



Računarska grafika

predavanja
v.prof.dr. Samir Lemeš
slemes@unze.ba

Transformacije pogleda

- Koordinatni sistemi
- Projekcije
- Paralelne projekcije
- Ortogonalne projekcije
- Prozor isijecanja
- Normalizacija ortogonalnih projekcija
- Paralelne projekcije pod uglom
- Perspektiva

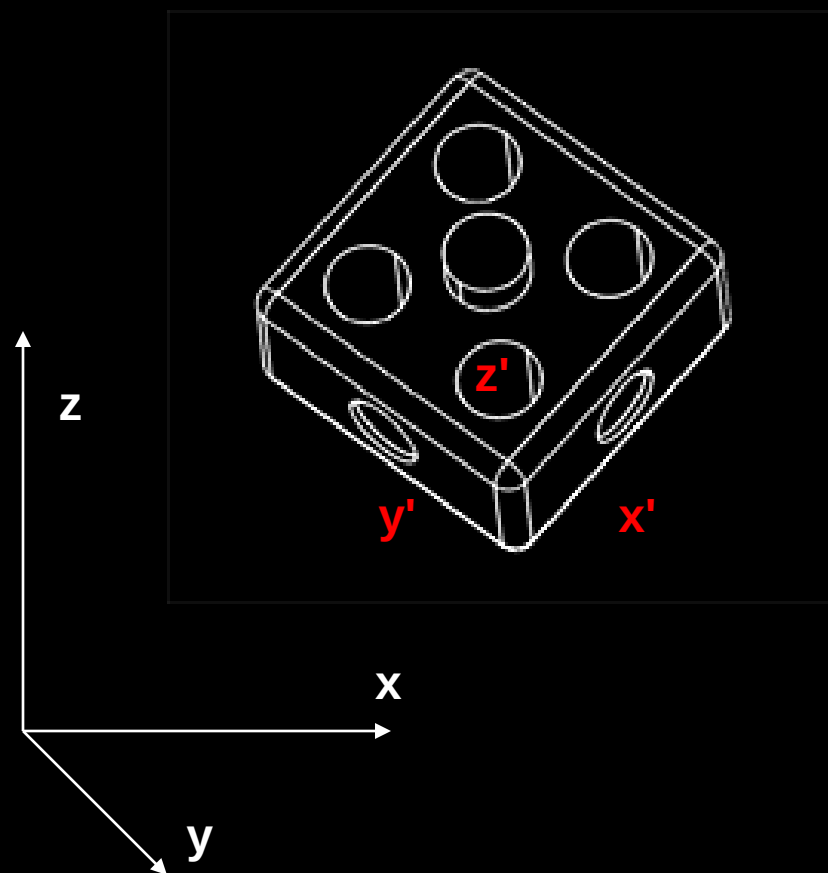


Koordinatni sistemi

- Položaj objekata u vektorskoj grafici definiše se u odnosu na koordinatni sistem.
- Globalni koordinatni sistem je zajednički za sve prikazane objekte
 - WCS – *World Coordinate System*
- Lokalni koordinatni sistem se koristi da bi se olakšao prikaz složenih oblika, koji se mogu afinim transformacijama lako iskazati globalnim koordinatama
 - UCS – *User Coordinate System*

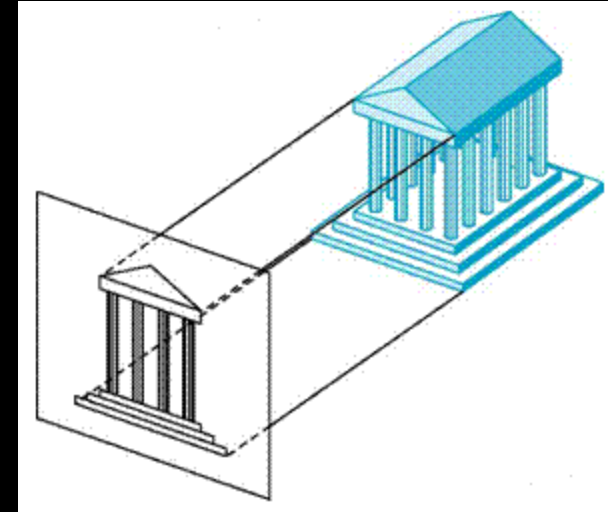
Koordinatni sistemi

- Primjer: Da bi se izvršilo isijecanje cilindara iz prizme, za svaki cilindar je potrebno zadati **globalne** koordinate koje su $\neq 0$
- Korištenjem lokalnih koordinata, koristi se puno vrijednosti = 0, a zatim se izvrši transformacija u novi položaj



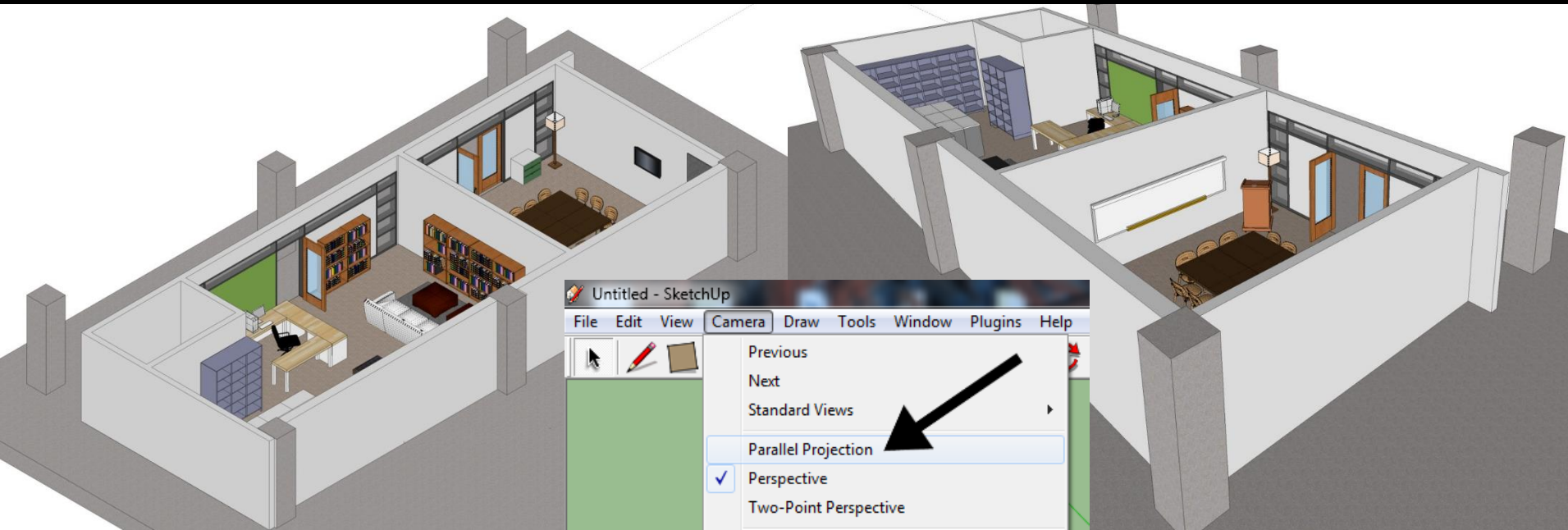
Projekcije

- Potreba za projekcijama: prikaz 3D objekata na 2D uređajima
- **Paralelne projekcije**: sve pozicije koordinata prenose se na ravan paralelno
- **Projekcije u perspektivi**: aproksimira se stvarni izgled objekta projekcijom po konvergentnoj putanji.



Projekcije

- U software-u za 3D modeliranje, objekti se u memoriji pohranjuju bez projekcija.
- Korisnik bira način prikaza objekta (paralelne projekcije ili projekcije s perspektivom).



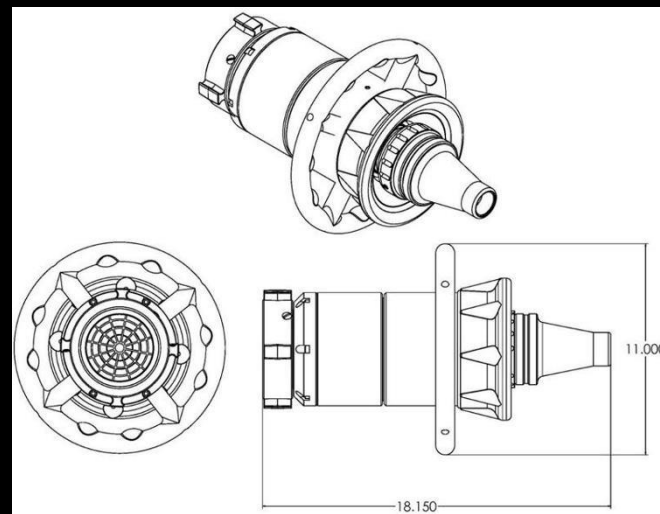
Paralelne projekcije

- Zadržavaju relativne proporcije objekta
- Projektovanje se može vršiti duž linija koje su okomite na ravan pogleda (ortogonalne projekcije)
- Projektovanje pod uglom ima zrake projekcije koje su međusobno paralelne, ali nisu okomite na ravan pogleda (kosa, cavalierova, kabinetska).



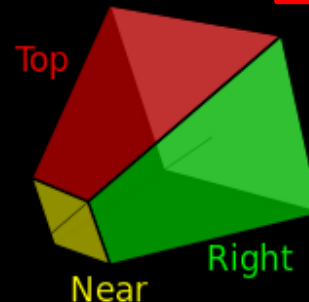
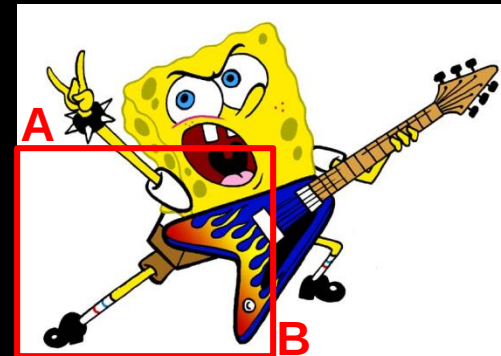
Ortogonalne projekcije

- Pogled odozgo, sprijeda i sa strane
- Koriste se u arhitekturi, mašinstvu, građevinarstvu
- Aksonometrijska projekcija prikazuje više pogleda odjednom jer njena ravan nije normalna na koordinatne ose
- Izometrijska projekcija je ona kod koje ravan projekcije presijeca sve tri ose na istoj udaljenosti od koordinatnog početka



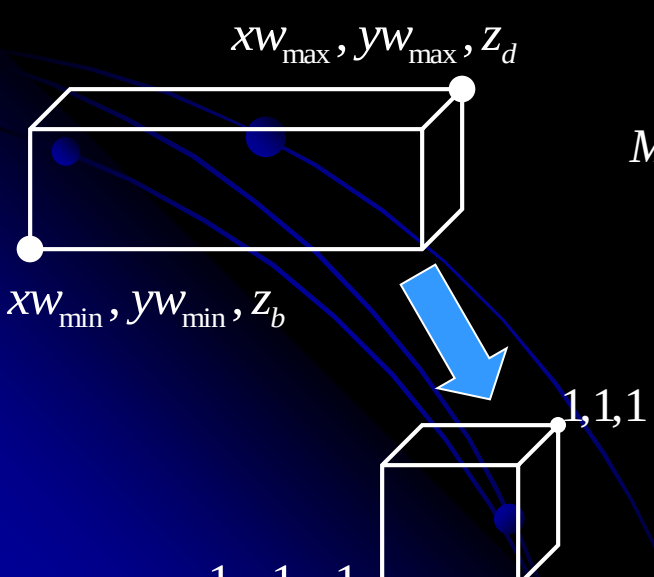
Prozor isijecanja

- Obično se ne prikazuje cijela slika 3D objekta, bez obzira na položaj u prostoru, nego se koristi samo dio 2D projekcije: prozor isijecanja (clipping window)
- Prozor isijecanja je definisan sa 2 dijagonalne tačke
- U 3D prikazu, prozor ima još i prednju i zadnju ravan isijecanja (po dubini)



Normalizacija ortogonalnih projekcija

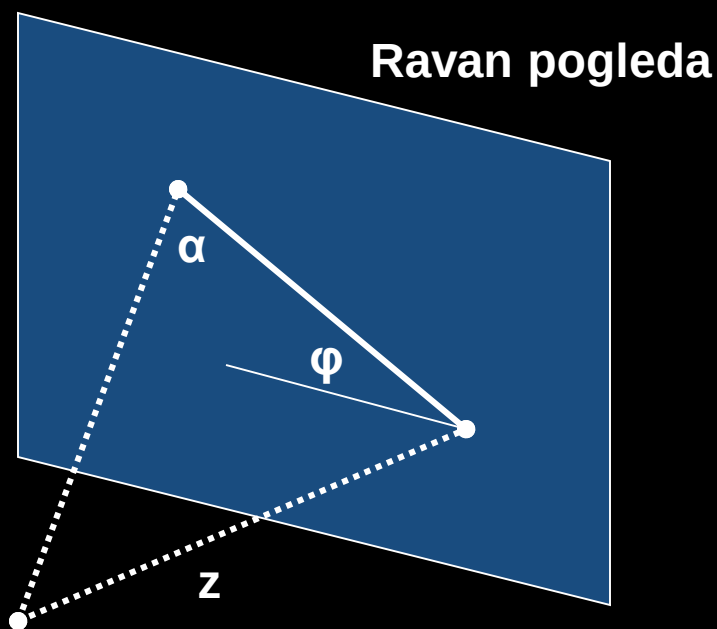
- Kvadar ograničen ravnima isijecanja se mapira u kocku 1x1x1
- Matrica normalizacije:



$$M = \begin{bmatrix} \frac{2}{xw_{\max} - xw_{\min}} & 0 & 0 & -\frac{xw_{\max} + xw_{\min}}{xw_{\max} - xw_{\min}} \\ 0 & \frac{2}{yw_{\max} - yw_{\min}} & 0 & -\frac{yw_{\max} + yw_{\min}}{yw_{\max} - yw_{\min}} \\ 0 & 0 & \frac{-2}{z_b - z_d} & \frac{z_b + z_d}{z_b - z_d} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

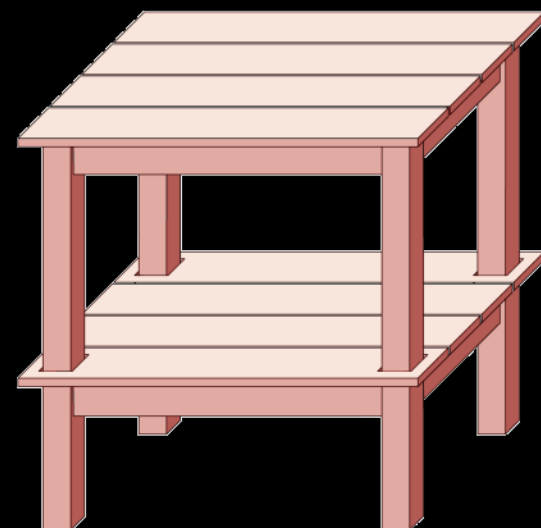
Paralelne projekcije pod uglom

- Kosa paralelna projekcija,
Oblique projection
- Putanja projekcije nije okomita na ravan pogleda



Kosa paralelna projekcija

- Projekcijske zrake su paralelne međusobno, ali nisu okomite na ravan projekcije.
- Kao i kod ortogonalne, i kod kose paralelne projekcije paralelne linije originalnog 3D objekta ostaju paralelne i u kosoj paralelnoj projekciji.
- Specijalni slučajevi kose paralelne projekcije su cavalierova i kabinetska

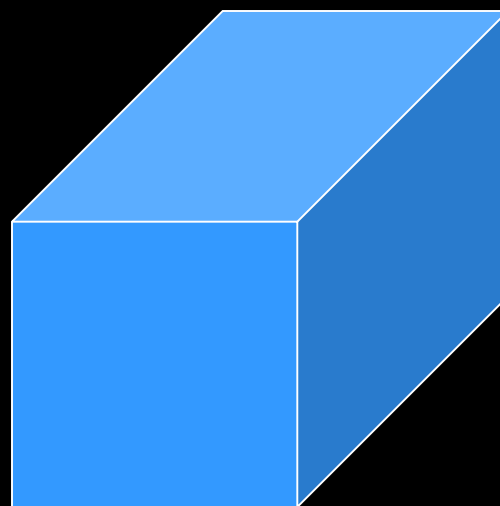


Kosa paralelna projekcija

- Projekcija tačke (X,Y,Z) na xy ravan daje tačku $(x+az, y+az, 0)$.
- Konstante a i b određuju paralelnu projekciju.
- Kad je $a=b=0$, dobije se ortogonalna projekcija.
- Cavalierova projekcija: treća osa se prikazuje kao osa pod uglom od 30° ili 45° , a dužine na z -osi se ne mijenjaju.
- Kabinetska projekcija: skraćuje z -osu na $1/2$.

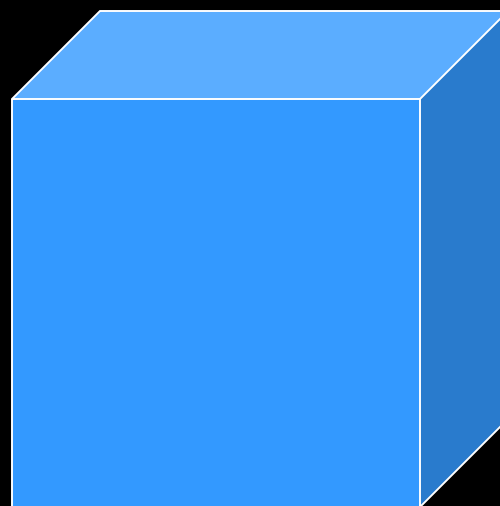
Paralelne projekcije pod uglom

- Cavalierova projekcija
- $\text{tg } \alpha = 1, \alpha = 45^\circ$
- Sve linije koje su normalne na ravan pogleda projektuju se bez promjene dužine



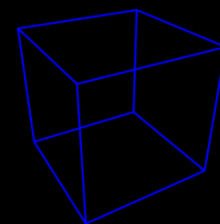
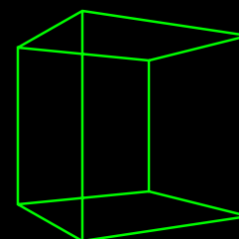
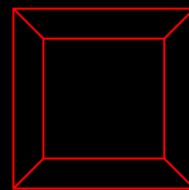
Paralelne projekcije pod uglom

- Kabinetska projekcija
- $\text{tg } \alpha = 2, \alpha \approx 63,4^\circ$
- Sve linije koje su normalne na ravan pogleda projektuju se na polovinu svoje dužine



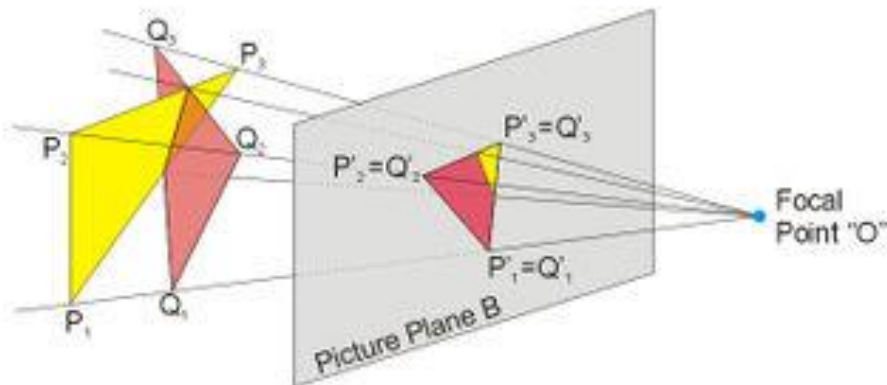
Projekcije u perspektivi

- Perspektiva (Lat. *perspicere*, gledati kroz nešto) je približni prikaz 3D objekata na 2D površini onako kako je vidi ljudsko oko.
- Dalji objekti izgledaju manji
- Dimenzije duž linije pogleda djeluju kao da su kraće od linija koje je presijecaju.
- Perspektive mogu imati 1, 2 ili 3 fokalne tačke.

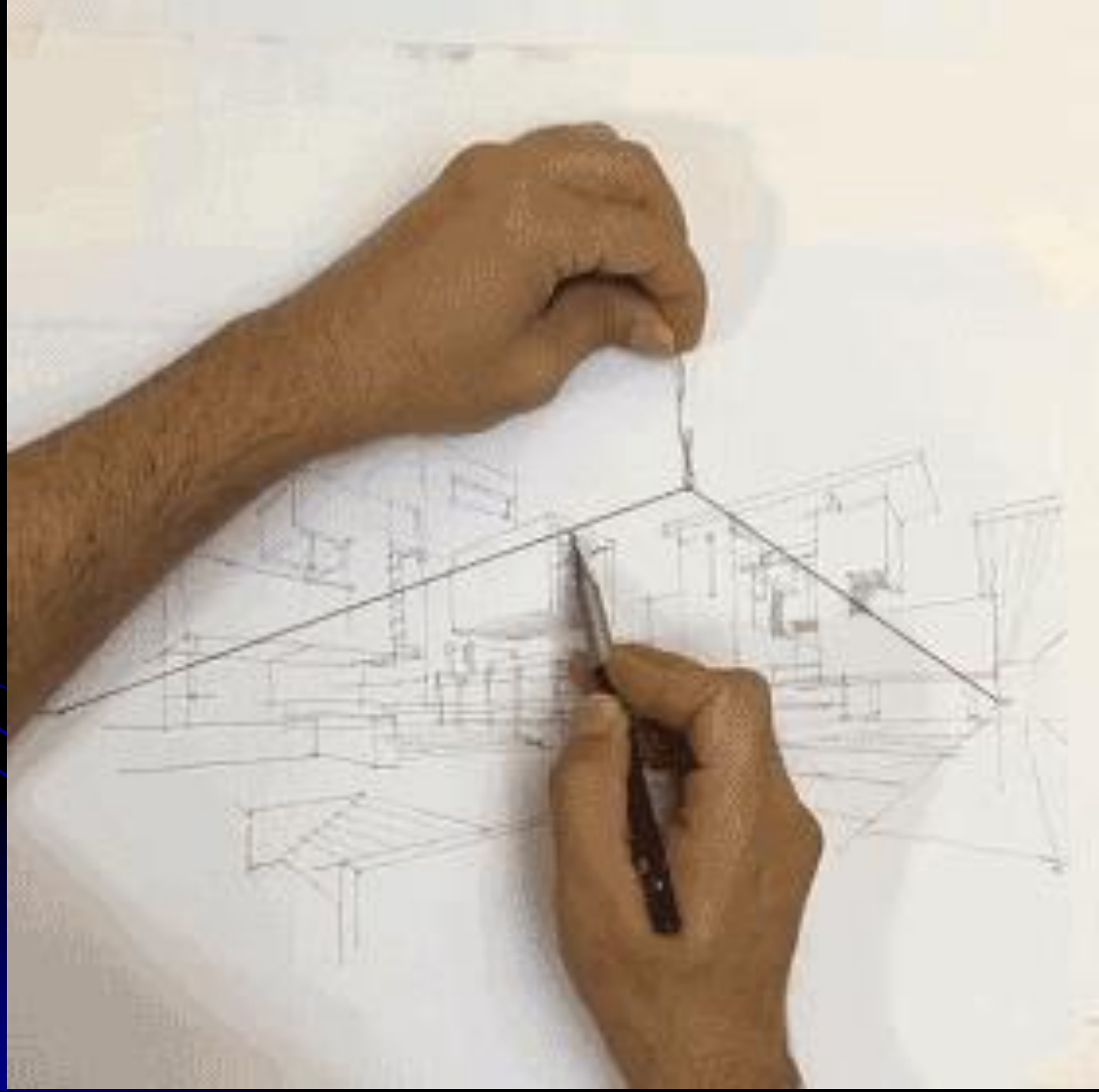


Projekcije u perspektivi

- Zrake projekcije nisu paralelne nego se sijeku u zamišljenoj tački (projekciona referentna tačka, centar projekcije)
- Dalji objekti su manji, bliži veći







3D prikazi

- Renderovanje
- Žičani model
- Modeliranje poligonima
- Solid modeliranje
- Tehnike solid modeliranja



Renderovanje

- 3D grafika koristi proces "renderovanja" da 3D model prikazan u memoriji računara prikaže na 2D displeju
- Renderovanje se može vršiti u "realnom vremenu", u trenutku prikaza ili slike mogu biti pre-renderovane i tako pohranjene u 2D formi



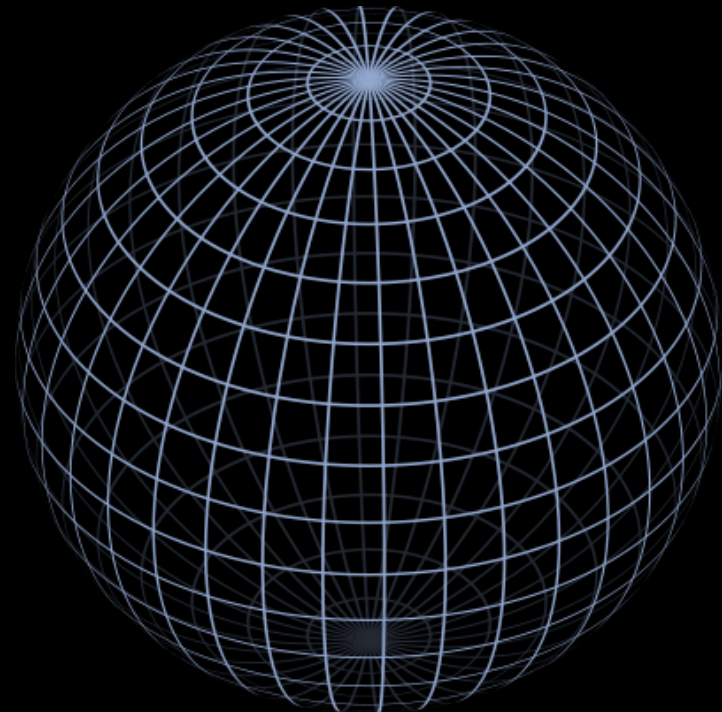
Renderovanje

- 3D akcelerator je grafička kartica koja se koristi za renderovanje
- Pored standardne uloge grafičke kartice, 3D akceleratori imaju napredne mogućnosti obrade 3D slike: transformacije (rotacija, translacija,...), sjenčenje, isijecanje, primjena tekstura, simulacija magle itd.



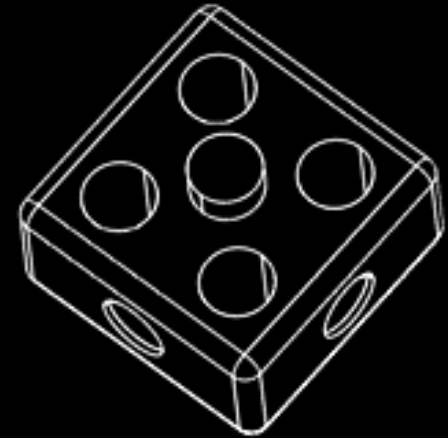
Žičani model

- Koriste se tri vizuelne reprezentacije 3D objekata: wireframe, surface, solid
- Wireframe (žičani) model se kreira specificiranjem svakog ruba 3D objekta gdje se dodiruju 2 matematički kontinuirane površine, ili povezivanjem vrhova objekta pravim ili krivim linijama.



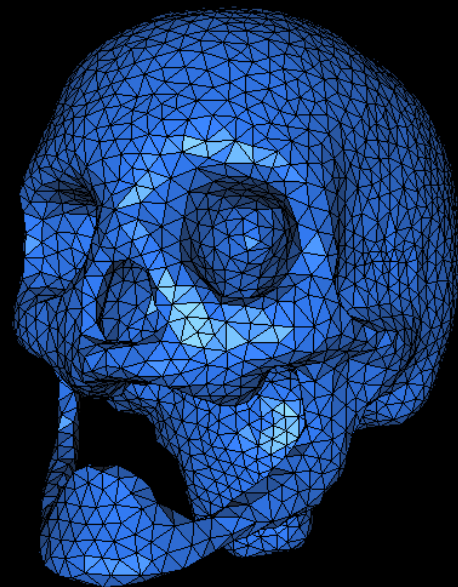
Žičani model

- Wireframe (žičani) model je najjednostavniji i koristi se kod prikaza kompleksnih modela, kod nedostatka računarskih resursa i kad je potrebna velika brzina promjene slike (*frame rate*).
- Često se koristi uklanjanje nevidljivih linija (*hidden line removal*)



Modeliranje poligonima

- Glatke zakrivljene površine se aproksimiraju poligonima
- Osnovni objekat je 3D tačka (*vertex*)
- Dva povezana verteksa čine rub (*edge*)
- Tri ili četiri ruba sa zajedničkim verteksima čine trougaone ili četverougone poligone (*face*)
- Normala na poligon se koristi da odredi položaj poligona (lice/naličje).



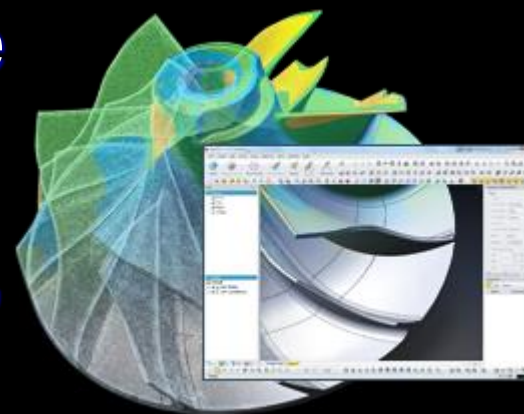
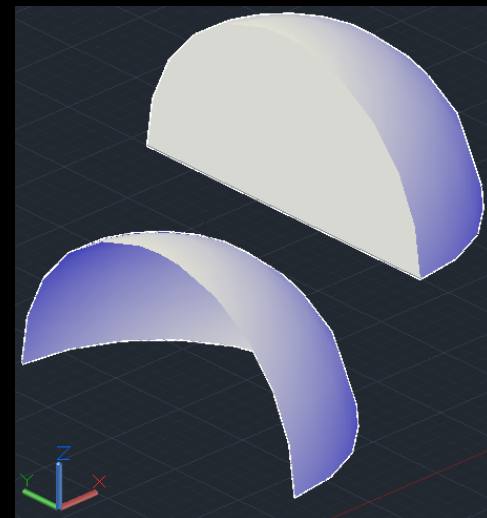
Modeliranje poligonima

- Grupa povezanih poligona čine mrežu (*mesh*)
- Na mrežu se aplicira tekstura (2D bitmapa ili boja), čime se simulira stvarni objekat
- Dva glavna metoda prikaza poligona su OpenGL i Direct3D, koji se mogu realizovati hardverski ili softverski



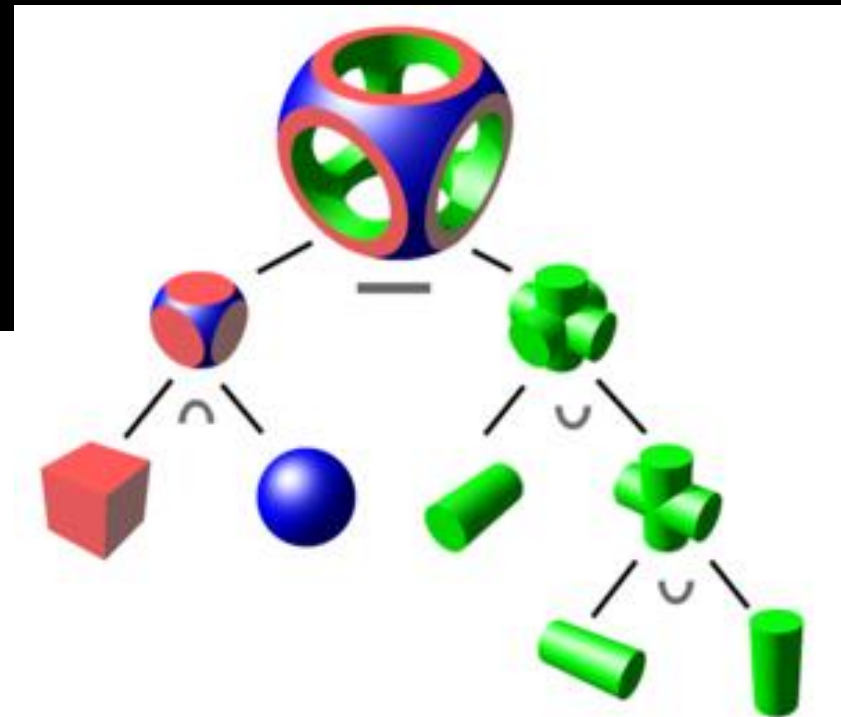
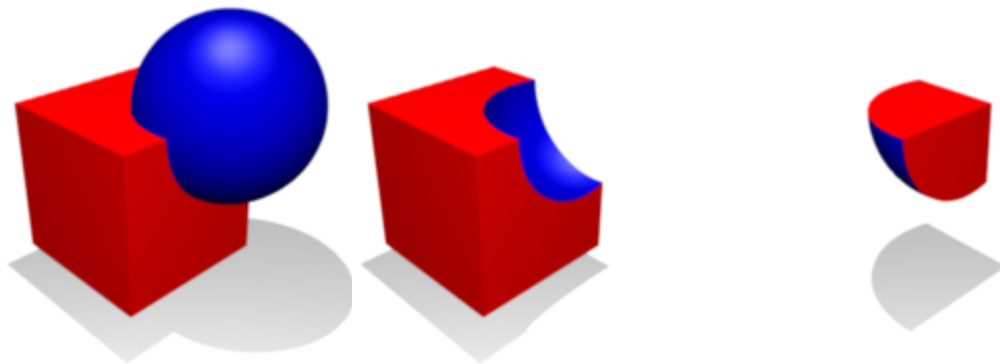
Solid modeliranje

- Za većinu primjena, korisniku je svejedno hoće li koristiti žičani, poligonalni (površinski) ili solid model, jer ga zanima samo konačni 2D prikaz.
- U nekim aplikacijama (medicinska grafika, CAD, CAE,...) važno je i da li je unutrašnjost objekta ispunjena.
- Ako je i unutrašnjost ispunjena, radi se o solid modelu



Solid modeliranje

- Za formiranje solid modela koriste se Booleove operacije sa primitivima ili operacije transformacije 2D konture u 3D model kao što su sweep, loft, extrude, revolve,...



Solid modeliranje

- Tehnike modeliranja:
 - Sweeping
 - Boundary representation
 - Parameterized primitive instancing
 - Spatial occupancy
 - Facet modeling
 - Feature based modeling
 - ...



Solid modeliranje

- **Sweeping** je postupak transformacije 2D konture (translacija, rotacija i sl.) čime se dobija solid model, bilo dodavanjem, bilo oduzimanjem materijala
- **Boundary representation** je postupak kojim se popunjava prostor ograničen površinama; analogno livenju u kalupe

Solid modeliranje

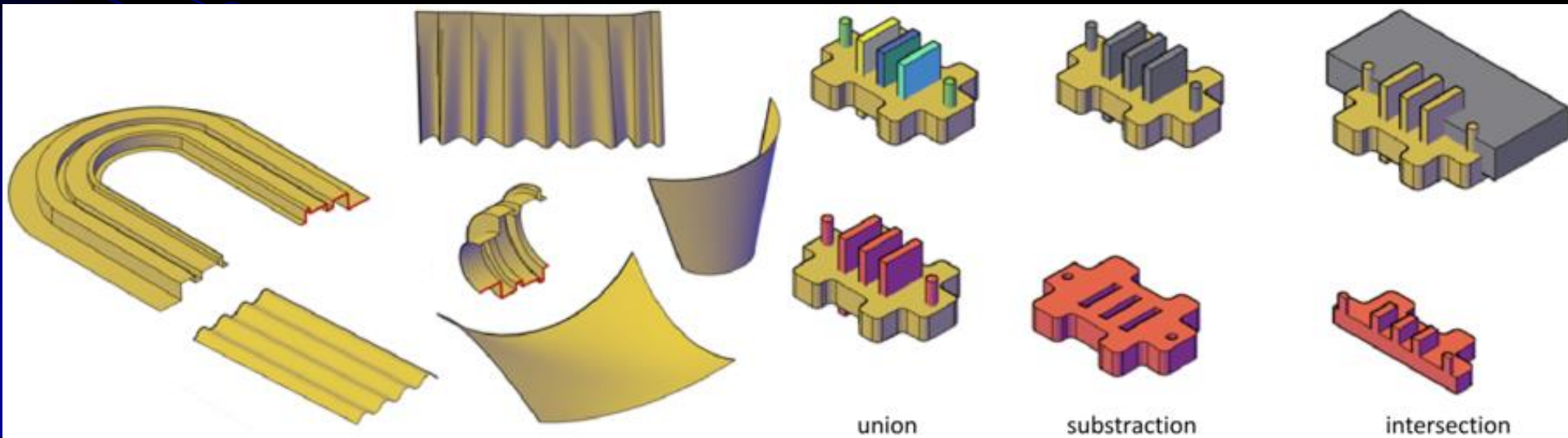
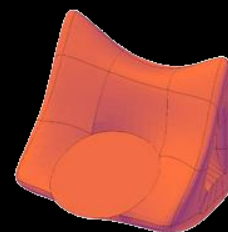
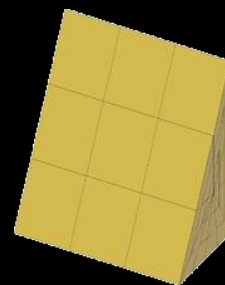
- **Parameterized primitive instancing** je postupak promjene veličine parametara unaprijed definisanih primitiva (npr. cilindar dat radijusom, visinom, koordinatama jedne tačke i normalom na osnovicu)
- **Spatial occupancy** je postupak kod kojeg je prostor unaprijed izdijeljen na "ćelije", a zatim se definiše koje su ćelije zauzete

Solid modeliranje

- **Facet modeling** je postupak formiranja površine iz seta trouglova
- **Feature based modeling** (modeliranje pomoću karakteristika) je postupak kod kojeg se model formira od unaprijed definisanih oblika i operatora. Tom prilikom se čuva redoslijed operacija, kako bi se poslije mogao modifikovati.
- Pojedine osobine se ponašaju kao varijable u programiranju ($x=12.5$; $R=x^2-45$)

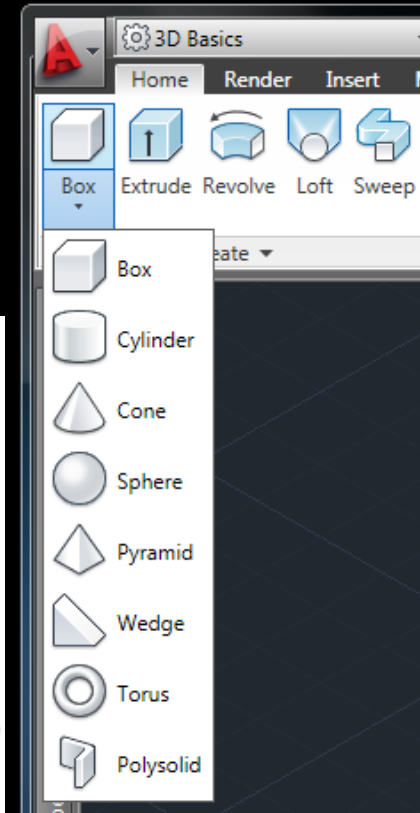
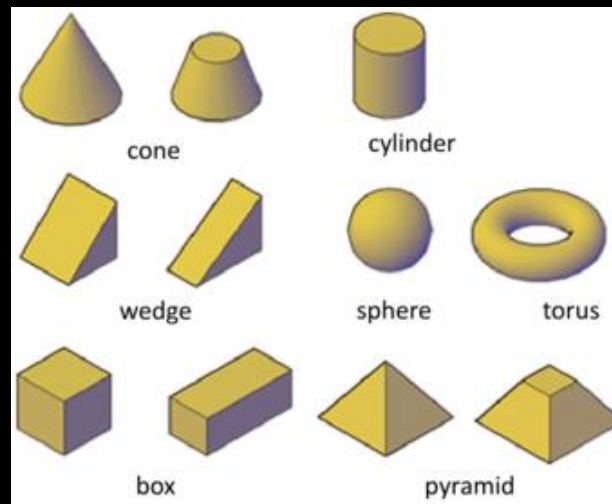
Solid modeliranje

- Iste tehnike se koriste i za površinsko i za puno 3D modeliranje.
- Jedina je razlika u tome što površinski model ima beskonačno tanku graničnu površinu.



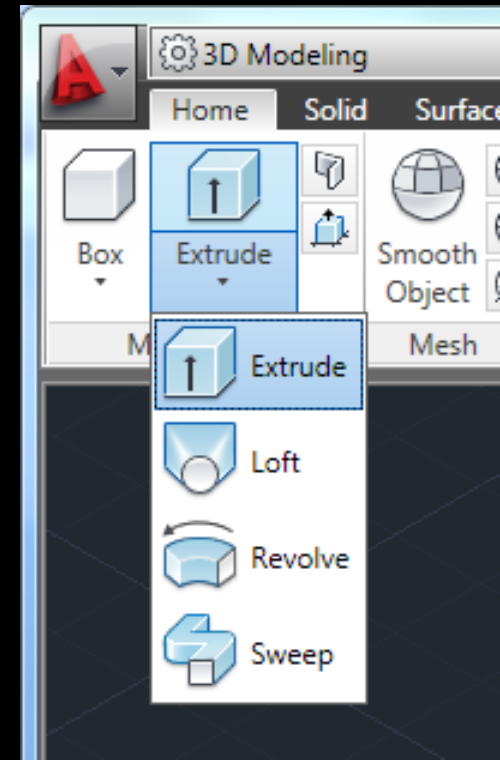
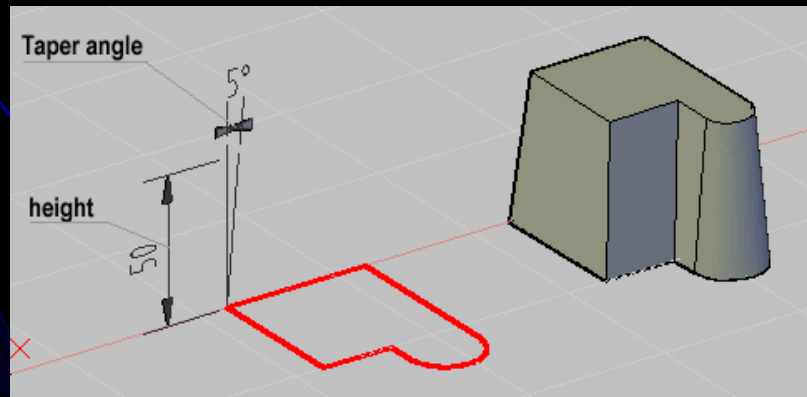
3D primitivi

- Većina univerzalnih 3D software-a kao što je AutoCad obično koristi set geometrijskih primitiva: *box*, *cone*, *cylinder*, *sphere*, *wedge*, *pyramid*, *torus*.
- Ti se primitivi definišu referentnom tačkom (položaj) i karakterističnom dimenzijom (veličina).



Extrude

- Operacija **EXTRUDE** kreira površinski ili puni 3D objekt od otvorene ili zatvorene 2D konture



Revolve

- Operacija **REVOLVE** sastoji se od 3 osnovna koraka:
 1. Izbor konture koja se rotira
 2. Izbor ose oko koje se rotira
 3. Izbor ugla rotacije ($\leq 360^\circ$)
- Od zatvorenih regiona nastaju puni modeli, a od otvorenih površinski modeli.

