Autodesk Fusion 360 CAM keskkonnas CNC freespingile G-koodi genereerimine

3DKoda OÜ
Priit Norak
12.10.2020

Sisukord

Sissejuhatus 3
Näidisprojekt nr. 1 – Kirja freesimine 4
1. 3D-mudeli loomine 4
2. Esmane seadistus 10
3. Töörajad 15
4. G-koodi genereerimine 20
Näidisprojekt nr. 2 – Medali freesimine 22

Sissejuhatus

Käesoleva juhendi autoriks on 3DKoda OÜ. Juhendi levitamine ilma 3DKoda OÜ loata on keelatud. Juhendi sisu muutmine ilma autori loata on keelatud. Juhendit on lubatud kasutada õppetöös.

Autodesk Fusion 360 on õpilastele ning haridusasutustele tasuta allalaetav siit: https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview

Kasulikud materjalid:
Näidisprojekt #1: https://www.youtube.com/watch?v=AaDDvT4EbyI
Näidisprojekt #2: https://www.youtube.com/watch?v=jAqLku4tYv0
Tööriistade lisamine: https://www.youtube.com/watch?v=9wBIR_aYqNk

Autodesk Fusion 360 lühikursused:
https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/courses/#getting-started-for-absolute-beginners
Rangelt soovitatav läbida juhul kui varasem kokkupuude 3D-modelleerimisega puudub.

Alternatiivse tarkvarana soovitame Vectric seeria tarkvarasid: https://www.vectric.com/
Antud tarkvarad on tasulised, kuid koolilitsentsi on võimalik paigaldada kuni 40 arvutisse. Vectric tarkvarade kasutamine on mõnevõrra lihtsam kui Fusion 360 tarkvara kasutamine.

3DKoda OÜ on Eesti suurima 3D-printerite pargiga 3D-printimise teenusepakkuja. Meie põhivaldkondadeks on 3D-printimine, 3D-modelleerimine, CNC freesimine, silikoonvormide ning erinevate eritellimuste valmistamine. Me pakume müügiks valitud Euroopas toodetud 3D-printereid, 3D-skannereid, CNC pinke ning kvaliteetset prindimaterjali.

3DKoda OÜ pakutavad seadmed ja materjalid nimekirjana:
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1pec_ztVMLkCPt6oxqGflNUosVhWMqxyHnRSCYfmeroY/edit

---

NB! Järgnevalt eeldame, et on installeeritud Fusion 360 tarkvara.

Näidisprojekt nr. 1 – Kirja freesimine

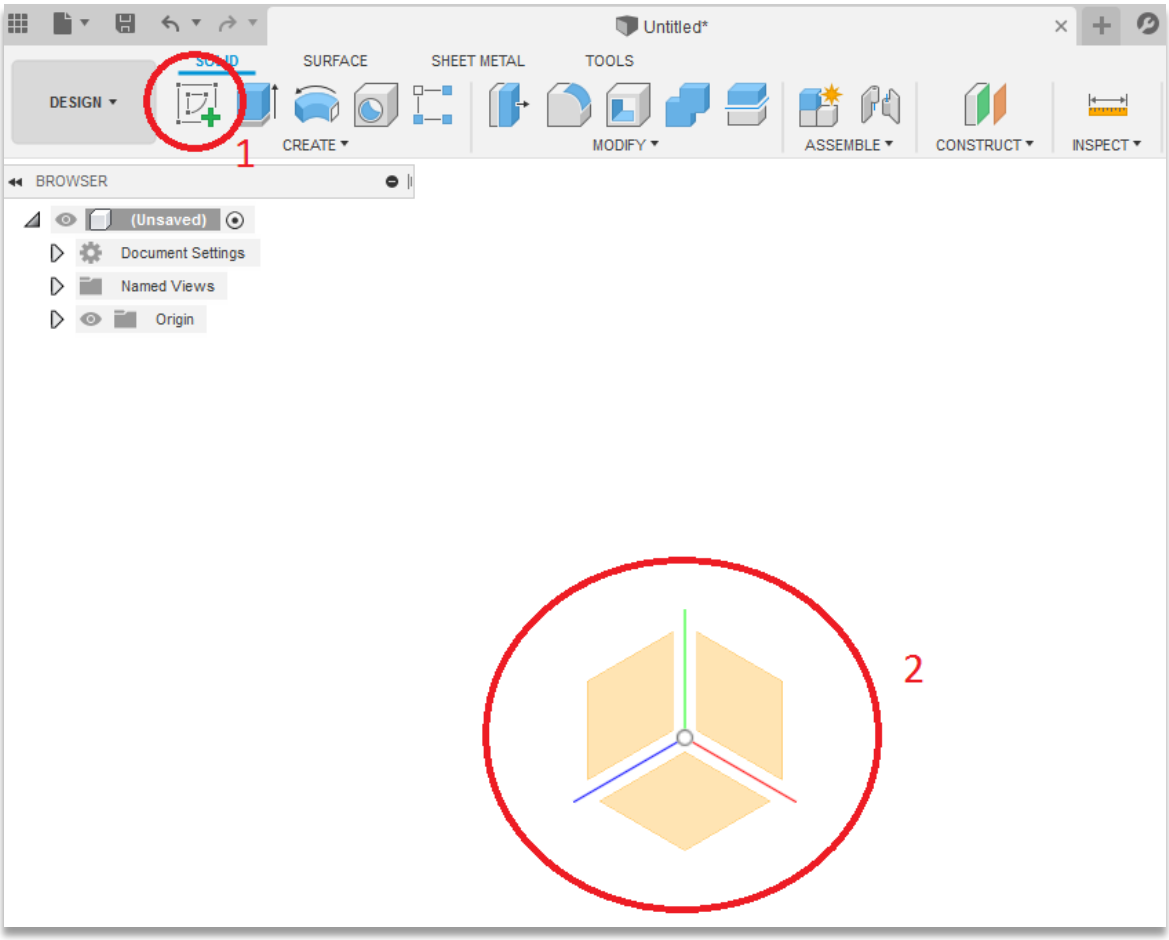
Stepcrafti CNC pingiga tuli kaasa UCCNC tarkvara. Antud tarkvara on mõeldud CNC freespingi juhtimiseks. Sisendiks on NC fail (g-kood), mis tuleb luua mõnes teises tarkvaras. G-koodi loomiseks kasutame antud juhul Autodesk Fusion 360 tasuta tarkvara.

Faili saamiseks on mitu võimalust:

- Laadida internetist alla juba olemasolev 3D-mudel (nt. Grabcad, Thingiverse jms.);
- Laadida internetist alla või luua ise DXF formaadis tasapinnaline 2D joonis;
- Luua 3D-mudel ise.

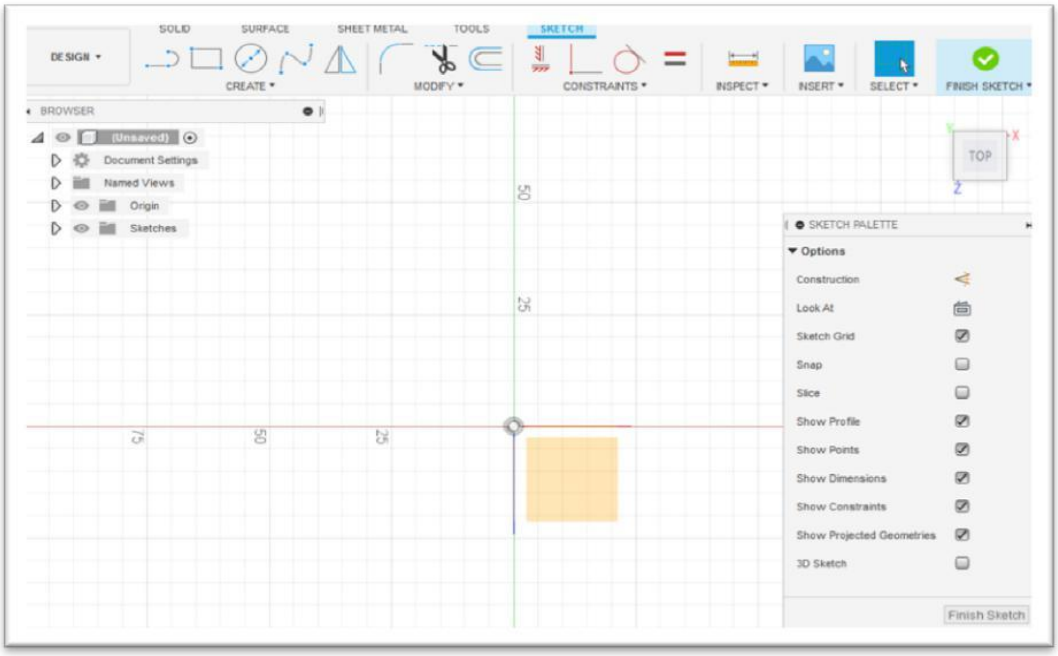
1. 3D-mudeli loomine

Tasapinnalise joonise loomiseks valige “create sketch” (Joonis 1, pildil nr. 1) ning klõpsake tasapinnal XY (Joonis 1, pildil nr. 2):



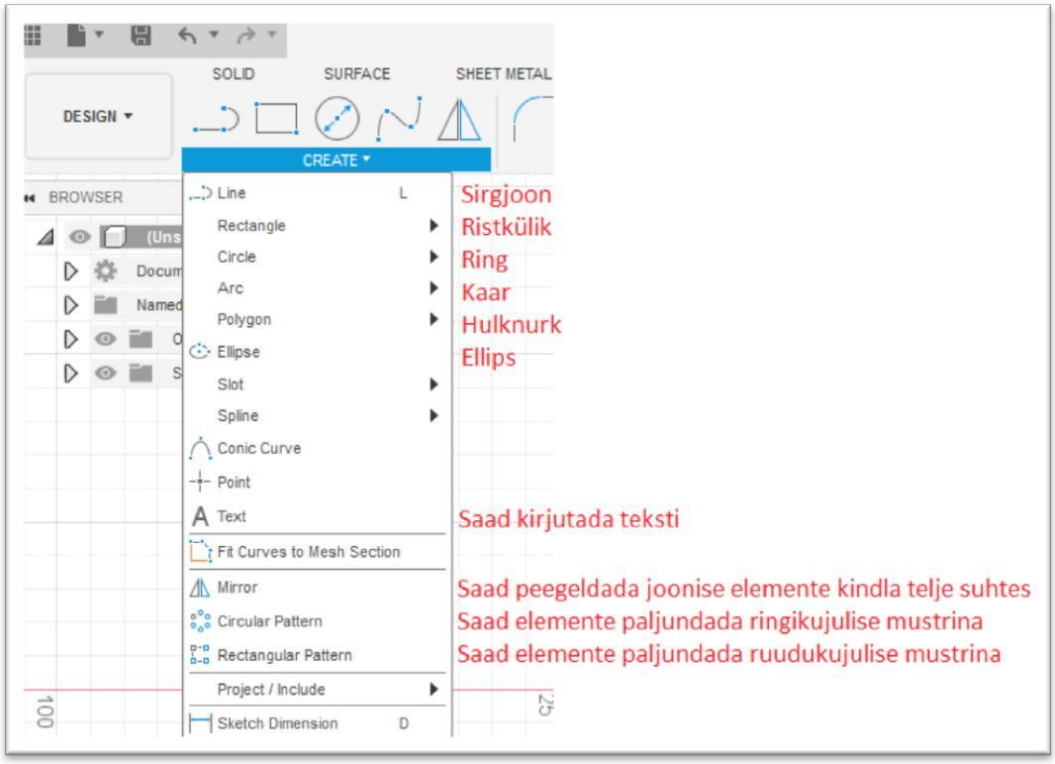
Joonis 1 - Kuvatõmmis joonise vaatesse sisenemisest.

Seejärel olete sisenenud joonise vaatesse (Joonis 2). Selles vaates saate luua 2D joonise, mille hiljem saab kasvatada 3D-mudeliks.



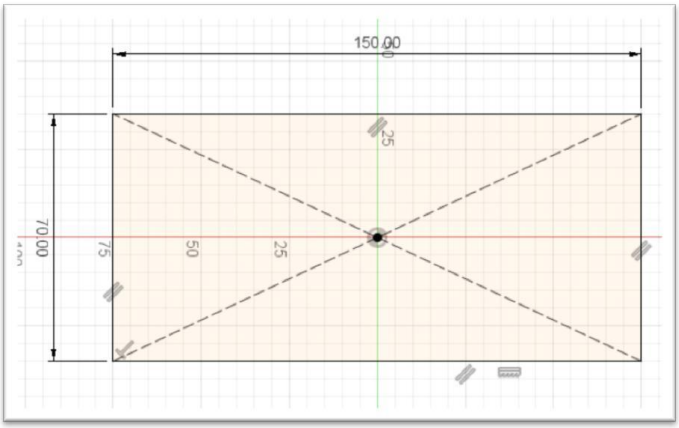
Joonis 2 - Kuvatõmmis joonise vaatest.

Põhilisteks käskudeks on sirgjoone, ristküliku, ringi, ellipsi, hulktahuka või teksti loomine. Samuti saab elemente peegeldada ning mustri kujul kopeerida (Joonis 3).



Joonis 3 - joonise koostamise põhikäsud.

Loome näidisena lihtsa ristküliku suuruses 150 x 70 mm (Joonis 4).



Joonis 4 - Ristkülik.

Järgnevalt saab kasutada joonise muutmiseks (“*modify*”) tööriistu (Joonis 4, nr. 1, 2 ja 3).

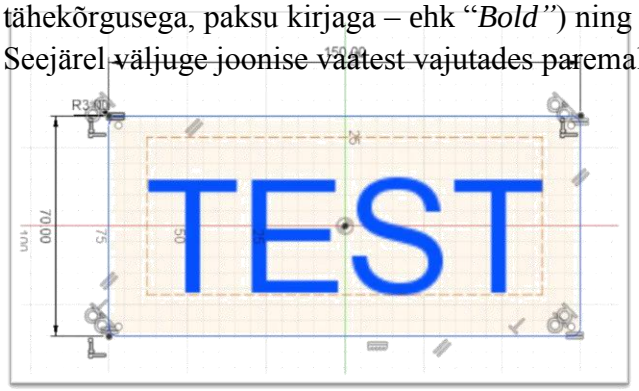
Joonis 5 - Joonise muutmise tööriistad.

Tööriist nr. 1: “*fillet*” – selle tööriista abil on võimalik ümardada olemasolevaid joonise nurkasid.

Tööriist nr. 2: “*trim*” – selle tööriista abil saab kustutada jooni.

Tööriist nr. 3: “*offset*” – selle tööriista abil saab luua praegusest joonisest kindlal kaugusel oleva sama profiiliga joonise.

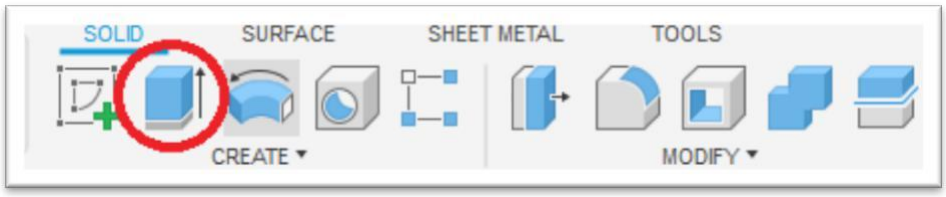
Nüüd kui põhilised joonise tööriistad on teada, joonestage risttahukasse sõna “TEST” (55 mm tähekõrgusega, paksu kirjaga – ehk “*Bold”*) ning ümardage ristküligku nurkasid 3 mm (Joonis 6) Seejärel väljuge joonise vaatest vajutades paremal üleval nurgas “*finish sketch*” (Joonis 7).



Joonis 6 - Sõna "TEST".

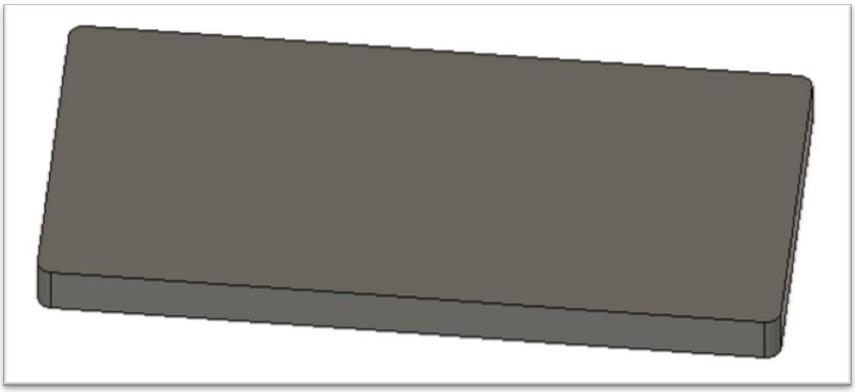
Joonis 7 - "Finish sketch".

Kasvatage joonisest 3D-mudel kasutades “extrude” käsklust (Joonis 8).



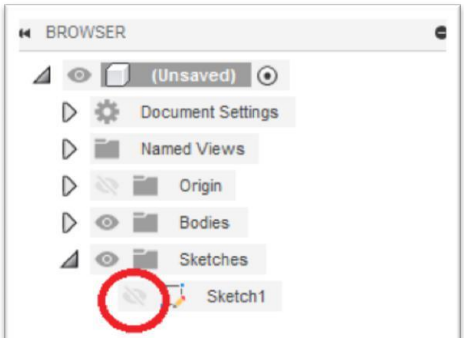
Joonis 8 - "Extrude" tööriista ikoon.

Vajutage kastile (mitte tekstile) ning kasvatage detaili 10 mm (Joonis 9). Soovime hiljem teksti süvistada ka teksti, seega kasvatame detaili tehtud joonisest allapoole (ehk “*extrude*” väärtuseks seada -10 mm).



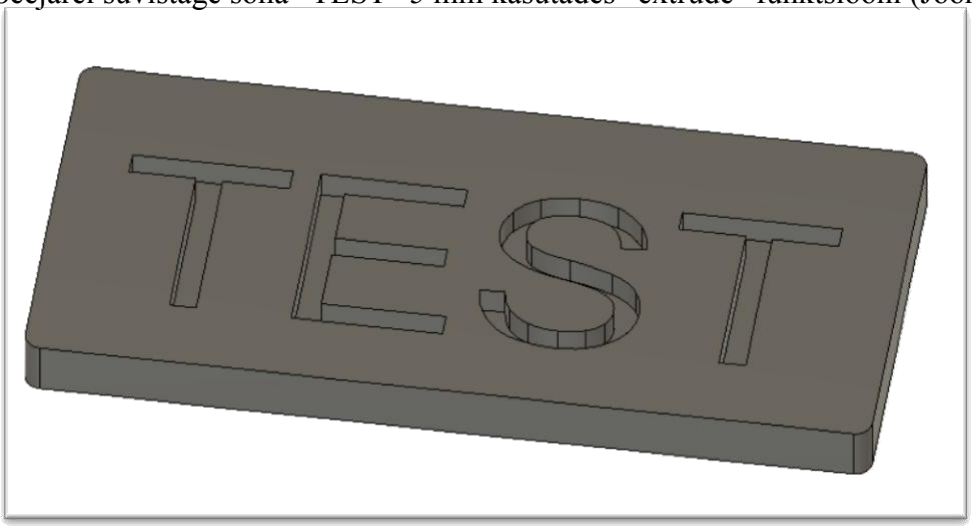
Joonis 9 - Esimene 3D-mudel.

Kui vahepeal on joonis ära kadunud, saate joonise uuesti aktiveerida vajutades objekti browseris eelmise joonise silma ikoonile (Joonis 10).



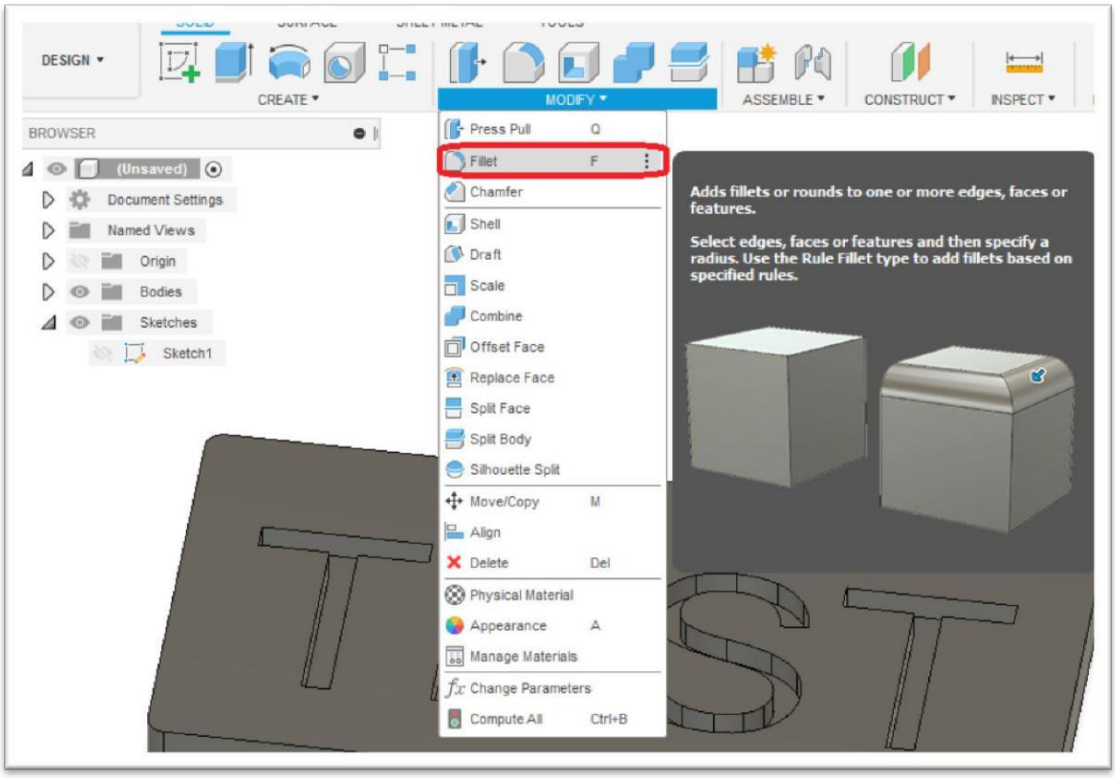
Joonis 10 - "Silma" ikoonilt saab lülitada nähtavaks ja peita erinevaid elemente.

Seejärel süvistage sõna “TEST” 5 mm kasutades “extrude” funktsiooni (Joonis 11).



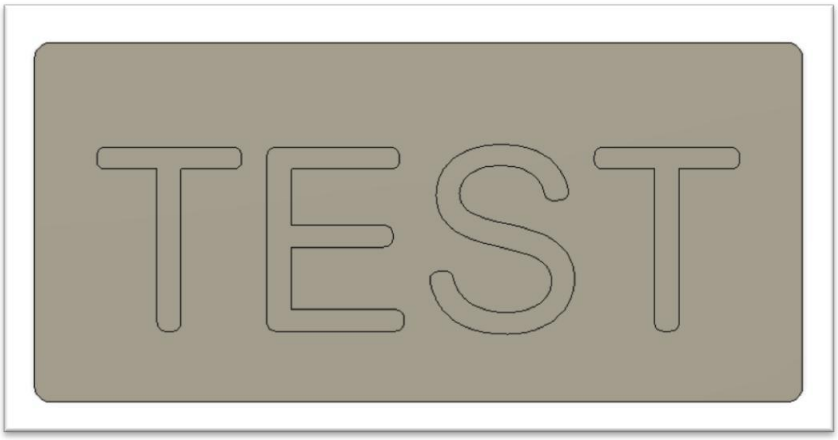
Joonis 11 - Teksti süvistamine detaili.

NB! Antud näiteks kasutame freesitera diameetriga 3 mm. See tähendab et kõige minimaalsem sisenurk mida saame antud teradega freesida peab olema vähemalt 1,5 mm raadiusega. Tööradasid genereerides ei ole sellel vahet kas ümardused on füüsiliselt detaili sisse modelleeritud või mitte. Küll aga saab soovi korral kõik nurgad juba korrektselt ära ümardada, et oleks paremini näha freesimise lõpptulemus. Selleks võib kasutada näiteks “*modify*” – “*fillet*” käsklust (Joonis 12).



Joonis 12 - "Fillet" käsklus.

Ümardatud tulemus peaks jääma selline (Joonis 13):

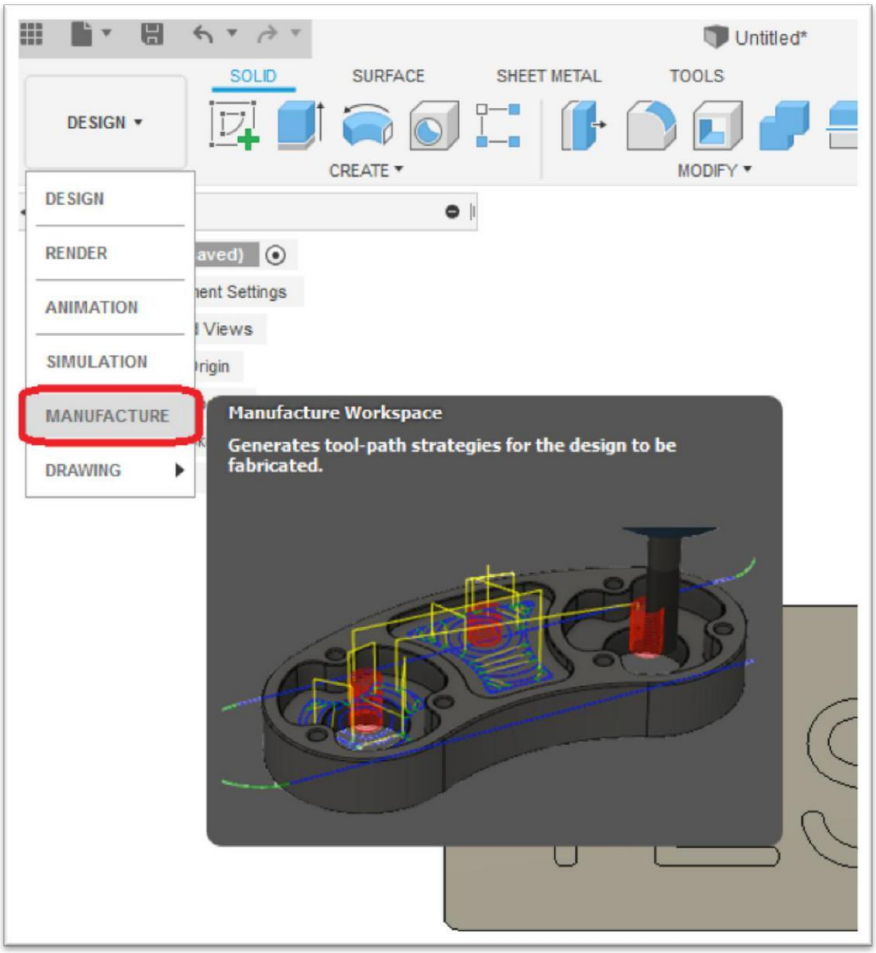


Joonis 13 - Ümardatud sisenurkadega tekst.

On valminud teie esimene 3D-mudel. Kasutades samasid tööriistasid proovige teha teksti näiteks teiste kujundite sisse.

2. Esmane seadistus

Kui teie 3D-mudel on valmis, siis võib siseneda tootmise (i.k. “*manufacture*”) keskkonda (Joonis 14).

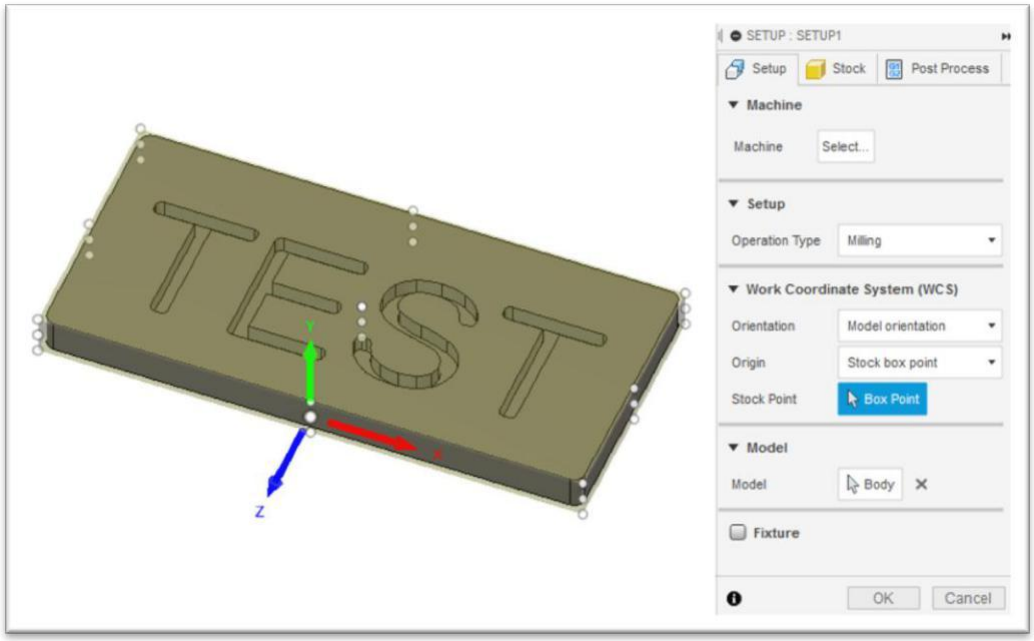


Joonis 14 - "manufacture" ehk tootmise keskkond.

Seadke ülsse oma toorik ja tööala – selleks vajutage “*Setup*” nuppu (Joonis 15).

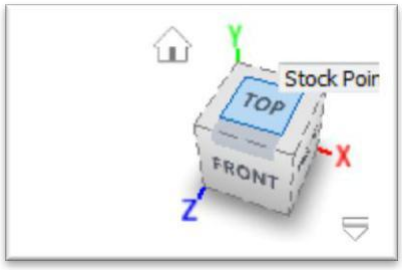
Joonis 15 - Detaili seadistamine.

Detail peab olema õigesti orienteeritud - X, Y ja Z telg peavad olema õigetes suundades. Kui mingil põhjusel ei ole, siis saab seda kergelt parandada. Antud juhul on meie teljed valesti (Joonis 16).



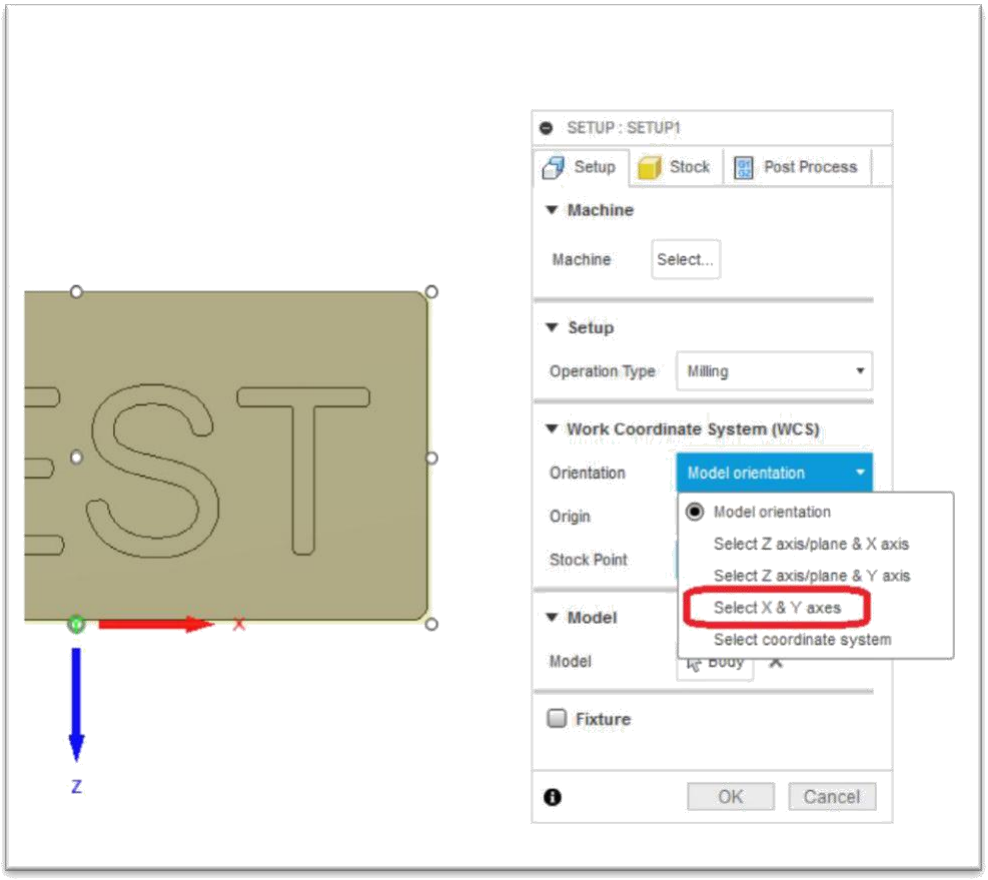
Joonis 16 - Teljed valesti. Z telg peaks olema suunatud ülesse.

Minge joonise pealtvaatesse vajutades üleval paremas nurgas oleva orientiirkasti peal "*TOP*" (Joonis 17).



Joonis 17 - Pealtvaatesse liikumine.

Seejärel valige "Setup" aknas "*Orientation*" lahtris "*Select X & Y axes*" (Joonis 18).



Joonis 18 - X ja Y telje valimine.

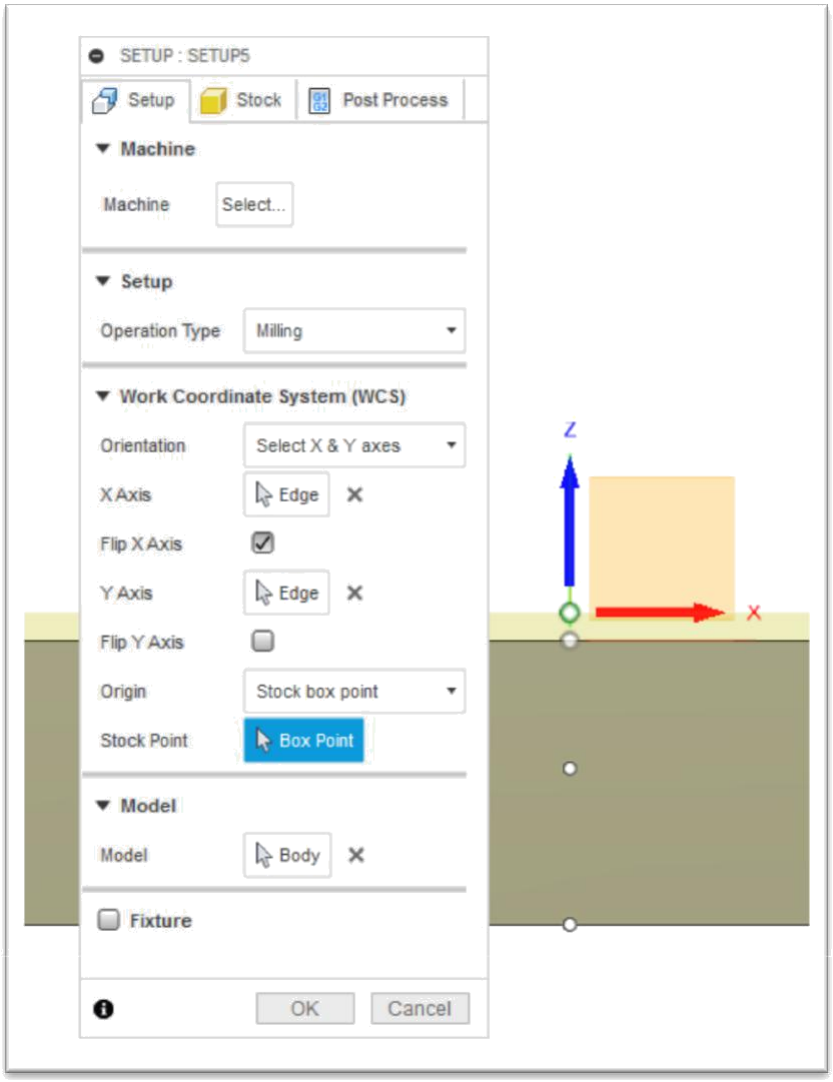
Nüüd valige pealtvaates vastavalt X ja Y telg vajutades teljega paralleelselt jooksvale detaili servale.

Võite 3D-mudeli nüüd tagasi keerata 3D-vaatesse. Juhul kui Z-telg on valet pidi, vajutage linnuke vastavalt "*Flip X Axis*" või "*Flip Y Axis*" kasti, et Z telg oleks ülespidine ja korrektne.

NB! Koordinaatsüsteem peaks olema detaili pealispinna peal!

Selleks mine külgvaatesse ning vajuta "*Setup*" aknas "*Stock point*" lahtris "*Box Point*" nupule.

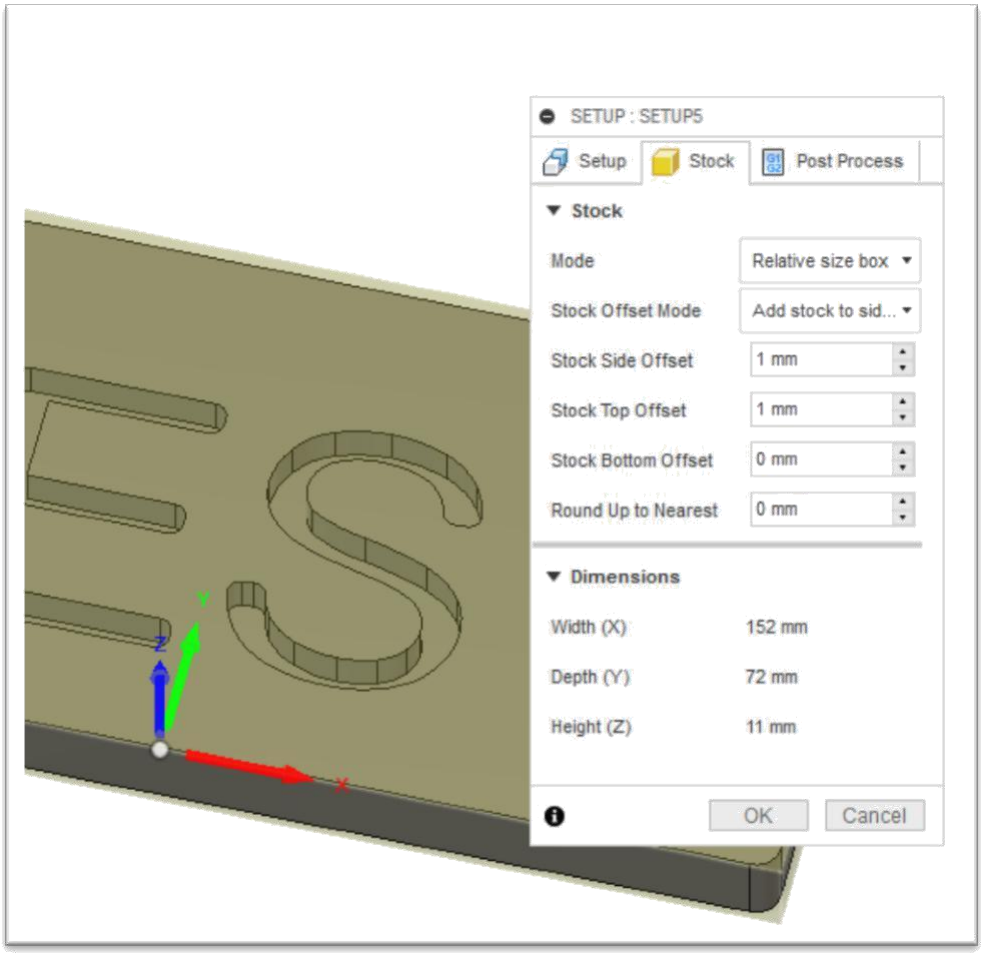
Sellega saab valida erinevate punktide vahel (Joonis 19).



Joonis 19 - Koordinaatteljestiku nullpunkti määramine.

Valitud punkt on nullpunkt töö alustamiseks – kui see seada näiteks tooriku alla ning mitte kompenseerida G-koodis asukohta, siis sõidab frees töö alguses koheselt detaili sisse ning võib kahjustada toorikut, freesi ning koguni masinat ennast.

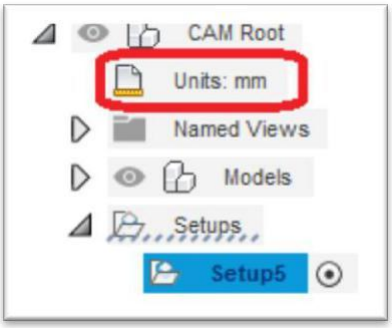
“Setup” akna “Stock” lehelt on võimalik seada kogu tooriku suurus. Võimalusel seada sinna võimalikult täpne suurus. Standardina oleme hetkel seadnud tooriku külgedele varu 1 mm ning peale samuti 1 mm. See materjal freesitakse hiljem maha. Reaalsuses küll ei pea jätma toorikule ei peale ega külgedele lisamaterjali, kui tooriku pinnakvaliteet on juba rahuldav. 3D-mudelis on näha ka õrna poolläbipaistvat kihti detaili ümber, mis iseloomustab tooriku suurust. (Joonis 19)



Joonis 20 - Tooriku varu.

Seejärel võite “Setup” aknas valida “OK” ning esmane seadistamine on tehtud.

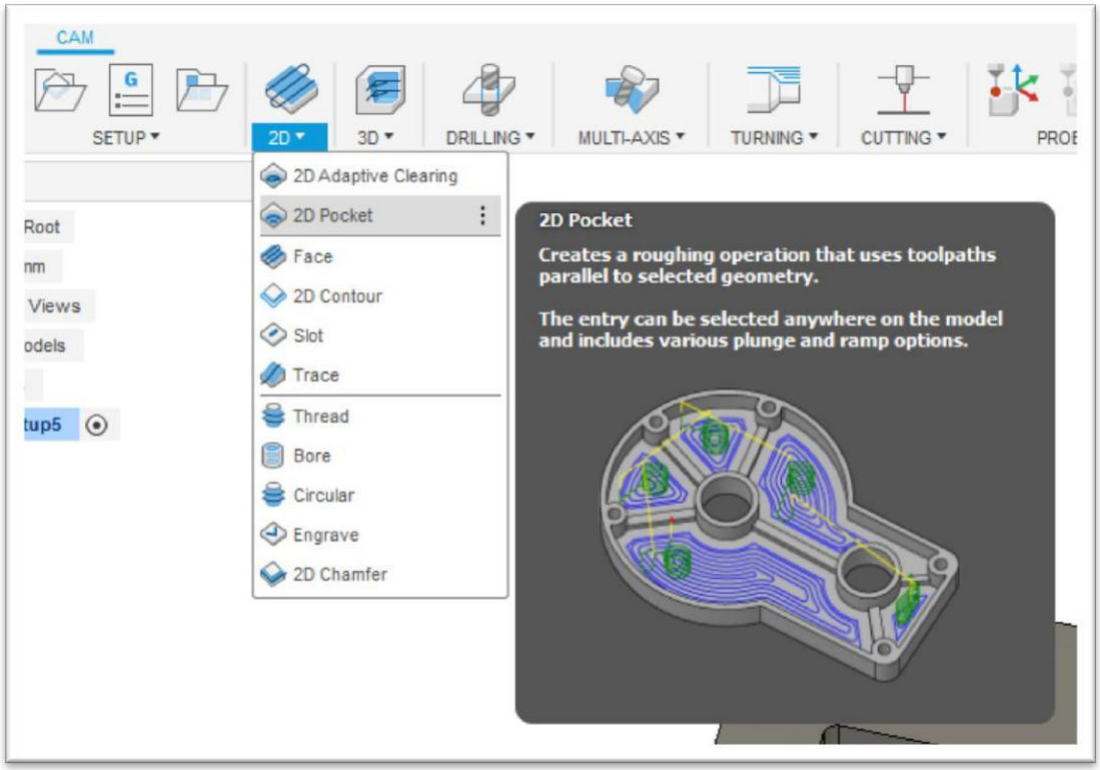
NB! Jälgige ka ühikuid! Peavad olema millimeetrites! (Joonis 21)



Joonis 21 - Ühikud iseenesest ei muutu, kuid hea oleks need üle kontrollida, et vältida ebamugavusi.

3. Töörajad

Nüüd saame ette valmistada CNC freesimiseks tööriista rajad, mis tõlgenduvad ümber G-koodiks, mida suudab UCCNC tarkvara lugeda. Tööradade genereerimiseks on Fusionis palju erinevaid tööriistasid. Tööriista valik sõltub detaili geomeetriast ning soovitud töötluse viisist. Praegusel juhul soovime freesida detaili sisse kirja, seega peame koostama töörajad siseavade (ehk ka n.ö. tasku – i.k. "*pocket*") freesimiseks, kasutades lihtsat 2D ava freesimise tööriista – selleks valige "*2D*" – "*2D Pocket*". (Joonis 21)



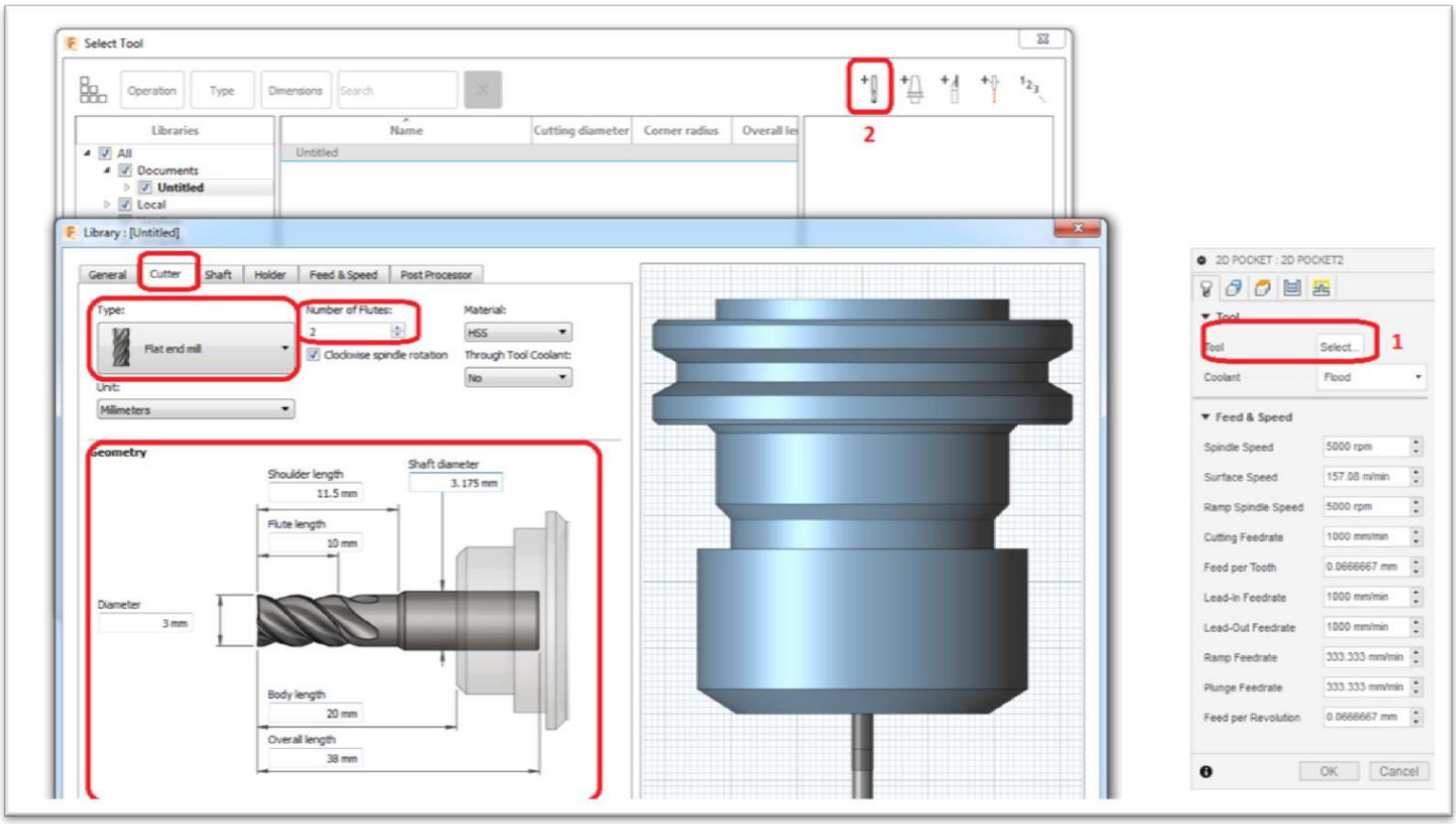
Joonis 22 - 2D avade freesimine.

Seejärel ilmub uus aken. Esmalt peab valima tööriista. Tööriista valik sõltub materjalist (puit, plast, metall, vm.) ja detailist geomeetriast (detaili paksus, minimaalsed raadiused, 2D töötlus/3D töötlus jne.).

Antud juhul kasutame Stepcrafti 3 mm teemantfreesi (https://shop.stepcraft-systems.com/End-Mill-Diamond-3-mm) mis ka iga freesi komplektiga kaasa tuleb.

Vajutage "*Tool*" lahtris "*Select*" (Joonis 23, nr. 1) – ilmub uus aken, kus vajutage ülevalt paremalt tööriista lisamise nupule (Joonis 23, nr. 2). Seejärel seadistage tööriist. Tööriista parameetrid on üldjuhul tööriista tootja poolt etteantud, kuid vajadusel ka mõõdetavad ning visuaalselt vaadeldavad. Kui kõik parameetrid on paigas, vajutage "*OK*" nupule ja tööriist on

lisatud. Tööriistade lisamine on ühekordne tegevust. Kui tööriistad on lisatud juba Fusioni kogusse, siis selles arvutis järgmisel korral saab tööriista juba kiiremini valida ning tööriista parameetrid laetakse tööriista kogust.



Joonis 23 - Tööriista lisamine.

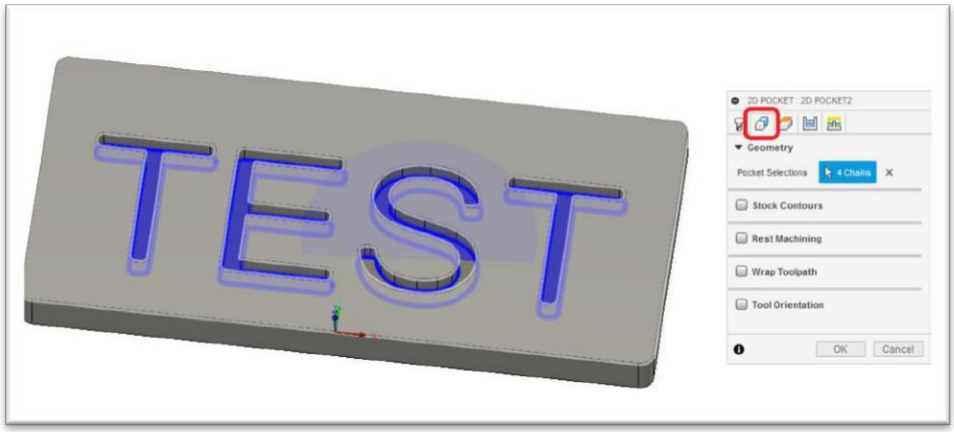
Antud näite jaoks seame spindli kiiruseks 16 000 pööret minutis, kuid enamus Stepcrafti standardkomplektid kasutavad tavalist FME800 freesi, mille puhul spindli kiirus on seatav freesi pealt manuaalselt rullikuga. Sellisel juhul ei oma siinkohal etteantud kiirused mingit vahet. Teiste seadete puhul võib antud juhul jääda standardkiiruste juurde, mis on juba Fusioni poolt automaatselt pakutud. Need on juba sobilikud vineeri ja pehmemate puitude freesimiseks. Juhul kui soovime freesimise ettenihet muuta, annab seda teha ka juba kontrolltarkvarast UCCNC. Antud kiiruseid küll peab kindlasti muutma kui freesida näiteks kõvemaid materjale, plaste või metalli. Sellisel juhul tuleks kasutada õigeid terasid ning teisi parameetreid.

Allolevad lingid aitavad erinevate materjalide puhul õiged seaded paika saada:

- Kiirustest Stepcrafti seadmetel lähemalt siit: https://www.stepcraft.us/blog/blog-1/post/speeds-feeds-rpm-and-depth-per-pass-starting-points-for-wood-on-a-stepcraft-cnc-system-4

- Kiiruste kalkulaator erinevatele materjalidele: https://www.cutter-shop.com/information/speed-and-feeds-calculator.html
- Kiiruse valemid CNC freesimisel: https://www.ns-tool.com/en/technology/technical_data/cutting_speed/

Nüüd valige "*2D Pocket*" aknas "*geometry*" ning klõpsake "*Pocket Selections*" peale. Valige kõik pinnad mida soovite freesida. Antud juhul siis valiga sõna "*TEST*" tähtede põhjad. (Joonis 24)

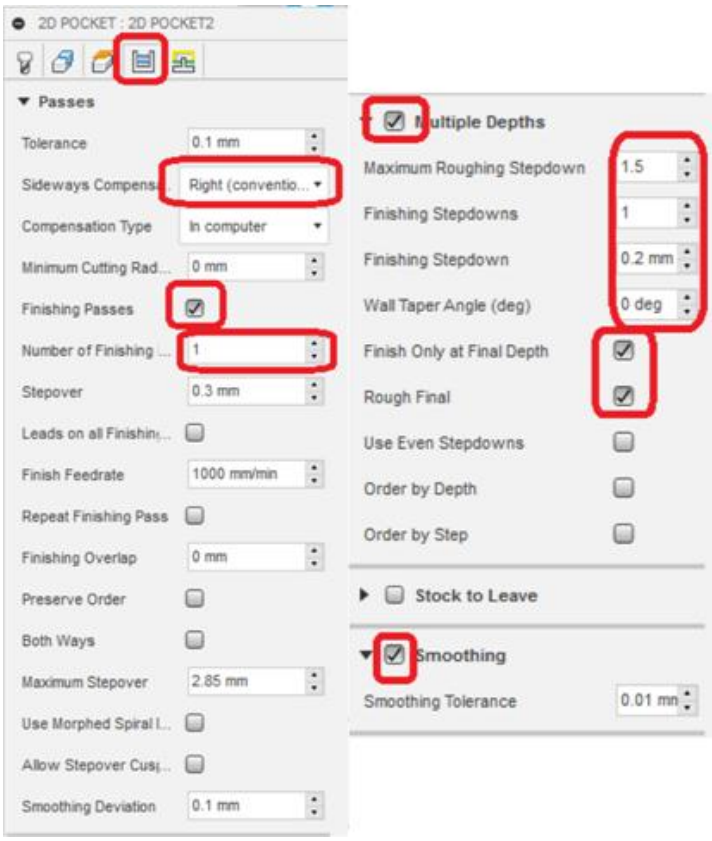


Joonis 24 - Freesitava geomeetria valimine.

Nüüd vajutage "2D Pocket" aknas "Passes" peale ning seadke järgnevad seaded (Joonis 24).
Fusion lubab muuta väga paljusid parameetreid freesimisel. Muudab antud tarkvara kindlasti heaks valikuks ka proffidele, kuid võib alustamise keerukaks teha, sest võib tunduda, et seadeid mida tundma peab on äärmiselt palju.
Lihtsamate freesimiste puhul on aga asi väga lihtne ning ainsaks parameetriks mida peab siinkohal muutma on "*multiple depths*" – selle käsklusega ütleme Fusionile et soovime freesida samm-sammu haaval ehk freesitera ei sisene kohe kõige sügavamasse punkti ning ei eemalda kõiki materjali korraga, vaid eemaldab materjali kiht-kihi haaval. See on oluline, sest väikese tera puhul rohke materjali korraga eemaldamine võib viia kiirelt freesitera murdumiseni. Üldjuhul peaks olema seade "*Maximum Roughing Stepdown*" ca. pool tööriista diameetrist.

Ülejäänud seaded ei ole sedavõrd olulised ning on pikemalt lahti seletatud siin: https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/How-Get-Started-CAM-Within-Fusion-360-2017#video

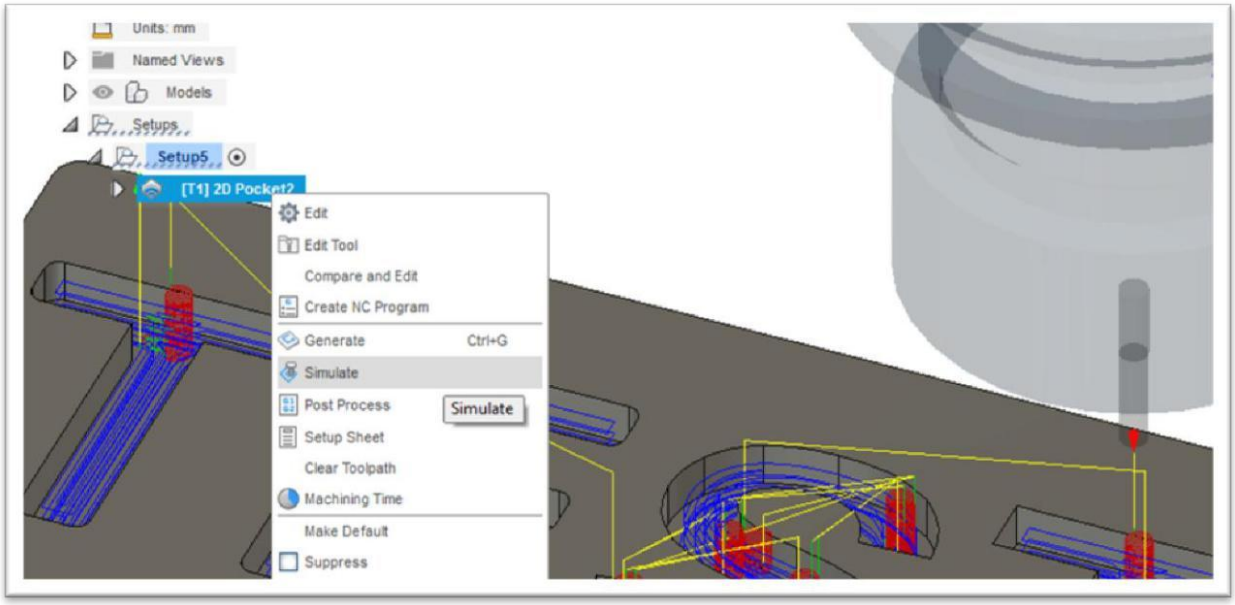
Samuti on kirjeldatud iga seade kui liigutada hiirekursor seade lahtri peale ja oodata 3 sekundit.



Joonis 25 - "Passes" soovituslikud seaded.

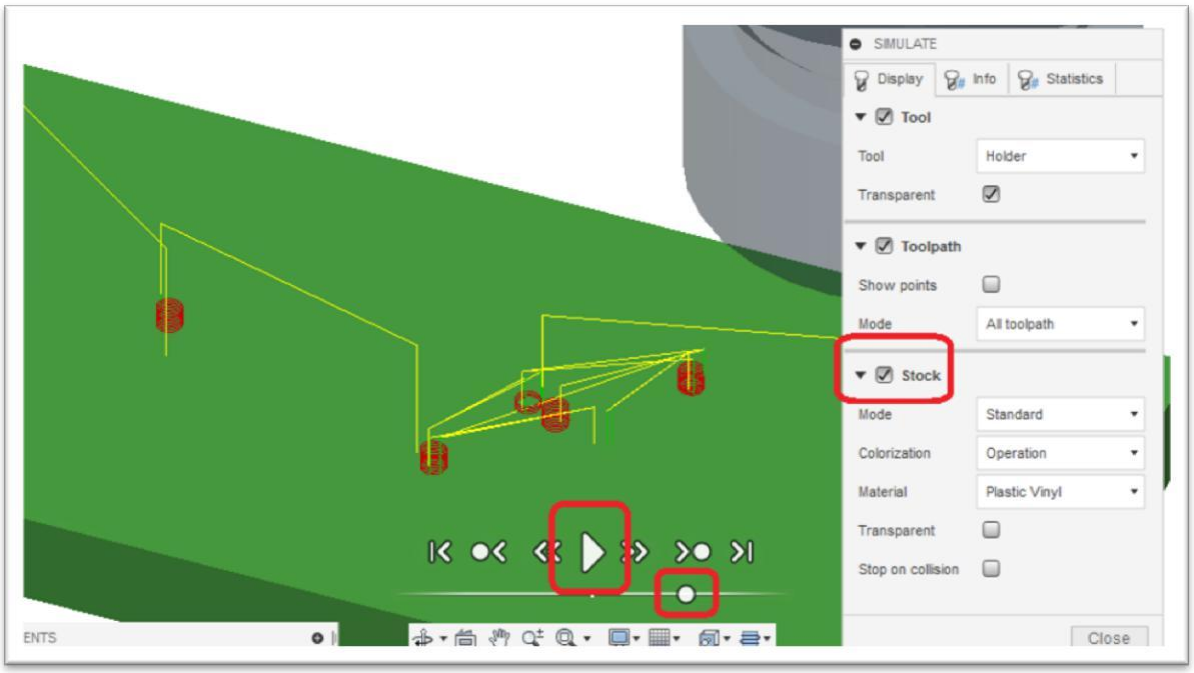
"*Linking*" vahelehel üldjuhul midagi muutma enam ei pea. Seaded peaksid olema juba tarkvara poolt seadistatud. Kui kõik tundub korras, võib vajutada "*OK*".

Nüüd genereeruvad töörajad sinise joonega, liikumisrajad kollase joonega ning tööriista sisenemine detaili punase ringina. (Joonis 26) Kogu töö simulatsiooni ja aega saab näha "*Simulate*" aknas, mille leiab kui vajutada paremklõpsu vastloodud "*2D Pocket*" operatsioonile. (Joonis 27)



Joonis 26 - Töörajad.

Simulatsiooni aknas soovitame vajutada linnukene tooriku järel (i.k. "*stock*"), siis on näha kuidas täpselt materjal eemaldub detailist. Vajutades "*play*" nupule hakkab simulatsioon tööle. Slaiderilt saab reguleerida simulatsiooni kiirust. (Joonis 27)



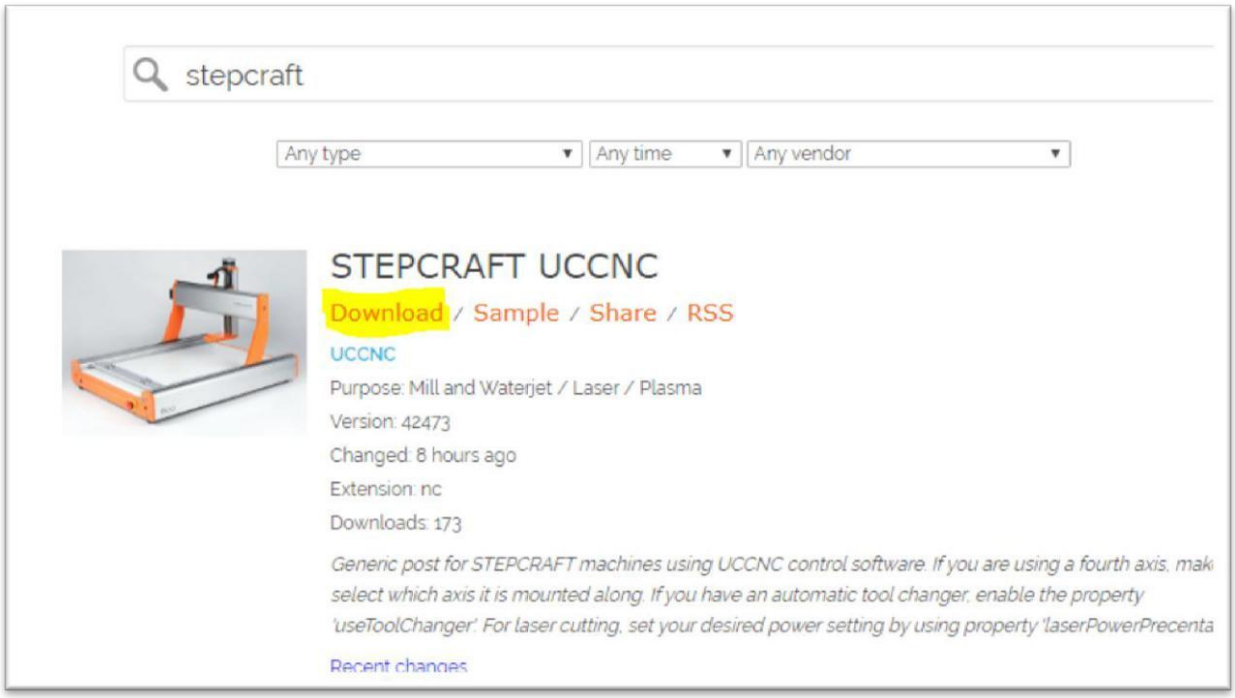
Joonis 27 – Simulatsioon.

4. G-koodi genereerimine

Kui olete soovitud töörajad koostanud ning simulatsiooni põhjal tulemusega rahul, siis tuleks koostada G-kood, mille põhjal saame CNC pingiga tööd teha.

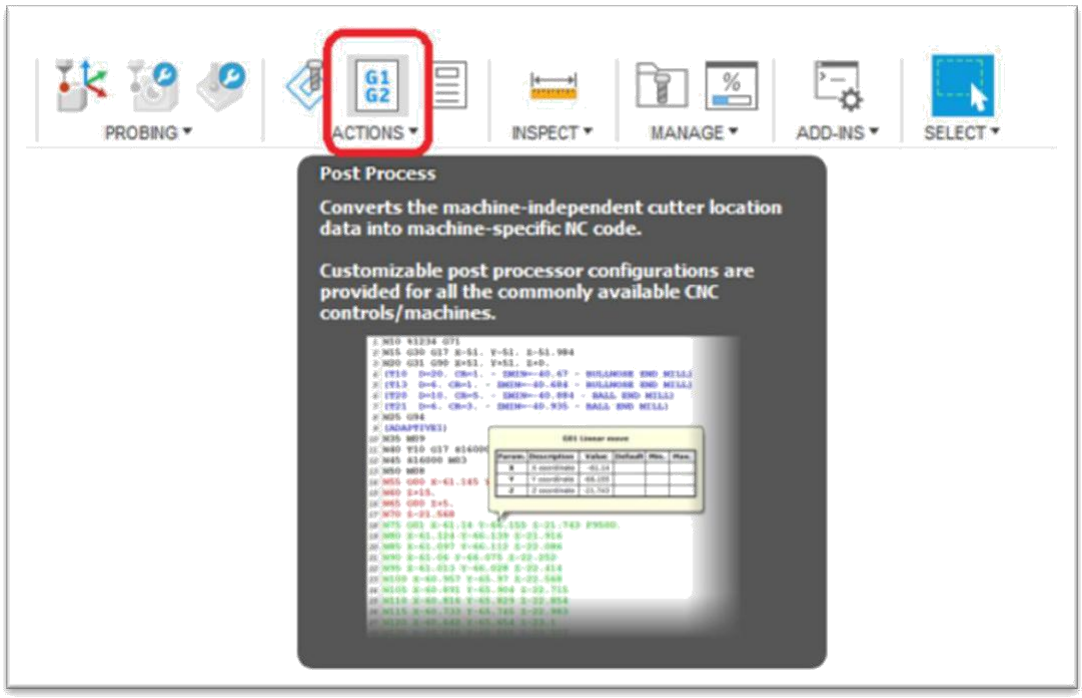
Selleks tuleks alla laadida ja installeerida seaded kindlale masinale. Antud näidises kasutame Stepcraft freespinki ning UCCNC juhtkontrolltarkvara. Seaded ("*Post processor*") saab otsida konkreetsele masinale siit: https://cam.autodesk.com/hsmposts

Kirjutage otsingusse "*Stepcraft*" ning laadige alla "*Stepcraft UCCNC*". (Joonis 28)



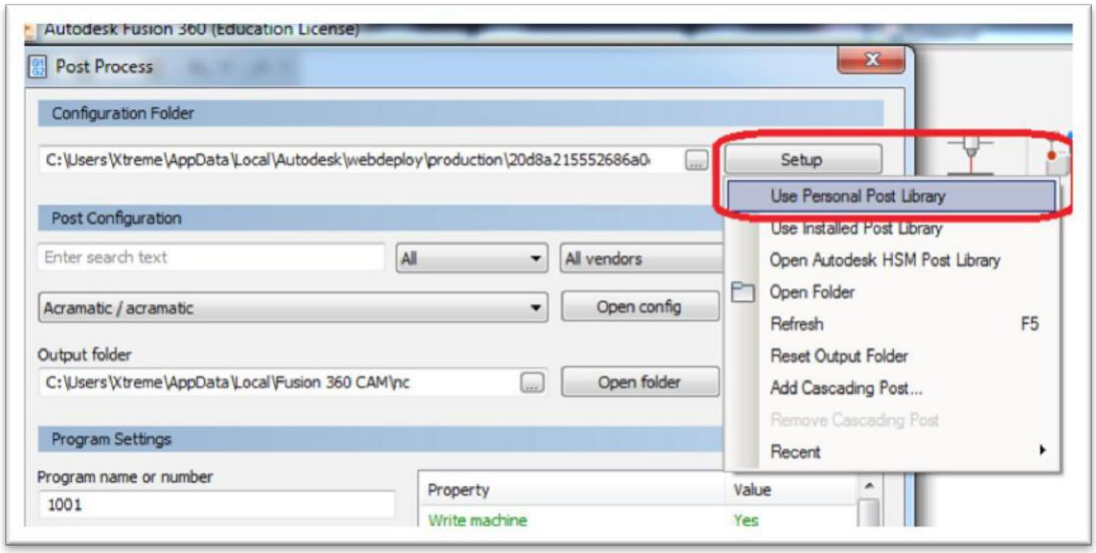
Joonis 28 - Stepcrafti seadete profiili allalaadimine.

Salvestage fail ajutiselt töölauale. Võtke uuesti Fusion 360 lahti ning valige "*Post process*". (Joonis 29)



Joonis 29 - Profiili laadimine.

Nüüd vajutage "*Setup*" ning valige "*Use Personal Post Library*". (Joonis 30)



Joonis 30 - Profiili laadimine.

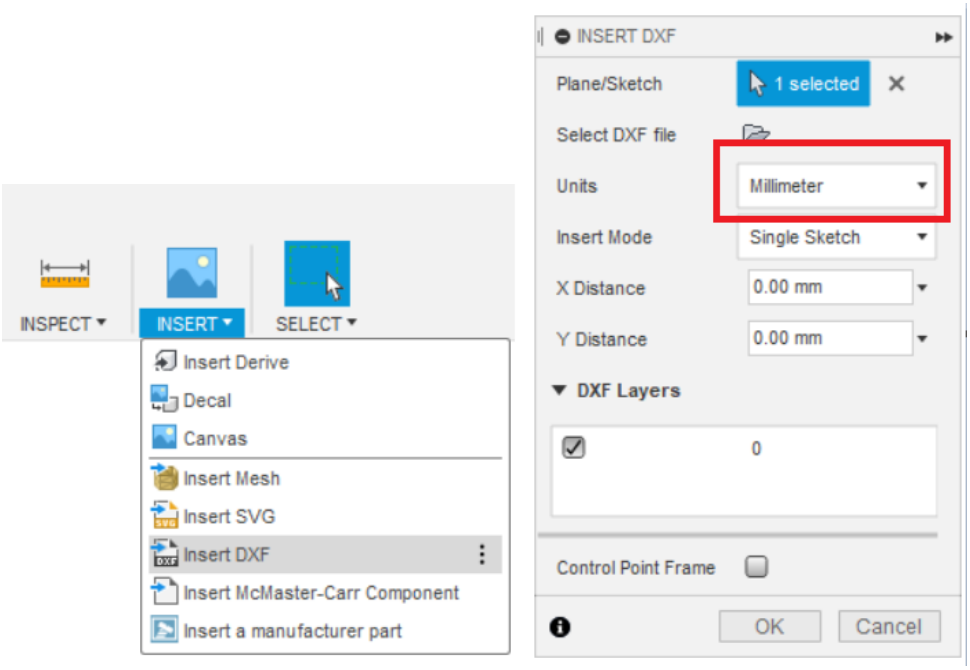
Seejärel tekib lahtrisse uus aadress ühele kaustale. Kopeerige see aadress oma failihaldurisse ning tõstke eelnevalt salvestatud "stepcraft uccnc.cps" fail sellesse kausta.
Seejärel sulgege ja taasavage Fusion 360 "*Post Process*" aken. Valige taaskord "*Setup*" alt "*Use Personal Post Library*" ning võite nüüd vajutada "*Post*" nupule, mis genereerib UCCNC tarkvaras kasutatava G-koodi.

Näidisprojekt nr. 2 – Medali freesimine

Selles näidisprojektis genereerime G-koodi Keila Kooli sümboolikaga medali freesimiseks. Näidisprojekt nr. 2 eeldab, et on läbitud 1. Näidisprojekt ning algtõed Fusion 360 kasutamisest ning "*Manufacture*" (ehk CAM) keskkonnast on teada.

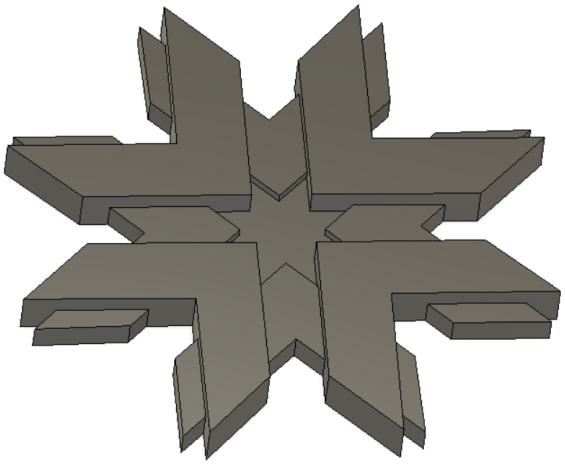
Näidisprojekti jaoks on vajalik Keila Kooli sümboolika vektorfail, mis on allalaetav siit: https://www.upload.ee/files/12410822/Logo_vektor.dxf.html

Salvestage fail mugavalt ligipääsetavasse kausta (näiteks töölauale).
Kui fail on olemas, avage Fusion 360 ning koostage uus projekt. Salvestage projekt ning looge uus joonis XY tasapinnal.
Kui olete sisenenud joonise vaatesse, vajutage "*insert*" – "*insert DXF*". Seejärel valige taaskord XY tasaping ning laadige eelnevalt allalaetud DXF fail. Jälgige et ühikud oleksid millimeetrites. (Joonis 31)



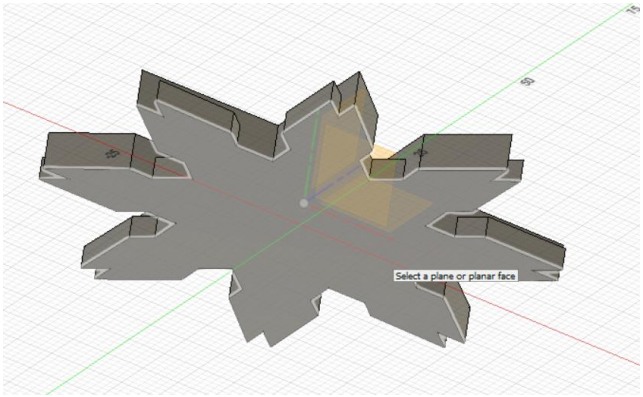
Joonis 31 - DXF faili lisamine.

Kasvatage äsja imporditud DXF joonise põhjal taoline 3D-kujutis. Kogupaksus võiks tulla 5 mm. (Joonis 32)



Joonis 32 – Joonisest kasvatatud 3D-kujutis.

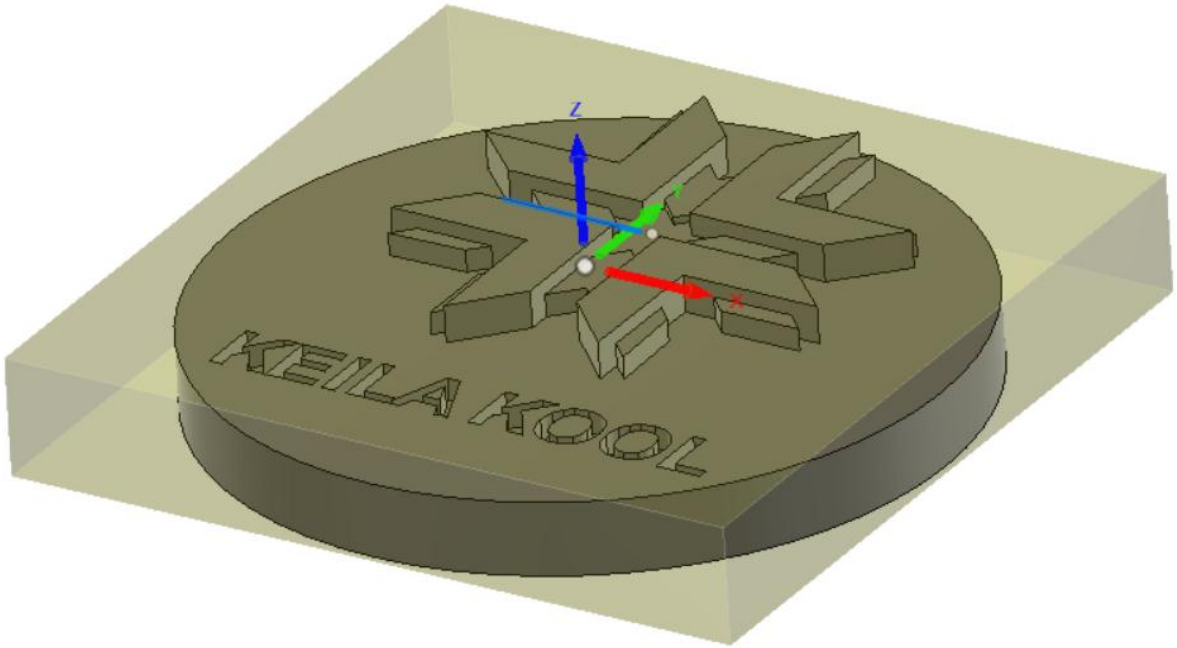
Seejärel valime "*Create sketch*" abiga detaili põhja ning loome logo ümber ringi, millest saab meie medali põhi. Kusjuures paigutame logo sedasi, et logo alla mahuks veel ka kiri "Keila Kool". Taguse teeme antud juhul diameetriga 100 mm ning paksusega 10 mm ning süvenduse "*Keila Kool*" teeme suurusega 12 mm kõrgus (paksud "*bold*" tähed) ning süvenduse sügavuseks 3 mm. (Joonis 33)



Joonis 33 - Medali tagus.

Medali 3D-mudel on nüüd valmis.

Siseneme “*manufacture*” keskkonda ja seadistame tooriku “*setup*” alt. (Joonis 34)



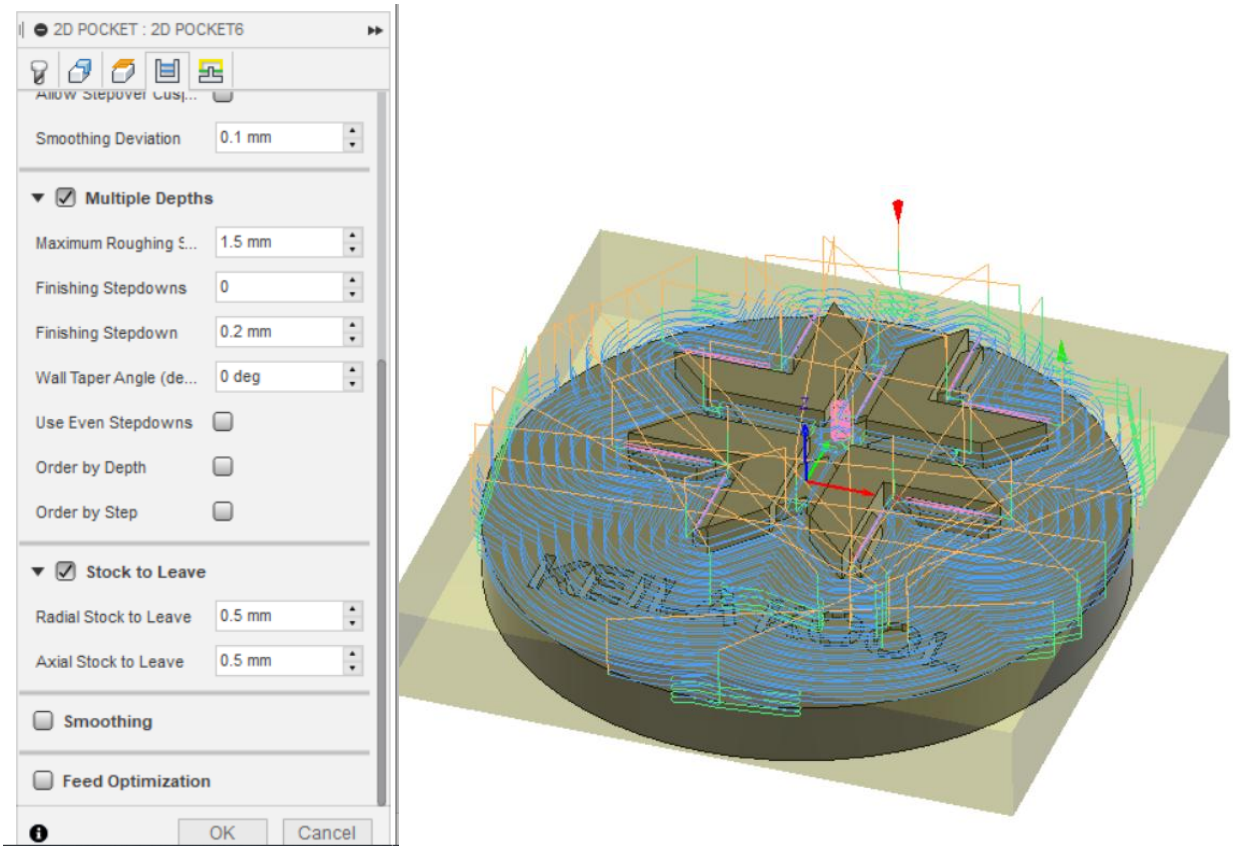
Joonis 34 - Tooriku seadistamine

Kuna tegemist on detailse ning väikese detailiga, siis peaks kasutama võimalikult väikese diameetriga tera. Saadavalolevatest teradest valime 1 mm Stepcrafti tera. Seadistame tera Fusion 360 tööriistade kogumikus. Samas, mida väiksem on freesitera, seda kauem läheb freesimisele. Seetõttu oleks mõistlik eemaldada suurem osa materjali suurema teraga (nt. 3 mm freesiteraga) ning teha alles lõppviimistlus 1 mm freesiteraga.

Valime “*2D*” – “*2D Pocket*”. Tööriistaks võtame esmalt 3 mm freesi. Tööpindadena valime pinnad, mida koorida liigsest materjalist. (Joonis 35)

Joonis 35 - Valitud pinnad.

Seame "*multiple depths*" 1,5 mm peale (valime maksimaalseks kihi eemaldamise paksuseks pool freesi diameetrist ehk 0,5 x 3 = 1,5 mm). Jätame töötlusvaru 0.5 mm (selle eemaldame 1 mm freesiteraga). Seejärel vajutame "OK" ja Fusion genereerib tööriista rajad. (Joonis 36)

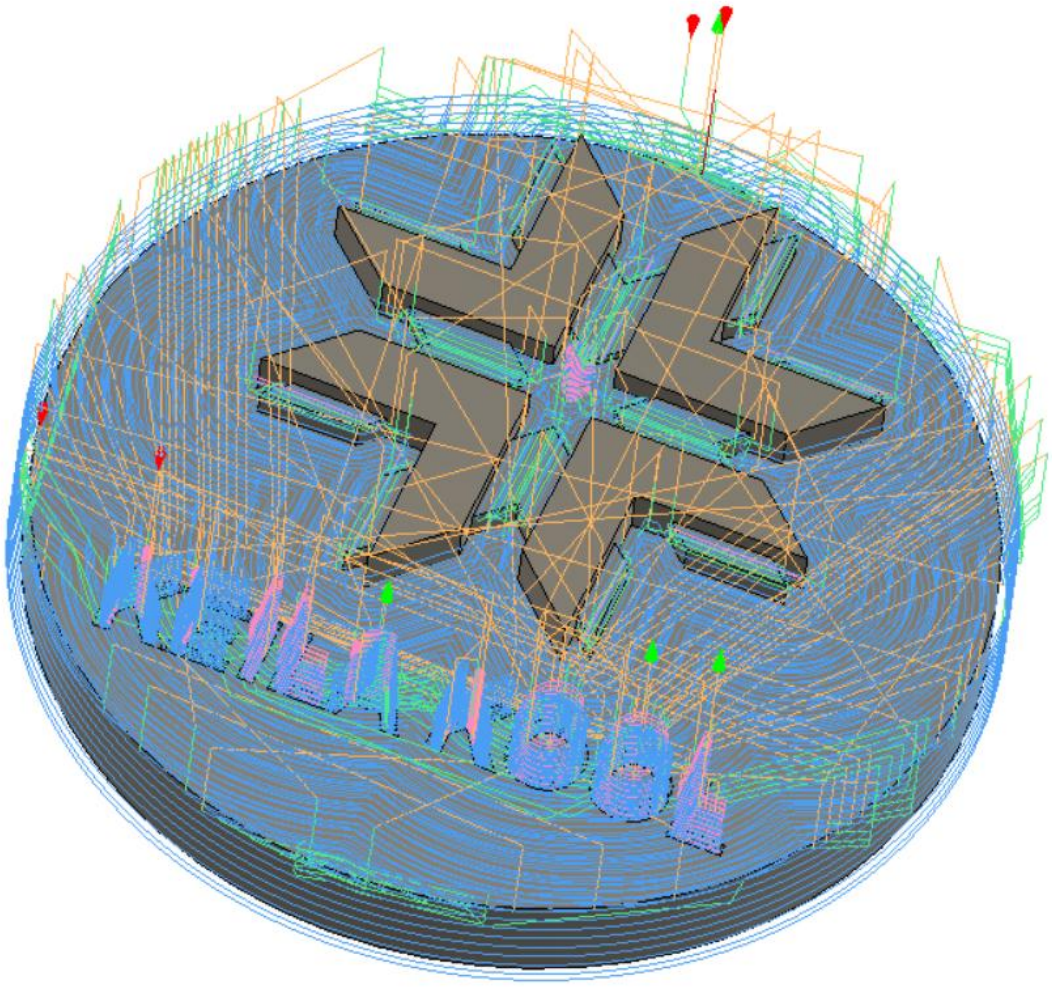


Joonis 36 - Seaded ja töörajad.

Kui suurem osa materjalist on 3 mm freesiteraga eemaldatud jääb järgi 0.5 mm nii detaili külgmistele kui ka pealmistele pindadele. Selle eemaldame 1 mm freesiteraga. Samuti teeb 1 mm freesitera ka sisenurgad täpsemad (1,5 mm asemel 0,5 mm raadiusega). Taaskord valime "*2D Pocket*" käskluse, kuid seekord valime tööriistaks 1 mm freesitera. Geomeetriana valime samad pinnad mis eelnevalt. "*Multiple depths*" ei ole sel korral vajalik, sest eemaldame ainult eelmisest freesimisest ülejäänud 0.5 mm jäägi. Genereerime töörajad.

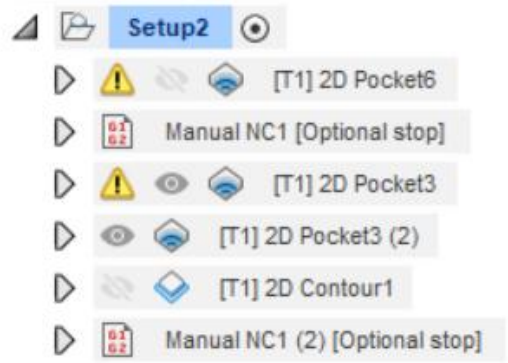
Sõna *"KEILA KOOL*" freesime samuti 1 mm freesiteraga, kuid kuna antud kirja sügavus on 3 mm, siis selle puhul peab freesima mitme kihi kaupa ning "*Multiple depths*" seame 0.5 mm peale. Genereerime töörajad.

Viimase töörajana teostame medali väljalõike. Selleks valime kontuurlõike "*2D*" – "*2D Contour*". Kasutades 3 mm tööriista lõikame medali toorikust välja. Geomeetria alt tuleb valida medali äärmine alumine serv. Genereerime töörajad. (Joonis 37)



Joonis 37 - Kõik töörajad visualiseerituna.

Selleks et tööradasid ei peaks eraldi G-koodidena salvestama ning tööriista vahetamine mugavamaks muuta, paneme CNC freespingi kindlates kohtades pausile. Selleks tuleb valida "*Setup*" – "*Manual NC*" – "*Manual type*" – "*Optional stop*". See tuleks lohistada tööradade vahele seal kus 3 mm freesiga sai esmane koorimine tehtud ning oleks vaja vahetada frees 1 mm vastu. Samuti tuleks üks paus sisestada ka peale teksti süvistamist, kui on vaja taaskord 3 mm freesi medali väljalõikamiseks. (Joonis 38)



Joonis 38 - Pausid tööradade vahel.

Seejärel saab läbi teha terve medali freesimisele simulatsiooni ning kui kõik tundub sobivat, saame salvestada G-koodi, mida saab importida juba CNC freespingi juhtkontrolltarkvarasse. (Joonis 39)

Joonis 39 - Freesimise simulatsioon.