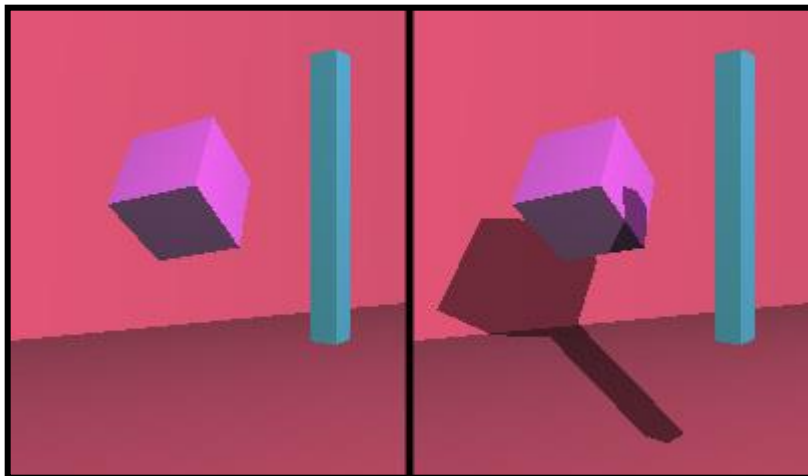


## 8.4. OSTVARIVANJE SJENA

### ULOGA SJENE U PERCEPCIJI (realističniji prikaz scene)

- informacije o položaju objekta u sceni
  - položaj objekta prema podlozi  
<http://www.malinc.se/m/ModellingIllusions.php>
  - dubinska udaljenost objekta
- oblik objekta
- položaj izvora svjetlosti



## VRSTE SJENE

- umbra
- penumbra

utjecaj više izvora

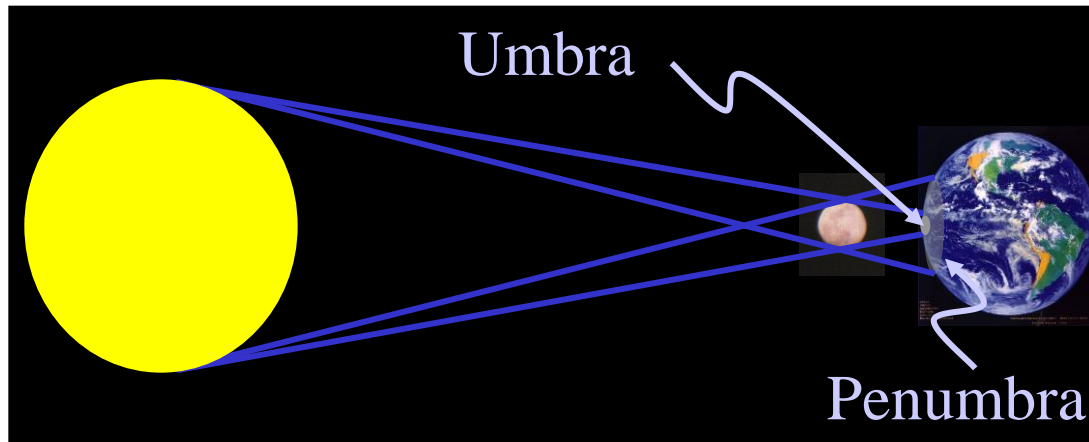
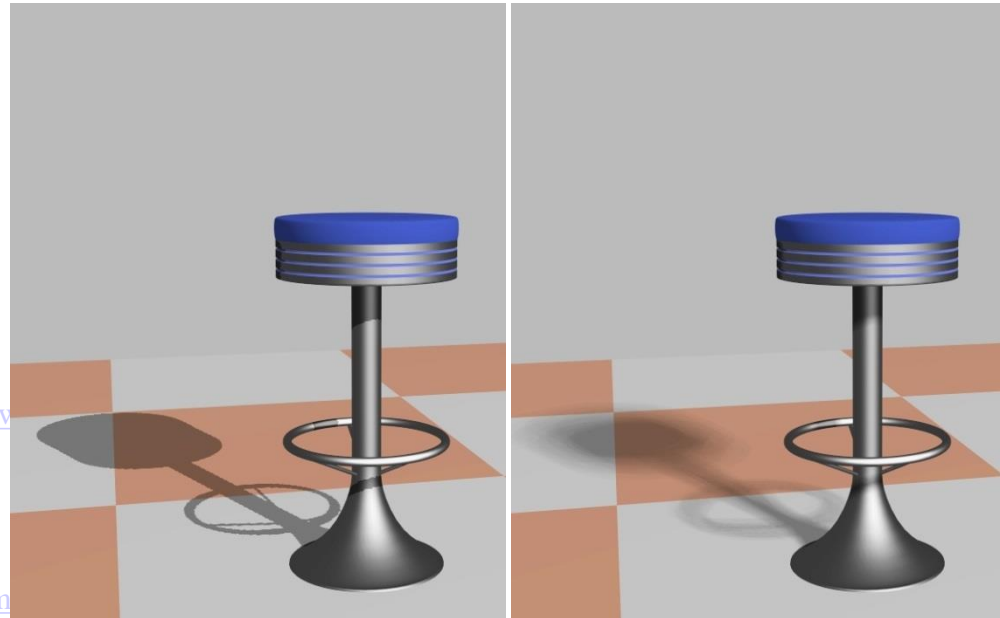
izvori koji nisu točkasti

<http://www.babylonjs.com/Demos/SoftShadow>

utjecaj udaljenosti objekta

do podloge

[https://threejs.org/examples/#webgl\\_shadowm](https://threejs.org/examples/#webgl_shadowm)



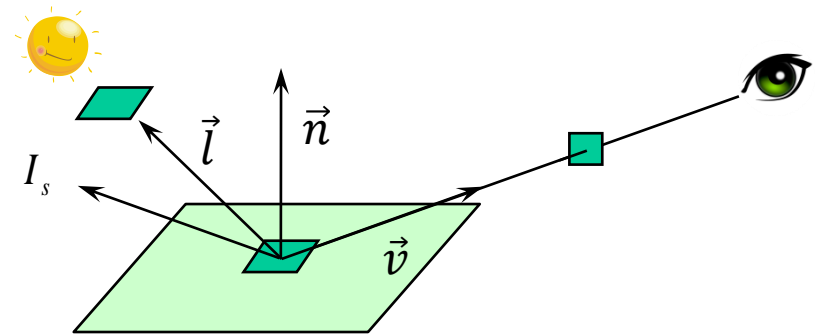
<http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Physics/GeometricUnsharp.htm>

<https://stemkoski.github.io/Three.js/Shadow.html>

## PODJELA ALGORITAMA

- fizikalno korektno ostvarivanje sjena – važna kvaliteta prikaza
  - postupak praćenja zrake
  - postupak isijavanja - globalni postupci osvjetljavanja
- ostvarivost sjena u stvarnom vremenu – simulacija sjena
  - odvajanje postupka određivanja sjena od postupka osvjetljavanja
  - aproksimacija geometrijskim postupcima
    - lažne sjene
    - projicirane sjene
    - mape sjene
    - volumen sjene

- **POSTUPAK PRAĆENJA ZRAKE**  
sam postupak uzima u obzir prepreke prema izvoru
- **POSTUPAK ISIJAVANJA**  
prilikom izračunavanja faktora utjecaja prepreke su uzete u obzir ( $V_{ij}$ )



- **LAŽNE SJENE** (engl. fake shadows)  
projekcije jednostavnih poligona
- dinamičke sjene / sjene u teksturama (baking)
- <http://playcanv.as/p/tXPePQvy>
- <http://www.babylonjs.com/demos/SponzaDynamicShadows/>



©Eidos Interactive

- PROJICIRANE SJENE (Blinn '88)

(engl. planar projected shadows)

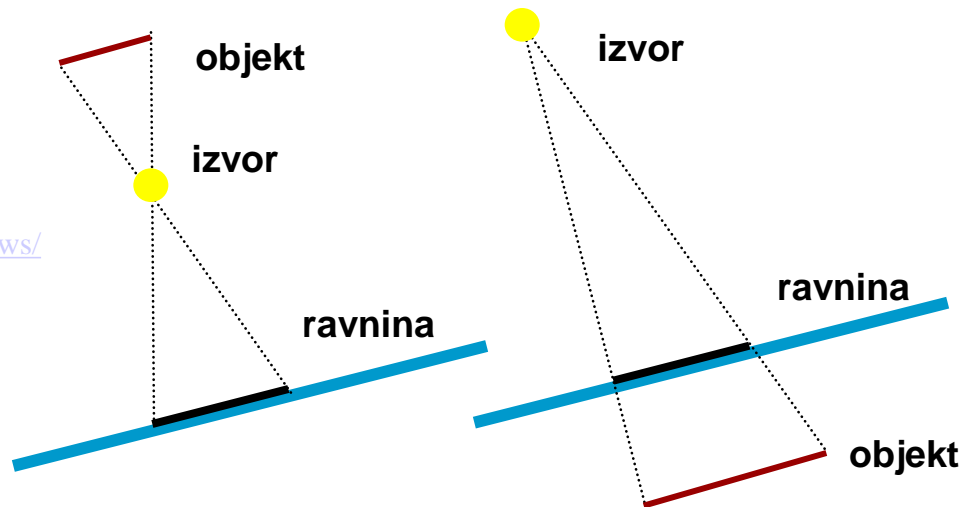
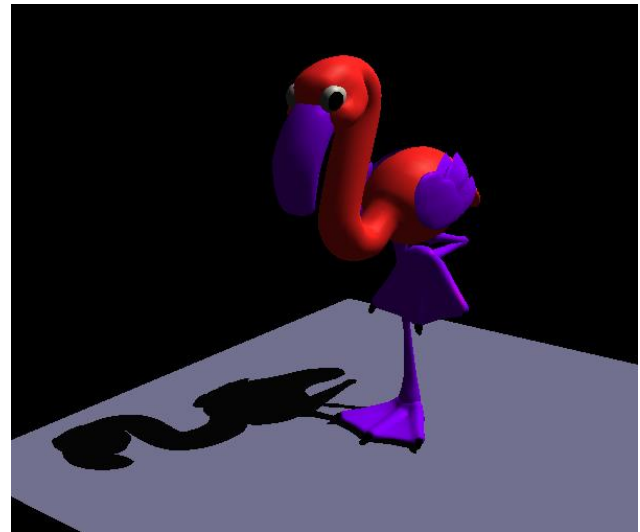
- geometrija objekta se projicira na ravninu iz izvora svjetla
- objekt na koji se projicira sjena često nije ravnina – problemi s odsijecanjem
- objekt iza ravnine
- objekt iza izvora

(scena s izvorom u sredini)

- test u z-spremniku

→ greške (bias)

<http://www.babylonjs.com/Demos/Shadows/>



# MAPE SJENE (Williams '78)

(engl. shadow maps)

algoritam

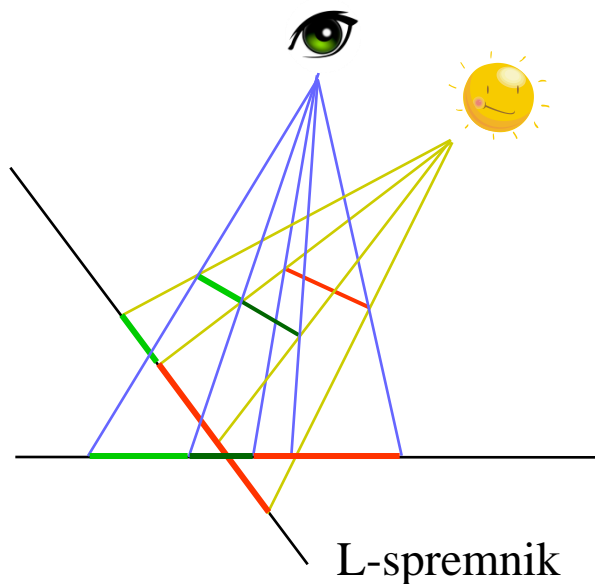
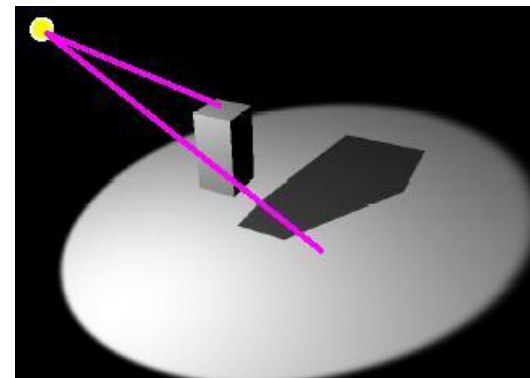
načini prikaz scene gledano iz izvora svjetla

pri tome spremi udaljenosti (L-spremnik)

načini prikaz scene gledano iz očišta

pri tome transformiraj koordinate u sustav izvora i provjeri udaljenost

ako je  $L$  (iz izvora - spremnik)  $<$   $L$  (promatrača) točka je u sjeni



<http://www.nutty.ca/webgl/shadows/>

<http://download.java.net/media/jogl/demos/www/>

<http://media.tojicode.com/webgl-samples/depth-texture.html>

[https://threejs.org/examples/#webgl\\_shadowmap\\_viewer](https://threejs.org/examples/#webgl_shadowmap_viewer)

## MAPE SJENE

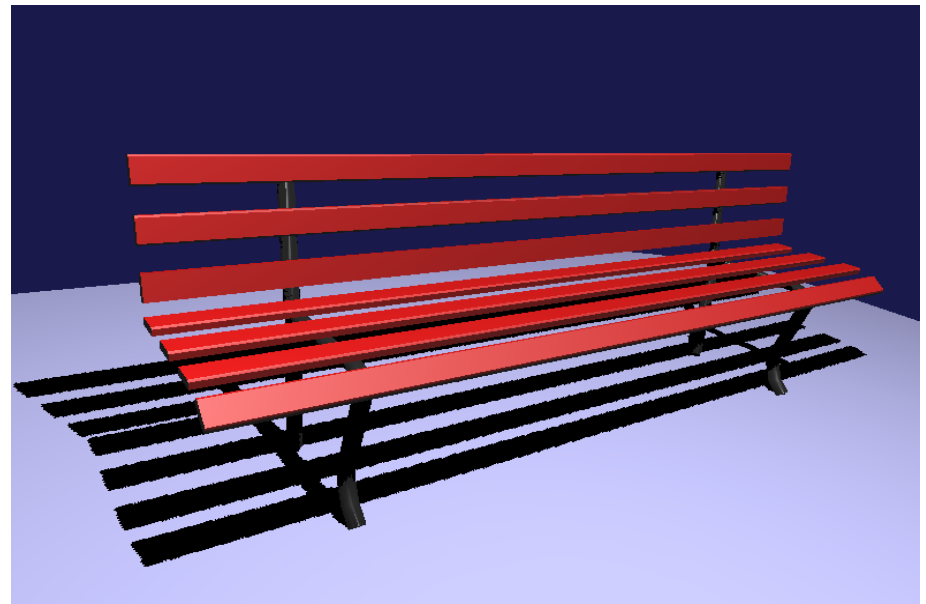
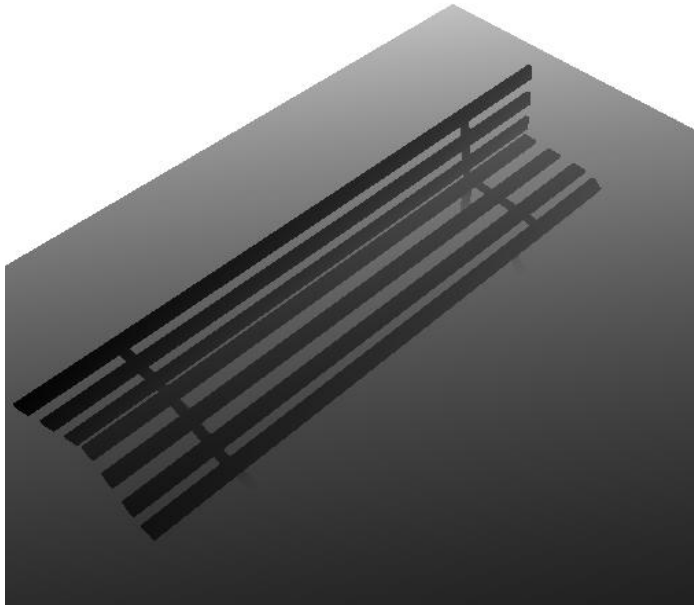
obično se koristi memorija teksture za L-spremnik, spremnik se transformira u sustav promatrača

nedostatak - zbog ograničenja veličine i dubine L-spremnika može doći do alias učinaka

<http://glge.org/demos/shadows/>

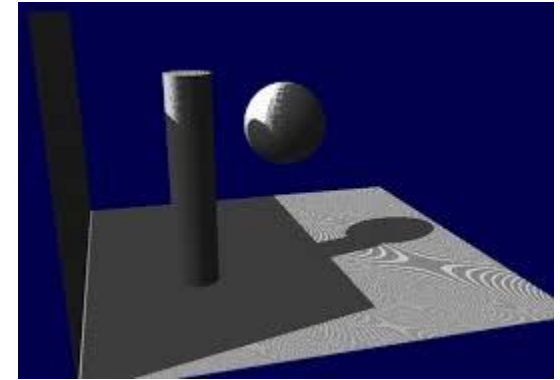
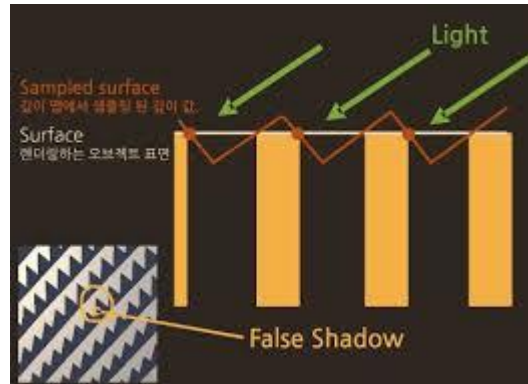
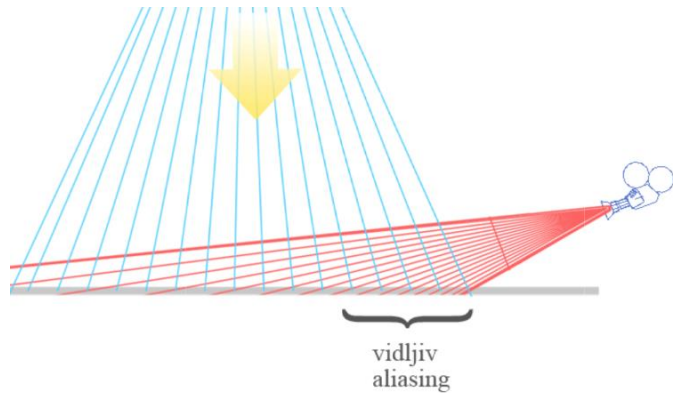
<http://lo-th.github.io/labs/index.html>

<https://promethe.io/wp-content/uploads/2015/03/09/minko-example-shadow-mapping.html> l, a, z





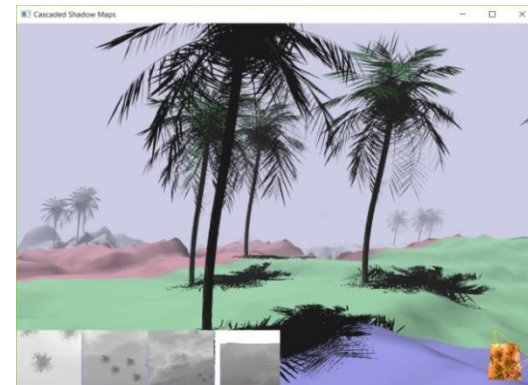
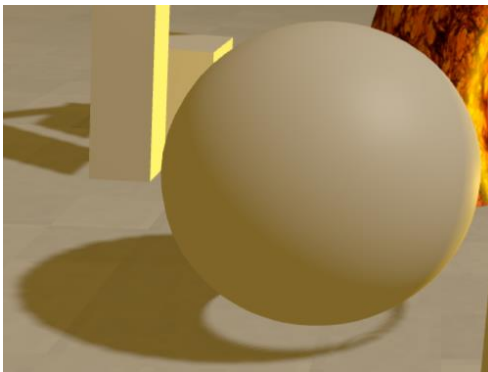
problemi kod mape sjene – zbog ograničenja veličine i dubine L-spremnika može doći do alias učinaka koji se očituje kao akne u sjeni  
(zapravo se dešava da ploha objekta baca sjenu sama na sebe)



zbog ovog učinka dodaje se mali odmak (bias)

[https://threejs.org/examples/webgl\\_shading\\_physical.html](https://threejs.org/examples/webgl_shading_physical.html)

- ako je odmak prevelik dešava se neželjeni učinak Petra Pana ili neispravnih sjena  
kaskadnim mapama sjene postiže se kvalitetnija rezolucija u mapi sjene



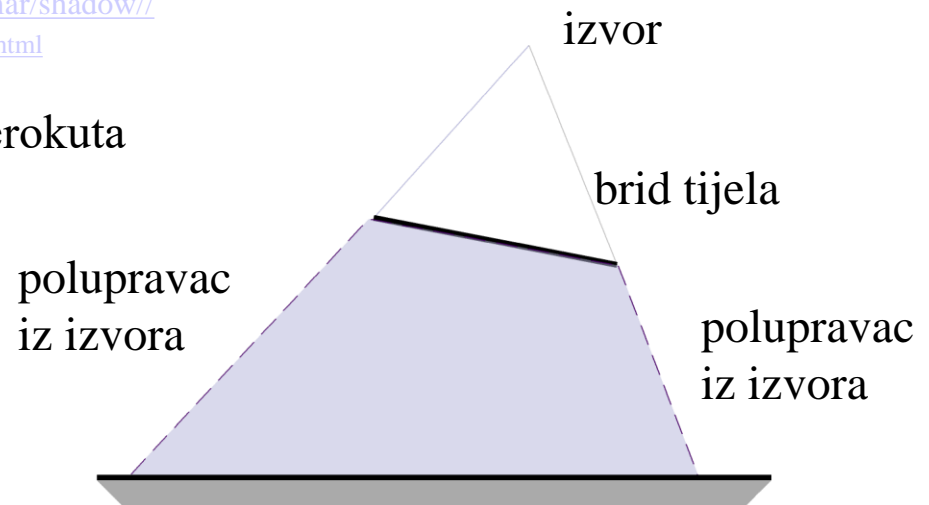


## VOLUMEN SJENE (Crow '77)

- za svaki poligon/siluetu objekta određuje se poluotvoreni volumen sjene
- volumen sjene određuju poluotvoreni poligoni čiji je jedan kraj određen bridom tijela, dva ruba poligona određuju polupravci iz izvora, a četvrta stranica poligona je otvorena (obično se ograniči volumenom pogleda)
- poligoni volumena sjene nevidljivi su za promatrača
- poligoni objekta (engl front cap) ovisno o algoritmu su uključeni u volumen sjene
- prostor ograničen volumenom je u sjeni

2D <https://static-portfolio.herokuapp.com/2014/mar/shadow//>  
[http://www.blurspline.com/labs/3d/clouds/clouds\\_godrays.html](http://www.blurspline.com/labs/3d/clouds/clouds_godrays.html)

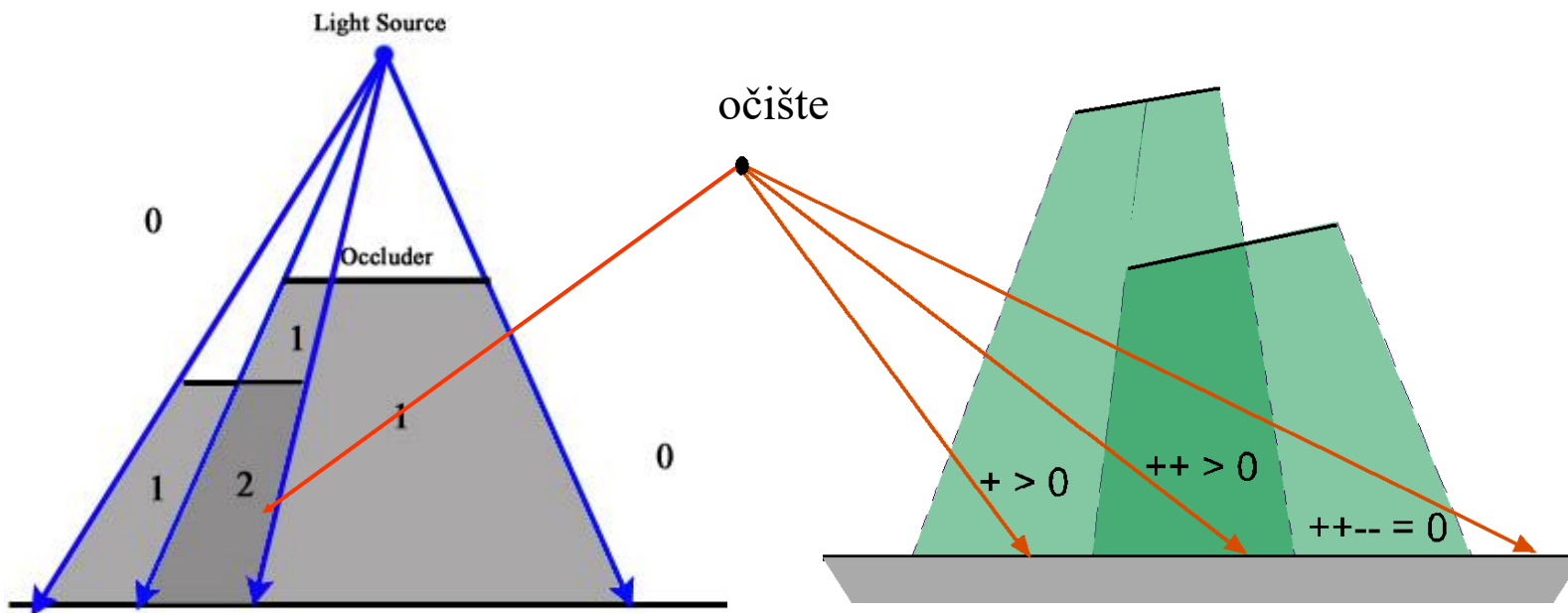
npr. trokut će imati tri polu-četverokuta



## dubina sjene (engl. depth count)

prolazak zrake iz očišta kroz svaki “prednji” poligon uvećava dubinu sjene (+1), a izlazak iz volumena sjene umanjuje dubinu sjene (-1) poništavajući učinak volumena sjene

• izvor



## SVOJSTVA ALGORITMA

postupak radi u prostoru scene – spremnik maske  
pseudo globalan

- objekti mogu međusobno jedan na drugog bacati sjene
- objekt može sam na sebe bacati sjenu
- ne uključuje refleksije objekata (pseudo)

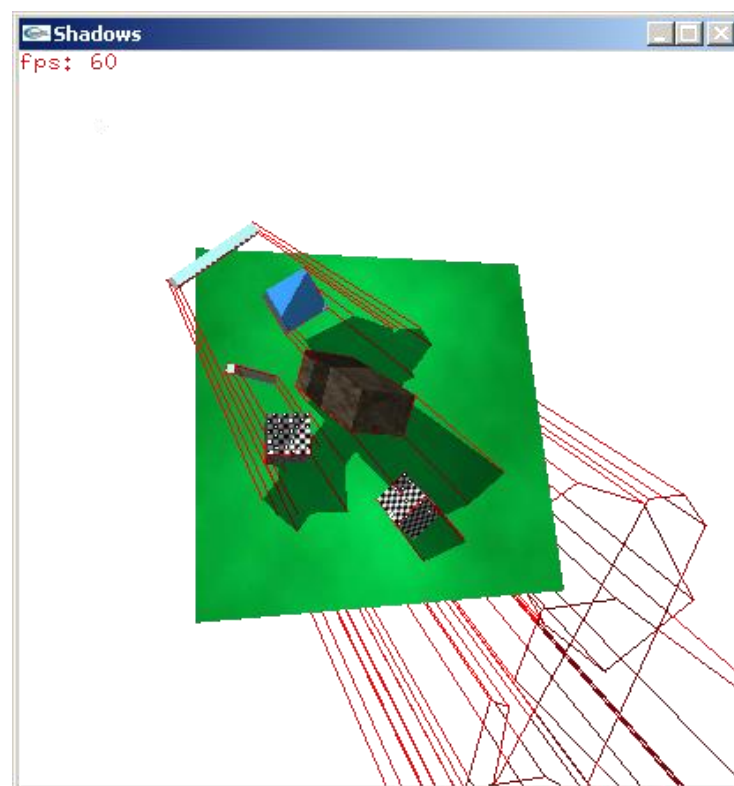
razlikuje jednostruke i višestruke sjene

- mogućnost ostvarivanja penumbre  
ukoliko je promatrač u sjeni

- rubovi sjene nisu nazubljeni kao  
mape sjene

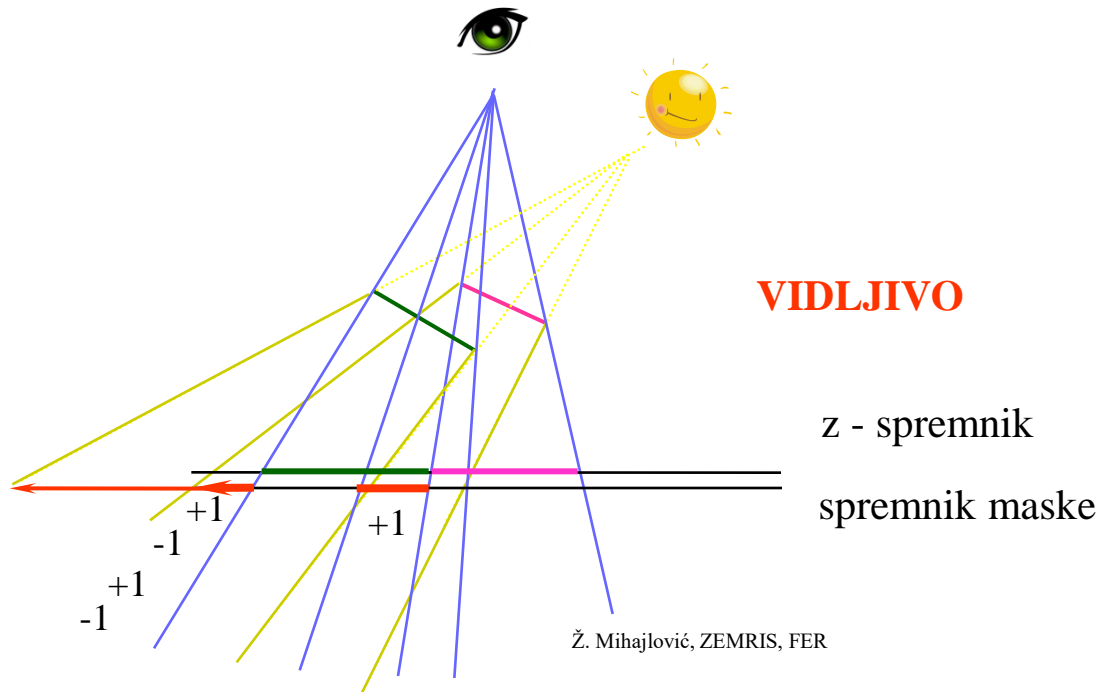
<https://regl-project.github.io/regl/www/gallery/shadow-volume.js.html>

vs. [https://regl-project.github.io/regl/www/gallery/shadow\\_map.js.html](https://regl-project.github.io/regl/www/gallery/shadow_map.js.html)



## SPREMNIK SJENE – obično se koristi spremnik maske (engl. stencil buffer)

- spremnik maske dodatni je spremnik i koristi se slično kao z-spremnik, samo što se u njega ne upisuju udaljenosti već služi kao brojač
- u spremnik maske se projiciraju prvo svi prednji poligoni volumena sjene, vrijednost se uvećava za 1, u drugom prolazu projiciraju se stražnji poligoni a vrijednosti u spremniku se umanjuju za 1 (# samo za vidljive dijelove)
- ako je vrijednost u spremniku  $\neq 0$ , dio scene je u sjeni
- uobičajeno je sklopovski podržan
- veličina je obično 8 bita – spremnik se može prepuniti !



## SILUETA OBJAKTA (engl. silhouette)

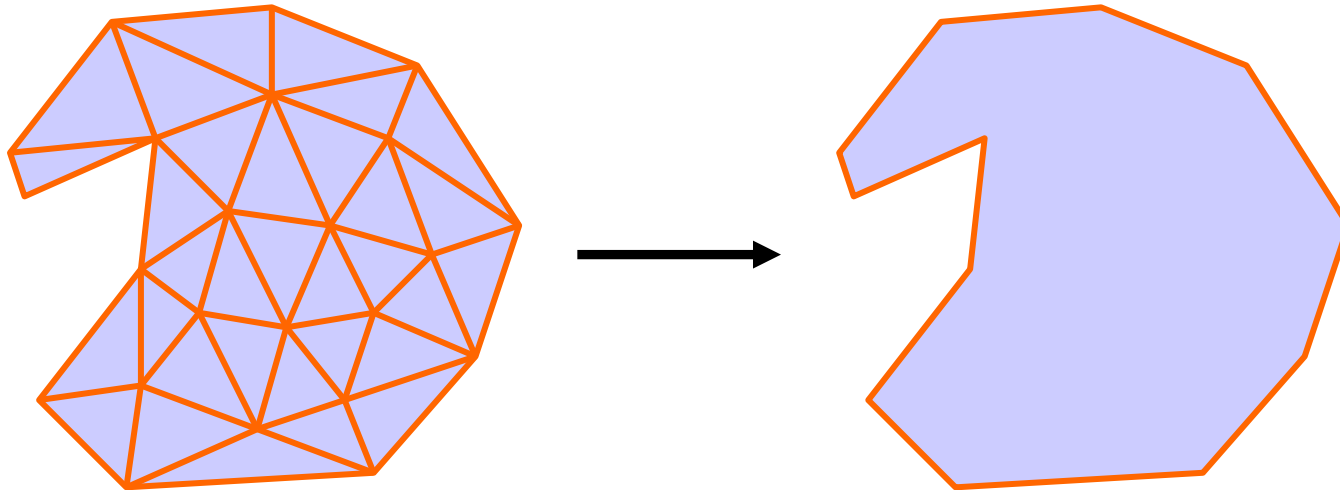
kako bi se umanjio broj poligona volumena objekta određuje se silueta objekta (rubni bridovi objekta prema svjetlu)

nije sklopovski podržano - CPU

algoritam A: (siluetu čine bridovi poligona koji se pojavljuju samo jedanput u popisu)

- za svaki poligon okrenut prema izvoru upiši bridove u list
- ukoliko se već nalaze u listi obriši ih

algoritam B: (siluetu čine bridovi poligona koji su suprotne orijentacije normala: jedan je vidljiv iz izvora, a drugi ne) <https://stemkoski.github.io/Three.js/Outline.html>



## ALGORITAM VOLUMENA SJENA UZ SPREMNIK MASKE

1. načini prikaz scene samo s ambijentnim osvjetljenjem i popuni se z-spremnik
2. za svaki izvor odredi područja koja su u sjeni (popuni spremnik maske)
  1. odredi volumen sjene
  2. popuni spremnik maske
3. iscrtavanje osvijetljenog dijela scene

## POPUNJAVANJE SPREMNIKA MASKE

algoritam Zpass : ako je točka koja se iscrtava vidljiva (z-buffer)

+1 za prednji poligon

-1 za stražnji poligon

u ovom algoritmu može doći do problema prilikom odsijecanja volumena sjene prednjom ravninom odsijecanja

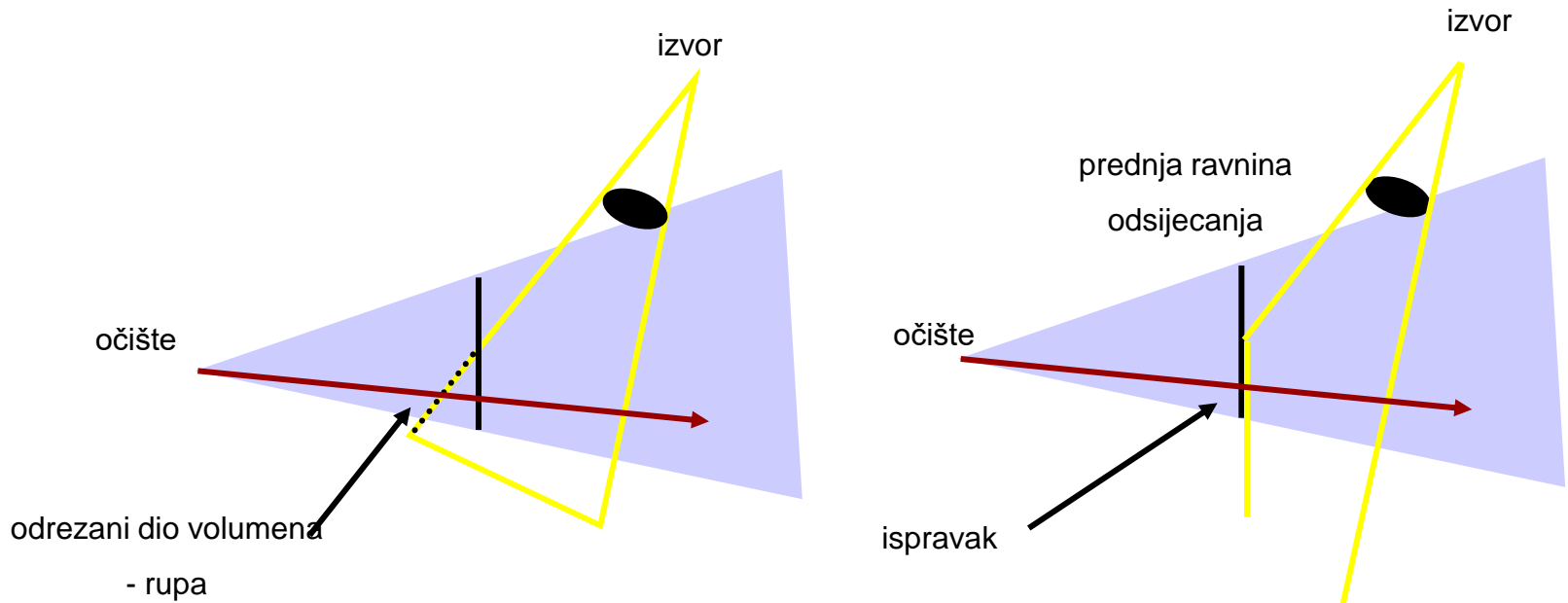
algoritam Zfail : ako točka koja se iscrtava nije vidljiva (z-buffer)

+1 za stražnji poligon

-1 za prednji poligon

u poligone volumena sjene treba uključiti i stražnju kapu volumena sjene

## PROBLEM ODSIJECANJA VOLUMENOM POGLEDA



<http://download.java.net/media/jogl/demos/www/>

[http://alteredqualia.com/xg/examples/deferred\\_shadowmap\\_point.html](http://alteredqualia.com/xg/examples/deferred_shadowmap_point.html) (Chrome)

<http://www.babylonjs.com/Demos/Sponza/>