

# Simulacija fluida u Blenderu

---

**Kundid, Josip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:141012>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-22**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

**SIMULACIJA FLUIDA U BLENDERU**

**Završni rad**

**Josip Kundid**

**Osijek, 2018.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 13.09.2018.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Josip Kundid
<b>Studij, smjer:</b>	Prediplomski sveučilišni studij Računarstvo
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	R3795, 25.09.2017.
<b>OIB studenta:</b>	89073135903
<b>Mentor:</b>	Doc.dr.sc. Časlav Livada
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Simulacija fluida u Blenderu
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Obradba informacija (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	13.09.2018.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	26.09.2018.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 28.09.2018.

**Ime i prezime studenta:**

Josip Kundid

**Studij:**

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

R3795, 25.09.2017.

**Ephorus podudaranje [%]:**

4

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Simulacija fluida u Blenderu**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Časlav Livada

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1 Zadatak završnog rada</b> .....	1
<b>2. DINAMIKA FLUIDA</b> .....	2
<b>2.1 Strujanje i vrste strujanja fluida</b> .....	2
<b>2.3 Zakoni dinamike fluida</b> .....	4
<b>2.3.1 Zakon očuvanja mase</b> .....	4
<b>2.3.2 Drugi Newtonov zakon</b> .....	5
<b>2.3.3 Zakon očuvanja energije</b> .....	6
<b>3. PROGRAMSKI PAKET BLENDER</b> .....	7
<b>3.1 Glavne značajke i zahtjevi sustava</b> .....	7
<b>3.2 Dijelovi programskog paketa Blender</b> .....	8
<b>3.2.1 Korisničko sučelje</b> .....	8
<b>3.2.2 Modeliranje</b> .....	11
<b>3.2.3. Render</b> .....	11
<b>4. SIMULACIJA FLUIDA</b> .....	13
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	22
<b>LITERATURA</b> .....	23
<b>SAŽETAK</b> .....	24
<b>ABSTRACT</b> .....	25
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	26
<b>PRILOZI</b> .....	27

# **1. UVOD**

Tema završnog rada je opisivanje programskog paketa Blender te njegove mogućnosti stvaranja 3D objekata. Kako dinamika fluida ima širok raspon primjene u industriji, te je njeno razumijevanje potrebno za daljnji razvoj industrija, kroz rad također je opisano kreiranje simulacije fluida u programskom okruženju Blender. Simulacijom se mogu stvarati realni događaji, testirati različiti rezultati promjenom određenih parametara i pratiti kretanje fluida. Simulacija olakšava provjeru, upućuje na greške prilikom izračuna i daje uvid u krajnji rezultat. U drugom poglavlju detaljnije je opisana dinamika fluida, pripadajući zakoni, svojstva fluida te matematičke formule vezane uz fluide i njihovo kretanje. U trećem poglavlju opisan je programski paket Blender s njegovim alatima i mogućnostima te njegova primjena. U četvrtom poglavlju opisan je praktični dio rada, simulacija fluida koja obuhvaća kretanje tekućina i plinova u prostoru te opis dobivenih rezultata simulacije. Zadnje poglavlje obuhvaća zaključak rada.

## **1.1 Zadatak završnog rada**

Pomoću Blender tehnologije potrebno je kreirati simulaciju fluida (tekućina i plinova). Postaviti prostor i 3D objekte u kojemu se fluid kreće, te na dobivenim rezultatima objasniti dinamiku fluida, i opisati njihovo kretanje u kreiranom scenariju.

## 2. DINAMIKA FLUIDA

Dinamika fluida je grana primijenjene znanosti koja se bavi kretanjem tekućina i plinova te proučavanjem podložnosti tekućine i plinova na okolne sile u prirodi [1]. Fluidi su tekuće ili plinovite kemijske tvari čije se čestice lako kreću i mijenjaju njihov relativni položaj bez odvajanja mase, podložne su pritisku te imaju mogućnost kretanja u prostoru [2].

### 2.1 Strujanje i vrste strujanja fluida

Kretanje tekućina i plinova nazivamo strujanjem, time opisujemo ponašanje fluida u prostoru, njihov utjecaj na okolinu i utjecaj okoline na fluid [3]. Kretanje fluida možemo opisati kao:

1. Stacionarno strujanje
2. Nestacionarno strujanje
3. Laminarno strujanje
4. Turbulentno strujanje

Ukoliko su svojstva kretanja fluida neovisna o vremenu, odnosno kada u svakoj točki presjeka prostora u bilo koje vrijeme ima ista svojstva, strujanje je stacionarno. Kada se svojstva fluida mijenjaju s vremenom strujanje je nestacionarno. Laminarnim strujanjem općenito se govori o glatkom, stalnom protoku fluida u kojoj se bilo kakve smetnje okoline zanemaruju zbog jakih viskoznih sila. Kod laminarnog strujanja sve čestice u istom sloju fluida imaju istu brzinu, tj. svi slojevi fluida gibaju se paralelno i fluid se nužno giba sporo. Kada brzina poraste, slojevi se miješaju i strujanje postaje turbulentno. Jedan od čimbenika određivanja stanja fluida je njegova viskoznost i Reynoldsov broj tekućine (Re) [4].

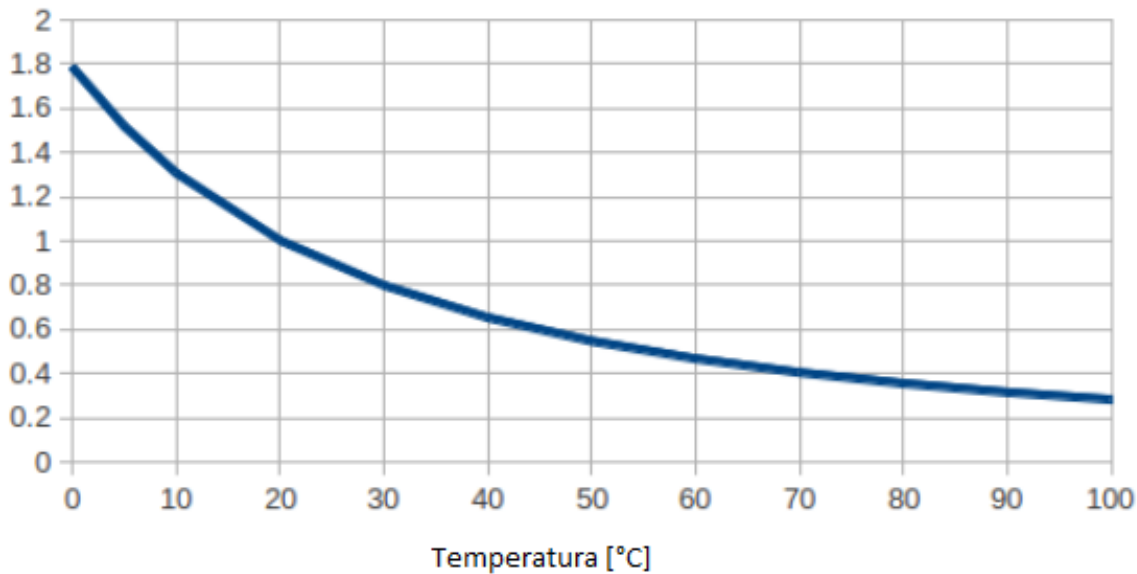
### 2.2 Viskoznost i Reynoldsov broj

Viskoznost je veličina koja opisuje otpornost fluida na protok. Tekućine odbijaju kretanje uronjenih objekata kroz njih, kao i kretanje slojeva s različitim brzinama unutar njih. Predstavlja omjer smicajnog stresa (omjer sile i površine na koju djeluje) i brzine gradijenta u tekućini (Formula 2-1) [5].

$$\mu = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{dv_x}{dz}} \quad [\text{Pa s}] \quad (2-1)$$

Veća viskoznost povećava sklonost protoka da bude laminarna. U turbulentnim protjecanjima, druge sile mogu djelovati suprotno djelovanju viskoznosti. Viskoznost varira s temperaturom. Viskoznost tekućine smanjuje se s povećanjem temperature. Kako se temperatura povećava, povećava se

prosječna brzina molekula u tekućini i smanjuje se količina vremena koju oni troše u kontaktu sa svojim susjednim molekulama. Tekućine pod ekstremnim pritiskom često doživljavaju povećanje viskoznosti dok kod manjih sila viskoznost ostaje ne promijenjena. Dok se tekućine povećavaju kad se zagrijavaju, plinovi postaju gušći. Viskoznost plinova povećava se s povećanjem temperature i približno je proporcionalna kvadratnom korijenu temperature. Uzrok toga je povećanje učestalosti intermolekularnih sudara na višim temperaturama. Viskoznost plinova je otprilike neovisna o tlaku i gustoći. Budući da je viskoznost toliko ovisna o temperaturi, viskoznost fluida najčešće se spominje uz pripadajuću temperaturu.



**Slika 2.1.** Ovisnost dinamičke viskoznosti vode o temperaturi [6]

Definicija Reynoldsovog broja je omjer inercijskih i viskoznih sila, gdje su inercijske sile sposobnost fluida opiranja na promjenu gibanja, a viskozna sila je količina trenja zbog viskoznosti fluida (2-2) [7].

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu} \quad (2-2)$$

$\rho$ -gustoća fluida u [kg/m<sup>3</sup>]

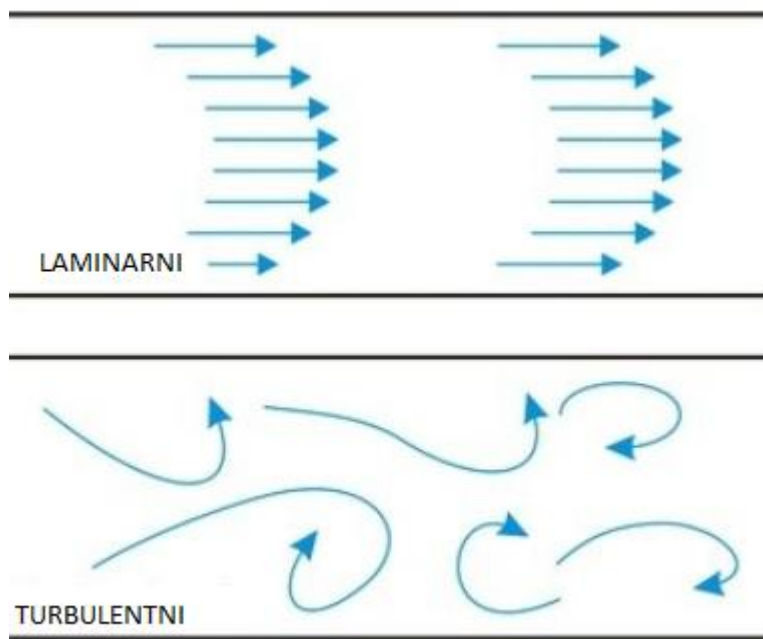
$v$ - brzina fluida [m/s]

$\mu$ -viskoznost fluida [Pa s]

$L$ - karakteristična dužina [m]



Za niske vrijednosti Reynoldsovog broja strujanje ima sklonost da je laminarno, dok kod visokog iznosa strujanje teži da bude turbulentno, stvarajući vireve i vrtloge. Reynoldsov broj koristi se za predviđanje kretanja fluida oko prepreka u prostoru. Isto tako pomoću Reynoldsovog broja možemo odrediti brzinu pri kojoj strujanje prestaje biti laminarno te postaje turbulentno [8].



**Slika 2.2.** Prikaz laminarnog i turbulentnog strujanja fluida [9]

## 2.3 Zakoni dinamike fluida

Kako bi problemi vezani uz dinamiku fluida bili jednostavniji za analizu i rješavanje, u praksi se koriste tri fundamentalna zakona:

1. Zakon očuvanja mase
2. Zakon kretanja (drugi Newtonov zakon)
3. Zakon očuvanja energije (prvi zakon termodinamike) [10]

### 2.3.1 Zakon očuvanja mase

Zakon očuvanja mase jedan je od temeljnih zakona klasične fizike i govori da u nekom procesu masa ne može biti stvorena, ali ni uništena (2-3). U kontekstu dinamike fluida, promjena mase fluida

u kontroliranom volumenu mora biti jednaka neto vrijednosti protoka fluida u tom istom volumenu [10].

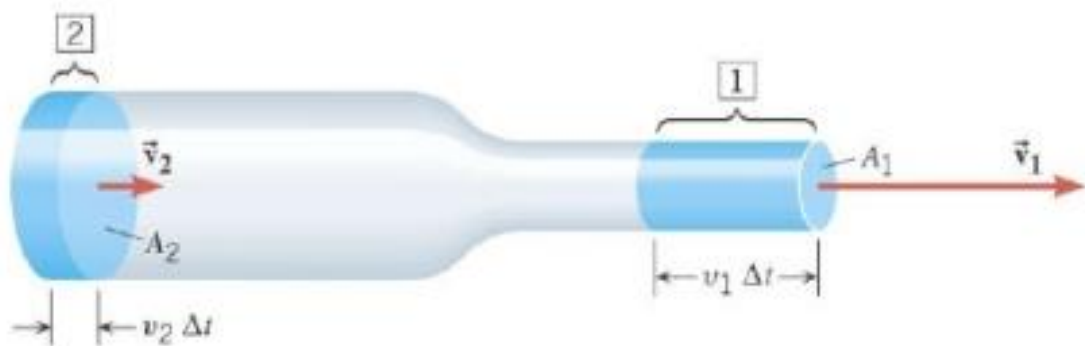
$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV = - \oiint_S \rho \mathbf{u} \cdot d\mathbf{S} \quad [110 \text{ str. (2.48), 11]} \quad (2-3)$$

$\rho$  – gustoća fluida u  $[\text{kg}/\text{m}^3]$

$V$  – volumen  $[\text{m}^3]$

$S$  – površina  $[\text{m}^2]$

$\mathbf{u}$  – vektor brzine toka  $[\text{m}/\text{s}]$



Slika 2.3. Prikaz zakona očuvanja mase [12]

### 2.3.2 Drugi Newtonov zakon

Često korišten u svim granama fizike, posebice dinamici, zakon o očuvanju kretanja tvrdi da je svaka promjena količine gibanja razmjerna djelovanju sile koja djeluje na sustav koji se kreće u smjeru te sile. U kontroliranom volumenu to znači da će se bilo koja promjena gibanja fluida unutar tog volumena dogoditi zbog neto dotoka gibanja u volumen i djelovanja vanjskih sila na fluid [10].

$$\frac{\delta}{\delta t} \iiint_V \rho \mathbf{u} dV = - \oiint_S (\rho \mathbf{u} \cdot d\mathbf{S}) \mathbf{u} - \oiint_S p d\mathbf{S} + \iiint_V \rho \mathbf{f} dV + \mathbf{F}_p \quad [114 \text{ str. (2.64), 11]} \quad (2-4)$$

$\mathbf{F}_p$  – Površinske sile

$\mathbf{f}$  – Volumenske sile

### 2.3.3 Zakon očuvanja energije

Zadnji zakon koji pospješuje razumijevanje dinamike fluida je prvi zakon termodinamike. Kao jedno od svojstava fluida, energija može biti pretvarana iz jednog oblika u drugi, no ukupna energija u zatvorenom sustavu ostaje konstantna [10].

$$\rho \frac{Dh}{Dt} = \frac{Dp}{Dt} + \nabla \cdot (k\nabla T) + \Phi \quad [72 \text{ str. 2-48, 13}] \quad (2-5)$$

$h$  – Entalpija

$k$  – Toplinska vodljivost

$\Phi$  – Viskozna disipacijska funkcija

### 3. PROGRAMSKI PAKET BLENDER

Blender je besplatan softver otvorenog koda namijenjen modeliranju 3D objekata. Podržava cjelokupno modeliranje 3D objekata, izradu animaciju, provođenje simulacija, *renderiranje*, sklapanje i praćenje pokreta, čak i uređivanje videozapisa i stvaranje igara. Njegova široka primjena omogućila je kreiranje takvog programskog paketa u kojemu napredni korisnici koriste Blenderov API (sučelje za programiranje aplikacija) za Python skriptiranje kako bi prilagodili aplikaciju i napisali specijalizirane alate. Blender je više platformski program i jednako dobro funkcionira na Linux, Windows i Macintosh računalima. Njegovo sučelje koristi *OpenGL* (javna grafička biblioteka) kako bi osigurao dosljedno iskustvo. Blender ima široki raspon alata te se koristi za dizajniranje interaktivnih igara i aplikacija, znanstvena istraživanja, modeliranje za 3D printanje, kreiranje animacija, reklama i slično [14].

#### 3.1 Glavne značajke i zahtjevi sustava

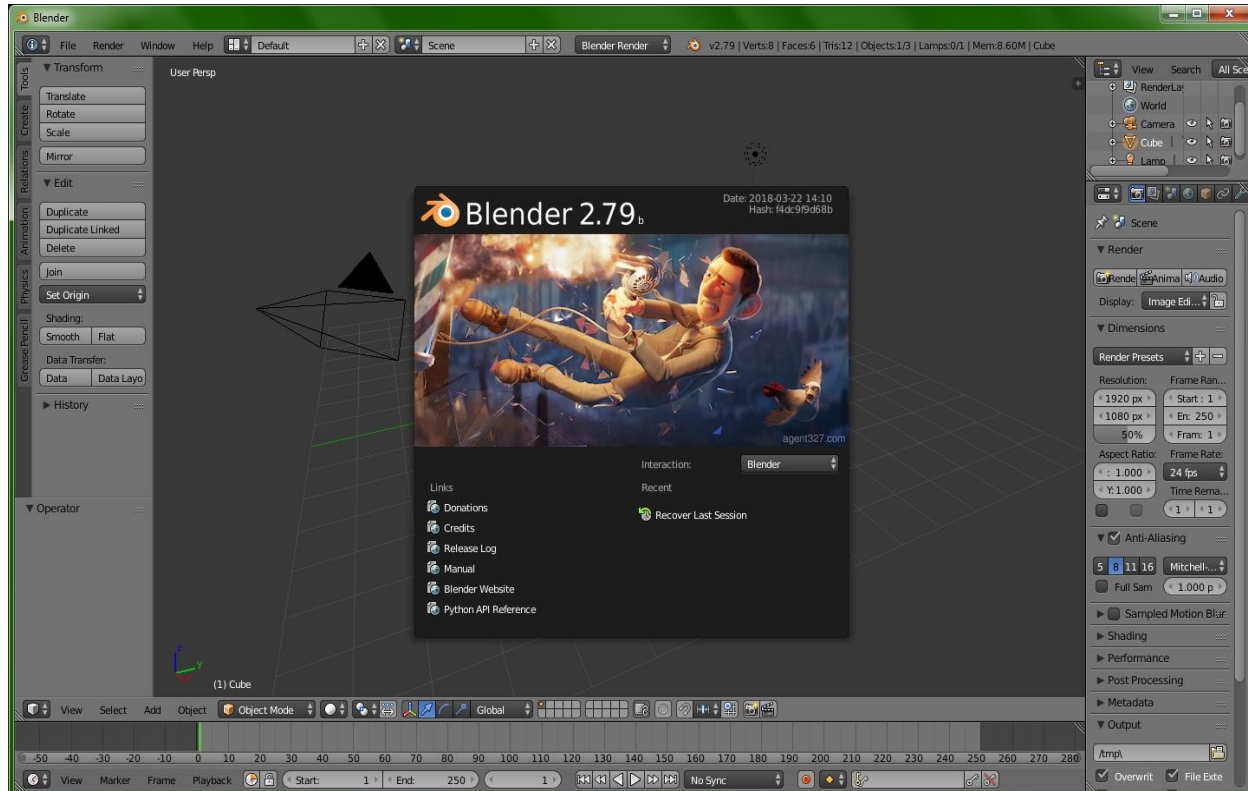
Blender je potpuno integrirani paket za izradu 3D sadržaja koji nudi širok raspon osnovnih alata, uključujući modeliranje, *renderiranje*, animaciju, video uređivanje, VFX (vizualni efekti) kompoziciju, teksturu, kreiranje različitih vrsta simulacija i stvaranje igara. Radi na više platformi s *OpenGL* grafičkim korisničkim sučeljem (engl. *Graphical User Interface*) koje je jedinstveno na svim većim platformama i omogućava rad s Python skriptama. Njegova visoka kvaliteta 3D arhitekture omogućuje brzo i učinkovito stvaranje tijekom rada [15].

Minimalni zahtjevi	Preporučeni zahtjevi
32-bit dual core 2Ghz CPU with SSE2 support.	64-bit quad core CPU
2 GB RAM	8 GB RAM
24 bits 1280×768 monitor	Full HD display with 24 bit color
Miš ili ploha osjetljiva na dodir	Miš s tri tipke
OpenGL 2.1 kompatibilna grafička sa 512MB RAM	OpenGL 3. kompatibilna grafička sa 2 GB RAM

**Tab 3.1.** Prikaz minimalnih i preporučenih zahtjeva sustava [16]

## 3.2 Dijelovi programskog paketa Blender

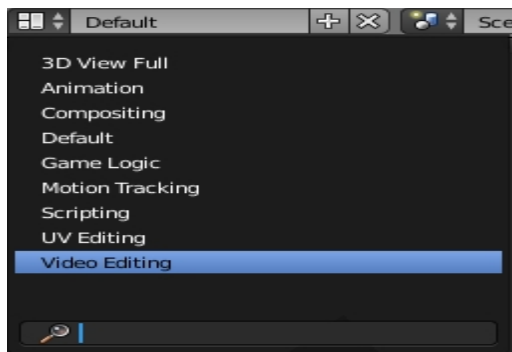
Za izradu ovog rada korištena je inačica Blender 2.79b. Blender se može koristiti za stvaranje 3D vizualizacije kao što su fotografije, video zapise i interaktivne video igre u stvarnom vremenu. Blender ima široku paletu alata, što ga čini pogodnim za gotovo svaku vrstu medijske produkcije, također ima jednostavno korisničko sučelje čime se olakšava korištenje istog.



Slika 3.1. Početni prozor Blender-a 2.79b

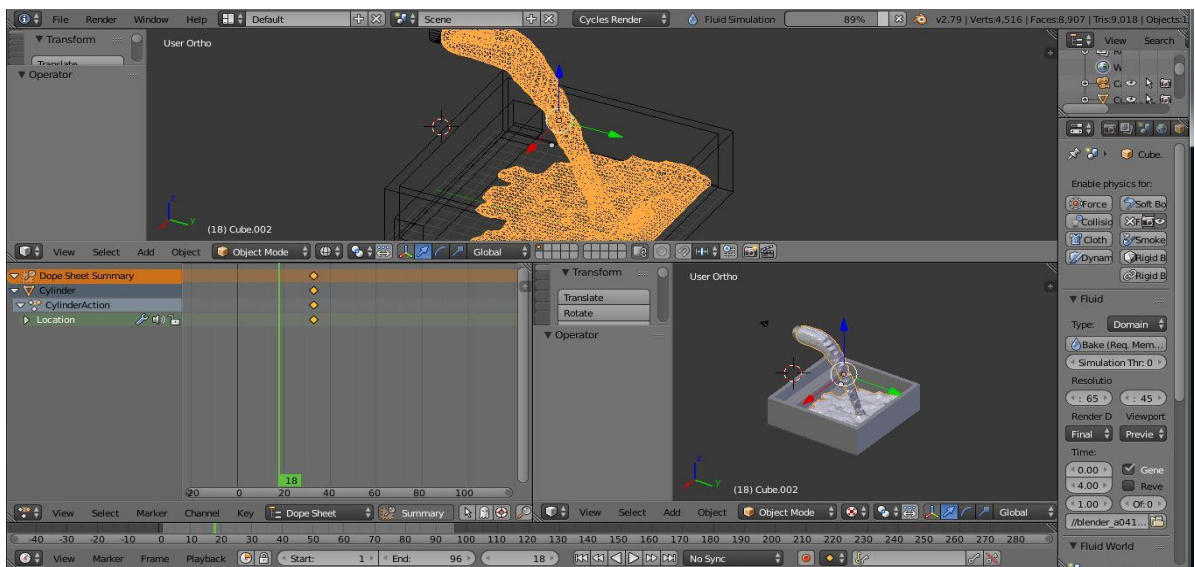
### 3.2.1 Korisničko sučelje

Glavne sastavnice korisničkog sučelja programskog paketa Blender su zaslone, područja i zaglavlja. Unaprijed definirani izgledi prozora za različite načine rada nazivaju se zaslone. Blenderova fleksibilnost s područjima omogućuje izradu prilagođenih radnih okruženja za različite zadatke kao što su modeliranje, animiranje i skriptiranje. Često je korisno brzo se prebacivati između različitih okruženja unutar iste datoteke. Moguće je i dodavanje drugih zaslona koji odgovaraju našim potrebama kako bi se učinkovitost i brzina rada povećala [17].



**Slika 3.2.** *Izbornik zaslona*

Radi preglednosti radnog okruženja unutar programa, Blender organizira izgled radnog područja u više manjih pravokutnih prozora- svaki za svoju namjenu. Na taj način, svako područje je uvijek u potpunosti vidljivo, a vrlo je jednostavno raditi na jednom području i prebaciti se na rad u drugom. Veličina pravokutnih prozora može se mijenjati, spajati s drugima prozorima i pomicati na željeno mjesto [17].

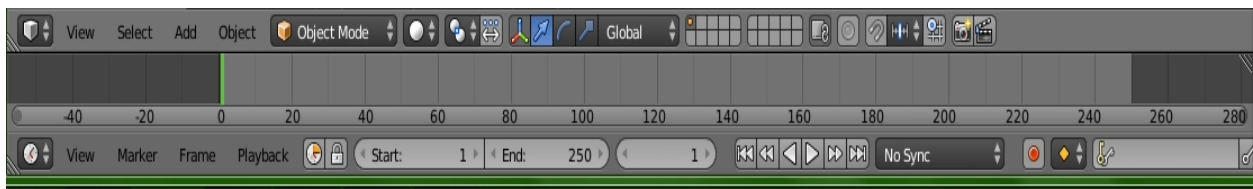


**Slika 3.3.** *Primjer više prozornog radnog okruženja*



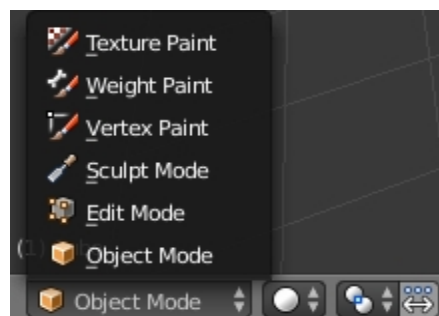
**Slika 3.4.** *Primjer spajanja dvaju područja i mogućnost promjene veličine*

Prelaskom u različita okruženja unutar programa, izgled radnog okruženja prilagođava se načinu rada. Zaglavlja, pravokutni prozori poput područja, je traka u donjem dijelu korisničkog sučelja koja sadrži gumbе za najčešće korištene funkcije.



**Slika 3.5.** *Prikaz zaglavlja*

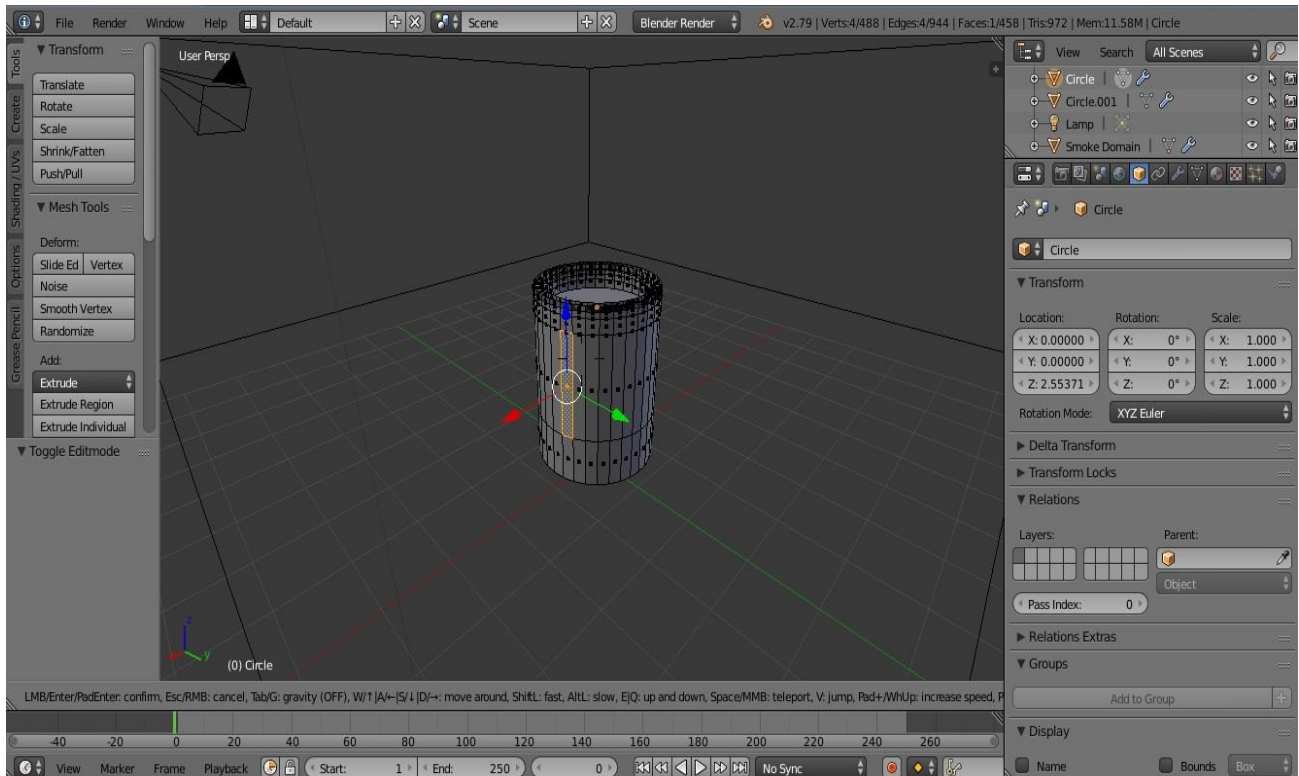
Većina zaglavlja prikazuju skup menija koji se nalaze odmah pored prvog izbornika vrste uređivača. Izbornici zaglavlja koriste se za konfiguriranje urednika i alata za pristup.



**Slika 3.6.** *Prikaz menija unutar zaglavlja*

### 3.2.2 Modeliranje

Stvaranje scenarija i objekata u scenariju moguće je pomoću alata za modeliranje. Modeliranje može imati različite oblike u Blenderu, ovisno o vrsti objekta koju želimo urediti odnosno kreirati. Neki objekti, poput lampe, kamere te zvučnika ne mogu se modelirati [18]. 3D objekti mogu se stvoriti na više načina, neki od njih su poligonalno, *NURBS* te Patch modeliranje. Za izradu praktičnog dijela rada korišteno je poligonalno modeliranje. U suštini, poligonalno modeliranje je modeliranje u više točaka međusobno povezanih tvoreći poligon. Ovakav način modeliranja olakšava kreiranje te uređivanje tehničkih objekata. Za razliku od poligonalnog modeliranja *NURBS* (eng. *Non-Uniform Rational Bezier Splines*) koristi krivine i podržava parametre težine objekta, dok Patch modeliranje radi na principu spajanja zakrpa te na takav način formira 3d model [19].



Slika 3.7. Prikaz modeliranja 3D objekta

### 3.2.3. Render

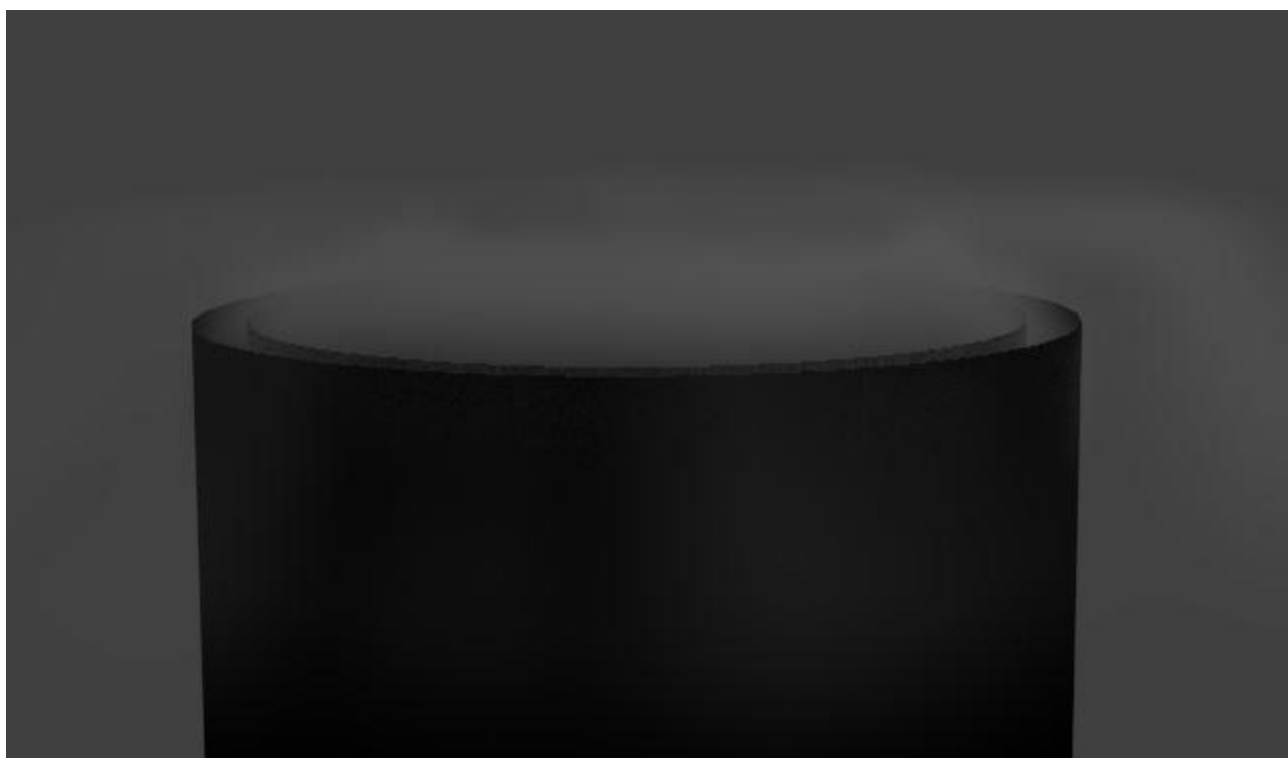
*Render* je proces kreiranja 2D slike ili videa nastale iz kreiranog 3D scenarija pomoću *render engine*-a koji pretvaraju mreže objekata, materijale i osvjetljenje u 2D sliku. Proces kreiranja 2D slike odvija se kroz nekoliko koraka. Postavljanje scenarija (pozicioniranje kamere, osvjetljenje prostora, kreiranje objekata te uređivanje teksture), *renderiranje* pri niskoj kvaliteti kako bi se dobio uvid u



krajnju sliku (video), na temelju čega izmjenjujemo moguće greške, te završno *renderiranje* za dobivanje krajnje visoko kvalitetne slike (videa).

Postoje dva *render engine*-a: *Blender Render* i *Cycles Render*. *Blender Render* je unutarnji *Blender engine* koji za izradu 2D slike uzima u obzir ono što objekt kamere vidi te ne uključuje ponašanje svjetla, dok *Cycles Render* radi na principu grafičke metode *path tracing* koja kreira 2D sliku pomoću praćenja putanja „zraka“ koje prolaze kroz 3D scenarij.

Prilikom kreiranja 2D slike (videa) obavljaju se kompleksni izračuni čija složenost ovisi o scenariju, odnosno položaju i broju objekata, osvjetljenju scenarija, teksturi materijala i dodatnim postavkama kvalitete, veličine i slojeva završne 2D slike (videa). Nakon kreirane slike, tj. videa, postoji dodatna mogućnost manipuliranja krajnje slike (videa) opcijom *Post Processing* [20].

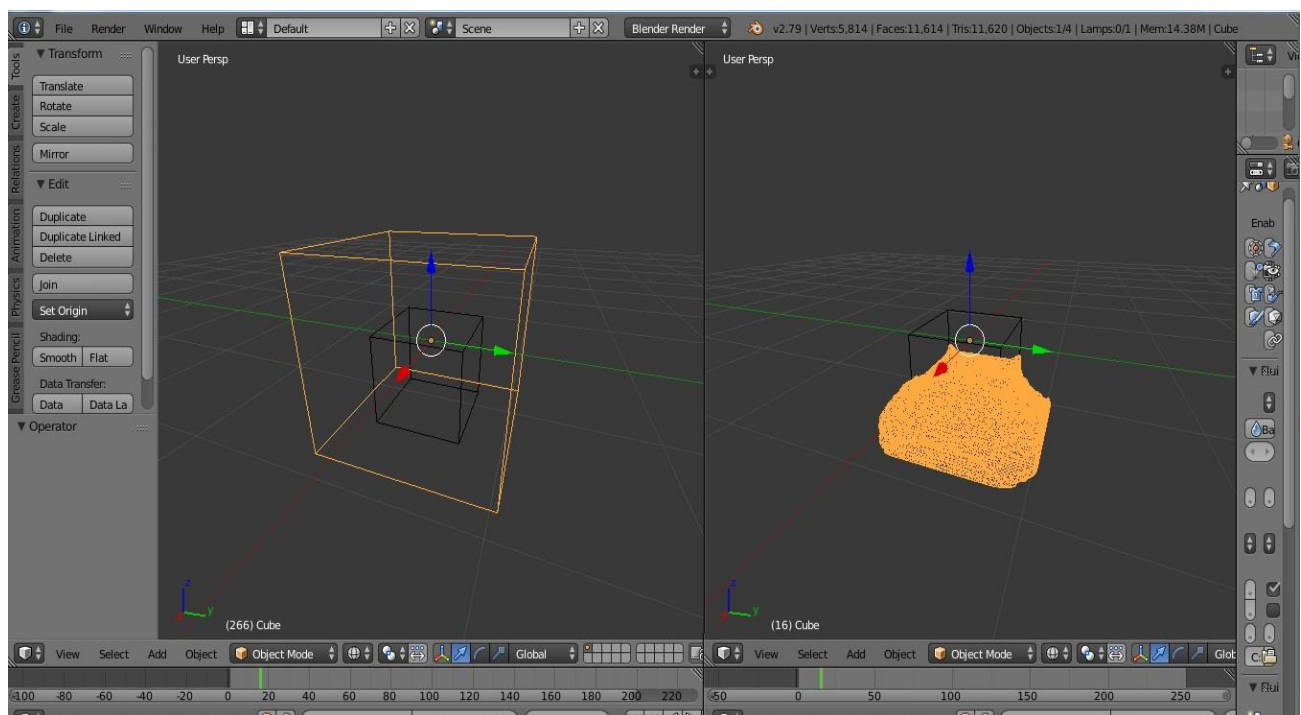


**Slika 3.8.** Nisko kvalitetna renderana slika objekta koji ispušta plin

## 4. SIMULACIJA FLUIDA

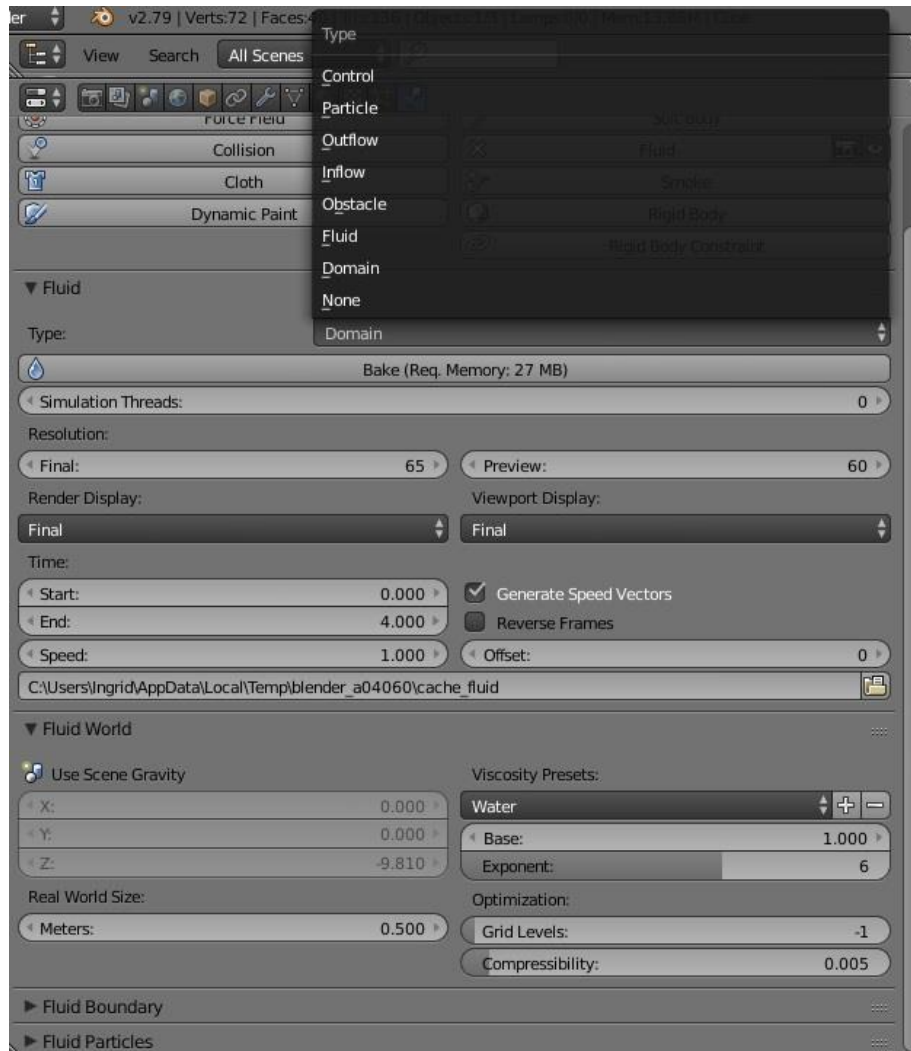
Prilikom izrade simulacije fluida (tekućina i plinova) potrebno je izraditi scenarij. Scenarij sadrži kreirane objekte koji ovisno o svojim svojstvima i ponašanjem predstavljaju funkcionalne objekte koji utječu na scenarij te su podložni fizikalnim zakonima prirode.

Prvi korak pri stvaranju scenarija je određivanje granica simulacije pomoću *Domain* objekta. *Domain* objekt se prilikom svakog testiranja simulacije procesom *Bake* pretvara u tekućinu koja se može kretati u definiranim granicama. Prilikom procesa *Bake* u simulaciji mora postojati objekt čija su fizikalna svojstva postavljena na svojstva tekućina. Unutar fizikalnih svojstava određujemo i vremensku duljinu ponašanja fluida, samim time i trajanje simulacije. Fizikalna svojstva *Domain* objekta određuju viskoznost tekućina, gravitaciju simulacije te stvarnu veličinu granica simulacije u „realnom“ svijetu (Slika 4.2.) .



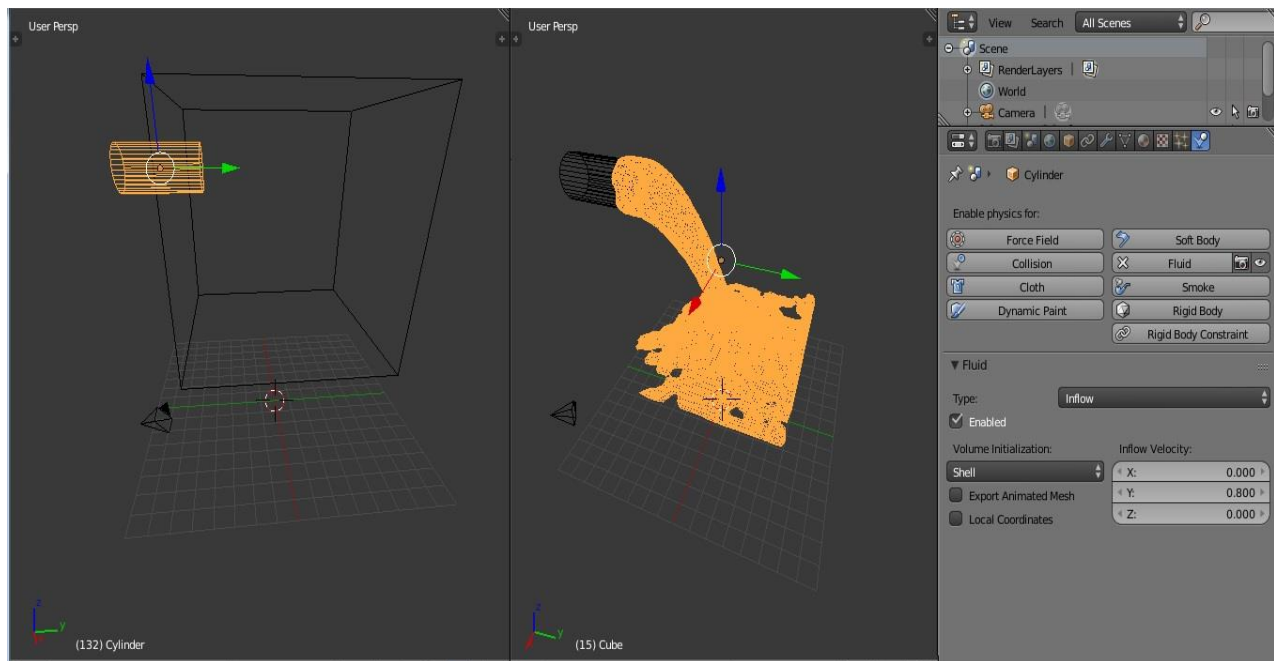
Slika 4.1. *Domain* objekt prije/poslije procesa *Bake* s objektom kocke koji predstavlja tekućinu

Prilikom dodavanja fizikalnih svojstava kreiranom objektu otvara se izbornik mogućih tipova fizikalnih svojstava od čega odabiremo *fluid physics* te određujemo ponašanje tog objekta (Slika 4.2.)



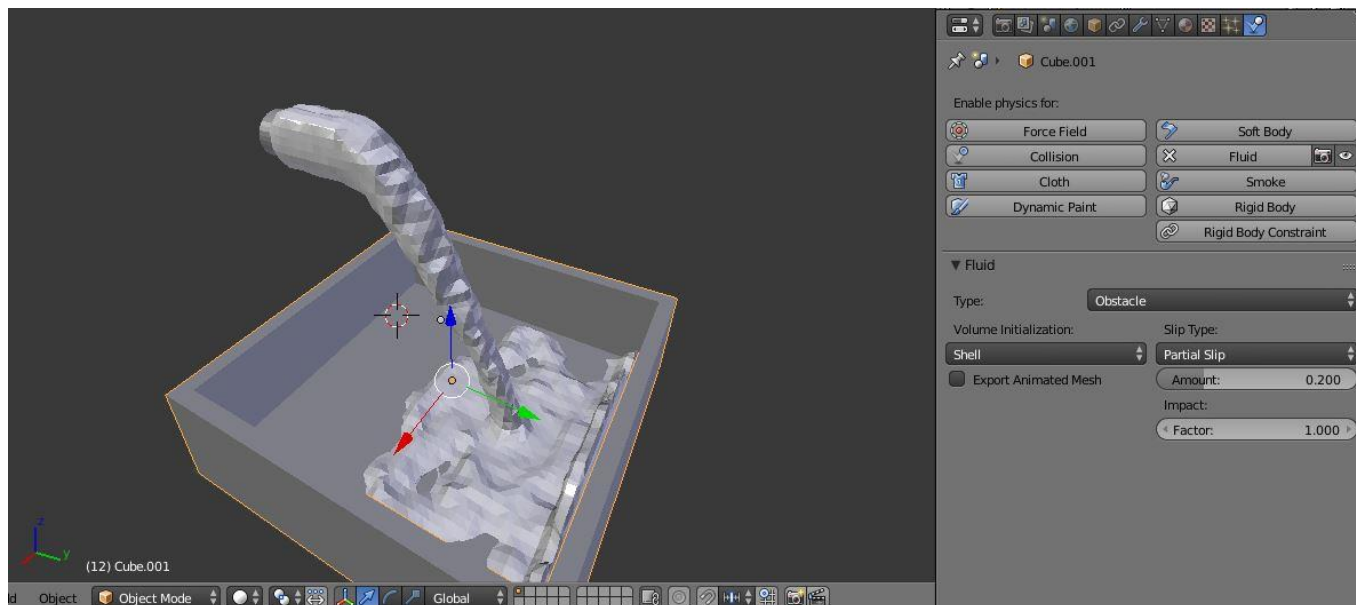
**Slika 4.2.** Prikaz fizikalnih svojstava domain objekta i izbornika tipova tekućina (fluid physics)

Za postavljanje tekućine u scenarij koriste se objekti s tipom ponašanja *Inflow* i/ili *Fluid*. Za potrebe simulacije dodaje se objekt cilindra koji s izabranim ponašanjem *Inflow*, u scenariju predstavlja kontinuirani dotok vode. Ponašanje kreiranog *Inflow* objekta određuje se pomoću *Inflow velocity*-a koji predstavlja brzinu dotoka tekućine iz navedenog objekta, čija se jačina i smjer određuju pomoću koordinata  $X, Y, Z$  3D sustava. *Inflow velocity* za potrebu simulacije postavljen je na iznos 0.8 u pozitivnom smjeru  $Y$  os-i (Slika 4.3.) Primjer simulacije *Fluid* objekta prikazan je na Slici 4.1. čija se fizikalna svojstva ponašanja određuju na isti način kao od *Inflow* objekta. Dok *Inflow* objekt predstavlja kontinuirani izvor vode, *Fluid* objekt svoj oblik ili volumen zamjenjuje tekućinom.



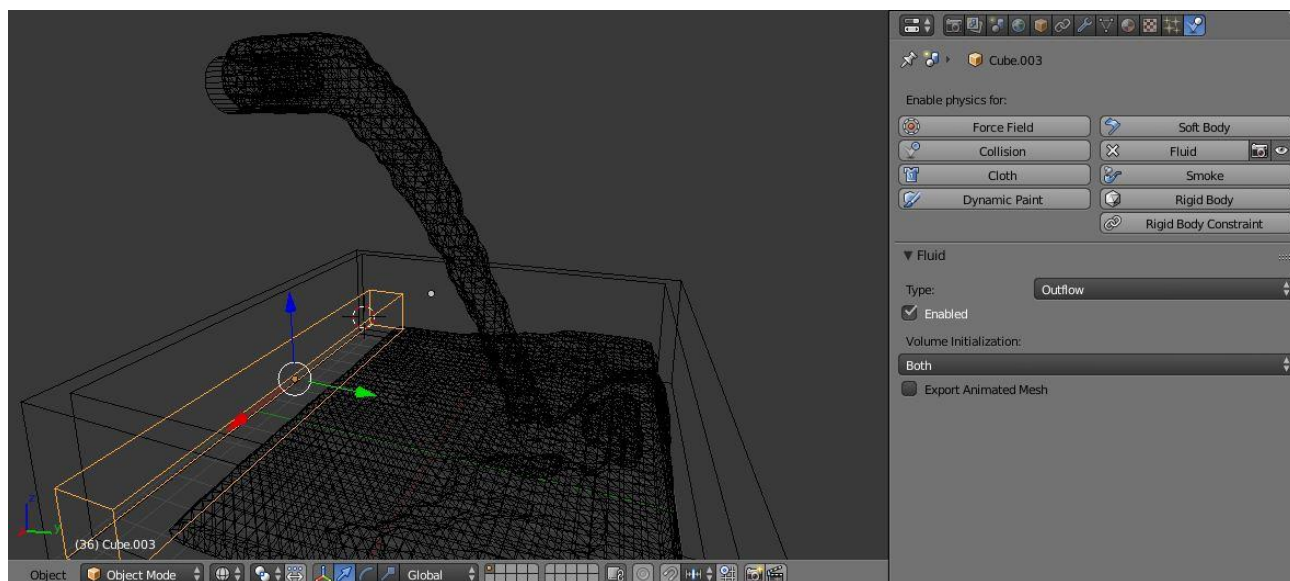
**Slika 4.3.** Prikaz simulacije Inflow objekta s njegovim ponašanjem

Nakon kreiranja kontinuiranog dotoka tekućine u scenarij se postavlja objekt kocke, koji se modeliranjem oblikovao u izdubljeni spremnik. Kako bi se postigao učinak spremnika, njegovo fizikalno ponašanje unutar izbornika *fluid physics* postavljeno je na tip *Obstacle* (prepreka). Tekućina se u simulaciji pri kontaktu s *Obstacle* objektom odbija od njegovu površinu, odnosno tekućina ne može prolaziti kroz objekt. *Obstacle* objekt određuje i koeficijent jačine klizanja tekućine po površini objekta pomoću opcije *Slip Type*. Za potrebe simulacije klizanje tekućine s objekta spremnika, postavljeno je na djelomično klizanje (*Partial Slip*) s koeficijentom jačine 0.2 (Slika. 4.4.).



**Slika 4.4.** Prikaz *Obstacle* objekta s djelomičnim klizanjem jačine 0.2

U simulaciju postavlja se i objekt kvadra čija su fizikalna svojstva ponašanja određena tipom *Outflow*, kako bi tekućina u scenariju prilikom dodira s površinom objekta „istjecala“ iz scenarija. Kreirani objekt zapravo predstavlja odvod tekućine.

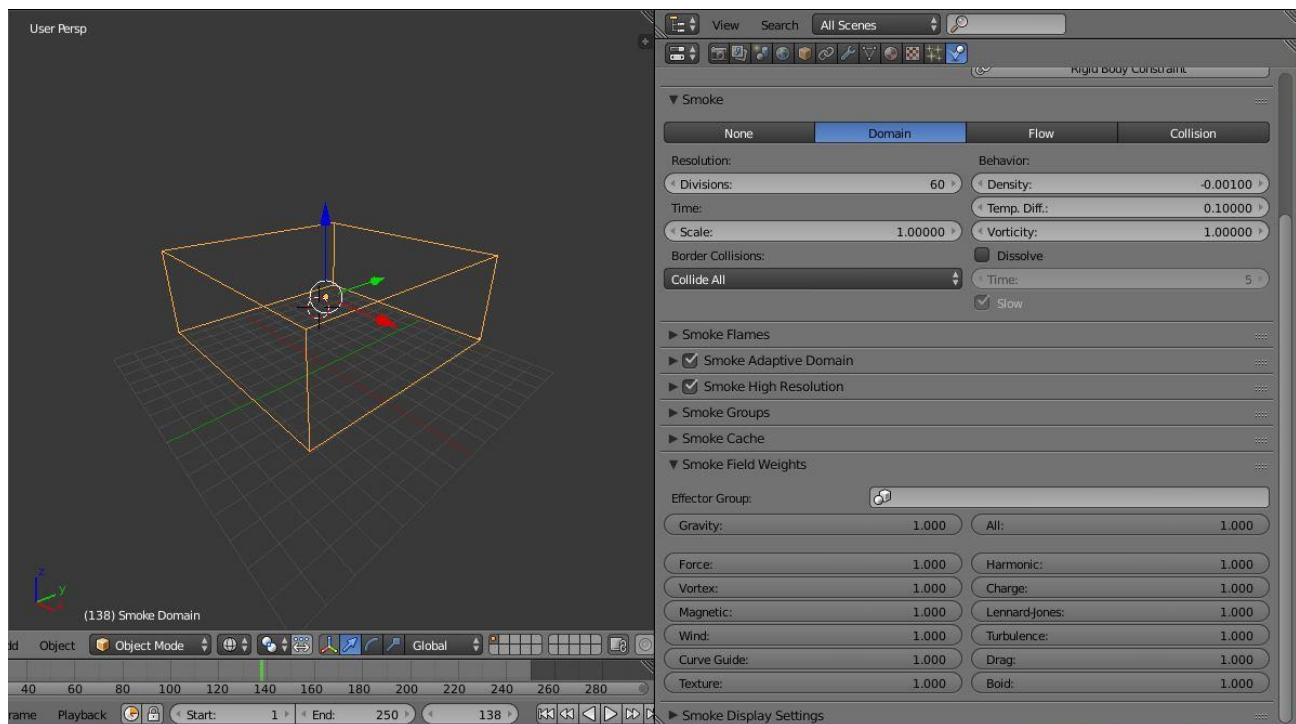


**Slika 4.5.** Prikaz *Outflow* objekta koji predstavlja odvod tekućine

Kako bi u scenarij postavili i simulaciju plina, u zasebnoj *.blend* datoteci ( ekstenzija za pohranu scenarija) kreirat ćemo složeni objekt koji će sadržavati *Domain* objekt za granice širenja plina s

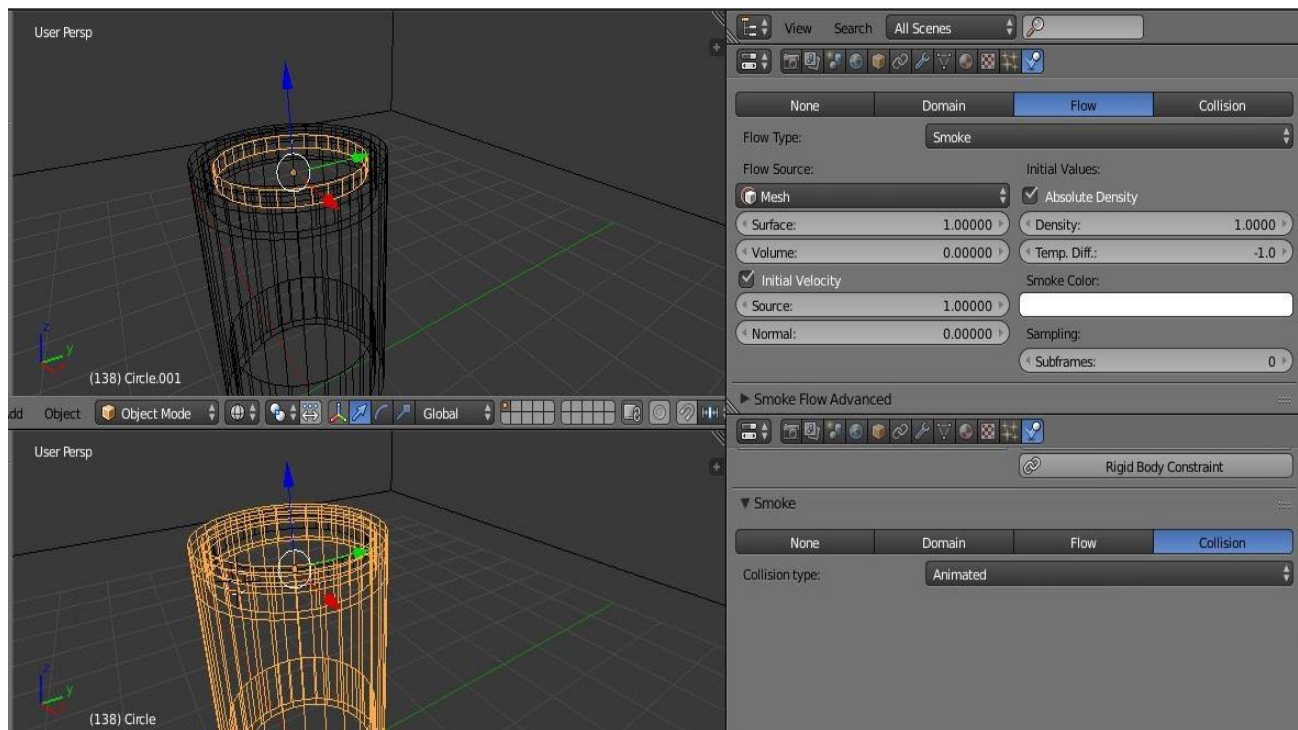
pripadajućim zakonima prirode i objekte čija će fizikalna svojstva ponašanja omogućiti kretanje kroz scenarij.

Za *Domain* objekt simulacije plina postavlja se objekt kocke čija se fizikalna svojstva određuju tipom *Smoke physics* (fizikalna svojstva plinova). Unutar izbornika *Smoke physics* objektu kocke dodjeljuju se obilježja *Domain* tipa, gdje se zatim određuju granice širenja plina i fizikalna svojstva plina unutar *Domain* objekta. Koeficijent gravitacije, sile polja, gustoće i temperature plina, regulira se kretanje plina kroz scenarij.



**Slika 4.6.** Prikaz *Domain* objekta s njegovim fizikalni svojstvima

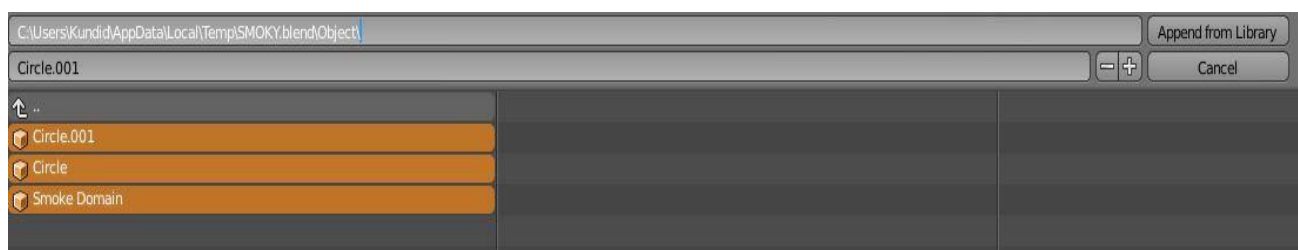
Dodavanjem objekata te njihovim modeliranjem kreiran je složeni objekt u scenariju koji predstavlja ulaz plina unutar granica *Domain* objekta. Ponašanje svih dijelova novonastalog objekta određeni su *Smoke physics*-om (fizikalnim svojstvima plina). Jedan dio objekta određen je tipom *Flow* kako bi u scenariju postojao izvor plina te čije se ponašanje opisuje koeficijentom debljine plina i koeficijentom razlike temperature i gustoće plina s temperaturom i gustoćom zraka unutar *Domain* objekta (Slika 4.7.). Drugi dio objekta određen je tipom *Collision* koji predstavlja dio objekta od kojeg će se plin odbijati te na takav način utjecati na kretanje plina kroz scenarij.



**Slika 4.7.** Prikaz *Flow* i *Collision* objekata s njihovim fizikalni svojstvima

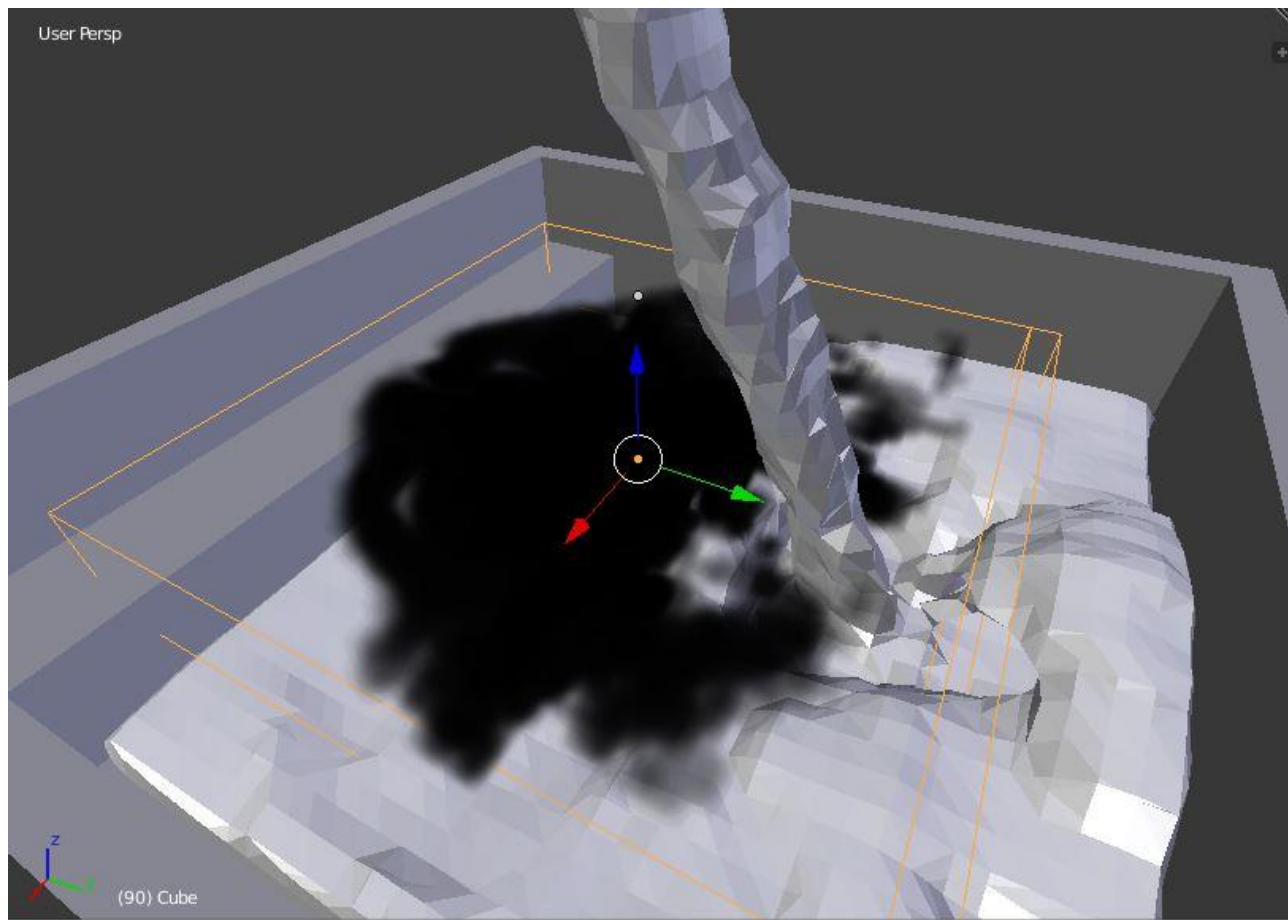
Spremanje simulacije plina omogućava dodavanje kreiranih objekata s njihovim fizikalnim svojstvima i ponašanjem, unutar *.blend* datoteke druge simulacije.

Dodavanje kreiranih objekata omogućeno je opcijom *Append from File* (dodaj iz datoteke), čiji je pristup omogućen korištenjem kombinacijom tipki *SHIFT + F1*.



**Slika 4.8.** Prikaz dodavanja objekata iz druge *.blend* datoteke

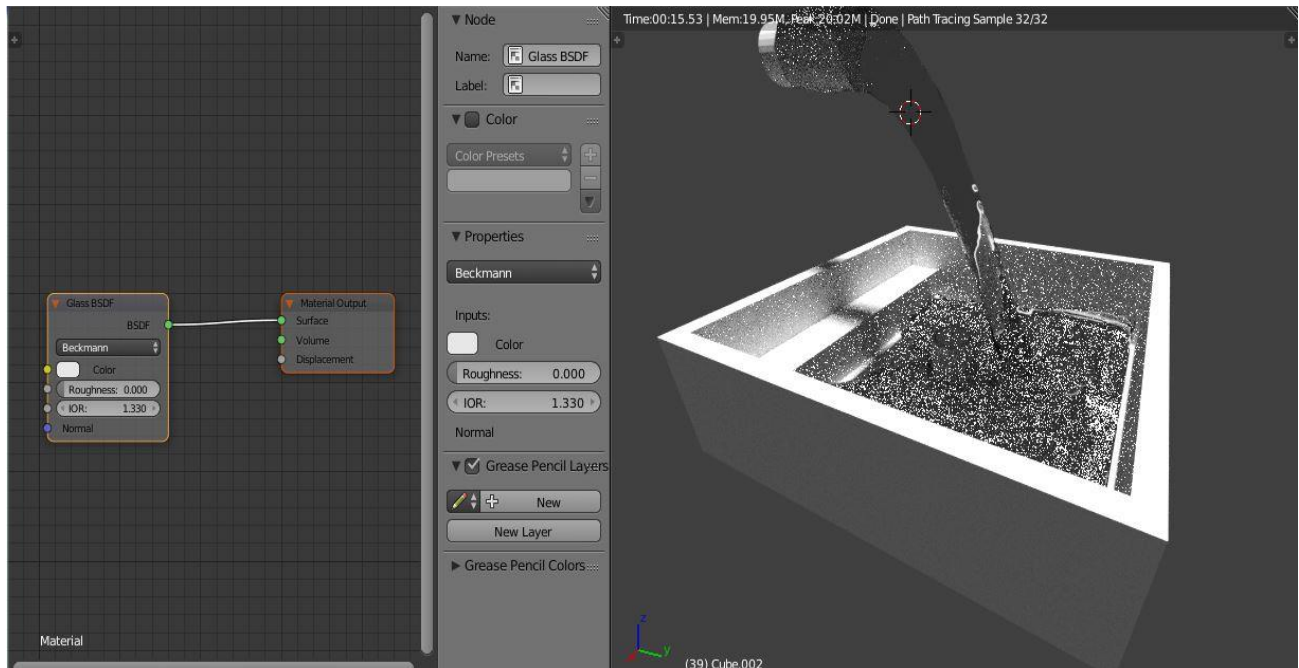
*Domain* objektu simulacije tekućine dodaju se fizikalna svojstva *Smoke physics->Collision* kako bi kretanja tekućine kroz scenarij utjecalo na kretanje plina.



**Slika 4.9.** Prikaz simulacije tekućine i plina s njihovom interakcijom

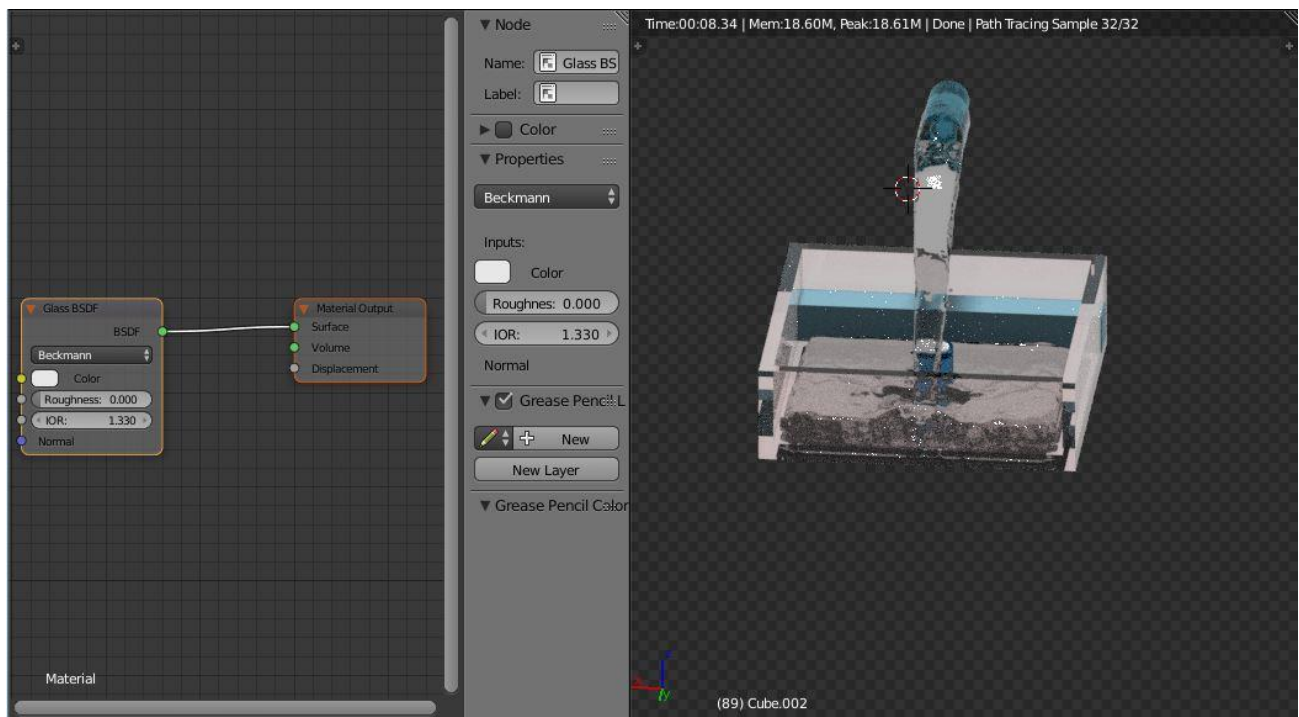
Kako bi objekti poprimili realan izgled tijekom procesa *renderiranja*, objektima se dodjeljuje tekstura, boja objekta i materijal od kojeg je objekt napravljen. *Domain* objektu simulacije tekućine pomoću *Node Editor*-a ostvaruje se izgled vode postavljanjem površine na tip *Glass BSDF* s koeficijentom indeksa prelamanja iznosa 1,33.





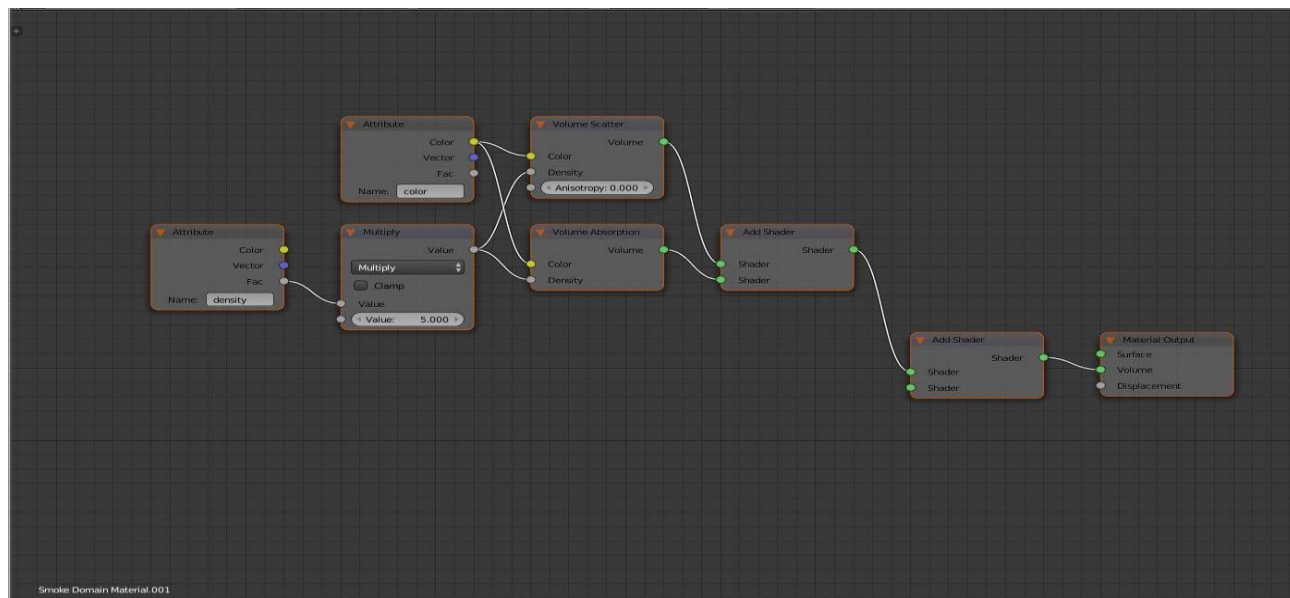
**Slika 4.10.** Prikaz Node editor-a za dodavanje teksture fluidu i njegov izgled rendera

Ostali objekti scenarija postavljeni su također kao *Glass BSDF*, kako bi izgled posude i ostalih objekata poprimio izgled stakla, te time poboljšao stvarni izgled tekućine (vode).



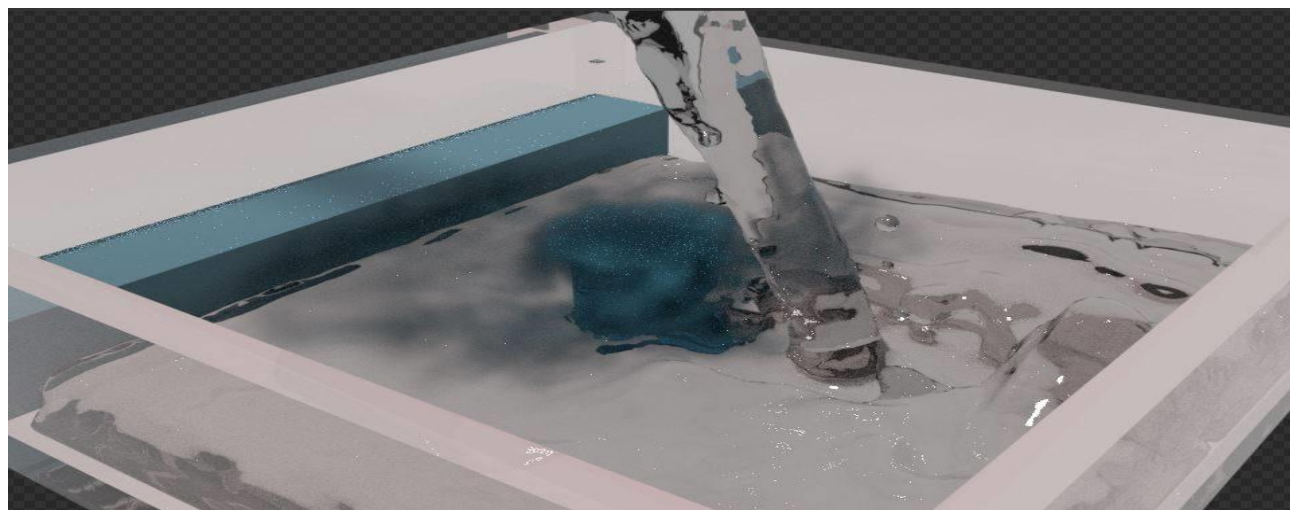
**Slika 4.11.** Prikaz Node Editor-a za ostale objekte scenarija

Na slici 4.11. simulacija plina nije vidljiva te kako bi se omogućio prikaz plina koji istječe u scenarij tijekom *renderiranja* koristi se *Node Editor*. Dodavanjem različitih *Input node-ova* i *Shader-a*, plinu u simulaciji definiran je izgled koji je također prisutan za vrijeme *renderiranja* (Slika 4.12.).



**Slika 4.12.** Prikaz *Node editora* za *Smoke Domain*

Zadnji korak prilikom kreiranja simulacije fluida odnosno tekućine i plina je *renderiranje* kako bi ostvarili završni izgled simulacije visoke kvalitete s realističnim teksturama i ponašanjem objekata. Prikaz *renderiranog* scenarija prikazan je slikom 4.13.



**Slika 4.13.** Prikaz *renderiranog* scenarija

## 5. ZAKLJUČAK

Za dostojnu simulaciju gibanja fluida u programskom paketu Blender, u radu su opisane glavne matematičke jednadžbe i fizikalni zakoni koji su vezani za dinamiku fluida te su pojašnjene osnove i vrste kretanja fluida. Opisan je programski paket Blender i njegove mogućnosti koje su neophodne za shvaćanje i izradu konačne simulacije gibanja fluida.

Tijekom izrade simulacije korištene su opcije kreiranja, modeliranja te definiranja ponašanja (kretanja) objekata kako bi simulacija što realnije prikazivala utjecaj različitih fizikalnih zakona. Postavljanjem različitih koeficijenata poput gravitacije, klizavosti tekućine s objekata, gustoće i temperature plina, brzine dovoda fluida (tekućine i plina), postignuta je realna simulacija koja odgovara fizikalnim zakonima prirode.

Izradom simulacije fluida testirane su i prikazane mogućnosti Blender-a u svrhu vizualizacije, a time i objašnjavanja gibanja i međusobne interakcije tekućina i plinova.

Radom je dokazano kako programski paket Blender pruža vrhunske alate i mogućnosti za izradu širokog aspekta simulacija preciznih rezultata u svrhu znanstvenih istraživanja, testiranja te provjere proračuna i predviđanja, ali i za objašnjavanje utjecaja okoline i fizikalnih sila na različite objekte u scenariju s ciljem edukacije.

## LITERATURA

- [1] Mehanika fluida, Wikipedia [https://hr.wikipedia.org/wiki/Mehanika\\_fluida](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mehanika_fluida)
- [2] Fluid, Hrvatska enciklopedija <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=19956>
- [3] Strujanje, Hrvatska enciklopedija <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=58473>
- [4] Strujanje, Wikipedia <https://hr.wikipedia.org/wiki/Strujanje>
- [5] Viscosity, Wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Viscosity>
- [6] Water – Dynamic and Kinematic Viscosity, Engineering ToolBox [https://www.engineeringtoolbox.com/water-dynamic-kinematic-viscosity-d\\_596.html](https://www.engineeringtoolbox.com/water-dynamic-kinematic-viscosity-d_596.html)
- [7] Reynolds Number, Glenn Research Center, NASA <https://www.grc.nasa.gov/WWW/BGH/reynolds.html>
- [8] Reynoldsov broj, Wikipedia [https://hr.wikipedia.org/wiki/Reynoldsov\\_broj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Reynoldsov_broj)
- [9] Laminar Flow, Chemistry Glossary <https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=laminar+flow>
- [10] Fluid dynamics, Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid\\_dynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_dynamics)
- [11] J.D. Anderson, Fundamentals of Aerodynamics, The McGraw-Hill, New York USA, 2001.  
Dostupno na:  
<http://a.moirier.free.fr/A%E9rodynamique/Bouquins/Anderson/Anderson%20-%20Fundamentals%20of%20Aerodynamics%20.pdf>
- [12] H.Soffar, Steady flow , Turbulent flow and Applications on the continuity equation, Online Sciences <https://www.online-sciences.com/physics/steady-flow-turbulent-flow-and-applications-on-the-continuity-equation/>
- [13] F.M. White, Viscous Fluid Flow, The McGraw-Hill, New York USA, 2006.  
Dostupno na:  
[http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fandrade/teaching/files/Viscous\\_Fluid\\_Flow\\_3rd\\_White.pdf](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fandrade/teaching/files/Viscous_Fluid_Flow_3rd_White.pdf)
- [14] Blender, About This Software, Steam <https://store.steampowered.com/search/?term=blender>
- [15] About Blender, Blender 2.79 Manual [https://docs.blender.org/manual/en/dev/getting\\_started/about/index.html](https://docs.blender.org/manual/en/dev/getting_started/about/index.html)
- [16] Blender Requirements, Blender <https://www.blender.org/download/requirements/>
- [17] User Interface, Blender 2.79 Manual <https://docs.blender.org/manual/en/dev/interface/index.html>
- [18] Modeling, Blender 2.79 Manual <https://docs.blender.org/manual/en/dev/modeling/index.html>
- [19] 3D modeliranje, Wikipedia [https://hr.wikipedia.org/wiki/3D\\_modeliranje](https://hr.wikipedia.org/wiki/3D_modeliranje)
- [20] Render, Blender 2.79 Manual <https://docs.blender.org/manual/en/dev/render/index.html>

## SAŽETAK

**Naslov:** Simulacija fluida u Blenderu

U završnom radu obrađuje se simulacija i modeliranje fluida. Izrada se temelji na Blender programskom paketu koji služi kao glavni alat, dok ugrađene funkcije i alati omogućuju precizne rezultate simulacije.

**Ključne riječi:** Blender, fluid, simulacija, extrude

## **ABSTRACT**

**Title:** Fluid simulation in Blender

This paper elaborates on simulating and modelling of fluids. The design is based on Blender system which serves as a main tool, while embedded functions and tools allow us to get precise simulation results.

**Key words:** Blender, fluid, simulation, extrude

## **ŽIVOTOPIS**

Josip Kundid rođen je 9.7.1996. godine u Osijeku, gdje trenutno živi. Pohađao je Osnovnu školu Frana Krste Frankopana te 2011. godine upisuje III. Prirodoslovno matematičku gimnaziju u Osijeku. 2015. godine na temelju uspjeha u srednjoj školi ostvaruje izravan upis na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

## **PRILOZI**