

# ОСНОВЕ АНАЛИЗЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА



Аутори:

Милош Ристић

Милан Павловић

**ОДСЕК НИШ**  
**А**  
**АКАДЕМИЈА**  
**ТЕХНИЧКО-ВАСПИТАЧКИХ**  
**СТРУКОВНИХ СТУДИЈА**

ISBN 978 – 86 – 81912 – 18 – 8

*Милош Ристић*

*Милан Павловић*

# **ОСНОВЕ АНАЛИЗЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА**

Издавање ове публикације реализовано је у оквиру пројекта „Примена концепта зелених пракси у развоју програмских садржаја“ коју је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру програмске активности „Развој високог образовања“.

Ниш, 2022.

**Издавач:**

*Академија техничко-васпитачких струковних студија – Одсек Ниш*

**За издавача:**

*др Саша Николић, в.д. председника Академије*

**Аутори:**

*др Милош Ристић, дипл.инж.маш.*

*др Милан Павловић, маст.инж.маш.*

**Припрема за штампу:**

*Горан Милосављевић, дипл. инж. ел.*

**Дизајн корица и обрада слика:**

*Ивана Мадић Николић*

*Гордана Јовић*

**ISBN 978 – 86 – 81912 – 18 – 8**

**Издање:**

*у електронском облику*

# САДРЖАЈ

<b>УВОД .....</b>	<b>2</b>
<b>1. ОДРЖИВИ РАЗВОЈ КАО ОСНОВА САВРЕМЕНЕ ПРОИЗВОДЊЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. УТИЦАЈИ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ И ЕКОЛОШКИ ОТИСАК .....</b>	<b>12</b>
<b>3. ЖИВОТНИ ЦИКЛУС ПРОИЗВОДА .....</b>	<b>19</b>
<b>4. РАЗВОЈ ПРОИЗВОДА СОФТВЕРСКИМ ПАКЕТОМ SOLIDWORKS .....</b>	<b>32</b>
<b>5. ИЗБОР МАТЕРИЈАЛА И ТЕРМАЛНА АНАЛИЗА МОДЕЛА ПРОИЗВОДА .....</b>	<b>57</b>
<b>6. АНАЛИЗА ОДРЖИВОСТИ ПРОИЗВОДА .....</b>	<b>69</b>

## УВОД

Крајем седамдесетих година, настао је концепт превенције загађења, као покушај да се делује на узроке и чиниоце а не на последицу. При том је фокус био преусмерен ка развоју технологија оријентисаних на очување животне средине. Овим концептом обухваћени су не само снабдевање сировинама и производња, већ и потрошња и одлагање производа након употребе. Због тога је, са нагласком на одрживи развој, концепт превенције загађења проширен на све активности које се дешавају током комплетног животног века производа, као и на све активности човека које утичу на привреду, животну средину и друштво.

Данас је овај концепт „замењен“ концептом Одрживог развоја. Овај концепт сагледава и указује на снажну зависност економије, друштва и животне средине који представљају три основана стуба одрживости. У свему овом, кључну улогу има човек. На њему је одговорност да нађе правилан однос својих активности којима остварује економску добит зарад друштвеног бољитка, неугрожавајући при том животну (и радну) средину. То на први поглед представља оптимизацију активности. Међутим, сама оптимизација има за последицу да се побољшањем једне функције циља, друга функција нужно смањује. Због тога је решење у трагању за алтернативним варијантним решењима у области материјала, зелених технологија, обновљивим изворима енергије, управљању отпадо, циркуларној економији, итд.

Чињеница да око 25% становништва користи готово 80% доступних ресурса у свету, показатељ је тренутка када ће поједини природни ресурси, доступни у ограниченим количинама попут нпр. нафте, бити у потпуности искоришћени. Одрживи развој се јавља како као суштински предуслов, тако и као крајњи циљ ефикасне организације бројних људских активности на Земљи.

Савремено друштво постало је свесно свог великог и негативног утицаја на животну средину. Снажна индустријализација и тежња за убрзаним развојем условиле су да човек угрожава сопствену планету. Еколошки прихватљиви производи говоре о нужности и оправданости да производ током свог животног века има „нула ефекта“ односно да не загађује околину. Ово је пре свега **методологија** настала као свеобухватан процес *размишљања о животном циклусу производа*, са крајњим задатком да предвиди све фазе у животном циклусу производа пратећи при том пре свега ток материјала и

његову трансформацију, утрошак енергије и остварене емисије (у воду, ваздух и земљу) у свакој од фаза животног циклуса производа.

Еколошки аспекти разматрања дизајна и производње одређеног производа у први план истичу употребу енергената и емисије које у том процесу настају, али и редукацију материјала и свих ресурса.

Фосилна горива својим сагоревањем врше емисију гасова попут CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, итд. који су својим ефектима на околину одговорни за глобално загревање, главног узрочника климатских промена. Климатске промене за последице имају повлачење глечера и подизање нивоа мора, промене у екосистему у виду губитака станишта одређених врста или изумирање биљних или животињских врста које се не могу прилагодити насталим променама. Ови проблеми захтевају да буду решени систематским приступом заснованим на обновљивим изворима енергије попут: хидроенергије<sup>1</sup>, енергије ветра, соларне енергије, геотермалне, енергије из биомаса.

Снажна присутност савремених софтверских алата олакшава нам не само процес пројектовања производа, већ и симулирање његове израде, као и понашање током животног века. Један такав алат – solidWorks биће приказан овде, посебно наглашавајући свој модул – одрживости.

---

<sup>1</sup> Хидроенергија добијена на начин да се изградњом електрана не ремети микроклима средине нити да природна станишта или паркови природе буду угрожени. Постоје хидроелектране које користе вртлоге и вирове за покретање турбина и не угрожавају флору и фауну, а не захтевају израду брана или акумулација.

# 1. ОДРЖИВИ РАЗВОЈ КАО ОСНОВА САВРЕМЕНЕ ПРОИЗВОДЊЕ

Термин „одрживи развој“ може у првом тренутку да делује као плеоназам. Инжењери некако подразумевају да развој мора бити одржив. Ако развој није одржив поставља се питање постојања и сврсисходности таквог пројекта. Ипак, термин одрживи развој или одрживост ни у ком случају не доводи у питање развој као напредак у техно-економском смислу, већ заправо представља један од основних концепата економије природних ресурса и животне средине. Са друге стране приметно је постојање одређених парадокса развоја како у животној средини (ограниченост ресурса, загађење, итд.) тако и у друштвено-економском систему (пораст становништва, сиромаштво, неједнакост, итд.).

За разумевање термина „одрживог развоја“ потребно је широко сагледавање пословних, технолошких и производних процеса као и њихова свеобухватна анализа, како би се разумеле све активности и дешавања у животном веку производа, а тиме и њихов (негативан) утицај на животну средину. Тежња да „паметније“ користимо ресурсе, било да је реч о сировинама или енергији или самим производним процесима, основни је задатак концепта одрживог развоја. Упркос различитим интерпретацијама, овом концепту данас припада централно место у разматрању дугорочне перспективе опстанка и напретка човечанства.

Творцем појма одрживости (слика 1.1) сматра се немачки шумар Ханс Карл Вон Карловиц који је још у XVII веку приметио да постоји велики проблем са сечом стабала која ће довести до комплетног уништења



шума. Он је заговарао идеју да применом концепта одрживости може да се спречи уништавање шума тако што ће количина посечених стабала бити у равнотежи са бројем новозасађених. Сматра се да је родоначелник термина одрживи развој Гро Харлем Брунтланд<sup>2</sup>.



Слика 1.1. „Кованица“ одрживост – порекло термина.

Постоје бројне интерпретације одрживог развоја које покушавају да дефинишу овај термин. Према Брунтландовој Комисији Уједињених Нација одрживи развој се дефинише као "развој који ће успешно да одговори на потребе садашњости, а да не доведе у питање могућност будућих генерација да задовоље своје потребе", при чему се мисли на мноштво неизвесних претпоставки о неопходним условима за живот у будућности. У суштини одрживи развој је процес промена унутар кога су експлоатација ресурса, усмеравање инвестиција, оријентација технолошког развоја и институционалне промене у хармонији и омогућавају коришћење садашњих и будућих потенцијала како би се задовољиле људске потребе и аспирације.

<sup>2</sup> Гро Харлем Брунтланд била је министарка животне средине Краљевине Норвешке, а касније и прва жена премијер Норвешке. Била је генерални директор Светске Здравствене Организације (World Health Organization), а позната је по формирању Светске комисије за животну средину и развој (World Commission on Environment and Development – WCED), касније Brundtland Commission која је презентovala *Brundtland Report* о одрживом развоју, чиме је постављен темељ савременог концепта овог термина.

Одрживост се, као што је и наведено на почетку овог поглавља, различито може разумети. У развијеним земљама света она представља неке рестрикције (шетња уместо возње аутомобила, мање коришћење клима уређаја или употреба еколошки прихватљивих детерџената за прање судова/веша, итд.). У земљама у развоју одрживост би била мерена елементарним животним потребама попут чисте воде за пиће, довољно хране или потребама за одрешеним нивоом образовања. Суштински, главни носиоци концепта одрживог развоја могу се генерализовати у три чиниоца: **економија, екологија и друштво.**

Одрживи развој у свом фокусу има човека и циљ је да се унапреди квалитет живота. Одрживи развој се заснива на заштити природних вредности, тако да је условљен потребом да се уважава капацитет биосфере како би се обезбедили ресурси за континуални развој човечанства у сагласју са природом. Одрживи развој значи унапређење квалитета људског живота у границама апсорпционог капацитета екосистема.

*Морате научити своју децу да је земља под вашим стопалима пепео ваших дедова. Да би ваша деца поштовала земљу, морају знати да је земља испуњена душама предака, да је земља са нама у сродству. Научите вашу децу оно што смо ми научили нашу, да је земља наша мајка. Шта год снађе њу снаћи ће и синове земље. Ако човек пљује на тло пљује на себе самога. Ми знамо: земља не припада човеку. Човек припада земљи. Ми то знамо. Све је повезано као крв која уједињује породицу. Све ствари су повезане. Човек не тка ткиво живота, ми смо само једна нит у ткању.*

Ово је део писма<sup>3</sup> индијанског поглавице Сијетл (Seattle) упућено 1854. године председнику САД-а Френклину Пирсу (Franklinu Piercu), као одговор на понуду да САД од Индијанаца откупе њихову земљу – у замену за резерват

Одрживи развој има три важне компоненте, тзв. три стуба одрживог развоја су:

- Економија – Јасно је да без остваривање профита нема развоја, али одрживост подразумева остваривање профита на начин да се минимално утиче на животну средину, као и да не долази до злоупотребе радника (нарочито деце)
- Друштво – као заједница људи мора да тежи унапређењу услова живота и сопствених могућности, користећи економију као услов за обезбеђивање егзистенције, али не нарушавајући природне ресурсе планете, већ водећи рачуна о будућим генерацијама
- Екологија – је основна идеја коју треба заштити и због тога она мора бити истицана у први план као „стуб“ или „носилац“ одрживог развоја како би се загађења животне околине минимизирала али и како би економија постала еколошки ефикасна.

Елементарни принципи одрживог развоја су:

- 1) Промоција и заштита фундаменталних права – кроз промоцију основних права, борбу против дискриминације и сл. обезбеђује да главни фокус свих политика буде човек и његова заједница, што доприноси смањењу сиромаштва широм света.

---

<sup>3</sup> Историјски подаци кажу да нико не зна шта је поглавица тога дана 1854. године у сурету са председником заиста рекао. Извештај о томе направљен је доста касније. Читав „говор“ сматра се делом писца сценарија и професора на филмској академији Теда Перија за потребе једне телевизијске драме.

- 2) међугенерацисјска и унутар генерацисјска солидарност – поштовање потреба, како данашњих, тако и будућих генерацисја, као и поштовање унутар самих генерацисја без угрожавања могућности будућих генерацисја да остваре своје потребе;
- 3) партиципативност – када је у питању стратешко планирање одрживог развоја онда се мора подстакнути правилно, добро и правремено информисање и укључивање свих социјалних партнера: владиног и невладиног сектора, пословног сектора, науке и различитих струка како би кроз социјални дијалог, корпоративно друштвену одговорност и јавно-приватна партнерства одрживи развој заиста био и структурно одржив. Омогућити грађанима да буду укључени у процесе доношења одлука, промоцију и едукацију о животној средини довешће до подизања свести грађана;
- 4) интегралност – преклапање економске, еколошке и социјалне димензије у појединим развојним пројектима; условљен је компромисима и разумевањем за оне који другачије мисле и раде;
- 5) предострожност – налаже да се стање и садржаји развоја врло динамично мењају и да оно што је одрживо данас, већ сутра може постати неодрживо;
- 6) принцип загађивач плаћа – загађивач је обавезан законом да плаћа надокнаду држави (друштву) уколико угрожава квалитет животне средине и нарушава штету људском здрављу, где треба осигурати да цене исказују стварне трошкове;
- 7) принцип ослањања на знање као носилац развоја;
- 8) принцип интегрисања заштите животне средине у остале секторске политике где се промоцијом економских, друштвених и брига о животној околини обезбеђује кохерентност и међусобна подршка појединачним областима политика.

Посматрано из угла дизајнера<sup>4</sup> концепт одрживог развоја подразумева стварање производа који у свим својим фазама животног циклуса води рачуна о употреби ресурса<sup>5</sup>. Употреба ресурса (попут енергената) са једне стране захтева што мању потрошњу енергената, али води рачуна и о пореклу ресурса са циљем да буду у одређеним границама обнављања. Како су ови ресурси ограничени у природи, тренд добијања енергије из алтернативних извора, као и што боља употреба и/или ре-употреба материјала намеће се као водећа идеја у пројектовању еколошки прихватљивих производа тј. Екодизајну. Када је реч о сировинама потребним за добијање материјала, тренд минимализације је овде веома присутан, уз веома пожељну особину да материјал буде рециклабилан.

Свеобухватност захтева и померање тежишта циљева пословних процеса са техно-економских захтева ка захтевима за очување животне средине и константним побољшањем квалитета живота указују још већу потребу за свеобухватном фазом пројектовања производа. Због тога се намеће да Екодизајн мора бити најважнија фаза у животном циклусу производа са примарним циљем достизања одрживог развоја.

За остваривање одрживог развоја обично се користи приступ заснован на концепту индустријске екологије. Индустријска екологија заговара прелазак са традиционалног линеарног модела индустријских система на модел затвореног круга који подсећа на

---

<sup>4</sup> Иако је ово дослован „превод“, термин дизајнер обухвата појмове као што су конструктор, пројектант или дизајнер

<sup>5</sup> Појам ресурса је веома широк. Иако се у под овим појмом првенствено подразумева материјал или сировина, а затим и енергија, он обухвата и целокупно ангажовање средстава и људи.

цикличне токове природних екосистема. У природи нема отпада - отпад једног бића постаје хранлива материја другог створења. Преиспитивање конвенционалних технологија производа и процеса може довести до откривања иновативних путева трансформације индустријског отпада у економски вредне ресурсе. То смањује потребу за изворним природним ресурсима, ублажава загађење из околине и емисију гасова стаклене баште и смањује оптерећење на ограниченем простору депонија.. У том светлу, индустријску екологију одликује употреба енергетски ефикасних система са затвореним токовима материјала и ресурса што одликује тзв. Еко-индустријске паркова. Са друге стране концепт зелених технологија тзв. ехнологија без отпада (zero-waste) заснован је на избегавању загађења уместо његовог третирања, како је приказано сликом 1.2.



*Слика 1.2 – Примарни циљ, приступ и концепт зелених технологија у циљу производње еколошки прихватљивог производа.*

## **2. УТИЦАЈИ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ И ЕКОЛОШКИ ОТИСАК**

Дизајн погодан за животну средину или околину (Екодизајн) има за циљ да смањи или у најбољем случају елиминише утицај на животну средину који производ остварује у свим фазама свог животног циклуса. Овде животно циклус не представља само време употребе производа, тзв. животно век, већ узима у разматрање целокупан ефекат који производ има на животну средину – од његовог настанка из сировине тј. материјала и његове производње у коначан облик, преко паковања и дистрибуције до употребе, па све до крајње одлуке којом се дефинише да ли ће производ бити депонован, рециклиран, репарирани или добити неку нову улогу-вредност. У свему овоме, разумевање животног циклуса производа има веома важну улогу. Пре свега из разлога што сам еколошки прихватљив производ представља својеврстан изазов за инжењере који се баве развојем производа. Разлог томе лежи у томе што пројектанти и конструктори најчешће нису експерти за проблеме у области животне средине. Само размишљање о животног циклусу производа представља систематско разматрање утицаја на животну средину. У овом поглављу биће сагледани утицаји на животну средину јер производ током свог животног века, како са аспекта материјала (сировине) тако и са аспекта производних процеса или технологија којима се он израђује, има негативан ефекат на животну средину чиме производ „оставља“ свој еколошки (угљични) отисак.

Од тренутка када је човечанство постало свесно проблема заштите животне средине, тј. своје одговорности на загађење околине,

идентификовани су различити утицаји на животну средину. Међу најзначајније утицаје спадају:

- Глобално загревање представља промену температуре ваздуха на површини Земље (тзв. глобална температура) изазвана „ефектом стаклене баште“<sup>6</sup> у ваздуху (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, синтетички гасови, итд.). Природни „ефекат стаклене баште“ обезбеђивао би константну температуру на Земљи од око 15 °C, а без ових гасова и њиховог заробљавања дела соларне енергије, температура би износила – 18 °C.
- Климатске промене су дугорочне промене у климатским условима на нашој планети и узроковане су факторима као што су биотички процеси, варијације у сунчевом зрачењу које примају Земља, тектонске плоче и вулканске ерупције, мада су одређене људске активности идентификоване као примарни узроци непрекидних климатских промена које се често односе на глобално загревање.
- Оштећење озонског омотача или озонског штита (O<sub>3</sub>) у стратосфери изазивају комплексне реакције антропогених
- „стаклене баште“ и хлоро-флуоро угљеници (CFCs). Тачније реакцијама са азотном киселином која настаје сагоревањем фосилних горива, односно у реакцијама са фреонима (CFCs и HCFCs)
- Смог (фотохемијски, летњи, зимски) је последица повећане количине површинског озона у нижим слојевима атмосфере

---

<sup>6</sup> Гасове „стаклене баште“ према Кјото протоколу чине шест гасова: угљен диоксид CO<sub>2</sub>, метан CH<sub>4</sub>, оксиди азота NO<sub>x</sub>, флуоро угљоводоници HFC, перфлуоро угљоводоници PFC, сумпор хексафлуорид SF<sub>6</sub>. Један важан природни гас „стаклене баште“ који није обухваћен протоколом је водена пара.



(где није пожељан, за разлику од виших слојева где је веома користан)

- Тешки метали пипут олова, живе, арсена и кадмијума (емитовани у воду или атмосферу) својом акумулацијом у људском организму, у токсичним количинама, изазивају тровање у меким ткивима.
- Еутрофикација („цветање“ воде) изазвано је повећањем количине хранљивих материја у води (прекомеран садржај фосфата и нитрата), услед чега се поспешује нагли раст биљака што у неким случајевима доводи до појаве као што је „цветања алги“. Најчешће започиње тако што са њива и агросистема ђубрива бивају спирана кишом у водене токове.
- Употреба и трансформација земљишта изазване су ерозијом тла, али и људским деловањем (изградњом, рашумљавањем, рударством, пољопривредом, итд.). Деградацијом тла долази до губљења минерала у земљишту и смањењу његовог квалитета, а последица је и смањење биодиверзитета. Деградацијом тла у сушним и полусушним пределима доводи до настајања пустиња.
- Депоније представљају место, локалитет, за одлагање отпадних материјала и где се у постројењима врши коначно одлагање и прерада тј. трансформација отпада његовим укопавањем у земљиште или одлагањем на површину. Неадекватно депоновање отпада на нехигијенским депонијама доводи до загађивања земљишта и подземних вода. На депонији некада може да се врши селекција и рециклажа отпада.

- Пестициди су производи хемијског или биолошког порекла намењени заштити економски значајних биљака и животиња од корова, болести, штетних инсеката, гриња и других штетних организама. Пестициди делују тако што спречавају, сузбијају и уништавају организме који неповољно утичу на плод који се гаји, али на њихов утицај на човека и његову околину је веома токсичан. Токсини из пестицида могу узроковати астму, алергије, хиперосетљивост, хормонске проблеме и болести репродуктивног и дигестивног система, а њихов веома лош утицај на здравље ћелија може довести и до развоја карцинома.
- Ацидификација („закисељавање“ животне средине) је изазвана атмосферским падавинама са малом рН вредношћу, тј. реакцијом водене паре у атмосфери са оксидима сумпора и азота јављају се сумпорна и азотна киселина у киши, магли, снегу, гасовима и честицама. Закисељавање воде (последича киселих падавина) убија све животне облике, а приметан је ефекат и на грађевине од камена, бетона или метала.
- Биодиверзитет подразумева биолошку разноликост, тј. разноликост флоре и фауне на одређеном подручју и он представља „меру здравља“ екосистема. Смањење биодиверзитета јавља се услед преомерне сече шума, огољавања земљишта, загађења (воде, ваздуха и земљишта), промена климе услед чега долази до угрожавања одређених врста или њиховог истребљења (попут Тасманијског тигра)
- Екотоксичност односи се на потенцијал за биолошки, хемијска или физички стресори да утичу екосистеме. Екотоксикологија је дефинисана као „грана токсикологије која се бави проучавањем токсичних ефеката изазваних природним или

синтетичким загађивачима на састојке екосистема, животињских (укључујући људе), поврћа и микроба, у интегралном контексту“.

- Абиотичко смањење ресурса представља потрошњу необновљивих ресурса и уколико се индустријски развој не доведе у изван баланса са биодиверзитетом изналажењем преваходно алтернативних ресурса, (само)одрживост неће бити остварена<sup>7</sup> а да се при том не ремети остварени животни стандард. Да би очували природне ресурсе, морамо трагати за новим материјалима, чистим технологијама, рециклирати кад год је могуће, дематеријализовати, употребљавати нус-производе, спроводити циркуларну економију, односно деловати „зелено“
- Утицај на здравље људи услед загађења ваздуха проузроковано гасовима и аеросолима.

Сваки производ утиче на животну средину и доприноси њеној деградацији, остављајући при том карактеристичан *еколошки отисак*. Еколошки отисак рачуна колико би Земља морала бити продуктивна да би обезбедила свакодневну употребу ресурса попут енергије и сировина. Са друге стране еколошки отисак показује ниво насталих емисија (у земљу, воду и ваздух) и одређује количину потребне земље, ваздуха или воде да се апсорбује наш отпад. Еколошки отисак у неку руку приказује ниво ремећења природне равнотеже, без обзира да ли се он рачуна за појединца, групу људи или производ, он указује на ниво потрошње ресурса. Јасно је да Еколошки отисак није везан за

---

<sup>7</sup> Сматра се да ће капацитети наше планете бити потрошени у наредних 100 година, ако се настави садашња тенденција пораста популације, индустријализације, загађивања и потрошње ресурса.

једну земљу, нацију, популацију, регион. Чињеница је да различите земље остварују већи или мањи еколошки отисак, зависно пре свега од степена индустријализације.

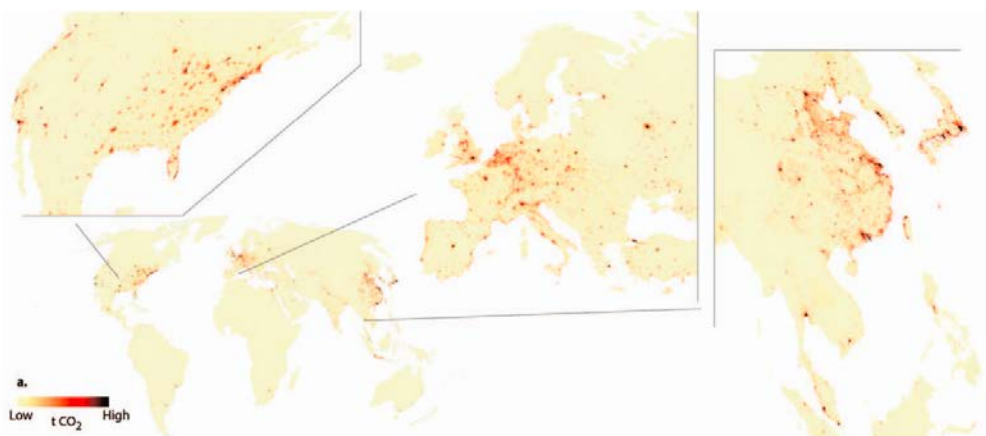
Еколошки отисак се отавља на биолошки продуктивним површинама, односно површинама које се користе за усеве, као пашњаци, насељена подручја, као и водене и шумске површине. Од ових површина најзначајнија је шума зато што, поред пружања ресурса, она апсорбује угљен-диоксид који океан није аспорбовао. Око четвртине планете земље данас се сматра биолошки продуктивном површином, односно биокапацитетом који тренутно поседује становништво планете Земље. Према прорачунима из 2016. године, становништво данас троши ресурсе које може да обезбеди једна и по планета. То значи да се сече више дрвећа него што може да израсте, пијаћа вода троши се брже него што залихе могу да се обнове, испушта се више угљен-диоксида него што природа може да апсорбује. Последице су вишеструке – смањење залиха природних ресурса и гомилање отпада брже него што он може бити апсорбован или рециклиран, као што је случај са растућом количином угљен-диоксида у атмосфери. Ако се настави истим темпом до 2050. године биће потребне три планете Земље.

Еколошки отисак представља збир свих екосистемских услуга које људи захтевају и троше од планете Земље у датом тренутку. Подразумева равнотежу између коришћења природних ресурса од стране човека и капацитета планете да апсорбује отпад настао људском активношћу. Укратко, представља поређење потреба човечанства са обновљивим капацитетом планете и одрживо поступање са отпадом који при томе настаје. Као такав, представља

упрошћену методу LCA – Оцене животног циклуса (Life Cycle Assessment).

Ипак ефекат Еколошког отиска се протеже ван националних граница а манифестује се дуго након краја животног века одређеног производа. Сматра се да је биокапацитет Земље константан, а процене показују да смо као човечанство 1961. године трошили 65%, 1990. године око 120%, а данас преко 150% биокапацитета Земље. Овај растући тренд је забрињавајућ<sup>8</sup>.

Иако је еколошки отисак параметар који се однос на целу планету, мерењем параметара загађености и исказивањем одговарајућим еквивалентом CO<sub>2</sub>, јасно је да су градови са високим приходима у Европи и САД и густо насељени градови са средњим и вишим приходима у Азија главна жаришта емисија у апсолутном смислу, слика 2.1.



*Слика 2.1. Мрежни модел еколошког (угљеничног) отисака.*

<sup>8</sup> Медији су 1.августа 2018. пренели вест да смо потрошили наш биокапацитет за ову годину.

### 3. ЖИВОТНИ ЦИКЛУС ПРОИЗВОДА

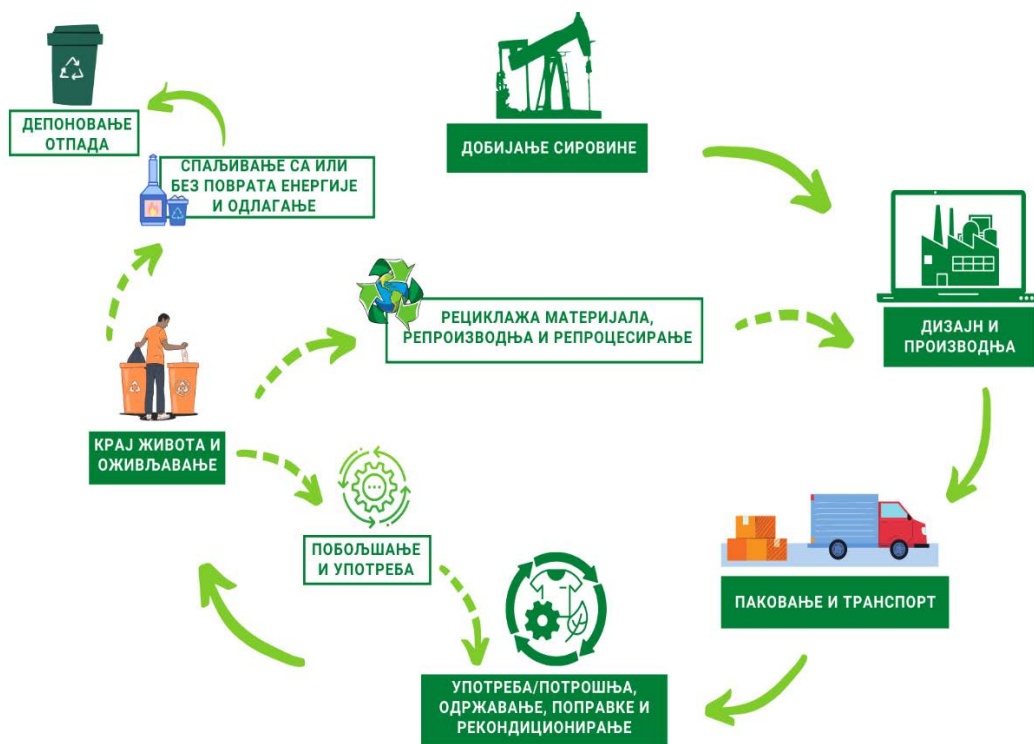
Сваки производ утиче на животну средину у мањој или већој мери. Еколошки прихватљив производ (еко производ) штети животној средини до задовољавајућег (прихватљивог) нивоа у свим фазама животног циклуса, а не само у фази употребе производа, како се често подразумева. Због тога треба нагласити да Еко производ:

- Минимално штети животној средини током добијања потребних сировина или материјала, процеса производње и паковања, дистрибуције, његове употребе, или као отпад.
- Употребљава све ресурсе (посебно енергију и материјал) у најмањој могућој мери,
- Употребљава рециклабилне материјале и омогућава да производ буде рециклиран<sup>9</sup>,
- Не генерише велике количине отпада
- Води рачуна о угрожавању флоре и фауне
- Не производи никакве ризике по здравље људи, радне и животне средине.

Производ свој живот започиње „прикупљањем сировина, преко дизајна и производње, транспорта и употребе, до крајњег одлагања (ISO 14040:1997 – 5 фаза животног циклуса производа) како је и приказано сликом 3.1.

---

<sup>9</sup> Савремени трендови наглашавају да је пожељно вршити сталну поновну употребу производа уместо рециклаже кад год је то могуће. Тако извесни произвођачи сокова почињу да промовишу употребу заменске стаклене амбалаже уместо лименки.



Слика 3.1 – Фазе животног циклуса производа

Почетак настанка сваког производа везан је сам материјал од кога се производ израђује. Материјале у природи налазимо у разним облицима, а веома често они се добијају из сировина, Почетак животног века производа је управо у **добијању сировина**, односно претварању природних ресурса у сировине.

Сваки производ свој животни век започиње екстраковањем сировина потребних да би да би се од њих израдио жељени производ. На пример приликом израде папира за писање, основна сировина је целулоза која се добија из дрвета. Сеча шума је први корак у процесу добијања сировина (праћена је деградацијом тла, расшумљавањем, негативним утицајем на биодиверзитет, итд.). Материјал за израду папира је целулоза. Дакле сеча (набавка сировине) се одвија на једном месту, па

се транспортује до места где се прерађује у материјал (целулозу) потребан за израду производа (папира).

Сировине се прерађују у материјале, а разлог због којих је важно посматрати материјал као „подфазу“ још више је приметан на примеру сложенијих индустријских производа попут машине за прање веша. Овде је приметно да се користе различите врсте материјала (метал, пластика, стакло, гума, итд.). Ови материјали се обично не производе у фабрикама за производњу веш машина, већ се из сировина обликују у материјале који се накнадно обрађују у производним погонима у жељене облике. Како је материјал основа свих производних процеса, потребно је нагласити његов значај, као што је пример да се алуминијум добија из руде боксита, тако што се прво добија алуминијум-оксид (глиница) а затим се из алуминијум оксида добија алуминијум. Слични примери су при настанку пластичних маса из нафте, или употребе песка за добијање стакла. Еколошки посматрано, потребно је 4 тоне руде боксита да б се добило 2 тоне глинице, односно 1 тона алуминијума. Добијен материјал формирао је и 3 тоне јаловине, потенцијално веома опасне по животну средину, нарочито у контакту са воденим токовима.

Даљом анализом можемо детаљно сагледати сву енергију потребну за вађење и прераду сировина, која количина енергије је потребна и одакле смо добили ту енергију? Алтернативни извори енергије користе обновљиве изворе енергије попут енергије ветра или сунца, али она је често недоступна у овој фази (радне машине још увек примарно користе фосилна горива чијим сагоревањем се стварају гасови који се емитују у атмосферу).



Друга фаза животног циклуса према овом стандарду јесте његов **дизајн и производња**. Дизајном се дефинише комплетна техничка документација (опис производа, технички цртежи, упутства, објашњења, итд.) како би се специфичним процесима као што су ливење, ковање, екструдирање итд. сировине трансформисале у производ.

Концепт симултаног инжењерства, у коме су у фази дизајна укључени и инжењери производње, али и остали експерти попут технолога, економисте, инжењера заштите животне средине итд., наглашава фазу дизајна посебно важном. У прилог овом размишљању иде и чињеница да ако би пратили овакав концепт, дизајн је у старту условљен сировином и материјалом. Поставља се питање када се доноси одлука о томе да ли је материјал производа одговарајући? Да ли је изабрани материјал погодан за рециклажу и да ли постоје друге алтернативе понуђеном материјалу? Ова питања још једном указују на важност виртуелног развоја производа и да сам дизајн (без обзира на његов примарни аспект) треба да буде посебна нулта фаза или пред-фаза која ће сагледавати и сировине тј. материјале и њихове одлике односно њихове свеобухватне утицаје.

Процес производње подразумева обраду материјале у одређене делове, подсклопове, склопове, компоненте као и сам коначни производ. За овај процес неопходне су машине, алати, опрема и уређаји који се разликују зависно од процеса и саме обраде. Генерално, производни процеси се могу поделити у три основне групе:

- *Субтрактивни процеси* код којих долази до обраде материјала разарањем или скидањем вишка материјала (стругање, глодање, бушење, брушење, итд.)
- *Формативни процеси* код којих се жељени облик добија обликовањем материјала (ливењем у калупима, ковањем, итд.) односно деформацијом материјала (пробијање, просецање и сл.) и
- *Адитивним процеси* код којих се материјал додаје у слојевима малих дебљина и тако везује за претходни слој материјала (3Д штампа, ласерско синтеровање, ламинација и сл.)

Сваки од ових процеса и обрада захтева поред захтева за електричном и механичком енергијом има потребу и за додатним материјалом (попут лепкова, средства за хлађење или електроде при заваривању). Производни процеси су шири појам од технолошких процеса, због тога када посматрамо утрошак енергије, то није само енергија коју машина користи, већ и енергија која се користи у процесу производње за осветљење, грејање или хлађење и друге потребне активности. Такође, унутрашњи транспорт (материјала, делова и компоненти помоћу нпр. виљушкара, кранова, покретних трака и сл.) је изразито важан у производњи и мора се узети у обзир.

**Паковање, транспорт и дистрибуција** су активности које следе након производње.

Занимљиво је поменути да Екодизајнери посебну пажњу посвећује амбалажи. Материјали за израду амбалаже треба да буду рециклабилни или из обновљивих извора. Маса амбалаже је такође важан аспект, као и конструктивна решења амбалаже у смислу

уштеде простора или начином паковања којим би се избегла могућа лепљења. Употреба боја које у својој бази не садрже олово такође се наглашава у овом кораку, итд.

Паковање производа и достава врши се различитим видовима транспорта (друмски, железничким, воденим и/или ваздушним саобраћајем). Обично се под дистрибуцијом подразумевају активности од производних погона, преко продавнице до крајњег купца или корисника. Међутим, транспорт сировина, материјала, полупроизвода, компоненти производа који се израђују на више локација (често веома удаљених), дистрибуција производа до малопродајних радњи, али и транспорт при сервисирању и одржавању, као и транспорт у случају репаратуре или рециклаже, односно депоновања производа... чине ову фазу веома сложеном и изразито важном у утицају који производ током свог животног циклуса остварује на животну средину. Транспорт производа је важан у животном циклусу производа јер утиче на животну средину како потрошњом енергената током транспорта тако и емисијом (најчешће у ваздух).

**Употреба производа** подразумева његов радни век а може узети у обзир и одржавање и поправке које продужавају његов употребни век. Радни век производа обично се мери радним сатима. Пре концепта животног циклуса производа који обухвата све његове фазе, употреба производа или коришћење производа сматрало се примарним аспектом сваког пројектовања производа. Ипак, ово је само једна од 5 фаза животног циклуса сваког производа.

Производ може бити неко материјално добро попут чаше, али и машине. Чаша може бити пластична, папирна, стаклена, керамичка, па и метална. А може имати и различиту намену, трајност, запремину, дебљину или неку другу одлику која ће дефинисати њену специфичност, а тиме и употребу и поступак њеног одржавања (да ли се нпр. пере у машини за прање посуђа или не). Са друге стране машина (као производ) може захтевати енергију за њено покретање, затим мазива за подмазивање делова или употребу расхладних средстава. Овде произвођач наглашава поступак одржавања техничком документацијом и упутством кориснику, уз обавезно сервисирање (често од стране сертифицираних лица). Током фазе употребе или коришћења производ мора да извршава своју функцију. Под радним веком подразумева се оно време за које је производ извршавао своју функцију исправно. Данас произвођачи корисницима потврђују квалитет производа дефинишући гарантни рок током кога обезбеђују несметано исправно извршавање функције производа, уз правилну употребу. То подразумева, за неке производе, и обезбеђивање сервисне мреже ради отклањања евентуалних оштећења, поправки или сервисирања.

Јасно је да се готово сви корисници као потрошачи сусрећу са производом у овој фази. Сами производи могу имати утицаје на животну средину и околину који изазивају непријатност или нелагодност крајњем кориснику. То је пример употребе апарата у домаћинству који праве велику буку или имају велике вибрације попут миксера, блендера или лоше балансираних машина за прање веша. Са друге стране, производи који захтевају батерије сусрећу се са проблемом сталне куповине истих, а по неком правилу нам батерије

затребају кад нам највише требају (нпр. батерија у бежичном мишу откаже када је заиста јако потребна 😊). Семе батерије су јако штетне по животну средину и представљају отпад који мора бити правилно одложен. У земљама ЕУ то је обично одговорност произвођача – да обезбеди начин и могућност купцима да безбедно одложе батерије након њиховог радног века. Занимљиво је да је код нас у Србији законска регулатива мало другачија. Да бисте, по закону, правилно одложили батерије, морате позвати овлашћено лице које долази или коме допремате батерије. Не само да је проблем тај што је лоше организован начин депоновања батерија, већ лице које сакупља батерије ту услугу и наплаћује. Проблем депоновања батерија и њихов даљи третман представља проблем и у земљама ЕУ које су за ово задужиле и обавезале произвођаче. Они имају проблем у крајњем праћењу, односно где завршавају батерије ван граница ЕУ. Код нас је пак јасно да је законска регулатива разлог зашто немамо механизме који би обезбедили правилно депоновање батерија као опасног отпада, макар на нивоу сакупљања.

**Крај животног циклуса производа** наступа када престане његова употреба, без обзира на разлог. Тада се производ обично депонује, а пожељно би било исти репарирати како би се поново користио. Уколико репаратура није могућа, треба тежити рециклажи. Јасно је да све има свој радни или животно век. У неком тренутку, производ више не врши своју основну функцију. Поставља се питање шта са њим? Наше окружење указује на неке моделе понашања које обично примењујемо:

- Бацамо производ на отпад
- Остављамо производ у подрум (таван) јер може да затреба

- Покушавамо да поправимо производ
- Чувамо покварен производ за резервне делове

Да би системски решили проблем животног циклуса производа и обезбедили максималну искоришћеност ресурса, на **крају животног циклуса** уводи се процедура **управљања отпадом**. Крај животног циклуса јесте последња фаза у животном циклусу. Међутим, пре него применимо било коју од опција за управљање отпадом, треба размислити и потражити одређена решења која могу продужити животни век (у смислу радног века) тј. век употребе производа. Такви могући одговори могу бити у репарацији (поправци) производа или у побољшању квалитета производа. Ови „циклуси“ одлажу фазу краја животног циклуса производа.

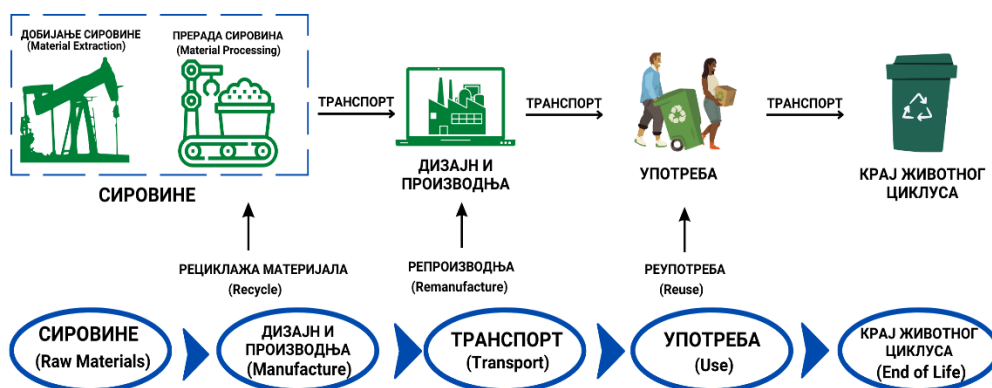
Можда и најбоље решење по животну средину јесте **репарација** односно **поправка производа**. Тада се производ враћа у фазу употребе односно поново се користи. Поједини делови или склопови могу се поправљати неколико пута и поновно користити. Постоји вероватноћа да репарирани делови неће бити ефикасни као нови, али је та одлука део сложене анализе и захтевног процеса доношења одлуке о будућности производа и његових компоненти. Уколико производ или његови делови не могу бити репарирани или се таква активност економски не исплати – производ долази до краја свог животног циклуса. Савремене процедуре у технолошком смислу захтевају да се поступак поправки предвиди увек када је то могуће. Приликом прописивања технологије заваривања на пример, стандард захтева да се предвиди могућност репаратурног заваривања и да се техничком документацијом и ова процедура јасно дефинише као саставни део техничке документације.

Производ (посебно онај технолошки сложенији) се одржавањем, а по потреби и сервисирањем прати и контролише. Поред одржавања и поправки, тежи се **побољшању одређених функција производа**. Ово се постиже оптимизацијом у функцији циља. Тако модуларни производи могу лакше да се унапреде у односу на компактне и „целовите“ производе. Са друге стране, производи често застаревају у техничком смислу. Развој информационих технологија је толико брз да производи који су стари свега пар година бивају превазиђени. Типичан пример застарелости уређаја може бити персонални рачунар. Појавом првог пентиум рачунара сматрало се да је он у хардверском смислу остварио све сложене захтеве пројектовања рачунара. Међутим, развој захтевних апликација или видео игара поставио је нове захтеве у погледу већег капацитета радне меморије или графичке картице. Шта би се десило да овај производ није модуларног типа већ да је израђен из једне компоненте? Колико често би мењали рачунаре и колико новца би нам за то требало? Модуларност персоналног рачунара обезбеђује измену само одређених компоненти (компатибилних међусобно и на одговарајућој матичној плочи).

Очигледно је да различите фазе животног циклуса нису само секвенце које се извршавају једна за другом него садрже и различите циклусе или петље (повратне спреге).

Такође, фазе се не извршавају једна за другом већ се временски одвијају паралелно и на различитим локацијама. То захтева да животни циклус производа буде дизајниран и контролисан савременим софтверским алатима који прате пословне процесе. Како је потребно да се пословни процеси одвијају на различитим

локацијама и да укључе велики број људи који ће имати информације и моћи да користе расположиво знање и искуство, потребно је да поставите снажан информациони систем. Унутар таквог система, захваљујући посебним софтверским алатима, могуће је истовремено радити на виртуелном развоју производа. Трендови водећих компанија су такви да своја софтверска решења постављају на серверима у облику cloud система. Такав пример је и 3D Experience платформа која обезбеђује комплетну интеграцију пословних активности у савременом PLM (Product Lifecycle Management) систему.



Слика 3.2 – Сукцесивне фазе животног циклуса производа и њихов упрошћен приказ

Овако представљен концепт животног циклуса производа представља стандард у разматрању производа на светском нивоу (ISO стандард). Примена методологије Екодизајна заснива се на детаљној анализи животног циклуса производа. Применом филозофије LCT – Life Cycle Thinking, **размишљање о животном циклусу** представља *холистичко (системско) разматрање утицаја на животну средину производа током фаза свог животног циклуса*“.



**Интегрисан систем управљања отпадом** има следећу листу приоритета коју примењује, тзв. пирамида приоритета управљања отпадом:

1. Превенција
2. Минимизирање отпада
3. Поновна употреба
4. Рециклирање
5. Инсинерација
6. Одлагање на депонију

Превенција загађења је водећи приступ у савременом развоју еколошки прихватљивог производа. На тај начин, не водимо се принципом смањења загађења или штетности, већ утичемо да до загађења и негативних утицана на животну средину уопште и не дође.

Када превенција не може да да потпуне резултате, наредни корак је минимализација отпада односно смањивање количине отпада који ће завршити на депонији. У овом кораку важан сегмент је и минилаизација ресурса потребних за добијање производа, како би се коначна количина отпада такође смањила, а природни ресурси остали доступни и вудућим генерацијама, што је и концепт одрживог развоја.

Реупотреба (поновна употреба), обрнути процес производње (репроизводња) и рециклажа представљају опције за *поновно оживљавање производа*. Биолошки или термички третман отпада (инсинерација) представља *делимичан поврат уложене енергије*. Одлагање на депонију представља најнеповољнију опцију за управљање отпадом.

Могућност да се производ или његове компоненте рециклирају, репарирају, или побољшавају треба предвидети у фази идејног осмишљавања производа, тј. у фази дизајна. Тако да одлука о опцији којом производ треба да заврши свој животни век мора бити сагледана на самом почетку. Избор материјала са аспекта могућности рециклаже одређује да ли је могуће изабрати материјал рециклирати и не.

Рециклажа може бити у *затвореном колу*, односно да се материјал за рециклажу сакупља из самог животног циклуса производа, тј. да се нпр. вишак материјала у производњи или шкарт сакупља, рециклира и поново враћа у циклус производње истог система производа. *Отворен систем рециклаже* подразумева рециклажу материјала који се касније употребљавају у другим производима. Постоје неколико добрих циклуса рециклирања, као што су рециклажа стакла, метала, папира или PET амбалаже.

Дакле, фаза краја животног циклуса, као и сам систем управљања отпадом могу бити предвиђени још током дизајна производа.

Данас постоје снажни софтверски алати који обезбеђују да се животни циклус производа боље разуме још пре него што производ почне да се развија као прототип. Један такав алат је и SolidWorks. Иако важи мишљење да је овај програм намењен машинским инжењерима, чињеница је да постоје бројни модули попут електро компоненти, штампаних плоча као и Sustainability.

У наставку биће приказана употреба овог алата у пројектовању, конструисању и анализи утицаја производа и његових компоненти током животног циклуса производа.

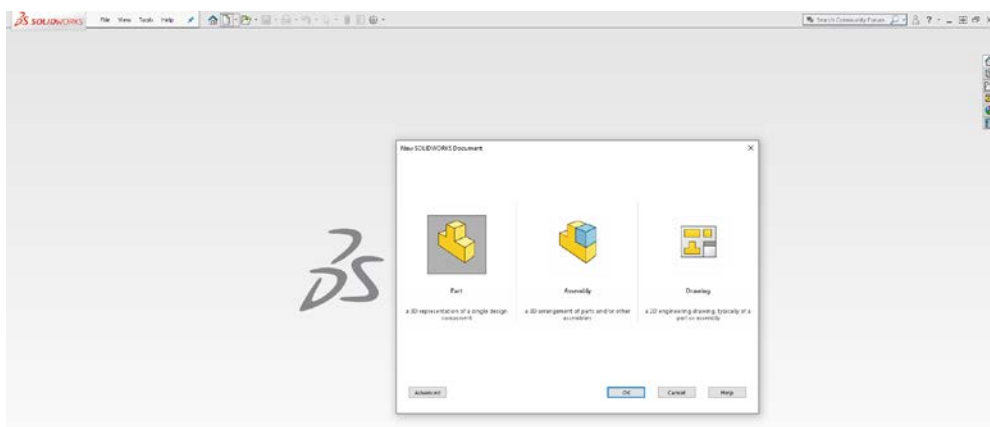
## 4. РАЗВОЈ ПРОИЗВОДА СОФТВЕРСКИМ ПАКЕТОМ SOLIDWORKS

Софтверски пакет SolidWorks је производ компаније Dassault Systèmes SolidWorks Corp. и спада у групу CAD (Computer Aided Design) софтвера. Овај софтвер представља један од најбољих алата за дизајн, пројектовање и развој производа, конструкција и израду техничке документације. Поред тога, овај софтвер поседује додатке који омогућавају прорачун цене коштања производа, различите врсте анимација и симулација, итд.

У поступку развоја производа, један од корака је израда модела производа у циљу отклањања недостатака финалног производа. Међутим, израда физичког модела може да буде веома компликована и скупа па се, у новије време, врши израда виртуелног модела производа, односно, израда модела производа у виртуелном окружењу, тзв. дигиталног модела производа. На овај начин, 3D модел производа се добија у виртуелном окружењу – одговарајућем софтверском пакету, а свака измена самог модела се може извршити релативно брзо и једноставно.

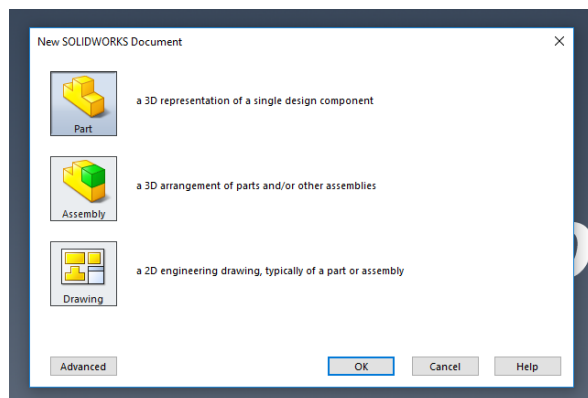
### 4.1. Основе софтверског пакета SolidWorks

Након стартовања SolidWorks-а, отвара се прозор приказан на Слици 4.1. У горњем делу се налази трака са алатима New, Open.



*Слика 4.1. Стартни прозор SolidWorks-a*

Кликом на иконицу New, отвара се прозор за одабир цртања новог модела производа – Part, склопа – Assembly или израду радионичког цртежа – Drawing (Слика 4.2).

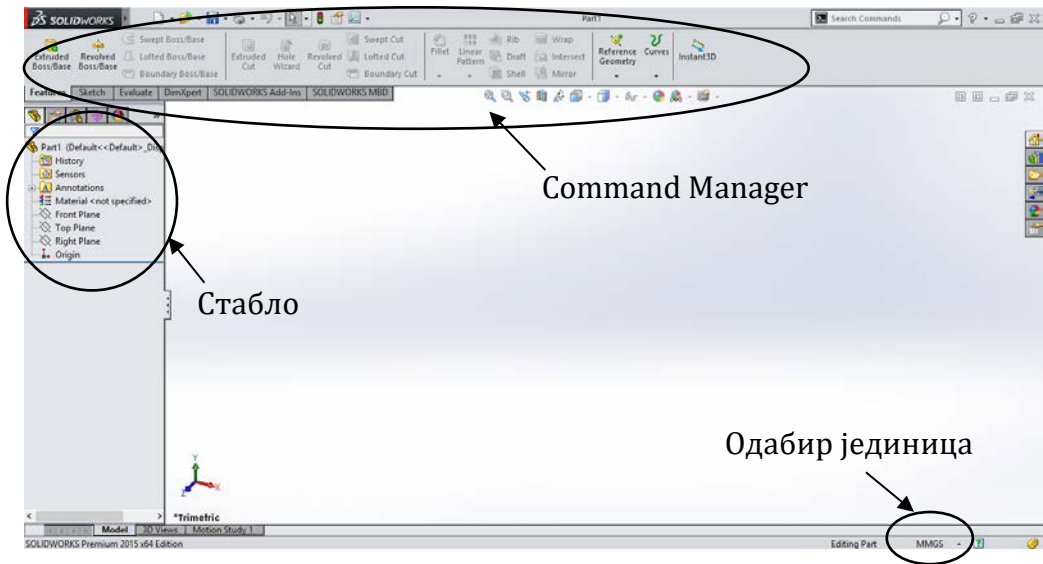


*Слика 4.2. Прозор за одабир*

Двоструким кликом на иконицу Part, отварамо радно окружење SolidWorks-a, намењено за цртање делова (Слика 4.3). Пре почетка израде модела производа, веома је битно одабрати у којим јединица ћемо радити. У доњем десном углу радног окружења налази се опција за одабир јединица, ту је потребно одабрати MMGS – милиметар, грам, секунд. На левој страни прозора налази се стабло где се уписују све радње које је корисник извршио – цртање скице, бушење отвора, итд. Поред тога, од важнијих опција, ту се налазе три пројекционе равни (Front, Top и Right) помоћу који се врши израда 3D модела производа. Изнад стабла, налази се Command Manager, где су различите опције подељене по картицама. Битно је напоменути да већина акција у SolidWorks-у може бити урађена на више начина па, према томе, треба користити начин који је кориснику најприхватљивији са становишта тачности и једноставности.

Sketch (скица) представља начин цртања који се користи за цртање дводимензионалних облика – линија, правоугаоника, кругова, као и димензионисање истих. Ипак, да би добили 3D модел производа, на одређени начин тај дводимензионални облик треба трансформисати у одређено геометријско тело. Features

представљају „технолошке целине” које се добијају на основу дводимензионалних облика. Sketch и Features су у току израде 3D модела производа, у међусобној вези. На пример, један од начина како настаје ваљак је ротација четвороугла, нпр. правоугаоника око једне његове стране. Други начин је „извлачење”, тј. екструдирање круга до одређене висине. Дакле, прво морамо да имамо четвороугао или круг, као дводимензионалне облике, који представљају Sketch-еве. Након тога, операцијама ротације или екструдирања добијамо ваљак, који је геометријско тело, а то су операције везане за Features опције.

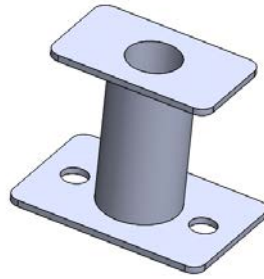


Слика 4.3. Радно окружење SolidWorks-a

## 4.2. Израда 3D модела производа

### Израда 3D модела производа призматичног облика

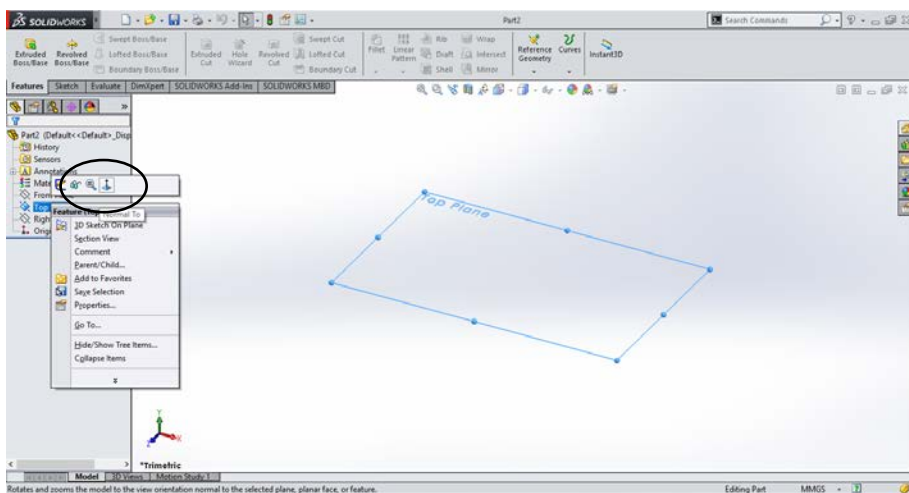
3D модел производа призматичног облика Носач је приказан на слици 4.4, те ћемо прво извршити анализу. Дакле, производ се састоји из неколико технолошких целина и то: доње плоче, заобљених ивица на доњој плочи, цилиндра, горње плоче, заобљених ивица на горњој плочи, једног отвора у цилиндру и два отвора на доњој плочи. Свака од ових целина представља један Feature, па ћемо даље на такав начин и разматрати кораке за израду модела.





Слика 4.4. 3D модел производа призматичног облика Носач

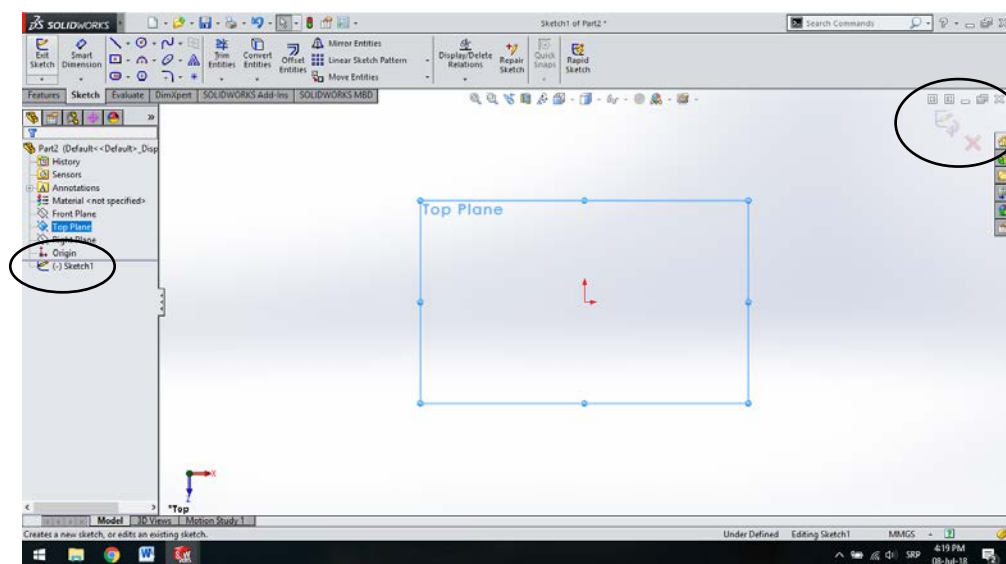
Прва технолошка целина (први Feature) који ћемо нацртати је доња плоча. Основа доње плоче је правоугаоник, који јесте дводимензионални облик, па ћемо користити Sketch.

Након стартовања софтвера и одабира да желимо да цртамо „Part“, од три пројекционе равни у стаблу бирамо раван у којој ћемо нацртати правоугаоник. Како би лакше објаснили равни, можемо повући следећу паралелу: Ако се налазимо у некој просторији, Тор раван представља раван пода, Front раван представља раван зида који је испред нас, а Right раван представља раван зида са наше десне стране. Кликнемо десним кликом на раван Тор и у менију који се приказао кликнуемо левим кликом на иконицу Normal To (Слика 4.5). Опција Normal To доводи изабрану раван (у овом случају Тор раван) у положај који је најпогоднији за цртање.




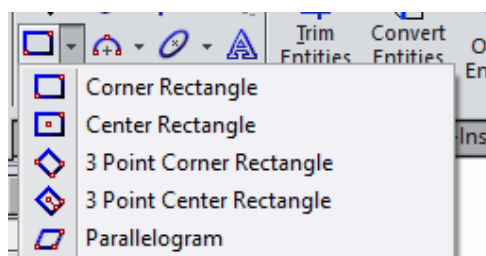
Слика 4.5. Опција Normal To

Затим, у Command Manager-у кликнемо на картицу Sketch и на прву опцију Sketch. У радној површини се појавила одабрана раван и координатни систем. У стаблу се појавила ставка Sketch1, што значи да сада имамо једну скицу, а у горњем десном углу радног прозора, појавиле су се две опције, једна која представља опцију OK , којом потврђујемо оно што смо нацртали, а испод ње опција Cancel , којом то поништавамо. Поред тога, постојање ових опција нам указује да је Sketch активан, односно да можемо да га уређујемо. Активирањем опције Sketch, слика 4.6, у Command Manager-у, активира се и већина опција за цртање дводимензионалних облика.



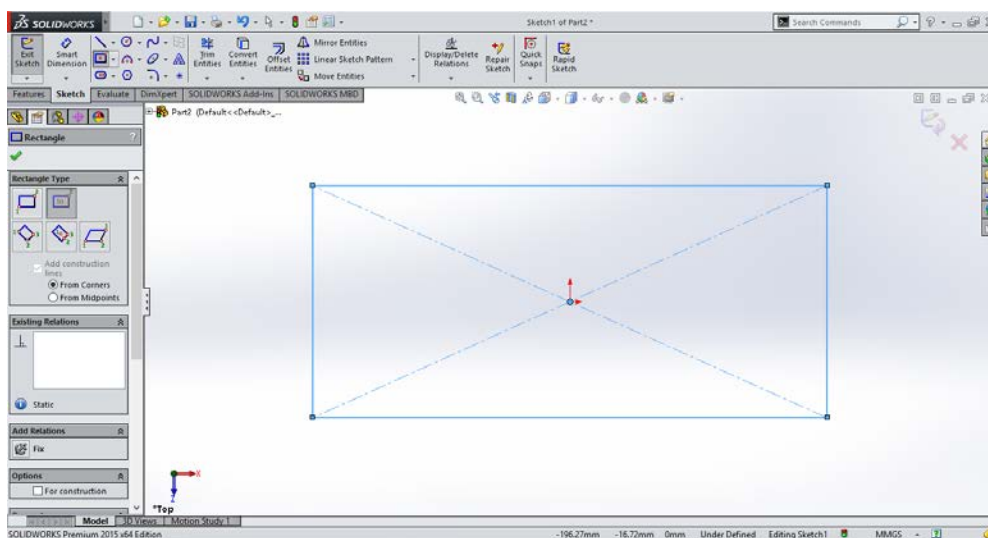
Слика 4.6. Активирање опције Sketch

Основа доње плоче је правоугаоник, па је потребно у картици Sketch изабрати алат за цртање правоугаоника. Поред иконице за правоугаоник , налази се стрелица што указује да се ту налазе додатне опције. Кликном на ту стрелицу, отвара се низ могућности за цртање правоугаоника – помоћу дијагонале (Corner Rectangle), центра описане кружнице (пресека дијагонала), задате три тачке, итд. Као што је и прикаано на слици 4.7.



Слика 4.7. Опције за цртање правоугаоника


Бирамо другу опцију – Center Rectangle, те курсор миша сада има облик оловке са правоугаоником поред, што указује на то који је алат тренутно селектован. Кликнемо на координатни почетак, а затим нацртамо правоугаоник, цртајући половину његове дијагонале, а након тога кликнемо да завршимо за цртањем правоугаоника (Слика 8). Пошто смо завршили са цртањем правоугаоника и тај алат нам више није потребан, притиснемо тастер Esc на тастатури како би деактивирали алат. Процедура цртања било каквог другог дводимензионалног облика је слична.

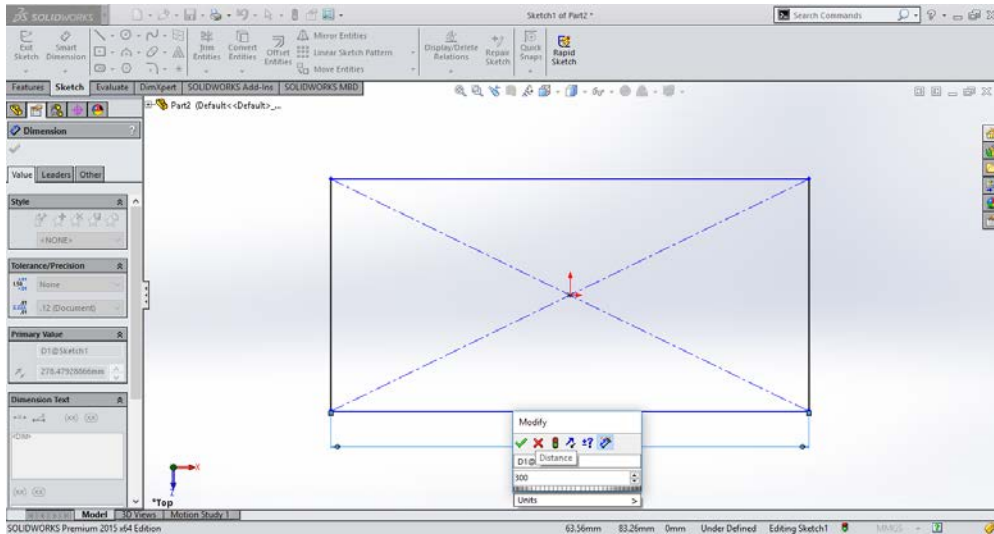


Слика 4.8. Цртање правоугаоника

Затим, да би димензионисали правоугаоник, у картици Sketch изаберемо опцију Smart Dimension. Димензионисање се може вршити на више начина: кликом на линију, која представља страну неког дводимензионалног облика, кликом на једну па на другу тачку,

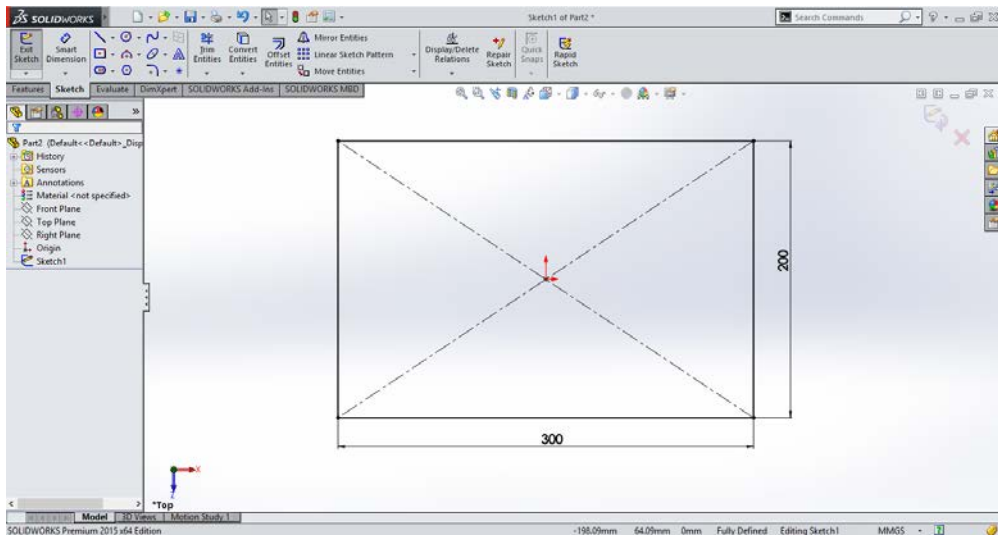


кликом на линију па на тачку, итд. Даље, кликнемо на хоризонталну страницу правоугаоника, затим кликнемо у радну површину да поставимо ту димензију и појави се прозор где уписујемо димензију од 300 mm. Након уписивања димензије, кликнемо на зелено дугме , које представља ОК, и тиме смо унели димензију те странице (Слика 4.9). На исти начин извршимо димензионисање вертикалне странице правоугаоника која је 200 mm.




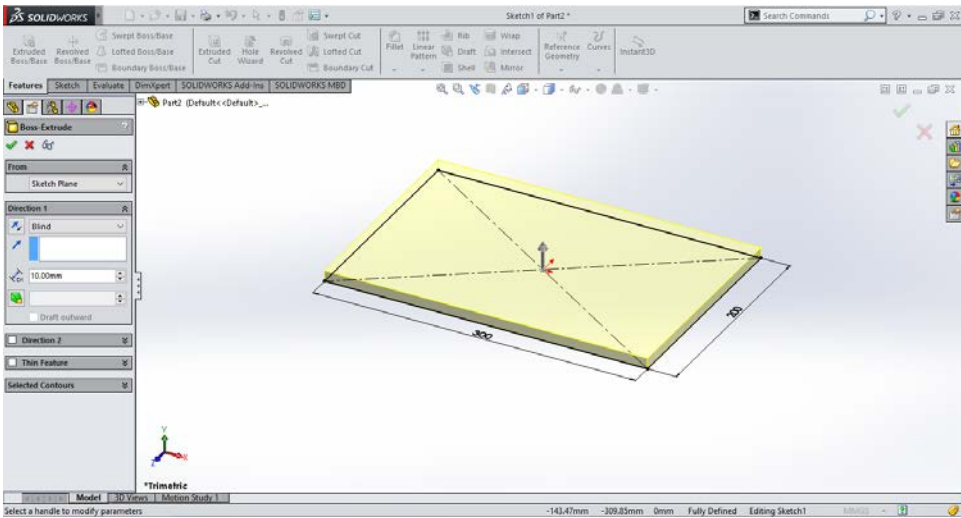
Слика 4.9. Димензионисање правоугаоника

Након димензионисања, на радној површини је приказан правоугаоник са димензијама. Ако желимо да изменимо димензије, двоструким кликом на димензију (број) се активира прозор за унос димензије.




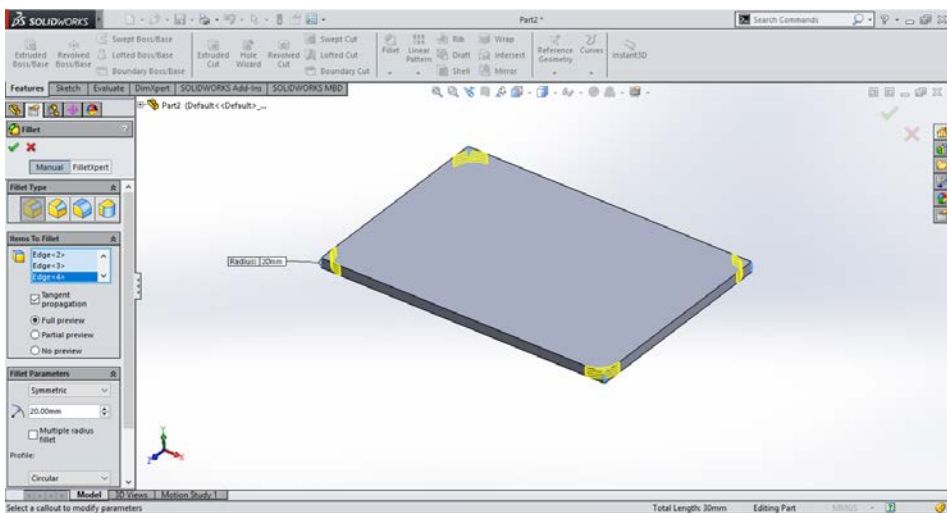
Слика 4.10. Основа доње плоче са димензијама

Након нацртане основе доње плоче као и димензионисања исте, потребно је тај правоугаоник трансформисати у геометријско тело додавањем висине, односно направити технолошку целину, тј. Feature. То ћемо урадити операцијом екструдирања, која се налази у картици Features. Дакле, у Command Manager-у, кликнемо на картицу Features, а затим на опцију Extruded Boss/Base. Са леве стране се отвара мени где у делу Direction1 имамо могућност да одаберемо смер и начин екструдирања, као и димензију за коју ће се извршити екструдирање, односно висину геометријског тела. Ту уписујемо димензију од 10 mm која јесте висина доње плоче, а на радној површини имамо преглед тренутног стања нашег модела, односно, како би он изгледао ако прихватимо тренутне параметре. Након уписивања димензије, у менију са леве стране кликнемо на дугме , које представља ОК. На тај начин смо нацртали једну технолошку целину, тј. један Feature, који представља доњу плочу коначног производа.



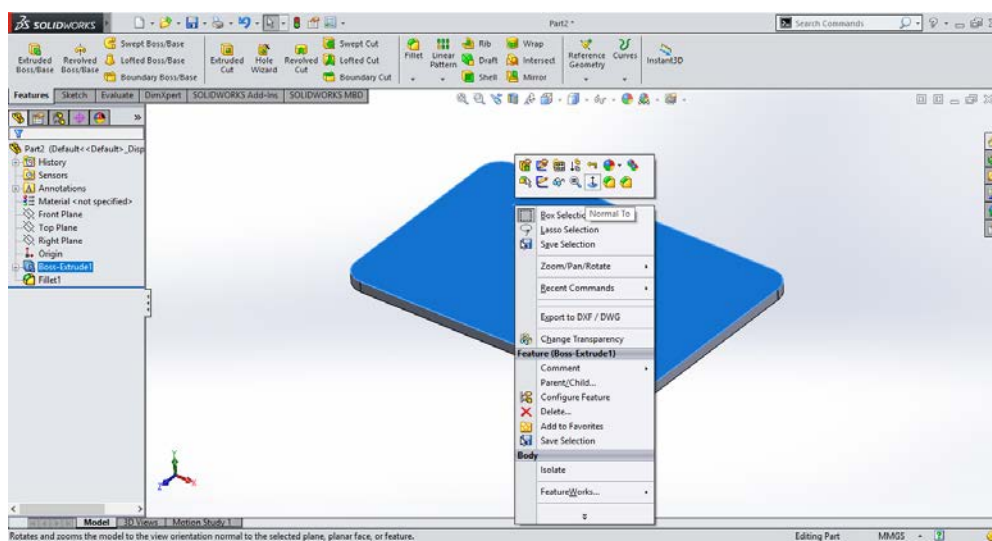
Слика 4.11. Формирање доње плоче

Да би napravili заобљења на плочи, користимо алат Fillet у картици Features. Након клика на тај алат, отвори се мени са леве стране где у пољу Fillet Parameters уписујемо 20 mm, затим кликнемо на све четири ивице које треба заоблити. На радној површини имамо преглед тренутног стања. Ако није могуће кликнути на све четири ивице, притиском на тачкић миша, може се вршити ротација модела и тиме довести у повољан положај за одабир ивица које треба заоблити. Такође, зумирање се врши окретањем тачкића на мишу. Након одабира, кликнути на .



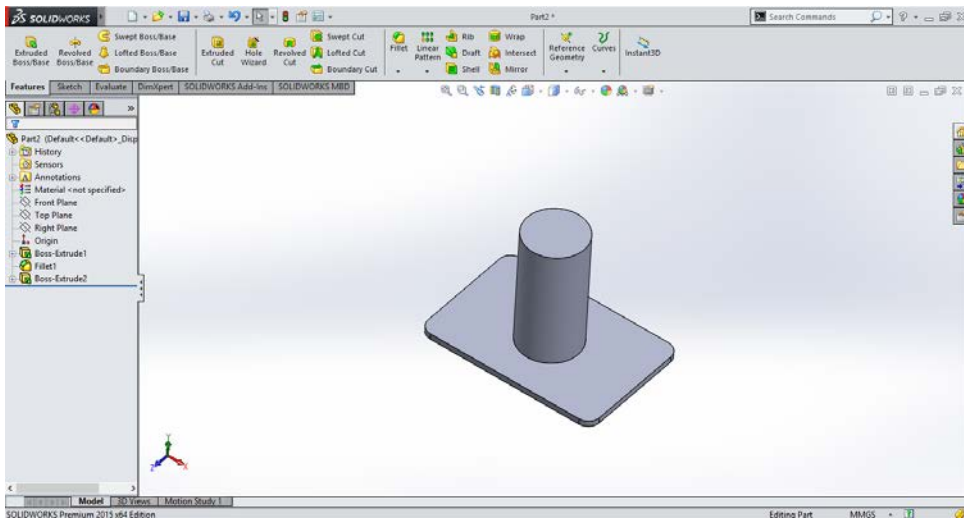
Слика 4.12. Заобљење ивица

Да би смо нацртали цилиндар који је нова технолошка целина, односно нови Feature, потребно је одредити његову основу и у којој равни или на којој површини та основа лежи. Основа цилиндра је круг пречника  $\varnothing 100$  mm, која лежи на горњој површини доње плоче. Дакле, раван за цртање круга јесте горња површина доње плоче. То значи да, поред три пројекционе равни, свака површина доње плоче може бити нова раван за цртање. Десним кликом на ту површину, она промени боју у плаву и имамо низ опција од којих бирамо Normal To, како би ту површину довели у повољан положај за цртање.



Слика 4.13. Одабир равни за цртање цилиндра

Даље, на одабраној равни цртамо круг са центром у координатном почетку, пречника  $\varnothing 100$  mm – користимо алат за цртање круга из картице Sketch и Smart Dimension за димензионисање пречника круга. Након тога, потребно је направити од круга цилиндар, користећи опцију Extruded Boss/Base, где уписујемо висину цилиндра од 200 mm (Слика 4.14). Можемо приметити да у стаблу сада имамо три технолошке целине: Boss-Extrude1 (Доња плоча), Fillet (Заобљење ивица на доњој плочи) и Boss-Extrude2 (Цилиндар). Поред Boss-Extrude1 и Boss-Extrude2 постоји знак +, што означава да се унутар ове целине налази Sketch који, по потреби може да се мења.

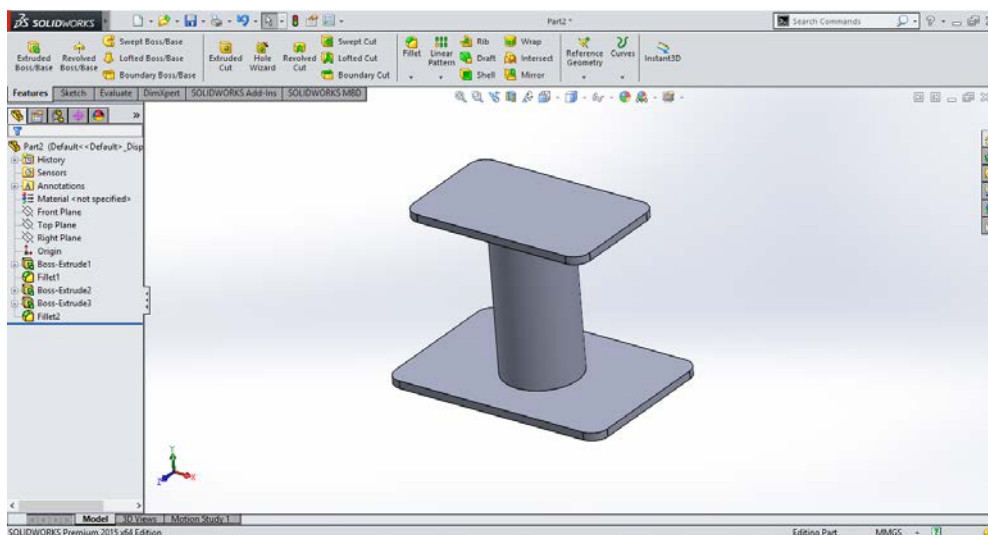


Слика 4.14. Доња плоча и цилиндар


У даљој изради 3D modela, потребно је нацртати и горњу плочу. Раван из које цртамо горњу плочу јесте заправо површина која је горња основа цилиндра. Дакле, кликнемо десним кликом на горњу основу цилиндра, боја се промени у плаву, кликнемо на опцију Normal To и тиме смо ту раван довели у повољан положај за цртање. Након тога, користећи опције Center Rectangle и Smart Dimension из картице Sketch, нацртамо правоугаоник са центром описане кружнице у координатном почетку, димензија 250x150 mm. Затим, извршимо екструдирање од 10 mm. Користећи опцију Fillet из картице Features, заоблимо ивице са радијусом од 20 mm, на исти начин као што смо то урадили када смо цртали Доњу плочу. Модел производа сада изгледа као на слици 15.

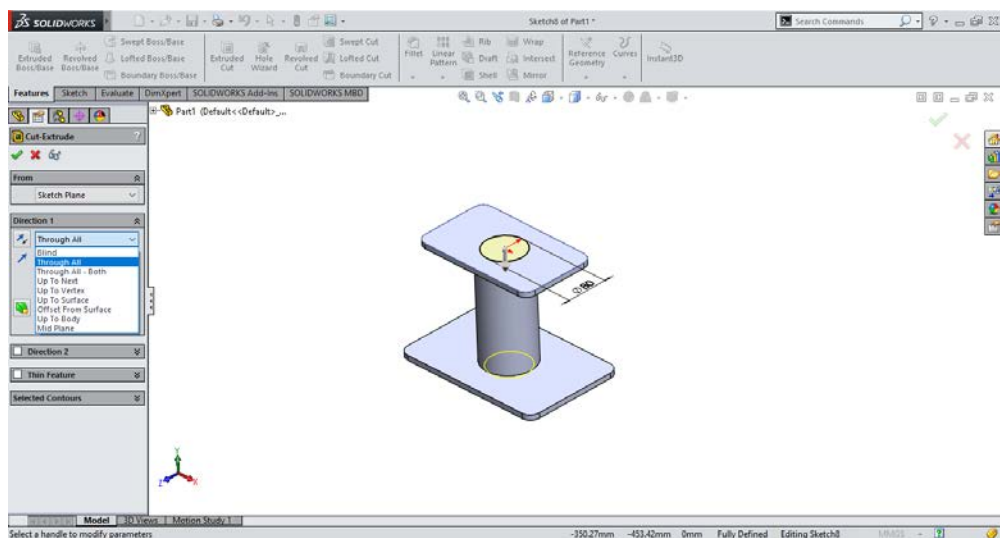
Сада је потребно избушити отворе у доњој плочи и цилиндру. Отвори су посебна технолошка целина, па се не може истовремено вршити екструдирање и бушење отвора, осим у одређеним случајевима. Основе отвора су, у највећем броју случајева кругови, али могу бити и елипсе, правоугаоници, итд. у зависности од потребе. Ипак, отвори, чије се основе налазе у истој равни, могу се бушити истовремено. То значи да се основе отвора на доњој плочи налазе у истој равни – горња површина доње плоче, па се могу бушити истовремено.

Ипак, ови се отвори не налазе у истој равни као и основа отвора у цилиндру – основа отвора у цилиндру се налази на горњој површини **горње** плоче.



Слика 4.15. Модел производа након екструдирања горње плоче

Дакле, бушење отвора у цилиндру се ради на следећи начин. Кликнемо десним кликом на раван у којој лежи основа отвора, тј. горњу површину горње плоче и изаберемо опцију Normal To, како би раван цртања довели у повољну позицију. Нацртамо круг, који је основа отвора, са центром у координатном почетку, пречника  $\Phi 80$  mm – користимо алат за цртање круга из картице Sketch и Smart Dimension за димензионисање пречника круга. Да би извршили операцију бушења отвора, у картици Features бирамо опцију Extruded Cut. Ова опција је слична опцији за операцију екструдирања, па треба обратити посебну пажњу на то. С обзиром да је отвор пролазан скроз, његову дубину можемо одредити уписивањем димензије у мени са леве стране или можемо дефинисати да је отвор пролазан скроз користећи опцију Through All. Та опција се налази у падајућем менију који приказан на слици 4.16. Одаберемо напред наведену опцију и кликнумо на дугме . На тај начин, отвор је избушен према задатим параметрима.

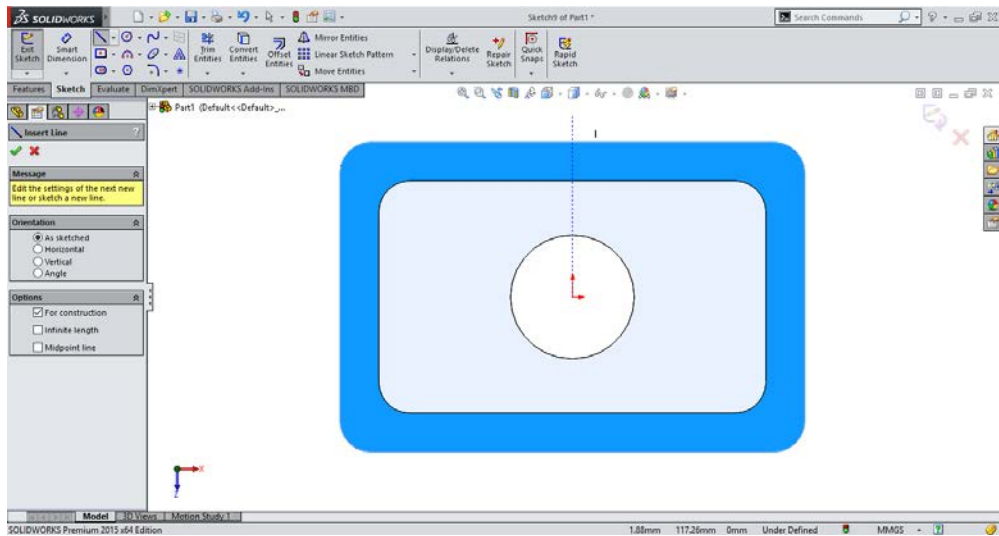


Слика 4.16. Опција *Through All* за бушење

Да би избушили преостала два отвора на доњој плочи, користићемо исту опцију. Дакле, кликнемо десним кликом на раван за цртање која је заправо горња површина доње плоче и одаберемо опцију *Normal To*. Након позиционирања равни – површине, у картици *Sketch* кликнемо на стрелицу поред алата за цртање линија. Понуђене су нам три могућности, пуна линија (*Line*), линија црта тачка црта (*Centerline*) и линија која се црта из њене средине (*Midpoint Line*). Линија црта тачка црта спада у групу помоћних линија и обично се користи као таква или као оса симетрије. У овом случају ћемо је користити као осу симетрије, јер су два отвора на доњој плочи симетрична. Активирамо алат за цртање линије црта тачка црта и позиционирамо курсор миша на замишљеној вертикали која пролази кроз координатни почетак. Софтвер нам помаже приликом цртања тако што те „замишљене” линије, које не постоје, приказује испрекиданим линијама. Дакле, када имамо ситуацију као на слици 17, то значи да ће, ако тада кликнемо, та тачка бити на замишљеној вертикали која пролази кроз координатни почетак. Управо то и желимо, тако да кликнемо за почетак цртања линије, нацртамо линију која пролази кроз координатни почетак и кликнемо за крај цртања линије. Међутим, софтвер очекује да наставимо са цртањем линија, па зато не

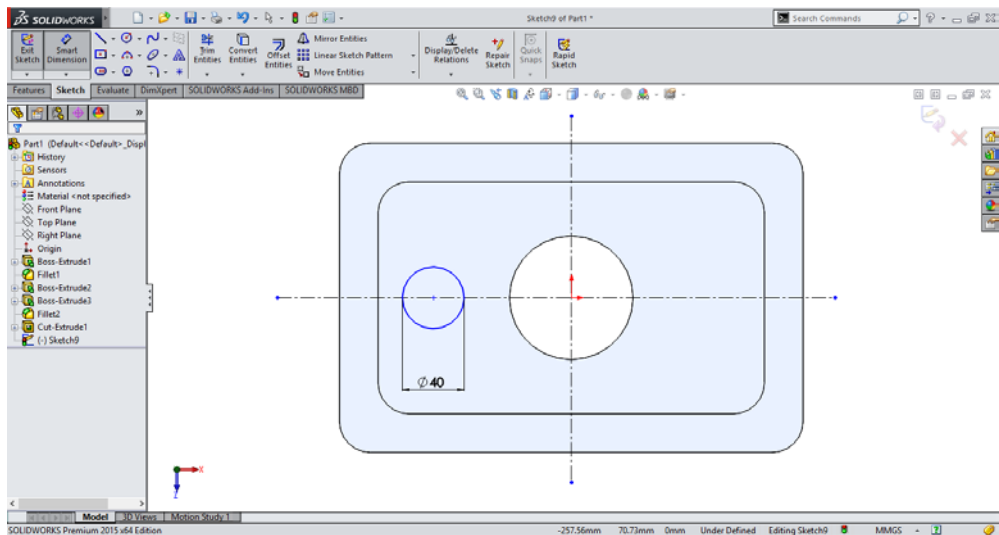


искључује алат, па га ми искључујемо притиском на тастер Esc на тастатури.





Слика 4.17. Цртање вертикалне линије црта тачка црта

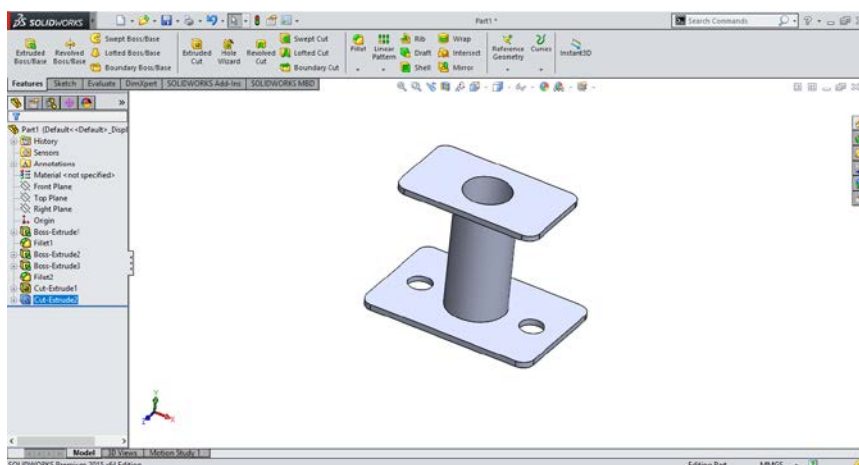
На исти начин нацртамо и једну хоризонталну линију црта тачка црта и круг пречника  $\varnothing 40$  mm на тој хоризонталној линији (Слика 4.18).



Слика 4.18. Цртање кружнице



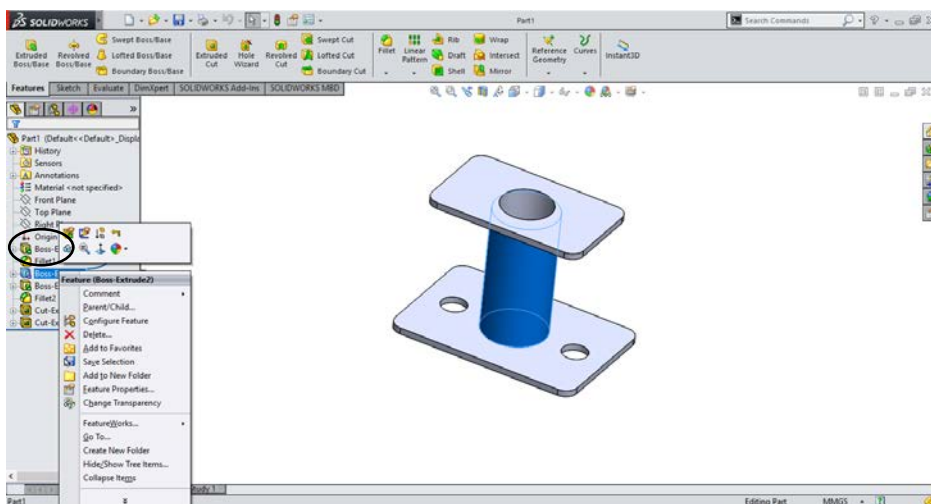
Како би отвори били симетрични, њихове основе – кружнице требају бити симетричне. То ћемо постићи пресликавањем операцијом пресликавања кружнице око вертикалне осе. С обзиром да смо још увек у делу за цртање Sketch-а, у картици Sketch кликнемо на опцију Mirror Entities  Mirror Entities . Са леве стране се појави мени са два поља. Прво поље – Entities to mirror, се односи на објекте које желимо да пресликамо – кликнемо на кружницу. Затим кликнемо на следеће поље које се односи на осу која се користи за пресликавање – кликнемо на вертикалну линију црта тачка црта, која је у овом случају оса пресликавања. На делу се приказује кружница жуте боје која заправо представља преглед тренутног стања. Кликнемо на дугме  и тиме смо нацртали две кружнице истог пречника. Опцијом Smart Dimension из картице Sketch задамо растојање између центара кружница од 200 mm, кликом на једну па на другу кружницу. Можемо приметити да је растојање од кружница до координатног почетка једнако, управо зато што су кружнице међусобно симетричне. Да би извршили операцију бушења отвора, у картици Features бирамо опцију Extruded Cut и, с обзиром да су отвори пролазни кроз, бирамо опцију Through All из падајућег менија. На тај начин смо избушили преостала два отвора у доњој плочи и завршили израду 3D модела производа (Слика 4.19). Израђени модел можемо снимити кликом на у горњем делу прозора.





Слика 4.19. 3D модел производа

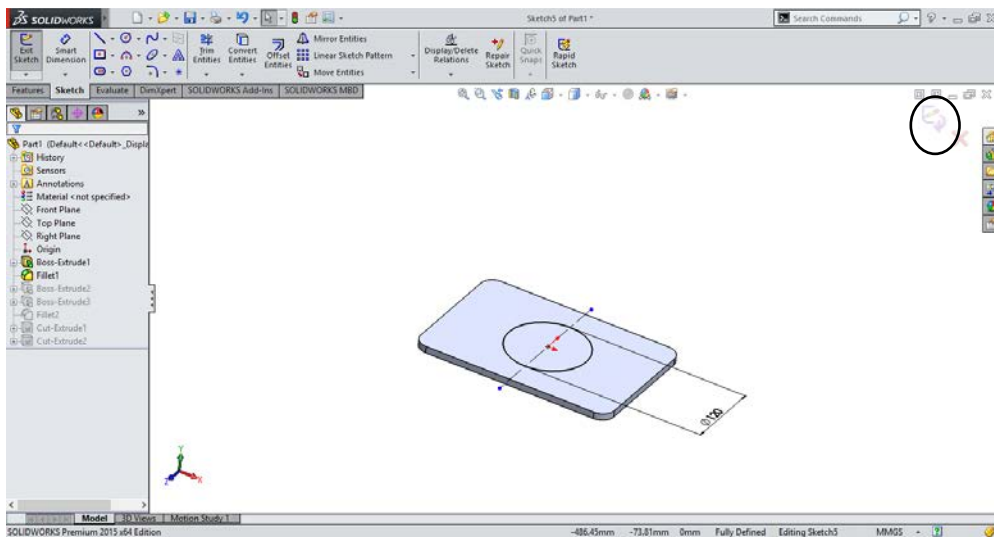
Ако желимо да извршимо **измену модела производа**, потребно је прво одредити да ли желимо да мењамо Sketch или Feature. Измена Sketch-а се односи на промену основе, нпр. основа је била круг, а сада желимо да буде правоугаоник, и димензија основе, нпр. пречника круга, дужине страница правоугаоника, итд. Међутим, ако желимо да променимо висину нпр. цилиндра или дубину отвора, онда то не можемо да радимо из Sketch-а, јер сам цилиндар или отвор већ јесу технолошке целине односно Features.

Први корак у измени модела производа јесте одређивање шта желимо да изменимо. Ако желимо да изменимо пречник цилиндра, тај пречник јесте пречник круга, а круг је Sketch. То значи да ћемо измене вршити у Sketch-у. С обзиром да у стаблу имамо више елемената (који су заправо Features), левим кликом на било који елемент боја тог елемента у радном простору се промени. На тај начин „нађемо” цилиндар који желимо да изменимо и кликнемо десним кликом на „његово име” у стаблу. (Приметимо да су елементи где је бушен отвор названи Cut-Extrude, а они где је вршено екструдирање Boss-Extrude. То може бити још један начин за налажење Feature-а, јер знамо да је цилиндар настао екструдирањем.) Након десног клика отвара се мени, као на слици 4.20. Иконице које су заокружене на слици представљају могућности за измену Feature-а и Sketch-а.





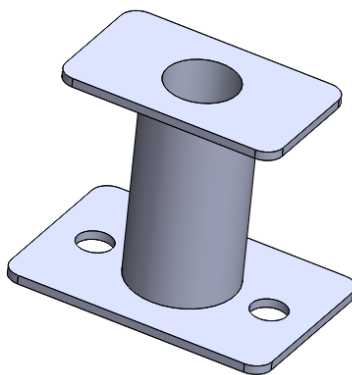
Слика 4.20. Измена модела производа

Дакле, ако желимо да променимо пречник цилиндра, који је дефинисан у Sketch-у, кликнемо на опцију за измену Sketch-а. Нови пречник цилиндра је  $\varnothing 120$  mm, а измену пречника вршимо тако што два пута кликнемо на димензију (број) и, у прозору који се отвори упишемо нови пречник а затим кликнемо на дугме . Након тога, потребно је потврдити измене у Sketch-у, а то урадимо тако што кликнемо на дугме , у горњем десном углу прозора. Можемо приметити да су неки елементи стаблу сиви, што указује на то их није могуће изменити, јер су настали после формирања цилиндра.



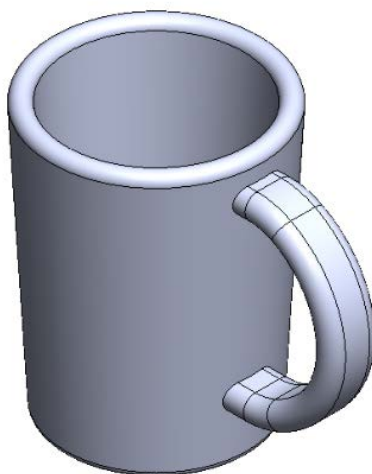
Слика 4.21. Измена Sketch-а

Уколико желимо да изменимо висину цилиндра, то се већ односи на Feature тј. технолошку целину, јер је круг Sketch, а цилиндар је Feature. У стаблу кликнемо десним кликом на елемент који представља цилиндар, а затим на иконицу , која омогућава измену Feature-а. Нова висина цилиндра је 220 mm и њу уписујемо у мени који се појавио са леве стране. Тај мени је потпуно исти као и онај који смо имали приликом екструдирања цилиндра. Након унетих измена, потребно их је потврдити кликом на дугме . Коначни модел производа изгледа као на слици 4.22. Модел можемо снимити користећи опцију File>Save.



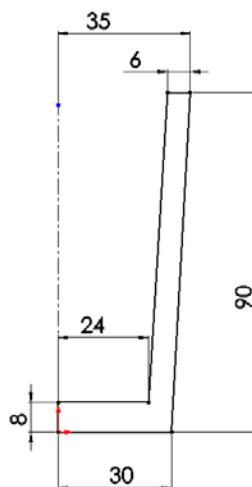
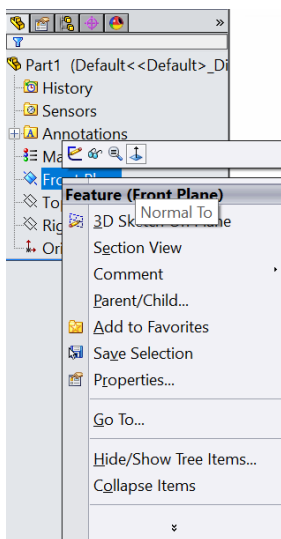
*Слика 4.22. 3D модел производа*

Први корак у **изради 3D модела производа цилиндричног облика** који је дат на слици 4.23 је анализа самог производа. Производ – шоља се састоји од цилиндричног дела (шоља без дршке) и дршке. Управо тако ћемо и направити 3D модел овог производа.



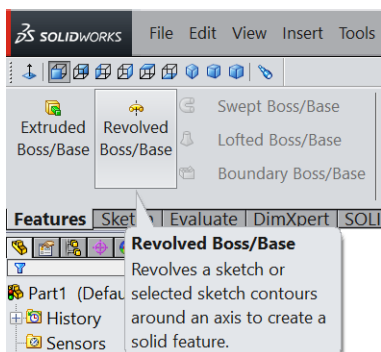
*Слика 4.23 3D модел производа - шоље*

Након стартовања SolidWorks софтвера и одабира да желимо да цртамо Part, кликнемо десним кликом на Front раван у стаблу, и одаберемо опцију Normal To (Слика 4.24) и укључимо Sketch. Затим, цртамо контуру и димензионишемо према Слици 4.24.

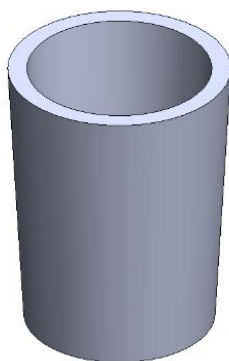


Слика 4.24. Цртање контуре

На овај начин смо добили профил контуре, чијом ротацијом око линије црта-тачка-црта (која заправо представља осу симетрије), желимо да добијемо цилиндрични део. Активирамо картицу Features, а затим одаберемо опцију Revolved Boss/Base (Слика 4.24). Применом ове опције, профил контуре ће бити ротиран око одговарајуће осе за пун круг, и тиме ће се добити цилиндрични део. Активирањем ове опције, са леве стране се отвара прозор где се врши одабери осе ротације и угао за који ће профил бити ротиран (Слика 4.24). Уколико софтвер већ није сам одабрао осу ротације, треба кликнути на линију црта-тачка-црта. Изглед модела производа након примене опције Revolved Boss/Base је дат на слици 4.25.

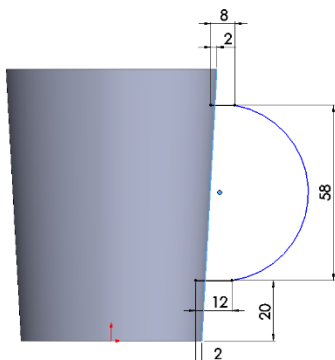


Слика 4.25. Опција Revolved Boss/Base

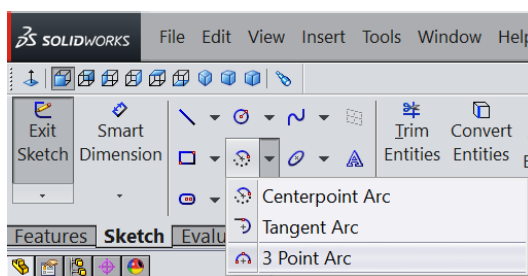


Слика 4.26. Изглед модела

Да би нацртали дршку шоље, потребан нам је профил дршке и путања по којој ће се профил кретати како би формирао коначни изглед дршке. Дакле, на почетку, потребно је селектовати раван која одговара позицији дршке. У овом случају то ће бити раван Front. Након одабира Front равни и опције Normal To, потребно је нацртати контуру приказану на слици 4.27, која предсавља путању. Да би нацртали део круга, користићемо опцију 3 Point Arc (Слика 4.27-а).

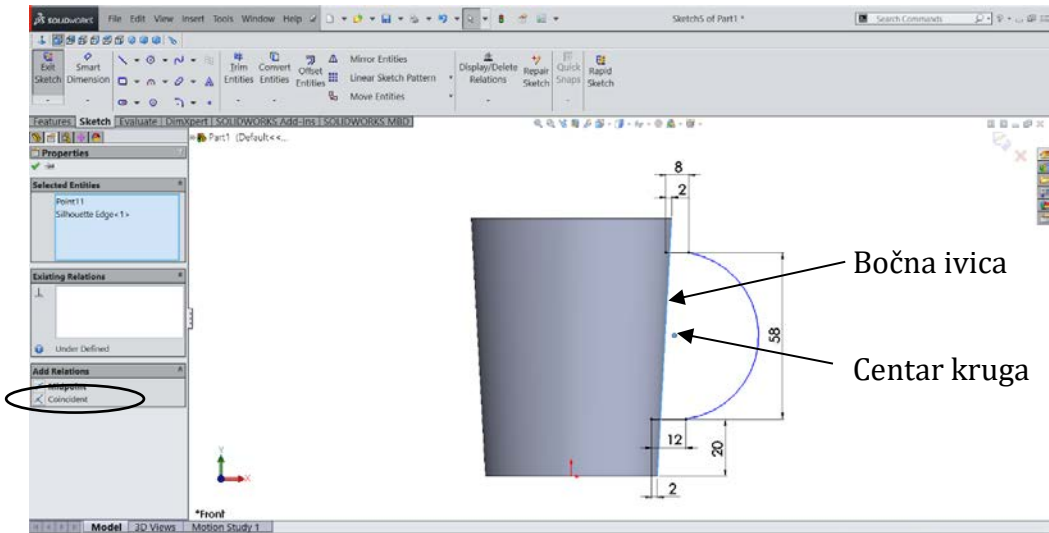


Слика 4.27. Путања



Слика 4.27-а. Опција 3 Point Arc

С обзиром да је потребно да центар дела круга буде на бочној ивици постојећег модела шоље потребно је, уз држање тастера Ctrl на тастатури, селектовати центар круга и бочну ивицу, а затим из менија са леве стране одабрати опцију Coincident (Слика 4.28).




Слика 4.28. Задавање релације *Coincident*

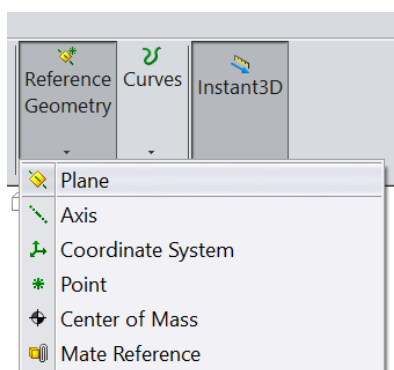
Затим је потребно додати заобљења на одређеним местима, те ћемо за ту намену користити опцију *Fillet*. Након одабира опције *Fillet*, са леве стране се отвара мени где уписујемо заобљење од 20 mm и кликнемо на тачке где треба додати заобљења (Слика 4.29).



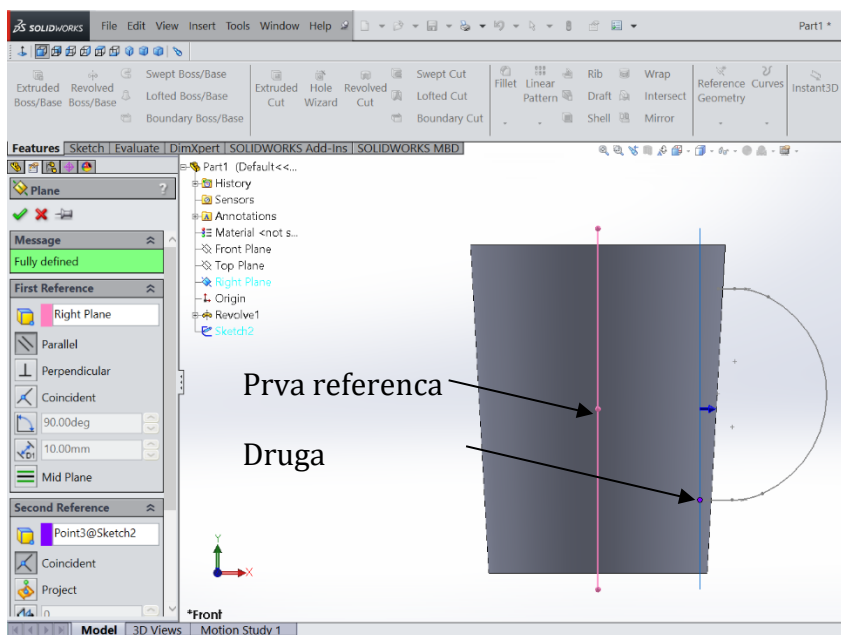
Слика 4.29. Опција *Fillet*

Након завршетка контуре, кликнемо на дугме  у горњем десном углу радног окружења и тако изађемо из *Sketch-a*. Затим, да би нацртали профил дршке, због специфичне позиције бочне ивице шоље, потребно је додати нову раван.

За додавање нове равни, користићемо опцију Reference Geometry, па затим Plane (Слика 4.30), која се налази у картици Features. Након одабира опције Plane, са леве стране се отвара мени са опцијама које представљају референце за нову раван, где можемо одабрати различите површине, ивице, равни, итд., у односу на које ће нова раван бити формирана. За прву референцу бирамо Right раван из стабла, а за другу референцу бирамо тачку у претходно нацртаном Sketch-у (Слика 4.31).



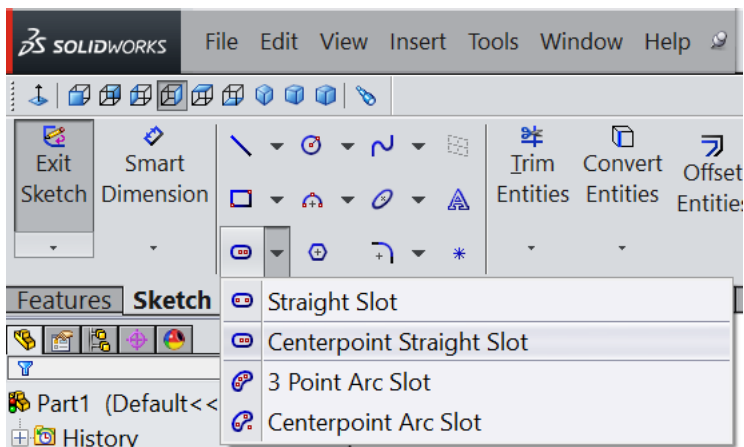
Слика 4.30. Додавање нове равни



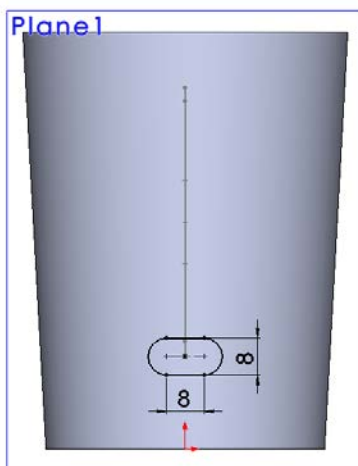
Слика 4.31. Референце за додавање нове равни



Након селектовања нове равни и одабира опције Normal To, нацртаћемо Slot применом опције Centerpoint Slot (Слика 4.32), према датим димензијама (Слика 4.33). Након завршетка цртања профила дршке, затворићемо тај Sketch. Можемо приметити да се у стаблу сада налазе два посебна Sketch-а.

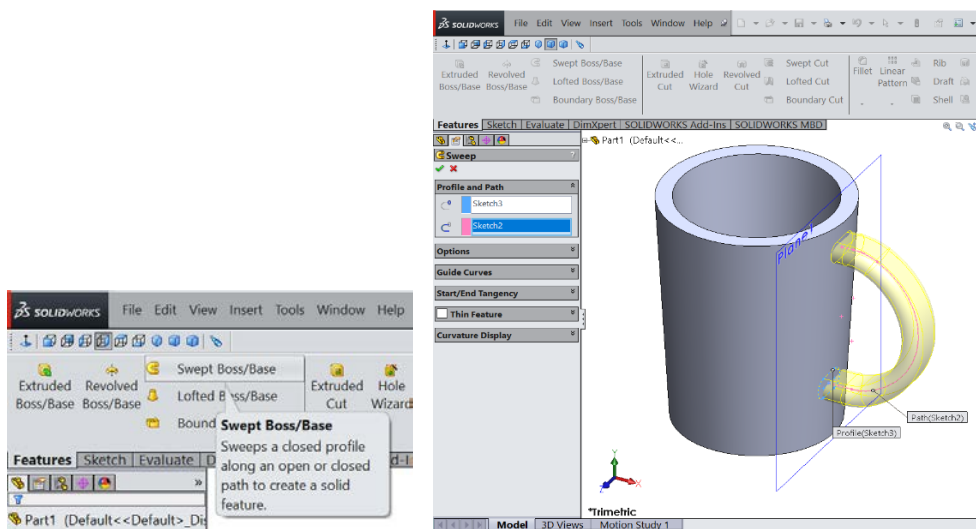


Слика 4.32. Опција Centerpoint Straight Slot



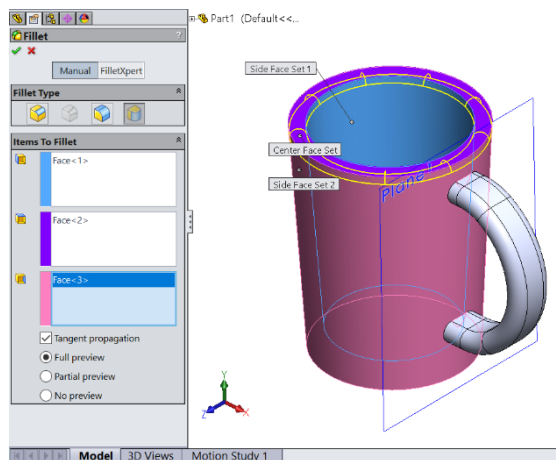
Слика 4.33. Димензије профила

Да би завршили са цртањем дршке шоље, користићемо опцију Sweep Boss/Base. Када кликнемо на ову опцију, са леве стране се отвара мени у коме треба селектовати прво профил дршке (Slot), а затим и путању (крива која је нацртана пре Slot-а), што је приказано на Слици 34.

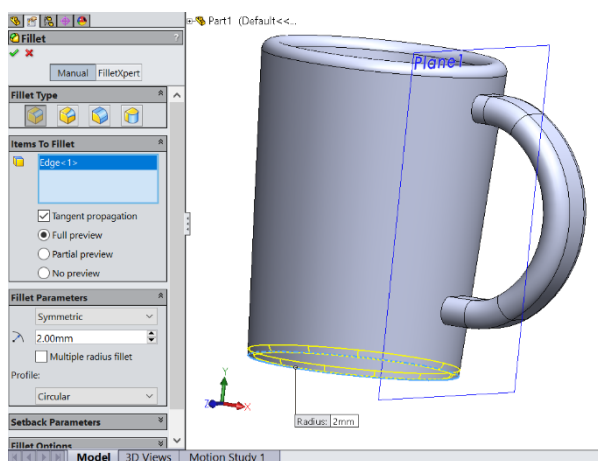


Слика 4.34. Опција Swept Boss/Base


Да би добили коначни изглед шоље, потребно је још урадити заобљења ивица на врху и дну зида шоље. За ту намену, користимо опцију Fillet, која се налази у картици Features. За заобљење ивица на врху зида шоље, користимо опцију Fillet која врши заобљење помоћу три површи – унутрашњи, горњи и спољашњи део зида шоље (Слика 4.35). Овде није потребно дефинисати радијус заобљења, јер ће софтвер сам прорачунати на основу дебљине зида шоље. За заобљење ивица на дну зида шоље користимо опцију Fillet са радијусом заобљења од 2 mm (Слика 4.36).

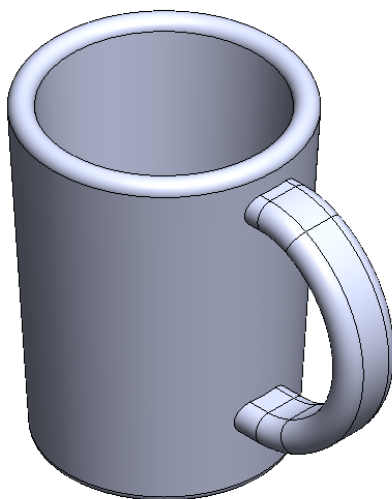


Слика 4. 35. Заобљење помоћу три површи



Слика 36. Заобљење помоћу радијуса заобљења

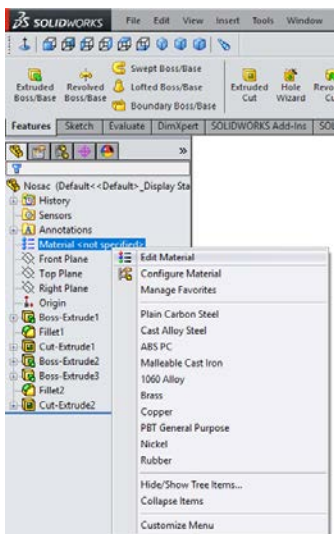
Како би привремено uklonili нову раван, односно сакрили је (на овај начин се **не врши** брисање равни), кликнућемо десним кликом на раван Plane1 у стаблу, а затим кликнути на опцију Hide . У случају потребе приказивања ове равни, опција Show се користи на исти начин. Коначни модел производа изгледа као на слици 4.37. Модел можемо снимити користећи опцију File>Save.



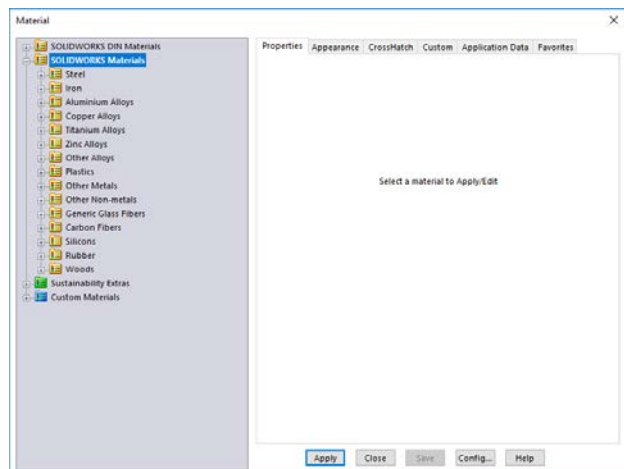
Слика 4.37. Изглед модела производа

## 5. ИЗБОР МАТЕРИЈАЛА И ТЕРМАЛНА АНАЛИЗА МОДЕЛА ПРОИЗВОДА

Правилан избор материјала има значајан утицај на његов животни циклус. Избор материјала у фази дизајна производа има више предности. Да би извршили одабир материјала производа у SolidWorks-у, прво је потребно отворити модел производа. Након отварања модела, са леве стране у стаблу налази опција Material <not specified>, што значи да материјал за приказани модел није одабран. Десним кликом на ову опцију, отвара се мени са различитим опцијама (Слика 5.1). Једна од опција је Edit Material, која служи за одабир материјала који већ постоји у бази софтвера, а друга опција – Configure Material се односи на то да корисник жели да креира, тј. конфигурише одређени материјал који не постоји у наведеној бази. Кликом на опцију Edit Material, приказује се прозор као на Сlici 5.2.



Слика 5.1. Опције приликом додавања материјала

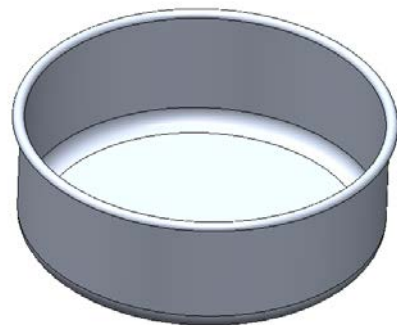
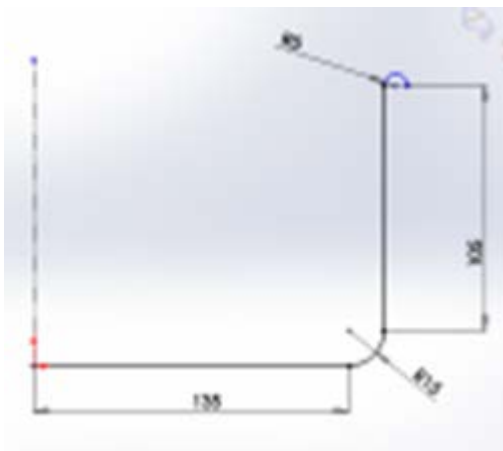


Слика 5.2. Листа понуђених материјала у софтверу

Материјали у SolidWorks-у су подељени на одговарајући начин и то према ознакама у одговарајућим стандардима, а затим и према групама – челици, различите легуре, пластике, неметали, итд. У

оквиру сваке групе, постоје одређене врсте материјала, па се према потреби може одабрати. Кликом на одређени материјал, са десне стране се приказују његове карактеристике, нпр. термичка проводљивост, Поасонов коефицијент, итд. Након одабира материјала, кликом на опцију Apply потврђујемо одабир, а затим кликнемо на опцију Close, како би се затворио прозор. Измена материјала производа се врши на исти начин. Можемо приметити да се, одабиром материјала, врши и промена боја модела производа, у складу са бојом одабраног материјала, како би што веродостојније модел био приказан кориснику. С обзиром да сваки материјал има различиту специфичну густину, за различите материјале, маса истог производа ће бити различита. Кликом на картицу Evaluate, а затим на опцију Mass Properties, можемо видети масу, запремину, површину, моменте инерције и друге карактеристике приказаног производа.

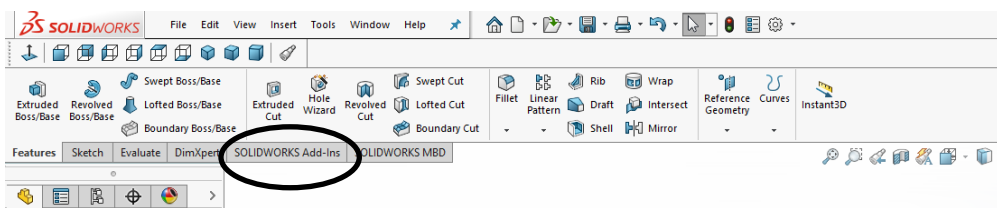
За потребе топлотне или **термалне анализе**, према приложеном цртежу (Слика 5.3) потребно је нацртати модел производа под називом Посуда (Слика 5.4). Да би креирали модел 3D модел овог производа, потребно је користити опцију Revolve. Материјал производа је Alloy Steel, а потребно је и одредити масу производа.



Слика 5.4. 3D Модел производа „Посуда“

У овом задатку је приказана једноставна примена модула SolidWorks Simulation на примеру термалне анализе модела „Посуде“. У

SolidWorks-у, модул симулације је по подразумеваним подешавањима искључен, како се не би непотребно користили ресурси рачунара. Кликом на картицу SOLIDWORKS Add-Ins (Слика 5.5), отвара се мени где треба кликнути на опцију SOLIDWORKS Simulation (Слика 5.6).

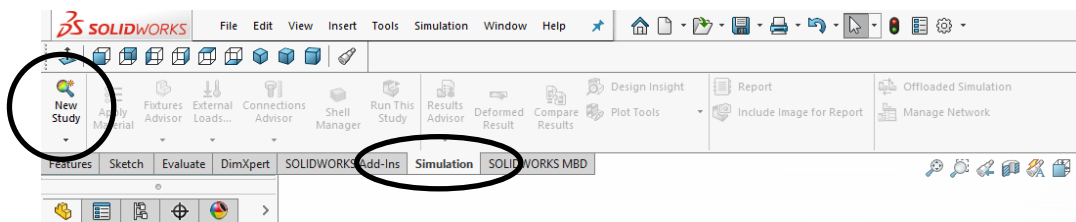


Слика 5.5. SOLIDWORKS Add-Ins

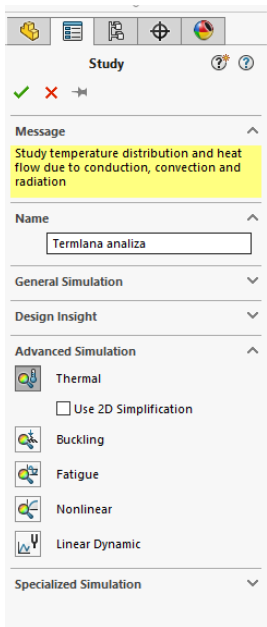


Слика 5.6. SOLIDWORKS Simulation

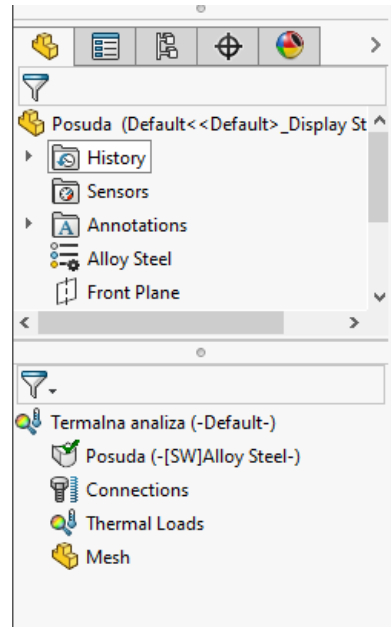
Можемо приметити да се појавила нова картица Simulation (Слика 5.7). Како би започели нову „студију”, односно нову симулацију, кликнемо на New Study (Слика 5.7), а затим се са леве стране, појави прозор као што је приказано на слици 5.8.




Слика 5.7. Стартовање нове студије симулације

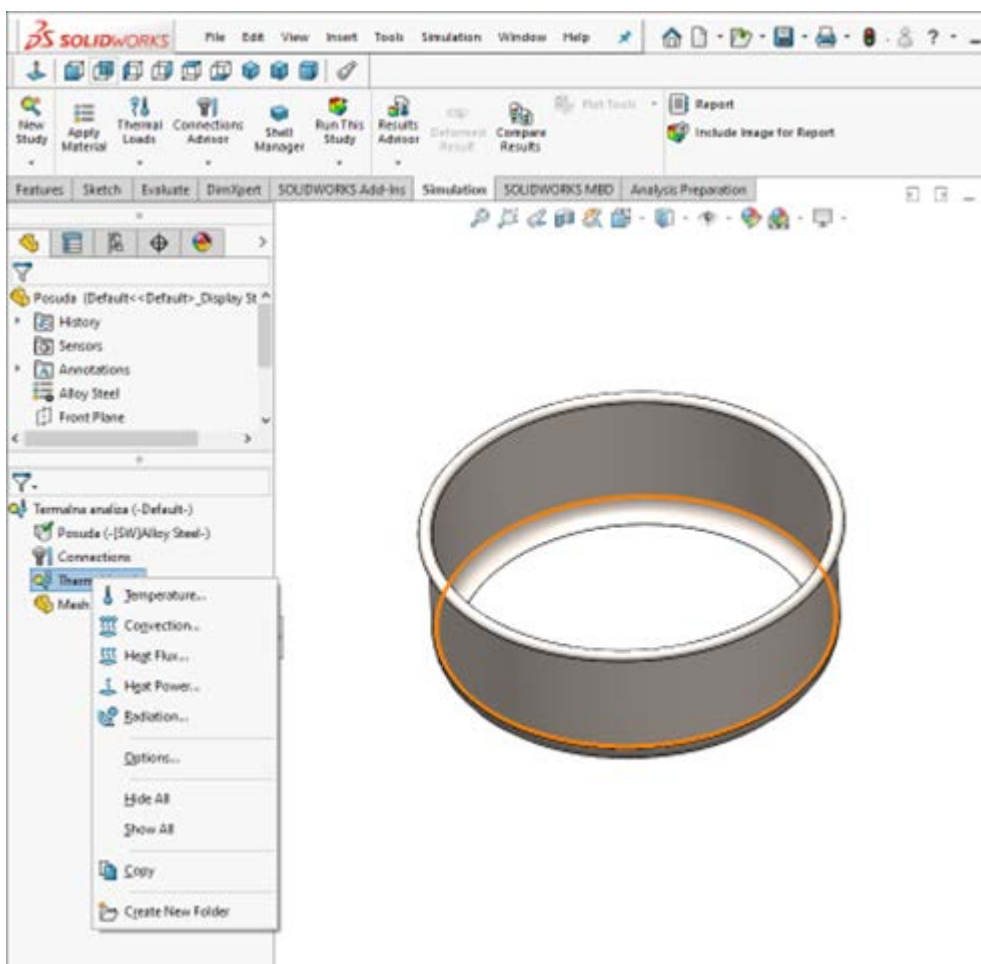


Слика 5.8. Термална анализа




Слика 5.9. Прозор за симулацију

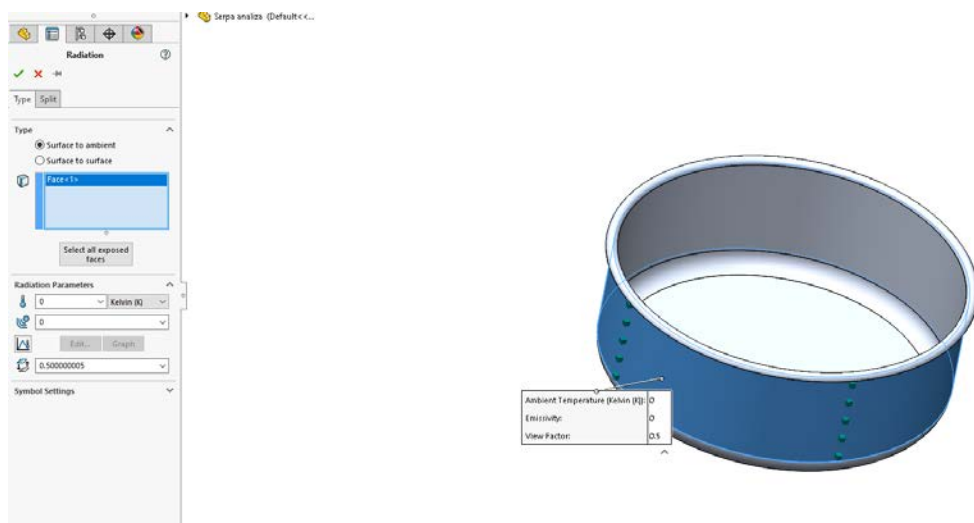
Изаберемо врсту симулације Thermal, а затим у поље за назив симулације упишемо Термална анализа (Слика 5.8). Након тога кликнемо на ОК, односно . Испод стабла, које смо до сада користили у креирању модела производа, појављује се додатни прозор који се односи на симулацију (Слика 5.9). У даљем раду, потребно је дефинисати параметре за симулацију. Кликнемо десним кликом на опцију Thermal Loads (која се налази у прозору за симулацију) и изаберемо опцију Radiation. На овај начин бирамо која површина посуде ће пренети топлотну енергију о околинину, односно „зрачити топлотну енергију у окружење” (Слика 5.10).



Слика 5.10. Одабир опције Radiation

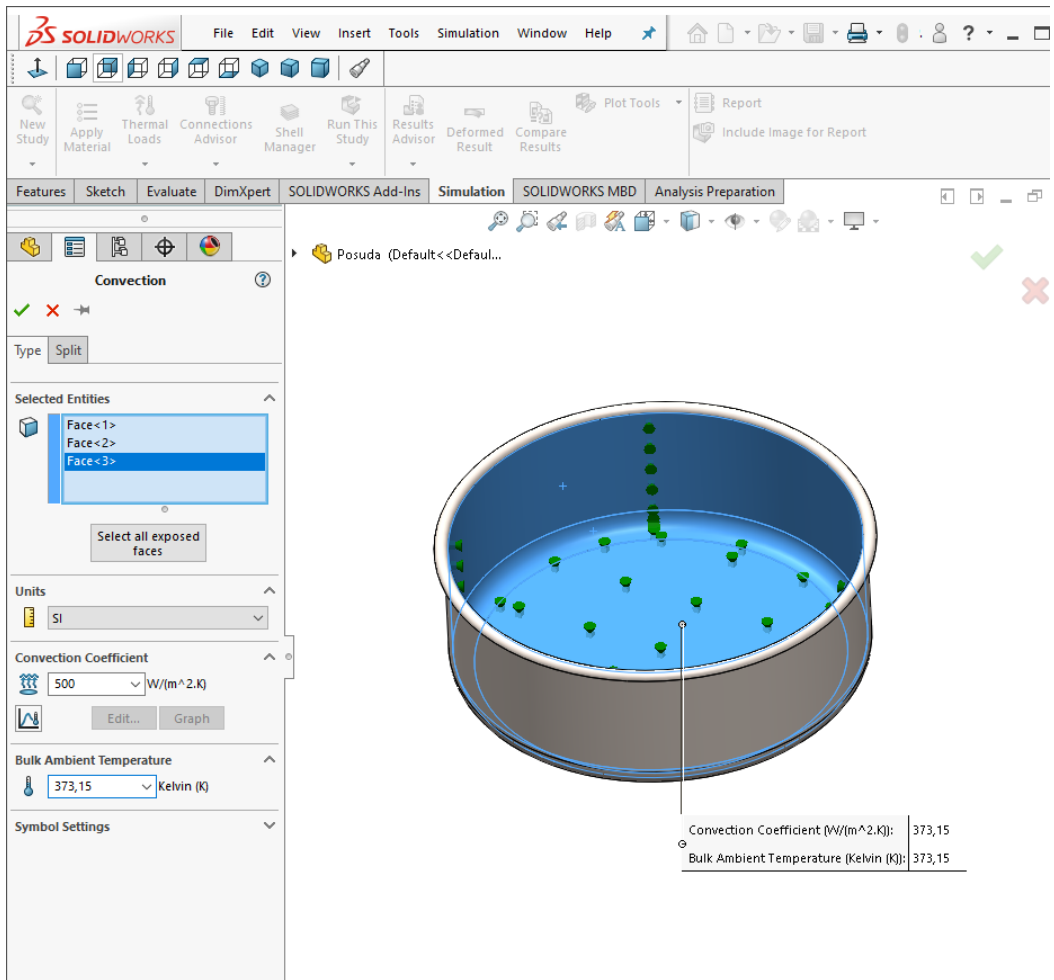
Појављује се прозор са леве стране, приказан на слици 5.11 и бирамо спољашњи део посуде (означено плавом бојом). Примећујемо да су се појавили зелене коцке које означавају селектовану површину. У поље Radiation parameters, из падајућег менија одаберемо Celsius (уместо Kelvin (K)) и упишемо вредност 20. То је амбијентална температура, односно температура околине. У следеће поље упишемо вредност емисивности 0,7, колико и јесте за челик. Кликнемо на , како би потврдили одабир.





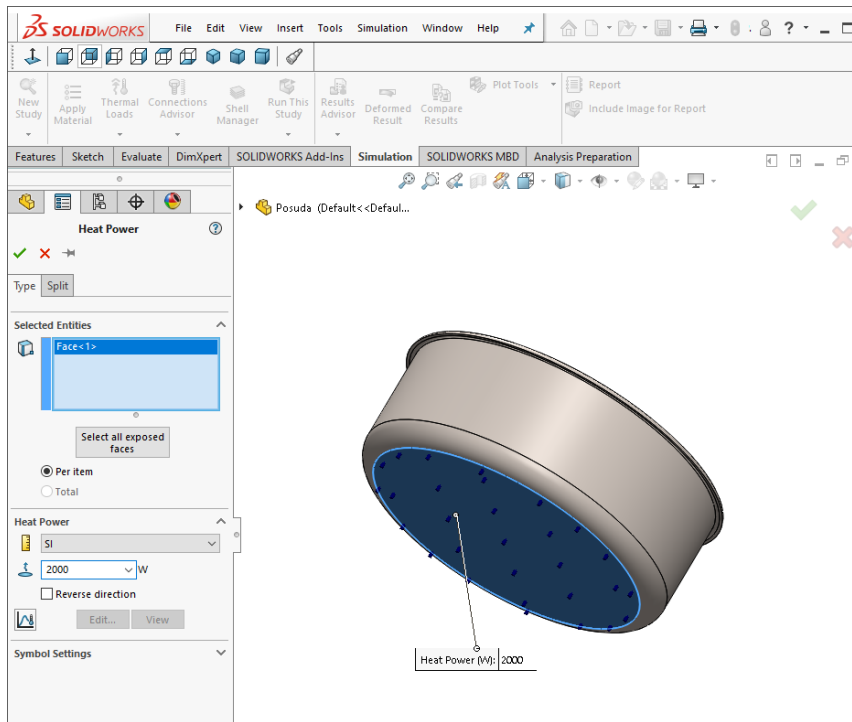
Слика 5.11. Одабир површине на моделу

Након тога, потребно је дефинисати параметре конвекције, односно прелаза топлоте, јер се са одговарајуће течности у посуди врши прелаз топлоте на зидове посуде. Кликнемо десним кликом на Thermal Loads и одаберемо опцију Convection. Бирамо унутрашње површине посуде, јер ту долази до прелаза топлоте са течности на посуду (Слика 5.12), а затим уписујемо вредност 500 за Convection Coefficient (кофицијент конвекције – коефицијент прелаза топлоте) за воду (пример да се вода налази у посуди). У пољу Bulk Ambient Temperature уписујемо 373,15, што одговара температури воде од 100 степени Целзијусових, а то је заправо температура воде у посуди. Кликнемо на .



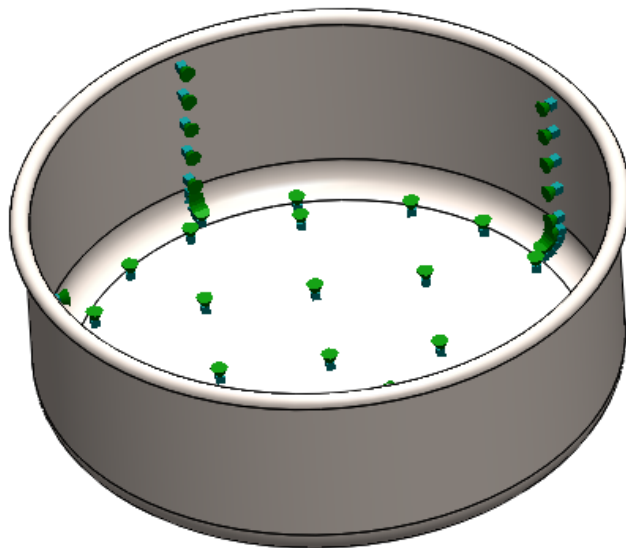
Слика 5.12. Унос параметара конвекције

Након тога, потребно је изабрати снагу извора топлоте. Кликнемо десним кликом на Thermal Loads, а затим на Heat Power. Кликнемо да спољашњи део дна посуде, односно тамо где ће бити извор топлоте, нпр. рингла, и упишемо да је снага извора 2000 W (Слика 5.13).



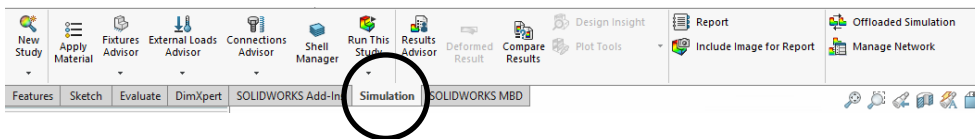
Слика 5.13. Одабир места где је извор топлоте

Коначно, модел сада изгледа као на слици 5.14.



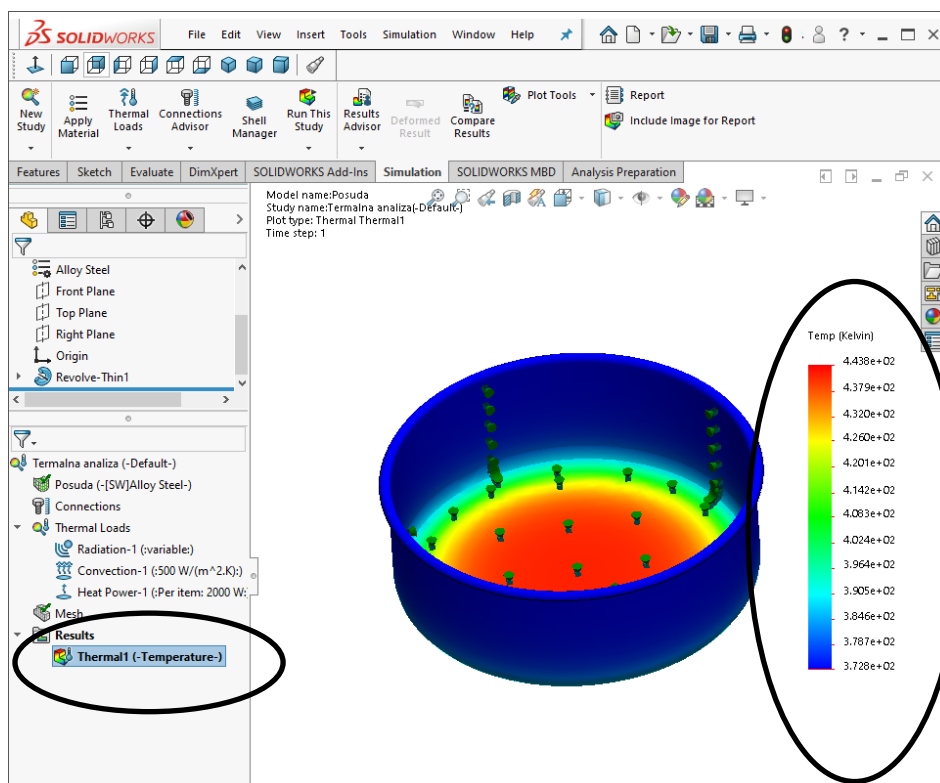
Слика 5.14. Изглед модела након дефинисања параметара за симулацију

Како је материјал производа одабран још у фази креирања модела, све је припремљено за симулацију. У картици Simulation, кликнемо на Run This Study (Слика 5.15). Након извршавања прорачуна, појавиће се приказ дат на слици 5.16.



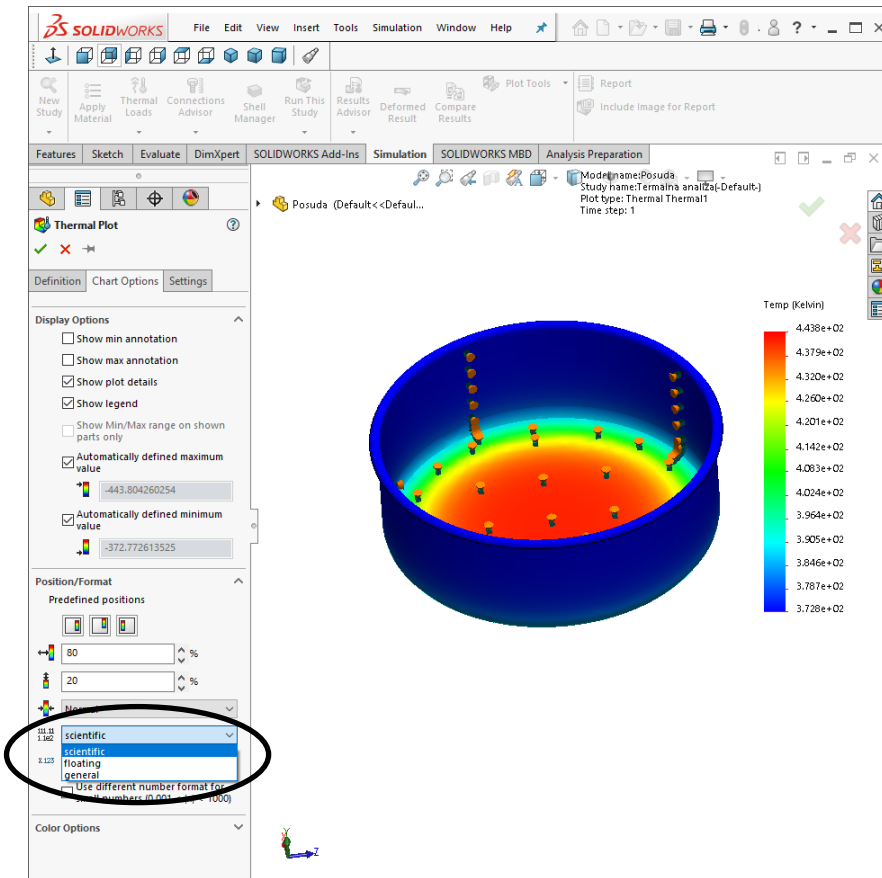
Слика 5.15. Покретање симулације

Након завршетка симулације, са леве стране у делу за симулацију, у делу Results, приказани су резултати симулације – температура. Са десне стране, поред модела приказане су скала са бројним вредностима расподела температура на посуди (Слика 5.16).



Слика 5.16. Резултати симулације

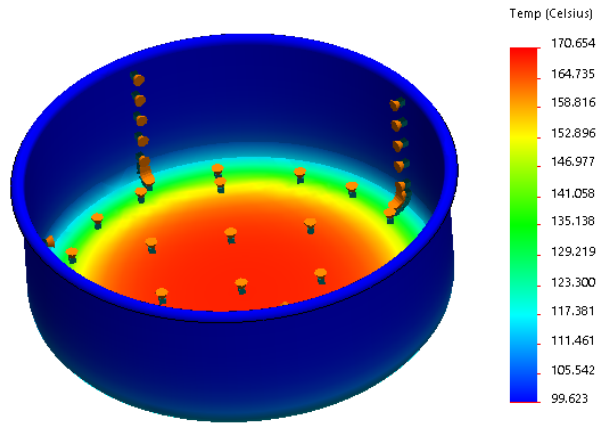
На слици можемо видети да је црвеном бојом (највећа вредности температуре) означено дно посуде, што је и сасвим логично. Можемо и променити нотацију на скали десним кликом на исту, а затим одабиром опције Chart options. У картици Definition из другог падајућег менија одаберемо Celsius, да би температура била приказан у тим јединицама. Затим у картици Chart Options, из падајућег менија приказаног на слици 5.17, бирамо опцију floating и кликнемо на .



Слика 5.17. Подешавање приказивања резултата симулације

Сада добијамо резултате као што су приказани на слици 5.18, односно највиша температура посуде је 170,654 °C и то на дну, а на зидовима је најнижа температура од 99,623 °C. То је сасвим и логично с обзиром на то где је постављен извор топлоте, као и који је материјал изабран

и његову термичку проводност. Треба напоменути да су могућа мања одступања од приказаних вредности.



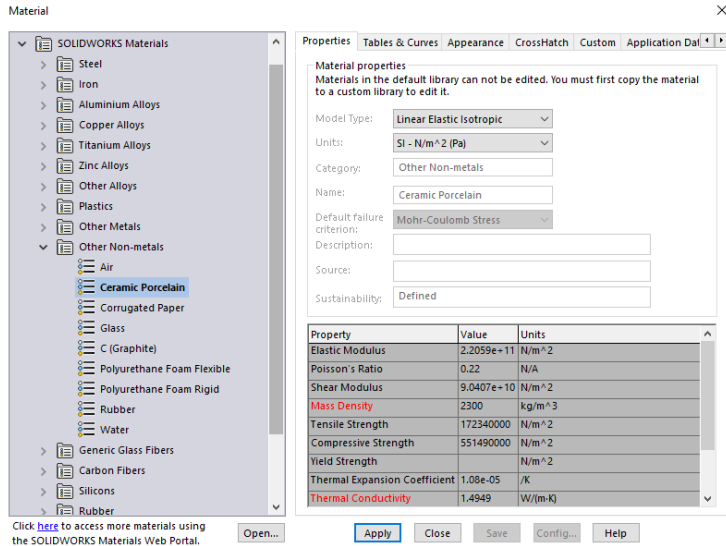
Слика 5.18. Приказ резултата симулације

Изменом материјала производа, можемо и очекивати измену расподеле температуре. Измену материјала вршимо тако што **у делу за симулацију**, кликнемо десним кликом на Посуда а затим на Apply/Edit Material (Слика 5.19). Као и до сада, из листе материјала одаберемо одговарајућу групу и материјал, тј. у овом случају је из групе Other Non-metals бирамо материјал Ceramic Porcelain (Слика 5.20). Кликнемо на Apply да потврдимо одабир материјала.

Поред тога, потребно је изменити емисивност, јер је промењен материјал. Дакле, кликнемо на стрелицу поред Thermal Loads како би се приказале опције, а затим десним кликом на Radiation, и у поље уместо 0,7 упишемо 0,9 (колика и јесте емисивност керамике). Кликнемо на ОК.

Затим, у картици Simulation, кликнемо на Run This Study, како би покренули поновну симулацију. Након завршетка симулације можемо видети да је највиша температура чак 240,025 °C, а најнижа 98,826 °C, што је последица лоше термичке проводности керамике (Слика 5.21).

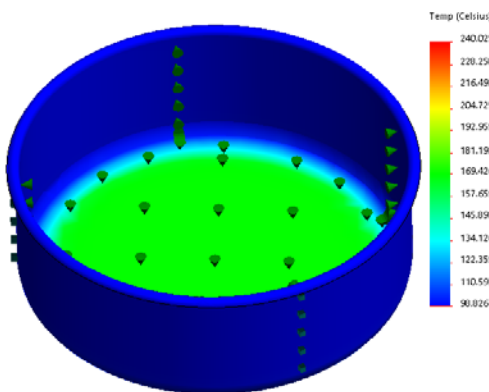
Наравно, увидом у расподелу температуре на самој посуди, видимо да се разликује у односу на челик, односно највиша температура је на мањем делу дна у односу на то када је за материјал посуде био изабран челик (Слика 5.22).



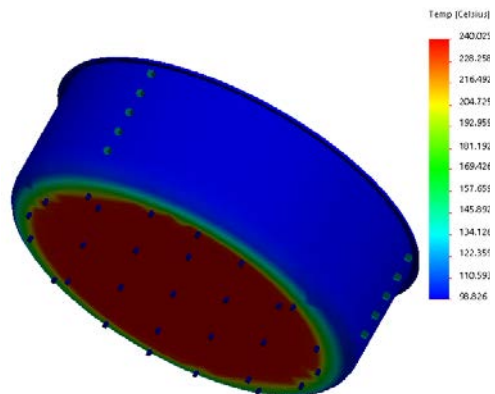
Слика 5.19.  
Измена  
материјала  
производа

Слика 5.20. Одабир новог материјала

Свакако да се сада може вршити и измена материјала, емисивности, температура окружења, температура флуида унутар посуде, као и снага извора топлоте, а затим анализирати резултати симулације.



Слика 5.21. Резултати  
симулације након измене  
материјала



Слика 5.22. Расподела  
температура на производу

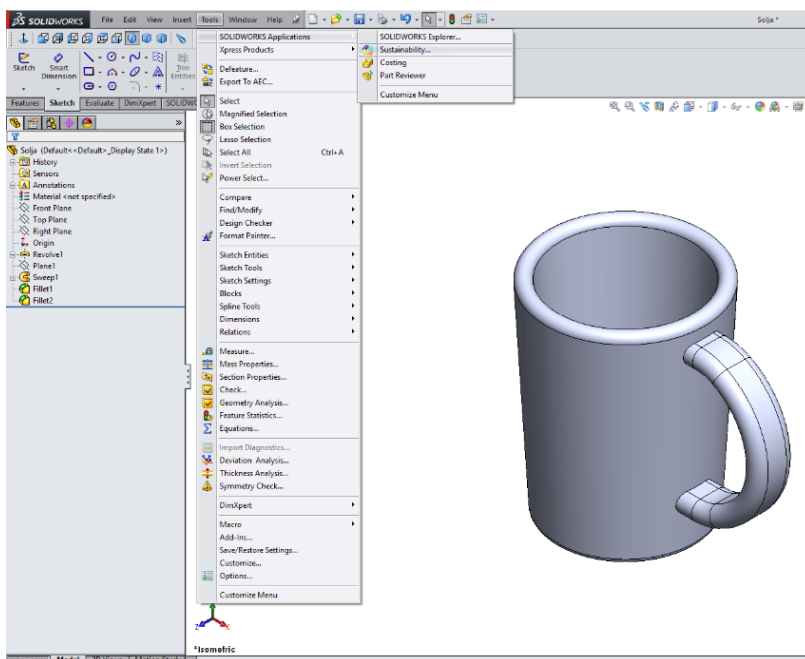
## 6. АНАЛИЗА ОДРЖИВОСТИ ПРОИЗВОДА

У процесу развоја еколошки прихватљивог производа, треба обратити посебну пажњу на утицај тог производа на животну средину. Кроз анализу животног циклуса производа може се видети шта се дешава у процесу производње, употребе и на крају животног циклуса производа. Међутим, посебан утицај на животну средину има транспорт који фигурише између свих фаза животног циклуса производа. Одлуке које се доносе у процесу развоја, односно дизајна производа имају снажан утицај на одабир материјала, процес производње, начин употребе производа, коришћење тог производа и након завршетка његовог животног циклуса и др., а тиме се значајно може допринети очувању животне средине. Овакав приступ води ка одрживом развоју, односно дизајну производа, па се могу користити софтверски алати који пружају могућност примене анализе одрживости (*Sustainability Design*).

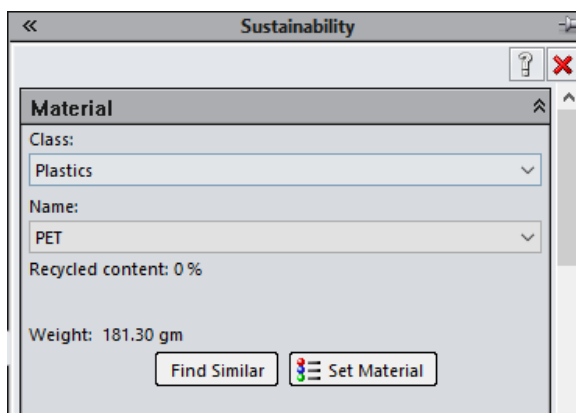


Примена овог алата у SolidWorks-у почиње отварањем модела производа. Анализу одрживости ћемо урадити на примеру модела производа *Шоља*. Најпре, отворимо модел производа, кликнемо на опцију Tools, а затим на опцију SOLIDWORKS Applications па на Sustainability (Слика 6.1). Са десне стране се отвара мени у оквиру ког се уносе параметри потребни за анализу одрживости. С обзиром да је један од параметара материјал, потребно је одабрати врсту материјала а затим и материјал (Слика 6.2). Вршимо одабир пластике и то PET, при чему можемо видети да нема рециклираног материјала.



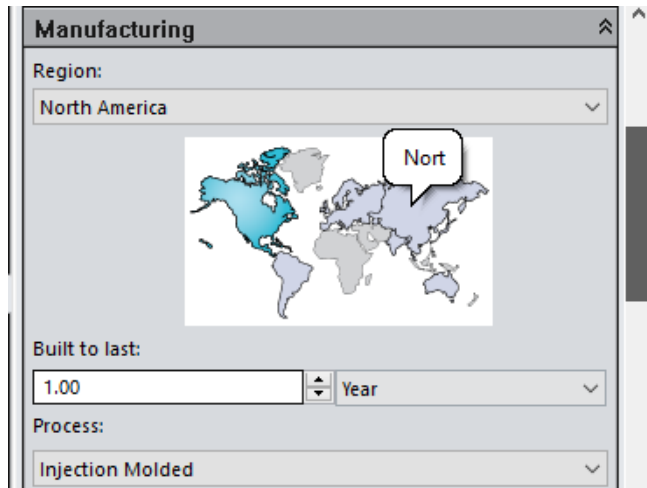


Слика 6.1. Покретање алата Sustainability

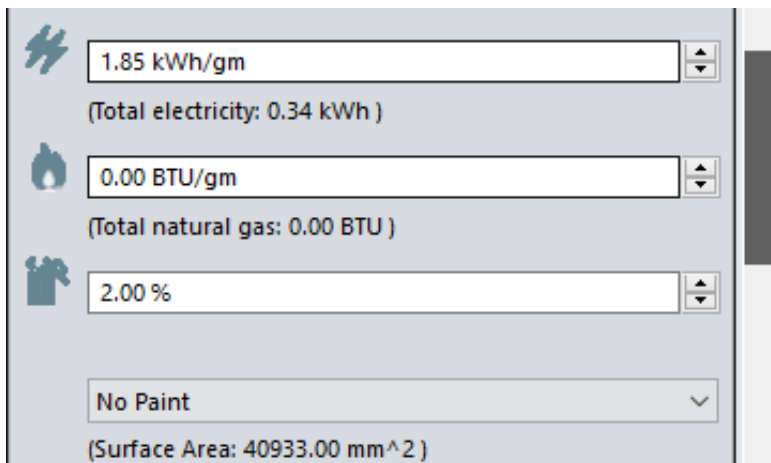


Слика 6.2. Одабир материјала

Затим, потребно је одабрати регион производње и употребе (Азија, Европа, Јапан, Северна Америка), поступак производње (екструзија, глодање, стругање, ливење,...), потрошњу електричне енергије, природног гаса и проценат шкарта, односно проценат материјала који се депонује (Слика 6.3). Поред тога, могуће је и изабрати поступак бојења – на бази воде, растварача или праха, где се може и видети колика би површина била обојена (Слика 6.4).

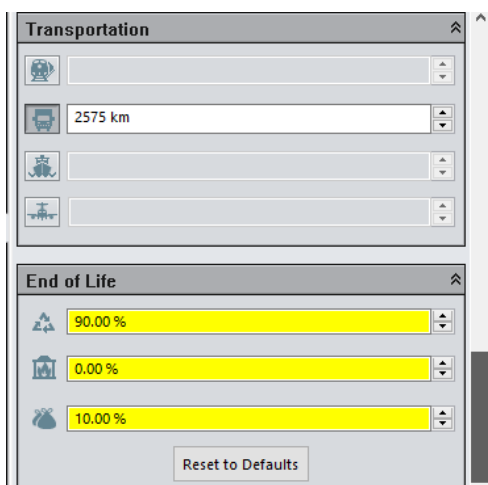


Слика 6.3. Подешавање региона производње



Слика 6.4. Додатни параметри

Даље, потребно је изабрати начин транспорта – железнички, друмски, поморски или ваздушни транспорт са уписивањем одговарајућих дистанци. На крају, ова анализа омогућава одабир третирања производа након краја његовог животног циклуса, па се у процентима може изабрати колико се рециклира, спаљује или одлаже на депонију (Слика 6.5).



*Слика 6.5. Транспорт и третирање производа након краја животног циклуса*

С обзиром да сваки производ има одређени утицај на животну средину, применом овог алата је могуће анализирати утицај производа на животну средину по броју година, месеца, дана или сати употребе производа и то кроз угљенични отисак, потрошњу енергије из необновљивих извора у мегаџулима (MJ), утицај на загађење ваздуха (обично се мери у јединицама kg еквивалент сумпордиоксида (SO<sub>2</sub>) или молова H<sup>+</sup>), утицај на загађење воде (обично се мери у јединицама kg еквивалент фосфату (PO<sub>4</sub>) или kg еквивалент азоту (N)), и то у оквиру пет категорија:


1. Материјал – укључени су сви кораци од копања руде до добијања готовог материјала од ког се израђује производ, укључујући енергију и остале ресурсе, као и транспорт, који су део оваквог процеса.
2. и 3. Употреба и транспорт - утицај транспорта на животну средину, од места где се производ израђује до места где се употребљава; дистанца између тих места и начин транспорта (друмски, железнички, ваздушни или поморски) одређује утицај на животну средину.
4. Производња – утицај технолошког процеса израде производа на животну средину, кроз нпр. различите начине производње и потрошње електричне енергије.

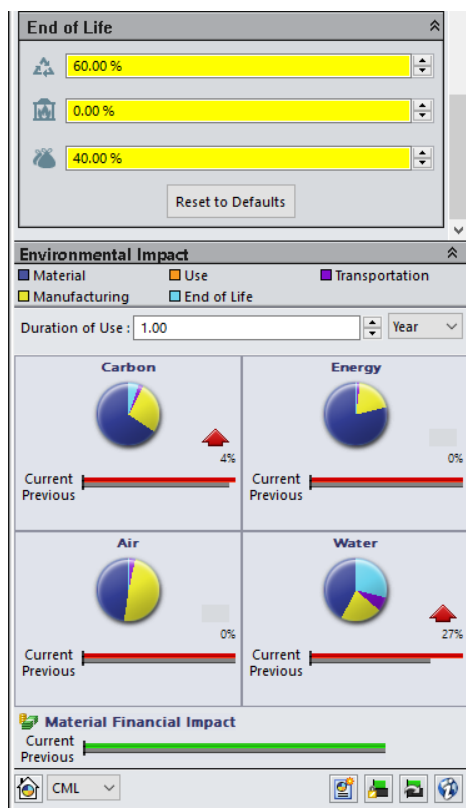
5. Крај животног циклуса производа – ова категорија је у директној вези са регионом где се производ употребљава.

У случају овог производа – шоље од материјала ПЕТ, са напред наведеним параметрима, расподела утицаја на животну средину, у оквиру наведених категорија је приказан на слици 6.6. Позиционирањем курсора миша на одговарајућу боју на графику, може се прочитати удео нпр. материјала у угљеничном отиску – 68.17%, процеса производње у потрошњи енергије, транспорта у загађењу ваздуха и краја животног циклуса производа у загађењу воде. Све ове категорије имају мање или више удела у свим утицајима.



Слика 6.6. Утицај на животну средину, удео материјала, процеса производње, транспорта и краја животног циклуса

Ако се изврши промена односа третирања производа након краја његовог животног циклуса, односно 60% процената се рециклира а 40% се одлаже на депонију, доћи ће и до промене утицаја на животну средину (Слика 6.7). Овде је могуће извршити генерисање извештаја кликом на опцију , која се налази у доњем десном углу менија.



Слика 6.7. Промена односа третирања производа и резултати

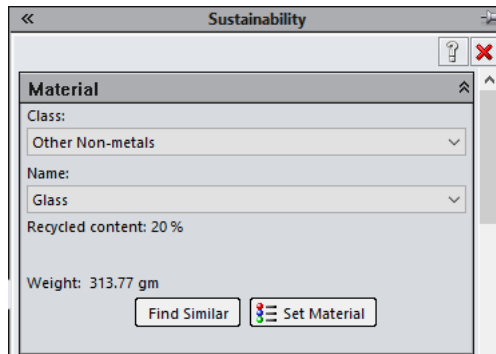
С обзиром да је одабир материјала једна од веома важних активности која значајно утиче на животну средину, можемо променити материјал производа и анализирати одрживост. Користећи постојећи отворени мени, извршимо одабир материјала Plastics а врста PP Nonopolume, који је врста пластике подобна за људску употребу. Поставимо однос третирања 90% рециклажа, а 10% одлагање и можемо видети да је само изменом материјала дошло до значајног смањења утицаја на животну средину и то кроз сва четири утицаја у односу на ПЕТ. Удео материјала у угљеничном отisku, процеса

производње у потрошњи енергије, транспорта у загађењу ваздуха, као и краја животног циклуса у загађењу вода се променио. Ако и у овом случају променимо однос третирања производа након краја његовог животног циклуса, односно 60% процената се рециклира а 40% се одлаже на депонију, доћи ће и до промене утицаја на животну средину (Слика 6.8).

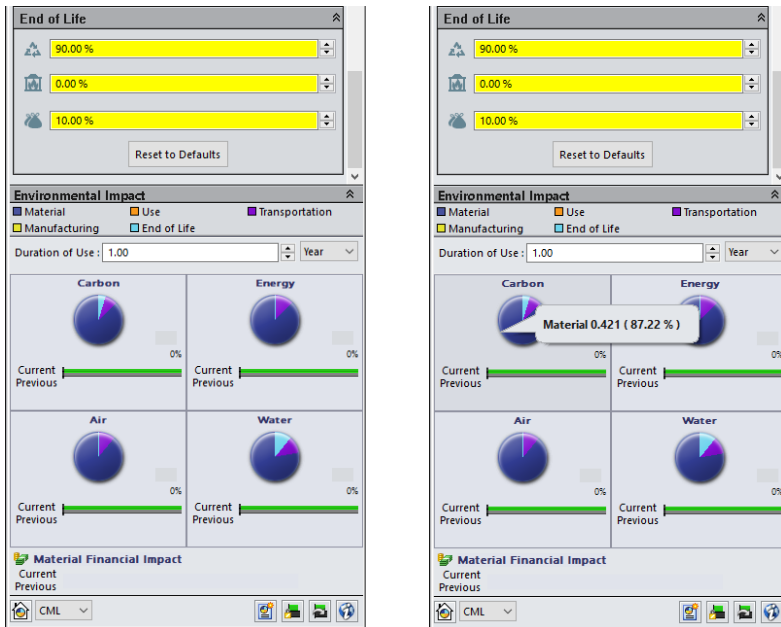


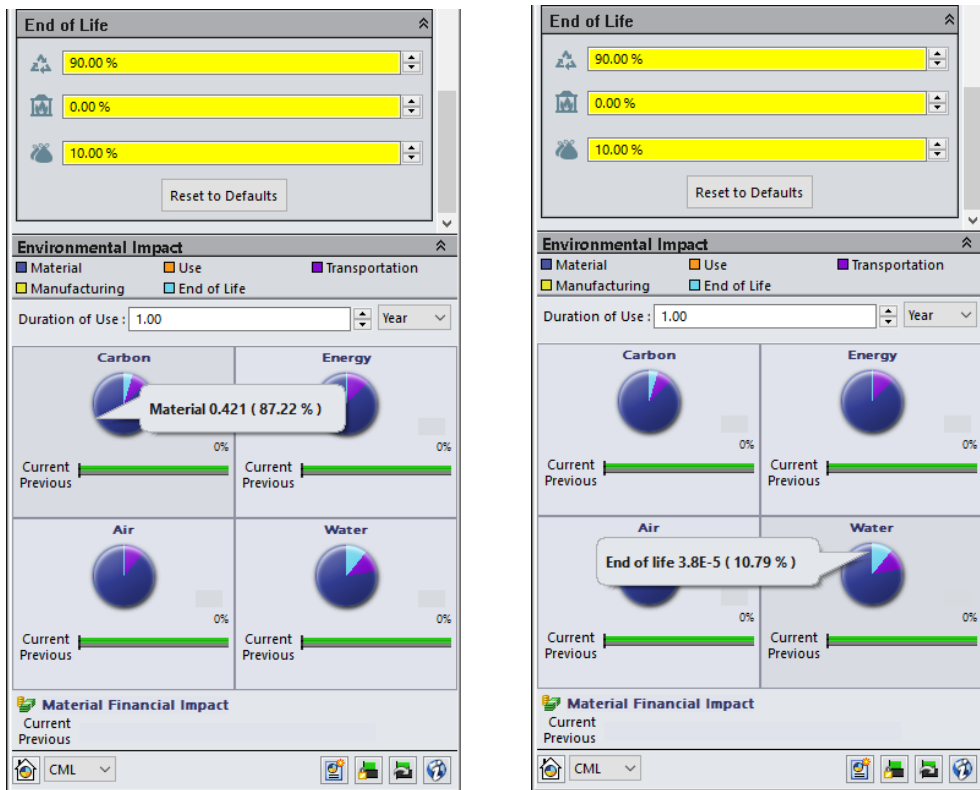
Слика 6.8. Утицај на животну средину и удели – материјал РР пластика

Да би извршили нову анализу одрживости производа, затворићемо постојећу анализу кликом на дугме X а затим покренути нову на напред описан начин. Сада ћемо изабрати врсту материјала Other Non-Metals а затим Glass, односно стакло. Можемо приметити да је сада садржај рециклираног материјала у сировини 20% (Слика 69). Подешавања параметара су иста као у у претходна два параметра, па добијамо резултате приказане на слици 6.10. Можемо запазити да велики удео код сва четири утицаја има материјал, док су крај животног циклуса има веома мали удео.



Слика 6.9. Одабир материјала - стакло

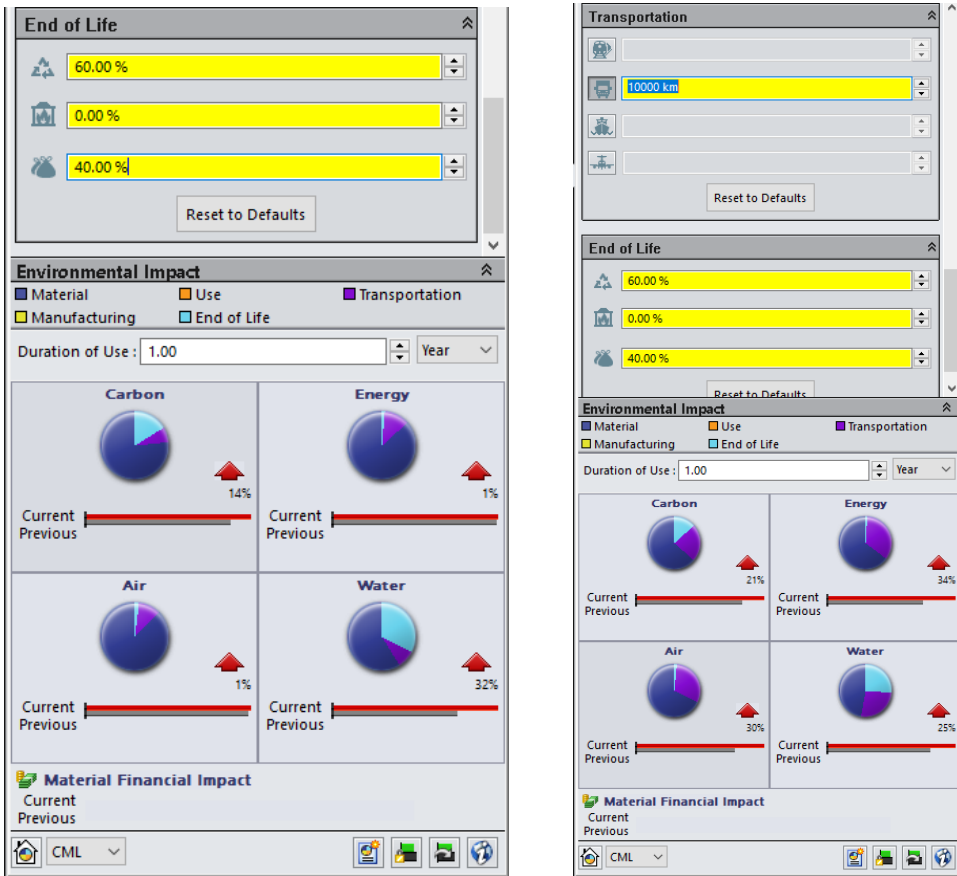




*Слика 6.10. Утицај на животну средину са уделима након промене материјала*

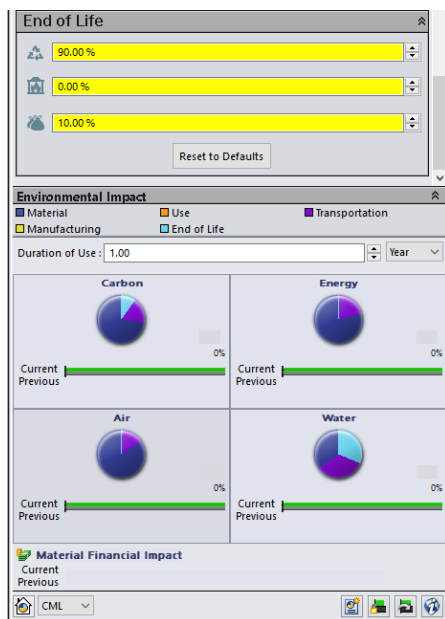
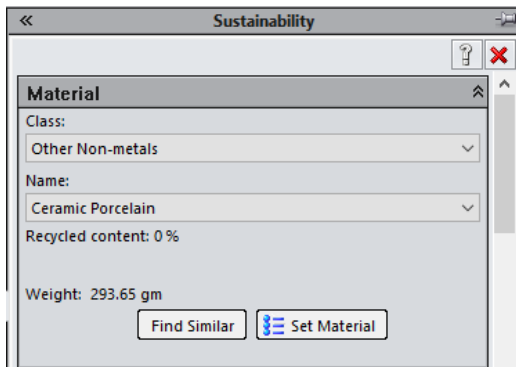
Изменом односа третирања производа након краја његовог животног циклуса, односно 60% процената се рециклира а 40% се одлаже на депонију, доћи ће и до промене утицаја на животну средину (Слика 6.11). Поред тога, повећањем дистанце за транспорт, значајно се утиче на повећање, пре свега потрошње енергије, а затим и загађења ваздуха у односу на претходно стање (Слика 6.11).



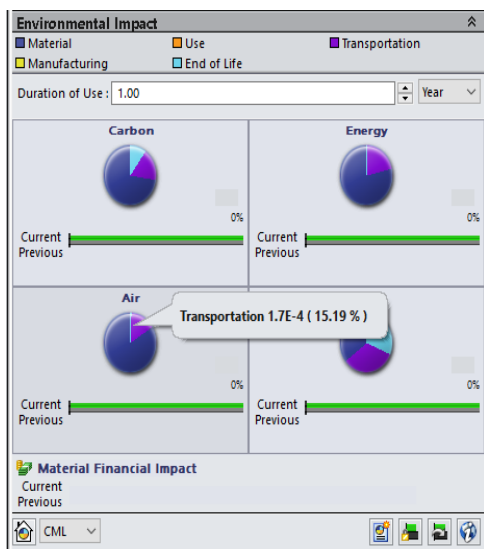
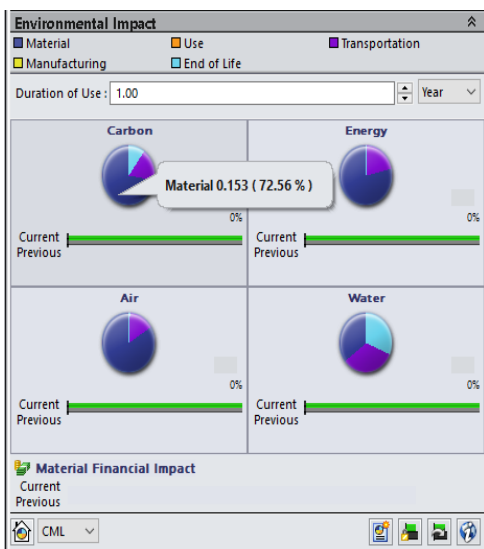


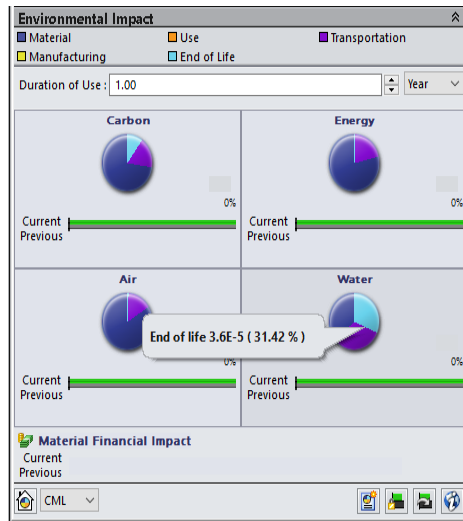
Слика 6.11. Измена односа третирања и дистанце, и утицај измене на резултате

Променом материјала производа, односно одабиром керамике, можемо приметити да нема рециклираног материјала у сировини. Анализом резултата, видимо да је утицај материјала релативно значајан на угљенични отисак, потрошњу енергије и загађење ваздуха, док је утицај процеса производње веома мали (Слика 6.12). Ипак, материјал, транспорт и крај животног циклуса имају скоро подједнак утицај на загађење воде (Слика 6.13). Треба напоменути, да у овом случају није вршено поређење са резултатима добијеним коришћењем стакла као материјала.



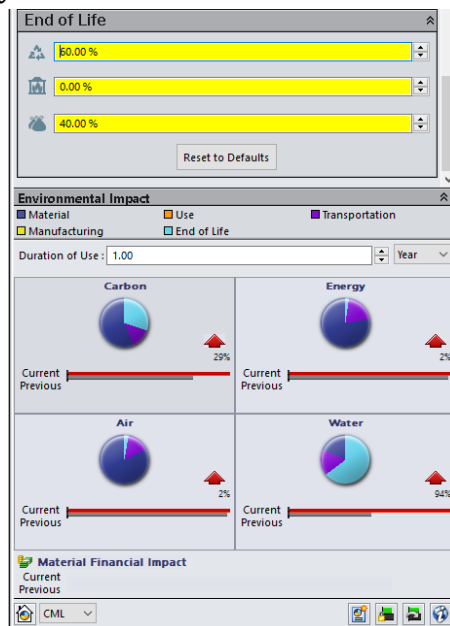
Слика 6.12. Одабир материјала керамика и утицај на животну средину





Слика 6.13. Удели у утицаја на животну средину

Унећемо измену у однос третирања производа након краја његовог животног циклуса, односно 60% процената се рециклира а 40% се одлаже на депонију. Свакако, доћи ће и до промене утицаја на животну средину и то највише у делу утицаја краја животног циклуса производа на загађење воде, што и јесте случај јер се 40% керамике одлаже на депонију.



Слика 6.14. Измена односа третирања и резултати