bitih?
4. Kaj je oktet?
5. Naštej nekaj primerov tipičnih velikosti digitalnih podatkov glede na velikosti zapisa v B.
6. Koliko bajtov je 3 GB in 2 GiB?
7. Proizvajalec diska navede podatek o velikost diska 256 GB in pri tem uporabi decimalni mnogokratnik. Kolikšna je dejanska velikost diska, če uporabimo dvojiški mnogokratnik?
8. Zapiši velikost naslednjih nosilcev: CD, enoslojni DVD, enostranki BD, dvostranski BD

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

in za polprevodniški disk SSD.
9. Kaj je barvni obseg (angl. color gamut)?
10. Koliko odtenkov je možno dobiti pri uporabi 7 bitov za barvno globino?
11. Koliko odtenkov je možno dobiti pri uporabi 15 bitov za barvno globino?
12. Na katerih šest vrst delimo slike glede barvne globine (na kratko jih opiši)?
13. Koliko bitov potrebujemo za zapis 6 sivinskih odtenkov?
14. Katero minimalno barvno globino potrebujemo pri navadni digitalni kameri?
15. Naštej in opiši enote za zapis gostote točk.
16. Opiši in nariši dva primera za DPI.
17. Opiši in nariši dva primera za LPI.
18. Opiši pravilo za pretvorbo med DPI in LPI.
19. Določi velikost natisnjene slike z ločljivostjo 1800 • 1500 točk pri tiskanju z ločljivosti 300 ppi in180 ppi.
20. Kaj je barvni model?
21. Kaj je barvna paleta?
22. Kaj je barvna lestvica?
23. Kaj je barvno upravljanje (angl. color management)?
24. Kaj je barvni prostor?
25. Kaj je slikovna točka?
26. Kaj so slikovne podtočke in približno koliko znašajo dimenzije slikovnih točk na zaslonu?
27. Kaj je barvni model?
28. Opiši, kako nastanejo številke in črke (slike) na zaslonu?
29. Opiši barvni model RGB.
30. Kako nastanejo barve v modelu RGB?
31. Zapiši štiri različne zapise RGB za nasičeno rdečo barvo.
32. Opiši barvni model CMYK.
33. Kaj je barvni model sRGB?
34. Opiši barvni model HSV.
35. Na primeru opiši postopek pretvorbe skupine štirih bitov v šestnajstiško število.
36. Na primeru opiši postopek pretvorbe RGB šestnajstiškega trojčka kode $E9967A_{(16)}$ v desetiško vrednost.
37. Kaj določa ločljivost rastrske slike?
38. Naštej nekaj značilnejših analognih, digitalnih ločljivosti naprav in medijev.
39. S koliko DPI klasično tiskamo pri standardnih formatih A3 in A4 ter kakšno ločljivost slik potrebujemo?
40. Katero razmerje med stranicami imajo monitorji, zasloni in slika iz projektorja?
41. Katero ločljivost ima digitalna televizija visoke ločljivosti t. i. HDT in okrog koliko Mpx je slikovnih točk?
42. Opiši oznake in način delovanja prepletanja in progresivni izris slike pri HDTV.
43. Katere slike so večje, vektorske ali rastrske (pojasni)?
44. Kako izračunamo velikost črno-bele slike (datoteke)?
45. Kako izračunamo velikost sivinske slike (datoteke)?
46. Kako izračunamo velikost indeksirane barvne slike (datoteke)?
47. Kako izračunamo velikost barvne slike (datoteke)?
48. Kako izračunamo velikost realnih digitalnih slik (datoteke)?
49. Opiši delitev načinov stiskanja podatkov (pojasni prednosti in slabosti posameznega

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

načina).

50. Opiši, kako pri JPG-formatu vpliva na kakovost slike izbrana stopnja stiskanja med 0 in 100 %.
51. Koliko indeksiranja števila barv omogoča format GIF največ?
52. Kako vpliva ločljivost zaslona na prikaz grafike?
53. Iz katere enačbe lahko računamo število odtenkov (kombinacij), če imamo podano število bitov?
54. Za katere namene uporabljamo program GIMP?
55. Kaj je barvna indeksirana slika?
56. Naštej, katere barvne tabele so najbolj razširjene?
57. Naštej, kateri so strojno orientirani barvni modeli?
58. Naštej, kateri so uporabniško orientirani barvni modeli?

Odgovori

1. Najmanjša količina informacije je 0 ali 1 npr. žarnica sveti ali ne sveti, dan in noč, je res ali je laž (samo dva možna odgovora).
2. 1 Bajt = 1 zlog = 8 bitov ali s kraticami 1B = 8 b Možni so tudi drugi primeri med osmimi 0 in osmimi 1. 1. primer $10011111_{(2)} = 159_{(10)}$. 2. primer $11111111_{(2)} = 255_{(10)}$ 3. primer $10000000_{(2)} = 128_{(10)}$.
3. 2,1 Mibit = $2{,}1 \cdot 2^{20}$ b = 2202009,6 b in koliko 1,5 kbit= $1{,}5 \times 10^3$ b= 1500 b
4. Oktet je skupina osmih bitov, ki ni utežena (torej nima mestnih vrednosti) npr. $10110011_{(2)}$.
5. Nekaj primerov tipičnih velikosti digitalnih podatkov glede na velikosti zapisa:

- 90 bajtov (angl. bytes): dovolj za shranjevanje tipične vrstice besedila iz knjige.
- 512 bajtov= 90 bytes = ½ KiB: tipična velikost sektorja s trdega diska.
- 1024 bytes = 1 KiB: klasična velikost bloka v UNIX-ovem datotečnem sistemu.
- 2048 bytes KiB = 2: sektor CD-ROM.
- 4096 bytes = 4 KiB: spomin na stran x86 (Intel od 80386).
- 4 kB: približno eno stran besedila iz romana.
- 120 kB: besedilo tipične žepne knjige.

6. Vrednost 3 GB = $3 \cdot 10^9$ B = 3000 000 000 B in 2 GiB =$2 \cdot 20^{30}$ B = 2147483648 B
7. 256000000000 / 2^{30}= 238,4 GB.
8. CD je kapaciteta 700 MB (redkeje 650 ali 800 MB), enoslojni DVD 4,7 GB, enostranki BD je 25 GB in dvostranski BD je 50 GB, polprevodniški disk SSD (angl. Solid-State Drive) s tipično velikostjo 256 GB ali 512 GB (za prenosne naprave Apple so to tudi 16, 32, 64 GB).
9. Barvni obseg določa število vseh barv (angl. color gamut), ki jih lahko prikažemo na zaslonu ali npr. tiskamo na tiskalniku.
10. 2^7 = 128 odtenkov
11. 2^{15} = 32 768 odtenkov
12. Glede na barvno globino je možno deliti slike na:

1. Barvne, ki so tonsko zvezne (ponavadi 24-, 32- ali 48-bitne).
2. Sivinske, ki so tonsko zvezne (ponavadi 8- ali 16-bitne).
3. Indeksirane barvne (sivinske) ali tonsko nezvezne (ponavadi do 256 barvnih odtenkov ali še

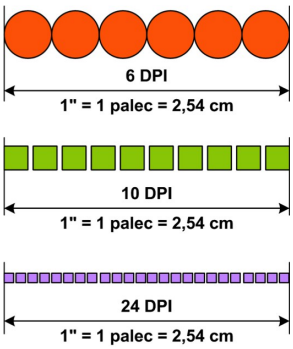
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

manj oz. več).
4. Indeksirano sliko le z dvema odtenkoma imenujemo črno-belo (samo črna in bela akromatska vrednost).
Dvotonske slike kot kombinacijo določenih barvnih odtenkov iste barve (od rumene do črne ali rdeče do črne, sefija je rumenkasto-rjava ali druga kombinacija).
6. Tri- ali še večtonska slika, ki je kombinacija določenih barvnih odtenkov različnih barv (npr. za tritonsko sliko so npr. odtenki rdeče, rumene in modre barve).

13. Trije biti so dovolj, saj je $2^3 = 8$ odtenkov, kar je več kot 6 in ostaneta še 2 odtenka rezerve.
14. 24 bitov (3 B ali 3 zloge)
15. Običajne enote za gostoto točk so v praksi:

- dpi (angl. dots per inch,) ali slov. "pik na palec",
- ppi (angl.pixel per inch,) ali slov. "slikovnih pik na palec",
- lpi (angl. lines per inch) ali slov. "linij na palec".

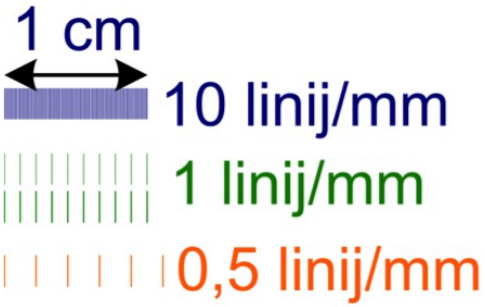
16. DPI je enota za merjenje ločljivosti pri tiskanju ali prikazu na zaslonu, ki predstavlja število natisnjenih točk (pik) na palec.



Slika 152: Ponazoritev, kako naj si poenostavljeno predstavljamo DPI

17. LPI predstavlja ločljivost človeškega očesa glede črt (oz. poltonskih točk).

Primer: za ustvarjanje različnih sivin je slika razdeljena na posamezne (poltonske) točke, temnejši deli so sestavljeni iz večjih točk, svetlejši deli iz manjših.

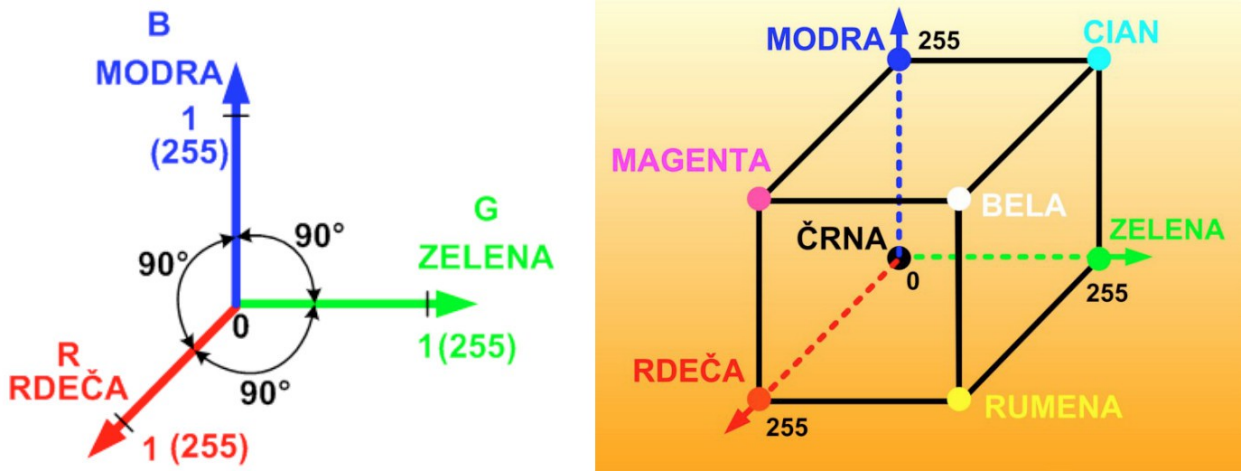


Slika 153: Število linij na cm je pri nas bolj običajno kot število linij na palec

18. Pravilo za predtvorbo: dpi = 2 • lpi, npr. pri tiskanju revije s 150 lpi naj bi se fotografije optično prebrale pri 300 DPI.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

19. Določanje velikosti natisnjene slike npr.: sliko velikosti 1800 • 1500 točk bomo pri ločljivosti 300 ppi natisnili na velikost 6 • 5 palcev (15,24 • 12,7 cm), pri ločljivosti 180 ppi jo lahko natisnemo na 10 • 8,33 palcev (25,4 • 21,17 cm).
20. Velikost slikovne točke pri zaslonih za kvadratno stranico danes znaša običajno med 0,25 - 0,28 mm. Za prikazovalnike (zaslone ali monitorje, TV-sprejemnike) in projektorje se uporablja t. i. barvni model RGB. Torej za eno slikovno točko sestavlja tri slikovne podtočke (angl. Subpixel vidne v okvirju na sliki) v rdeči, zeleni in modri barvi.
21. Barvni model je sistem za predstavitev barv (tudi teorija) s tremi ali več osnovnimi merami. Za različne namene so različni modeli.
22. Barvna paleta je množica barvnih odtenkov, ki definirajo barvni prostor. Paleta najpogosteje vsebuje 256 barv, ki so lahko poljubno izbrane iz barvnega prostora s 16 777 216 odtenki (24 bitov).
23. Barvna lestvica je obseg barv, ki ga lahko reproduciramo z napravo ali sistemom.
24. Barvno upravljanje (angl. color management) je sistem upravljanja izhodnih podatkov vseh naprav v produkcijski verigi, ki zagotavlja, da so končni rezultati zanesljivi in ponovljivi z vidika reprodukcije barv.
25. Barvni prostor je teoretični obseg barv, ki jih zmore neka naprava reproducirati ali jih pod določenimi pogoji zazna človeško oko.
26. Slikovna točka je najmanjši element neke slike, glede na izhodni medij ali napravo so slikovne točke po obliki in tehnično različno izvedene.
27. Z barvnim modelom je opisana tehnična realizacija barve na določeni napravi ali kot teoretični model z namenom uporabe le-tega pri izboljšanju videza slike ali pri izbiri barv oz. oblik.
28. Če želimo na beli podlagi videti črne črke, ni potrebno krmiliti podtočke, za belo barvo (akromatsko vrednost) pa vklopimo vse tri z enakim največjim deležem svetlosti posameznih podtočk (več najdete na spletnem naslovu http://en.wikipedia.org/wiki/Subpixel). Ostale barvne odtenke dobimo z neenakomernim oddajanjem svetlobe iz RGB-podtočk. Več o tem preberi pri barvnem modelu RGB.
29. Barvni model RGB-barve dosežemo z mešanjem treh osnovnih barv ali komponent: rdeče R (angl. Red), zelene G (angl. Green) in modre B (angl. Blue) v različnih vrednostih. Model je predstavljen v obliki kocke s pravokotnimi robovi.



Slika 154: Trije pravokotni RGB-vektorji (levo) in RGB-kocka (desno)

30. Vrednosti kanalov RGB, kot jih vidimo na sliki, niso barvne slike temveč številke od 0 do

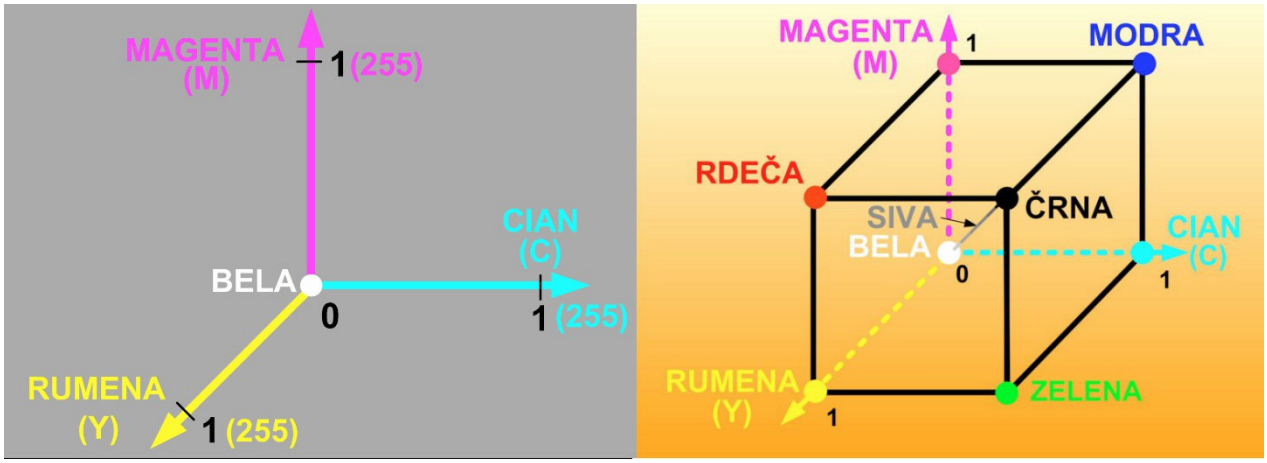
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

255 (če bi opazovali vsak kanal posebej, bi bile to sivinske informacije oz. le številke v datoteki) pri običajnem zapisu 8-bitov/kanal. Če so vsi trije deleži kanalov enaki, je na tem delu slike videti bela barva. Ko so vse tri vrednosti enake nič, je slika črna (vmesne vrednosti vseh treh kanalov pa so sivine). Ostale barve nastanejo z drugimi kombinacijami vrednosti slikovnih točk posameznih kanalov (pri 8-bitnem kanalu je to od 0 do 255, za 16- bitnega je to od 0 do 65535). Na zaslonu kanali krmilijo vsako slikovno podtočko RGB in na ta način nastane barvna slika.

31. Nasičena rdeča barva s štirimi različnimi zapisi RGB

Zapis	**RGB trojka (angl. triplet)**
Aritmetični	(1.0, 0.0, 0.0) (desetiško) – tega uporablja Blender
Odstotki	(100 %, 0 %, 0 %)
Digitalno 8 bitov na kanal	(255, 0, 0) (desetiško) ali šestnajstiško #FF0000
Digitalno 16 bitov na kanal	(65535, 0, 0) (desetiško)

32. CMYK je (odštevalni ali substraktivni) barvni model treh barv: cian (angl. Cyan), škrlatna ali magenta (angl. Magenta) in rumena (angl. Yellow). Če mešamo vse tri osnovne barve, dobimo umazano rjavo barvo. Zato se v kartuši tiskalnika uporabi namesto tega črna barva (angl. BlacK) in uporablja se t. i. barvno nadomeščanje (kar bo na sliki postalo čisto črno).



Slika 155: Trije pravokotni CMY-vektorji (levo) in idealna CMY-kocka (desno)

Ker je potrebno za črno vrednost natisa dobiti vrednosti se ta model popolnoma ne ujema z RGB. Barvni obseg CMYK-a je dosti manjši kot RGB (ni sijočih barv) in je to odvisno od tiskalnika ali tiskarskega stroja (njegovega barvnega obsega).CMYK je osnovni barvni model v tiskarstvu. Bela barva se posebej ne dobi z mešanjem treh komponent CMY, temveč je bela osnovna barva papirja.

33. Barvni model sRGB (zmanjšan RGB), ki je standarden za operacijski sistem MS Windows, ima manjši barvni obseg, kot je CIE in NTSC. Na posameznih vogalih barvnega modela v CIE-diagramu se posamezni modeli ne ujemajo.
34. Barvni model HSV, ki je človeku bliže in vsebuje tri kanale: barvni odtenek (angl. Hue), nasičenje (angl. Saturation) in svetlost (angl. Value). Osnova piramide je šestkotnik, ki ima na diagonalnih vogalih komplementarne barvne pare (npr. rdeča-cian). Osnovna ploskev piramide ustreza vrednosti V = 1 in vsebuje relativno svetle barve. Barvni odtenek H se spreminja s kotom okoli navpične osi (0° pomeni rdečo). Vrednost nasičenosti S določa razdalja od osi V do plašča piramide (pri S = 0 imamo sive odtenke). HSV-barvni

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

model se najbolj približa vsakdanjem poimenovanju barv, kjer se to v modelu poimenuje odtenek (Hue), nasičenje (Saturation) - kako močna je barva (najbolj nasičena je na ploskvi) in svetlost (Value) - predstavlja višino do vrha (tam je črna akromatska vrednost).

35. Skupina štirih bitov ali pol bajta (8 bitov) se imenuje nibble ali nybble. Ta enota se najbolj pogosto uporablja pri pretvorbi dvojiških v šestnajstiška števila, saj se vzame 4 bite in po pretvorbi dobimo eno šestnajstiško število. Na primer: $1101_{(2)} = 2^3 \cdot 1 + 2^2 \cdot 1 + 2^1 \cdot 0 + 2^0 \cdot 1 = 8 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 = 13_{(10)} = D_{(16)}$.
36. RGB-trojček šestnajstiške kode $E9967A_{(16)}$ pretvorimo v desetiško število. To kodo razdelimo na tri dele tako, da vzamemo po dve cifri (dva nibbla), ki predstavljata en bajt oz. prvi je rdeč (R), drugi je zelen (G) in tretji je moder (B) kanal. Torej $E9\ 967A_{(16)}$ = (R) E9 (G) 96 (B) 7A in vsakega zase pretvorimo v desetiško vrednost. Zapišimo najprej
37. (R) E9 (G) 96 (B) 7A = (R)$16^1 \cdot$ E + $16^0 \cdot$ 9 (G) $16^1 \cdot 9 + 16^0 \cdot$ 6 (B) $16^1 \cdot 7 + 16^0 \cdot$ A .V tem računanju namesto šestnajstiških znakov vstavimo dvojiške vrednosti glede na tabelo 8. Potem pomnožimo vrednosti in seštejemo dve vrednosti vsakega kanala zase ter to zapišemo. Torej (R) E9 (G) 96 (B) 7A = (R)16 • 14 + 1 • 9 (G)16 • 9 +1 • 6 (B)16 • 7 +1 • 10 = (R) 224 + 9 (G) 144 + 6 (B) 112 + 10 $E9\ 967A_{(16)}$ = (R) $233_{(10)}$ (G) $150_{(10)}$ (B) $122_{(10)}$ = 233 | 150 | 122 $_{(10)}$.
38. Zmnožek števila slikovnih točk (angl. pixel) v vodoravni in navpični smeri.
39. Analogna ločljivost: 640 × 480: analogna televizija v ZDA (NTSC), 768 × 576: analogna televizija v Evropi (PAL, SECAM). Digitalna ločljivost 1920 × 1080: HDV (miniDV), 2048 × 1080: 2K Digital Cinema -2K digitani kino, 4096 × 2160: 4K Digital Cinema - 4K digitani kino
40. Klasično se tiska s 300 DPI. Za A4 potrebujemo 2480 x 3508 slikovnih točk oz. 8,702 Mpx in za A3 potrebujemo 3508 x 4961 slikovnih točk oz. 17,403 Mpx.
41. Danes imajo monitorji, zasloni in slika iz projektorja eno razmerje med stranicami: 17 : 10, 5 : 3, 16 : 10, 16 : 9, 4 : 3, 5 :4.
42. Ločljivost HDTV je 1920 • 1080 slikovnih točk, kar znaša 2 072 736 slikovnih točk (okrog 2 milijona oz. ~ 2 Mp ali ~ 2 Mpx).
43. Interlace ali prepletanje pomeni izris slike, tako najprej lihe in potem sodih vrstic. Progressive je izris posameznih vrstic celotne slike zaporedoma (to je boljši način kot angl. Interlace).
44. Velikost datoteke rastrske slike (fotografije) je ponavadi dosti večja od vektorske (risbe so ponavadi precej preproste).
45. Velikost črno-bele slike = 12 • 9 • barvna globina (ali 12 • 9 • barvna globina) + 1 B (za širina slike - 12 točk) + 1 B (za višino slike - 9 točk) + 12 bajtov (za ime + tričrkovno končnico, npr. moj_slik.bmp je 12 znakov).
46. Velikost sivinske slike = št. slikovnih točk • št. bitov + biti za zapis sivin + 1 B (za širina slike - 12 točk) + 1 B (za višina slike - 9 točk) + 12 bajtov (za ime + tri črkovno končnico, npr. moj_slik.bmp je 12 znakov).
47. Velikost indeksirane barvne slike = št. točk • št. bitov/8 + kodiranje barv + 1 B (za širino slike - 12 točk) + 1 B (za višino slike - 9 točk) + 12 bajtov (za ime + tričrkovno končnico, npr. moj_slik.gif je 12 znakov).
48. Velikost barvne slike = št. točk • št. bajtov + število kodiranj 6 barv = 108 B (108• 8 b) + 150 B + 1 B (za širino slike - 12 točk) + 1 B (za višino slike - 9 točk) + 12 bajtov (za ime + končnico, npr. moj_slik.png je 12 znakov).
49. Velikost realne RAW (surove) digitalne slikovne datoteke pri 24-bitni barvni globini

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

znaša: velikost = ločljivost kamere • 3B (za RGB-kanale).

50. Stiskanje podatkov je lahko izgubno (npr. JPG) ali breizgubno (npr. PNG). Izgubno stiskanje je učinkovitejše, vendar je pri višjih stopnjah stiskanja rezultat le-tega viden na sliki v obliki napak t. i. artefaktov. Slike se navadno shranjujejo v določenem formatu; te zraven slikovnih podatkov dodajo še informacije o vrsti formata, ki se zapisujejo v glavo slikovne datoteke. Pri odstotkih od 85 - 100 % je najbolj uporabno z malo napakami (to je odvisno tudi od velikosti slike).
51. GIF-format omogoča največ 256 odtenkov (indeksirano število barv).
52. Višja kot je nastavljena ločljivost zaslona, manjša je prikazana grafika in pisava.
53. Število odtenkov izračunamo iz števila bitov po enačbi: $2^{\text{število bitov}}$= število odtenkov (kombinacij).
54. Z GIMP-om je možno urejati rastrske slike (obdelati fotografije, risati, izdelati poljubne fotomontaže, 2D-animacije, fraktale …).
55. Barvna indeksirana slika je slika z omenjenim številom odtenkov (najpogosteje v tabeli) in s prirejenimi indeksi (kombinacije bitov). Slika z malim številom barvnih odtenkov (do 256), ki so zapisane v barvni paleti (indeks). Algoritem procesiranj indeksiranja se prične npr. pri shranjevanju slike v slikovnim formatom GIF.
56. Najbolj razširjene barvne tabele so Pantone, Trumatch, Focoltone.
57. Strojno orientirani barvni modeli so RGB, CMY, YUV, YIQ.
58. Uporabniško orientirani barvni modeli so HSV, HLS, HLC.

Naloge za poglabljanje:

Izračunaj pretvarjanje v ustrezni številski sestav, ki je v oklepaju. Postopek naj bo viden in če se naloga ne da izračunati, napiši pojasnilo, zakaj ne.

1. a) 651718642(8) = _____(2) b) 1212012(3) = _____(4)
c) 123543 (6) = _____(10) d) 990999(10) = _____(16)
e) FC584(16) = _____(5) f) 771256(8) = _____(16)
g)$4431413_{(5)}$= _____(10) h) $3C60FA56_{(10)}$= _____(8)
i) 54711536(7) = _____(10) j) 6015369874(10) = _____(16)

2. Zapiši slovensko ime (lahko je tudi opisno) in/ali pretvorbo v zapis RGB glede ustreznega številskega sestava, ki je zapisan v oklepaju ali obratno.
FF991180: _____ (2)= _____(slovensko ime)
33FF9966.H: _____ (8)=_____(slovensko ime)

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Svetlo turkizna 30 % prosojna: _____(8)= _____(16)

CC33FFAA.H: _____(8)= _____(slovensko ime)

Nasičeno mangentno 50 % prosojna:

_____(10)=_____(16)

Temno mangentno 100 % neprosojna: _____(10)=

_____(16)

Navy 50 % prosojna: _____(8)=

_____(16)

66FF2233.H: _____ (8)= _____ (slovensko ime)

33FF9980: _____(8)= _____ (slovensko ime)

CCCC0000.H: _____ (8)= _____ (slovensko

ime)

Svetlo rumena 20 % prosojna: _____(10)= _____(16)

Rjava 80 % prosojna: _____ (10)= _____(16)

Nasičeno cian pol prosojna: _____ (10) = _____(16)

Temno vijolična 30 % prosojna: _____ (10) =

_____(16)

Nasičeno oranžna 10 % prosojna: _____(10) =

_____(16)

Temno zelena 90 % prosojna: _____(10)= _____(16)

Purple 50 % prosojna: _____(8) = _____

(16)

EEFF00BB.H: _____ (8) = _____ (slovensko ime)

Svetlo modra 25 % prosojna _____(10)= _____

(16)

Temno modra-vijolična neprosojna: _____(10)= _____

(16)

3. Izračunaj različne velikosti slik glede na podane zahteve:

a) Določi velikost zapisa indeksirane barvne slike v bitih, bajtih in kB, če je velikost slike 1920 slikovnih točk vodoravno in 1080 slikovnih točk navpično in s 108 barvnimi odtenki. Izračunaj potrebno št. bitov za zapis barvne globine za indeksirane odtenke (poglej, ali je tudi še kaj na

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

rezervi in če je, koliko ta znaša). Upoštevaj tudi zapis ločljivosti oz. postavitve slikovnih točk! Ime slike je dolgo 12 znakov in še štiri za končnico (3 znaki in decimalna pika).

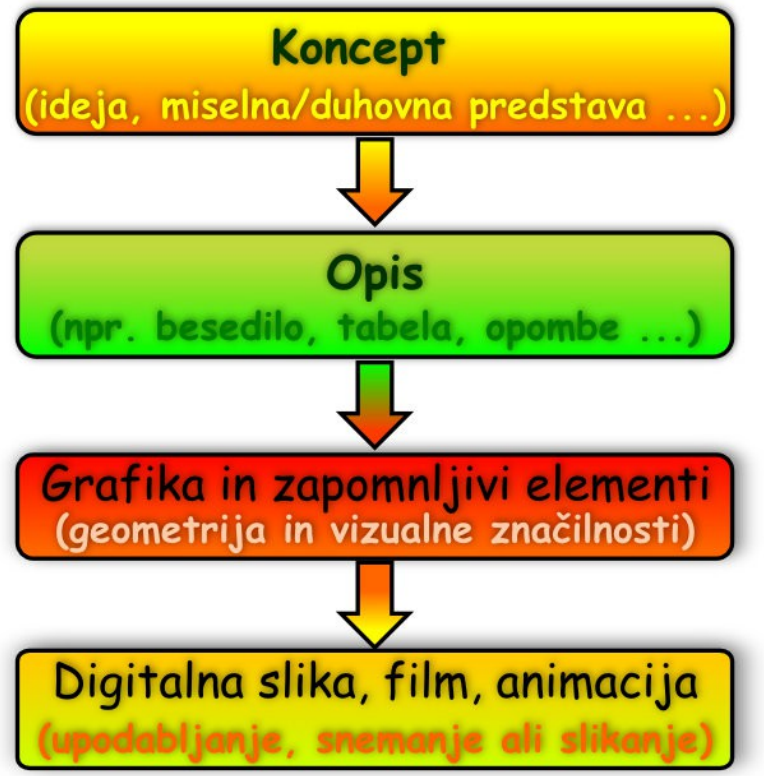
b) Določi velikost zapisa barvne slike s 24-bitno barvno globino (vsaka slikovna točka se zapiše z 24 biti), ki je zapisana nestisnjeno v bitih, bajtih, kB in MB, če je velikost slike 3080 slikovnih točk vodoravno in 2192 slikovnih točk navpično. Upoštevaj tudi zapis ločljivosti oz. postavitve slikovnih točk?
c) Določi velikost zapisa indeksirane sivinske slike v bitih, bajtih in kB, če je velikost slike 1080 slikovnih točk vodoravno in 720 slikovnih točk navpično in s 34 sivinskimi odtenki. Izračunaj potrebno št. bitov za zapis barvne oz. sivinske globine za indeksirane odtenke (poglej, ali je tudi še kaj na rezervi in če je, koliko ta znaša). Upoštevaj tudi zapis ločljivosti oz. postavitve slikovnih točk! Ime slike je dolgo 11 znakov in še peti za končnico (4 znaki in decimalna pika).
d) Določi velikost zapisa indeksirane sivinske slike v bitih, bajtih in kB, če je velikost slike 2000 slikovnih točk vodoravno in 220 slikovnih točk navpično in z 80 sivinskimi odtenki. Izračunaj potrebno št. bitov za zapis barvne oz. sivinske globine za indeksirane odtenke (poglej, ali je tudi še kaj na rezervi in če je, koliko ta znaša). Upoštevaj tudi zapis ločljivosti oz. postavitve slikovnih točk! Ime slike je dolgo 13 znakov in še štiri za končnico (3 znaki in decimalna pika).
e) Določi velikost zapisa dvotonske slike (samo rdeča in bele slikovne točke - ta je po barvni globini enaka črno-beli sliki, le da ima namesto tega druga barvna odtenka) v bitih, bajtih in kB, če je velikost slike 720 slikovnih točk vodoravno in 576 slikovnih točk navpično. Upoštevaj tudi zapis ločljivosti oz. postavitve slikovnih točk in belo in rdečo barvo (ta je 24-bitna)! Ime slike je po dolžini enako številom znakov, kot je tvoje ime in še pet za končnico (4 znaki in decimalna pika).

Učna situacija 5:

Uvod v ustvarjanje 2D-geometrijo v ravnini

Digitalna risba, film, animacija ali drug digitalni izdelek nastane na osnovi koncepta, ki vključuje tudi začetno idejo in možne mentalne scenarije. Konkretizacija koncepta poteka ponavadi pisno in s skico osnutka, ki se lahko tudi dopolni z vizualnimi elementi, modeli … Končni izdelek, kot je npr. slika ali animacija, nastane po konkretnem ustvarjanju (snemanju zvoka, modeliranju, osvetljevanju, teksturiranju in/ali animaciji (slika 156).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



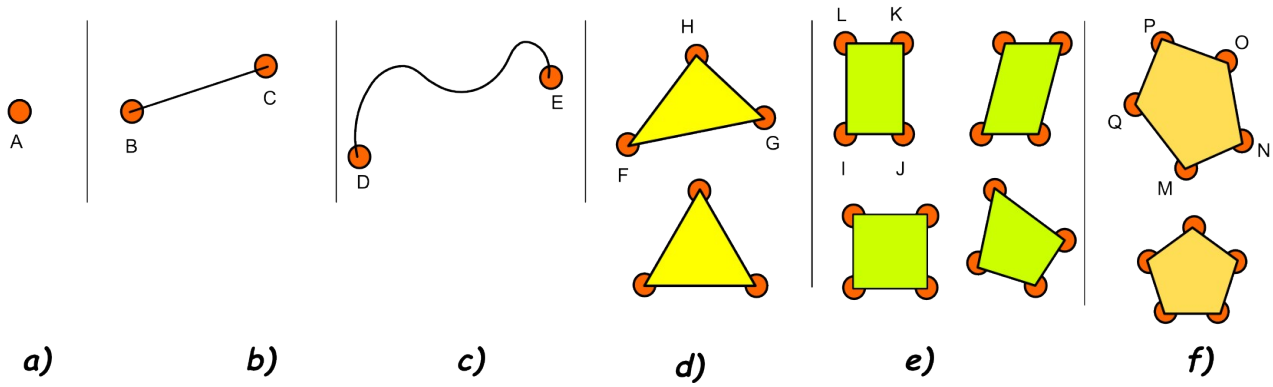
Slika 156: Diagram postopka ustvarjanja digitalne vsebine

Pri 3D-animaciji je potrebno izračunati oz. upodobiti rastrsko 2D-sliko na osnovi scene (3D-objekti), ki je bila modelirana ali sestavljena iz objektov, ki so pobarvani ali prekriti s teksturami (proceduralnimi ali slikami). Video posnetek ali animacija je številski zapis ponavadi vsaj 24 slik (ali več) na sekundo oz. število okvirjev na sekundo. Sicer je iz scene s 3D-objekti mogoče upodobiti (izračunati) mirujočo sliko (angl. Stil image), ki je tako kot digitalna fotografija množica številskih zapisov v slikovni datoteki.

Osnovni elementi 2D-računalniške grafike

Točka, daljica, premica, krivulja, trikotnik in štirikotnik ali večkotnik in zaključena krivulja (lik) so osnovni elementi (gradniki) risb s stališča matematike (geometrije) oz. zapolnjevanja 2D-ravnine (slika 157).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 157: Prikaz točke, daljice, krivulje, dveh trikotnikov, štirih štirikotnikov in dveh petkotnikov

Na računalniškem zaslonu točko nadomešča slikovna točka (pika) ali raster (mreža s pobarvanim »očesom«), ki je tako gost, kot je nastavljena ločljivost zaslona (glej poglavje 4.1 z naslovom Od 3D-točke do upodobitve).
Točka je torej osnovni in najmanjši grafični element (slika 158) in se označuje z veliko črko. Točka nima dimenzije, je le oznaka v ravnini. Na sliki 158 je narisana kot krožnica z debelim robom, da je bolje vidna. Sicer bi bila točka znotraj središča kroga, ki jo obdaja krožnica, in je natančno v sredini. Pojem točka je abstrakten za neko oznako ponavadi položaja glede drugih objektov in ta je v računalniku dimenzijsko bolj znana kot npr. slikovna točka. Abstraktne pojme v računalništvu konkretiziramo s fizičnimi simboli (tudi njihov pomen tako kot informacije so abstraktne).

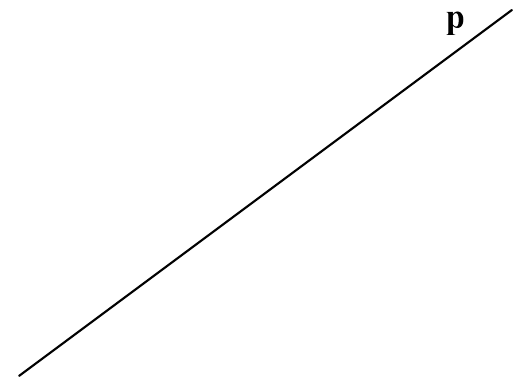
Slika 158: Točka A

Če na točko A postavimo točko B tako, da se ujemata, pravimo, da sovpadata in potem obe predstavljata le eno točko (slika 159).

Slika 159: Sovpadata točki A in B.

Premica p je neomejena črta (slika 160), ki leži v ravnini (za ponazoritev bi bil to npr. list papirja).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

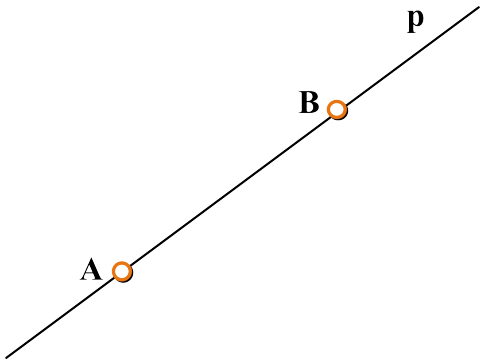


Slika 160: Premica p

Narišimo točki A in B, ki ne sovpadata (slika 161).

Slika 161: Točki A in B ne sovpadata.

Skozi točki A in B lahko povlečemo natanko eno premico (slika 162), ki je neomejena. Če narišemo premico na list, ta deli potem list na dva dela. Za računalniški zapis ni najbolj ugodno imeti neskončne veličine ali količine.

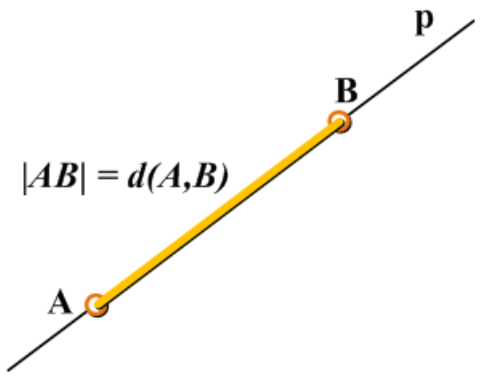


Slika 162: Skozi točki A in B poteka natanko ena premica p.

Točki A in B ležita na premici p, ki je nosilka te daljice (slika 163). Daljica AB ali zveznica točk A in B (za točki AB v 3D-prostoru) je množica točk, ki so med točkami A in B. Dolžina daljice je

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

razdalja med točkama A in B: |AB| = d (AB).

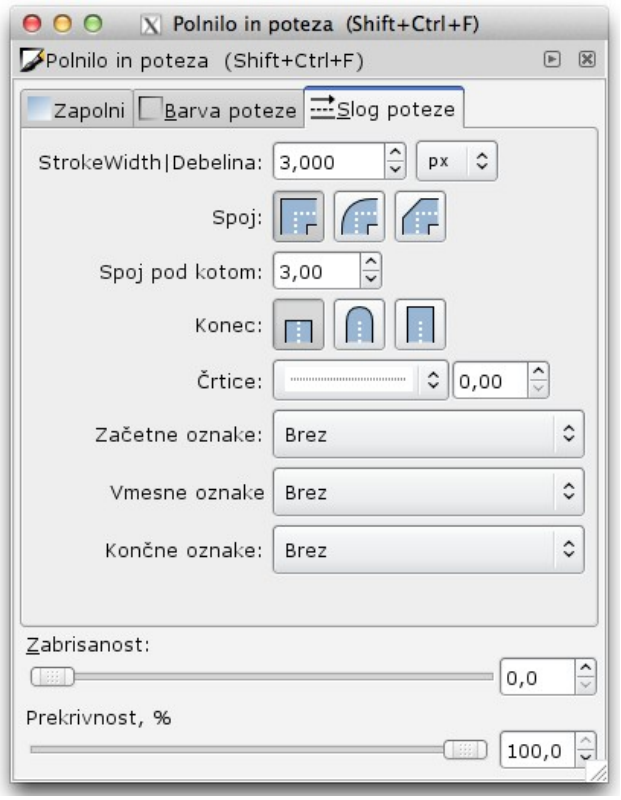


Slika 163: Daljica |AB| leži na premici p.

Lastnosti daljic

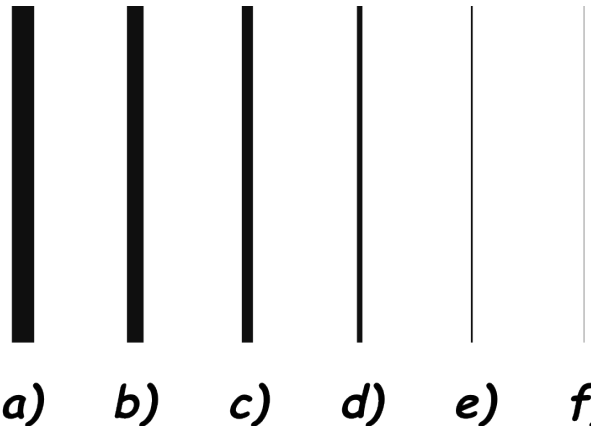
Daljicam lahko, v različnih 2D-programih, določimo debelino, vrsto črt, barvo začetne, vmesne, končne oznake, barvo, polnila … Posamezne lastnosti si bomo z nekaj značilnejšimi lastnostmi ogledali na praktičnih primerih, ustvarjenih s programom Inkscape, oz. s pomočjo pogovornih oken (slika 164). V Inkscape se črti ali daljici reče poteza (kot risba s čopičem, npr. v osnovni šoli). Daljice in krivulje so temeljni elementi risanja v vektorskih programih. Ravno tako so pomembne pri 3D-modeliranju in kinematiki, kjer po krivuljah poteka pot gibanja objektov.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 164: Pogovorno okno Polnilo in poteza z zavihkom Slog poteze

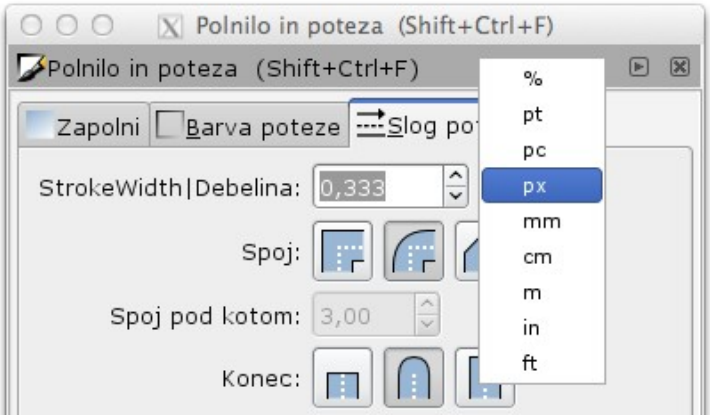
Debelina poteze je osnovna lastnost črte ali daljice (slika 165), ker ji debelina narašča z večanjem istoimenskega parametra v vnosnem polju, ki je v pogovornem oknu zavihka Slog poteze (slika 164).



Slika 165: Debeline daljic segajo od 12 do 0,333 slikovne točke (px) in s korakom po 3 px

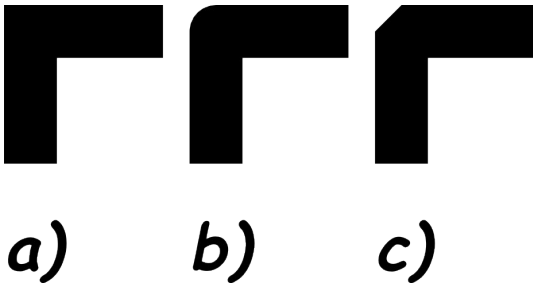
Debelina črte se nastavi v vnosnem polju z imenom StrokeWith|Debeina in v padajočem meniju izberemo želeno enoto (slika 166). Privzeta vrednost je px, ki pomeni kratico za slikovne točke.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



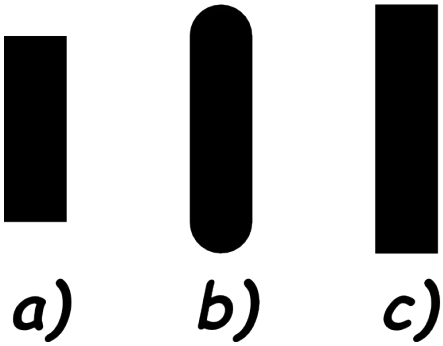
Slika 166: Spreminjanje enote za debelino poteze

Spoj poteze je lastnost poteze (slika 167). Ker so možne tri različice spoja med črtami, ki ne potekajo pravočrtno, so pod ostrim kotom ali zaokrožene ali poševno odsekane pod 45°. Obliko spoja poteze izbiramo s klikom na eno od treh ikon, ki so poleg imena Spoj, ta je v zavihku z imenom Slog potez (slika 164).



Slika 167: Trije osnovni spoji poteze

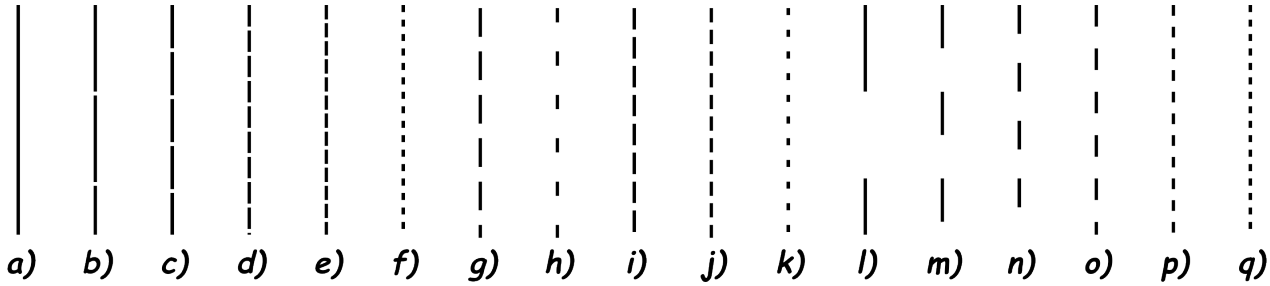
Konec ali zaključek poteze je lastnost, ki pove, kako je poteza oblikovana na skrajnih segmentih (na začetku in koncu) (slika 167), ker so možne tri različice poteze, in sicer natančno na vozlišču ter zunaj njega z zaokrožitvijo poteze ali z ravnim podaljškom. Obliko konca (zaključka) poteze skupaj z vozliščem vidimo na zavihku z imenom Slog poteze pod oznako Konec (slika 164).



Slika 168: Trije osnovi načini začetka ali konca poteze

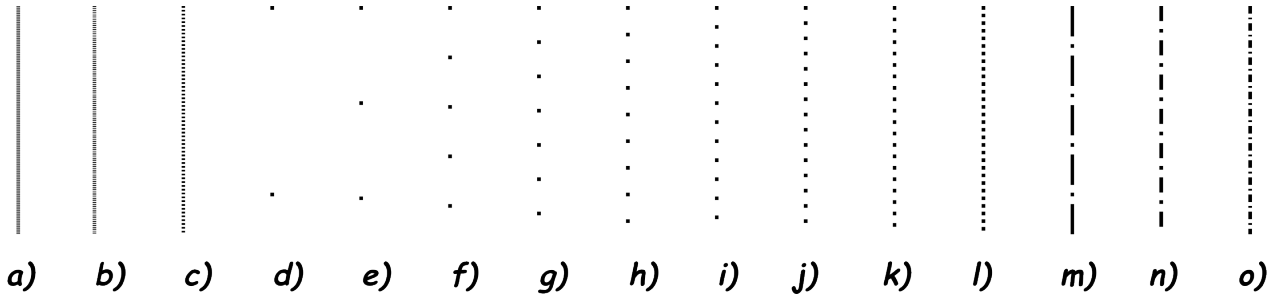
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Na zavihku z imenom Slog poteze pod oznako Črtice (slika 164) je padajoči meni z različnimi slogi. Od polne črte (levo na sliki 169) do različnih črtkanih črt, kjer se spreminja dolžina vidne črte ali pa presledek med črtami v različnih oblikah in variantah dolžin ter presledkov (desno na sliki 169).



Slika 169: Slogi črt od polne črte od črtkanih črt

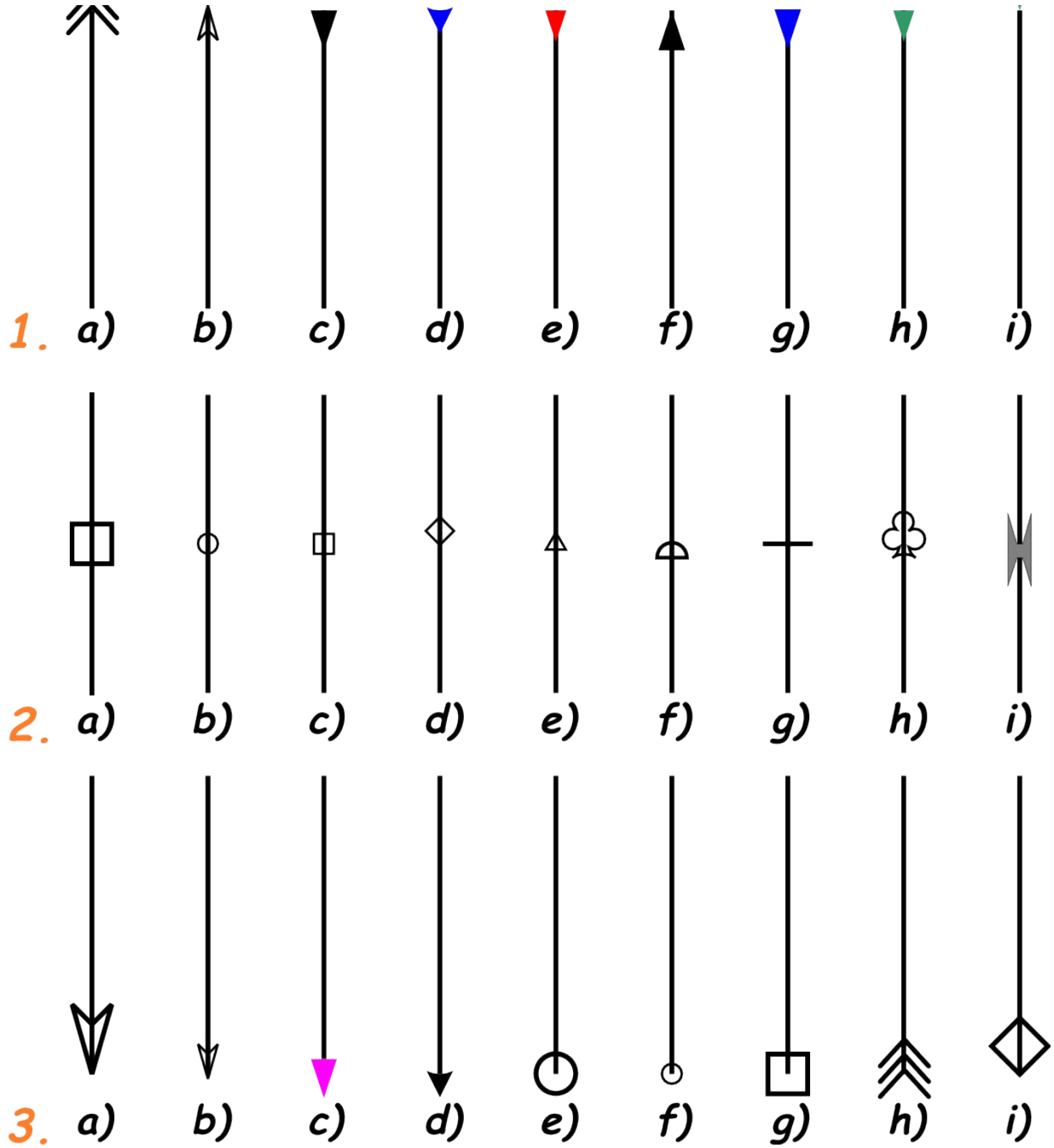
Seznam različnih vodoravnih črtkanih črtic (pod oznakami od a) do c) na sliki 170) je dolg in se nadaljuje z različnimi črtami, sestavljenimi iz pik (pod oznakami od d) do l) na sliki 170) vse do različnih variacij črta-pika-črta-pika (pod oznakami od m) do o) na sliki 170).



Slika 170: Slogi črt od vodoravnih črtic v črtkanih črtah skozi točkaste črte do črta- pika-črta-pika

Začetna, vmesna in končna oznaka poteze so možnost, da se potezi doda na začetek, vmes ali na konec različne oblike puščic ali drugih oblik. Na sliki 171 so v prvi vrsti prikazani le nekateri izmed vseh možnih različni Začetni, v drugi Vmesni in v tretji Končne oznake poteze.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

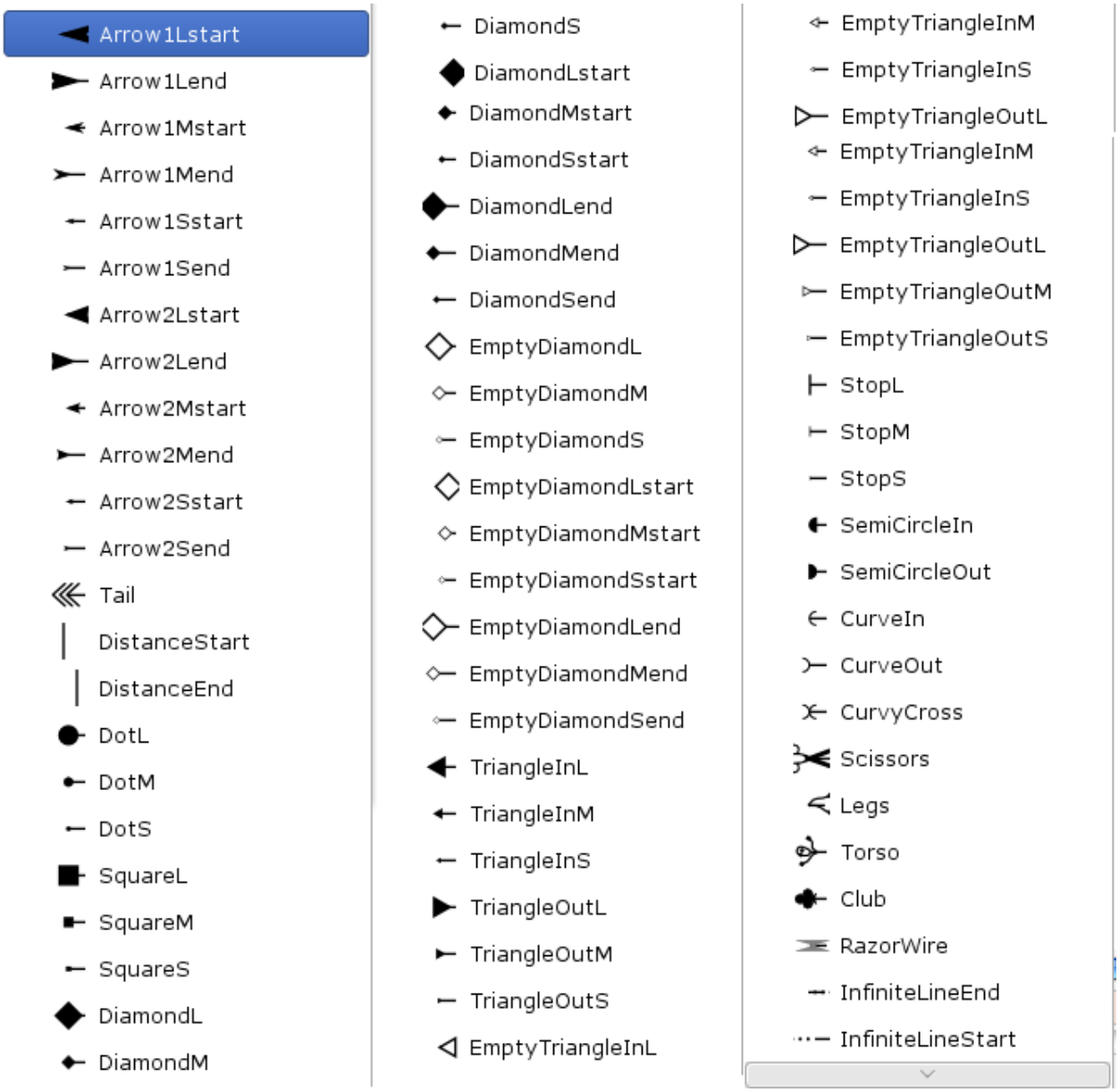


Slika 171: V prvi vrsti so prikazane le nekatere različne Začetne, v drugi Vmesne in v tretji Končne oznake potez

Prejšnji primer na sliki 171 prikazuje le manjši izbor iz vseh možnostih padajočega menija Začetnih oznak potez, ki je na zavihku z imenom Slog poteze (slika 164). Celotni meni v treh stolpcih je viden na sliki 172, ki je bil zaradi izredne dolžine potem razdeljen in sestavljen v tri stolpce. Pod oznako Začetne oznake potez, ki je na zavihku z imenom Slog poteze (slika 164), sta

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

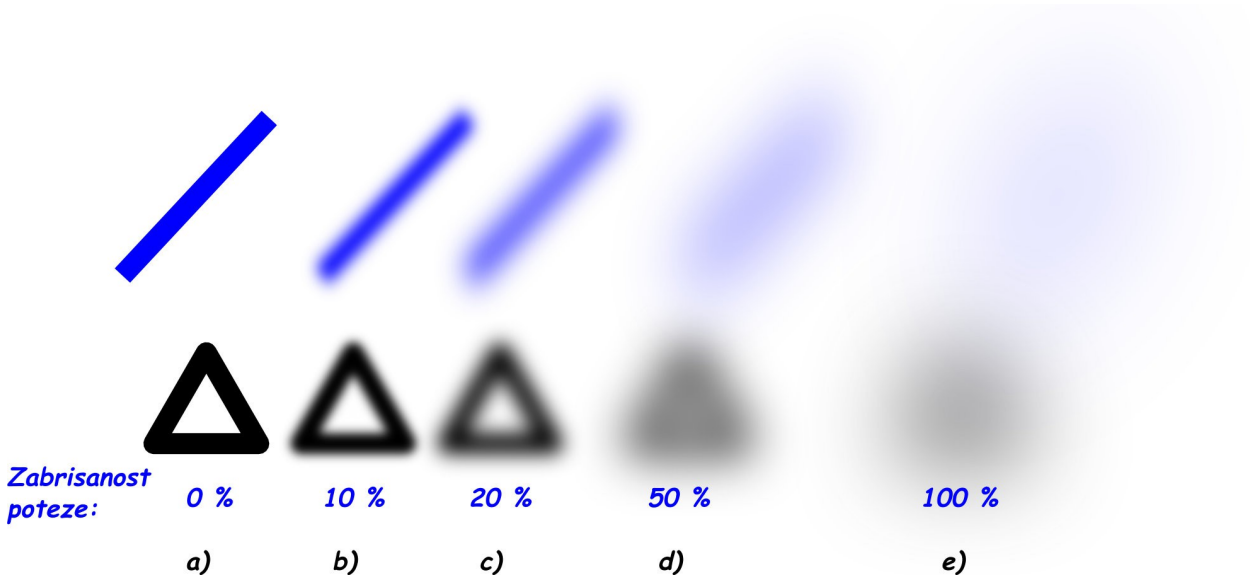
še dva padajoča menija Vmesne oznake in Končne oznake. Ta sta skoraj enaka kot meni Začetne oznake potez, le da je položaj oblik na sredi ali koncu poteze.



Slika 172: Padajoči meni vseh možnosti padajočega menija Začetne oznake potez

Zabrisanost je pogostokrat manj uporabljana osnovna lastnost črte ali daljice (slika 173), ker postaja rob poteze zabrisana oz. manj oster, debelina narašča z večanjem istoimenskega drsnika parametra Zabrisanost v spodnjem delu pogovornega okna zavihka Slog poteze (slika 164). Zabrisanje poteze se uporablja predvsem pri senčenju v ozadju nekega predmeta npr. za besedilom, da »zažari« in s tem izstopa od ozadja. Lastnost zabrisanja se enakomerno širi na vse strani črt in že pri 50 % se težko razloči začetna oblika. Višji odstotek zabrisanja tudi pomeni, da je preliv barve ob zabrisanju vedno bolj enakomeren in deluje širše na območju okrog črte ali poteze.

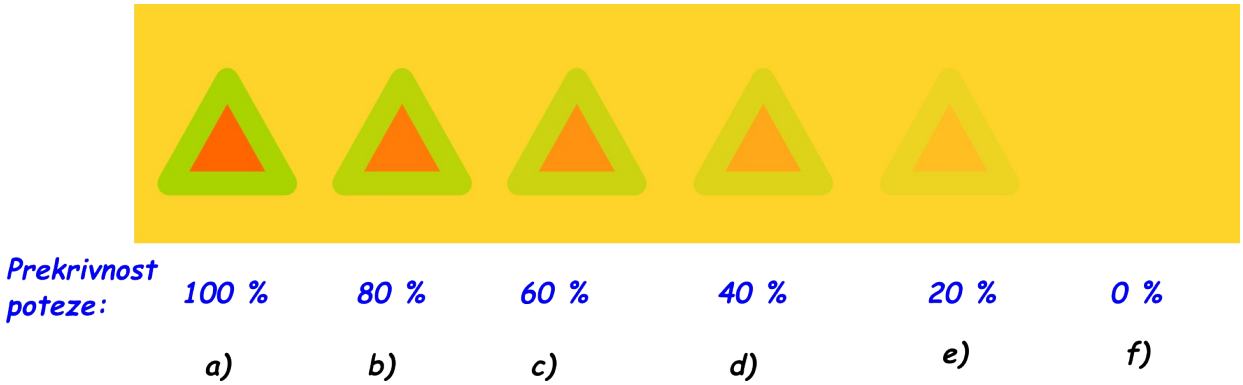
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 173: Primeri zabrisanja črte (poteze) in enakostraničnega trikotnika pri različnih odstotkih zabrisanja

Prekrivnost je manj uporabljana osnovna lastnost črte ali daljice (slika 173), ker rob poteze ali predmet izginja v bolj prosojno podobo z manjšanjem istoimenskega drsnika parametra prekrivnost v spodnjem delu pogovornega okna zavihka Slog poteze (slika 164). Pri 100 % se predmet vidi, z zmanjšanjem drsnika do 0 postane predmet popolnoma prosojen (neviden - tako kot da ga ni).

Prekrivnost uporabljamo npr. pri fotomontaži ali sestavljeni grafiki npr. pri oknih, steklenicah ali drugih predmetih, kjer želimo prikazati odboj ali da se skozi narisan predmet deloma vidi ozadje ali predmet, ki je za njim. Ta lastnost je tudi zelo uporabna pri animaciji, saj na ta način predmet (objekt) izgine (sprememba prekrivnosti od 100 % do 0 %) ali pa se pojavi (sprememba prekrivnosti od 0 % do 100 %). Seveda bi bila polovična prekrivnost na sliki kot »duh« in je primerna npr. za posebne učinke, kot je npr. zvezdni utrinek.

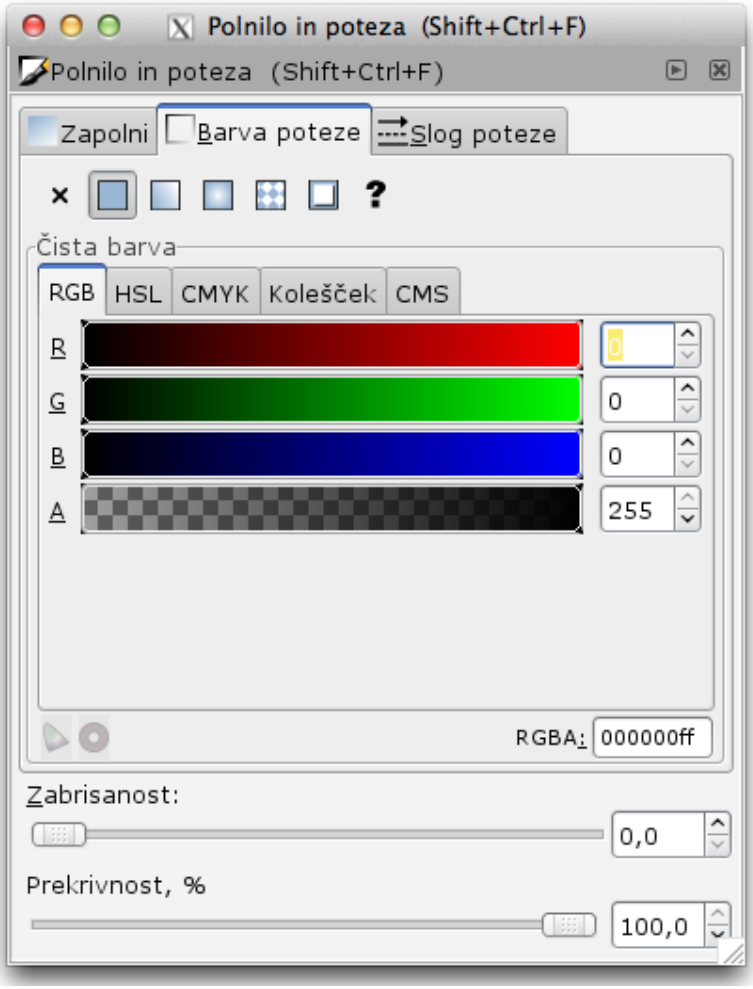


Slika 174: Primeri prekrivnosti poteze pri različno nastavljenih odstotkih

Barva poteze je še ena osnovna lastnost črte ali daljice (slika 175), ki je v pogovornem oknu

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

zavihka. V osnovi je 5 zavihkov (RGB, HSL, CMYK in CMS) za določanje barvnega modela. Izbrani lik pobarvamo s spremembo štirih drsnikov RGBA, kjer A pomeni alfa kanal (kanal prosojnosti). Ta je podoben prekrivnosti, le da ne deluje na cel lik temveč le na rob oz. samo potezo. Podobno velja tudi pri zavihku z imenom Zapolni.



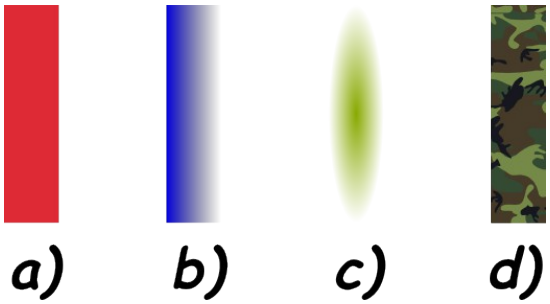
Slika 175: Pogovorno okno z naslovom Polnilo in poteza z aktivnim zavihkom Barva poteze

Med zavihkom z imenom Barva poteze in barvnimi zavihki za izbor barvnega modela je področje več kvadratov (slika 176), ker lahko z likom izbiramo način ali vrsto zapolnjevanja.

Slika 176: Izbira vrste zapolnjevanja

Vrsta zapolnjevanja za vsak predmet (objekt) je ena izmed možnosti polnila s čisto barvo, linearnim (ravnim) in radialnim (krožnim) prelivom, vzorcem (teksturo - slika 177) in paleto barv. Na začetku vrstice za izbor vrste zapolnjevanja je kvadrat z x in na koncu stoji ?, ki omogočajo

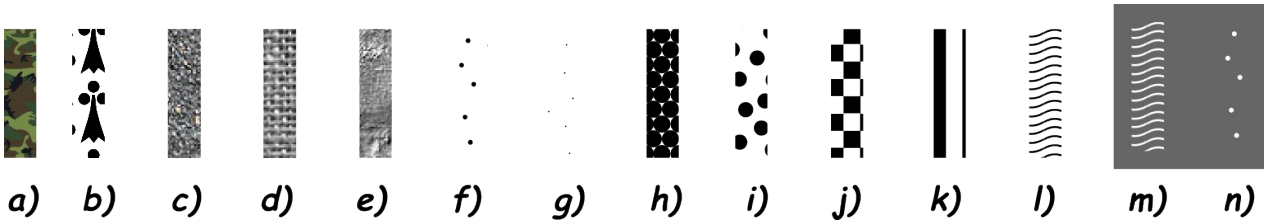
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 177: Primeri barvanja polnila z eno barvo, linearnim in radialnim prelivom ter z vojaško teksturo

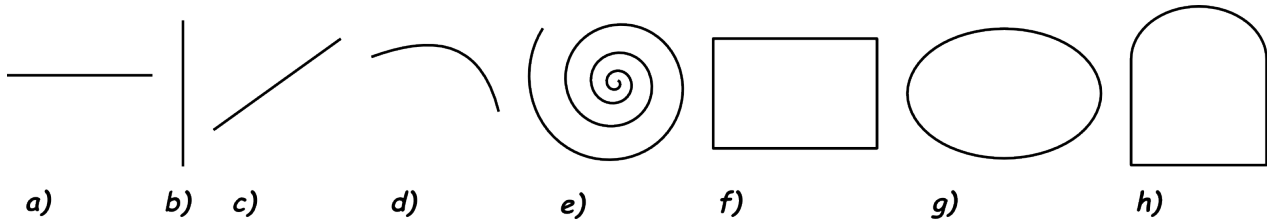
izklop oz. preklic barve poteze.

Vzorci ali teksture so pravzaprav slike ali vzorci, ki omogočajo zapolnjevanje debeline poteze ali notranjosti predmeta (objekta). Te delimo na proceduralne (generirane z matematičnimi zapisi) ali rastrskimi slikami (oznake c), d) in e) na sliki 178).



Slika 178: Različni primeri teksture poteze

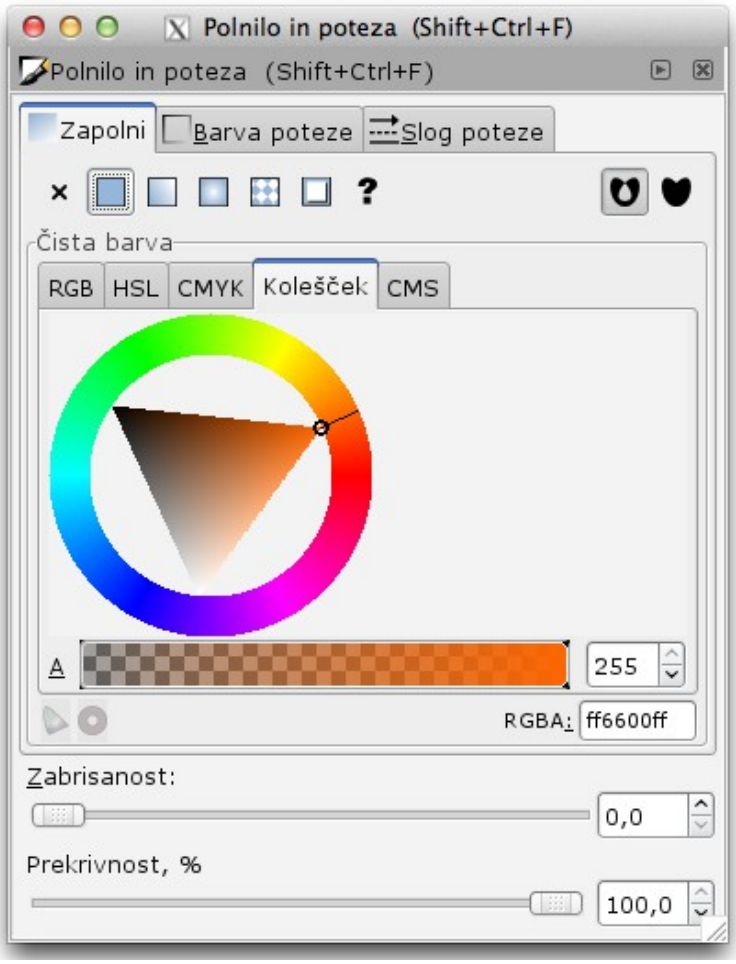
Pregledali smo lastnosti potez oz. krivulj in oglejmo si različne možnosti oblike, kot so ravnih in poševnih daljic in krivulj, ki so odprte (lok, polžji vzorec) ali sklenjene, ki sestavljajo like (kvadrat, elipsa in »okno«) - sliki 179.



Slika 179: Različne položaji in oblike ravnih črt ter krivulj, ki so odprte ali sklenjene

Zaključene poteze ali krivulje lahko barvamo na podoben način kot poteze, le da izberemo v kartonu Polnilo in poteza zavihek Zapolni (slika 180). Pod naslovom zavihka so tako kot pri zavihku Barva poteze kvadrati za izbor načina ali vrste zapolnjevanja. Prav tako so enaki tudi vsi barvni modeli ter drsnika Zabrisanost in Prekrivnost.

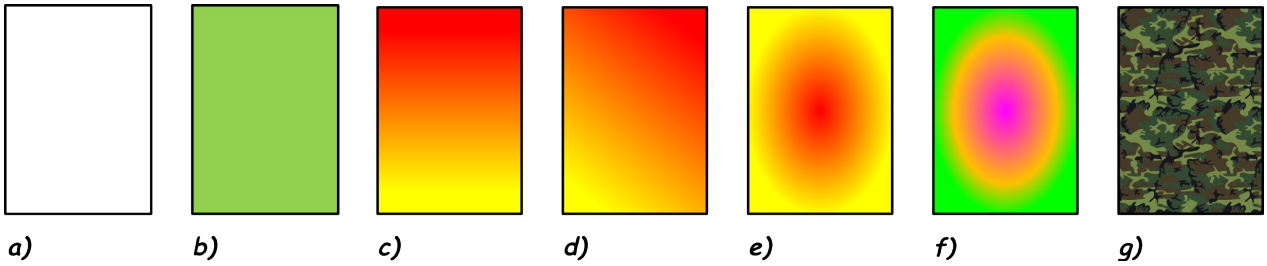
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 180: Pogovorno okno z zavihkom Koleščck za izbiro barve polnila

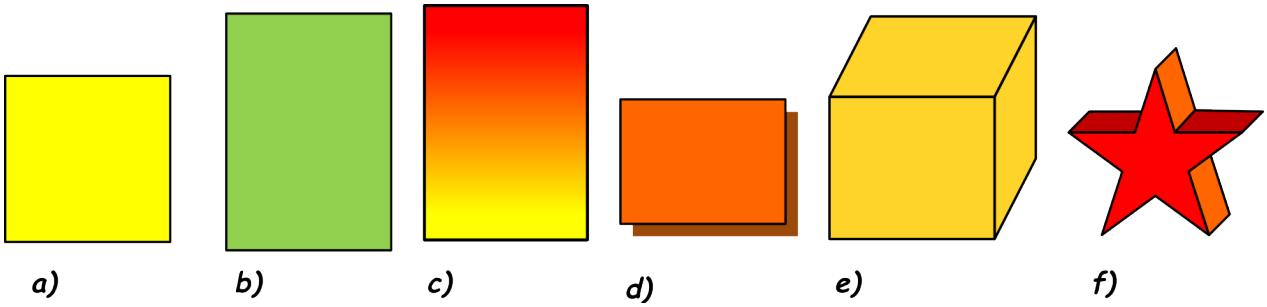
Pravokotnik je glede števila robov takoj za trikotnikom. V njegovi notranjosti si poglejmo različne primere zapolnitve z barvo, prelivov in vojaške teksture (slika 181). Na sliki 181 c) je s spodnje strani viden linearen preliv, poševen preliv je na sliki 181 d), krožen z enim mehkejšim prehodom na sliki 181 e) in s tremi na sliki a sliki 181 g).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 181: Različne barve, prelivi in vojaška tekstura

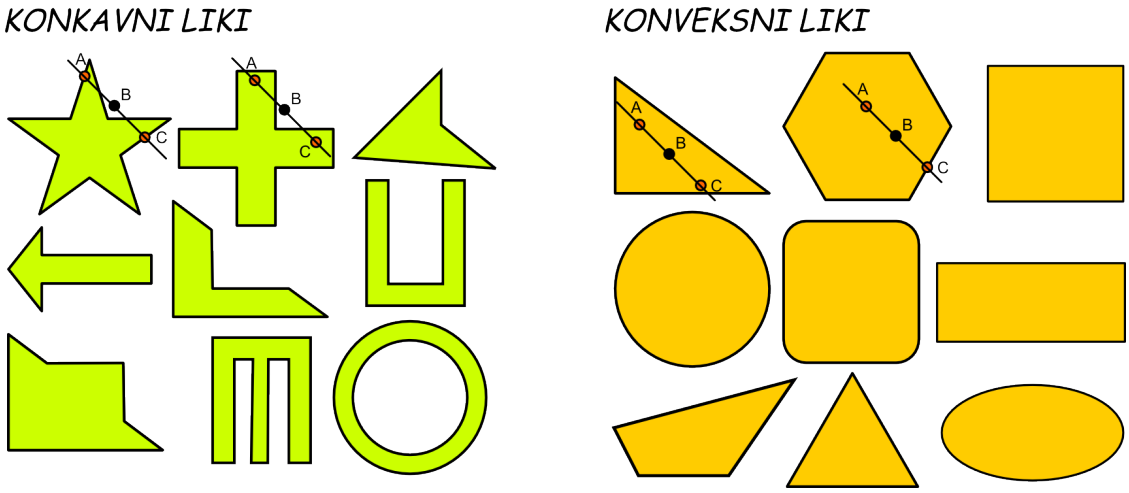
Kvadrat je osnovni štirikotnik, ki ima pravokotne in enako dolge stranice (slika 182). Sence so oblike, ki jih poznamo iz narave. Ko sonce sveti, daje predmet senco, ki je v nasprotni smeri od vira svetlobe. Sence dajo sceni realističen izgled in s senco predmeti tudi izstopajo. Podoben namen imajo tudi sence za predmeti (slika 182 d)). Izriv ali izvlek in uporaba perspektive ter drugih navideznih projekcij je pogost način za ustvarjanje iluzije 3D-razsežnosti (slika 182 e) in f)). Drugače pobarvani deli zvezde, glede na središčno osnovnico, je prav tako tehnika senčenja, ki daje bolj realističen videz.



Slika 182: Različni liki z zapolnjeno barvo, prelivom ali z uporabo več likov za ustvarjanje 3D-podobe

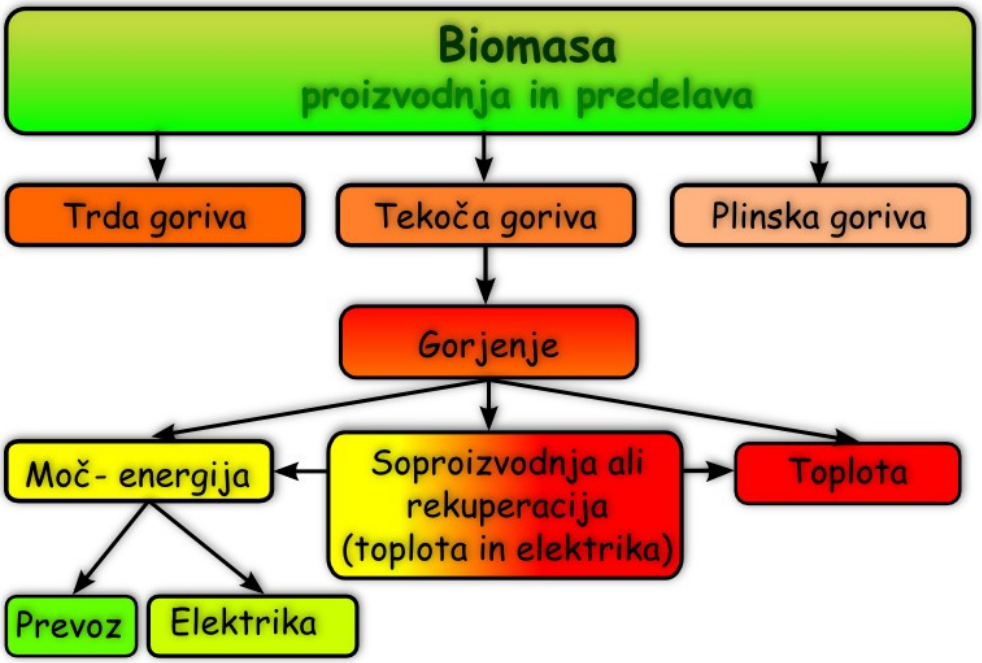
Množica točk je konveksna, če hkrati s poljubnima svojima točkama A in C vsebuje tudi daljico AC. Primer nekonveksnih ali konkavnih množic je v levem delu slike 183 in konveksnih množic na desni strani slike 183.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 183: Primeri konkavnih in konveksnih likov

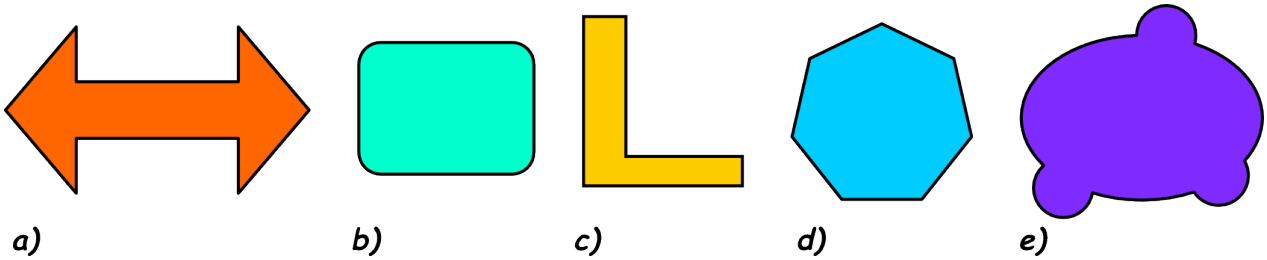
Primer sestavljene grafike z uporabo prelivov in senčenja je na sliki 184.



Slika 184: Primer kompleksne grafike z uporabo različnih oblik, barv, prelivov, senc in puščic

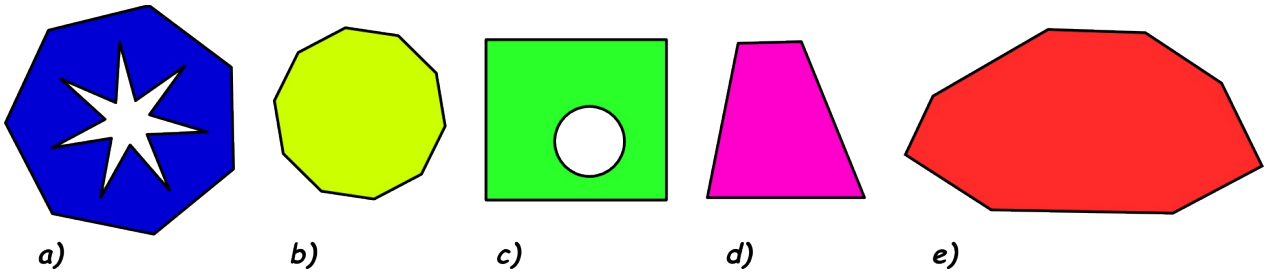
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

1. Poglej sliko 185 in ugotovi, ali so liki konveksni ali konkavni. Preriši jih v zvezek in nariši premico AC, ki potrdi ali ovrže tvoj sklep.



Slika 185: Liki za ugotavljanje konkavnosti oz. konveksnosti

2. Poglej sliko 186 in ugotovi, ali so liki konveksni ali konkavni. Preriši jih v zvezek in nariši premico AC, ki potrdi ali ovrže tvoj sklep.



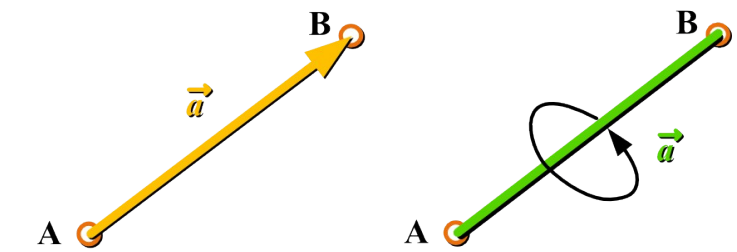
Slika 186: Liki za ugotavljanje konkavnosti oz. konveksnosti

Skalarji in vektorji

Količine, katerih vrednosti so realna števila, imenujemo skalarji [14]. Primeri so masa, temperatura, energija in delo. Količine, katerih vrednosti so poleg merskega števila določene s smerjo, se imenujejo vektorji. Primeri so moč, hitrost, pospešek, kotna hitrost, kotni pospešek ter jakost električnih in magnetnih polj. Za ponazoritev vektorjev uporabljamo usmerjene daljice v prostoru.

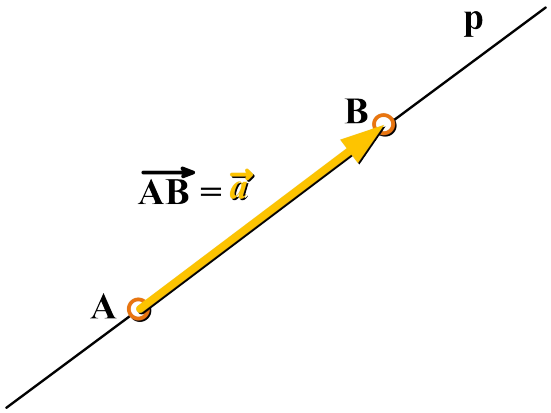
Vektorje delimo na polarne (ti se običajno obravnavajo v srednješolski matematiki) in aksialne (osne) vektorje (slika 187). Polarni vektorji predstavljamo količine, opisane z merskim številom in smerjo, kot je npr. hitrost in pospešek. Z aksialnimi vektorji opisujemo količine, opisane z merskim številom, usmeritvijo v prostoru in smerjo vrtenja, kot npr. kotno hitrost in kotni pospešek. Na skicah označimo polarne vektorje s polarnimi (slika 187 - levo), aksialne vektorje pa z aksialnimi puščicami (slika 187 - desno).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 187: Polarni vektor (levo) in aksialni vektor (desno)

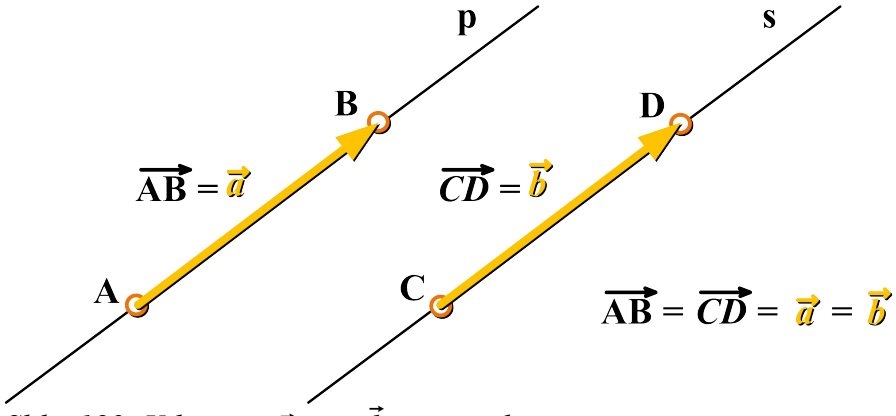
Vsak urejen par točk v ravnini ali prostoru določa **vektor** (lat. *vector* nosilec, po definiciji je vektor osnovni element vektorskega prostora). Vektor, ki ga določa par (A, B), označimo z $\vec{a}=\overrightarrow{AB}$. Na sliki ga ponazorimo z usmerjeno daljico, ki sega od začetne točke A do končne točke B. Velikost (absolutna vrednost) vektorja je dolžina daljice $\overrightarrow{AB}=|AB|=d(AB)$. Puščica usmerjene daljice določa smer vektorja (slika 188). V programih za vektorsko grafiko namesto daljic govorimo raje o vektorjih in točke so krajišča teh vektorjev.



Slika 188: Vektor $\vec{a}$ je določen z urejenim parom točk AB

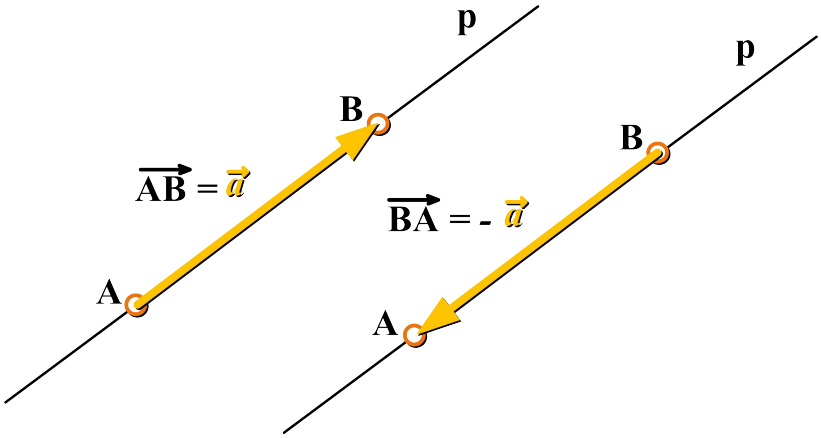
Vektor $\vec{a}$ in $\vec{b}$ sta enaka, ker sta vzporedna, enako dolga in kažeta v isto smer (slika 189). Vektor se ne spremeni, če ga vzporedno premaknemo. Vsak vektor ima neskončno predstavnikov. Torej lahko več različnih parov točk prostora npr. |AB| in |CD| določa isti vektor (slika 189).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 189: Vektorja $\vec{a}$ in $\vec{b}$ sta enaka

Nasprotni vektor k danemu vektorju je vektor, ki je z njim vzporeden, enako dolg in nasprotno usmerjen. Vektorju $\overrightarrow{AB}$ nasproten vektor označimo z $-\overrightarrow{AB}$. Zanj velja $-\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{BA}$ (slika 190).

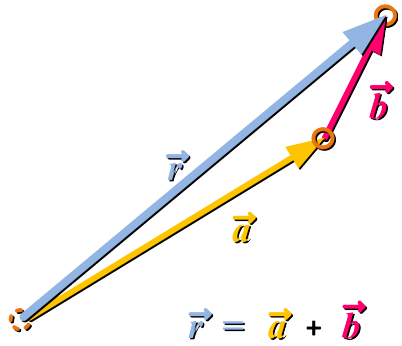


Slika 190: Nasprotna vektorja

Ničelni vektor $(\vec{0}\, ali\, 0)$ je vektor, katerega začetna in končna točka sovpadata $(\vec{0} = \overrightarrow{AA})$. Dolžina tega vektorja je 0 in nima smeri.

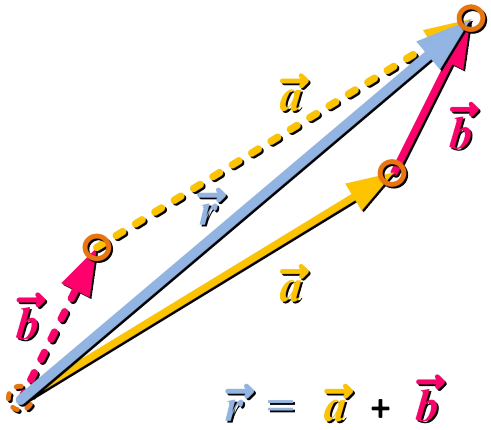
Vektorje lahko seštevamo tako, da enega npr. $\vec{a}$ premaknemo na konec drugega $\vec{b}$. Začetek prvega vektorja povežemo z daljico na konec drugega vektorja in s tem dobimo rezultantni vektor $\vec{r}$ (slika 191).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



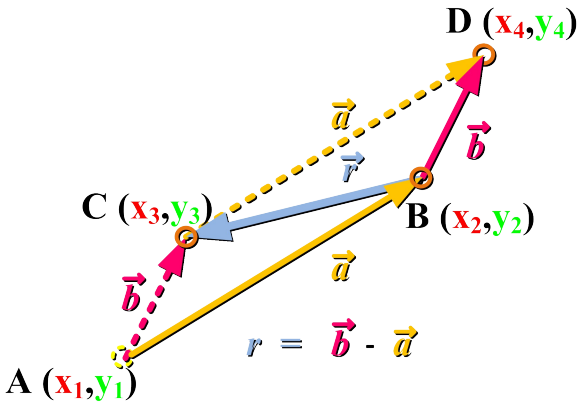
Slika 191: Seštevanje vektorjev

Za seštevanje se pogosto uporablja tudi paralelogramsko pravilo (slika 192).



Slika 192: Paralelogramsko pravilo seštevanja vektorjev

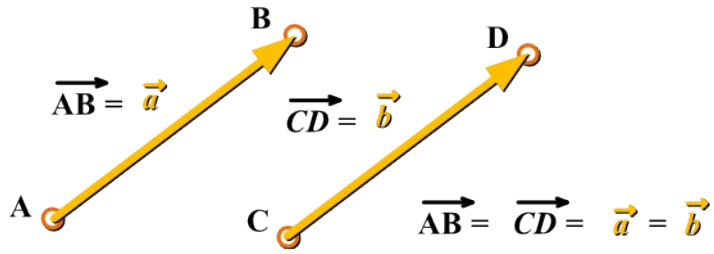
Vektorje lahko odštevamo tako, da začetek enega npr. vektor $\vec{b}$ premaknemo na začetek prvega $\vec{a}$. Konec prvega vektorja $\vec{a}$ povežemo z daljico na konec drugega vektorja $\vec{b}$ in s tem dobimo rezultantni vektor $\vec{r}$ (slika 193). Glede smeri rezultantnega vektorja lahko vedno preverimo tako, da seštejemo $\vec{a}$ in $\vec{r}$. Saj vemo, če prestavimo vektor $\vec{a}$ čez enačaj, da se mu s tem spremeni smer in dobimo, da je $\vec{b}=\vec{a}+\vec{r}$.



Slika 193: Odštevanje vektorjev $\vec{b}$ in $\vec{a}$

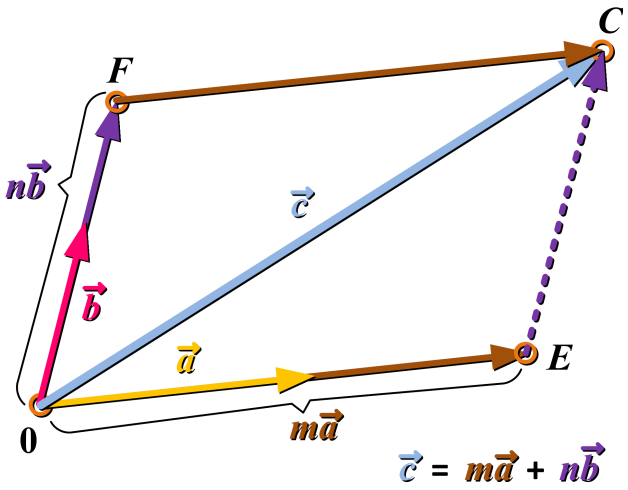
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Produkt vektorja s številom m, ki ga imenujemo tudi skalar, poveča njegovo dolžino natanko za faktor m. Pogostokrat se to uporablja za daljšanje nekega vektorja.
Če sta dva vektorja $\vec{a}$ in $\vec{b}$ vzporedna (slika 194) (ali je eden od njiju ničelni vektor), sta ta vektorja kolinearna.



Slika 194: Vzporedna ali kolinearna vektorja

Vsak vektor oblike $m\vec{a}$ in $n\vec{b}$ (slika 195) , kjer sta *m* in *n* poljubni realni števili, imenujemo linearna kombinacija vektorjev $\vec{a}$ in $\vec{b}$. Če vektorja $\vec{a}$ in $\vec{b}$ nista kolinearna in je $m\vec{a}+n\vec{b}=0$, potem je $m=0$ in $n=0$. Dvojico neničelniih nekolinearnih vektorejv $\vec{a}$ in $\vec{b}$ imenujemo baza ravnine, vektorja $\vec{a}$ in $\vec{b}$ pa bazna vektorja. V tem primeru je vektor $\vec{c}$ linearna kombinacija vektorja $\vec{a}$ in $\vec{b}$: $\vec{c}=m\vec{a}+n\vec{b}$.



Slika 195: Linearna kombinacija vektorjev $\vec{a}$ in $\vec{b}$

Za vektorje se računa skalarni, vektorski produkt ali npr. zapišejo enačbe premic ... V nadaljevanju obravnavamo le najnujnejšo teorijo in zato bomo to teorijo izpustili.
V nadaljevanju bodo opisane osnovne operacije vektorjev v dvo- in tridimenzionalnem prostoru, ki se uporabljajo v računalniški grafiki in animaciji.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

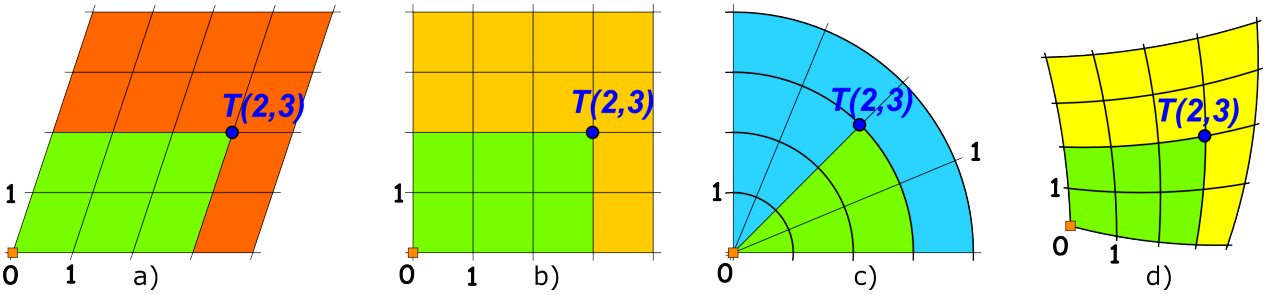
Koordinatni sistem

Koordinatni sistem[7] je matematično orodje, ki omogoča, da točke (in druge geometrijske objekte) zapišemo s števili - **koordinatami**.

Poznamo več vrst koordinatnih sistemov:

- kartezični ali pravokotni koordinatni sistem
- polarni koordinatni sistem
- cilindrični koordinatni sistem
- sferni koordinatni sistem
- geografski koordinatni sistem
- nebesni koordinatni sistem
- inercialni opazovalni sistem
- trilinearni koordinatni sistem
- težiščni koordinatni sistem
- homogeni koordinatni sistem

Poglejmo, kako zgleda točka T = (3, 2) v štirih različnih vrstah koordinatnih sistemov (slika 196).

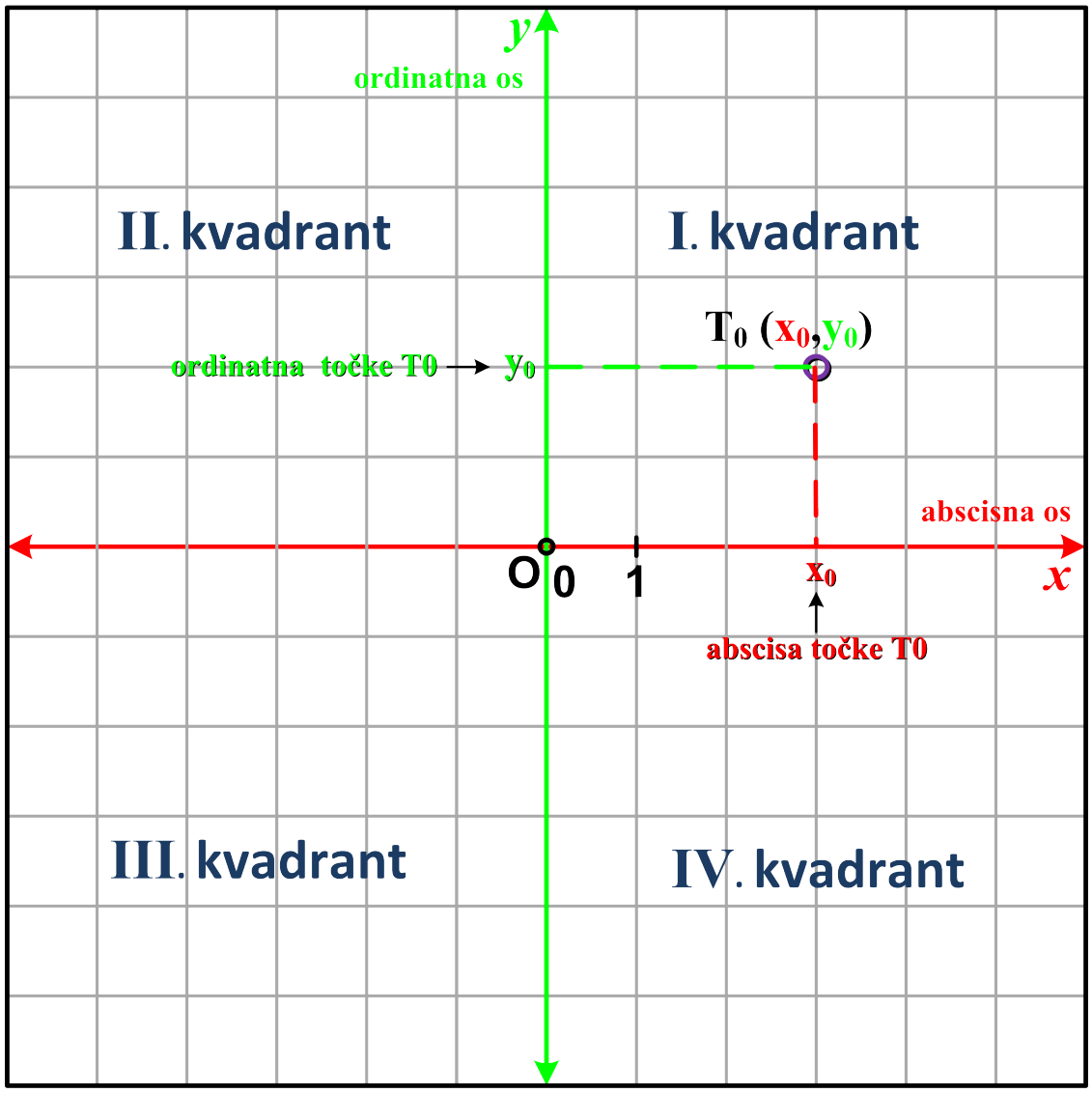


*Slika 196: Tipi **koordinatnih sistemov** a) linearno poševni b) linearno ortogonalni c) polarni ortogonalni d) krivočrtni, vir: prirejena slika po http://de.wikipedia.org/wiki/Koordinatensystem*

Kartezični koordinatni sistem je pravokotni ali ortogonalni koordinatni sistem, ki ga določata dve (v dvorazsežnem prostoru) ali tri (v trirazsežnem) med seboj pravokotni osi. Osi imenujemo abscisna os (ali os *x*), ordinatna os (ali os *y*) in aplikatna os (ali os *z*). Presečišče osi koordinatnega sistema je točka O ali angl. Orgin, ki jo imenujemo koordinatno izhodišče. V matematiki velja dogovor, da je merska enota za obe (oziroma vse tri) osi ista, saj le v tem primeru veljajo nekatere matematične formule (npr. za kot med premicama ipd).

7Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Koordinatni_sistem, 12. 7. 2012

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 197: Pravokotni ali kartezični koordinatni sistem v ravnini

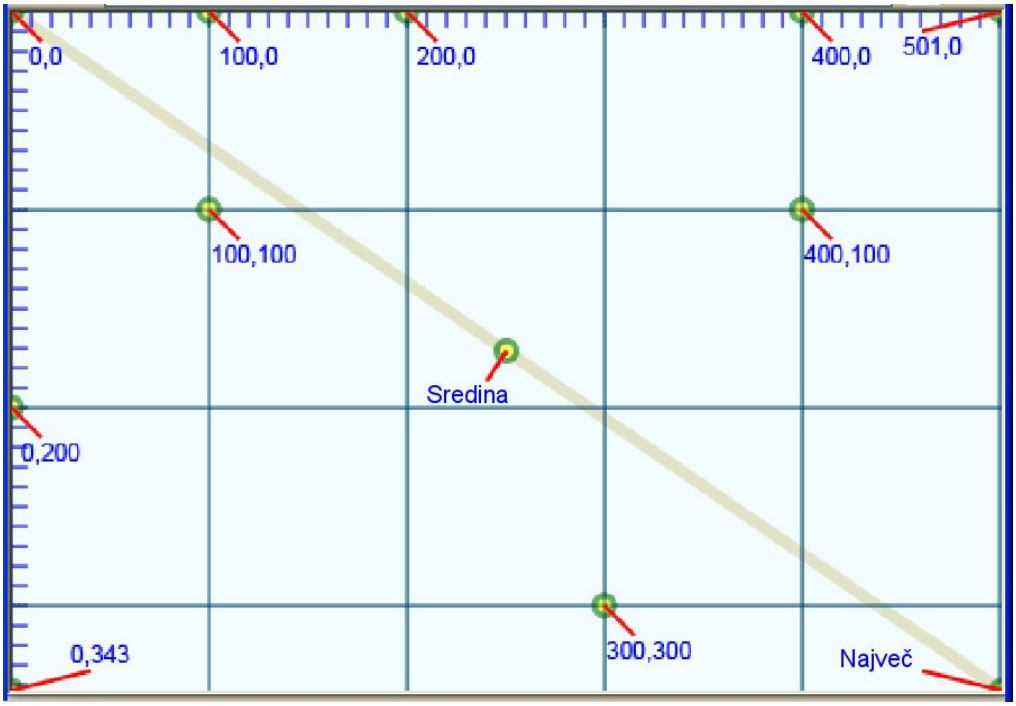
Glavni namen koordinatnega sistema je podajanje točk s števili - koordinatami. Lego točke v kartezičnem koordinatnem sistemu opišemo s pravokotnimi projekcijami točke na koordinatne osi:

- projekcija točke na os *x* določa absciso točke,
- projekcija točke na os *y* določa ordinato točke,
- projekcija točke na os *z* določa aplikato točke.

Ravnina, opremljena s kartezičnim koordinatnim sistemom, se imenuje **kartezična ravnina**. Kartezična ravnina je enakovredna kartezičnemu produktu $\mathbb{R}\times\mathbb{R}$ (pišemo tudi $\mathbb{R}^2$), saj je vsaka točka ravnine enolično določena s parom realnih števil – koordinat. Tako se npr. položaj točke *M* določa z vrednostjo razdalje te točke do dveh osi *M (x,y)*, pri čemer je x razdalja točke od y-osi, in y razdalja točke od x-osi.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Računalniški zaslon je tudi posebna različica s koordinatami, le da so te tako, kot bi bili v četrtem kvadrantu z začetkom levo zgoraj, s tem, da sta obe osi pozitivni (negativna števila ne bi imela smisla).



Slika 198: Koordinatni sistem zaslona, začetek je levo zgoraj

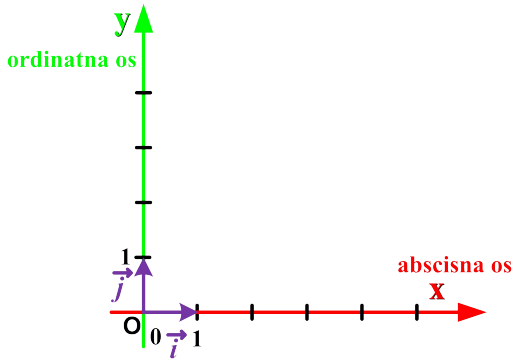
Vektor v ravnini

Vektorje smo do sedaj obravnavali neodvisno od kakega začetka ali izhodišča. Za računalniško grafiko je nujno imeti realne koordinate, da se na koncu izračuna, kaj bo na posamezni točki zaslonske ločljivosti vidno (to so koordinate posameznih slikovnih točk). Poglejmo si, kako vektor upodobimo v določeni ravnini (dvorazsežni prostor). V ravnini lahko poljuben vektor $\vec{a}$ izrazimo kot linearno kombinacijo dveh linearno neodvisnih vektorjev $\vec{a}_1$ in $\vec{a}_2$:

$\vec{a} = x_1 \cdot \vec{a}_1 + y_1 \cdot \vec{a}_2$. *Enačba 1*

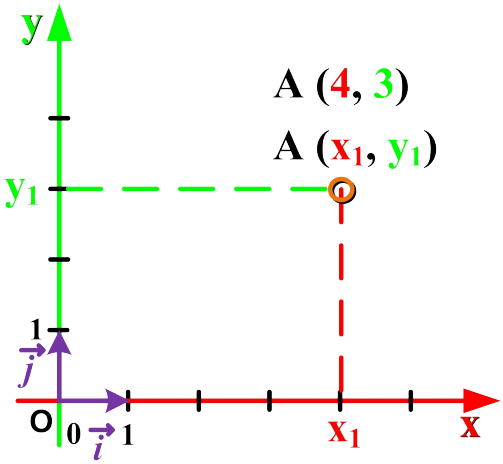
Koordinatne osi smo pobarvali in izbrali rdečo za abscisno os, zeleno za ordinatno os (slika 199) in v trirazsežnem prostoru modra predstavlja aplikato. Tako kot je to običajno v v 3D-programih, ker na ta način z enim pogledom takoj vemo, kje smo v prostoru (olajšana je orientacija).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 199: Abscisna in ordinatna os z baznima vektorjema i in j

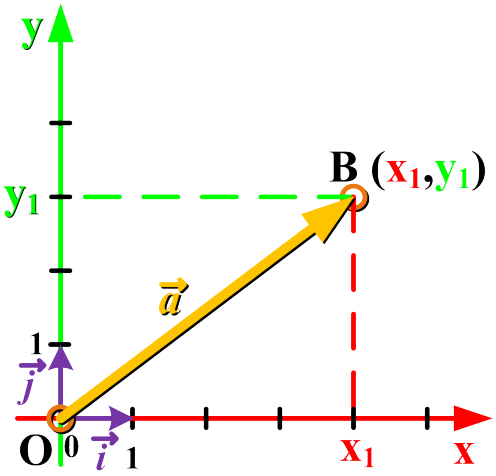
Kadar je v ravnini dan pravokotni koordinatni sistem, vzamemo ponavadi za bazna vektorja $\vec{i}$ in $\vec{j}$, ki ležita na oseh tega koordinatnega sistema. To imenujemo ortonormirana baza: baza z enakima ortogonalnima vektorjema (slika 200).
Poljubna dva linearno neodvisna (nekolinearna) vektorja sta bazna vektorja ali baza dvodimenzionalnega (2D) vektorskega prostora. Takih baz je neskončno mnogo. V ta koordinatni sistem vrišemo točko A s koordinatami A (3, 4).



Slika 200: Točka A s koordinatama

Vektor $\overrightarrow{AB}=\vec{a}$ postavimo v pravokotni koordinatni sistem tako, da je začetna točka A v koordinatnem izhodišču oz. A(0, 0), končna točka naj bo B(x_1, y_1). Tak vektor imenujemo krajevni vektor točke B. Na sliki 201 ima točka B na koordinati B(4, 3).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 201: Vektor $\overrightarrow{AB}$ *v pravokotnem koordinatnem sistemu*

Torej je vektor $\vec{a}$ izražen z baznima vektorjema ravnine takole:

$\vec{a}=x_1\cdot\vec{i}+y_1\cdot\vec{j}$ *oziroma* $\vec{a}=(x_1,y_1)=\begin{pmatrix}x_1\\y_1\end{pmatrix}$ *Enačba 2*

Na sliki 201 imamo upodobljen vektor $\vec{a}=(4,3)=4\cdot\vec{i}+3\cdot\vec{j}$. Enačba 3

Osnovne transformacije (preoblikovanje vektorjev) objektov v računalniški grafiki so premik (translacija), rotacija in množenje vektorja s skalarjem ali t. i. skaliranje (povečava ali pomanjšava). V nadaljevanju si bomo pogledali osnovne primere omenjenih transformacij v dvorazsežnem prostoru. Da na sliki ločimo, kje je bil prvotni vektor in kako je z njim, je to označeno s črtkano črto pred transformacijo in po njej (slika 202).

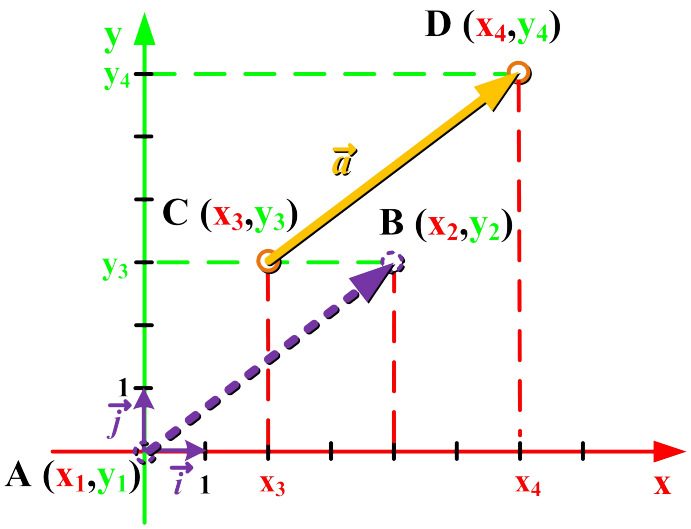
Pred transformacijo *Po transformaciji*

Slika 202: Oznake vektorjev pred transformacijo in po njej

Vzporedni premik ali translacija

Vzporedni premik ali translacija za vektor $\vec{a}$ je preslikava, ki točki C priredi točko D tako, da je $\overrightarrow{CD}=\vec{a}$ (slika 14). Pri translaciji se ohranjajo razdalje.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 203: Vzporedni premik (translacija) vektorja $\vec{a}$

Dolžina vektorja $\overrightarrow{CD}$ je dolžina daljice CD. Računamo jo po formuli:

$$|\overrightarrow{CD}|=\sqrt[2]{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}=\sqrt[2]{(6-2)^2+(6-3)^2}=\sqrt[2]{16+9}=\sqrt[2]{25}=5\ .$$ *Enačba 4*

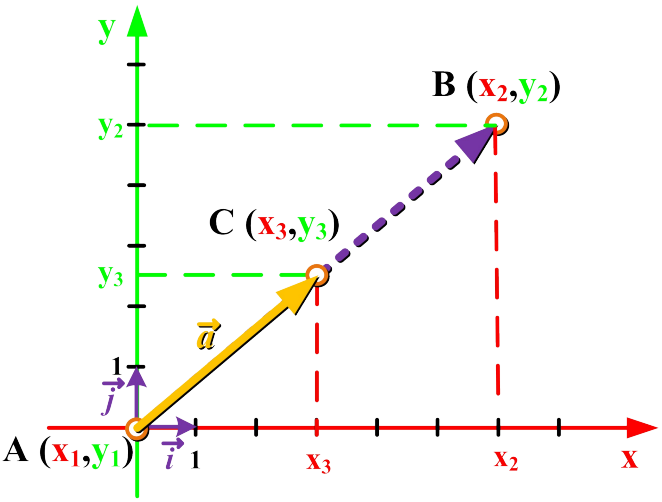
To je pravzaprav že znani Pitagorov izrek, uporabljen za vektorje (njegova hipotenuza).

Nad vektorjem $\vec{a}$ je možno izvajati tudi skaliranje (povečava/pomanjšava), čemur matematiki pravijo produkt vektorja $\vec{a}$ z realnim številom n ali množenje vektorja s skalarjem. Če je realno število n = ½ (slika 15), je ta produkt:

$$n\cdot\vec{a}=\frac{1}{2}\vec{a}\ .$$ *Enačba 5*

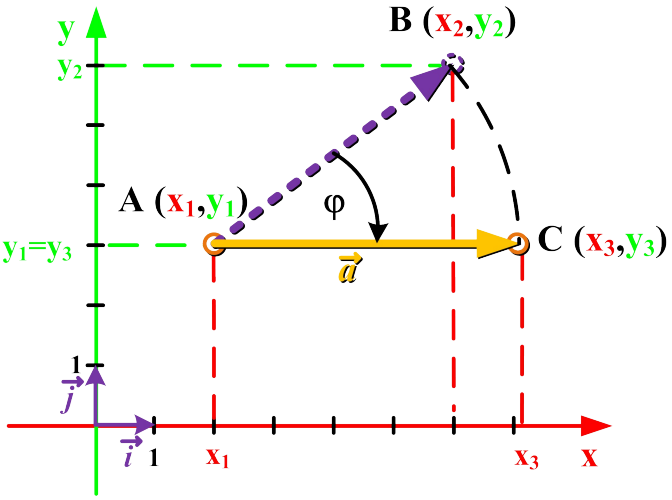
V našem primeru na sliki S se končna točka B(6, 5) pri skaliranju (pomanjšavi) za faktor n = ½ prestavi v točko C(3, 2.5) - slika 204 .

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 204: Množenje vektorja s skalarjem

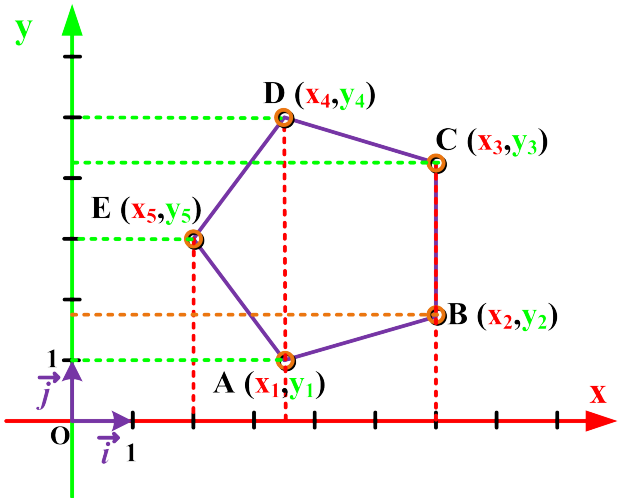
Točko B lahko zavrtimo (rotacija) za določen kot φokrog točke A. Na sliki 205 je prikazana rotacija v negativni smeri za kot φ. Pri tej rotaciji se začetna točka A(2, 3) ne spremeni, končna pa se premakne iz B(6, 6) v točko C(7.2, 3). Rotacije se ponavadi opišejo s pomočjo matrik in kotnih funkcij, ki se žal ne obravnavajo pri pouku matematike v SŠ poklicnih šol. Zaradi tega jih ne bomo bolj podrobno matematično opisali.



Slika 205: Rotacija točke B okrog točke A za kot φ(negativna smer)

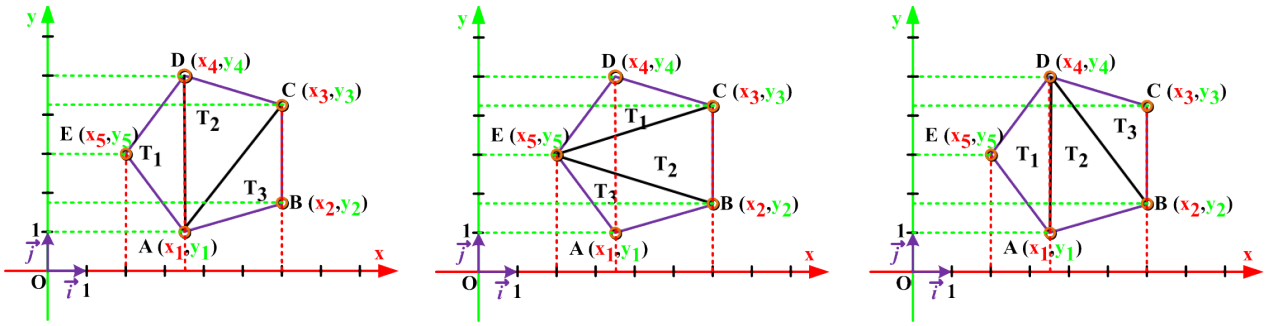
Če želimo risati bolj kompleksne predmete, je potrebno v ravnini narisati večkotnike (poligone), ki so njegovi sestavni deli. Če želimo narisati petkotnik, kot je vidno na sliki 17, je potrebno narisati pet točk A, B, C, D, E. Med točkami A, B, C, D, E pa so daljice AB, BC, CD, DE, EA oz. vektorji, ki omejujejo določeno območje – lik. Lik se mogoče ponavadi barva ali polni z določeno teksturo. Ponavadi se večkotniki (poligoni) razdelijo na trikotnike tako, da npr. iz točke A povlečemo obe možni diagonali (slika 18).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 206: Narisan petkotnik

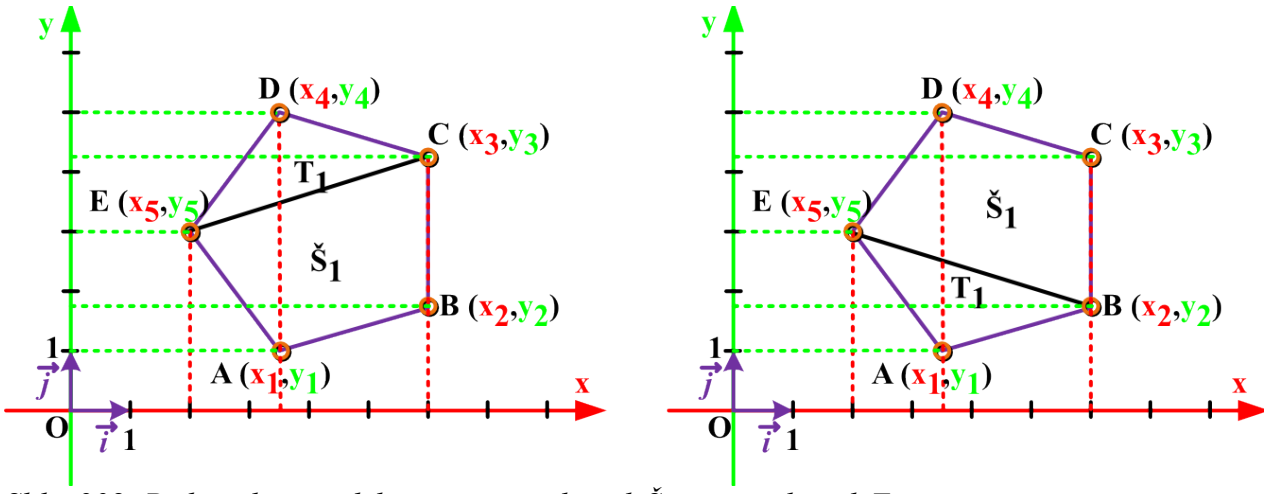
Grafične kartice najhitreje procesirajo trikotnike (ponavadi so to osnovni gradniki 3D-modelov večkotniških mrež) in zato naredimo triangulacijo (angl. Triangulation), to je postopek, ko se večkotnik pretvori v manjše dele (ponavadi trikotniki, redko štirikotniki).
V petkotniku smo dobili z delitvijo z dvema diagonalama tri trikotnike T_1, T_2 in T_3 (slika 207).
Petkotnik je možno na pet načinov razdeliti na trikotnike s pomočjo diagonal.



Slika 207: Triji načini, kako razdeliti petkotnik z diagonalami na trikotnike

Trikotnik (angl. kratica je Tris) je najbolj enostaven večkotnik, ki ustvarja ploskev. Pri modeliranju kompleksnih modelov lahko nastopijo težave pri topologiji (sestava objekta), kar na sliki opazimo kot nepravilno senčenje oz. napake na sliki. Zato je pogosto najbolje modelirati s štirikotniki (angl. kratica je Quad), ki topološko ne povzročajo težav kot trikotniki pri povratnih znakih robov.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 208: Petkotnik je razdeljen na en štirikotnik Š1 in en trikotnik T1

Več o triangulaciji in sorodnih pojmih nadete na spletnih naslovih:
http://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_strip, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_fan, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_cards, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Optimization_%28computer_science%29, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Triangulation_%28geometry%29, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Polygon_mesh, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Nonobtuse_mesh, 5. 8. 2012
http://en.wikipedia.org/wiki/Mesh_generation, 5. 8. 2012

Na Wikipediji ali spletu najdi naslednje like oz. večkotnike:

- trikotnik (trikotnik),
- štirikotnik (tetragon),
- paralelogram,
- kvadrat,
- romb,
- pravokotnik,
- trapez,
- petkotnik (pentagon),
- šestkotnik (heksagon),
- heptagon (heptagon),
- osmerokotnik (oktogon),
- n-kotnik (nonagon),

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

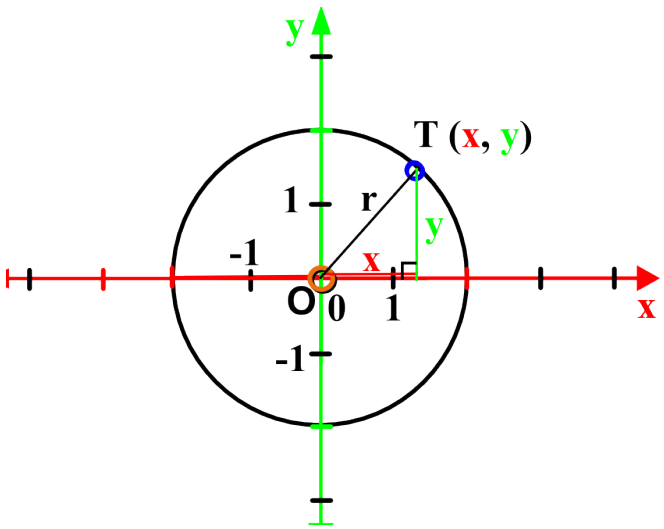
- sedemnajstkotnik (heptadekagon),
- 257-kotnik,
- 65 537-kotnik.

Za vsakega od teh večkotnikov izpiši najpomembnejše lastnosti.

V 3D-prostoru pa obstajajo le telesa. List papirja ponavadi gledamo kot lik pravokotnik, ker je njegova debelina oz. tretja dimenzija zelo majhna. Črta pa je le namišljena daljica, ki jo vidimo med dvema pobarvanima ploskvama ali rob kocke.

Zapis krožnice in elipse

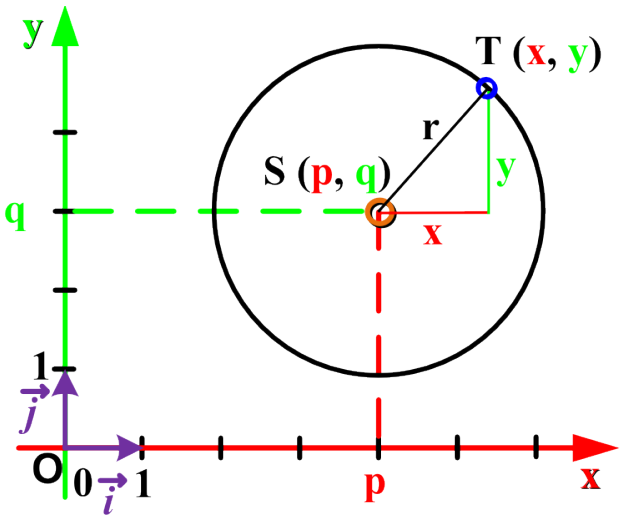
Krožnica je geometrijski lik, ki je omejen z neravno robno črto. Krožnico sestavlja množica točk T(x, y) v ravnini, ki so za r oddaljene od izbrane točke S. Točka S je središče krožnice in na sliki v koordinatnem izhodišču S(0, 0). Pravimo, da je krožnica v središčni legi in ima enačbo:
$x^2+y^2=r^2$. Premer krožnice znaša dve enoti.



Slika 209: Krožnica v središčni legi s središčem S(0, 0)

Če središče krožnice premaknemo v točko S(p, q), se spremeni enačba krožnice:
$(x-p)^2+(y-q)^2=r^2$. Točka S ima koordinati S(4, 3) in premer krožnice je dve enoti.

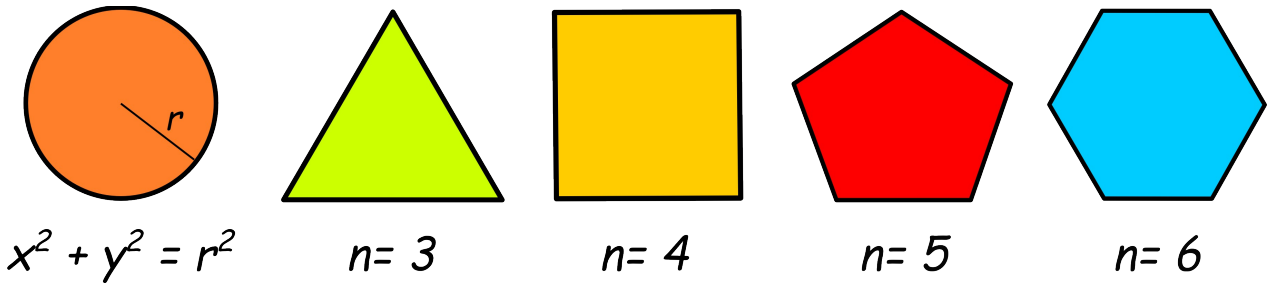
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 210: Krožnica v premaknjeni legi s središčem S(p, q)

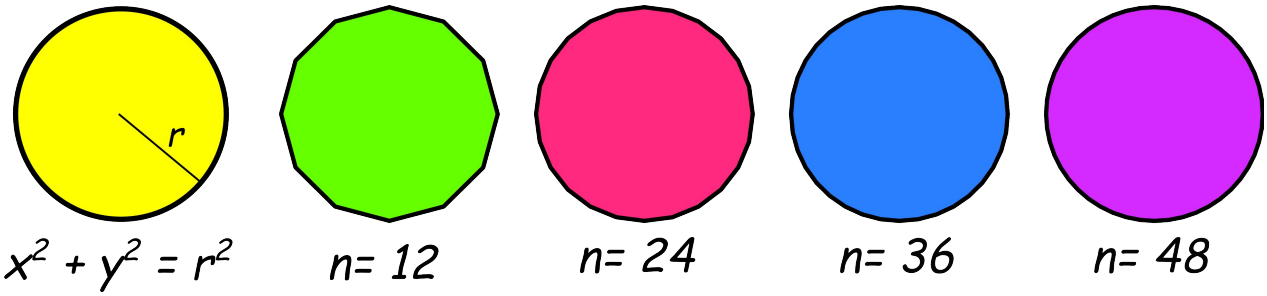
Povezava med krožnico in večkotniki

Krožnica, zapisana z enačbo krivulje, je tehnično oz. geometrijsko za prikaz na rastrskem zaslonu dokaj neprimerna. Kot smo prej videli, se dajo daljice oz. polarni vektorji lažje risati. Najmanjši lik glede števila stranic v evklidski ravnini je trikotnik in z večanjem števila stranic večkotnika (slika 211) se počasi približujemo orisu krožnice (do šestkotnika).



Slika 211: Krožnica in večkotniki od trikotnika do šestkotnika

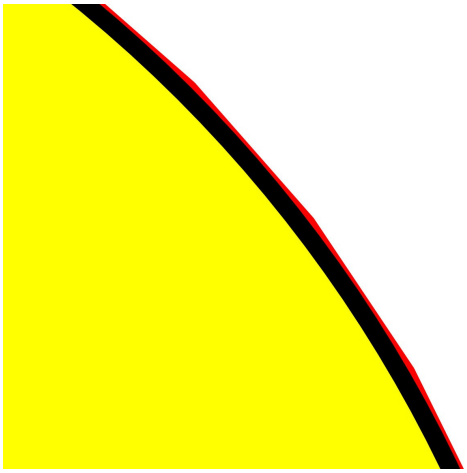
Z nadaljnjim večanjem števila stranic večkotnika se lepo vidi, da oblika limitira proti krožnici (slika 212). Pri 36-straničnem večkotniku se na velikosti brez povečave ne opazi razlika med njim in krožnico.



Slika 212: Od krožnice do dvanajstkotnika, vsak naslednji je za dvanajst stranic "bogatejši"

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Pri 48-straničnem večkotniku se brez povečave ne opazi razlika med njim in krožnico (slika 212). Če premestimo oba lika enega na drugega s tem, da je krožnica nad 48-kotnikom, se le težko in le ob povečavi vidi razlika med obema (slika 213).



Slika 213: Pri veliki povečavi detajla se vidi razlika med 48-kotnikom (rdeč) in krožnico (črno)

Elipsa je raztegnjena krožnica bodisi po abscisni ali ordinatni osi. Sestavlja jo množica točk T(x, y) v ravnini, za katere je vsota razdalje do dveh izbranih točk F1 in F2 konstantna: $d(T, F_1) + d(T, F_2) = 2a$ (slika 214). Enačba elipse s središčem v koordinatnem izhodišču S(0, 0) se glasi:

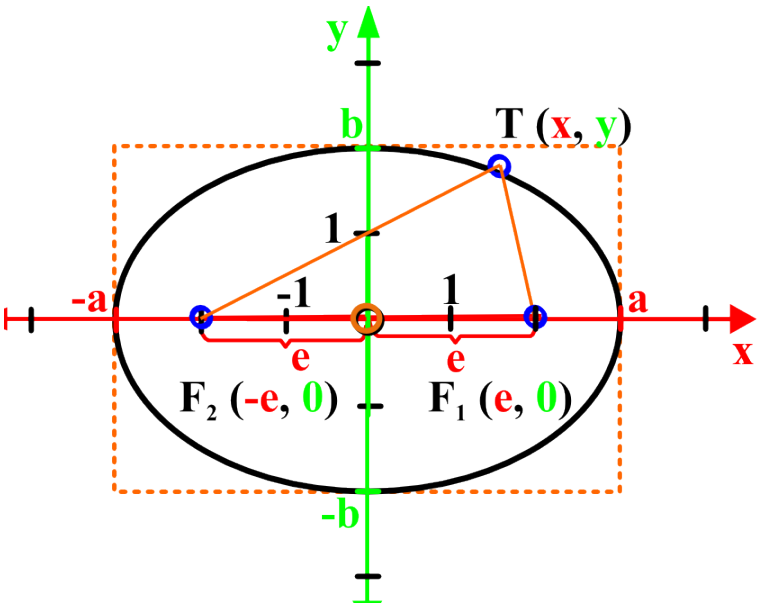
$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=r^2, \quad a, b \in \mathbb{R}^+$. Če je a>b, potem a imenujemo velika polos in b mala polos.

Točki $F_1(0, e)$ in $F_2(0, -e)$ imenujemo gorišči elipse, število e je linearna ekscentričnost elipse in velja: $e^2=a^2 - b^2$.

Temena elipse so točke $T_1(a, 0)$, $T_2(-a, 0)$, $T_3(0, b)$ in $T_4(0, -b)$ (na sliki 214 je to presečišče črtkanega pravokotnika in same elipse).

Numerična ekscentričnost elipse je število $\varepsilon=\frac{e}{a}, \quad 0<\varepsilon<1$.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 214: Elipsa v središčni legi

Enačba elipse s središčem S(p, q) (v premaknjeni legi): $\frac{(x-p)^2}{a^2}+\frac{(y-q)^2}{b^2}=r^2,\quad a, b\in\mathbb{R}^+.$

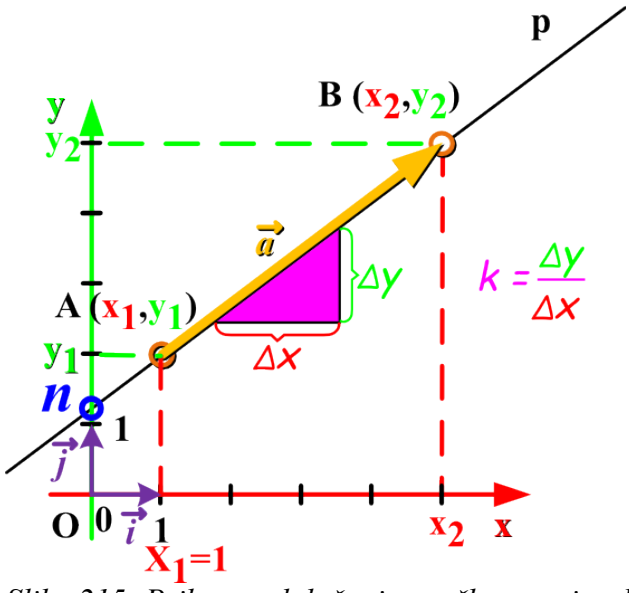
Koordinate temen in gorišč elipse v premaknjeni legi dobimo tako, da abscisam temen in gorišč elipse v središčni legi z enakima polosema prištejemo p, ordinatam pa q.

Premica in vektorji

Na začetku definicije daljice smo definirali, da skozi dve točki (dano daljico) oz. vektor (slika 215) poteka premica $(y(x)=k\cdot x+n)$, ker je parameter k smerni koeficient premice in n pomeni začetno vrednost; $k, n\in\mathbb{R}$. Začetna vrednost je realno število, kjer premica seka y-os (z drugimi besedami je n-vrednost navpičnega zamika premice glede na obliko afine premice y(x)= k·x). Smerni koeficient k izračunamo kot razliko med spremembo prirastka (ali upadom) po y-osi in to deljeno s spremembo ali prirastkom (ali upadom) po x-osi oz. izraženo v obliki enačbe:

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

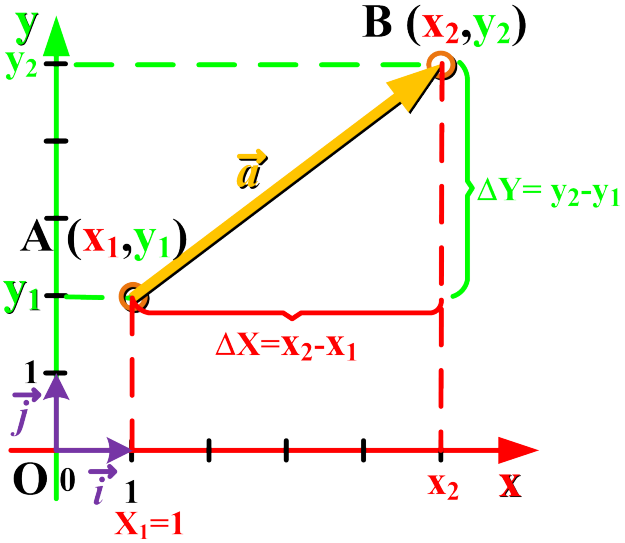
$$k=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}.$$



Slika 215: Prikaz za določanje enačbe premice, ki poteka skozi vektor

Če je ulomek pozitivna funkcija, narašča (če sledimo vektorju z leve proti desni se povečuje višina) in če je ulomek negativna funkcija, pada (če sledimo vektorju z leve proti desni, se zmanjša višina). Če je k=0, imamo vodoravno črto v višini začetne vrednosti n. Če v enačbi ni y, dobimo navpično premico na mestu $x=\frac{-n}{k}$.

Za primer vektorja na sliki 216 je k smerni koeficient $k=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}=\frac{5-2}{5-1}=\frac{3}{4}$.

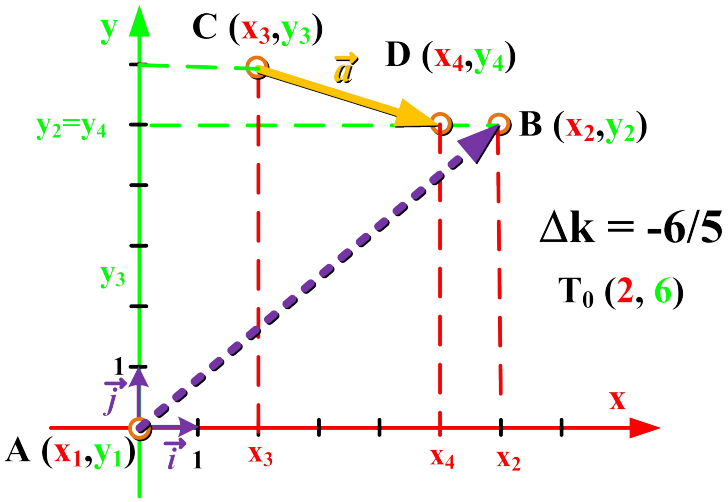


Slika 216: Določanje naklona ali smernega koeficienta vektorja

pozitiven:

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Naenkrat je možno kombinirati premik, zasuk in skaliranje (slika 219). Prvotni krajevni vektor $\vec{a} = \overrightarrow{AB}$ ima točko A(0, 0) in B(5, 5). Po transformaciji se točka A premakne v C(2, 6) in točka B v D(4, 5). Ob množenju vektor AB s skalarjem Δk= -6/5 se spremi smer vektorja in ima novi vektor CD smerni koeficient premice nosilke n= -2/3. Dolžina vektorja $\overrightarrow{AB}$ se spremenila iz vektor $\overrightarrow{CD}$ in smerni koeficient premice nosilke n= -2/3. Dolžina vektorja se je spremenila iz |AB| = √61 v |CD| =√10.

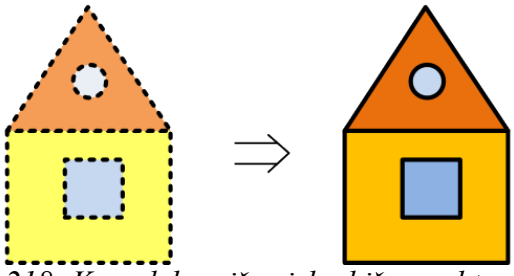


Slika 217: Kombiniran premik, zasuk in skaliranje

Realni primeri 2D-transformacij

Podobno kot prej za vektorje je na risbah potrebno izvajati operacije nad objekti, ki so sestavljeni iz daljic, npr. hiša. Enako, kot so že bili označeni vektorji, pomeni hiša, sestavljena iz črtkanih črt, prvotno risbo in slika hiše, sestavljena iz polnih črt, pa transformirano (preoblikovano) hišo (slika 218).

Pred transformacijo *Po transformaciji*



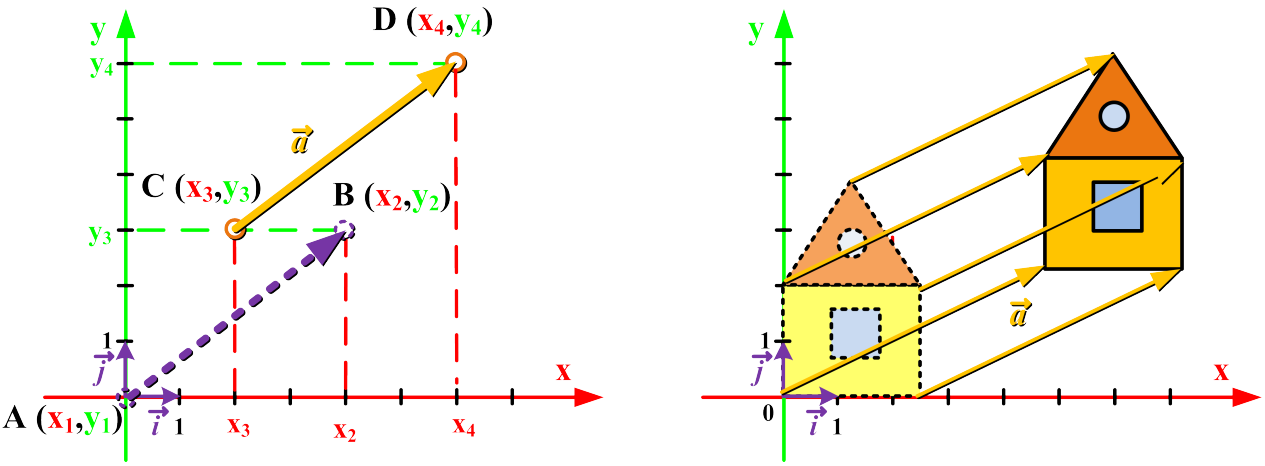
Slika 218: Kompleksnejša risba hiše pred transformacijo in po njej

Vzporedni premik ali translacija objekta (hiše)

Vzporedni premik ali translacija objekta (hiše) za vektor $\vec{a}$ je preslikava daljice na novi položaj

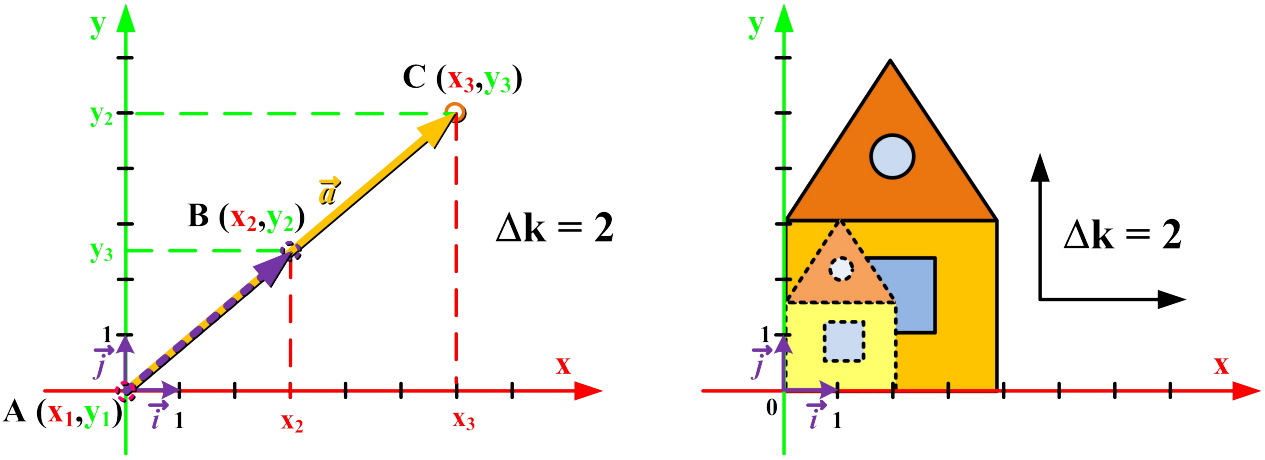
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

(desna slika 219). Pri translaciji se ohranjajo razdalje.



Slika 219: Vzporedni premik objekta, ki ima eno točko v koordinatnem izhodišču

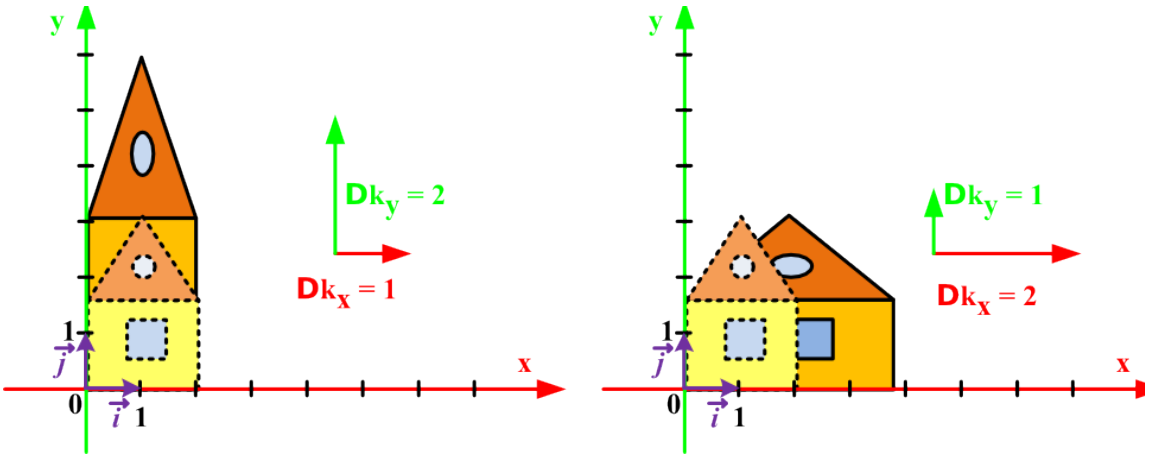
Nad vektorjem $\vec{a}$ je možno izvajati tudi skaliranje (povečava/pomanjšava), čemur matematiki pravijo produkt vektorja $\vec{a}$ z realnim številom Δk (koeficient ali konstanta skaliranja) ali množenje vektorja s skalarjem (realno število). Če je realno število $\Delta k = 2$ (slika 220), se hiša poveča po obeh oseh (desno na sliki 220). To je enakomerno skaliranje po x- in y-osi.



Slika 220: Skaliranje objekta, ki ima eno točko v koordinatnem izhodišču

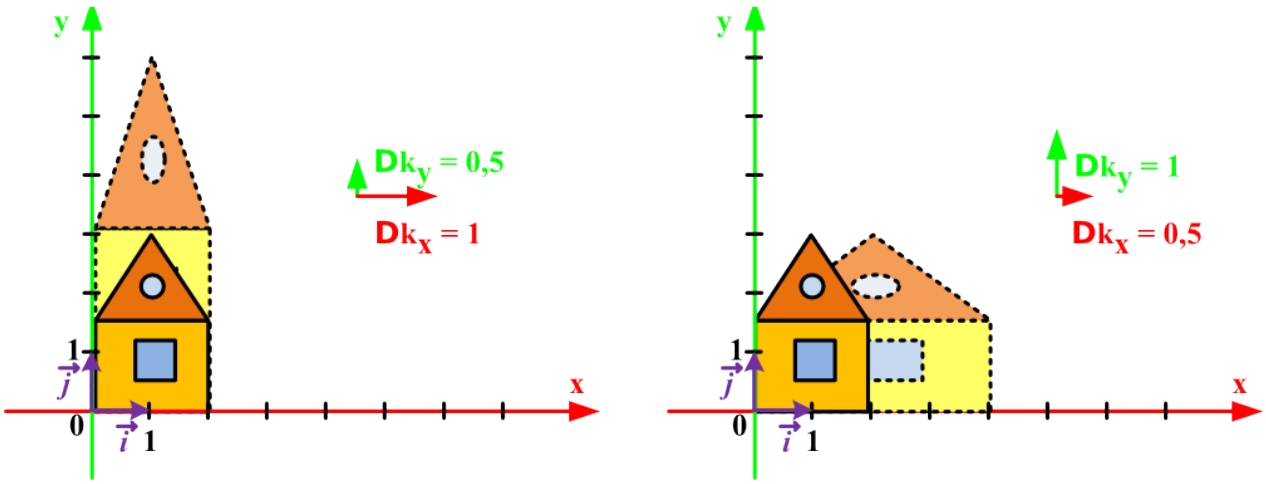
Pozitivni skalirni faktor, ki je večji od ena (povečava), je možno omejiti le na ordinatne vrednosti (leva slika 221) ali na abscisne vrednosti (desna slika 221). V prvem primeru se poveča le višina in v drugem le širina (s tem omejimo skaliranje le po y- oz. x-osi).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 221: Neenakomerno povečanje le po y- in x-osi

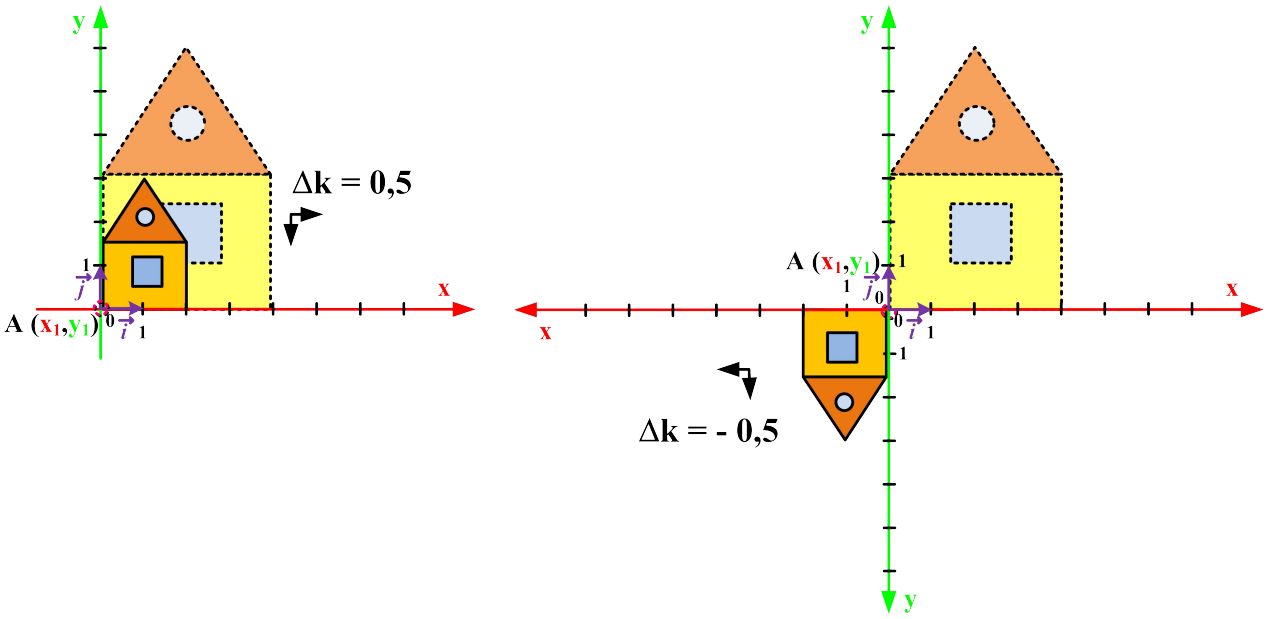
Pozitivni skalirni faktor, ki je manjši od ena (pomanjšava), je možno omejiti po oseh npr. le na ordinatno vrednost (leva slika 222) ali na abscisno vrednost (desna slika 222). V prvem primeru se zmanjša le višina in v drugem le širina (s tem omejimo skaliranje po y- oz. x-osi).



Slika 222: Neenakomerno zmanjšanje le po y- in x-osi

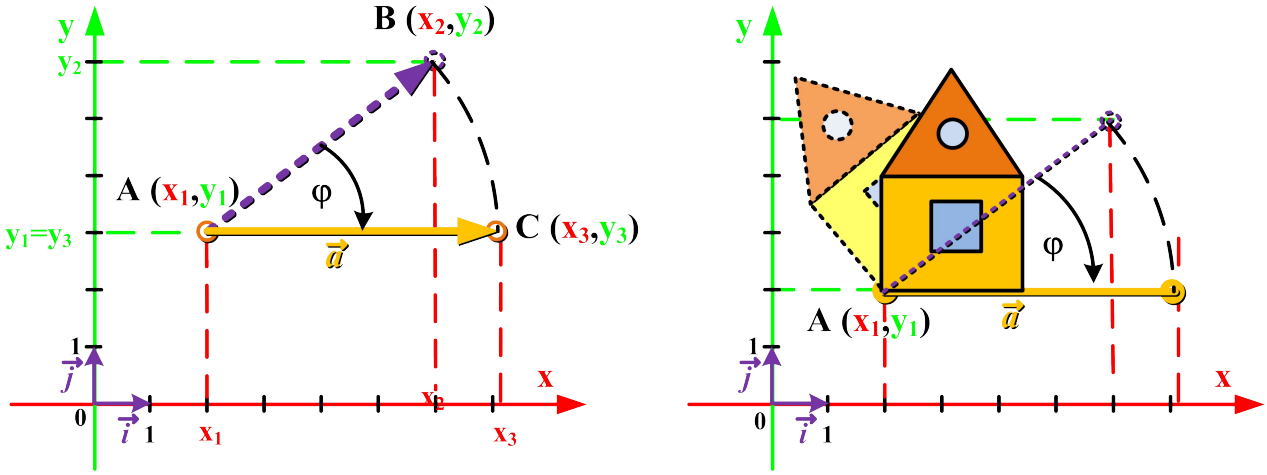
Pozitivni skalirni faktor, ki je manjši od ena, pomanjša hišo (leva slika 223). Pri negativnem skalirni faktor prezrcali hišo po x- in y-osi (desna slika 223). V tem primeru se hiša obrne na glavo (kar je enako kot zrcaljenje čez x-os) in potem je v IV-kvadrantu, saj obe koordinati postaneta negativni.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 223: Skaliranje objekta, ki ima eno točko v koordinatnem izhodišču

Zasuk ali rotacija vektorja okrog določene točke npr. A je dokaj preprosto opravilo (leva slika 224). Na sliki je prikazana rotacija v negativni smeri za kot φ (v smeri urinega kazalca). Pri tej rotaciji se začetna točka A(2, 3) ne spremeni, končna pa se premakne iz B(6, 6) v točko C(7.2, 3). Rotacija sestavljenega objekta, kot je hiša, je bolj kompleksno opravilo, saj je za lažje delo potrebno posamezne elemente risbe združiti in za zasuk določiti središče zasuka. V našem primeru je to središče zasuka ponovno točka A(2, 2) (desna slika 224).

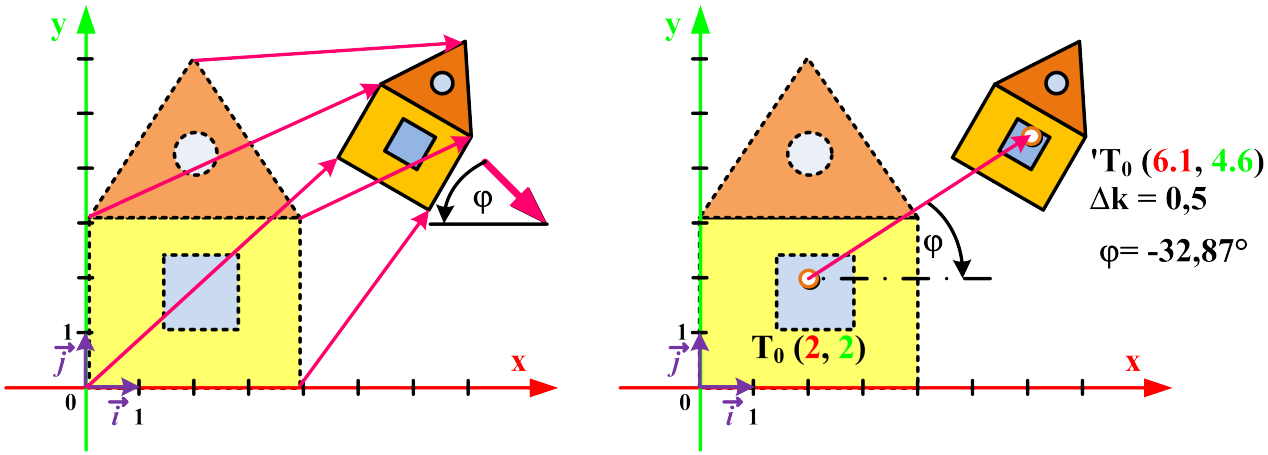


Slika 224: Zasuk objekta (hiše) na desni je bistveno zahtevnejši od enega enega vektorja, ki je na levi

Pri realistični 2D-animaciji se objekt premakne, zmanjša ali poveča in/ali zasuče (slika 225). Seveda je možno, da se to zgodi le kot ena, poljubni dve ali vse tri transformacije naenkrat, kar je odvisno od želj in opravila animatorja. Na levem delu slike 225 vidimo, da bi vsak rob moral

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

imeti različen vektor in kot zasuka ter faktor skaliranja, kar že za tako preprost predmet tehnično ni zanemarljivo. Na drugem desnem delu slike 225 vidimo, da je možno težavo preprosto rešiti. Uvedemo središčno točko objekta, na katero vežemo podelemente hiše in to postane težišče ali obračališče tega objekta (angl. Pivot point ali angl. Orgin). Na ta način je potrebno imeti le en vektor za premik (premestitev), en kot zasuka in en skalirni faktor (verjetno vsi vidimo lepoto v tej preprostosti).



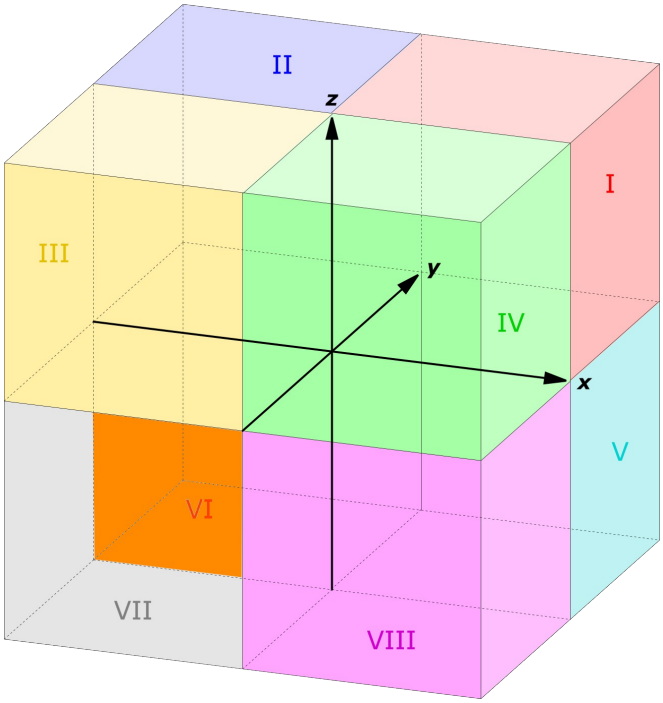
Slika 225: Kompleksna 2D-transformacija brez središča objekta (hiše) in z njim

Kartezični 3D-prostor

Svet oz. prostor okrog nas je tridimenzionalen in za 3D-animacijo je potrebno poustvariti tudi take pogoje, saj je ravnina in možnosti transformacij in obdelav precej omejena. Zato vzamemo tri med seboj pravokotne ravnine, ki razdelijo prostor v osem delov t. i. oktante (slika 226).

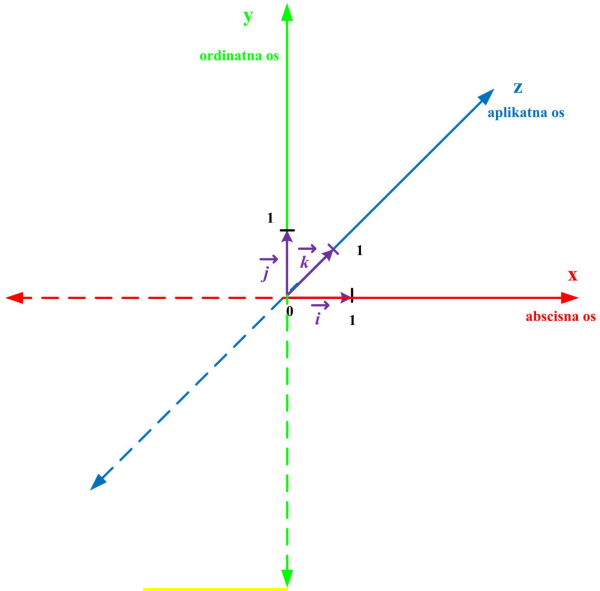
Prvi oktant (I) sestavljajo vse točke, ki imajo vse tri pozitivne koordinate. Na sliki je ta oktant zgoraj in desno zadaj. Oktanti od II do IV imajo tudi pozitivno z-koordinato na sliki, saj smo v zgornji polovici koordinatnega sistema. Te štejemo tako kot običajno v matematiki v nasprotni smeri urinega kazalca in jih označimo z rimskimi številkami (I do IV). S to opredelitvijo je zagotovljeno, da so predznaki za oktante od I do IV, isti kot pri prvih dveh koordinatah za kvadrante od I do IV v ravnini. V skladu s tem bomo nadaljevali s štetjem oktantov. V spodnji polovici (z <0) se 5. oktant (V) nahaja neposredno pod prvim (I) oktantom. Tudi tu se oktanti štejejo v smeri urinega kazalca in označijo z rimskimi številkami (V do VIII).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 226: V desnosučnem sistemu ponazorjeni oktanti (deli koordinatnega prostora)

Presečišča treh pravokotnih ravnin ustvarjajo tri osi, podobno kot pri kartezičnem koordinatnem sistemu ravnine, le da se tu pojavi še aplikatna os ali z-os (slika 227). Osi so tako, kot smo navajeni, na desno in navzgor pozitivne (izrisane s polno črto) in v druge smeri negativne (označene črte so črtkane). Levosučno postavljene koordinatne osi so tako, kot pri pravilu leve roke, kjer x, y, z osi predstavljajo palec, kazalec in sredinec leve roke.



Slika 227: Koordinate osi v 3D-prostoru

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Koordinatni sistemi [16] so lahko različno zasukani glede posamezne osi in ločimo med levo- in desnosučnim koordinatnim sistemom (slika 228). Najpogosteje se uporablja desnosučni koordinatni sistem, kjer po pravilu desnega vijaka sukamo pozitivni del x-osi tako, da po najbližji poti pridemo v pozitivni del y-osi, pri tem se zasuče z-os iz leve v desno. Če so $\vec{e}_i, \vec{e}_j, \vec{e}_k$ enotski smerni vektorji kartezičnega koordinatnega sistema, potem v desnosučnem koordinatnem sistemu velja: $\vec{e}_i \times \vec{e}_j = \vec{e}_k$, $\vec{e}_j \times \vec{e}_k = \vec{e}_i$, $\vec{e}_k \times \vec{e}_i = \vec{e}_j$.

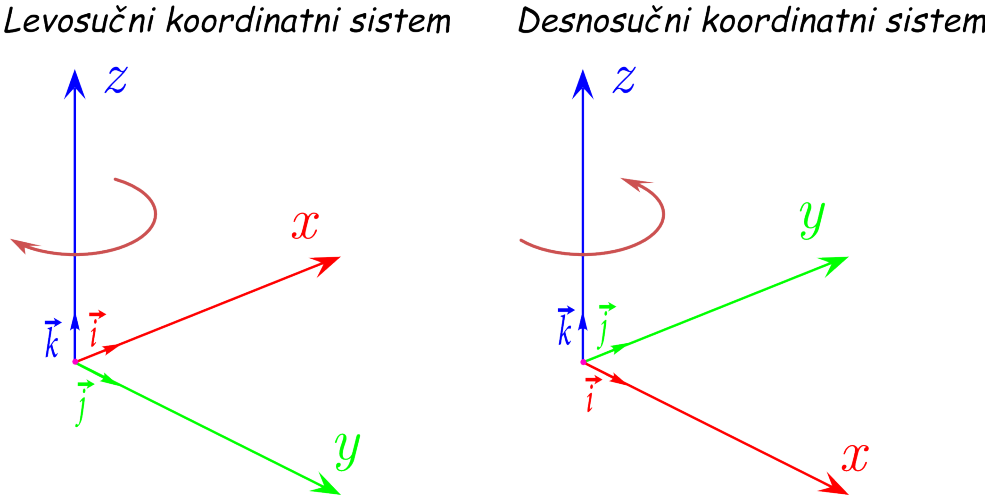
V levosučnem kartezičnem koordinatnem sistemu velja:

$\vec{e}_i \times \vec{e}_j = -\vec{e}_k$, $\vec{e}_j \times \vec{e}_k = -\vec{e}_i$, $\vec{e}_k \times \vec{e}_i = -\vec{e}_j$.

V obeh kartezičnih koordinatnih sistemih zaradi pravokotnosti ravnin velja:

$\vec{e}_i \times \vec{e}_i = \vec{e}_j \times \vec{e}_j = \vec{e}_k \times \vec{e}_k = \vec{0}$.

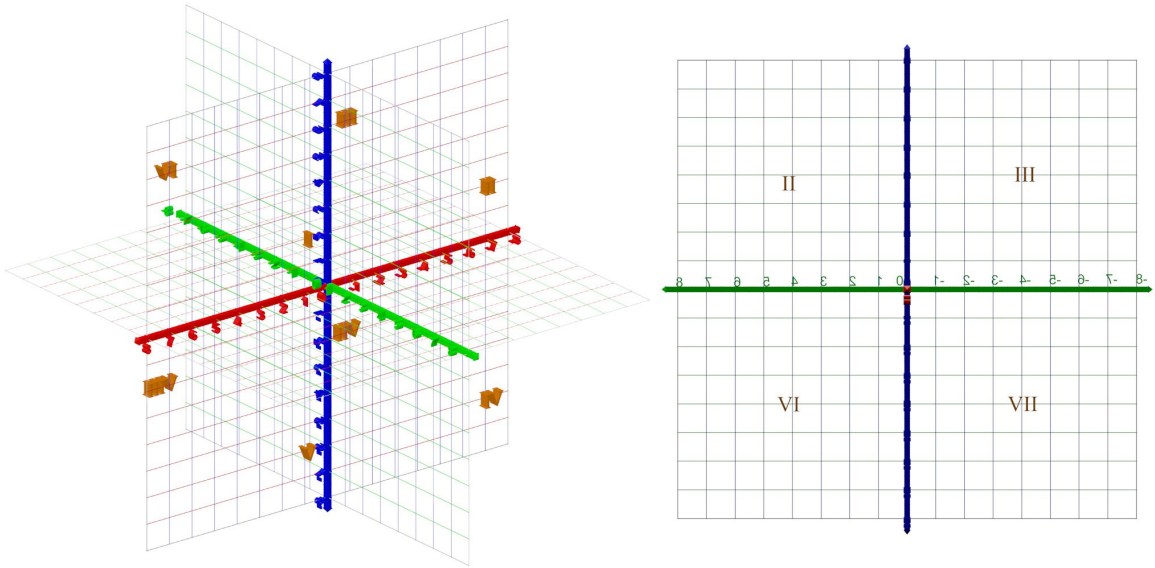
Na sliki smo enotske smerne vektorje $\vec{e}_i, \vec{e}_j, \vec{e}_k$ poenostavljeno označili z $\vec{i}, \vec{j},$ in $\vec{k}$.



Slika 228: Levosučni in desnosučni koordinatni sistem

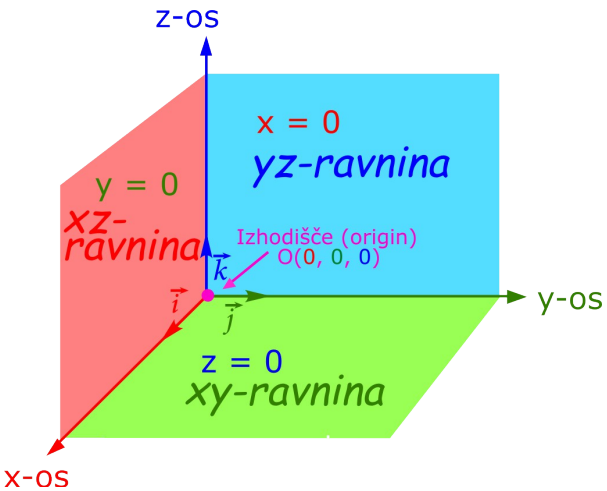
Običajno so v 3D-programih označene vse tri osi in le ravnina x-y (določeni omogočajo več nastavitev glede teh). Ravnina je predstavljen s 3D-mrežo, ki izgine ob upodabljanju (slika 229). Sama mreža se pojavlja v vseh pravokotnih ali ortogonalnih pogledih in omogoča, da imamo pri modeliranju referenčne točke in kvadrate. Prav tako mreža omogoča lažje postavljanje 3D-kazalca in objekte lahko pripenjamo in poravnamo glede na mrežo.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 229: Oktanti v 3D-prostoru animacijskega programa Blender (levo poševni in desno pravokotni pogled)

Koordinatna ravnina (ploskev) je ravnina, katere ena od koordinat je konstantna (slika 230).



Slika 230: Prikaz prvega oktanta z ravninami oz. ploskvami ob koordinatnih oseh

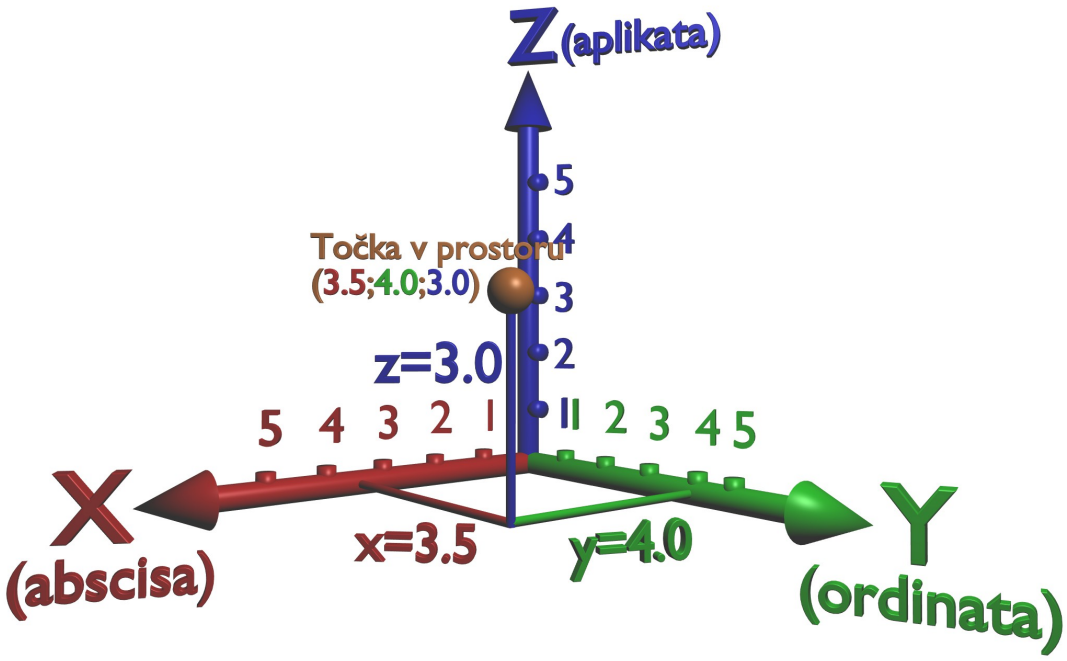
Prostor, opremljen s kartezičnim koordinatnim sistemom, je enakovreden kartezičnemu produktu $\mathbb{R}\times\mathbb{R}\times\mathbb{R}$ (pišemo tudi $\mathbb{R}^3$), saj je vsaka točka prostora enolično določena s trojico realnih števil – koordinat.

Vektor $\vec{a}$ v prostoru

Poljuben vektor $\vec{a}$ iz $\mathbf{V^3}$ ali v 3D-prostoru lahko zapišemo kot linearno kombinacijo treh linearno neodvisnih (nekomplanarnih) vektorjev. Ortonormirano bazo v $\mathbf{V^3}$ sestavljajo enotski in med seboj pravokotni vektorji $\vec{i}$, $\vec{j}$ in $\vec{k}$ v pozitivno orientiranem pravokotnem koordinatnem

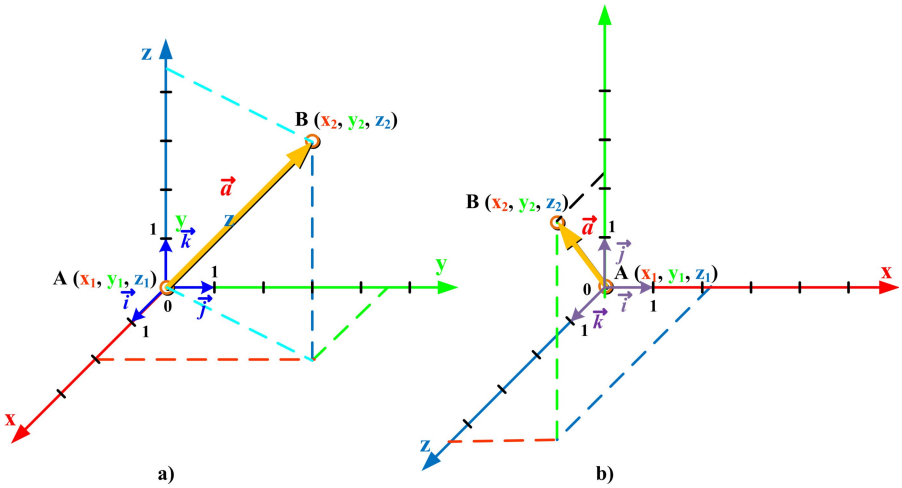
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

sistemu v prostoru slika (slika 231).



Slika 231: Točka v prvem oktantu (modelirano z Blenderjem)

Trirazsežni koordinatni sistem, opisan na sliki 232 a), uporabljajo matematiki. Pri računalniški grafiki je predstavitev koordinatnega sistema drugačna (slika 232 b)). Aplikata ali z-os kaže iz zaslona ali vanj (prikazovalnik). Klasična postavitev abscisne in ordinatne osi je ista, kot smo jo navajeni iz matematike (le koordinatno izhodišče je levo zgoraj). Točka A(0, 0, 0) je na spodnji sliki v koordinatnem izhodišču.



Slika 232: a) Ortonormirana baza v prostoru z vektorjem $\vec{a}$ (levosučni koordinatni sistem)

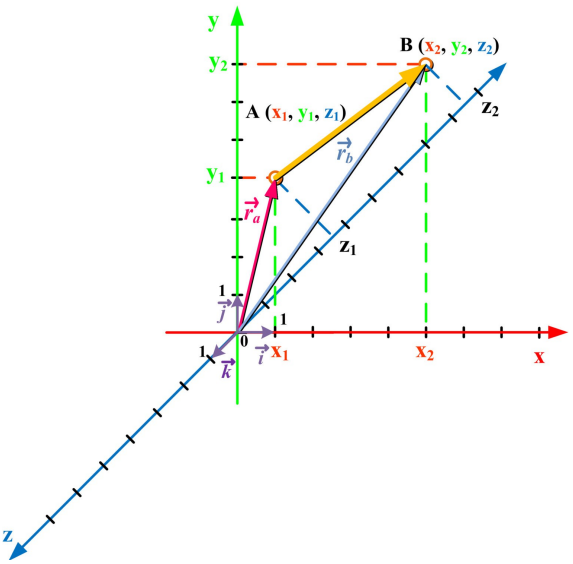
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

b) Navadna postavitev koordinatnih osi v računalniški grafiki z vektorjem $\vec{a}$ (desnosučni koordinatni sistem)

Enotski vektorji imajo naslednji vektorski zapis:
$\vec{i}=(1, 0, 0)$, $\vec{j}=(0, 1, 0)$ in $\vec{k}=(0, 0, 1)$.
Poljuben vektor $\vec{a}$ pa zapišemo s koordinatami in enotskimi vektorji kot:

$$\vec{a}=(x_1, y_1, z_1)=x_1\vec{i}+y_1\vec{j}+z_1\vec{k}\ . \qquad \textit{Enačba 6}$$

Ta razporeditev se zdi tudi logična, ker se ohranja X- in Y-os iz dvorazsežne geometrije oz. računalniškega zaslona. Globina se na slikah upodablja s prostorsko perspektivo in senčenjem. Zato imata točki A in B še dodatno koordinato z imenom aplikata.
Računanje z vektorji in operacije z njimi poteka v 3D-prostoru podobno kot v 2D-ravnini. Z razliko krajevnih vektorjev $\vec{r}_b-\vec{r}_a$ lahko zapišemo vektor $\overrightarrow{AB}$ (slika 233).



Slika 233: S krajevnimi vektorji $\vec{r}_a$, in $\vec{r}_b$, *lahko zapišemo poljuben vektor v prostoru npr.* $\overrightarrow{AB}$

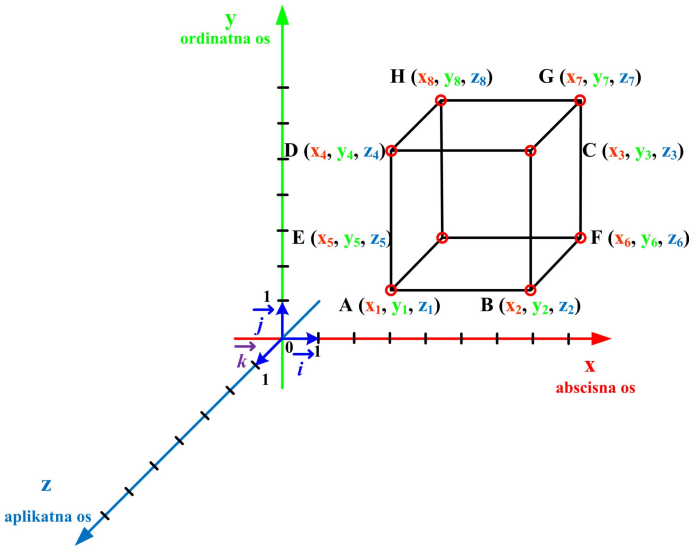
Na podoben način z vsoto ali razliko krajevnih vektorjev lahko opišemo stranice trikotnika, najmanjšega večkotnika, ki ima ploskev v evklidski ravnini ali prostoru.
V realnem svetu so realna telesa sestavljena iz oglišč, robov in ploskev. Oglišča telesa lahko preprosto predstavimo s točkami (slika 234), robove telesa pa z vektorji med točkami. Ploskev telesa pa sestavlja površina znotraj robov. To površino zlahka barvamo, pravimo, da ji dodamo polnilo ali teksturo.
Mrežni model kocke postavimo v trirazsežni prostor (slika 21). Tu je vsako oglišče podano s točko s tremi koordinatami, samo oglišče E bi bilo nevidno oz. zakrito, če bi imeli zapolnjene ploskve. Razdalja oglišča A do koordinatnega izhodišča (to je njena absolutna vrednost) se izračuna enako kot dolžina krajevnega vektorja $\vec{r}_A$ do točke A (enako lahko izračunamo dolžino krajevnega vektorja tudi za ostale točke), torej:

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

$|\vec{r_A}|=\sqrt[2]{x_1^2+y_1^2+z_1^2}$. *Enačba 7*

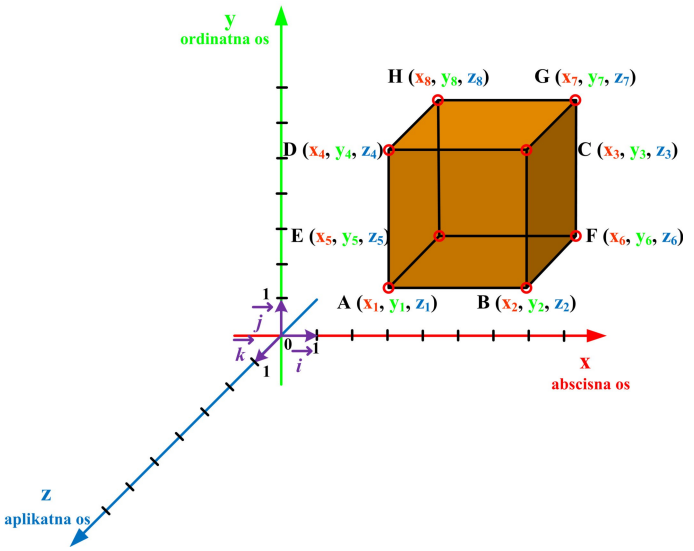
Dolžino roba kocke AB pa izračunamo po naslednji enačbi:

$|\overrightarrow{AB}|=\sqrt[2]{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$. *Enačba 8*



Slika 234: Mrežni model kocke

To kocko lahko po robovih, ki sestavljajo ploskev, polnimo z barvo. Torej dve oglišči v 3D-prostoru ustvarjata rob. Trije ali štirje robovi pa ploskev, ki jo lahko zapolnimo z barvo (razen sprednje ploskve ABCD) (slika 235).



Slika 235: Kocka v 3D-prostoru, opisana z oglišči, robovi in izpopolnjenimi ploskvami (razen

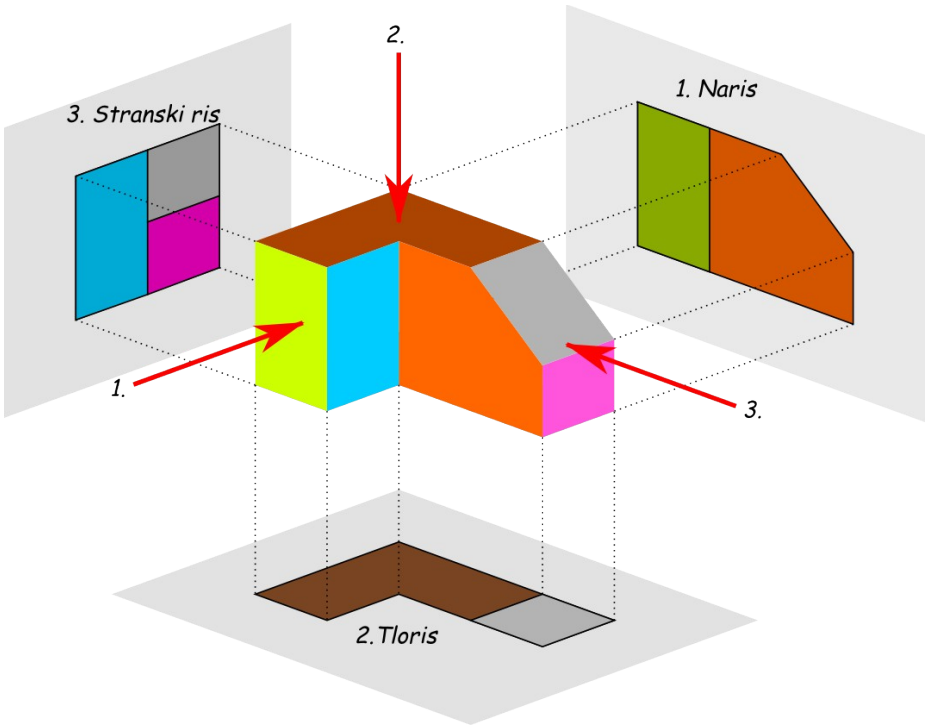
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

sprednje)

Do sedaj smo se omejili le na zelo enostavne primere (tetraeder je še bolj preprosto telo, vendar je kot med ploskvami okrog 70.528779° = arc cos(1/3) in kot med robom in ploskvijo arc tg √2= 54.7356°). V nadaljevanju pa bomo opisali, kako je z animacijo realnih 3D- predmetov.

Iz 3D-modela v 2D-sliko

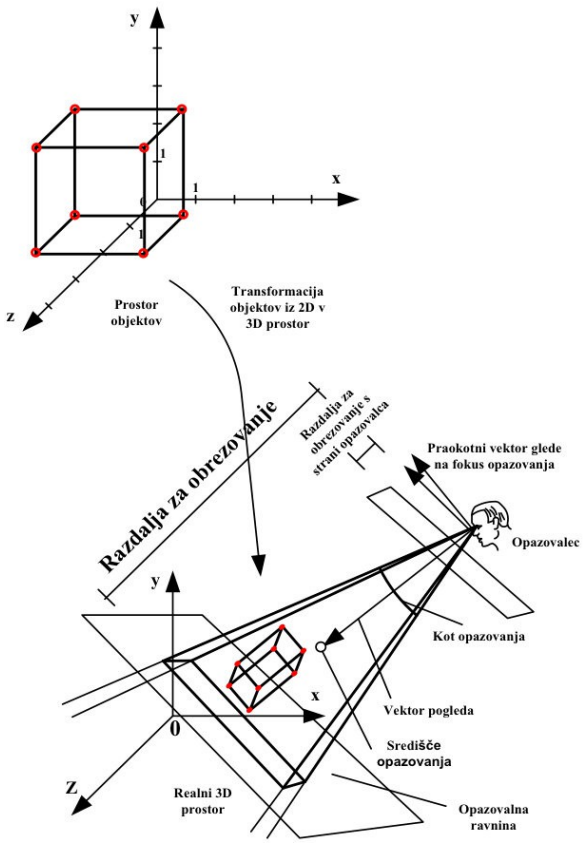
Pri računalniški grafiki in njeni »pod-panogi« animaciji se postavlja vprašanje: kako upodobiti 3D-model v 2D-ploskev zaslona (slika 236). Najlažji način, da dobimo 2D-sliko iz 3D-prostora, je, da se s kamero postavimo vzporedno z eno od koordinatnih ravnin in pogledamo, kako zgleda predmet (takrat kamera gleda v pravokotnem ali ortogonalnem načinu, ki ne popači slike kot perspektivni pogled, ki nam je običajen ob gledanju). Tem pogledom se pri tehničnem risanju pravi tloris (ali pogled od zgoraj, t. i. ptičja perspektiva), naris (pogled od spredaj) in stranski ris (pogled z desne).



Slika 236: 3D-profil (model), ki se projicira na koordinatne ravnine

Kaj pa, če želimo postaviti kamero poljubno nekje v prostoru in tam dobiti sliko?
Realni svet je za računalniško animacijo izhodišče, ko želimo v 2D-prostoru oz. računalniškem zaslonu upodobiti le-tega. Zato se realni predmeti običajno ne upodabljajo z mrežnim modelom, ki ima večje število kontrolnih točk (oglišča kocke), ker ta ni enoznačen (isto število točk in razne povezave ne dajo vedno iste oblike). Ker gre pri animaciji za interakcijo med posameznimi upodobljenimi modeli, je potrebno paziti, da se nevidne površine tudi ne vidijo in da se na zaslonu vidi samo tiste ploskve modelov, ki so v vidnem kotu kamere in njenih nastavitev (slika 237). Na tej sliki se vidi transformacija kocke kot 3D-objekta iz 3D-prostora v 2D-ravnino. Pri tem sprednja in zadnja ravnina opazovanja določa območje za obrezovanje oz. to kamera »vidi« in to se upodobi v 2D-sliko. Vektor pogleda določa sredino kamere oz. to, kar ta »vidi«.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



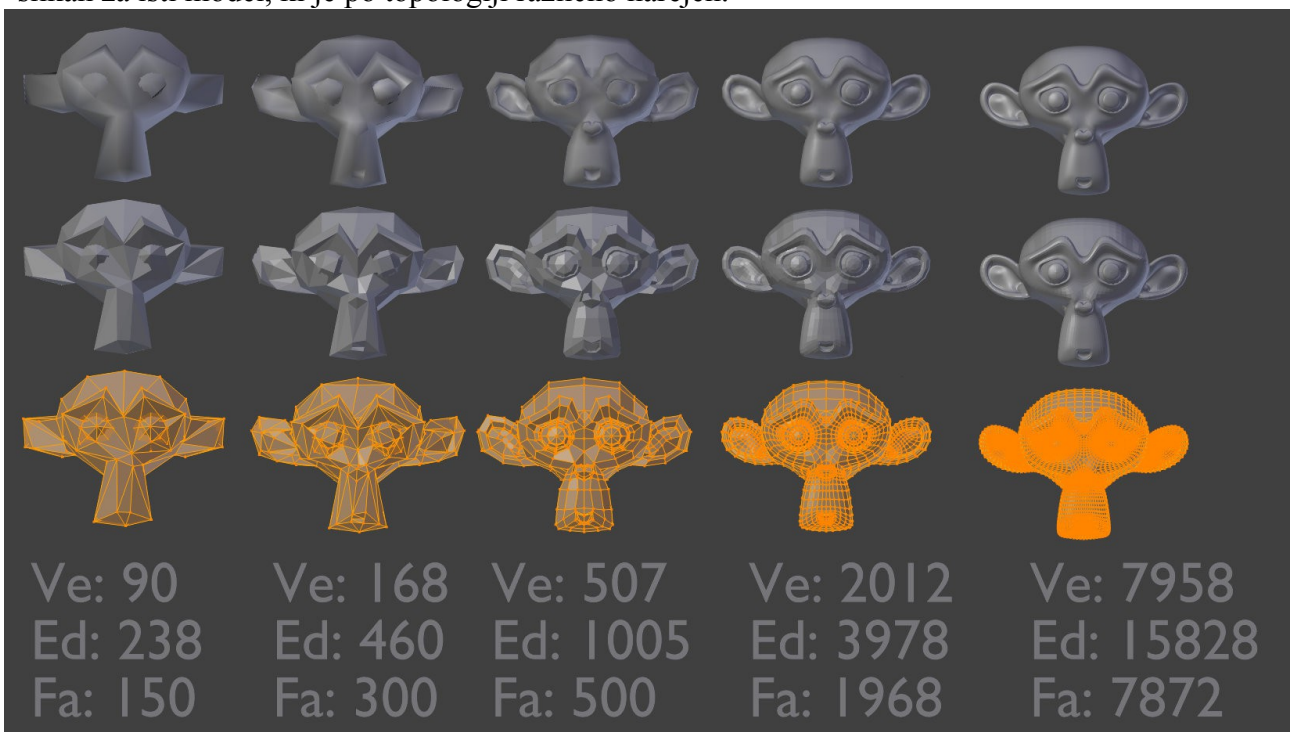
Slika 237: Pogled opazovalca je isti kot kamere v 3D-sceni

Prejšnji primer kocke je pravilni oz. Platonov polieder. Polieder je trirazsežno geometrijsko telo, ki je omejeno z mnogokotniki (ali večkotniki).
Bolj natančno je polieder telo, omejeno s končnim številom ravnih ploskev, ploskve se stikajo v ravnih robovih, robovi pa se stikajo v ogliščih. Primeri poliedrov so kocka, piramida in prizma. Polieder je trirazsežen (je del prostora), zato tudi notranjost štejemo k poliedru. Polieder je trirazsežni analogno večkotnikom ali mnogokotnika (poligona). Splošnejši izraz za mnogokotnike, poliedre in tudi analogna telesa v višjih razsežnostih je politop. Več o poliedrih bo v nadaljevanju.

Eden od pogostih načinov modeliranja je uporaba večkotniških (mnogokotniških) mrež ali angl. Mesh, ki so v 3D-prostoru politopi. To je tudi osnovni način dela v 3D-prostoru v Blenderju in zato si poglejmo primer modela - glava opice).
Na sliki 238 je v 3D-prostoru upodobljen primer glave opice, ki ima površje oz. mrežni model sestavljen iz več različnih primerov od malega do zelo velikega števila trikotnikov, ki se lahko polnijo s teksturo ali barvo. Na sliki so s kratico Ve označena oglišča (angl. Vertices), s kratico Ed označeni robovi (angl. Edges) in s kratico Fa označeni ploskve (angl. Faces) (slika 238).
V srednjem delu omenjene slike je vidno, da je možno polieder bolje upodobiti, če število trikotnikov večamo. Površje glave opice je zaradi tega manj oglato. V prvi vrsti je uporabljena funkcija mehčanja robov in ploskev t.i. angl. Smooth. V drugi vrsti tega ni, v tretji so označena vsa vozlišča in robovi ter v četrti so podatki o ogliščih, robovih in ploskvah. Torej gre na več

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

slikah za isti model, ki je po topologiji različno narejen.



Slika 238: Različno število oglišč (Ve), robov (Ed) in ploskev (Fa) vpliva na kakovost modela opičje glave Suzanne

Učna situacija 6:

Razvoj in kratek zgodovinski pregled razvoja Blenderja?

Blender je odprtokodna programska oprema za 3D modeliranje, animacije, izrisovanje, postprodukcijo, interaktivno ustvarjanje in predvajanje. Uporablja se lahko namesto komerciale rešitve kot sta Maya, Softimage in Cinema 4D, saj so z njim do sedaj bili s strani fundacije Blender izdelani štiri filmi in računalniška igra. Širom po svetu se ga uporablja v ogromnem številu grafičnih studiev in filmskih hišah na vseh celinah in državah. Pregleded nekaterih filmov izdelanih v studijih po svetu so vidni iz spletne povezave: http://www.blender.org/features-gallery/movies/, 19. 10. 2012.
Blender ima zanimivo zgodovino. Sprva ga je razvijalo nizozemsko podjetje za uporabo v lastnem studiju, kasneje pa je glavni razvijalec ustanovil samostojno podjetje NaN, ki je od leta 1998 nadaljevalo z razvojem takrat komercialnega programa Blender. Ker je podjetje leta 2002 bankrotiralo, so upniki zahtevali 100.000 USD odkupnine, ki jo je zbrala skupnost uporabnikov, nato pa so privolili v nadaljnji razvoj pod okriljem licence GPL.
Program odlikujejo številne zmogljivosti. Podpira geometrijske prvine, vektorske pisave, pretvarjanje med različnimi 3D zapisi, orodje za animiranje, osnovno orodje za nelinearno obdelavo videa, možnost izdelave samostojnih aplikacij, iger in arhitekturnih vizualizacij …

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Kljub temu da je Blender iz dneva v dan bližje komercialnim rešitvam, nekaterih naprednih tehnologij in zmogljivosti še ne obvlada. Mednje lahko štejemo npr. napredno orodje za nelinearno izdelavo animacij, izbirni ne-binarni zapis datotek, pa tudi posodobljeno in konsistentno dokumentacijo.

Blender je deset let odprtokoden

Letos je Blender že imel 10 obletnico, ko je ta postal odprtokoden (pred tem je bil komercialen program). Vir besedila in večina slik: http://www.blender.org/features-gallery/features/, 19. 10. 2012

Blender je odprtokodni program za ustvarjanje 3D-vsebin, ki je na voljo za vse glavne operacijske sistema pod licenco GNU GPL (GNU General Public License).

Kratek opis glavnih lastnosti programa Blender

Obstajajo številne lastnosti (angl. Features) Blenderja, najpomembnejša lastnost je to, da je popolnoma prosto orodje za uporabo in razširjanje (distribucijo) v učne, profesionalne (poslovne) ali komercialne namene uporabe. Umetniški izdelki, ki nastanejo z Blenderjem vključno s Python-ovimi skriptami so le v lastništvu ustvarjalca.

Licenca

Blender je objavljen z izvirno kodo pod odprtokodno ali GNU javno licenco (angl. GNU Public License[8]).

Zato je Blender v celoti brezplačen za uporabo in se lahko distribuira v katerem koli izobraževalno, poklicno ali komercialno okolje. Umetnine ali projekti, ustvarjeni z Blenderjem vključno z Pythonovimi skriptami so le v lastništvu ustvarjalca.

Strojne zahteve za nameščanje Blenderja 2.6x

Blender 2.6x deluje na skoraj vseh operacijskih sistemih. Zaganjamo ga lahko iz mape in ga sploh ni treba namestiti. Samo razpakirajte arhiv , ki ga boste našli v razdelku za prenose na strani blender.org in lahko začnite Blendat!

Opomba glede grafične kartice: Blender deluje na vseh odprtih skladnih kartic Open GL, čeprav obstaja nekaj težav s poceni grafičnih karticah, ki so integrirane na matični plošči (Intel, Via). Zato ne more zagotovili uradno podporo tako, da Blender dobro deluje na teh sistemih.

Operacijski sistemi

- Windows XP, Vista or 7
- Mac OS X 10.5 and later
- Linux
- FreeBSD

Minimalno potrebna strojna oprema za uporabo Blenderja

- 1 GHZ Enojederni procesor (CPU)
- 512 MB RAM
- 1024 x 768 px Zaslon z 16 bitno barvno globino
- Miška s 3-tipkami
- Open GL grafična kartica z 4 MB RAM-a

Dobro izbrana strojna oprema za uporabo Blenderja

- 2 GHZ Quad Core CPU
- 4 GB RAM
- Full HD zaslon 24 bitno barvno globino

8 http://www.blender3d.org/cms/GPL_for_artists.495.0.html

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

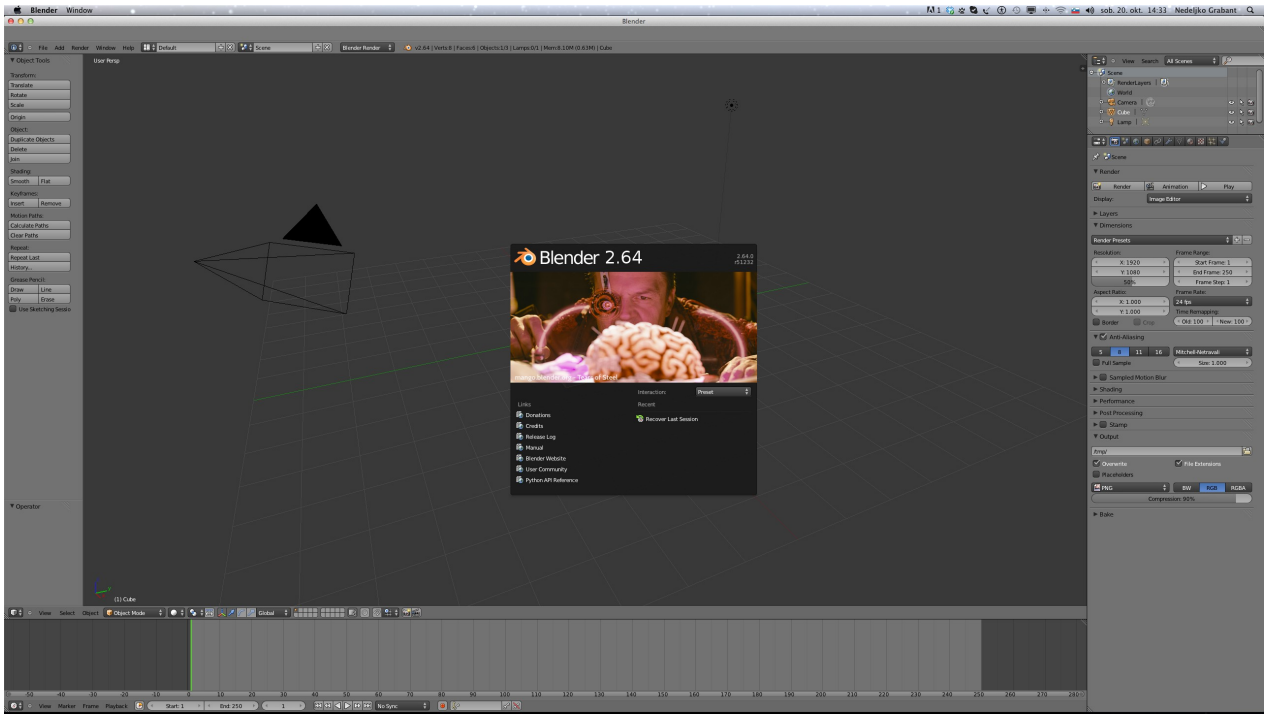
- Miška s 3-tipkami
- Open GL grafična kartica z 1 GB RAM

Strojna oprema za uporabo Blenderja v profesionalnem (proizvodnem) okolju

- Multi Core CPU
- 8-16 GB RAM
- Dva Full HD zaslona 24 bitno barvno globino
- Miška s 3-tipkami + grafična tablica
- Open GL grafična kartica z 2 GB RAM, Nvidia GTX ali Quadro, ali AMD FireGL

Uporabniški vmesnik Blenderja

Splošno povedano je **Gráfični uporábniški vmésnik** (angl. *graphical user interface*, okrajšano **GUI**, včasih se v angleščini izgovori »gooey« [guej], oziroma slovensko kar [gui]) je postopek vzajemnega delovanja z računalnikom s pomočjo podob neposrednega upravljanja grafičnih slik in elementov (*widgets*) z besedilom. Kot že sam opis kratice intuitivno pove, gre za vmesnik med uporabnikom in računalnikom oziroma programsko opremo (slika 239).



Slika 239: Uporabniški vmesnik Blender 2.64

Uporabniški vmesnik Blenderja (angl. User Interface- slika 240) odlikujejo številne lastnosti:

✔ Revolucionarni neprekrivajoči in neblokirajoč uporabniški vmesnik, ki omogoča doslej nedoseženo učinkovitost pri delu.

✔ Prilagodljiva in popolnoma nastavljiva okna s številnimi nastavitvami, ki se lahko prilagodijo po lastnih željah.

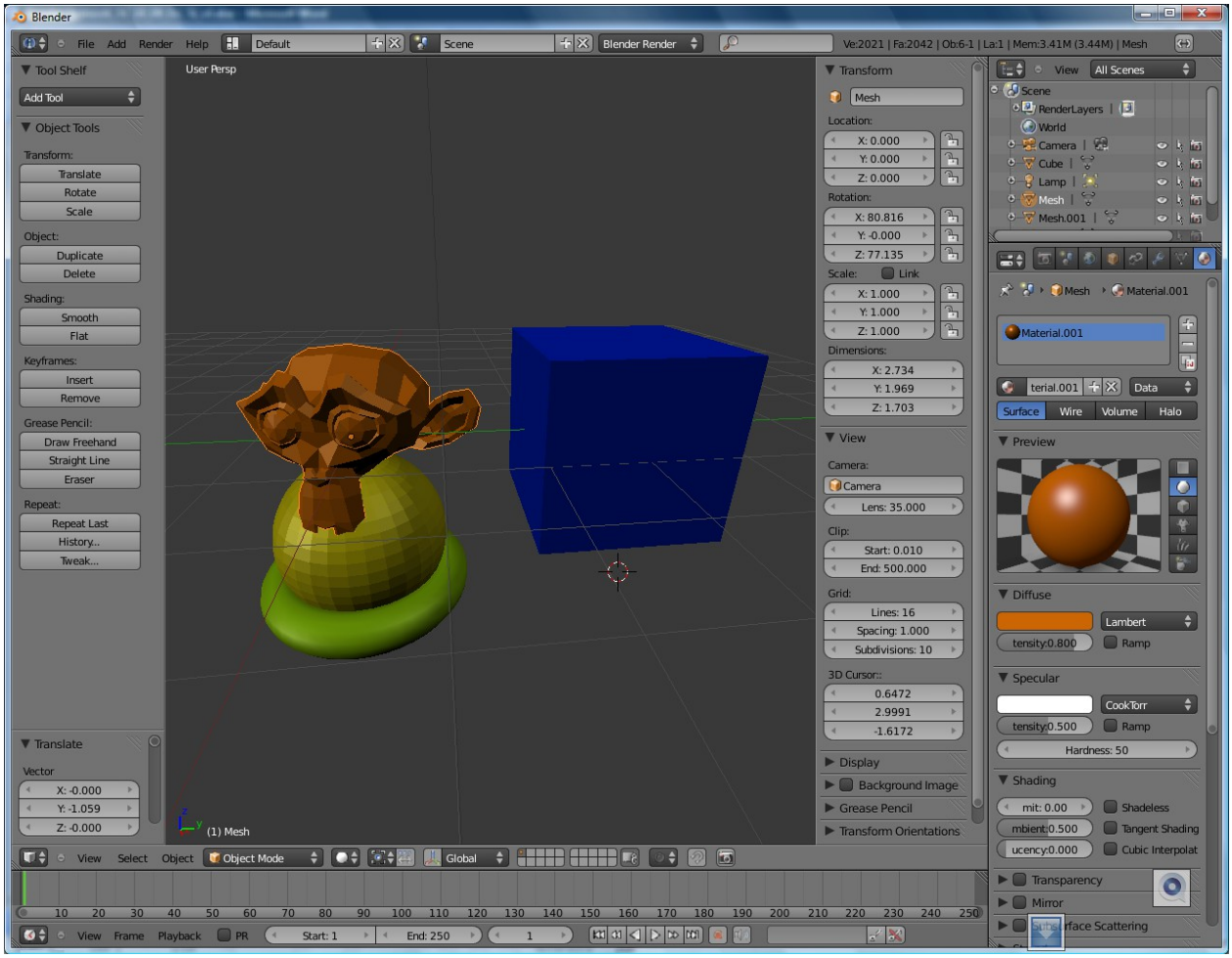
✔ Funkcija razveljavitve na vseh nivojih.

✔ Vgrajen ogromen podatkovni sistem, ki omogoča takojšno upravljanje s sceno in dinamično povezovanje večjega števila projektov, ki vsebujejo večje število datotek.

✔ Učinek antialiasa pisave za podporo mednarodnemu prevajanju tega programa.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

✔ Vsako okno se preprosto lahko preklopi v drugi tip okna (npr. za animacijo s pomočjo krivulj/ključnih okvirjev, obrisov, načrtov scenskih diagramov, nelinearno video urejanje, urejevalnik akcijske animacije osebkov, Blender za nelinearno montažo, urejanje slik in UV urejanje, izbira datotek ali slik ter upravljalnik datotek.
✔ Vgrajen urejevalnik besedila za dodajanje opomb in urejanje Pythonovih skript.
✔ Grafični uporabniški vmesnik se lahko poploma spremeni s skriptami in uporabniškimi temami.
✔ Enak videz uporabniškega vmesnika ne glede na operacijski sistem.



Slika 240*: Uporabniški vmesnik Blender 2.5 (razvojna različica) Vir: Lastna slika*

Modeliranje oseb (karakterjev)

Z veliko različnih orodij lahko na voljo tako npr. s pomočjo orodja Kiparenja (angl. Sculpting) se lahko ustvarijo zelo podrobnih organske modeli oz. osebki (angl. organic looking characters). Skupaj z modifikatorji, kot je npr. Multi-res sol ahko modeli zelo zapleteni, medtem ko uporabniški vmesnika ostaja ves čas odziven.
Ker ta orodja, ki so na voljo v Blenderju so ta zelo poenostavljena za produkcijo in spomočjo z

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

GLSL-podpore (angl. OpenGL Shading Language), da so rezultati odzivov trenutni.

- Nadomeščanje gladkosti s hitrimi Catmull-Clark podrazdelitev površine z optimalnimi prikazom iso-črtami in pri urejanju ostrine oblik.
- Zelo hitro Catmull-Clark pregradne površine z optimalnim izo linij zaslonom in ostrino urejanje
- Popolno več ločljivostne kiparske zmogljivosti (angl. Full multiresolution sculpting) z 2D-rasterskimi mapami /3D proceduralnimi čopiči (Risanje, Mehčanje, Stiskanje, Napihovanje, Premakni- (angl. Paint, Smooth, Pinch, Inflate, Grab)) s podporo simetrije.
- Orodja za gladke in mehki izbor za urejanje organskih modelov.
- Možnost uporabe Python skript za dostop, izdelavo in uporabo orodij po meri.

Modeliranje predmetov

Trdi površine (angl. Hard surfaces) in površine modelirane z razdelitvijo ploskve (angl. Subdivision surface modeling) segajo od skupnosti prispevanih kompleksnih osnovnoh gradnikov do uporabe skladovnice modifikatorjev (angl. stackable modifiers).

V modifikatorji omogoča nedestruktivno spremembe na osnovni mesh (večkotniško mrežo), jih je mogoče enostavno spremeniti, zamenjati vrstni red in razveljaviti (slika 241).

Modeliranje (angl. Modeling) omogoča izdelavo ogrodja za animirane premete (objekte) s številnimi lastnostmi :

- Območje številnih tipov 3D-objektov (slika), vključno z večkotnimi Mesh-i, NURBS–ploskve, Bézier in krivulje B-zlepkov, metakrogel ter vektorskih pisav (tipa TrueType, PostScript, OpenType) (angl. polygon meshes, NURBS surfaces, bezier and B-spline curves, metaballs, vector fonts).
- Nadomeščanje gladkosti s hitrimi Catmull-Clark podrazdelitev površine z optimalnimi prikazom iso-črtami in pri urejanju ostrine oblik.
- Popolno več ločljivostne kiparske zmogljivosti (angl. Full multiresolution sculpting) z 2D-rasterskimi mapami /3D proceduralnimi čopiči (Risanje, Mehčanje, Stiskanje, Napihovanje, Premakni- (angl. Paint, Smooth, Pinch, Inflate, Grab)) s podporo simetrije.
- Modifikatorji sklada za deformacijo, kot so mreže, krivulje, armature ali premaknitev (angl. Lattice, Curve, Armature or Displace).
- Modifikator zrcaljenja (angl. Mirror modifier) z združevanjem središčnih vozlišč in samodejnim brisanjem notranjih ploskev (angl. Mirror modifier with middle vertices clipping and automatic deletion of inner faces).
- V realnem času je mogoča uporaba ne destruktivnih Booleanskih modifikatorjev in modifikatorjev polj (angl. Non destructive real time Boolean and Array modifiers)
- Modeliranje na osnovi izbora oglišč, robov in/ali ploskev (angl. vertex, edge and/or face selection).
- Funkcije urejanja meshov, kot so izvlek, poševni izvlek (reliefni učinek), rezanje, vrtenje, vijačenje, krivljenje, podrazdeljevanje ploskev, šum, orodje za izbiro gladkih in mehkih delov pri organskem modeliranju (angl. extrude, bevel, cut, spin, screw, warp, subdivide, noise, smooth Soft selection editing tools for organic modeling).
- Dostop do Python skript za uporabniška orodja (angl. Python scripting access for custom tools).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Slika 241: Primer modeliranje humanoida v blenderju 2.42, vir: www.blender.org

Animacija

Zahvaljujoč brezhibni integraciji, preprostih opravil, kot je ciklični sprehod ali tako zapleten, kot je sinhronizacija ustnic se lahko opravi z večjim poudarkom na rezultatih in finim nastavitvam tunning (angl. fine tunning).

Z nelinearno animacijo (NLA- angl. Non Linear Animation) se samostojno gibanje, poze in geste lahko kombinirajo v sestavljene akcije in se jih razvršča posamezno ali spremeni ne da bi obnovili celotno animacijo.

Blender omogoča številna orodja, ki nam omogočajo ustvarjanje animacij (slika 242) (angl. Animation) s 3D-objekti:

✔ Deformacija armature (skeleta) s pomočjo vnaprejšnje ali inverzne kinematike (angl. forward/inverse kinematics), samodejno prekrivanje ploskev (koža oz. prevlek s teksturo) in interaktivno 3D-barvanje (angl. Armature (skeleton) deformation with forward/inverse kinematics with pole target support).

✔ Samodejno IK omogoča enostavno nastavljanje poze FK-verige (angl. Auto IK allows posing FK chains easily)

✔ Blenderjem nelinearne animacije s samodejnimi cikli hoje vzdolž poti (angl. Non-linear animation editor for mixing individual actions created in Action editor for automated walkcycles along paths)

✔ Sistem polja sil ali prisil (angl. Constraint system).

✔ Okvirji s ključnimi vozlišči za preobrazbo oz. morfanje s kontroliranimi drsniki (angl. Vertex key framing for morphing, with controlling sliders).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

✔ Urejanje in ustvarjanje novih oblik za prekrivanje(angl. blendshapes) za doseganje sedanjih ciljev (angl. Edit and create new blendshapes from existing targets)

✔ Urejevalnik drže pri animaciji osebkov.

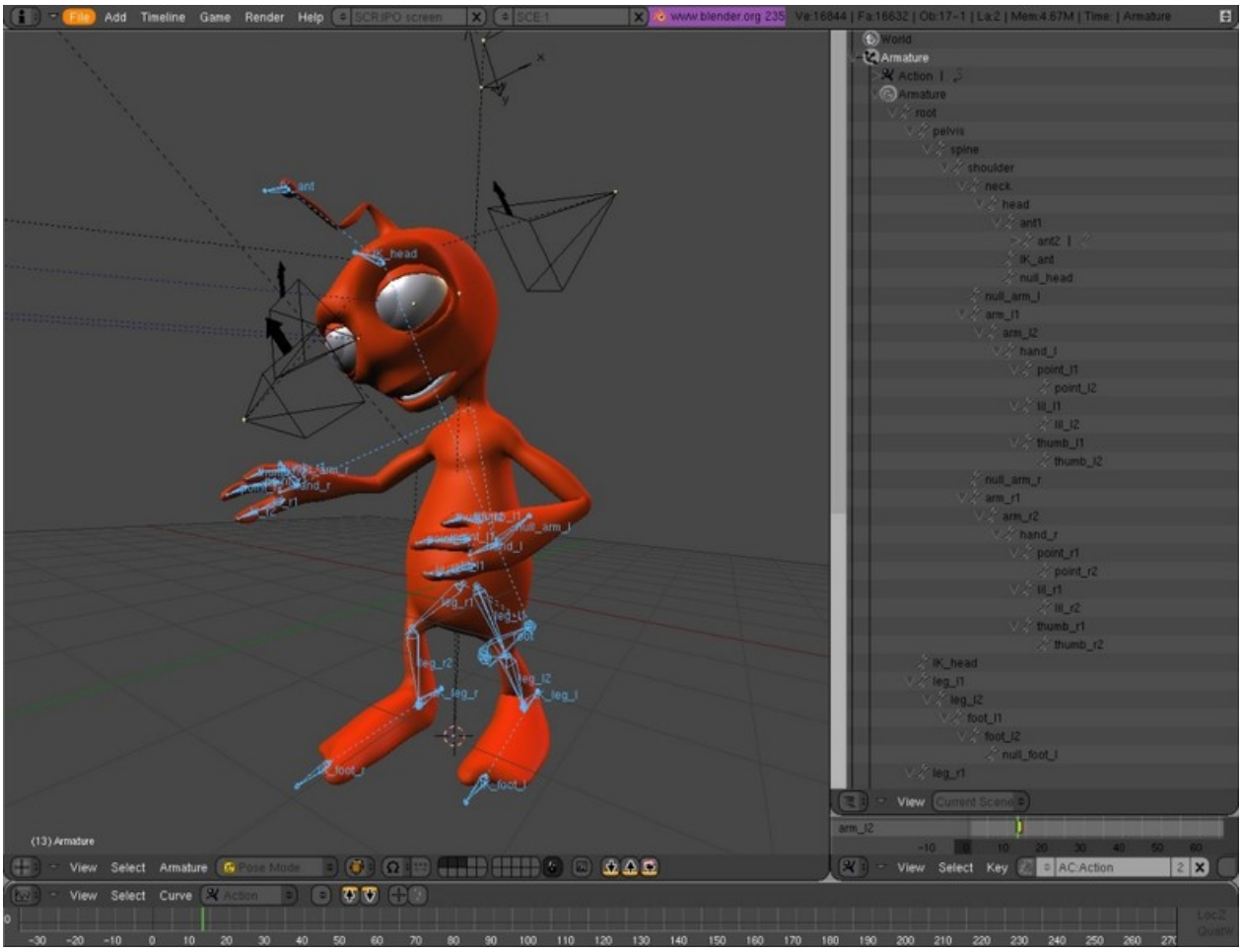
✔ Animiranje s pomočjo lattice deformacij (angl. Animatable lattice deformation).

✔ IPO-sistem (angl. InterPOlation = interpolacijski) združuje animacijo krivulj gibanja in klasično animacijo s ključnimi okvirji (angl.'Ipo' system integrates both motion curve and traditional key-frame editing).

✔ Avdio predvajanje, Blenderjem in urejanje za podporo zvočni sinhronizaciji.(angl. Audio playback, mixing and editing support for sound synchronisation).

✔ Predloge časovnega traka za hiter dostop do številnih predvajalnih funkcij, samodejni okvirji (autokey), pomožne oznake (angl. Timeline offers fast acces to many playback functions, autokey, help markers).

✔ Dostop do Python skript za uporabniške in proceduralne animacijske učinke (angl. Python scripting access for custom and procedural animation effects).



Slika 242: Primer ustvarjanja animacije s Blenderjem 2.35, vir: www.blender.org

Upodabljanje

Preizkušen in robusten privzeti pogon za upodabljanje je v industriji generator slik.

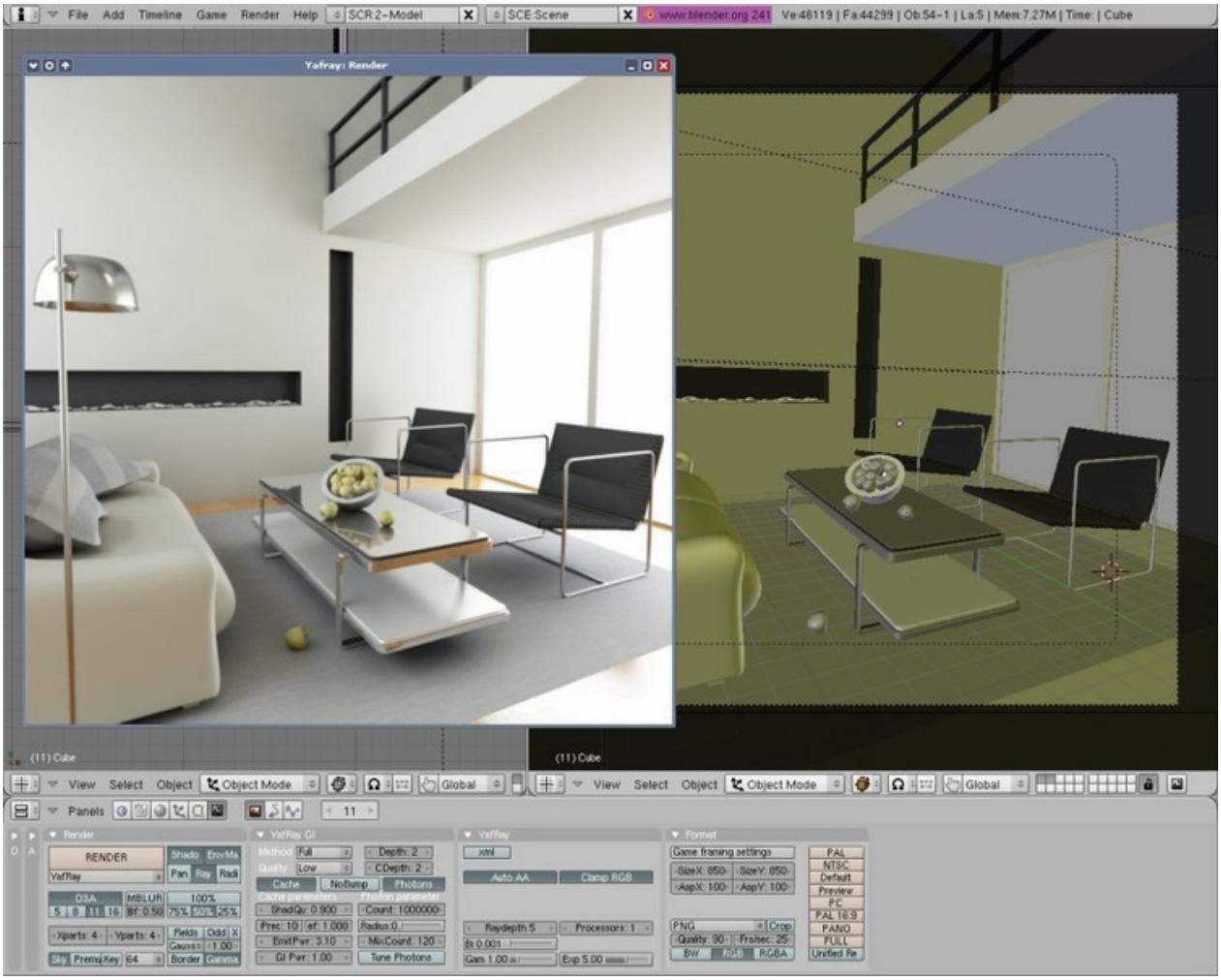
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Z močno optimizacijo za materialne vozlišč in postopkovnih teksture (angl. material nodes and procedural textures), skupaj s popolno usklajevanjem s podporo upodabljanja z farmo (angl. farm rendering), Blender notranji pogon za upodabljanje zanesljiv, hiter in učinkovit.

Nadvzorčenje, zamegljenosti, postprodukcije učinki, polja, ne kvadratnih slikovnih pik
Upodabljanje (angl. Rendering) (slika 243) je izračun videa za scene iz pogleda aktivne kamere. Na upodabljanje v Blenderju vplivajo:

- Zelo hitro vgrajeno sledenje žarkov (angl. Fast inbuilt raytracer).
- Nadvzorčenje, zamegljenosti, postprodukcijski učinki, polja, ne kvadratne slikovne pike (angl. Oversampling, motion blur, post-production effects, fields, non-square pixels)
- Deluje na osnovi tlakovanja (16 plošč) in je popolnoma nitno (angl.Tile-based and fully threaded.
- Upodabljanje plasti in pasov (angl.Render layers and passes).
- Upodabljanje s "peko" (angl. Render baking) na UV-mape in objektov (celotno upodabljanje, z zapiranjem okolja, normale, teksture angl. full render, ambient occlusion, normals, textures)).
- Pogon za upodablanje (angl. Render engine) je tesno povezano z kompozitorjem vozlišč (angl. node compositor)
- Prevzorčenje (angl. Oversampling-OSA), zabrisanje zaradi gibanja (angl. motion blur), učinki po produkcije (angl. post-production effects), okvirji ali pol slike oz. Okvirja (angl. Fields), nekvadratne točke.
- Preslikava okolja (angl. Environment maps), sijanje, svetenje oz. obstret (angl. Halos), odboj od leče (angl. lens flares), megla (angl. Fog or Mist).
- Številni načini senčenja ploskve, kot so: Lambert, Phong, Oren-nayar, Blinn, Toon.
- Upodabljanje robov zaradi senčenje tipa Toon (angl. Edge rendering for toon shading).
- Proceduralne teksture.
- Vector gibanje zamegljenosti po postopku učinek (z uporabo kompozitorja vozlišča) (angl. Vector motion-blur post-process effect (using node compositor).
- Realistični zameglitve (DOF-angl. Deph Of Field) po postopku učinek (z uporabo kompozitorja vozlišča) (angl. Realistic defocus (DOF) post-process effect (using node compositor).
- Interaktivni predogledni panel za upodabljanja v vsakem 3D-pogledu (angl. Interactive preview rendering panel in any 3d view).
- Zapiranje okolja ali ambienta (angl. Ambient Occlusion).
- Reševalec globalne izsevnosti (angl. Approximate Global Illumunination).
- Izvoz skript, za zunanje programe za upodabljanje, ko so Renderman (RIB), Povray ali Virtualight, Lux, Indigo in V-Ray (ter številnih drugih formatov: http://www.blender.org/download/resources/#c571).
- UV-urejevalnik tekstur s številnimi Mesh modeli, ki še niso oviti s teksturo (vzorcem).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 243: Primer upodabljanja s Yafray b Blenderju 2.41 Vir: www.blender.org

Upodablanje sledenja žarka (angl. Raytrace Rendering)

Ustvarite osupljive prikaze, ki uporabljajo pogon za upodabljanje, ki ravna s svetlobo na bolj naraven način, s t. i. Cycles Render Engine (cikličnim pogonom za upodabljanje).
Ne glede na moč grafične kartice Blender zagotavlja polno podporo za GPU-upodabljanje (upodabljanje z grafično kartico).
Na upodabljanje sledenja žarkov v Blenderju vplivajo:

- Hitro sledenje poti (angl. Pathtracer).
- Globalna osvetlitev (angl. Global Illumunination).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

- Popolnoma nitno na CPU.
- Podpora za upodabljanje GPU (CUDA ali OpenCL), tudi za več GPU.
- Temelji na fiziki, sistem vozliščnega senčenja (angl. node shader system).
- Upodabljanje plasti in pasov.
- Pogon za upodabljanje, ki je tesno povezan z vozliščnim kompozitorjem.
- Interaktivna živo upodabljanje v vsakem 3D-pogledu.
- Ambient zapora (angl. Ambient Occlusion).
- Naravna globinska ostrina (angl. Native Depth of Field).

Slika 244: Primer upodablanja z kompozitorjem vozlišč

UV-odvijanje (*angl.* UV Unwrapping)

Uporaba katerega koli od različnih razpoložljivih orodij za projekcijo meshov (večkotniških mrež) omogoča enostavno upravljanje s teksturnim prostorom za dano geometrijo.

Projekcija se lahko izvozijo kot orisna slika, odvijanje se lahko prilagod obstoječi sliki, uporabljajo več teksture in posebne materiale, kot je odsevno in reliefno mapiranje (angl. bump maps), lahko spremembe naredimo interaktivne in dobimo prikaz rezultatov v realnem času.

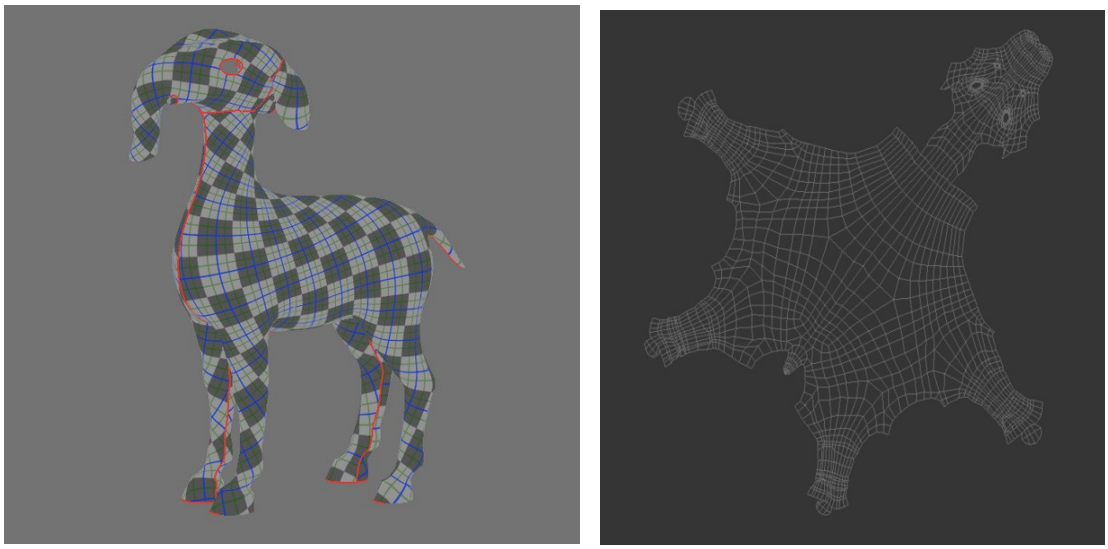
UV-odvijanje (angl.UV Unwrapping) je način prekrivanja površja 3D-modela s pomočjo 2D-tekstur. Pri tem se uporablja (slika 245):

- Metode odvijanja na osnovi prilagoditve (projekcij) in kotov.
- Interaktivno preoblikovanje UV-površja s pomočjo pritrjevanja oglišč.
- Urejanje UV-map s pomočjo proporcionalnega upadanja za doseganje gladkih preobrazb.
- UV-odvijanje na osnovi šivov (angl. Seam based unwrapping).
- Projekcije na osnovi: trenutnega pogleda, kocke, cilindra in krogle (angl. Cube, Cylinder,

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Sphere, View projections).

- Catmull-Clark podrazdelki površin za UV-površja pri popačenju leče.
- Minimalna uporaba orodja raztegovanje za zmanjšanje popačeni področji.
- Večkratna uporaba UV-plasti (angl. Multiple UV layers), kar je vidno na povezavi: (http://www.blender.org/features-gallery/feature-videos/?video=multi_uv).



Slika 245: UV-odvijanje na osnovi šivov (levo) in zemljevid ali UV-načrt Vir: www.blender.org

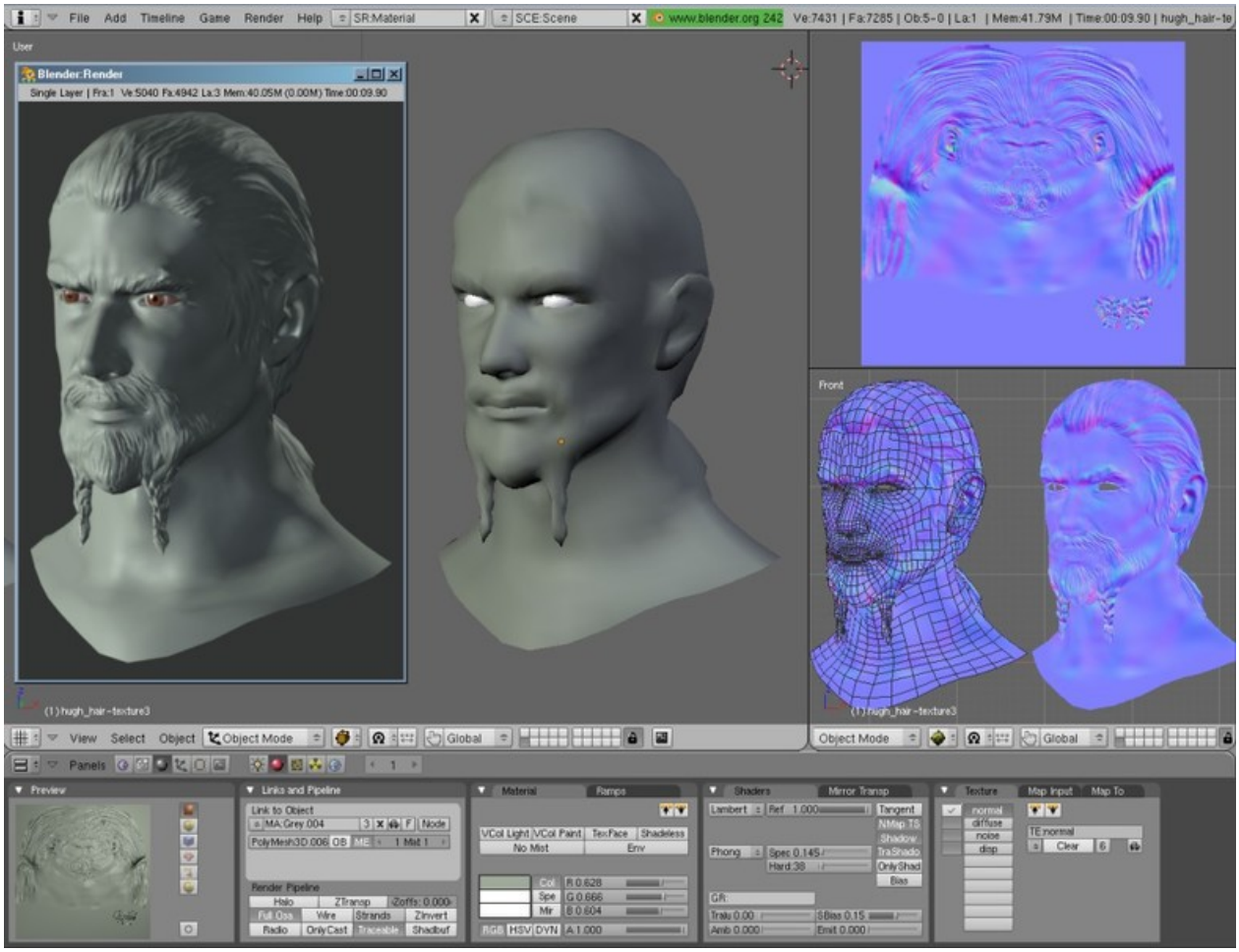
***Senčenje** (angl. Shading)*

Združevanje teksture z zrnatim deformacijami se kompleksni materiali lahko uporablja in neposredno spreminja v prikaznem polju.
S popolnim Blenderjevim vozliščnim sistemom senčenja (angl. node based Blender Shadding system)se lahko kompleksne izračunane barve pridobijo z nadzorovanim kombinacijo osnovnih materialov, osvetlitev in posebne teksture, ki se preslikajo (mapirajo) na geometrijo.

Senčenje (angl. Shading) omogoča bolj realističen prikaz objektov v 3D-prostoru (slika 246).

- Difuzno senčenje, kot so Lambert, Minnaert, Toon, Oren-Nayar, Lambert.
- Zrcalno senčenje, kot so WardIso, Toon, Blinn, Phong, CookTorr.
- Urejevalnik vozlov (angl. Node editor) za ustvarjanje in mešanje kompleksnih materialov.
- PyNodes: v njem lahko napišite lastno Python skripto za senčenja z realno časovnim odzivom in brez prevajanja.
- Predogled materiala upodobljen z glavnim pogonom za upodabljanje.
- Hitro, realistično razstresanje podploskev (angl. Fast, realistic subsurface scattering).
- Zabrisani odboji in lomljenja (angl. Blurry reflections and refractions).
- Tangentno senčenje, ki da vsakemu senčenju anizotropni učinek (angl. Tangent shading to give any shader an anisotropic effect).
- Mnogostranski proceduralni sistem tekstur.
- Mape (načrt) odboja (angl. Reflection maps).
- Mape (načrt) normal, premestitev ali prestavitve (displacement), premik; in izbočenosti (angl. Normal, displacement and bump maps).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 246: Senčenje osebka v Blenderju 2.42, vir: www.blender.org

Fizikalni pojavi in delci (angl. Physics and Particles*)*

Zapleteni in dinamični materiali, ki vplivajo eden na drugega oz. med seboj in njihovo okoljico so enostavne za vzpostavitev in nadzor, kot je npr. spreminjanje naravnega toka vode ali niz zastav na železnici v vetru s posebnimi učinki.

Od razpadajočega objekta, za eksplozijo ladje ali osvežujoč kozarec vode do na laseh, do kepe vate v zraku, puhasto dlako ali šopom trave, z fiziko in sistemom delcev se dajo dobiti čudoviti rezultati.

Blender omogoča simulacijo številnih fizikalnih pojavov in delcev (angl. Physics and Particles), kot so sila teža, veter, vodne kapljice, ogenj, sevanja ali simulacijo drugih pojavov (slika 247).

- Sistem delcev se lahko doda vsakemu objektu Mesh. Kontrolne metode vključujejo utežnostno slikanje, teksture, krivulje vodila, veter in spiralne učinke. Delci se lahko odbijejo s premikanjem geometrije.
- Šopi las se lahko ustvarijo kot sistem statičnih delcev s podporo vseh kontrolnih metod delcev.
- Simulacija fluidov s popolno animacijo pritekanja, odtekanja, ovir in fluidnih objektov.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Sila teže in viskoznost se prav tako lahko animirajo. Podprto je tudi vektorsko brisanje (zaradi gibanja) s pomočjo sistema delcev.

- Vključen je reševalec mehkih teles v realnem času v mrežo, krivuljo in besedilnih objektov. Podprto je zaznavanje trkov in učinki polja delcev, kot so veter ali vrtinci (zraka ali drugih fluidov) in mehka telesa se lahko "zapečejo" na trdi disk za hitrejše predvajanje ali upodabljanje.
- Pogon za igre s fizikalno togimi telesi se lahko "zapečejo" v animacijske krivulje.

Slika 247: Primer sinulacije kapljice oz. delcev Vir: www.blender.org

Slikovna obdelava in kompozicija (angl. Imaging and Compositing*)*

Z kompozitorjem, ki je v celoti vključeni v cevovod upodabljanja, ni potrebe po vključevanju vmesnih datotek ali aplikacij, ki omogoča hitro in enostavno popravkov in kompozicijo na vaši upodobljeni sceni.

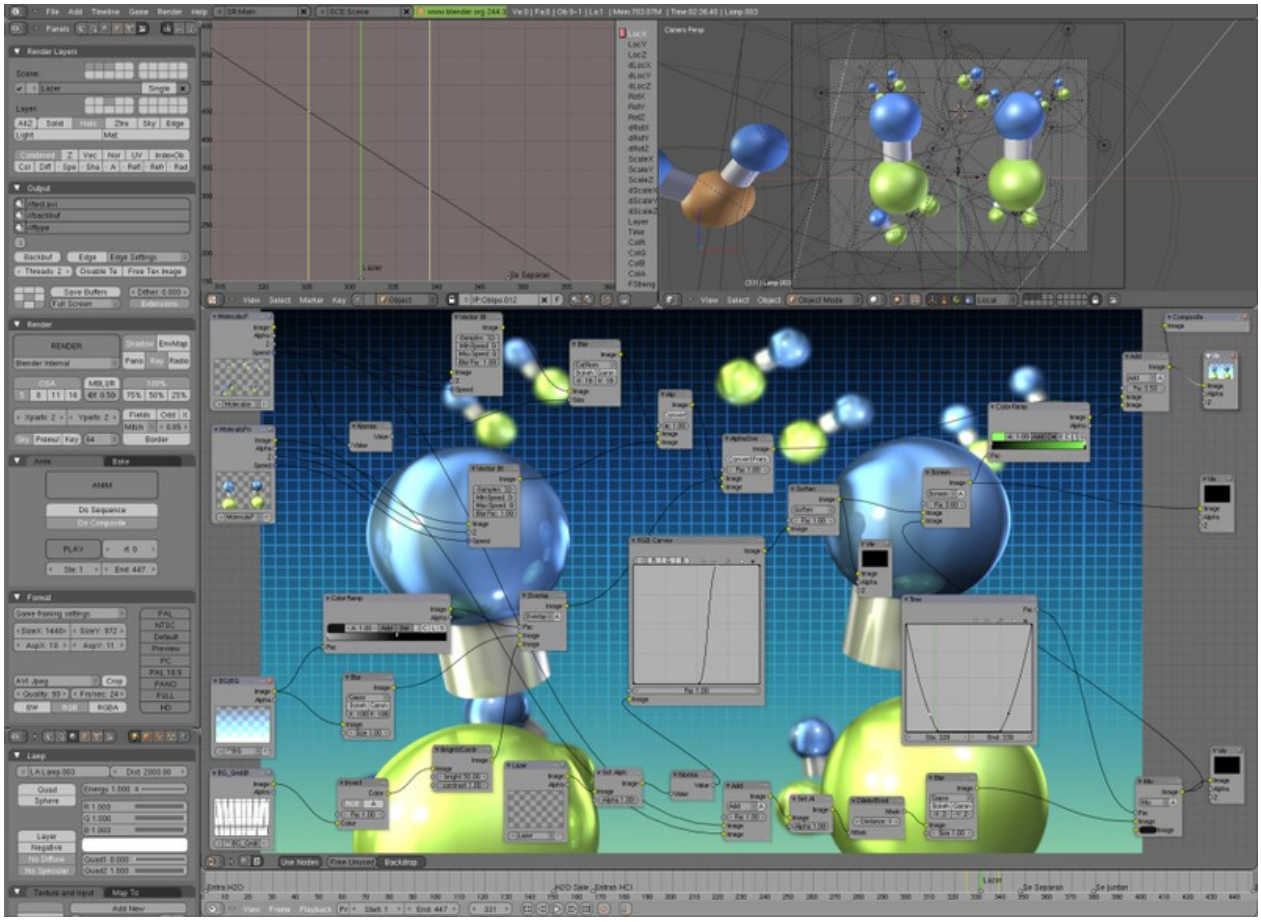
V primeru, če boste potrebovali vmesno aplikacijo lahko vam Blender upodobi vse plasti in pase v eno samo večplastno OpenEXR datoteko zaradi lažjega dostopa in učinkovito uporabo razpoložljivih strojne opreme.

Slikovna obdelava in kompozicija (angl. Imaging and Compositing) je močna stran Blenderja, ki omogoča številne tehnike za izboljšanje slike ali upodobljenje prizorov (slika 248).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

- Sam kompozitor je natančno integriran in uravnan s cevovodom za upodabljanje (angl. Compositor tightly integrated and aligned with the rendering pipeline) Vidi: http://www.blender.org/features-gallery/feature-videos/?video=map_uv_id_mask).
- Večplastni format OpenEXR omogoča shranjevanje in ponovno uporabo surovih podatkov iz plasti upodabljanja in iz pasov (angl. MultiLayer OpenEXR files allow to store and reuse raw renderlayer and passes data).Vidi: http://www.blender.org/features-gallery/feature-videos/?video=imaging in http://www.openexr.com/.
- Popolni seznam kompozitnih fitrov vozlov (angl. node), pretvornikov, barvnih in vektorskih operatorjev, vključno z odstanjevanjem ozadja, zabrisanjem, krivuljami RGB, kombiniranjem Z, barvna rampa in korekcija game.
- Predogledno okno (panel) za določanje želenega dela področja od interesa. Kompozicija se dogaja le na tem delu.
- Večjedrska podpora (do 8 procesorjev) in učinkovito delo s spominom (angl. Threaded and memory efficient (up to 8 processors)).
- Sekvenčni urejevalnik, ki deluje skoraj v realnem času in omogoča urejanje video posnetkov v trajanju več ur.
- Grafični prikaz valovne oblike in razvitih U/V-načrtov (angl. Waveform and U/V scatter plots).
- Odpiranje in pisanje številnih avdio in video datotečnih formatov s pomočjo knjižnice ffmpeg.
- Podprto je upodabljanje s pomočjo strežnika okvirjev neposredno v drugo aplikacijo.
- Podpora slik zapisanih s plavajočo vejico, kot tudi navadnih 8-bitnih slik (angl. Supports float images as well as regular 8 bits images).
- Orodje krivulje omogoča ustvarjanje preslikave od območja s plavajočo vejico do rezultatov, ki se lahko prikažejo (za slike tipa HDR).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

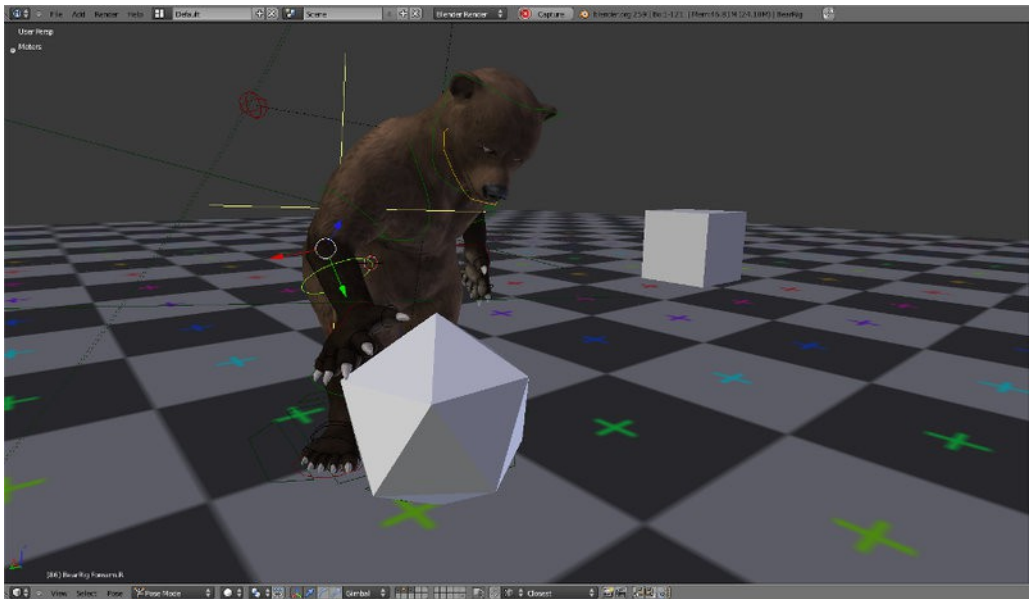


Slika 248: Primer komponiranja in obdelave slike Vir: www.blender.org

Riganje (angl. Rigging)

Preoblikovanje vsak model v osebek z pozami narave nikoli ni bilo lažje, z visoko razvitimi metodami izračuna deformacije (slika 249), ki omogočajo realistično premik meshov (angl. mesh displacement oz. modelov, ki kateri so ti sestavljeni).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

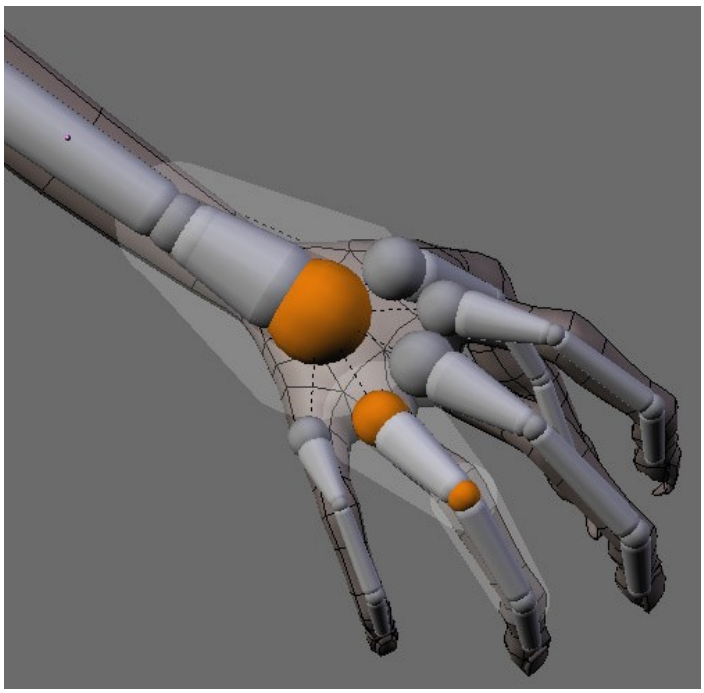


Slika 249: Primer premikanja osebka- medveda s pomočjo riga

Specializirani vtičniki (angl. add-ons), da omogoč dodajanje riga (armaturo sistavleno iz kosti in jo pripeti na mesh) za osebek v le nekaj korakih (angl. to create **professional grade rigs** for your characters).
Rigging je postopek dodajanja kosti (skeleta) in povezav med 3D-modelom in samimi kostmi, ki omogočajo animatorju uporabo Rigga za izdelavo končnih animacij (slika 250).

- Hitri način ustvarjanje skeleta – ogrodja iz kosti (angl. Fast skeleton creation mode).
- Interaktivno 3D-barvanje za določanje uteži vozlišč (angl. Interactive 3D paint for vertex weighting).
- Hitro na ovojnici osnovano prekrivanje s kožo (angl. Fast envelope based skinning).
- Samodejno prekrivanje s kožo, ki resnično deluje na osnovi uravnovešenih vročih področjih (angl. Automatic Skinning that really works (heat equilibrium based)).
- Zrcalno urejanje (ustvarjanje kosti in utežnostno barvanje).
- Uporaba dvojnih kvaternionov zmanjša usločenje in drugih deformacijskih napak na kosteh.
- Deformacija volumna se izvede z uporabo mesh kletke za deformacijo sestavljenih meshov za doseganje odličnih rezultatov.
- Plasti za kosti in barvane skupine za boljšo organizacijo riga.
- Interpolirane kosti z B-zlepki, kar omogoča da pozabimo na popačenje ukrivljanja komolcev (angl. B-spline interpolated bones; forget about elbow twists).
- Sklad za omejevanje sil za nastavitev IK-reševalca in za drugo omejevanje sil (angl. Constraint stack for IK solver setup and other constraints).
- PyConstraints (python omejevalniki) ali pythonovo omejevanje sil je uporabno, če potrebujete nekaj, kar ni implementirano v kodi in python se odziva v realnem času ter ni potrebno prevajanje takšne skripte (angl. PyConstraints; if you need something not yet implemented code it in python with real time feed back, no compiling needed).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 250: Primer rigging-a roke Vir: www.blender.org

Realno ustvarjanje 3D-igric (angl. Realtime 3D/Game Creation*)*

S svojo popolno vključitvijo v bazno kodo in njeno popolnoma grafični vmesnik je igralni pogon (angl. game engine) popolnoma neodvisna in hkrati popolnoma prilagojen vašim programerskim spretnostmi.

Uporabljajte lahko vizualne bloke podatkov, da ustvarite svojo igro logike, ali kodirate sami svojo logiko ter,ko končate vaš izdelek mogoče prenesti v izvajalno okolje (angl. run time environment) po vaši izbiri.

Blender omogoča tudi realno ustvarjanje 3D-igric (angl. Realtime 3D/game creation) s pomočjo (slika 251):

- Grafični urejevalnik za definiranje interaktivnega vpliva (vedenja) brez programiranja. (angl. Graphical logic editor for defining interactive behavior without programming).
- Zaznavanje trkov in dinamične simulacije zdaj podpira knjižnico Bullet Physics Library (http://bullet.sf.net/). Bullet je odprtokodna knjižnica za zaznavanje trkov in dinamiko togih teles in je bila razvita za Play Station 3.
- Tipi oblik: konveksen polieder, kvader, krogla, stožec, valj, ovojnica (kapsula), sestavljeni in statični trikotnik s samodejnim deaktiviranim načinom.
- Diskretno zaznavanje trkov za simulacijo togih teles.
- Podpora v igri se aktivira za dinamično omejevanje.
- Popolna podpora za prenos dinamičnih sil, vključno z reakcijo vzmeti, togostjo, dušenjem, trenjem gum itd.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

- Python skripte API za sofisticirano kontrolo v AI, polno definirane napredne logika za igre.
- Podpora vseh OpenGL svetlobnih modelov vključno s prosojnostjo, animiranih in za odbojno-mapiranih tekstur.
- Podpora več materialov, več tekstur in načinov prelivanja tekstur, luč na posamezno slikovno točko, dinamične luči, načine preslikave, GLSL-slikanje oglišč za prelivanje tekstur, senčenje za risanko, animirani materiali, podpora za preslikavo normal in paralakse (angl. Support for multimaterials, multitexture and texture blending modes, per-pixel lighting, dynamic lighting, mapping modes, GLSL vertexPaint texture blending, toon shading, animated materials, support for Normal Maping and Parallax Mapping).
- Predvajanje iger in interaktivnih 3D-vsebin brez prevajanja ali predprocesiranja.
- Avdio z uporabo SDL-kompleta orodij (angl. Audio, using the SDL toolkit).
- Večplastne scene za prekrivne vmesnike.

Slika 251: Primer 3D-igrice Vir: www.blender.org

Formati datoteke

Blender podpira številne formate datotek (angl. Files) (slika 252 in 253):

- Shranjevanje vseh podatkov scene v eni datoteki s končnico .blend. Vsaka slika, zvok ali pisava se lahko vključi v datoteko zaradi lažjega prenosa datoteke (angl. Save all scene data in a single .blend file, even images, sounds or fonts can be packed for easy transportation).

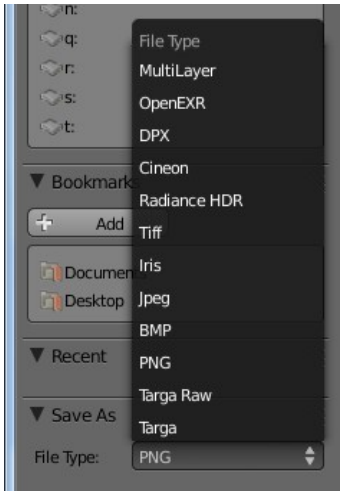
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

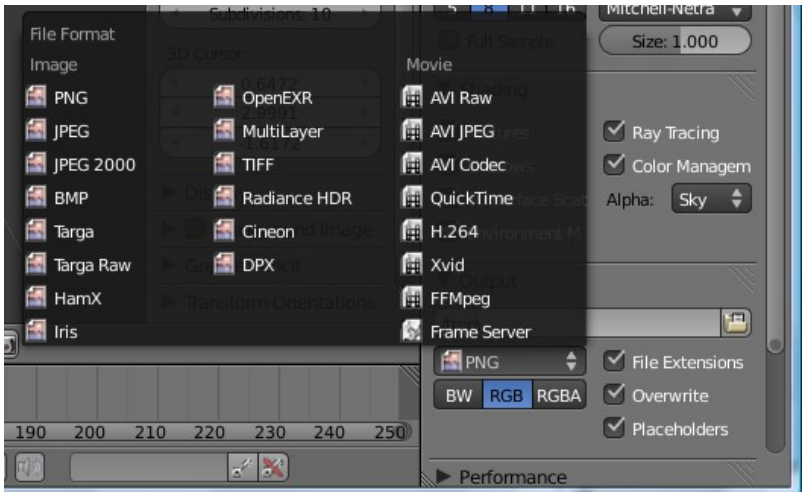
- Vgrajen je močen sistem podatkovne baze, ki omogoča instance, upravljanje s scenami in dinamično povezovanje številnih projektih datotek.
- Blenderjev format .blend podpira stiskanje, digitalne podpise, kodiranje (angl. Encryption), kompatibilnost naprej/nazaj ((angl. forwards/backwards compatibility) in se lahko uporabi kot knjižnica (angl. Library), ki je povezana z drugimi .blend datotekami.
- Branje in pisanje številnih 2D- in 3D-formatov :
  - **2D**

TGA, JPG, PNG, OpenEXR, DPX, Cineon, Radiance HDR, Iris, SGI Movie, IFF, AVI and Quicktime GIF, TIFF, PSD, MOV (Windows and Mac OS X)

  - **3D**

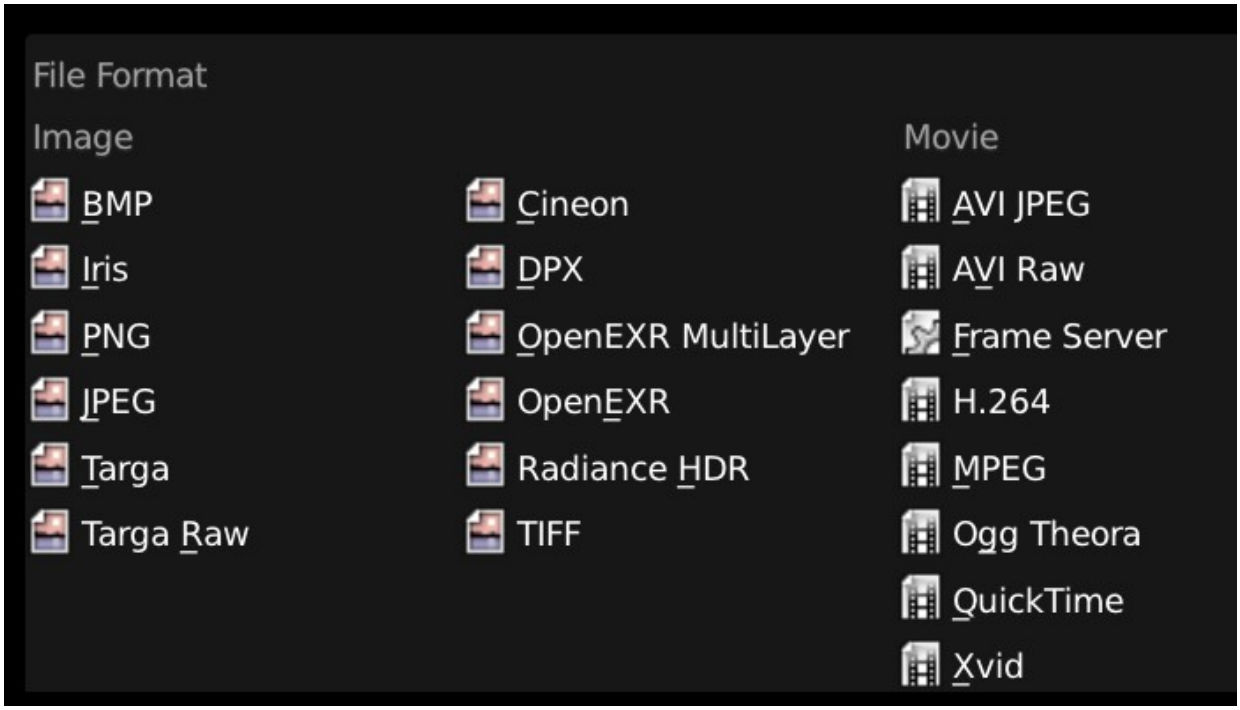
3D Studio, AC3D, COLLADA, FBX Export, DXF, Wavefront OBJ, DEC Object File Format, DirectX, Lightwave, MD2, Motion Capture, Nendo, OpenFlight, PLY, Pro Engineer, Radiosity, Raw Triangle, Softimage, STL, TrueSpace, VideoScape, VRML, VRML97, X3D Extensible 3D, xfig export.





Slika 252: Primer 2D in 3D-formatov v Blenderju 2.5 (slik in filmsi formati) Vir: lastni sliki

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



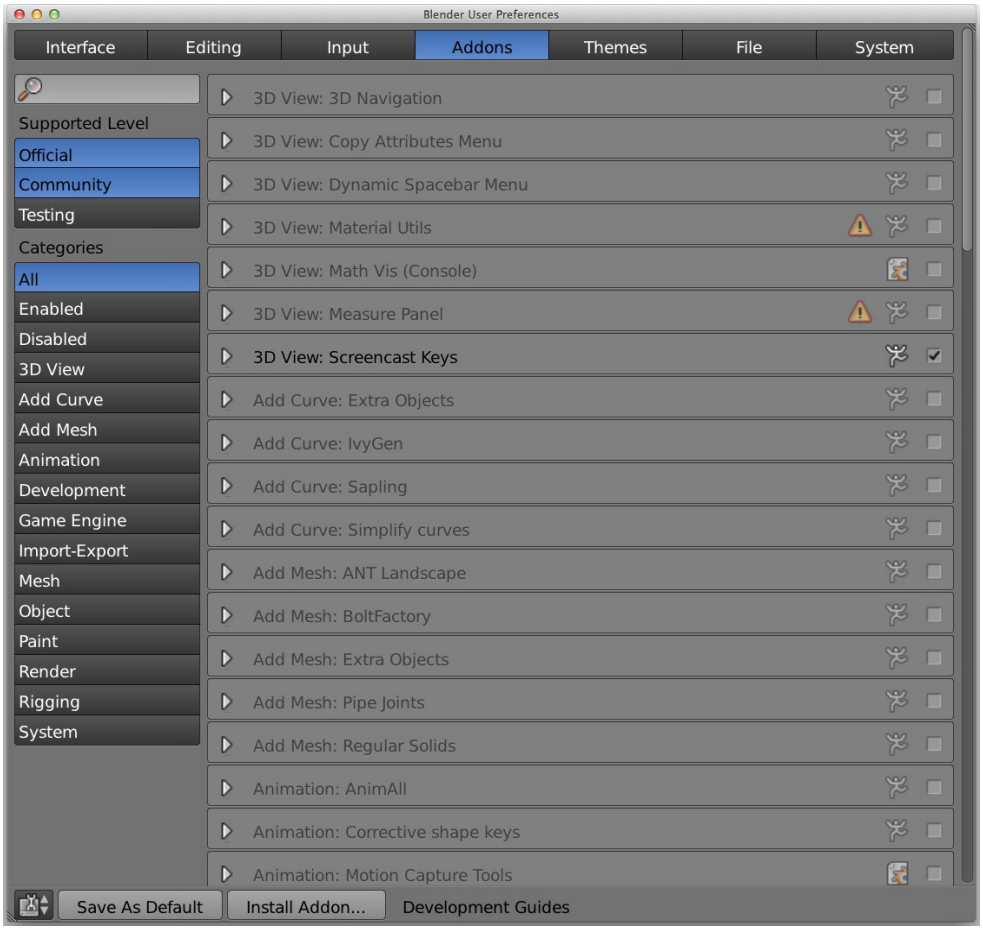
Slika 253: Primer izvoznih 2D in 3D-formatov v blenderju 2.64 (slik in filmsi formati) Vir: lastni sliki

Razširitve (angl. Extensible)

Blender ni samo program, je tudi fondacija in skupnost, kot rezultat kadarkoli uporabljajte Blender niste sami, saj na stotine ljudi po vsem svetu, od programerjev za konjiček do strokovnjakov, vsi lahko Blenderju prispevajo dodatne funkcije vsak dan.
S podporo, od različnih razpoložljivih spletnih virov prijaznih skupnosti IRC, se Blender samo izboljšuje in kdo ve, morda bo naslednji velik prispevek prav z tvoje strani.
Vse funkcionalnosti programa so dostopne preko Python-a, kar omogoča, da ustvarite lastnih programskih rešitev.
Skupnost prispeva dodatke (slika 254), ki razširja vse vidike funkcionalnosti, vključno s pogoni za upodabljanje, uvozno-izvoznih formatih datotek in dostopnih mesh objektov.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Podprti operacijski sistemi



Slika 254: Vtičniki in dodatna orodja

Blender je preveden in deluje na številnih operacijskih sistemih (angl. Supported Platforms):

- MS Windows XP, Windows 7, Windows 8
- Mac OS X (PPC and Intel)
- Linux
- FreeBSD

Uporaba Blenderja oz. izdelava aplikacij

Uporaba Blenderja oz. izdelava aplikacije (angl. Applications), ki jih izdelujejo uporabniki tega popolnoma 3D-integriranega programskega paketa, omogoča izdelavo visoko kakovostne 3D-grafike, filmov ali izvedbo vsebin v realnem času ter 3D-interaktivnih vsebin. Skozi desetletni razvoj se je Blender razvil v domače orodje iz vodilnega Evropskega animacijskega studia (nizozemskega podjetja NaN). Tako da je Blender danes sodobna tehnologija, ki se lahko uporablja za ustvarjanje kakovostnih 3D-vsebin, ki se lahko objavljajo na številnih področjih ter oddajajo npr. v TV-mrežah.

V času Blender Conference 2004 so številni govorci omenjali področja, pri katerem uporabljajo

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Blender pri svojem lastnem delu[9].
Tako ga profesionalci in ostali uporabniki Blenderja uporabljajo na naslednji področjih oz. opravilih:

- Arhitektura in industrijske aplikacije (angl. Architectural/Industrial applications): Blender uporabnikom omogoča izdelavo in razbremeni uporabnika pri ustvarjanju veličastnih fotorealističnih animacij v priročnih in kratkih datotekah. Idealen je za prenašanje in v primeru, da se bojite stroškov pri izdelavi 3D-predstavitev. Vklopite Blender: ustvarite model, oblikujte (angl. Design) in ga prikažite v lastnem produkcijskem okolju in brez velikih stroškov.
- Oblikovanje spletnih strani (angl. Web Design): Odlično orodje za izdelavo 3D-grafike, ki omogoča tudi enostavno, privoščljivo in hitro interaktivnost.
- Vzbujanje pozornosti (angl. Branded Advertainment): Pri tržnih reklamah z razburljivo interaktivnostjo (vzajemi učinek gledalca oz. igralca). S pomočjo zadrževanja gledalcev z razvojem interaktivnih igric ali kombiniranje marketinških sporočil s presenetljivimi animacijami.
- Animacija osebkov (angl. Character Animation): Te je mogoče izvest z Blender-jem, da ti dobi nov obraz, globino in veliko interaktivnost. Podjetja s tem pridobijo fantastičene možnosti za javno predstavljanje v novi luči in nad povprečjem konkurence.
- E-poslovanje (angl. e-commerce): Blender pomaga ustvariti poslovne izkušnje v realnem času. V kombinaciji z bogatim okoljem in s 3D-modeliranjem omogoča ustvarjanje unikatnih izkušenj, ki omogočajo prodajo na drobno.
- ustvarjanje modelov (angl. Product Modeling): Opazovalcu omogoči več kot rotacijo okoli objekta, z interaktivnostjo, lahko sam razišče lastnosti objekta in tem primeru je Blender most med objektom in opazovalcem. Močen in skoraj intuitiven se z uporabo Blenderja izdelajo osupljivi 3D-objekti.
- izdelava e-učnih vsebin (angl. e-learning applications): Blender poveča učne izkušnje, ko se pri učni snovi uporabljajo interaktivni modeli, poučne igre in 3D-moduli.
- E-trženje (angl. e-marketing): Pomaga pri realizaciji potenciala pri e-trženju s pomočjo obogatene e-pošte, voščilnic, virtualnega trženje ali npr. kreativnega sponzorstva …
- Predstavitve (angl. Presentations): predstavitvah je potrebno imeti bolje dodelane in naprednejše od konkurence. S uporabo Blenderja se preprosto poživijo predstavitve s programi, kot so PowerPointom, Directorom in Wordom. Izdelate lahko očarljive in interaktivne 3D-spletne strani. Lepota Blenderja je v njegova možnost uporabe na številnih operacijskih sistemih.
- Postprodukcija/vizualni učinki (angl. **Post-production/Visual Effects)**: Presenečeni boste, kako se lahko na hitro izdela model v Blenderju, ter izdelana stvaritev je prenosljiva in se lahko prikaže na spletu ali virtualno. Uporaba programa Blenderja se da preprosto naučiti, ker je prostodostopen in se lepo vključuje v številne sisteme (produkcijske in operacijske).

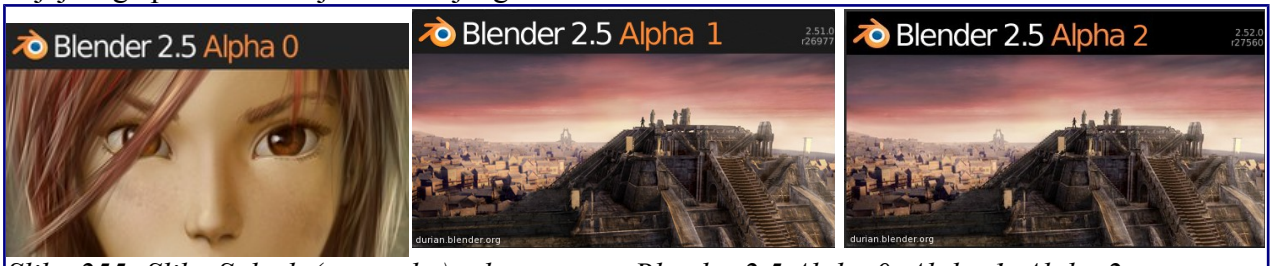
9 http://www.blender3d.org/cms/Professionals.156.0.html

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Opis pomembnejših lastnosti nove različice Blender 2.64

Z uradne spletne strani Blenderja http://www.blender.org/ lahko prenesemo najnovejšo različico Blenderja 2.6. Skoraj vsak dan je najnovejša različica prevedena v izvršljivo obliko za posamezen operacijski sistem (MS Win, Linux in MAC) in je dostopna s spletišča http://www.graphicall.org/builds/.
Naslednje besedilo je prevod s spletišča http://www.blender.org/development/release-logs/blender-250/(1. 10. 2010), ko še ni bilo objavljenih novejših različic.

Fundacija Blender in skupnost spletnih razvijalcev s ponosom predstavljata Blender 2.5 Alpha 0, Alpha 1, Alpha 2 (slika 255 od leve proti desni).
Ta verzija je prva testna uradna različica serije Blender 2.5 in predstavlja vrhunec več desetletij trajajočega preoblikovanja in razvojnega dela.



Slika 255: Slika Splash (zagonska) od programa Blender 2.5 Alpha 0, Alpha 1, Alpha 2

Kaj pričakujemo od različice Blender 2.5?

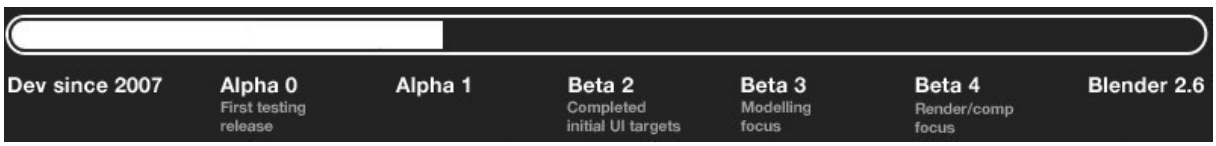
To je najboljša različica do sedaj. Vsebuje ogromno izboljšav v različnih smereh.
Čeprav je večina lastnosti prejšnje različice vključenih, vse funkcionalnosti še niso bile v celoti obnovljene. Nekatere funkcije se lahko ponovno vključijo na drugačne načine.
Hrošči – veliko smo jih odpravili, vendar je še vedno nekaj „tihih“ in neodkritih napak. Trenutno je izdana Alpha različica programa, a izdaja še ni stabilna.
Spremembe - če ste sicer navajeni starega Blenderja, se vam lahko Blender 2.5 zdi precej drugačen na prvi pogled, vendar se boste kmalu nanj navadili.

Sodelujte pri razvoju Blenderja!

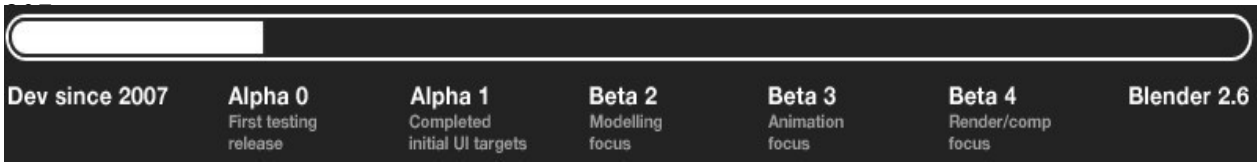
Tu je še veliko dela je opraviti pred naslednjo stabilno različico.
Verjetno je da ne marate hroščev (programskih napak), zato nam vaša pomoč pri poročanju hroščev pomaga, da postane Blender 2.5 v najhitrejšem času čim bolj stabilen.
Hrošče lahko objavite v bug tracker ali z uporabo *Help → Report a Bug* znotraj Blender 2.5.

Blender 2.5 načrt

Delo na razvoju serije Blender 2.5 (slika 257 in 256) bodo nadaljevali skupaj s tretjim odprtim filmskim projektom z imenom Durian in s svetovno razvijalsko skupnostjo.



Slika 256: Zgodovinski trak razvoja Blender 2.5 Apha1



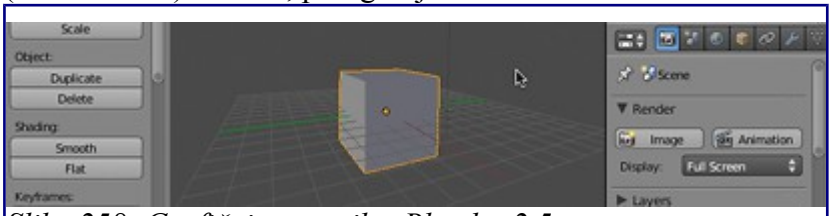
Slika 257: Zgodovinski trak razvoja Blender 2.5

Uporabniški vmesnik

Blener 2.5 ima posodobljen grafični uporabniški vmesnik (angl. GUI[10]). Možno je tudi spreminjanje bližnjic na tipkovnici ter spreminjane izgleda uporabniškega vmesnika po svoji želji.

Posodobitev grafičnega uporabniškega vmesnika

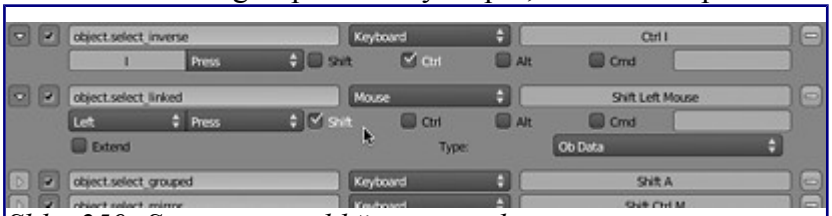
Blender 2.5 ima novo postavitev GUI (slika 258) s posodobljeno grafično obliko in novim naborom ikon. Postavitev GUI je bila namenjena za boljšo organizacijo in za lažjo navigacijo ter je v celoti prilagodljiva s Python skripto. Druge izboljšave vključujejo nov brskalnik (raziskovalec) datotek, prilagodljive orodne vrstice ...



Slika 258: Grafični vmestnik v Blender 2.5

Lastne bližnjice na tipkovnici

Blender 2.5 verzija je bila oblikovana iz nič in uporabnikom omogoča oblikovanje lastnih bližnjic na tipkovnici (slika 259). Definicije bližnjic (kombinacija tipk) so izvedene v "ključnih zemljevidih (tabelah)" in vsak zemljevid se lahko popolnoma prilagodi in shrani (ang. Key definitions are be grouped in "key maps", and each map can be fully customized and saved).



Slika 259: Spreminjanje bližnjic na tipkovnici

Notranja ahitektura Blender datotek

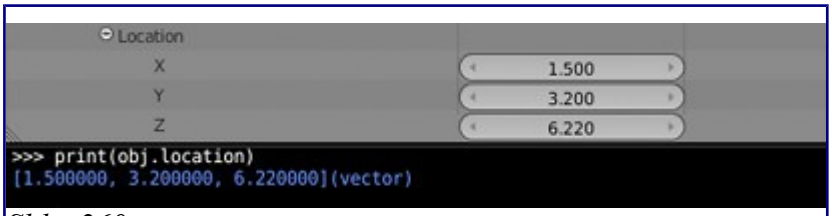
Nova verzija Blender 2.5 ponuja tudi boljši notranji nadzor in organizacijo znotraj datoteke s končnico .blend (to je format zapisovanja datotek Blenderja).

Dostop do podatkov

Blenderjeva datoteka s končnico .blend vsebuje vse podatke, kjer so vključene: koordinate od posameznih vozlišč do odnosov med predmeti, sestavljena vozlišča, animacijske kriulje, teksture, položaj in zgradba uporabniškega vmesnika ... Vse to je dostopno in zapisano skozi konzistenten sistem (slika 260). Na ta način je omogočen nadzor uporabniškega vmesnika, API Python skript, animacijskega sistema ..., za dostop do in urejanje vseh podatkov, hkrati pa zagotavlja boljšo interakcijo, obogateno s povratnimi informacijami, kot je priročna pomoč, urejanje ključni okvirjev in izrazov gonolnikov (driver expression) ter resnične merske enote sveta.

10 Graphical user interface - Grafični uporabniški vmesnik

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



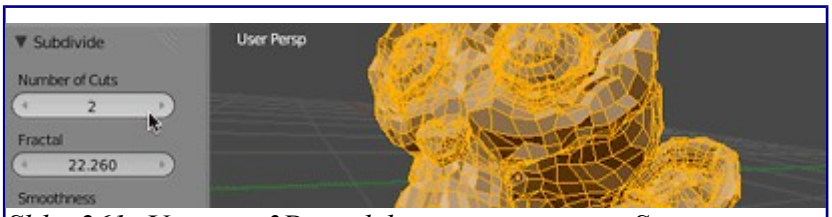
Slika 260: ***Pregled lastnosti položaja objekta pri tiskanju***

Blender 64-bitna verzija za Windows, Linux in OS X

Naprej je obstajala 64-bitna verzija Blenderja za Linux in Windows, zdaj je podprta tudi 64-bitna različica za OS X.

Orodje sistema

„Operator“ je nova opredelitev splošne definicije orodja v Blenderju (slika 261). Ta sega od datoteke naloži/shranit, uporabniškega vmesnika, upravitelja za dodajanje in urejanje predmetov in njegovih podatkov. Operatorje lahko iščete, zagotavljajo interaktivno urejanje s posodabljanjem, ki se odziva v realnem času.



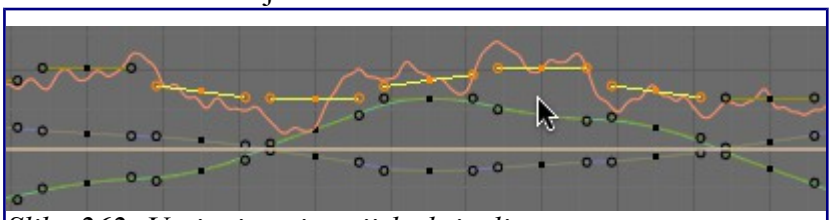
Slika 261: Urejanje 3D-modela opice z imenom Suzanne

Animacijski sistem

V animacijskem sistemu (angl. Animation System) lahko urejamo in izvajamo animacije nad/z nekim modelom.

F-krivulje, akcije, NLA

Eden od posebnosti 2.5 različice je, da je lahko „vse“ v Blenderju animirano (slika 262). To ima za posledico, da se prejšnja koda ne more samo prenesti in je bilo potrebno narediti temeljito programsko preoblikovanje (angl. redesigns). Posamezne lastnosti objektov se animirajo s F-krivuljami, ki so zbrane v skupinskih akcijah (dejanjih), to so instance in večplastne ter mešane v nedestruktivnem urejevalniku NLA.

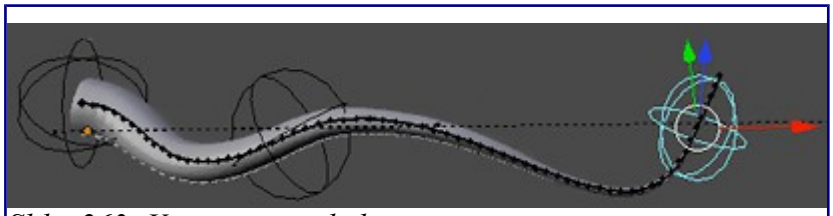


Slika 262: Urejanje animacijske krivulje

Vrtenje okoli osi

Vrtenje inverzne kinematike (angl. Spline IK) je omejitev, ki usklajuje verige kosti vzdolž krivulje (slika 263) (angl. Spline IK is a constraint which aligns a chain of bones along a curve.). To je še posebej primerno za urejanje prilagodljivih delov telesa, kot so repi, lovke in lasje, kakor tudi za anorganske predmete, kot so vrvi (angl. It is particularly well suited for rigging flexible body parts such as tails, tentacles, and spines, as well as inorganic items such as ropes.).

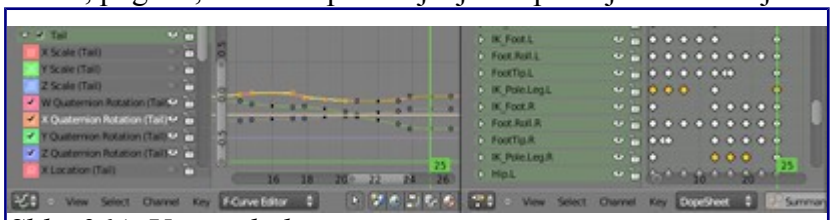
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 263: Vrtenje repa okoli osi

Urejevalnik animacije

Urejevalnik animacije (slika 264) je v Blender 2.5 zamenjal star grafični urejevalnik s povsem novim urejevalnikom, ki podpira več predmetov in F-krivulj sočasno. Preoblikovani nelinearni urejevalnik animacij (NLA) omogoča nove funkcionalnosti za animacijo oblike, scene z opisnim listom, pogone, izraze in postavljanje skupin ključnih okvirjev.



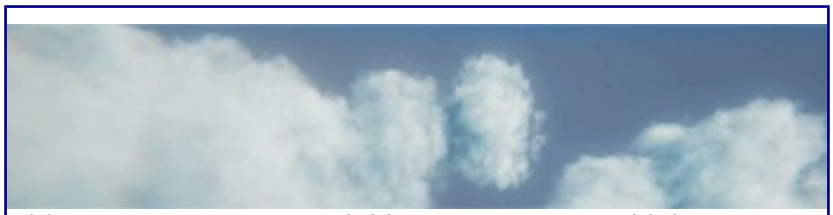
Slika 264: Urejevalnik animacije

Upodabljanje

V novi verziji Blenderja je omogočeno upodabljanje (angl. Rendering) materialov, kot je opisano v naslednjem odstavku.

Urejanje prostornine

V Blender 2.5 so vključili upodabljanje prostornine (slika 265) (angl.Volume Rendering), ki vključuje prostorninske materiale, namenjene upodabljanju delcev in plinov, kot so dim, oblaki, in ogenj (angl. Blender 2.5 includes a volume material, intended for rendering particles and gases such as smoke, clouds, and fire).Vse proceduralne teksture so podprte kot viri podatkov, kot tudi dve novi teksturi za upodabljanje vokslov (prostorninskih kock) in oblakov. Na voljo so različne možnosti senčenja od megli podobne prostornine, ki temeljijo na fizični razpršenosti do lastnega senčenja.



Slika 265: Primer po upodablanju prostornine oblaka

Optimizacija sledenja žarka

Optimizacija sledenja žarka (angl. Ray tracing optimization) je del nastal s sponzorstvom poetnega tabora Googla po imenom Google Summer of code (Googlovo poletje kodiranja). sistem Pospeševalnik sledenja žarka se je popolnoma prenovil in je postal bistveno bolj učinkovit ter omogoča podpiro za nove funkcije, kot so npr. instanca ali vzorec angl. instance (slika 266). Zdaj vsebuje na osnovi večkratne BVH-pospeševalne strukture, v jeziku umetnikov se nekateri prizori upodobijo do 10-krat hitreje!

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Slika 266: Množično upodabljanje istega objekta

Fizikalni pojavi

Blender omogoča simulacijo fizikalnih pojavov, kot so polje sil, trkov delcev, dim, veter, voda, oblačila in mehka telesa.

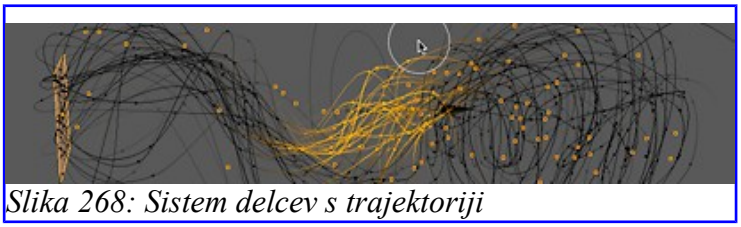
Simulacija dima

Blender 2.5 vsebule nov simulacijski pogon dima na osnovi tekočin. Poleg tega vsebuje zmožnost skaliranja simulacije nizke ločljivosti, mankajoči deli se nadomestijo z valovnimi turbulencami. Dim se ustvarja z vnosom gibajočih delcev ter na jih vplivajo trki z ovirami in polja sil. Izhodni podatki dima se zapisujejo kot voksli (angl. voxels), ki se upodablajo kot prostornine.

Slika 267: Primer simulacije dima

Delci

Sistem delcev je bil prenovljen, tako da sedaj uporablja popolnoma interaktivno predvajanje animacije in njihovo urejanje. Novi dodatki omogočajo urejanje poti delcev z orodjem čopič, nov točkovni zajemalni sistem, nova telesna fizika in dinamika las s pomočjo simulacije oblačil.

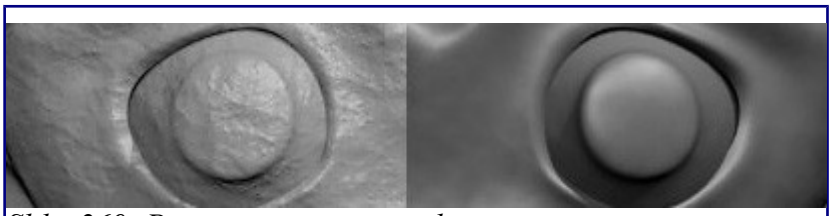


Slika 268: Sistem delcev s trajektoriji

Ostale funkcije upodabljanja

Dodatne funkcije upodabljanja (angl. Other rendering features) v 2.5 Alfa 0 vključujejo izboljšanje mapiranja in teksturno filtriranje (slika 269), prvo različico mapiranja globokih senc in barvnega upravljanja (integriran linearni potek dela).

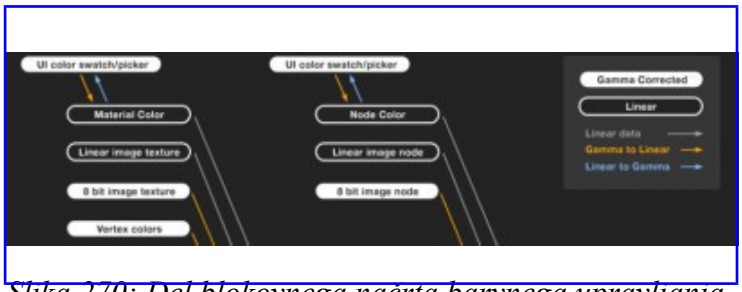
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 269: Primer mapiranja in glajenja

Barvno upravljanje

Blender 2.5 vključuje prvo različico barvnega upravljanja (angl. Color Management -slika 270). Trenutno je ta omejena z linearnim potekom dela (angl. Linear Workflow) v času upodabljanja - gama popravki so linearizirani pred upodabljanjem, upodabljanje in delo s kompozitorjem se opravi v linearnem barvnem prostoru RGB, vrednost game je popravljena v linearni barvni prostor RGB pred samim prikazom slik v urejevalniku slik (angl. image editor.).
Nadaljnje delo bo vključevalo podporo za prikaz profilov, LUT (angl. Lookup tables - vpogledne tabele), in natančnejši nadzor zrnatosti nad vhodno-izhodnimi pretvorbami.



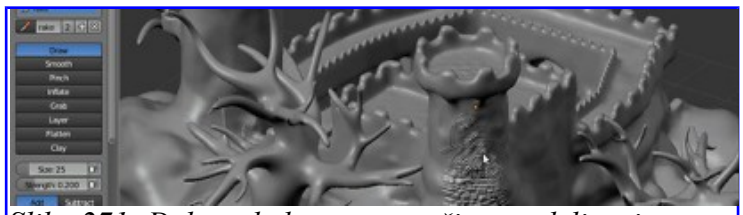
Slika 270: Del blokovnega načrta barvnega upravljanja

Modeliranje

Obstajajo številni načini, s katerimi lahko v Blenderju ustvarjamo 3D-modele. Posamezni najbolj razširjeni načini so v nadaljevanju opisani.

Kiparni način in modeliranje z večločljivostjo

Kiparni način modeliranja (angl. Sculpt and Multi-resolution) je v Blenderju optimiziran in vključuje bistveno povečanje učinkovitosti risanja in urejanja ter zmanjšanje porabe pomnilnika in omogoča podporo za prikaz modelov z več podrobnostmi (slika 271). Dodana so bila nova orodja in obstoječa so bila izboljšana. Večločljivostni meshi (vozlišni model) so bili ponovno zapisani in so zdaj na voljo kot modifikatorji (angl. Modifier), ki omogočajo boljšo integracijo z animacijskim sistemom in ohranjanje premikov pri urejanju mesh topologije.



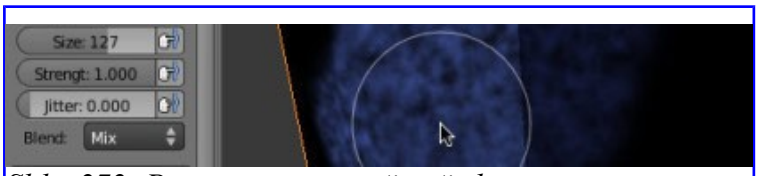
Slika 271: Delo v skulpturnem načinu modeliranja

Risarski čopič

Blenderjeva metoda dostopa do čopičev za izvedbo nalog barvanja (angl. Paint Brushes) je bil posodobljen in poenostavljen. Čopiči shranjujejo vse risarsko povezane nastavitve (slika 268), kot

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

so: velikost, jakost, vrsta orodja, teksture in krivulje vpliva in med njimi je mogoče preklopiti s pomočjo seznama čopičev ali z uporabo bližnjic. Poleg privzetega čopiča, ki je vključen v Blender, lahko shranite tudi lastne in njim določite svoje bližnjice.



Slika 272: Primer nastavitev čopiča barvanja

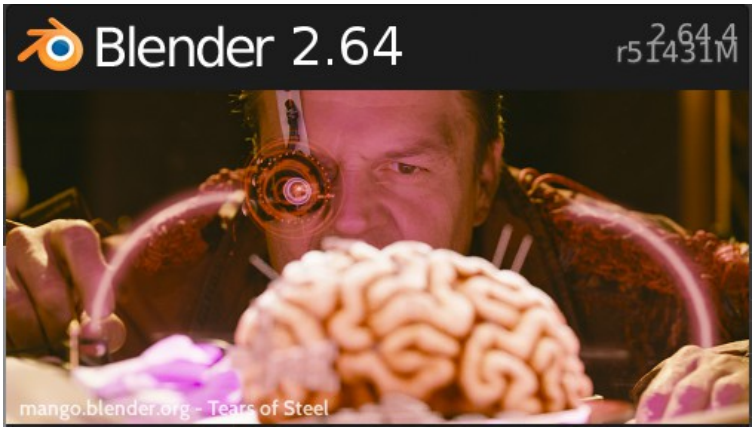
Modifikator sten

Blender 2.5 sedaj vključuje modifikator stene (angl. Solidify Modifier), ki se uporabljajo za neuničujoče dodajanje debeline (slika 267) tankim mesh modelom (podobno kot modifikator "lupina" v drugih aplikacijah). Ta vam omogoča, da po modeliranju lupinastega mesh modela preprosto z uporabo modifikatorja samodejno dodamo oz. izvlečemo debelino.

Slika 273: Primer delovanja modifikatorja sten

Blender 2.64 – odprtokodni cevovod za filmske posebne učinke (VFX pipeline)

Blender Foundation in na spletu skupnost razvijalcev s ponosom predstavlja Blender verzijo 2.64. Ta objava je bila usmerjena v izboljšanje na osnovi Mango odprtokodni filmskega projekt (slika),



Slika 274: Pozdravna slika pri Blenderju 2.64

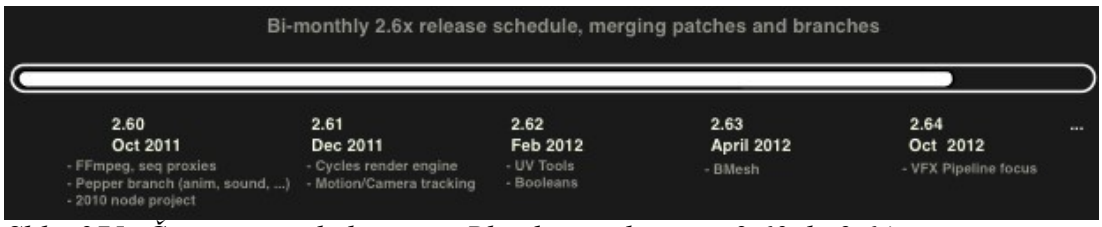
skupaj s različicami, ki vključujejo popravke iz preteklih let.

Poudarek je bil na ustvarjanju polno cevovoda za filmske posebne učinke (angl. VFX pipeline), z izboljšano sledenje gibanja s pomočjo ravninskega sledenja, lažje delo zeleno zaveso in z novim urednikom maske. Dodana je bila nov sistem za komponiranje (compositing system), skupaj z

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

bolj naprednim upravljanjem barv (angl. advanced color management). Cycles pogon za upodablanje je dobili na desetine manjših funkcije in izboljšav, ki izhajajo iz njegove uporabe v filmski proizvodnji.
Kiparjenje sedaj podpira maske in kožni modifikator je bil dodan za hitro ustvarjanje modelov iz okostij.Igralni pogon je dobil boljše sence in fizikalne možnosti. Izvoz Collada ima zdaj več možnosti, za boljši izvoz v druge pogone za igre.

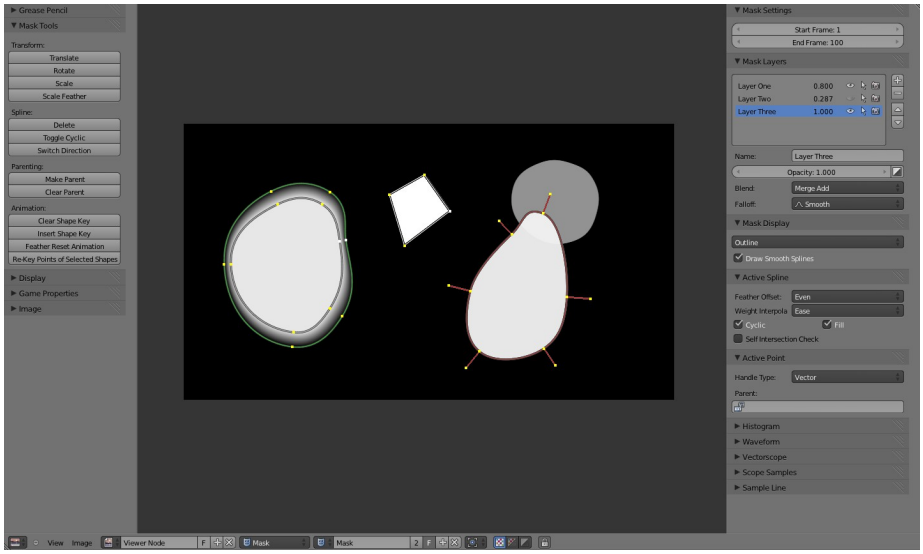
Verzija Blender 2.64 je bila objavljena: 3. oktobra 2012 (slika 275).



Slika 275: Časovni pregled razvoja Blenderja od verzije 2.60 do 2.64

Urejevalnik maske (angl. Mask Editor)

Maske (slika) se zdaj lahko nastane na sliki ali na uredniku filmskih posnetkov. Lahko se uporablja v komponiranje za določitev območij vpliva s pomočjo vozlišča ali za blokirati (ne prikaz) nezaželene predmete. Podatkovni blok maska je bil dodan, sestavljen je iz krivulj, ki jih je mogoče izvleči in urejamo z običajnimi orodji. Perje je mogoče nadzorovati na kontrolno točko angl. spline. Animacija od teh mask je mogoče s standardnimi ključnimi okvirji in s sledenjem

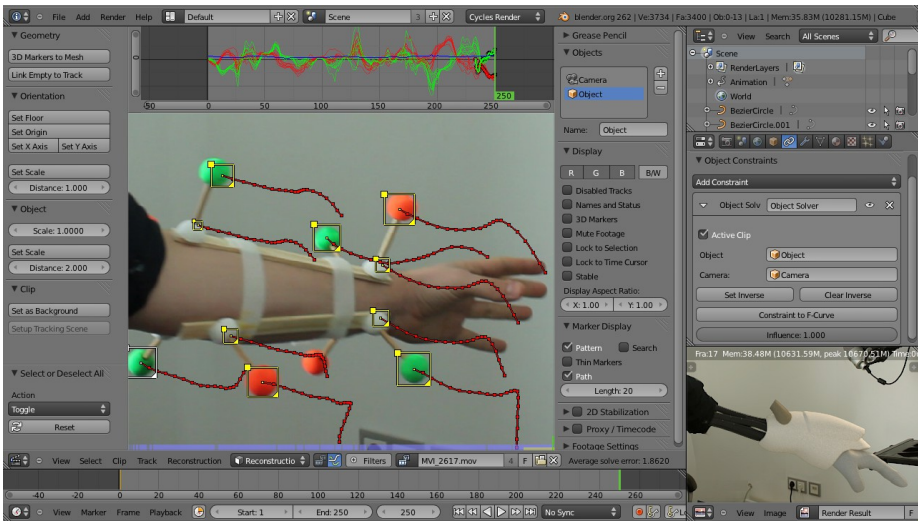

Slika 276: Različne maskez ročaji za določanje prehoda v okolico gibanja.

Sledenje gibanja (angl. Motion Tracker)

Sledenje gibanja (angl. Motion tracking) se je bistveno izboljšala z dodatkom ravninskega sledenja in poenotenje obstoječe sledilce v en hibridni sledilec (angl. tracker) s podrobnejšim nadzorom. Dopesheet pogled za označevalnike ali markerje je bil dodan poleg pogledu krivulje.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Tritočkovni reševalnik (angl. Tripod solving) je zdaj podprt, za primere, ko se kamera samo vrti in se ne premika.



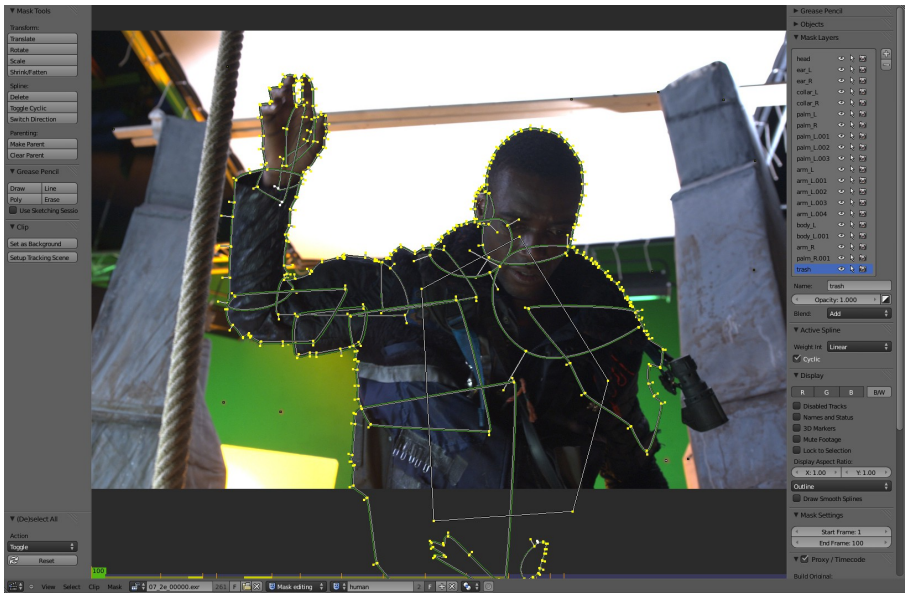
Slika 277: Primer slednja gibanja z žogami za sledenje

Zelena zavesa (angl. Green Screen)

Two new compositing nodes have been developed which are aimed at making green screen keying easier. There is now a new keying node conveniently combining various features from existing nodes along with a new keying algorithm, to makes setup much faster. There is also a keying screen node which produces a gradiented plate to deal with uneven colors of green screens.

Dve novi komponiranje vozlišča so bili razviti, ki olajšajo zelenim zaslonom modulacija lažje. Zdaj je nova vnosu vozlišče priročno združuje različne funkcije od obstoječih vozlišč, skupaj z novim algoritmom modulacija, ki omogoča namestitev veliko hitreje. Na voljo je tudi vnašanje zaslonom vozlišče, ki proizvaja gradienten ploščo, ki se ukvarjajo z neravnih zelenih barvah zaslonov.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

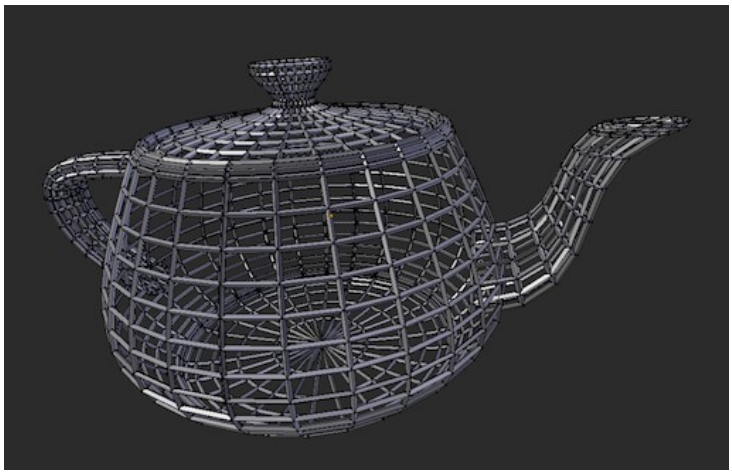


Slika 278: Priprava maske za uporabo zelene zavese

Slika 279: Uporaba zelene zavese in komponiranja iz filma Tears of Steel, vir:

Mesh orodja (angl. Mesh Tools)

Bevel and inset now are modal operator with mouse control, a wire frame tool was added to turn edges into wireframe tubes, and vertex/edge/face sorting tools were improved.
Stožčasti in nameščena zdaj so modalni s kontrolo miške, je bil žice okvir orodje doda nato robove v wireframe cevi in vertex / EDGE / obraz sortiranje orodja so izboljšale.



Slika 280: Primer uporabe novega mesh orodja za razširanje žične predstavitve modela

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Kiparenje (angl.Sculpting)

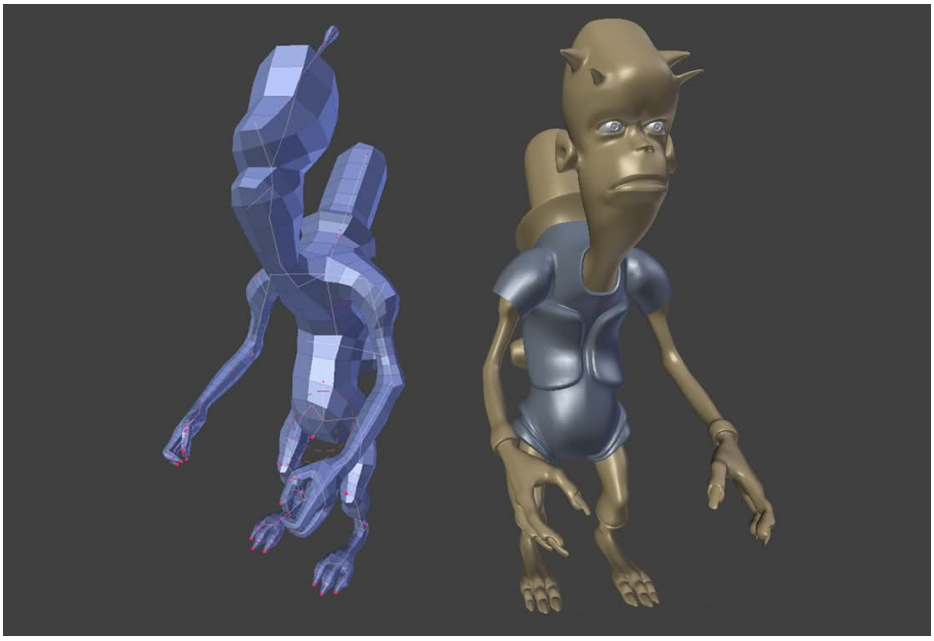
Sculpting has received some major improvements such has masking to control which areas of the mesh are influenced by sculpting, new brush map modes to control how textures are projected onto the model, and an input stroke averaging option to make brush strokes smoother.
Kiparenje je prejel nekaj pomembnih izboljšav, kot je maskirnih za nadzor, ki so območja mreže vplivajo kiparjenja, novi načini zemljevid krtačo za nadzor nad tem, kako so teksture projicira na modelu in porazdeljevanje vhod kap možnost, da krtačo kapi gladko.

Slika 281: Primer za kiparenje osebka

Modifikator kože (angl.Skin Modifier)

The Skin modifier takes a skeleton made up of vertices and edges as input and generates a polygon skin as output, consisting mostly of quads aligned along the edges. The output is mostly quads, although some triangles will appear around intersections.
Koža se modifier okostje, ki ga sestavljajo vozlišč in povezav, kot vhod in ustvarja poligon kožo kot proizvodnja, ki je sestavljena večinoma iz štirikolesniki poravnani ob robovih. Proizvodnja je večinoma štirikolesniki, čeprav bodo nekateri trikotniki pojavi okoli križišč.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



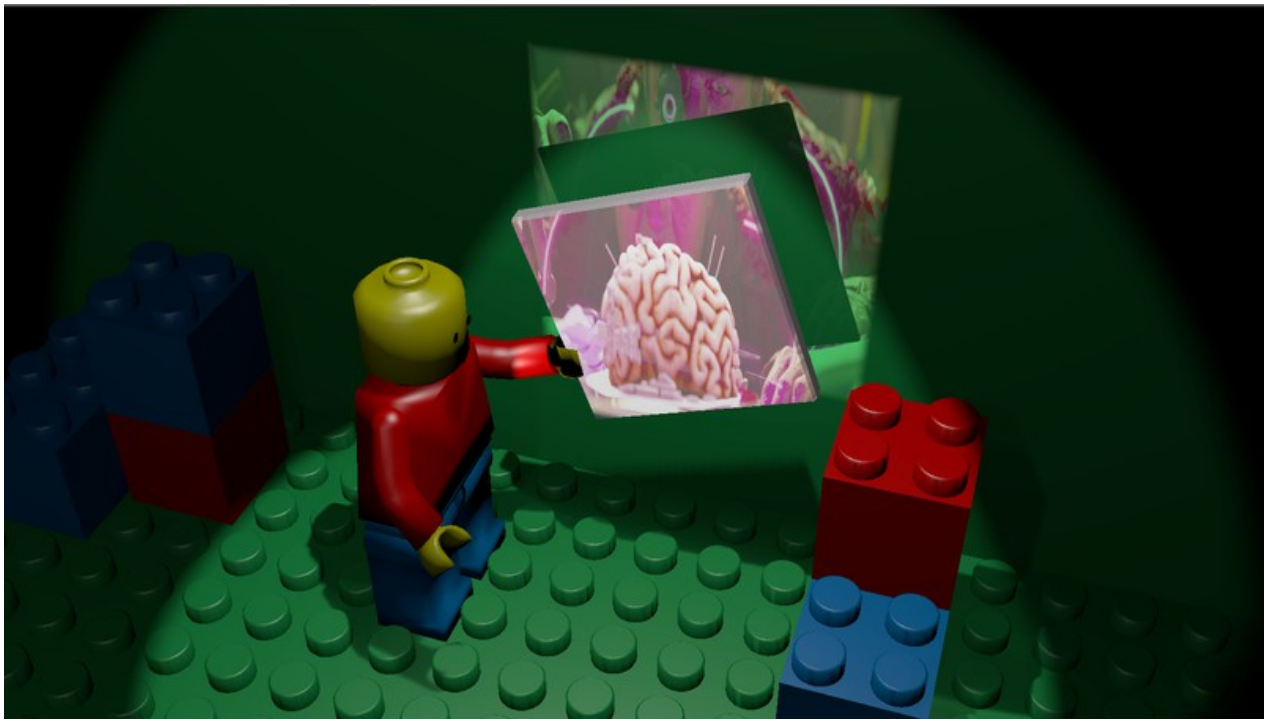
Slika 282: Primer modifikatorja kože (desni osebek), ki je napeta na modelu (levo na sliki)

Pogon za igre (angl. Game Engine)

Lamps and shadows were improved with support for variance shadow maps, shadow color, sun lamp shadows and lamp textures. Non-power of two textures and compressed textures will now load faster and use less memory. A new Character physics type was added, designed for player controlled characters.

Luči in sence so se izboljšali s podporo za zemljevide razhajanj v senci, sive barve, ne sence svetilke in žarnice teksture. Non-moč 2 tekstur in strukturo stisnjenega bo zdaj hitrejše nalaganje in manjšo porabo pomnilnika. Nova fizika znakov Tip je bil dodan, ki so namenjeni za nadzorovane znakov igralcev.

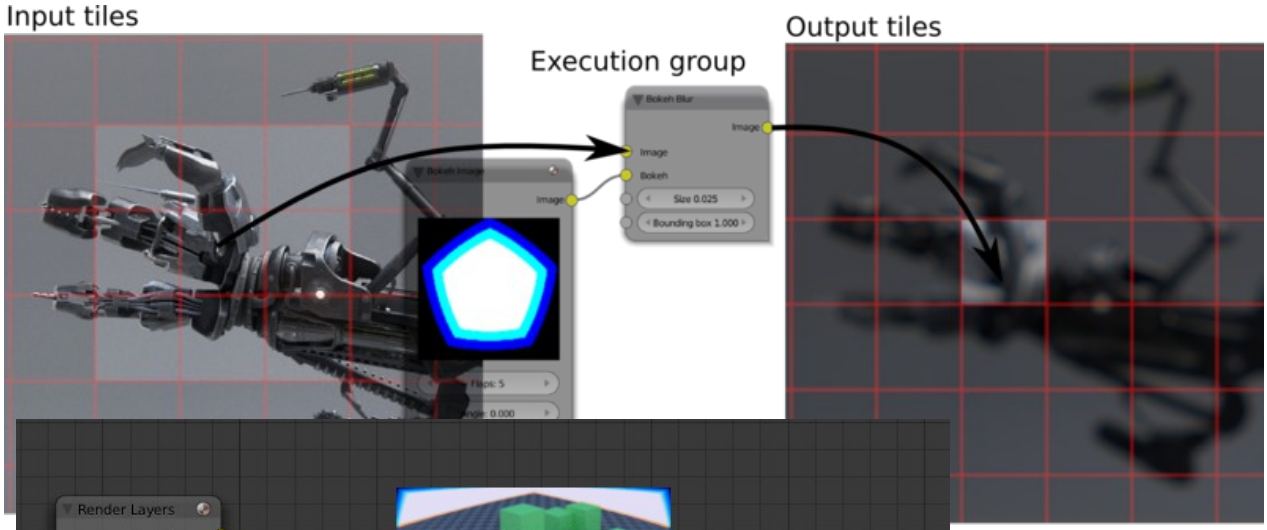
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

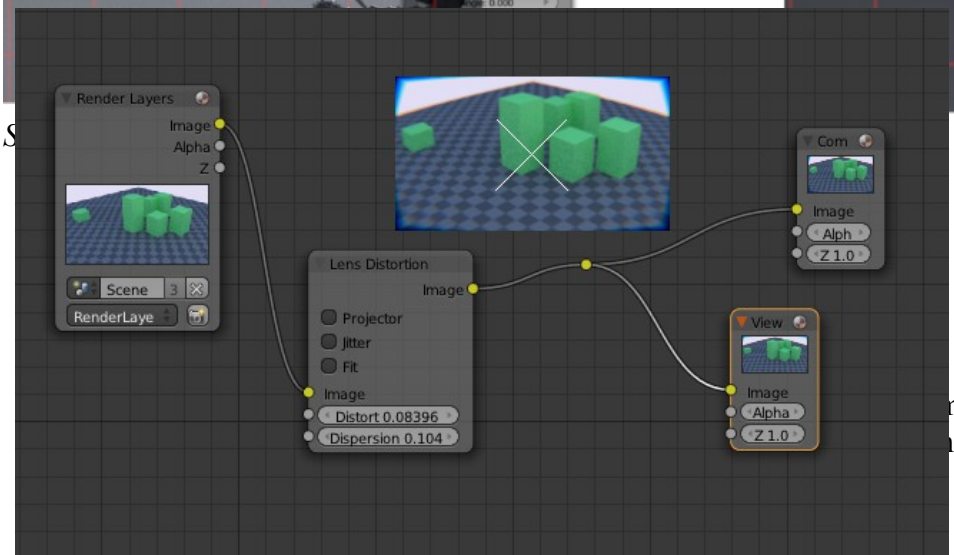


Slika 283: Primer igrice oz. uporaba pogona za igro

Kompozicija (angl. Compositing)

Implementiran je bil popolnoma nov vozlišča za komponiranje. Ta nova razpostavljen kompozitor daje hitrejši odziv pri urejanju in porabi manj pomnilnika za podporo delu z visokimi ločljivostmi. Nova vozlišča so bili dodana: boke zabrisanje, maske in popravljanje barv.





nogočilo sofinanciranje
šport.

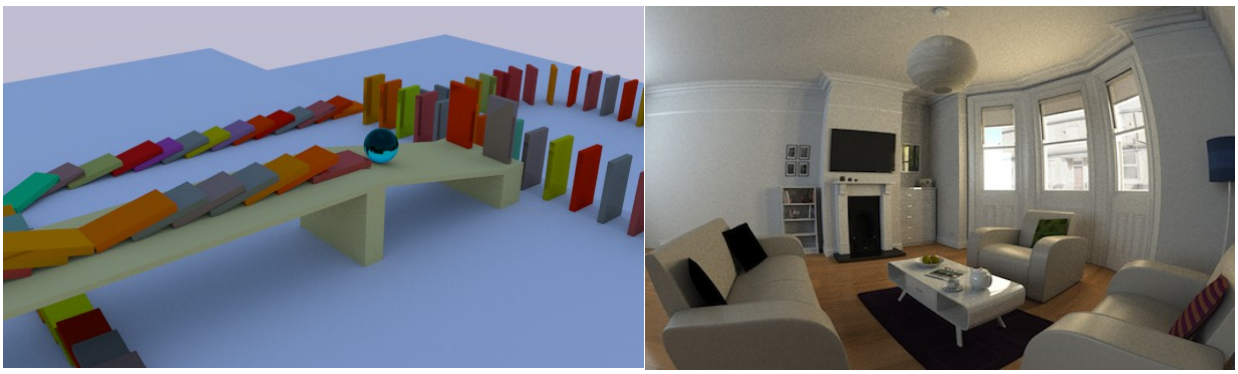
Barve (angl. Color)

OpenColorIO je zdaj vključen v Blenderu, skupaj s prenovo sistema za upravljanje barv. Zdaj je veliko več barvne prostore podprta z natančnejšim nadzorom, v katerem barvne pretvorbe je potrebno narediti za prikaz, katere za upodabljanje in kateri naj se uporabijo za nalaganje in shranjevanje slikovnih datotek.

Slika 285: Primer slike, kjer so različni pasovi upodobljeni z različnimi barvnimi prostori

Pogon za upodabljanje (angl. Cycles Render)

Cycles zdaj vključuje novi neprogresivni združevalnik (angl. integrator), razpostavljeno upodabljanje (angl. tiled rendering), s podporo za shranjevanje predpomnilnika kar precej pohiti BVH gradnjo in večplastno podobo nalaganje slik in vektorje gibanja ter pasove upodabljanja UV (angl. UV render passes). Nova vozlišča (angl. nodes) so: upadanje svetlobe (angl. light falloff), objekt info, info delcev in tekstura opeke s prelivom mapiranja in slikovnih zaporedij. Na voljo je tudi podpora za kamero upodabljanje objektiva ribje oko (angl. Fisheye).

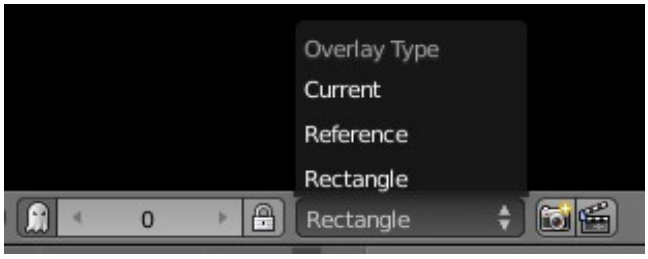


Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Slika 286: Uporaba pogona za upodablanje Cycles

Skvenčnik (angl. Sequencer)

Različne izboljšave hitrosti so bile izvedene v sekvenčniku (zaporedju) za pred-pomnjenje in večnitenje za učinke trakov, da je postal barvni preliv bolj interaktiven. Na voljo so tudi izboljšane možnosti za primerjavo trenutnega okvirja z referenčnim okvirjem.



Slika 287: Primer izbire v sekvenčniku

Collada (angl. Collada)

Izvoz za format Collada (angl. Collada) je bila izboljšana za boljšo podporo izvozu pogonov za igre z bolj podrobno možnosti za nadzor, kateri podatki se izvozijo v ta format. Končnica tega formata je DAE (**d**igital **a**sset **e**xchange), ki ima uradno spletno stran na wikiju http://en.wikipedia.org/wiki/COLLADA, 1. 10. 2012 in s spletno stranjo https://collada.org/, 1. 10. 2012.

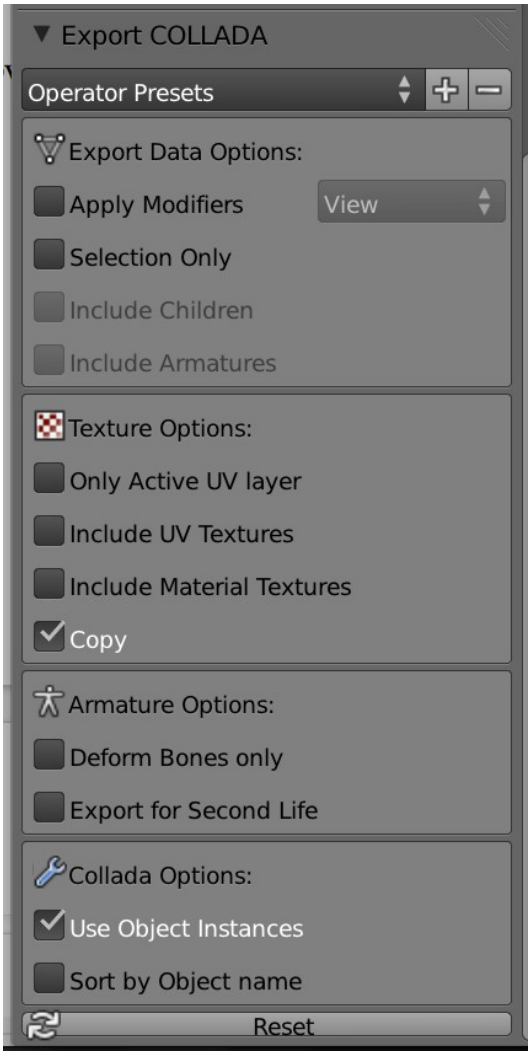
Slika 288: Uradni logotip organizacije Collada

Čeprav je bilo sprva mišljeno, da je COLLADA le izmenjavali format, da danes veliko pogonov za igre (angl. game engines) zdaj podpirajo kot naravni izvoz, vključno z:

- Ardor3D
- C4 Engine
- CryEngine 2
- GLGE
- Irrlicht Engine
- Panda3d
- ShiVa
- Spring
- Torque 3D
- Unity
- Unreal Engine

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

- Visual3D Game Engine

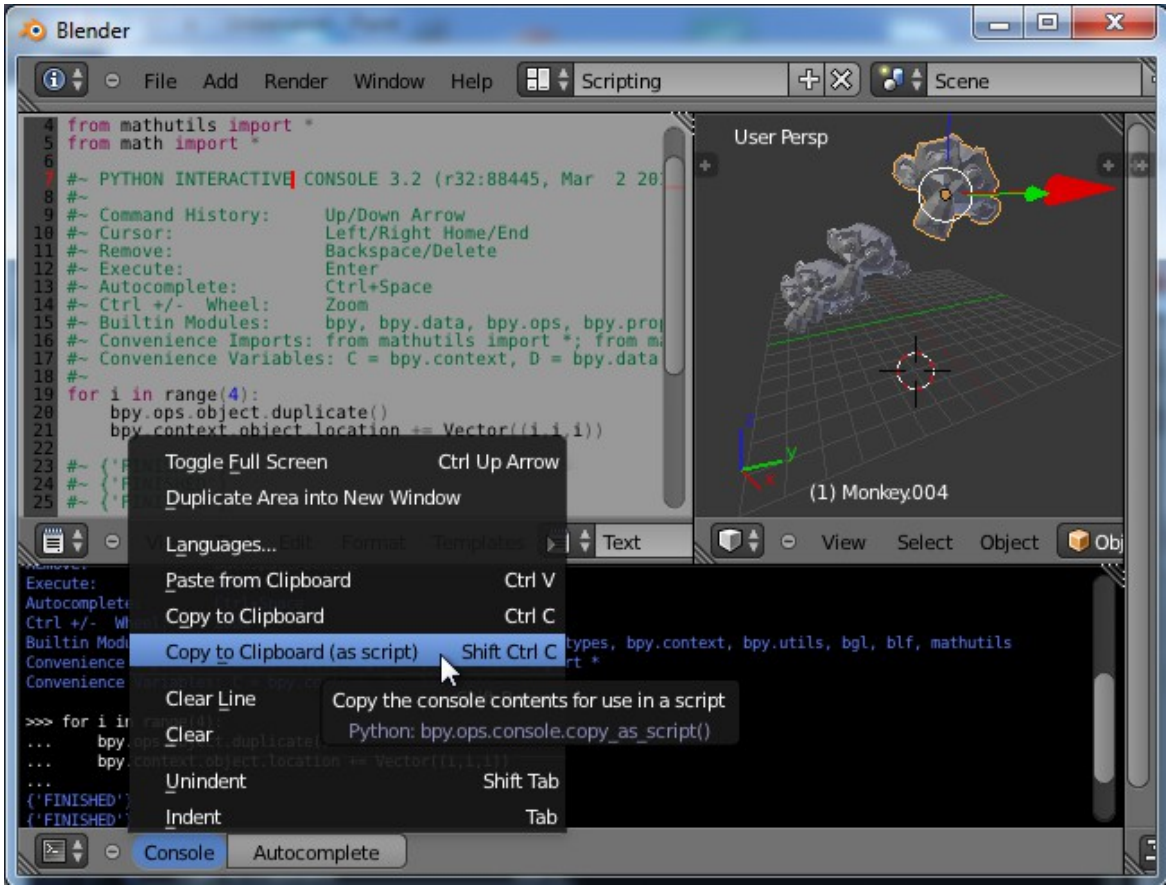


Slika 289: Okno za nastavlanje želenih lastnosti, ki se prenesejo v Collada zapis

Poleg večjih izboljšav na različnih področjih, je bilo veliko manjše spremembe, kot so izboljšave v uredniku vozlišč (Node editor), pri simulaciji dima, uporabniškem vmesniku in nova orodja (slika 290) za krivulje in večkotniške mreže t.i. Meshes.

Ostalo
Veliko novih funkcij so bile dodane v tej izdaji, vsebuje pa tudi veliko popravkov za napake, ki so obstajale iz prejšnjih izdajah.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 290: Urejevalnik za Python skripte s primerom kopiranja aktivne skripte v odložišče

Spletišče Blender.org

Spletišče www.blender.org je zelo lepo in „bogato“ spletišče, saj je na njem veliko povezav in pojasnil (dokumentacije), ki jo potrebujemo za bolj resno uporabo Blenderja. Na strani najdemo tudi podatke o zadnji verziji programa Blender, in njegovo izvorno kodo. Z njeno spremembo je možno, da si ta program priredimo po svojih potrebah (za kar je seveda potrebno imeti programersko znanje). Menimo, da bi se morala zgledovati še ostala spletišča, namenjena Blenderju, saj je stran narejena zelo profesionalno.

V krajši obliki bo predstavljeno uradno spletišče Blender.org (slika 1), ki je na naslovu: http:www.Blender.org

Spletišče Blender.org vsebuje različne dele, ki so oštevilčene in pojasnjene:

1. Meni, na katerem imamo glavne povezave do različnih v spletišču oz. mesta na katerih dobimo želene informacije ali datoteke.
2. Naslovna pasica spletišča Blender.org.
3. V zgornjem delu okvirja je na kratko zapisana definicija programa Blender in pomembnejše lastnosti ter povezavo na General Public License.
4. Slika s številko zadnje stabilni različice programa Blender in povezava na opis programa in pogled izvorne kode.
5. Zadnjo različico programa snamemo iz spletišča na svoj računalnik in jo lahko

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

namestimo.
6. Tu so objavljene dnevno zadnje novice in naslovne spletišč do zadnjih video filmov, ki so bile narejene s Blenderjel ali video vodiče za delo s njim.
7. Objavljena so zadnja obvestila o zadnji verzijah oziroma popravkih programa Blender in napovedi novih uradnih video vodnikov (plačljivi DVD-ji).
8. Slikovne povezava na prihajajoče projekte, oziroma filme, ki so izdelani v programu Blender.
9. Na štete so povezave do: različnih Blender projektov, Wiki dokumentacijo, foruma in do Inštituta Bender.
10. Iskalno oz. vnosno polje po spletišču Blender.org.
11. Vrstica s povezavami do podstrani na Blender.org, podobno kot zgornji meni, le da so tu opisane podkategorije oz. podstrani.

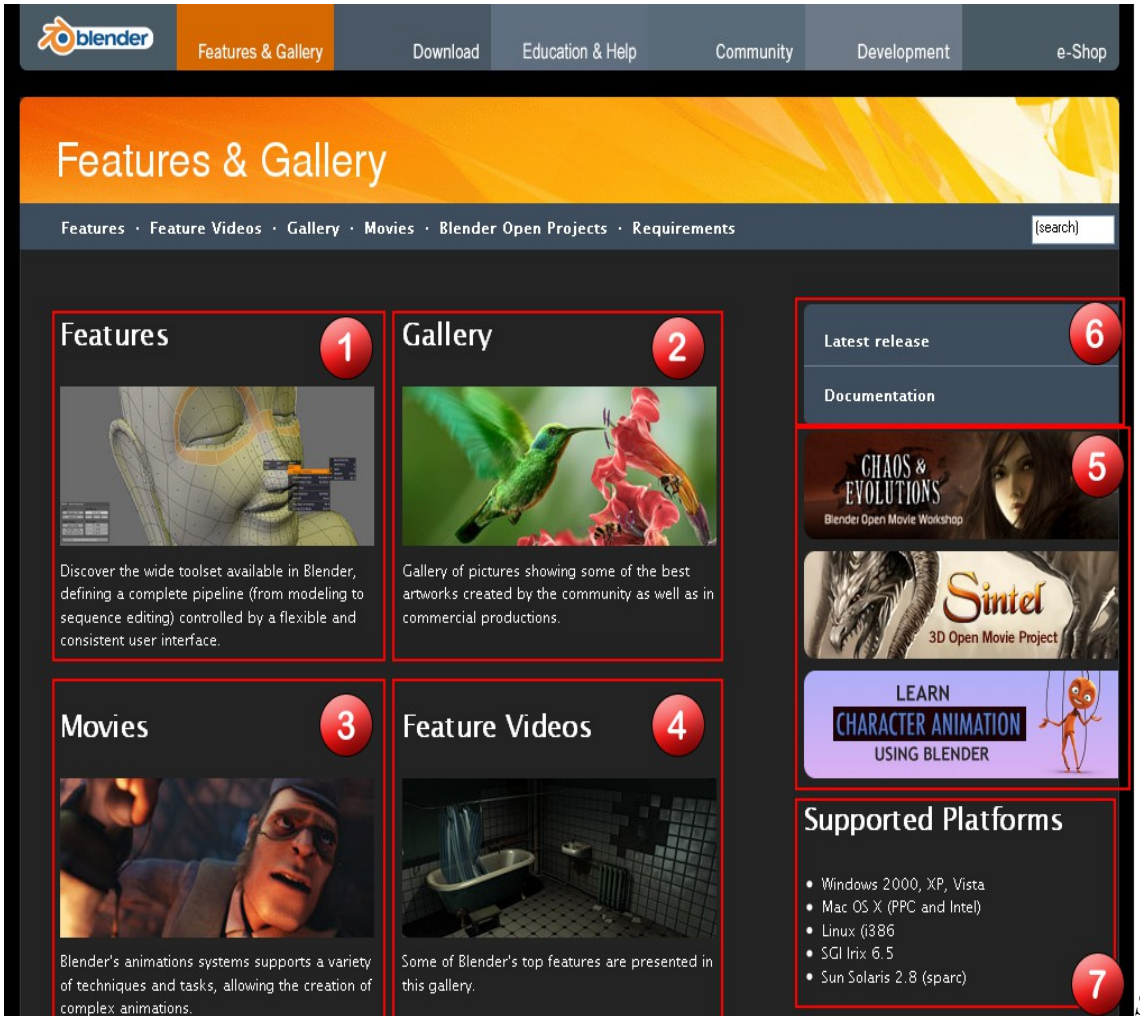
Opis kategorije Features & gallery

S klikom v meniju na kategorijo Features & gallery oz. Lastnosti in galerija se odpre istoimensko spletišče (slika 2).
Posamezne dele tega spletišča smo označili in pojasnili:

✔ Opisane so lastnosti s slikami, narejenih pri delu v programu Blender.
✔ Galerija slik narejenih v programu Blender, galerija je vsak mesec redno posodobljena in nanjo lahko vsakdo naloži svoje izdelke.
✔ Druga galerijo s filmi o delovanju animacijskega sistema programa Blender.
✔ Vsebuje video filme z novimi lastnosti in najboljših značilnosti programa Blender.
✔ Povezava do spletne trgovine z opisom video DVD tečajev o uporabi Blender-ju.
Trenutnem projektu Durian (Sintel) in knjig.
✔ Ppovezava novice naslovne strani in dokumentacijo.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

✔ Našteti so podprti operacijski sistemi, za katere je preveden Blender (Windows, Linux, Mac OS X).



Slika 291: Izgled spletišča Features & gallery oz. Lastnosti in galerija

Opis kategorije Download

S klikom v meniju na kategorijo Download oz. Snemi (slika 3) e odpre istoimensko spletišče. Posamezne dele tega spletišča smo označili in pojasnili:

- Možnost, da sis namemo program Blender, ki je na izbiro za več operacijskih sistemov (Windows, Linux, Mac OS X).
- Povezava do spletne trgovine z opisom video DVD tečajev o uporabi Blender-ju, knjig in trenutnem projektu Durian (Sintel)
- Povezave na spletno stran, kjer lahko doniramo Inštituto Blender s pomočjo sistema Paypala.
- Povezava do prve strani in dokumentacije.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Opis kategorije Education & Help
S klikom v meniju na kategorijo Education & Help oz. Izobraževanje in pomoč se odpre istoimensko spletišče (slika 4).
Posamezne dele tega spletišča smo označili in pojasnili:

1. Pod štvilko ena bomo opisali Wiki User Manual, to je stran, na kateri dobimo pomoč in navodila za uporabno programa Blender, ki je redno posodobljena, in napisana tudi v več jezikih.
2. Na številki dve je povezava na spletno stran, na kateri so predstavljeni profesionalni Blender trenerji.
3. Povezava do spletne trgovine z opisom video DVD tečajev o uporabi Blender-ju.

Opis kategorije User Community

S klikom v meniju na kategorijo Community oz. Uporabniška skupnost se odpre istoimensko okno na katerem najdemo tuja spletišča Blender v različnih jezikih (slika 5):
Posamezne dele spletišča smo označili in pojasnili:

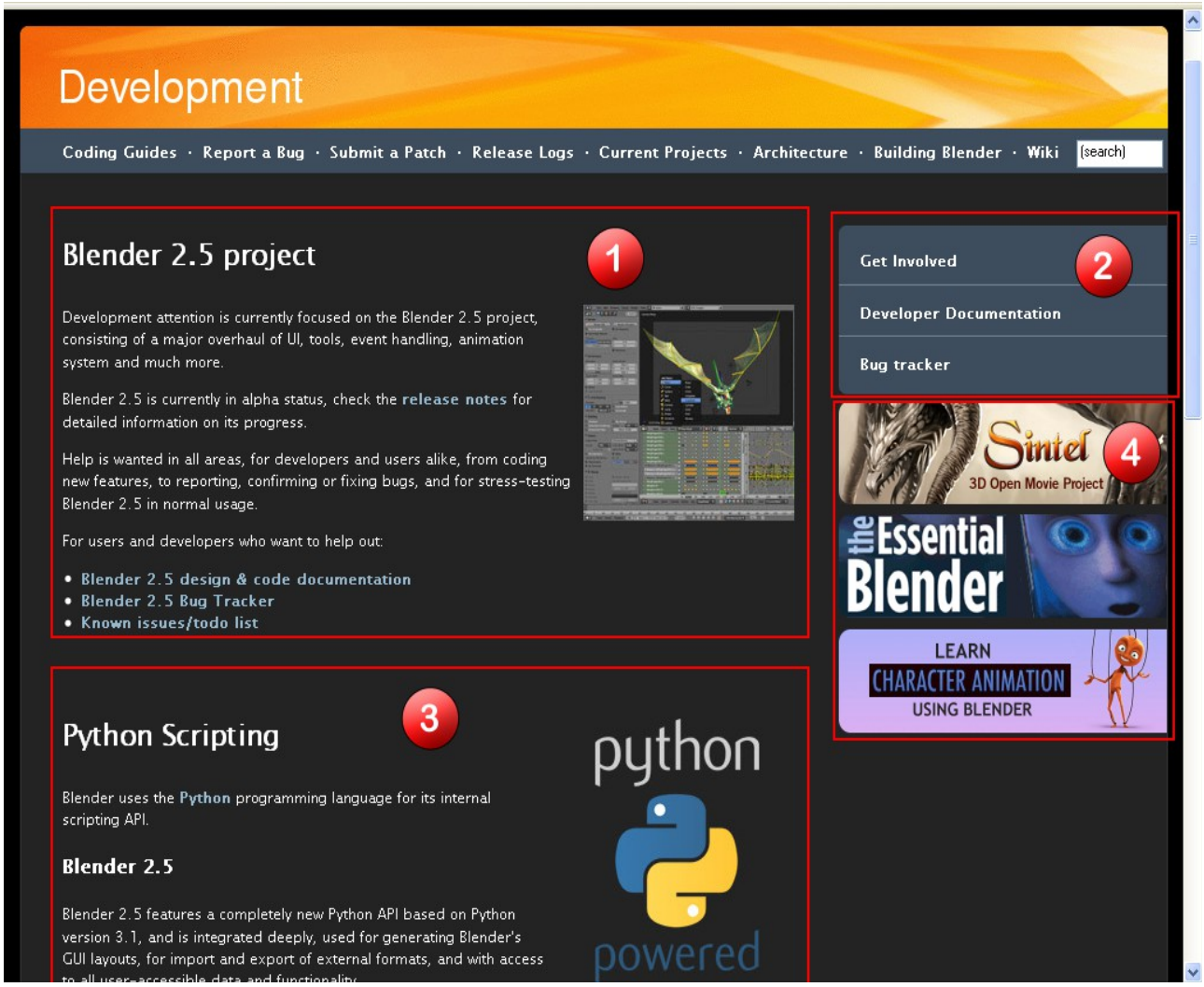
- Krajši opis razvoja skupnosti Blender uporabnikom in pod opisom so naštete povezave do različnih mest, kjer lahko poiščemo pomoč.
- Povezave do spletišč v različnih jezikih, in če kliknemo na določeno državo, se nam pokažejo spletne strani, napisane samo v njihovem jeziku.
- Povezava do trenutnega projekta Durian (Sintel).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

pis kategorije Development

S klikom na povezavo Development oz. Razvoj Blenderja se odpre istoimensko okno s pojasnilom razvoja programa Blender (slika 6).
Posamezne dele tega spletišča smo označili in pojasnili:

1. Kratek opis projekta Blender verzije 2.5 in s povezavami.
2. Povezave do ostalih spletnih straneh Blender.org, ki vsebujejo možnost lastnega sodelovanja, razvojno dokumentacijo in poročanje napak programa Blender.
3. Povzetek opisa programskega jezika Python, ki ga uporabljamo pri bolj naprednem delu s programom Blender (igrice, zahtevne animacije).
4. Povezava na trenutne ali prihajajoče projekte, oziroma filme, ki so ali bodo izdelani s programom Blender ter video DVD tečajev in knjig o Blender-ju.



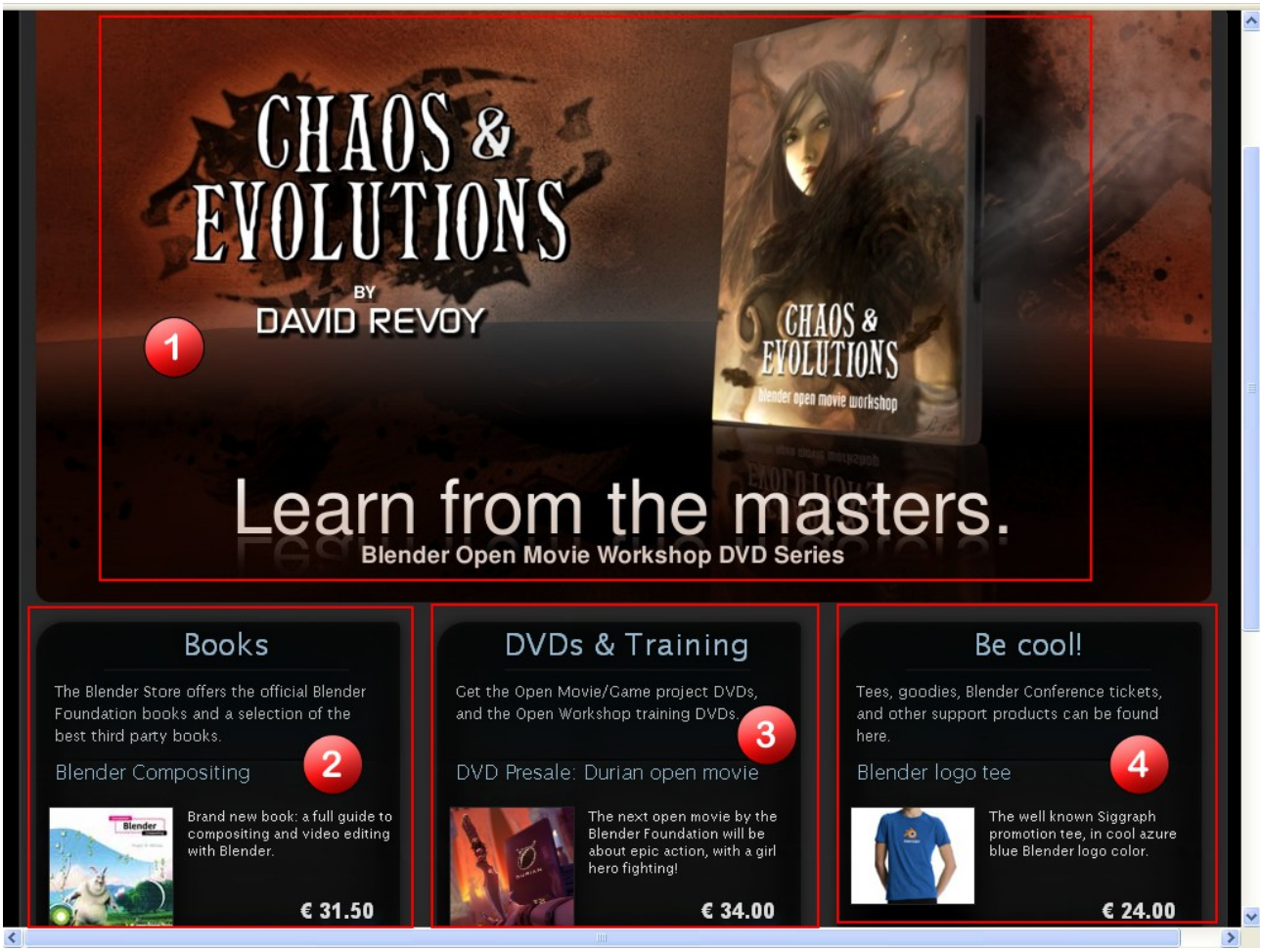
Slika 292: Spletna stran Development oz. Razvoj

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Opis kategorije E-Shop

S klikom na povezavo E-Shop oz. E-trgovina (slika 7) je zavihek namenjen prodaji Blender literaturi, DVD video vodnikov in drugih izdelkov, kot so majce z logotipi različnih projektov. Posamezne dele tega spletišča smo označili in pojasnili:

1. Napovednik za nov DVD video vodnik o programu GIMP, ki si ga lahko naročimo preko strani Blender.org.
2. Povezava do opisa knjige, ki so napisane v različnih tujih jezikih, in si jih lahko kupimo, preko spletišča Blender.org.
3. Povezava do nakupa video DVD tečaji s programom Blender, ki si jih lahko naročimo preko spletišča Blender.org.
4. Povezava do spletiča z majicami z logotipom Blender ali Blender projektov, katere si lahko kupimo na Blender spletišču.



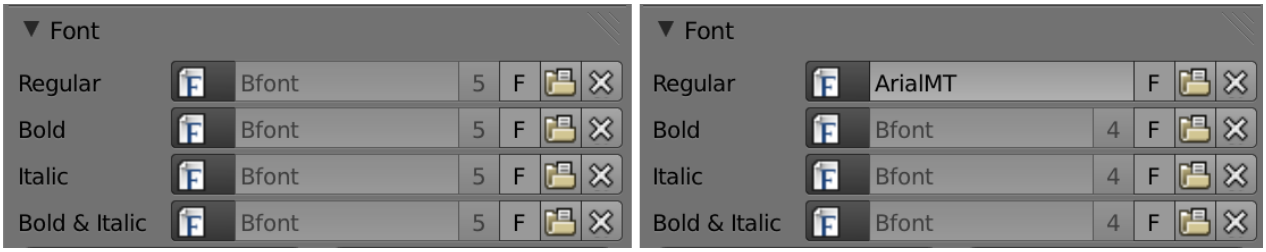
Slika 293: Prva stran E-trgovine oz. E-Shop

Učna situacija 7:
228

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

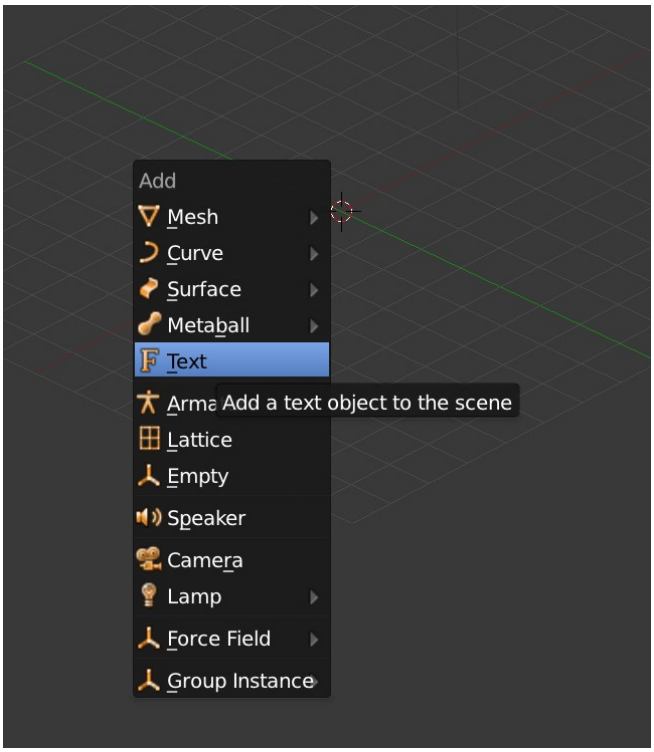
Napisi in besedila znotraj scene v Blenderju 2.63

V nadaljevanju sledi opis, kako lahko v Blenderju 2.63 pri pisanju besed in besedila uporabljamo tudi šumnike in sičnike, ko pišemo v slovenščini. To je možno narediti, če uporabimo ustrezno pisavo, ki ima glife (obliko črke) ustrezno oblikovane. Privzeta pisava v Blenderju se imenuje Bfont in ne vsebuje šumnikov in sičnikov (levo na sliki 294).



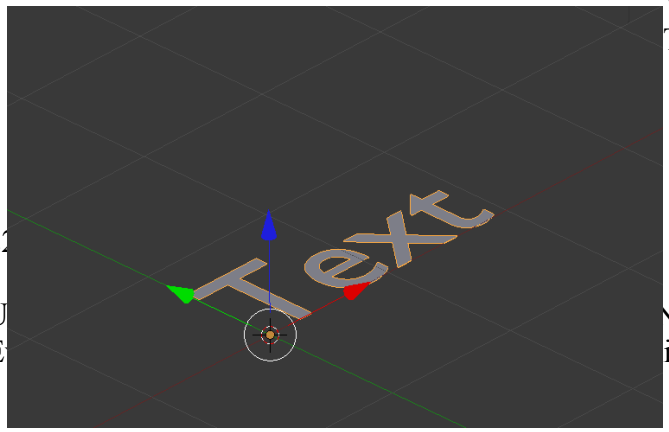
Slika 294: Pred zamenjavo pisave v panoju Font in po njej

V privzeti sceni smo najprej z bližnjico [x] izbrisali privzeto kocko. Potem dodamo besedilo z bližnjico [⇧] + [A] in tam izberemo besedilo oz. angl. Text (slika 295).



Slika 295: Dodajanje besedila oz. Text-a v meniju Add

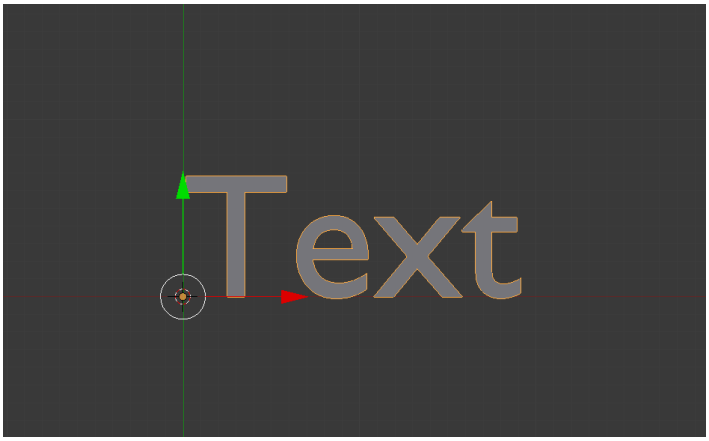
V 3D-sceni se je v tlorisu pojavila beseda Text (slika 296).



Slika 296: Pogled na besedo Text

2
U
E
Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje
istrstva za šolstvo in šport.

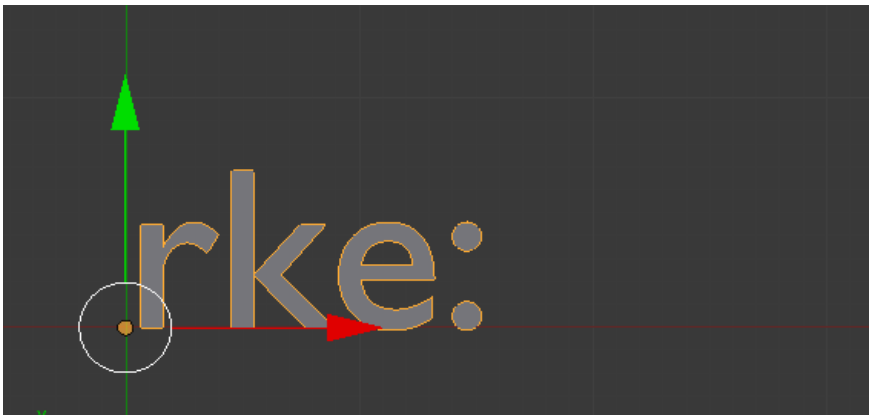
Pogled v tloris spremenimo tako, da na numerični tipkovnici pritisnemo tipko Pad 7 (slika 297).



Slika 297: Pogled iz tlorisa na besedo Text

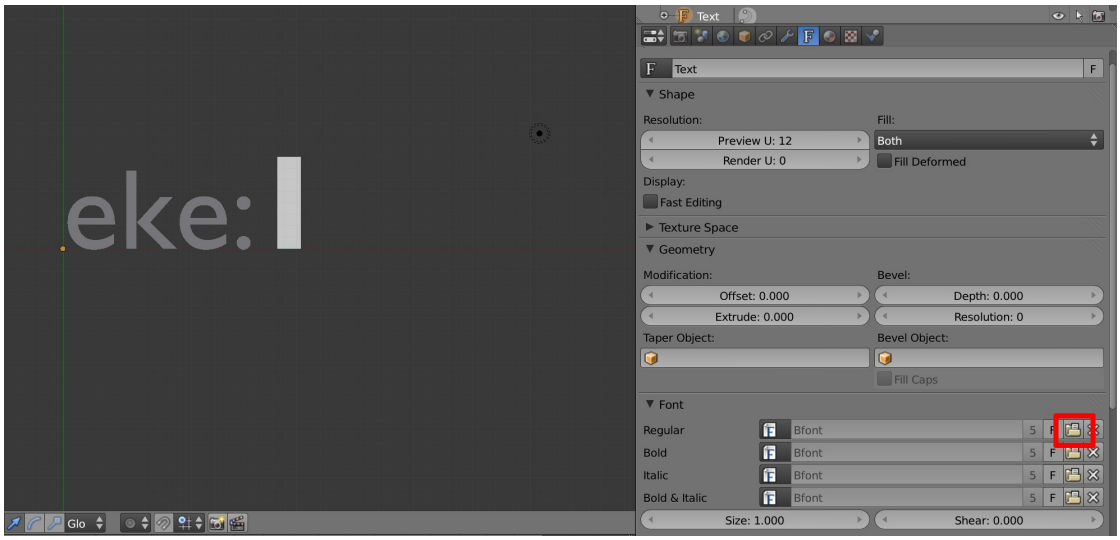
S pritiskom na tipko ⇆ preklopimo v način urejanja, kjer z brisalko oz. tipko ← ali Del pobrišemo posamezne črke ali celo besedo in s tipkovnico napišemo npr. »Črke: ČĆŽŠĐčćžšđ.« Na zaslonu opazimo, da vidimo le črke »rke:« in da manjkajo vsi šumniki in sičniki (slika 298).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 298: Pogled na le delno viden vnesen napis »Črke: ČĆŽŠĐčćžšđ«

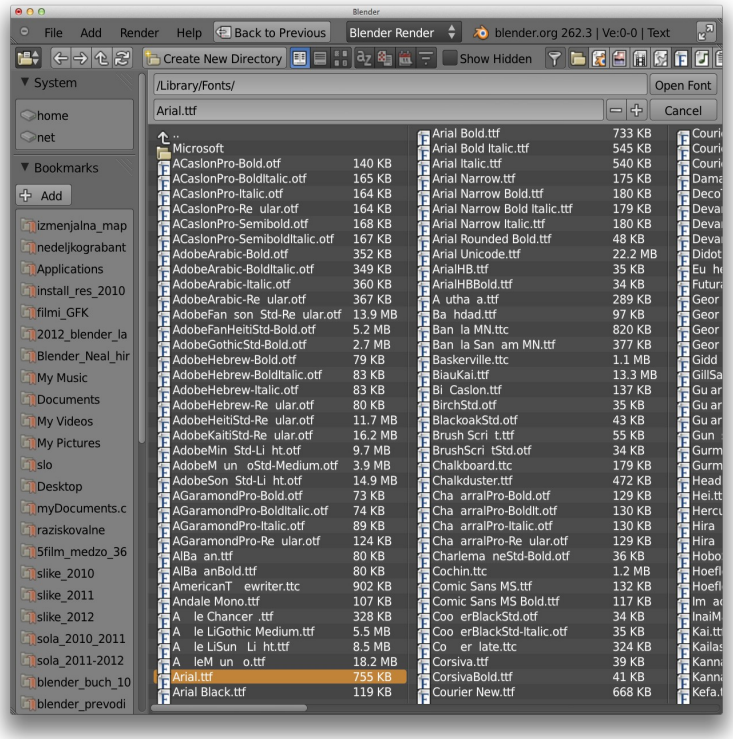
Da vidimo vse črke, ki smo jih vnesli, moramo izbrati drugo pisavo, npr. Arial. Na desni strani kliknemo v orodjarni na zavihek črko F (oznaka na tem zavihku je angl. Object data) in spodaj v panelu Font kliknemo na desni strani na rumeno ikono mape (slika 299).



Slika 299: Začetek izbora druge pisave s klikom na ikono mape

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Pri tem se odpre Blenderjevo okno za izbiro pisave. V operacijskem sistemu MS Windows najdemo različne pisave v mapi C:\Windows\Fonts (pri operacijskem sistemu MAC OS X in Linuxu so pisave v mapi /Library/Fonts/), ker izberemo pisavo, ki ima šumnike in sičnike npr.

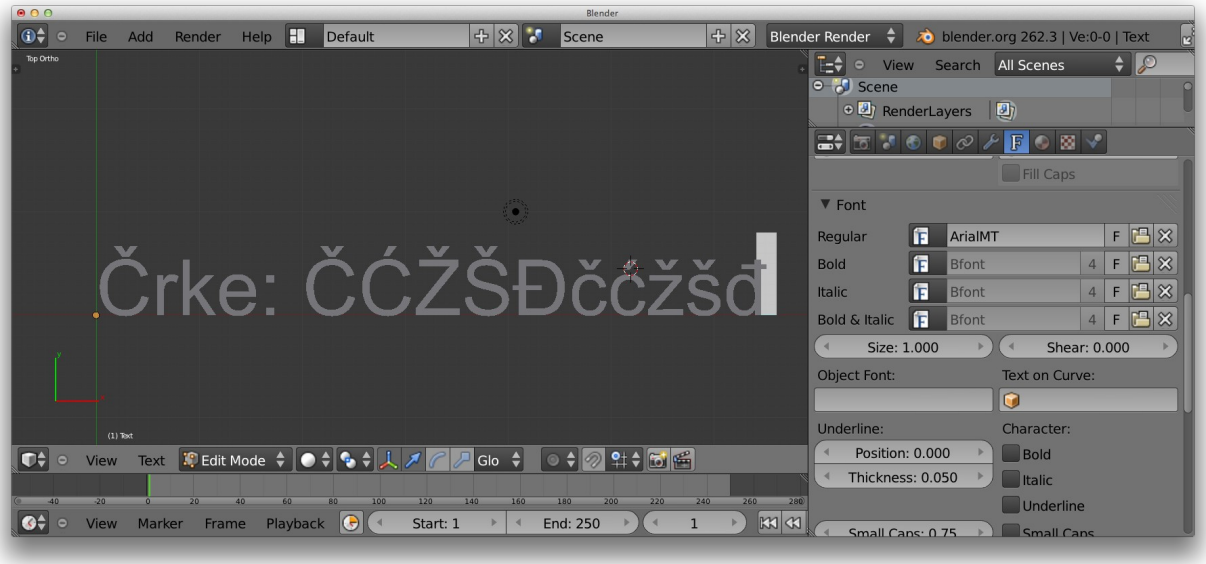


Slika 300: Izbrana je pisava Arial

Arial (slika 300).

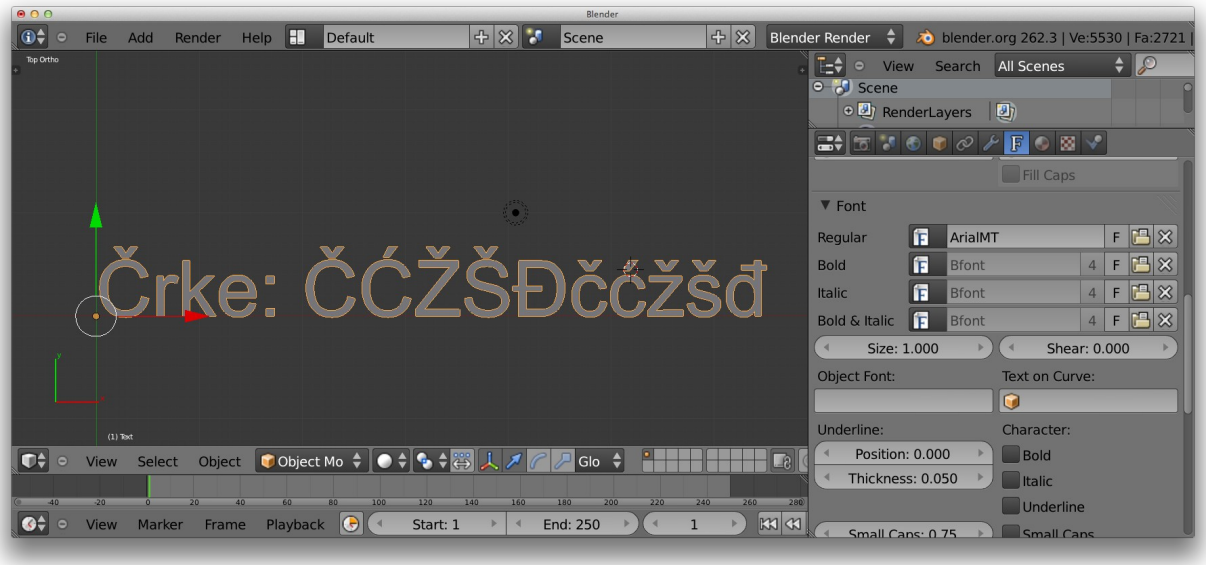
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Potem desno potrdimo zgornji gumb Open Font in na zaslonu se pojavi cel napis »Črke: ČĆŽŠĐčćžšđ« (slika 301 in slika 294).



Slika 301: V načinu Urejanje je viden cel napis »Črke: ČĆŽŠĐčćžšđ«

Iz načina Urejanja preklopimo v Objektni način s pritiskom na tipko ⇆ (slika 302).



Slika 302: V Objektnem načinu je napis »Črke: ČĆŽŠĐčćžšđ« oranžno obrobljene

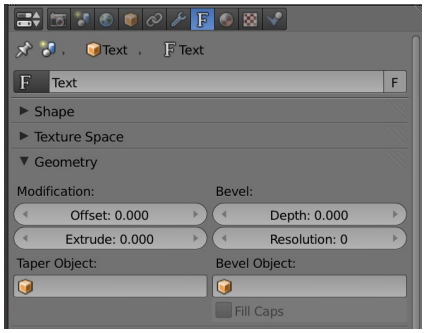
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Preoblikovanje napisa oz. besedila iz 2D- v 3D-podobo

Napis, ki smo ga vstavili v sceno, je dvodimenzionalen, kar lahko preizkusimo tako, da za preklop v naris pritisnemo tipko Pad 1 in za preklop v tloris tipko Pad 7 (slika 303). Napis imamo pred tem označen s klikom desne tipke miške.

Slika 303: Naris in tloris 2D-napisa

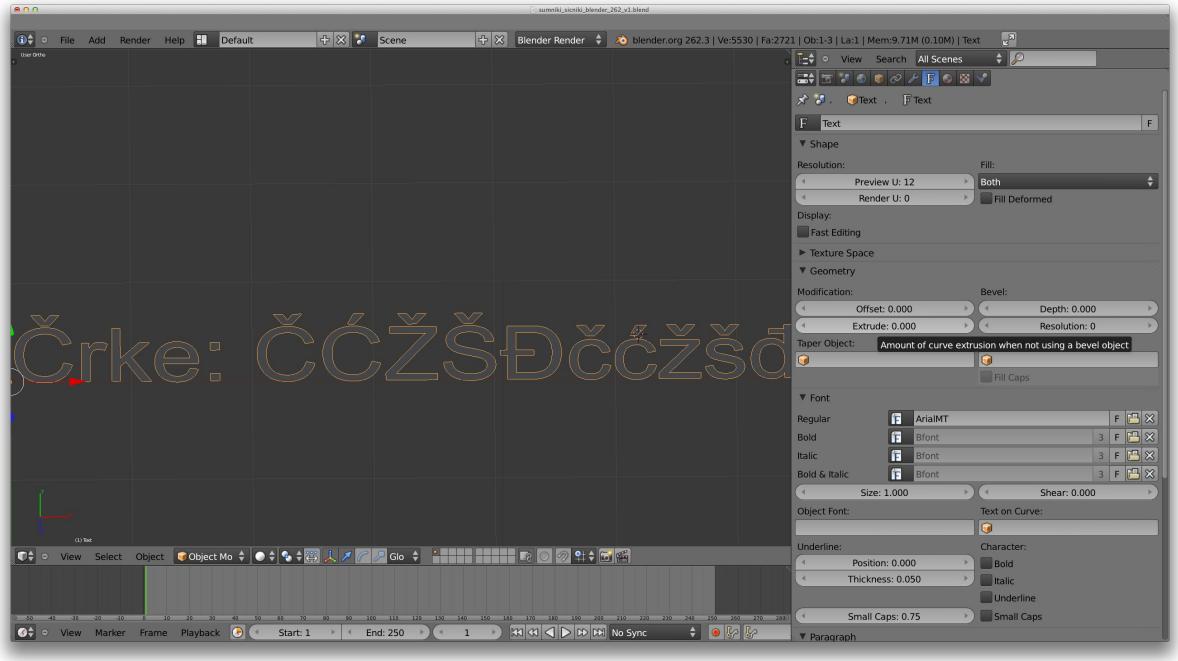
Da dobimo globino ali tretjo dimenzijo tega napisa, je potrebno, da uporabimo nastavitve v panelu Geometrija angl. Geometry, ki je v orodjarni označena s črko F oz. angl. Object Data (slika 304).



Slika 304: Nastavitve 3D-oblike besedila urejamo v panelu Geometry

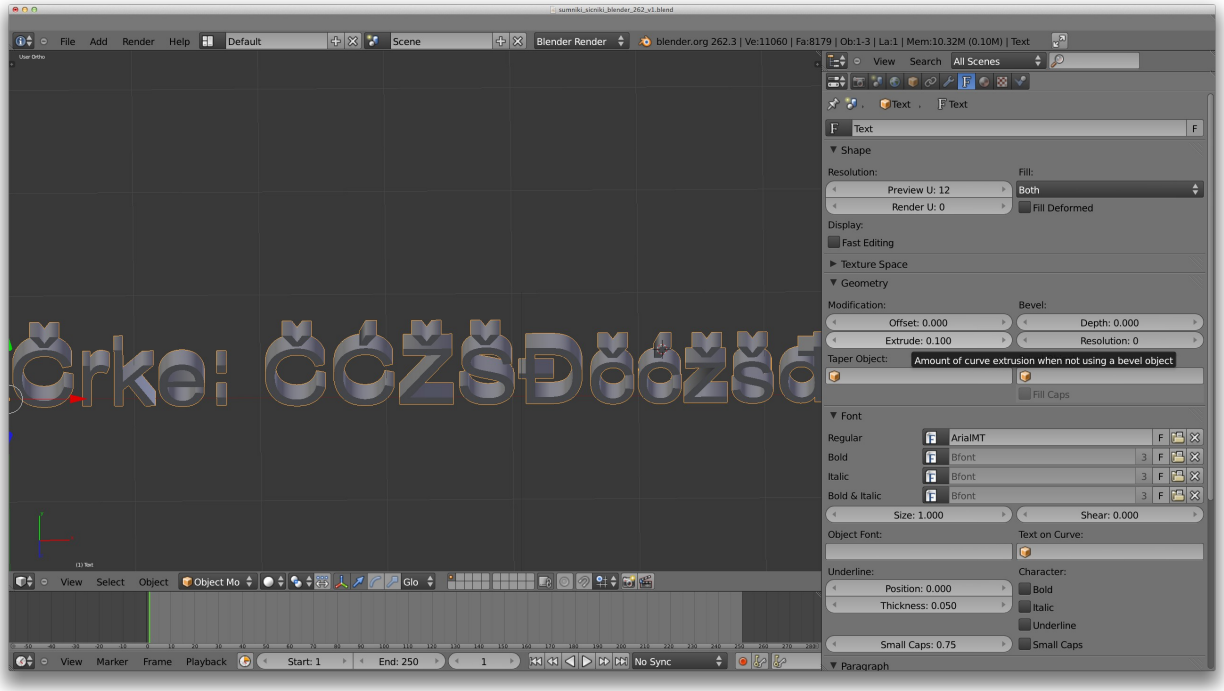
Polje pod oznako Modifikacija oz. angl. Modification za nastavljanje Izvleka napisa oz. angl. Extrude ima kot privzeto vrednost 0.000 (slika 305).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 305: Vrednost polja za Izvlek oz. angl. Extrude ima privzeto vrednost od 0.000

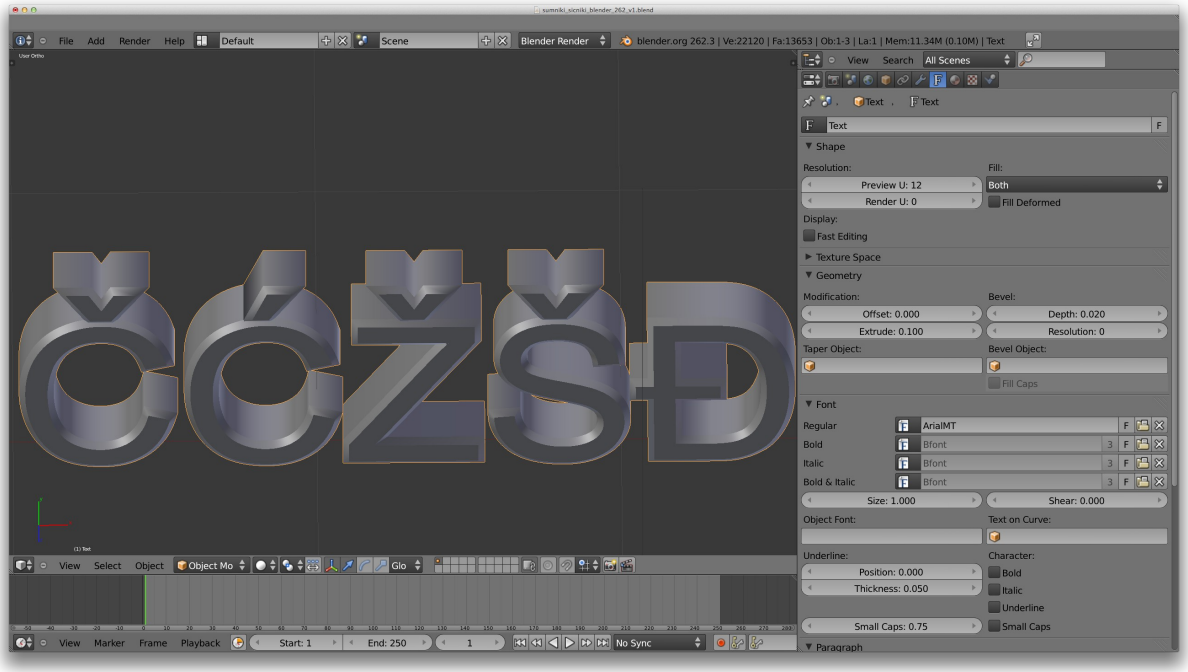
S klikom koleščka miške in s premikom miške navzdol spremimo položaj pogleda na napis, tako da se vidi poševno na posamezne črke. V polju za nastavljanje izvleka angl. Extrude, ki je pod oznako modifikacije oz. angl. Modification vpišimo ali nastavimo na vrednost 0.100 (slika 306).



Slika 306: Izvlek črk s pomočjo polja Extrude z vrednostjo 0.100

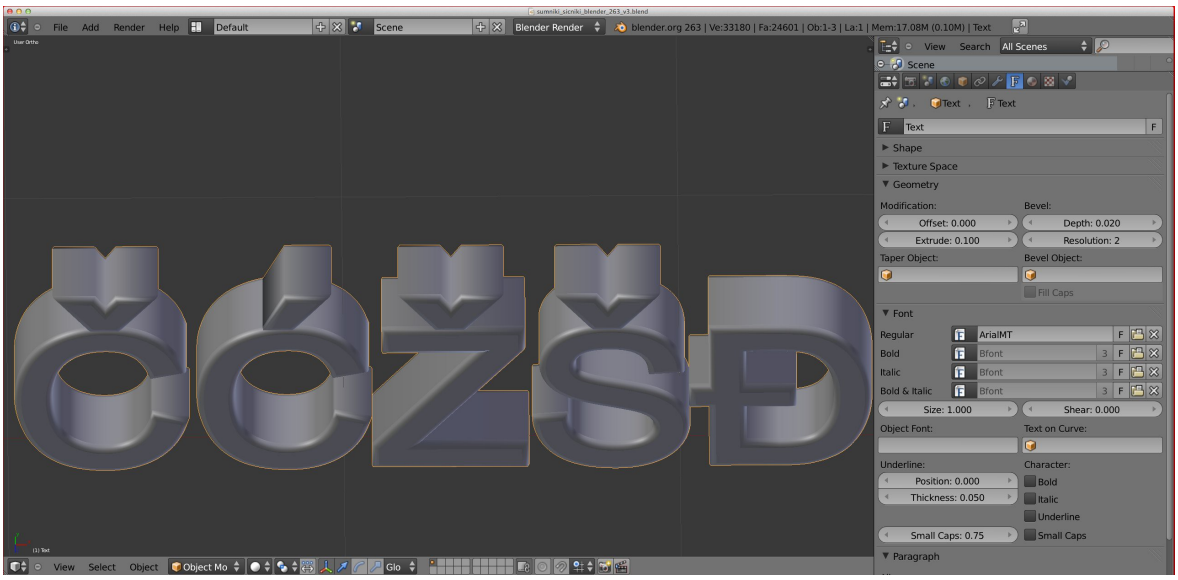
Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Da dodamo pobrani ali t.i. poševni robov na posamezne črke se v področju z oznako Bevel vpiše v polju Globina oz. angl. Depth vrednost 0.020 (slika 307).



Slika 307: Dodajanje poševnega roba na posamezne črke

Zaokroženje pobranega (poševnega) roba napisa naredimo s spremembo vrednosti vnosnega polja Ločljivost angl. Resolution na vrednost 2 (slika 308). Čim višja je ta vrednost, tem bolj zaokrožen je rob, vendar se s tem dodaja veliko število oglišč, kar precej podaljša čas za Upodabljanje angl. Rendering.

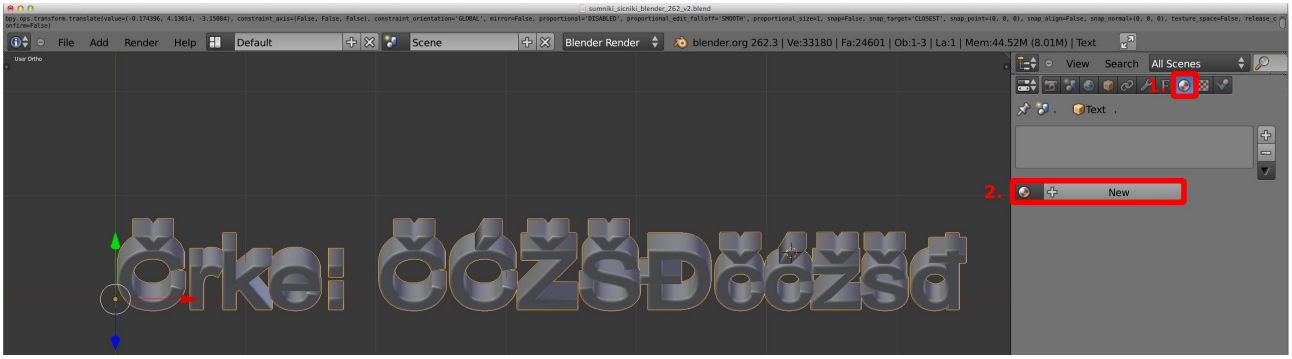


Slika 308: Zaokroženje poševnega roba napisa naredimo s spremembo vrednosti vnosnega polja Resolution na 2

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

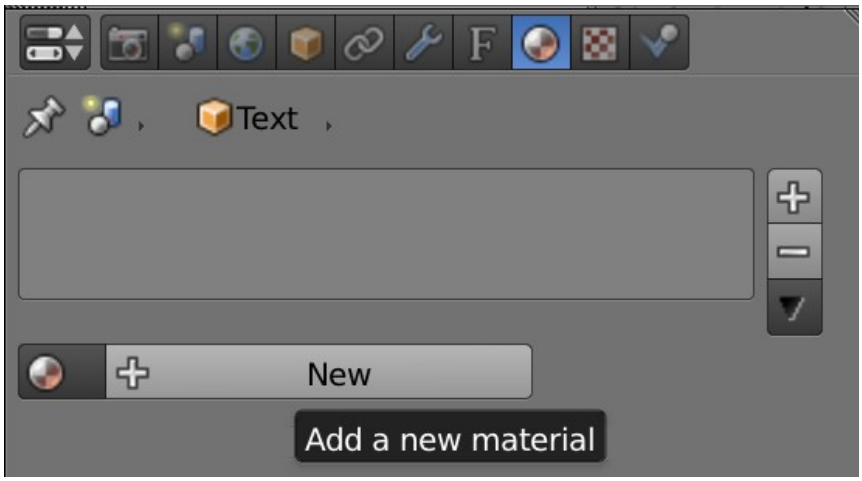
Barvanje napisa oz. besedila

Barvanje katerega koli objekta, ki je v Blenderjevi sceni, poteka na enak način. Ta postopek barvanja je opisan v nadaljevanju. Objekt, ki ga želimo pobarvati, je označen oz. izbran z . V orodjarni preklopimo na ikono Material (na sliki 309 je označena ikona s številom ena).



Slika 309: Začetek barvanja napisa

V primeru, da objekt še nima dodeljene nobene barve, se v panoju pod praznim seznamom Rež angl. Slot pojavi gumb Nov angl. New (slika 310 ali na sliki 309 je označen gumb New s številko dva).



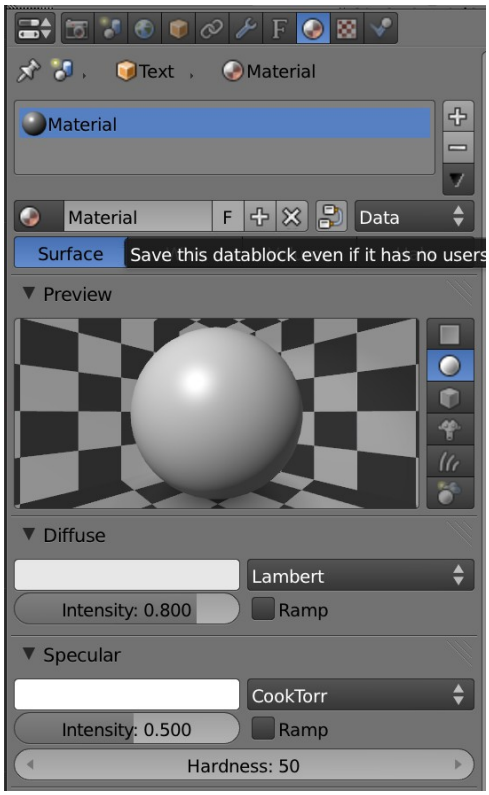
Slika 310: Dodajanje barve označenega objekta s klikom na gumb New

Po kliku na gumb Nov angl. New se v seznamu Rež angl. Slot pojavi ime Material (na levem delu slike 311 je Rež z imenom Material označena s črko A). To ime lahko spremenimo s klikom na vnosno polje Neponovljivo blokovno podatkovno identifikacijsko ime angl. Unique datablock ID name, ki je na levem delu slike 311 označeno s črko B. V našem primeru smo vnesli kot novo ime Oranžna, kar je vidno na desnem delu slike 311. To isto ime se pojavi tudi kot ime Reže angl. Slot.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

Slika 311: Pred spremembo imena barve oz. Materiala in po njej

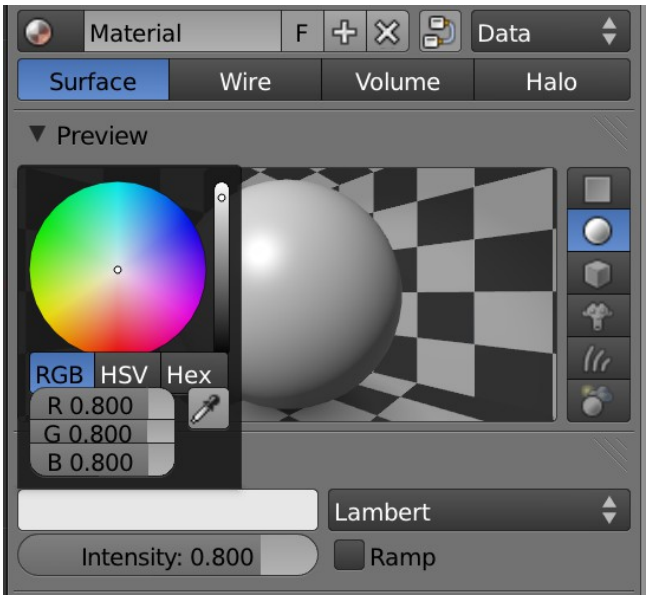
Po določanju novega materiala se kot barva pojavi 80 % siva barva (pravilno temu rečemo monokromatska siva vrednost). To privzeto sivo barvo se vidi v predoglednem oknu angl. Preview (slika 312). Pod njim je panel Difuzen angl. Diffuse, kjer nastavljamo osnovno barvo, njene lastnosti in model senčenja (v našem primeru Lambert). Pod tem panelom je panel Odboj angl. Specular, s katerim določamo lastnosti zrcalnega odboja, njene lastnosti in model senčenja odboja (v našem primeru CookTorr).



Slika 312: Lastnosti novega materiala s predoglednim oknom Preview

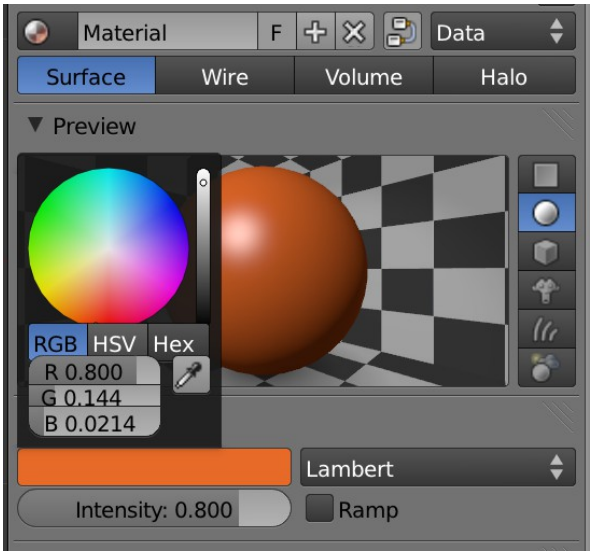
S klikom na polje Diffuse se odpre barvno kolo s privzeto odprtim barvnim modelom RGB, kjer izbiramo barvo materiala (levo na sliki 313). Pred spremembo barve se vidi privzeto 80 % monokromatsko sivo vrednost, kjer so po barvnem modelu RGB vsi trije kanali nastavljeni na 0,8.

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 313: Levo na sliki je barvno kolo s privzeto odprtim barvnim modelom RGB

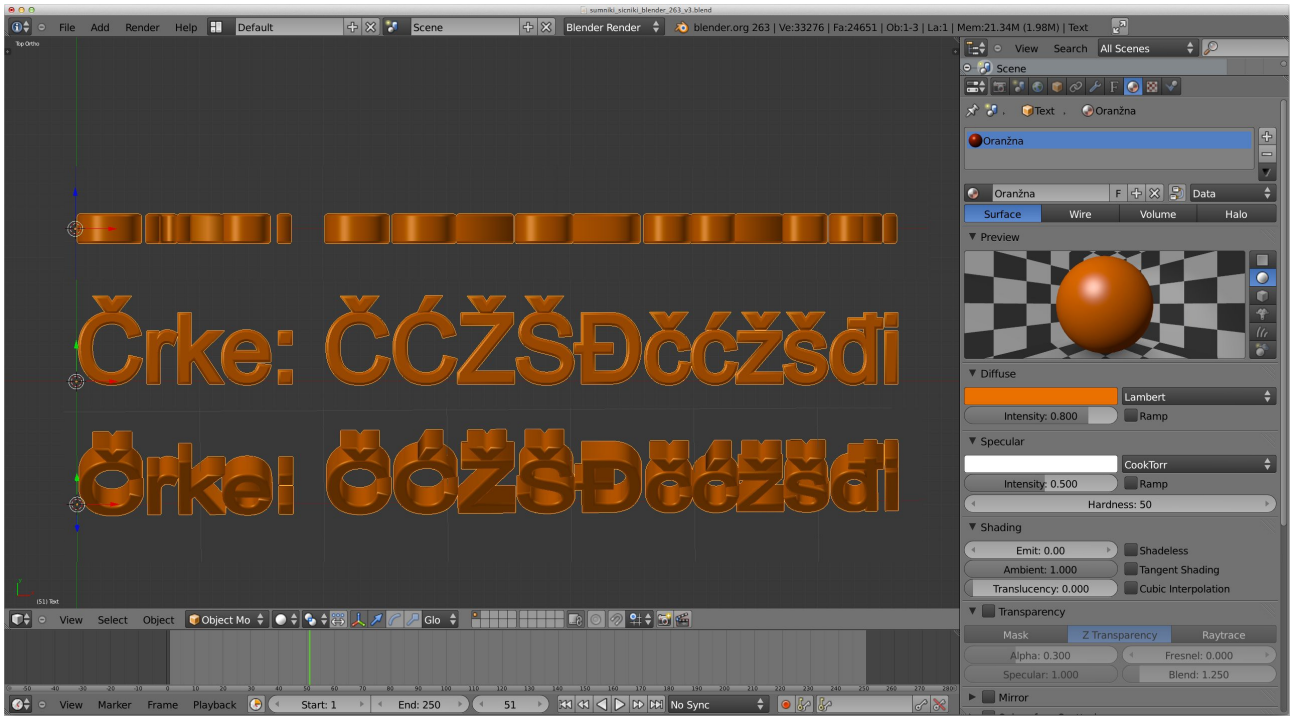
Za spremembo barve npr. v temno oranžno barvo je potrebno, da spremenimo vrednosti v zelenem kanalu, označenim s črko G, na vrednost 0.144 in v modrem kanalu, ki je označen s črko B, na vrednost 0.0214 (slika 314).



Slika 314: Sprememba iz sive v oranžno barvo

Na naslednji sliki je končno pobarvan napis iz različnih pogledov (narisom, tlorisom in poševnim pogledom - slika 315).

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



Slika 315: Končna podoba pobarvanega napisa z narisom, tlorisom in poševnim pogledom

Naloge za poglabljanje poglavja 9 Napisi in besedila

Odgovore na naslednja vprašanja je možno dobiti na Blenderjevi vikipediji (http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Reference/).

Kaj je Material slot in zakaj se uporablja?

Zakaj je smiselno poimenovati barve oz. oznake materialov?

19. Samostojna praktična naloga Blender

V prazno Blenderjevo sceno z bližnjice ⇧+A vstavi besedilo (angl. Text) in vpiši svojo vsebino besedila skladno z navodili, ki jih prebereš na sliki 308. Besedilo naj vsebuje vsaj eno od črk č, ž ali š (če te črke ne »nastopajo,« jih dodaš na koncu v prazno vrsto) in izbereš najljubšo tipografijo oz. pisavo npr. Comic Sans ali neko drugo, kot je Arial ali Times New Roman. Napis razširi v globino v polju za nastavljanje izvleka angl. Extrude, ki je pod oznako modifikacije oz. angl. Modification. V to polje vpišemo ali nastavimo na vrednost 0.1000, vrednost vnosnega polja Ločljivost angl. Resolution nastavimo na vrednost 2 in poševni robov na posamezne črke se v področju z oznako Bevel (poševno) vpiše v polju Globina oz. angl. Depth vrednost 0.020. Napis

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

pobarvaj v svojo najljubšo barvo in za ozadje (gumb World) izberi takšno barvo, da bo napis lepo viden na izbrani barvi podlage. Shrani upodobljeno sliko in datoteko Blender pod imenom datum_ime_priimek_napis.

Slika 316: Primer navodil za pisanje besedila za ustvarjanje napisa (spodaj je pogled iz tlorisa in na desni iz stranskega risa)

Medpredmetne povezave:

- Slovenščina
- Vzdrževanje informacijske strojne opreme
- Informatika
- Oblikovanje

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

VIRI IN LITERATURA

[1] http://www.3dworldmag.com/

[2] http://mango.blender.org

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_effects

[3] Parent, R. Computer Animation, Algorithms and Techniques: Interpolation and Basic Techniques, Animation Languages. Introduction, A Brief History of Computer Animation
1. natis. San Diego: Academic Press, 2002. ISBN: 1-55860-579-7
[4] Clarkson, M. Flash 5 Cartooning
1. natis. New York: Hungry Minds, 2001. ISBN: 0-7645-3547-1

[5] Guid, N. Računalniška grafika, Maribor:, 2001, ISBN:Založništvo fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko,

[6] Inženirska grafika, Jože Duhovnik, Milan Kljajin, Milan Opalić, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo 2009, ISBN 978-961-6536-31-8

[7] Žalik, B. Geometrijsko modeliranje1. natis. Maribor: Fakulteta za elektro tehniko, računalništvo in informatiko, 1999. ISBN: 86-435-0297-9

[8] Roland Hess, Tradigital Blender: A CG Animator's Guide to Applying the Classic Principles of Animation
ISBN-13: 978-0240817576

[9] Roland Hess, The Essential Guide to Learning Blender 2.6, Blender Foundations, 2010 , ISBN-13: 978-0240814308

[10] Tony Mullen, Introducing Character Animation with Blender, April, 2011, ISBN-13: 978-0470427378 | Izdaja 2

[11] Colin Litster, Blender 2.5 Materials and Textures Cookbook, Januar 2011, Packt Publishing, ISBN-13: 978-1849512886
[12] Roger Wickes, Foundation Blender Compositing, August 2009, ISBN-13: 978-1430219767

[13] Plenge, A. 3D-Grafik und Animation, Für IBM-PC und Kompatible
1. natis. Schoder, Gersthofen: Grafikdesign Heinz Rauner, 1989 ISBN: 3-89090-678-8

[14] MATEMATIČNI PRIROČNIKI. N. Bronštejn in K. A. Semendjajev, Gerhard Musiol in Heiner Mühlig, 1. Natis-Ljubljana: Tehniška založba Skivenije, 1997

[15] Legiša, P., Štalec, I., Zakrajšek, E. Matematika 2: Vektorji. Elementarne funkcije

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

1. natis. Ljubljana: Državna založba Slovenija, 1992, ISBN:

[16] Ferbar, J. in Walpole, Breda. Svetloba.
1. natis. Ljubljana: Pomurska založba, 1990. Veselje z znanostjo. ISBN: 86-7195-083-2

[17] Kraynak, J. Računalniški slovar
1. natis. Ljubljana: Mladinska knjiga, 1994. ISBN:

[18] Bogomir, H. in Stergar, J. Večpredstavnost, Multimedijski sistemi
1. natis. Maribor: Založništvo fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. 2002
ISBN: 86-435-0469-6

8 Ferbar, J. in Walpole, Breda. Svetloba.

1. natis. Ljubljana: Pomurska založba, 1990. Veselje z znanostjo. ISBN: 86-7195-083-2

9 Ferbar, J., Taylor B., Cash T. Zvok.

1. natis. Murska Sobota: Pomurska založba, 199. Veselje z znanostjo. ISBN: 86-7195-095-6

http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual

http://en.wikipedia.org/wiki/Film_frame
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_film_formats

- Autodesk - 3ds max & Maya
- Blender Foundation - Blender 3D
- Luxology - Modo
- Maxon - Cinema4D
- NewTek - LightWave
- Softimage - XSI

http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Your_First_Animation/1.A_static_Gingerbread_Man
http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Your_First_Animation/2.Animating_the_Gingerbread_Man

http://en.wikipedia.org/wiki/Aliasing
http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-generated_imagery

http://www.guru3d.com/glossary.htm
http://wiki.blender.org/index.php/Doc:Glossary

http://www.wings3d.com/

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.

http://en.wikipedia.org/wiki/Normal_mapping

http://www.answers.com/

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.