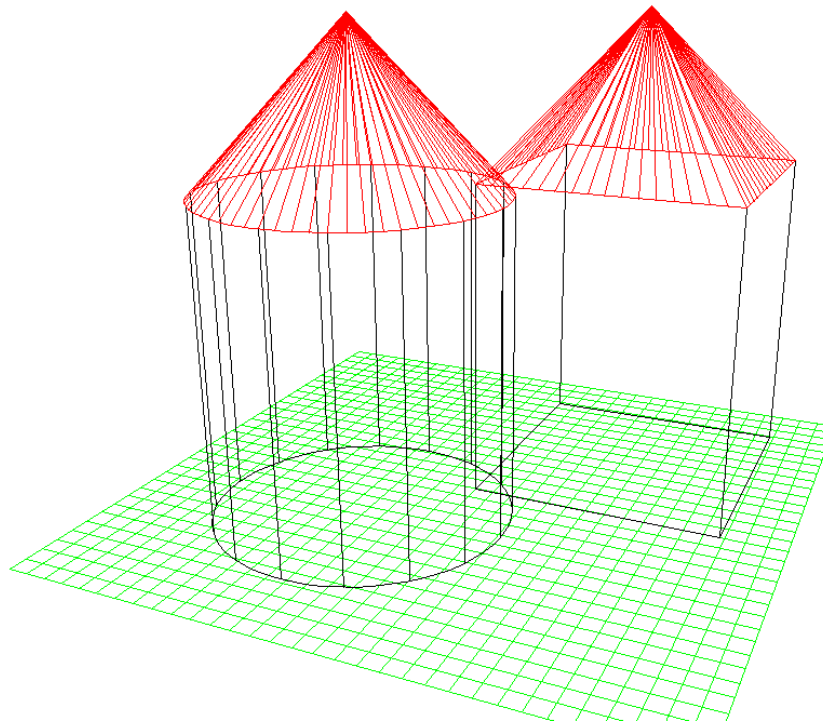


Geometrijsko modeliranje



Metode iscrtavanja

Geometrijsko modeliranje

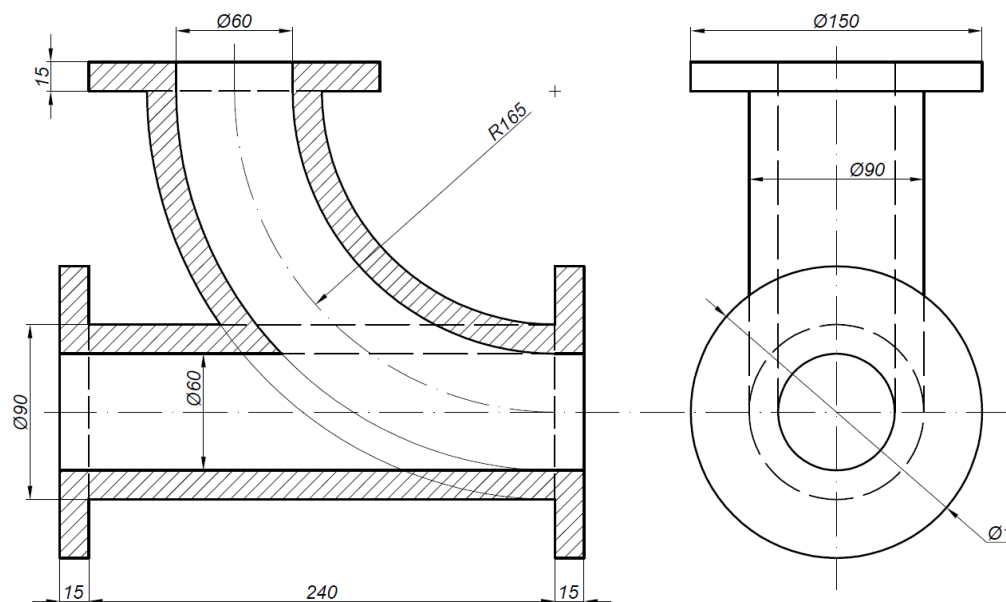
- Da bi se objekti iz stvarnog svijeta mogli pohraniti u memoriju računala potrebno je napraviti odgovarajući matematički model
- Različite vrste modela: “reprezentacijske sheme”
- Nisu sve reprezentacije prikladne za računala
- Općenito se odnosi i na 2D no pravi izazov je reprezentacija trodimenzionalnih objekata

Reprezentacijske sheme

- Inženjerske skice
- Žičani prikaz
- Površinski prikaz – granične plohe
- Volumni prikaz – dekompozicija prostora
- Konstruktivna stereometrija
- Parametarske krivulje i plohe
- Fraktali
- ...

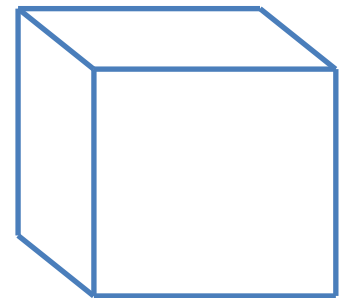
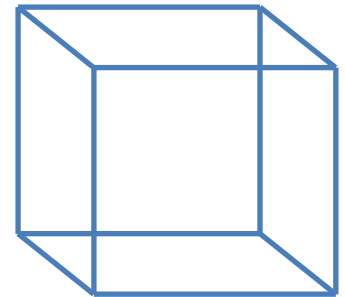
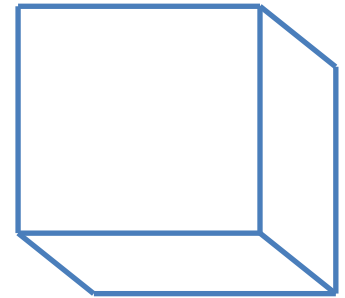
Inženjerske skice

- Prikaz trodimenzionalnih (prostornih) objekata pomoću više dvodimenzionalnih projekcija (tlocrt, nacrt, bokocrt)



Žičani prikaz

- Žičani prikaz (engl. *wire frame*)
- Prednosti:
 - Jednostavnost
 - Malo zauzeće memorije
 - Brzina iscrtavanja
- Nedostaci:
 - Prikaz nije realističan ni jednoznačan
 - Potrebno je ukloniti skrivene linije

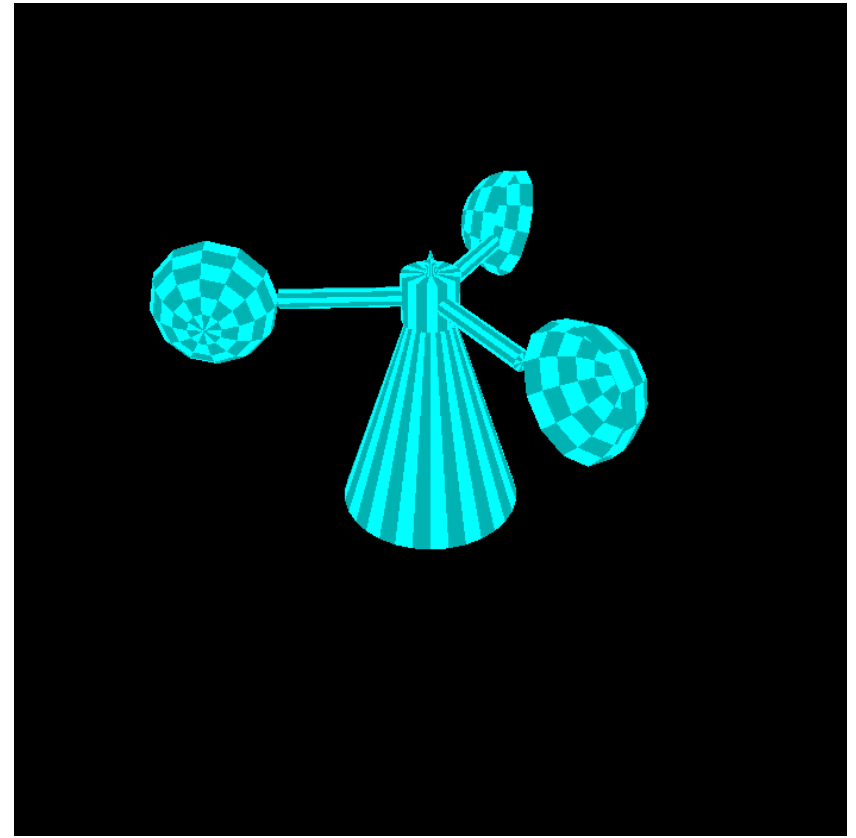
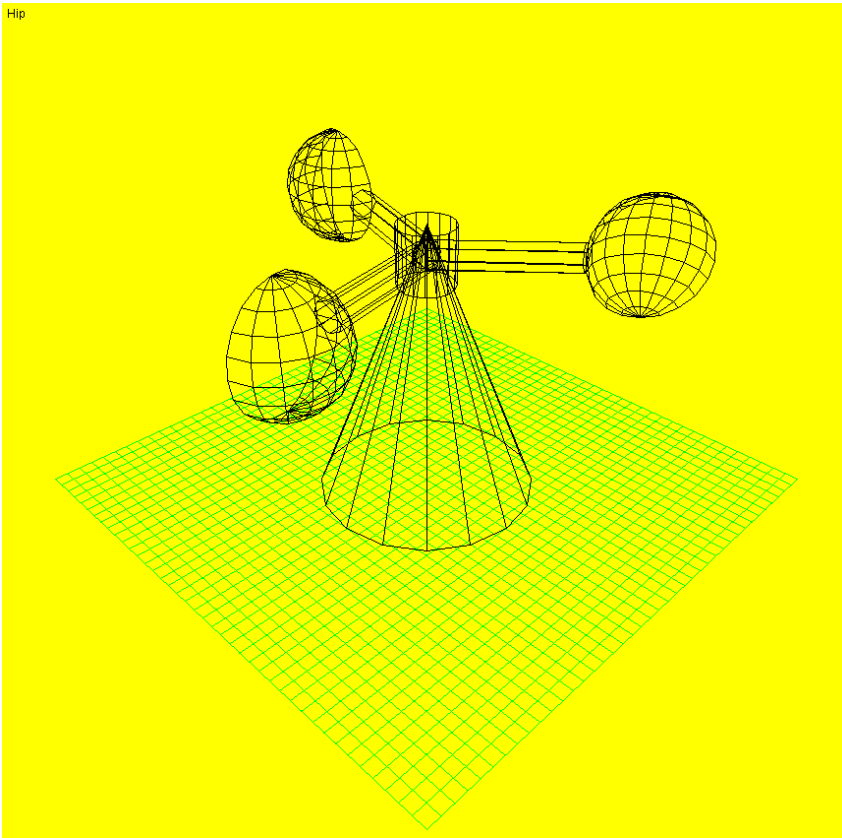


Površinski prikaz – granične plohe

- Moguć prijevod na hrvatski je i granični ili rubni prikaz (engl. *boundary representation*)
- 3D objekt opisan je plohama koje definiraju njegovu površinu – najčešće dovoljno dobro za primjenu u računalnoj grafici (no ne i u računalnom projektiranju, medicini i sl.)
- Za granične plohe se uglavnom biraju poligoni, najčešće najjednostavniji poligoni – trokuti

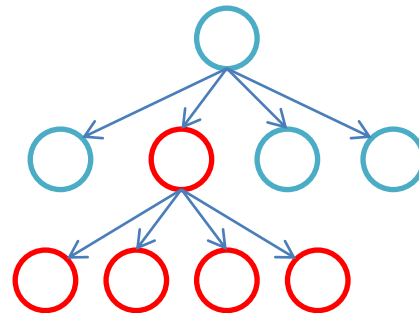
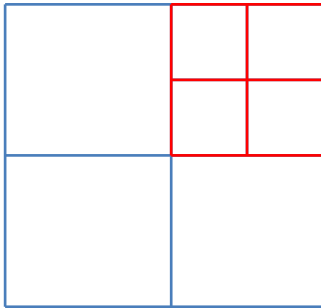
Žičani vs. površinski prikaz

Hip

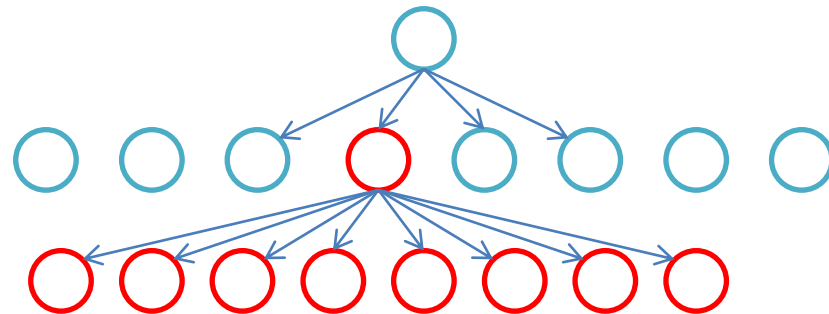
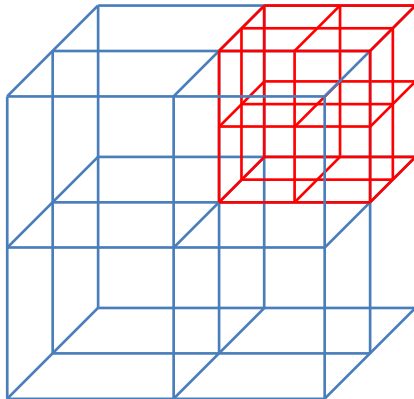


Dekompozicija prostora

- Na neki način “rasterizacija prostora” – takozvani “vokseli” (engl. *volume element* – *voxel*) imaju ulogu piksela
- Koristi se kad je potrebno modelirati unutrašnju strukturu (medicina, geologija)
- Enormni memorijski zahtjevi
- Optimizacija: *quadtree* u 2D i oktalno stablo (engl. *octree*) u 3D



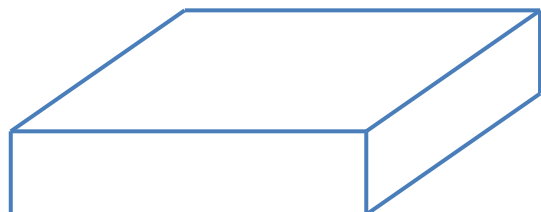
Quadtree



Oktalno stablo

Konstruktivna stereometrija

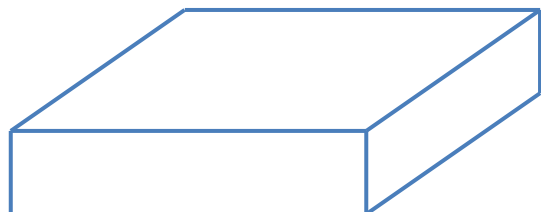
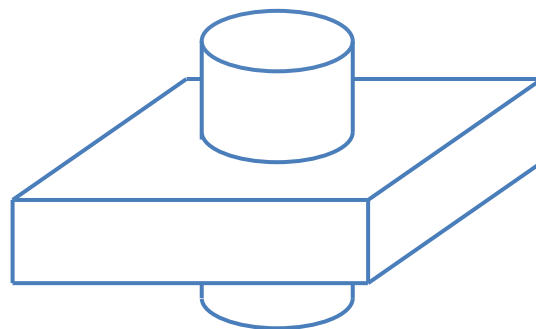
- Konstruktivna stereometrija ili konstruktivna geometrija čvrstih tijela (engl. *Constructive Solid Geometry – CSG*)
- Prikaz složenih tijela pomoću skupa jednostavnih geometrijskih tijela (kvadar, valjak, kugla, stožac) i njihovih geometrijskih transformacija (npr. skaliranje), te niza Booleovih operacija koje se izvode nad njima



\cup



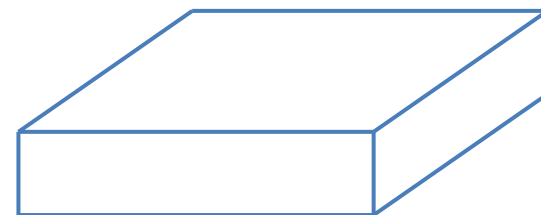
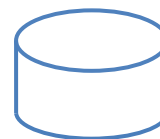
$=$



\cap



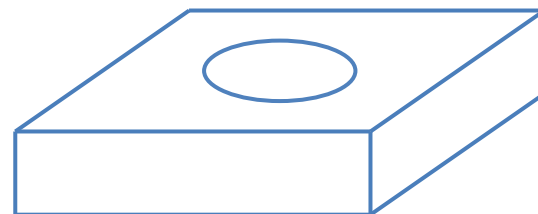
$=$



\setminus



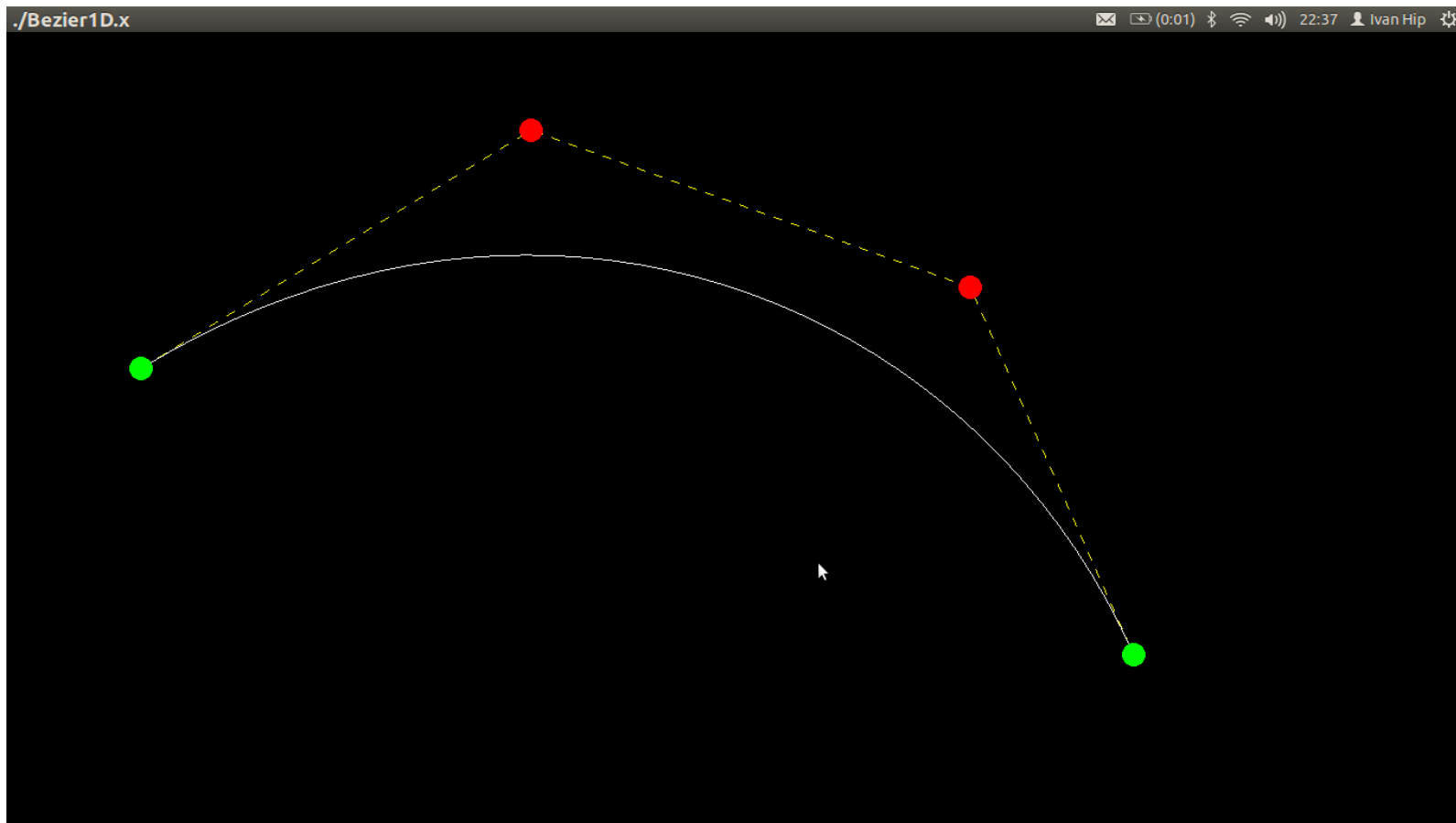
$=$



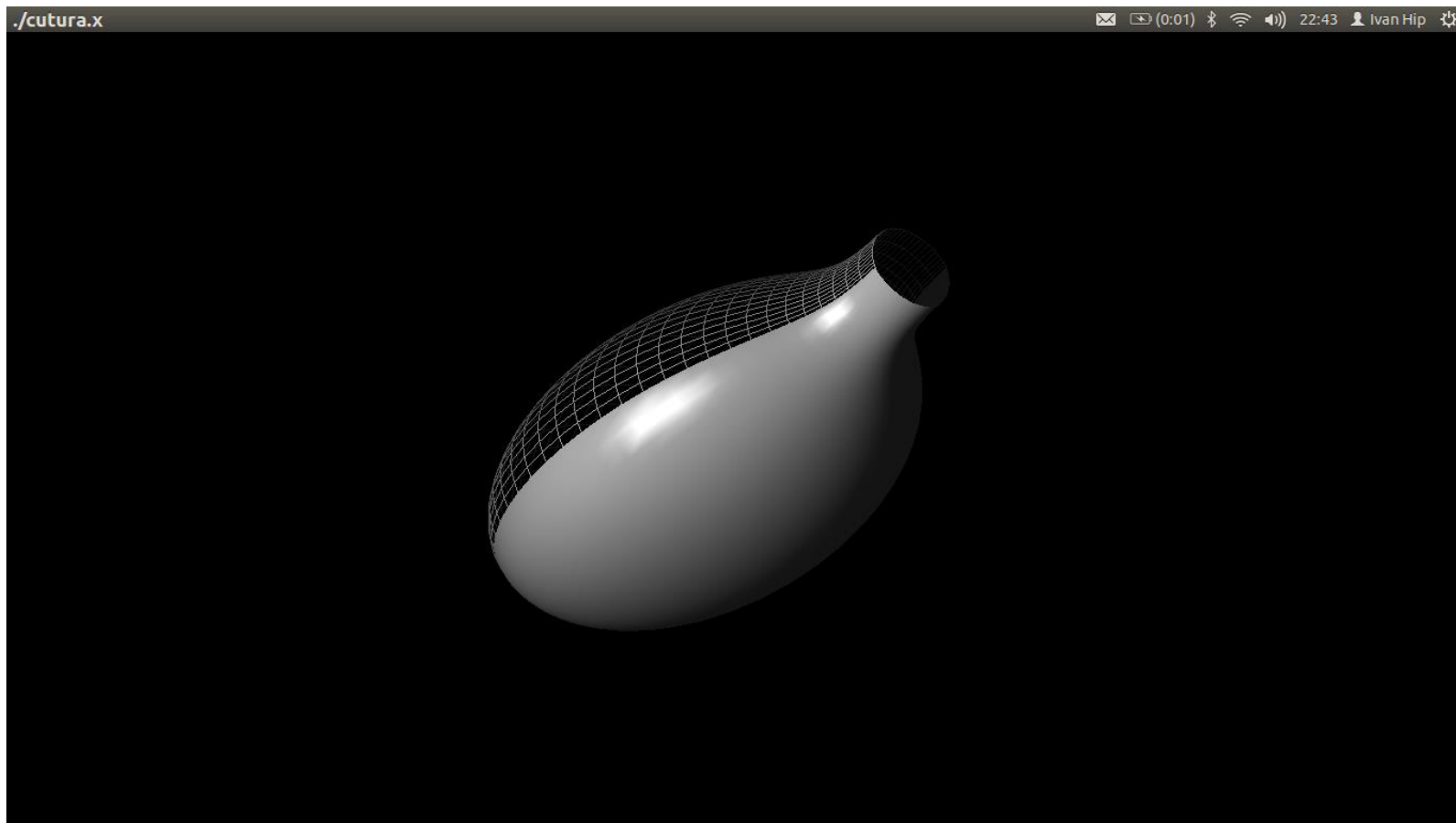
Parametarske krivulje i plohe

- Zadaju se kontrolnim točkama koje utječu na oblik krivulje/plohe
- Primjena za modeliranje proizvoljnih krivulja i zakrivljenih ploha, posebno u računalnom projektiranju
- Bezierove krivulje i plohe, B-splajnovi, NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines)
- Dovoljno je memorirati kontrolne točke

Bezierova krivulja



Bezierova ploha

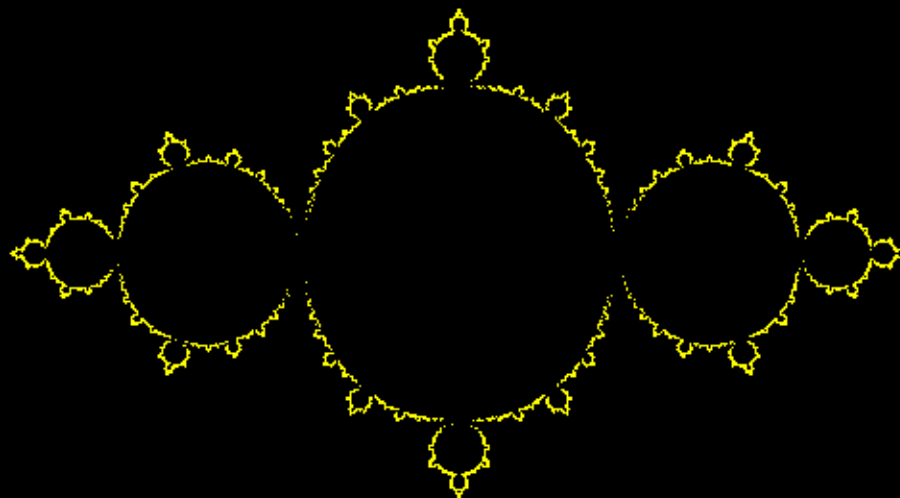


Fraktali

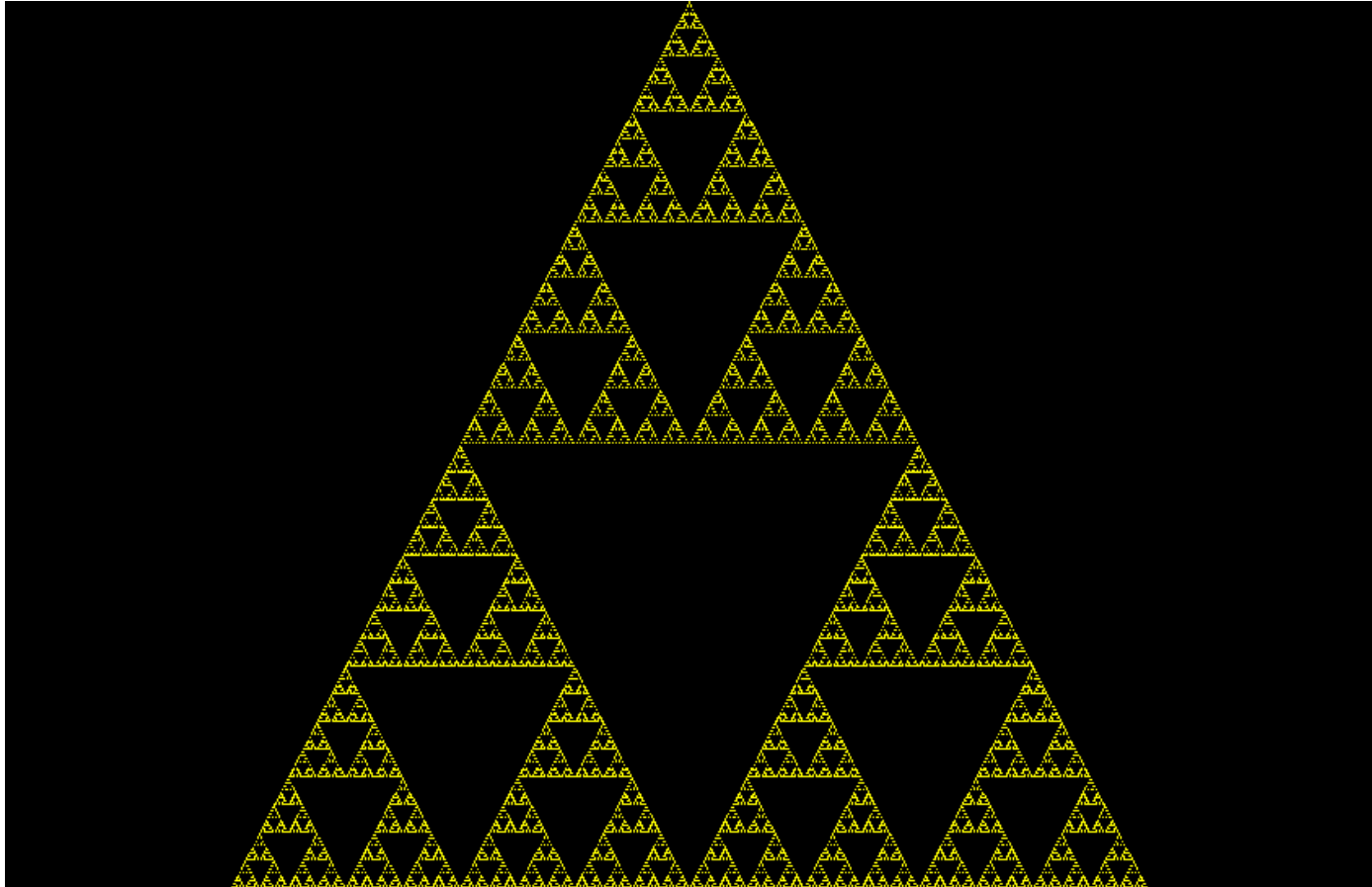
*“Clouds are not spheres, mountains are not cones, coastlines are not circles ...
... Responding to this challenge, I conceived and developed a new geometry of nature.”*

***Benoit Mandelbrot u uvodu knjige
“The Fractal Geometry of Nature”***

Nelinearne transformacije



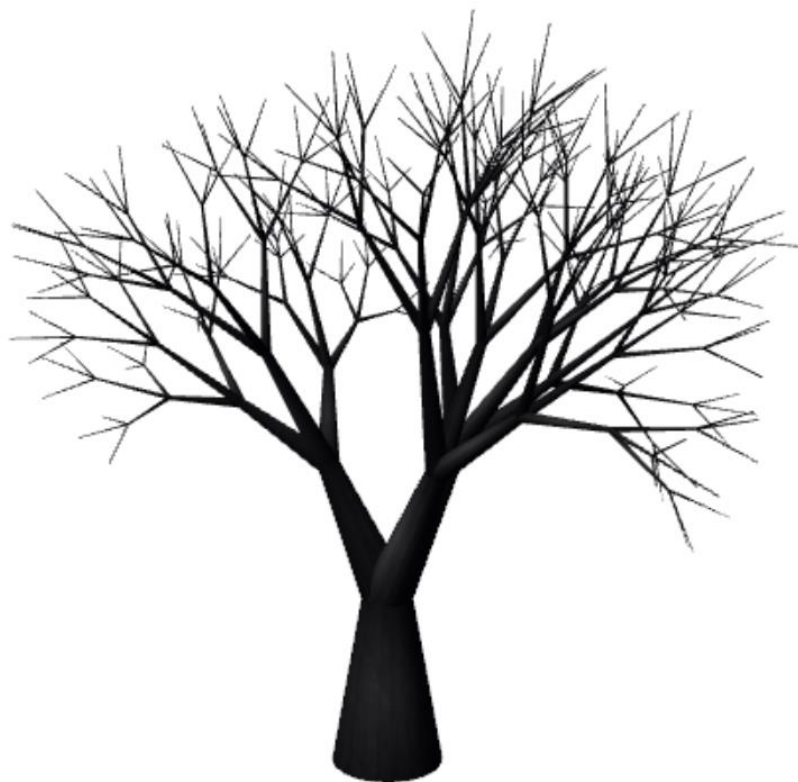
Deterministički sebi-slični fraktali



Plazma fraktal



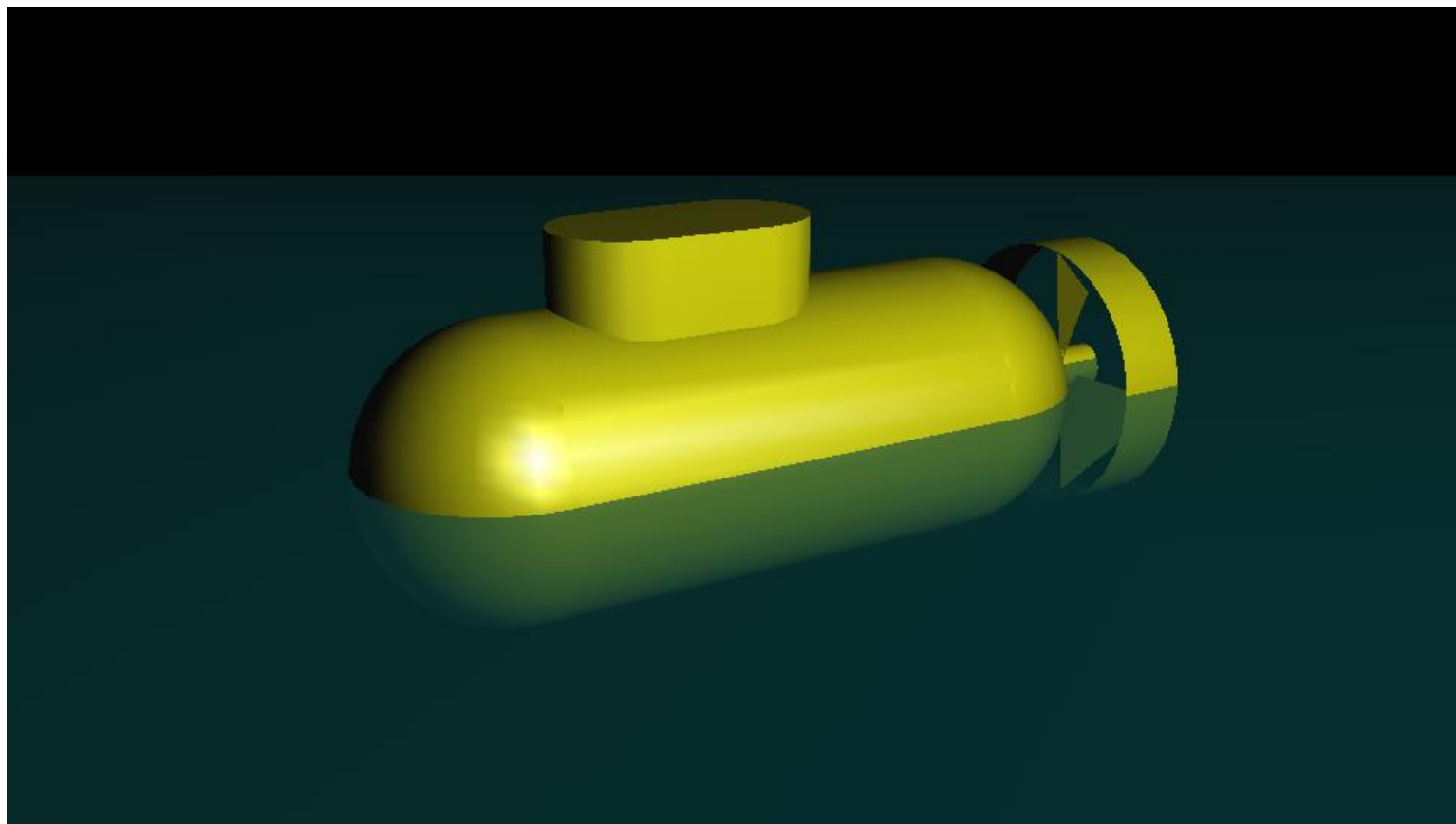
Modeli vegetacije



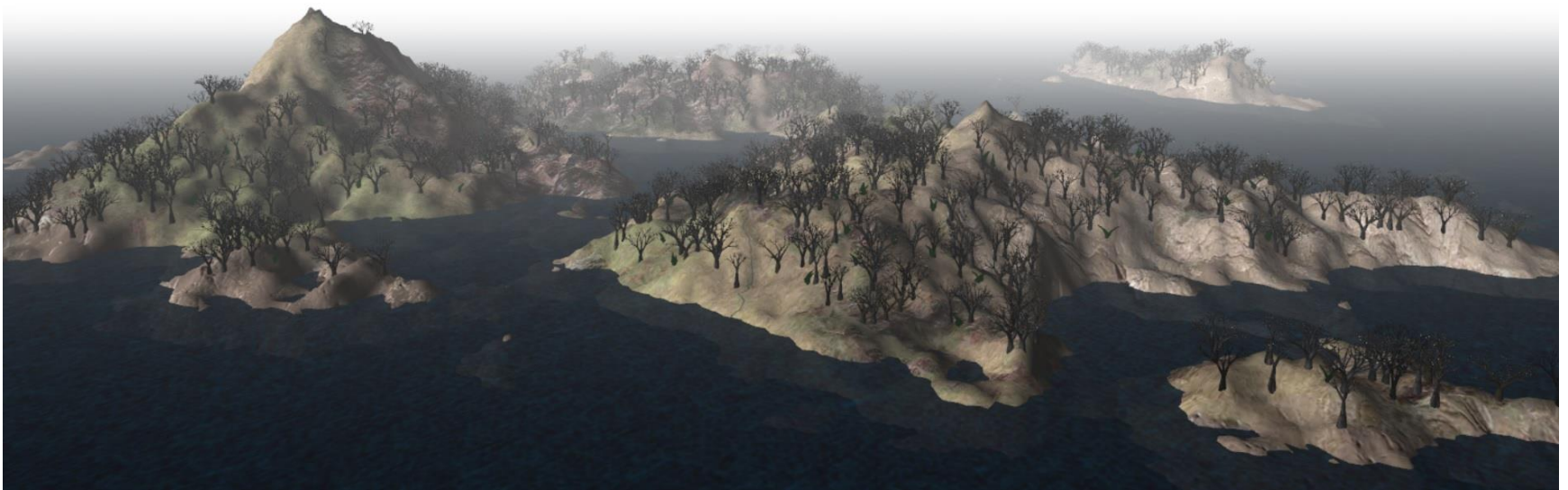
Što još fali?!

- Geometrijski model nije dovoljan za realistični prikaz – treba još barem:
 - Model osvjetljavanja (modeli izvora svjetlosti)
 - Model (površine) materijala – zapravo model odbijanja svjetlosti, ali materijal može imati i teksturu, može biti proziran i sl.
- Mogućnosti modeliranja izvora svjetlosti i svojstva materijala ovise od metodi iscrtavanja

Boje, refleksije, prozirnost...



Teksture, magla...



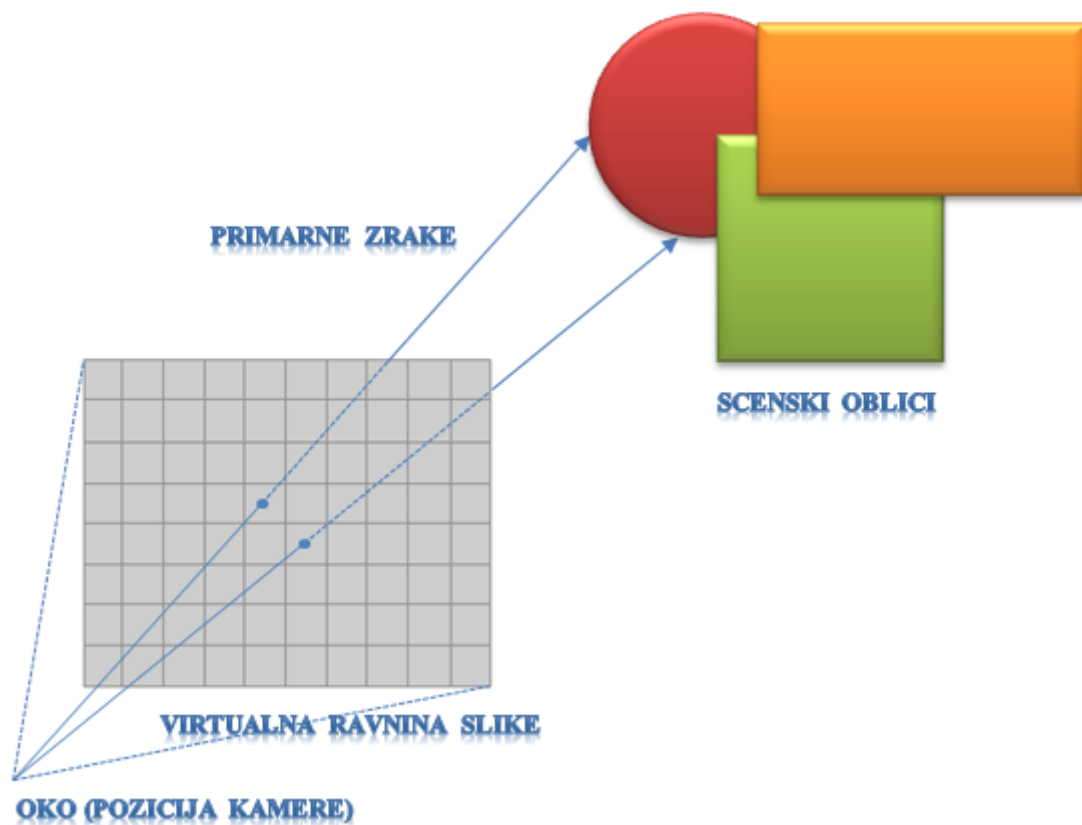
Metode iscrtavanja

- (Žičani okvir – zapravo rasterizacija linija)
- Metoda rasterizacije trokuta
 - Kompromis između realističnosti i efikasnosti: dovoljno efikasna za interaktivnu 3D grafiku
 - Implementirana u današnje grafičke procesore (engl. *Graphics Processing Unit - GPU*)
- Metoda praćenja zrake (engl. *ray-tracing*)
 - Uglavnom se koristi *off-line*

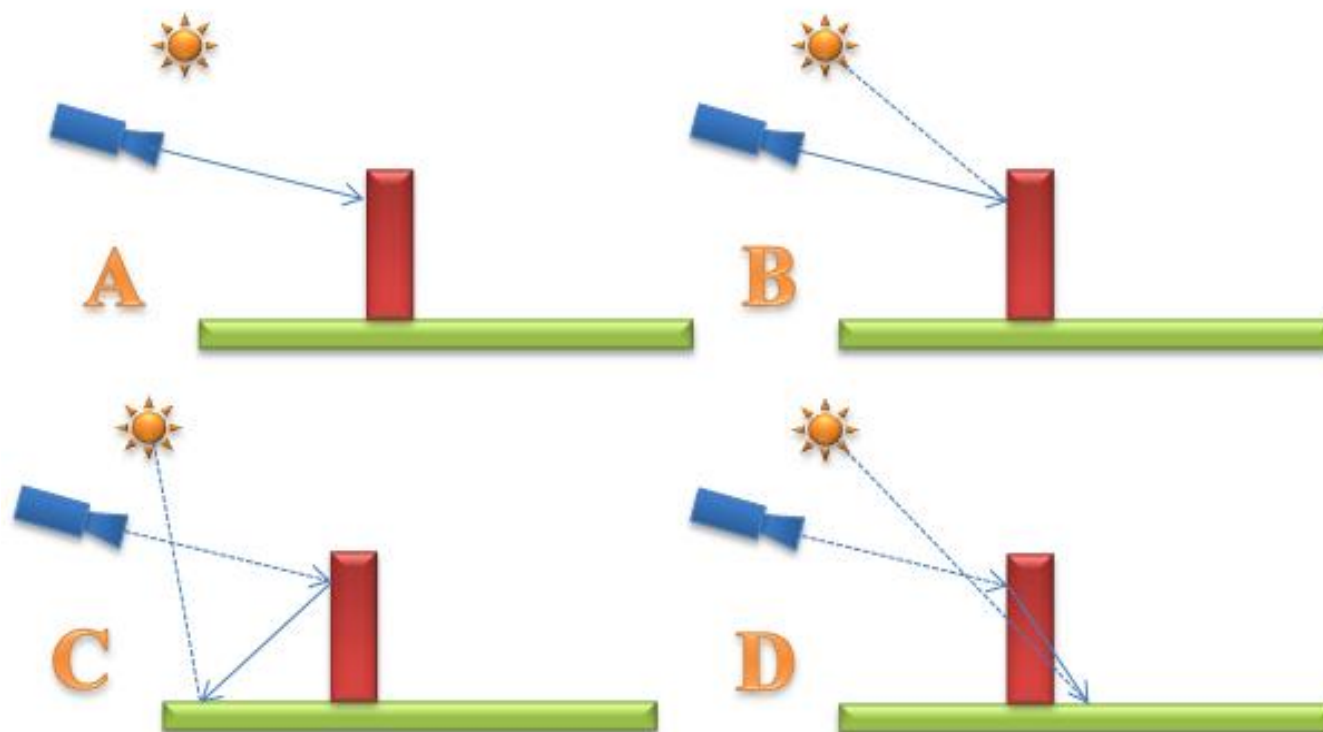
Metoda praćenja zrake

- Strogo poštuje zakone geometrijske optike – stoga su scene izuzetno realistične
- Refleksije, prozirnost, sjene, etc.
- Prati put zrake svjetlosti koja ulazi u objektiv kamere – za svaki piksel generira se (najmanje) jedna primarna zraka i čitav niz sekundarnih
- Veliki zahtjevi za procesiranjem – ograničeno primjenjiva za interaktivne aplikacije

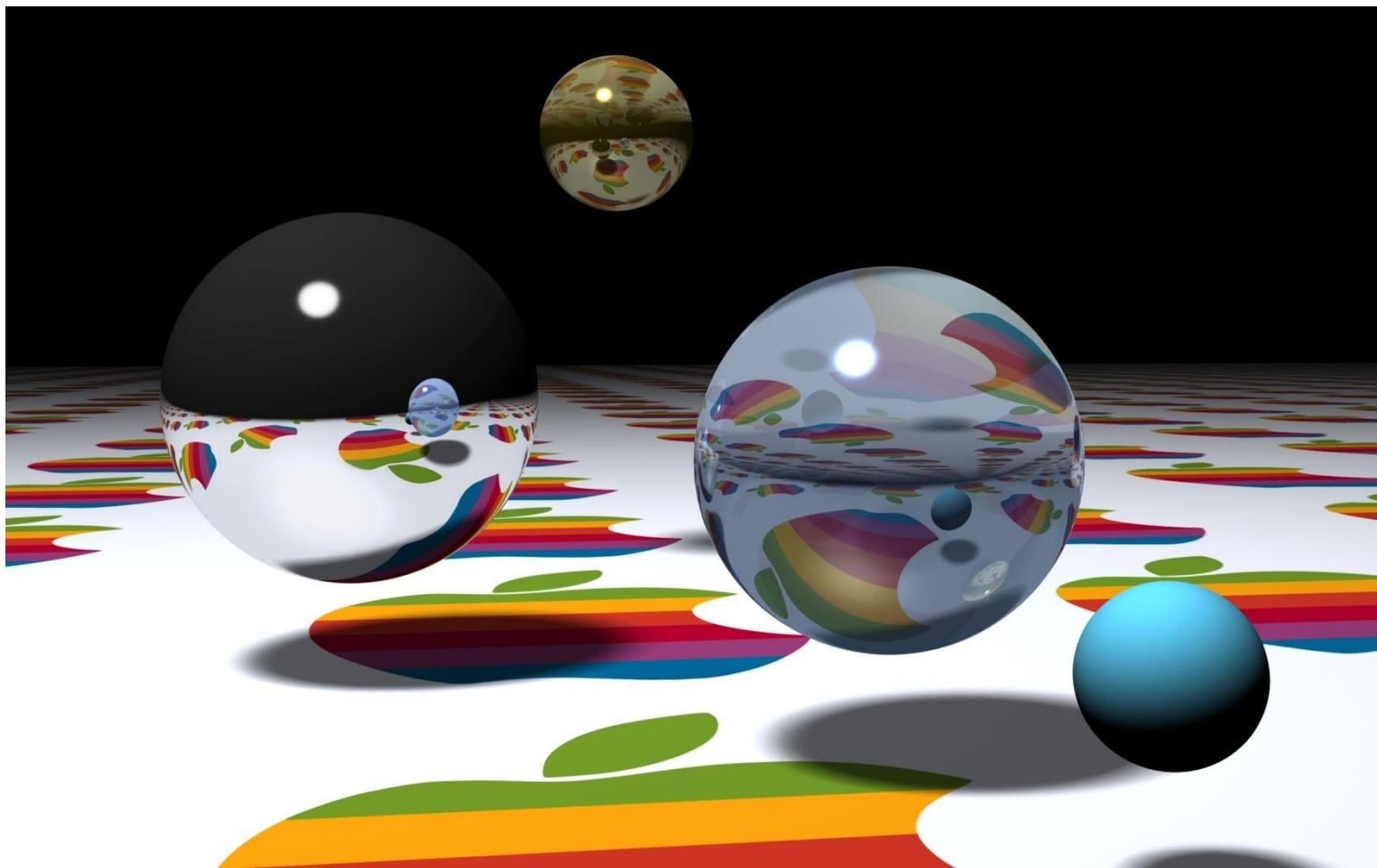
Za svaki piksel odašilje se zraka



Sekundarne zrake



Tipičan primjer

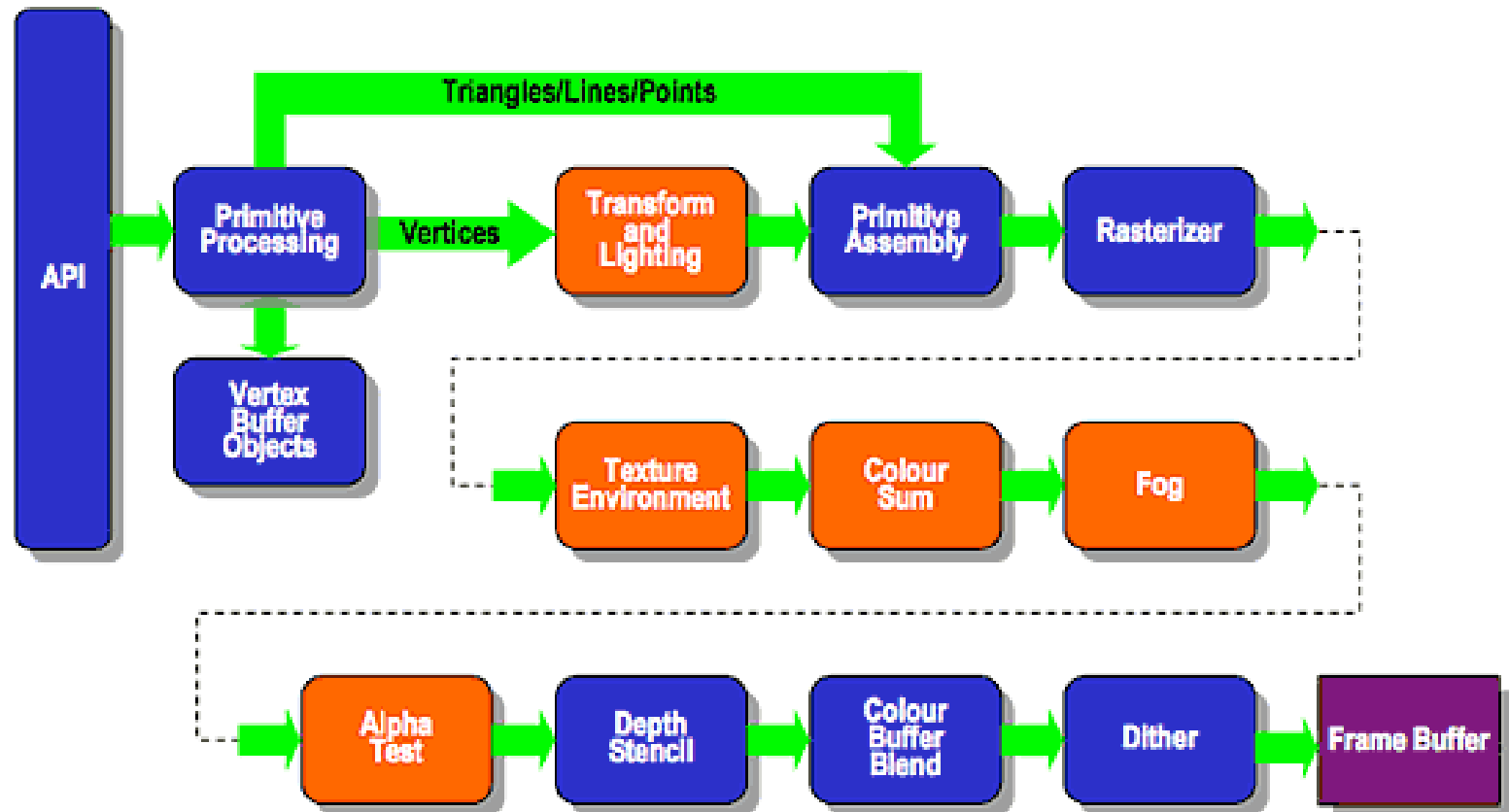


Rasterizacija trokuta

- Na današnjim modernim grafičkim procesorima sama rasterizacija se provodi u hardveru – postoji takozvana “rasterizacijska jedinica” (engl. *rasterizer unit*)
- No prije toga potrebno je napraviti transformacije na vrhovima, a poslije toga dodati još čitav niz efekata: teksture, maglu, prozirnost – govorimo o grafičkom protočnom sustavu (engl. *graphics pipeline*)

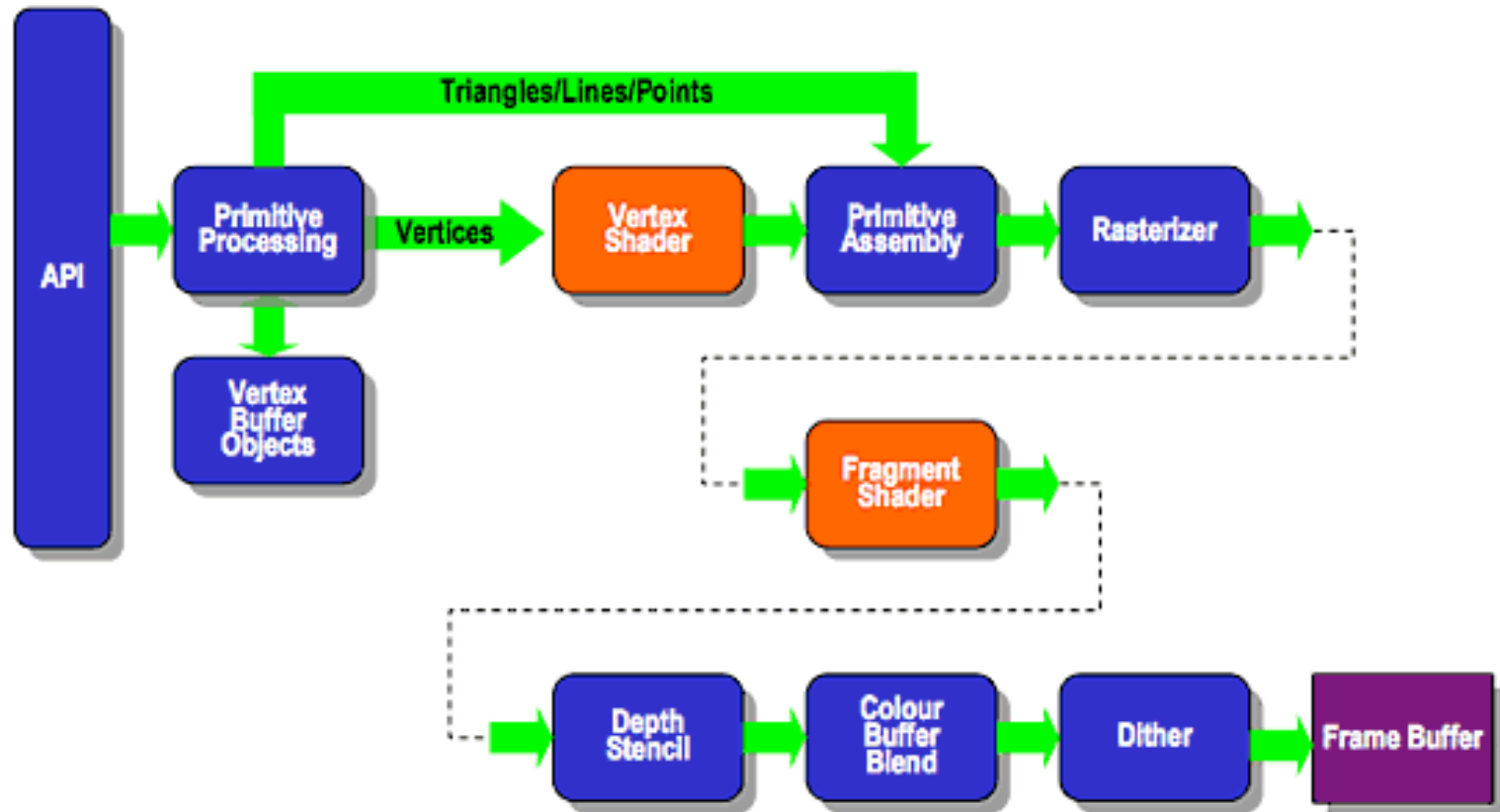
Fiksni grafički protočni sustav

Existing Fixed Function Pipeline OpenGL ES 1.0



Programabilni grafički protočni sustav

ES2.0 Programmable Pipeline



Programska sučelja za 3D grafiku

- Da bi mogli iskoristiti mogućnosti grafičkog sklopovlja koristimo se programskim sučeljima
- Dva glavna sučelja za 3D grafiku:
 - Microsoft Direct3D
 - OpenGL / Vulkan - postoji i verzija OpenGL ES za ugradbene sustave (engl. *Embedded Systems*)
- Do kraja semestra upoznat ćemo se s osnovama OpenGL ES 3.0 koji je sadržan u WebGL 2.0 JavaScript API-ju za 3D grafiku