

Õpilase raamat

C
N
C

p
i
n
k



CNC pink *NcCad ja NX*

Aron Lips
Aivar Lüiste

Õ
P
I
L
A
S
E

R
A
A
M
A
T

3D modelleerimine CNC pink Joonestamine

Kalle Kivi, Aivar Lüiste, Aron Lips,
Tea Hunt, Harri Annuka, Sergei Letunovitš



Euroopa Sotsiaalfondi meetme 1.1.7 alameede 1.1.7.5
"Kaasav, mitmekesine ja turvaline üldharidus"
Projekt TehnoTiiger+

Kalle Kivi, Aivar Lüiste, Aron Lips, Tea Hunt, Harri Annuka, Sergei Letunovitš
3D modelleerimine. CNC pink. Joonestamine

ISBN 978-9949-21-889-9

Trükikoda: G` [bq] f

Kujundus: Kalle Kivi

Kirjastus: Tiigrihüppe Sihtasutus

Ilmumisaeg: 2011

Tiraaž: 800 eksemplari

Litsents: Creative Commons 3.0, BY-SA

Õppematerjali väljaandmist toetab Euroopa Sotsiaalfond



Tiigrihüppe Sihtasutus ja autorid tänavad töö- ja tehnoloogiaõpetuse` [Y joonestamise õpetajaid, kes aitasid kaasa õppematerjali valmimisele.

Eessõna

Hea lugeja,

Hoiad käes õpikut, mis on valminud Tiigrihüppe Sihtasutuse projekti TehnoTiiger+ raames. Projekti rahastab Sihtasutus Innove, eraldades Euroopa Sotsiaalfondi vahendeid õpetajate koolitamiseks, õppematerjalide loomiseks ja üleriigiliste õpilaskonkursside tarbeks.

Tiigrihüppe Sihtasutuse tegevuse algusaegadest saadik on üheks olulisemaks eesmärgiks olnud innovaatilistele ja edumeelsetele ideedele rakenduse leidmine Eesti koolides. 2005. aasta alguses alustati projektiga, mille tulemusena said kõik koolid õiguse kasutada modelleerimistarkvara *Solid Edge*. Lisaks on praeguseks hetkeks üle 50 kooli saanud endale CNC freespingi ja vastava tarkvara pingi juhtimiseks.

CNC freespingid, mida juhitakse arvutiga, ei ole kasutatavad ainult maailma suurte tootjate tehastes. Neid võib kohata mööblitööstuses, masinaehituses ja mitmel muul tegevusalal paljudes ettevõtetes ka Eestis. Läheb veel aega, kuni iga soovija hakkab kodustes oludes kasutama ka näiteks 3D printerit, aga kindlasti ei ole see võimalus väga kaugel. Küllap jõuab peagi kätte ka aeg, kus igaüks võib olla disainer, tootearendaja, kunstnik ning valmistada oma loomingut ise. Mõne vajaliku detaili asendamine kodustes oludes enda looduga võiks olla jõukohane igaühele, kes algõpet saanud.

Käesolev raamat ongi mõeldud kasutamiseks üldhariduskooli põhikooli kolmanda astme tehnoloogiaõpetuse tundides, kuid siit leiavad huvipakkuvat ja õpetuslikku ka gümnaasiumiõpilased ning tudengid. Õppematerjal sisaldab kolme eriteemalist osa – „3D modelleerimine“, „CNC“ ja „Joonestamine“. Neist igaüks koosneb omakorda kahest osast – õpilase- ja õpetajaraamatust. Õpe on suunatud siduma mõttetööd ja käelist tegevust, kirjeldama toote valmimise protsessi ning mõistma koolis õpitava seoseid elukeskkonnaga.

Raamat aitab õpetajal kokku panna ühe ülevaatliku või soovi korral mitu iseseisvat kursust, kasutada õppetöös nii personaalset kui rühmatööd – vastavalt õpetaja, õpilase ja kooli soovile, vajadustele ning võimalustele. Siinjuures täname üldhariduskoolide õpetajaid, kes oma antud tagasisidega toetasid materjali valmimist sellisel kujul.

Edukat kasutamist!

Õpiku autorid
Tiigrihüppe Sihtasutus

Sisukord

Sisukord	1
1. NcCad	2
1.1 CNC-pingi joonestamisosa	2
1.2 CNC-pingi juhtimisosa	3
2. Solid Edge joonise toomine NcCad'i	4
2.1 Töölehe suuruse muutmine Solid Edge's	4
2.2 Joonise muutmine kahemõõtmeliseks	4
2.3 NcCad-i joonisele tehnoloogia lisamine	6
2.4 Freesimise simuleerimine	8
2.5 Freesimine	9
3. Alustamine programmiga NX	13
4. Mudeli valmistamine	15
4.1 Mudeli importimine	15
4.2 Töötluse loomine	16
4.2.1 Mudeli tooriku eskiisi loomine	17
4.2.2 Tooriku kontuuride loomine	18
4.2.3 Mudeli tooriku loomine	21
4.2.4 Tooriku muutmine läbipaistvaks	22
4.2.5 Kinnituskohtade lisamine toorikule	23
4.2.6 Kinnituskohtade loomine tooriku sisse	24
5. Mudeli valmistamine	28
5.1 Töötlemiskeskonda sisenemine	28
5.2 Geomeetria määramine	29
5.2.1 Detaili geomeetria määramine	29
5.2.2 Tooriku geomeetria määramine	30
5.2.3 Kinnituskeha (lõiketera liikumiseks keelatud ala) geomeetria määramine	30
5.3 Koordinaatidesüsteemi paigaldamine	30
5.4 Lõiketera loomine	31
5.5 Töötlemisoperatsioonide loomine	33
5.5.1 Musta töötlemise loomine	33
5.5.2 Puhastöötlemise loomine	36
5.6 Postprotsess, ehk NcCad-i koodi genereerimine	38
5.7 Teise poole töötlemine	39

1. NcCad

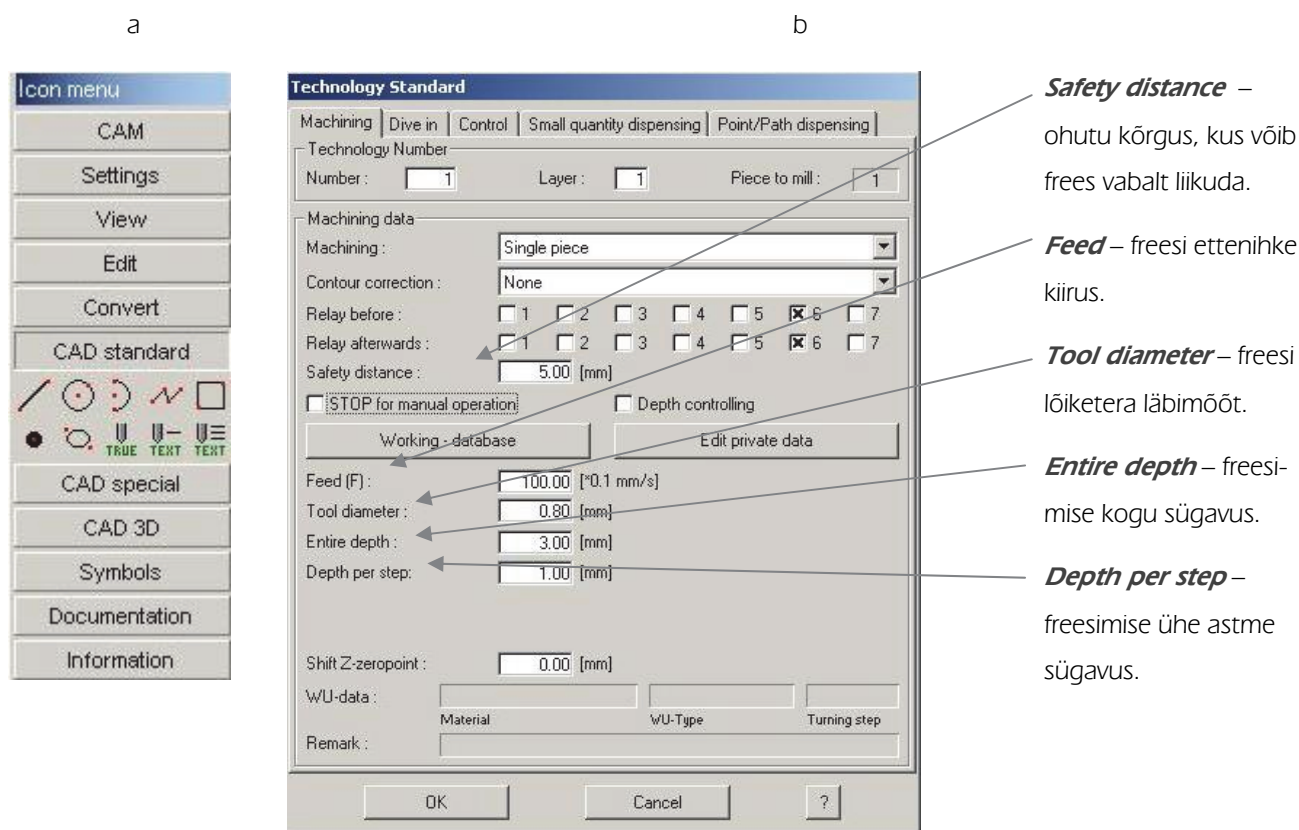
CNC masinjuhtimistarkvara NcCad on mõeldud tööpinkide juhtimiseks ja lihtsamate jooniste valmistamiseks. NcCad7 koosneb kahest osast: joonestamise osa ja freespingi juhtimisosa.

1.1 CNC-pingi joonestamisosa

Joonestamisprogramm koosneb erinevatest joonestusvahenditest ja joonise redigeerimise tööriistadest [joonis 1-1;a].

- **CAM** – freesimistehnoloogia seadistamise tööriistade menüü.
- **Settings** – töölaua ja tööriistade parameetrite muutmine.
- **View** – joonise vaadete suuruse muutmine.
- **Edit** – joonise redigeerimine: liigutamine, kopeerimine, kustutamine.
- **Convert** – joonte muutmine: lühendamine, pikendamine, ühendamine.
- **CAD standard** – peamised joonestusvahendid: joon, kaar, riskülik, teksti lisamine.
- **CAD special** – vähekasutatavad joonestusvahendid: hammasrattad, kurvid, kaared.
- **CAD 3D** – kolmemõõtmelise joonise joonestusvahendid.
- **Symbols** – valmis joonestatud detailid ja nende redigeerimisvahendid.
- **Documentation** – mõõtmete ja kirjanurga lisamise vahendid.
- **Information** – informatsioon joonise mõõtude ja koordinaatide kohta.

CNC-pingi juhtimiseks lisatakse joonisele tehnoloogia [joonis 1-1;b]. Programmi parameetrite teadmine ja mõistmine on vajalik CNC-pingi korrektseks tööks.



joonis 1-1

1.2 CNC-pingi juhtimisosas

CNC-pingi juhtimisosas seadistatakse tööpink. Selleks tuleb kasutada erinevaid nuppe ja välju [joonis 1-2].

Manual operation

Manual operation

Automation

Position

X: -11.96 Y: 314.76 Z: 112.94 U: 0.00

WZP: Not in use 2

Reference Absolute Tool number:

Settings F: 5 S: 5 Feed 0 mm/s Execution time 0:00:00

Relay 1 2 3 4 5 MU U UST 0.6

Directly

Manual operation STOP

Go to home-position – freesi liikumine pingi algasendisse.

Workpiece-changing position – töölauda liigutamine tooriku vahetamisasendisse.

Select workpiece-zero point from table – nullpunkti valimine tabelis.

Execute the program – programmi käivitamine.

Position – freesi positsioon x-,y-,z- telgedel rohelisel taustal.

Directly – käsurida, kus on võimalik muuta erinevaid parameetreid.

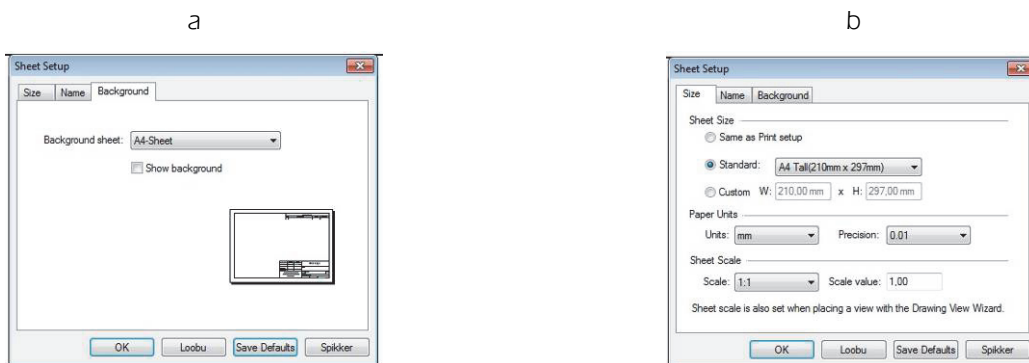
joonis 1-2

2. Solid Edge joonise toomine NcCad'i

Töö alustamiseks on vaja kolmemõõtmelisest *Solid Edge* detailist loodud jooniseid. Selleks, et tööd freesida NcCad-i abil, tuleb kolmemõõtmeline joonis muuta kahemõõtmeliseks.

2.1 Töölehe suuruse muutmine Solid Edge's

- o Töö alustamiseks käivitada *Solid Edge*. Töölehe suuruse muutmine toimub *Solid Edge Draft* moodulis.
- o Kui vaikumisi kehtivaid parameetreid ei ole muudetud, on tööleht on seadistatud A2 suurusele. Kuna CNC-freespingi töölauda suurus on A4, siis tuleb tööleht samuti seadistada A4-suuruseks.
- o Valida *Application Button =>Sheet Setup=>Background*. *Background Sheet* ning määrata töölauda suuruseks A4.
- o Jälgida tuleb, et kastis *Show background* puuduks märge, muidu kuvatakse töölauale joonise kirjanurk, mida freesimiseks vaja ei ole [joonis 2-1;a].



joonis 2-1

- o Valida sakk *Size =>Standard*.
- o Valida *A4 Tall* (210mm x 297mm), [joonis 2-1;b]. See valik on oluline, kuna CNC-freespingil asetseb töölaud pikkupidi. Valida *OK*.

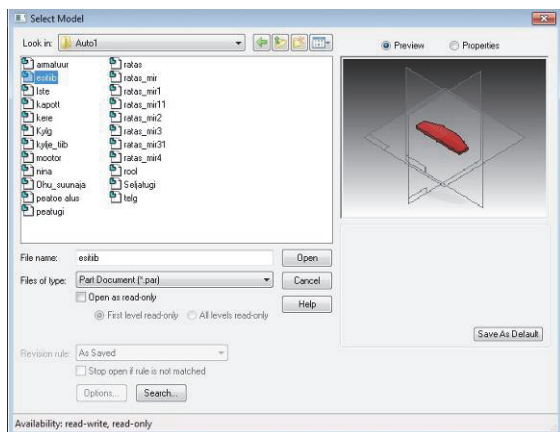
2.2 Joonise muutmine kahemõõtmeliseks

Pärast töölauda suuruse muutmist järgneb 3D joonise muutmine kahemõõtmeliseks. Selleks kasutatakse *Solid Edge* juhendis loodud automudelit „Mudel 1“.

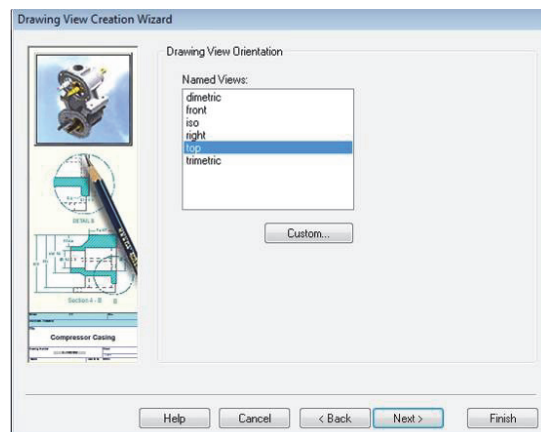
„Mudel 1“ koosneb mitmest erinevast detailist. Esimese detailina muuta kahemõõtmeliseks „Mudel 1“ detail „Esiitiib“.

- o Valida lindil *Home =>View Wizard* ja osutada failile esitiib.par. Vajutada *Open* [joonis 2-2;a].
- o Vajutada *Next*. Seejärel tuleb valida joonis vaade. Tavaliselt annab joonisest kõige täpsema tulemuse pealtvaade. Seega valida loendist *Top* ja vajutada *Finish* [joonis 2-2;b].
- o Tekib punane ristkülik, mis asetada töölehe alumisse vasakusse nurka ligikaudu 1 cm kaugusele töölehe alumisest ja vaskust servast. Seejärel vajutada hiire vasakpoolset klahvi ja töölehele ongi loodud esitiiva pealtvaade [joonis 2-3;a].
- o Oluline on jälgida, et joonis oleks mõõtkavas 1:1. Selle kontrollimiseks vajutada joonisel (kuski joone peal) hiire parempoolset klahvi ja avanenud menüüst valida *Properties*.
- o Valida sakk *General =>View Scale=>Show Scale* ning kontrollida kas mõõtkava on 1:1 [joonis 2-3;b].

a

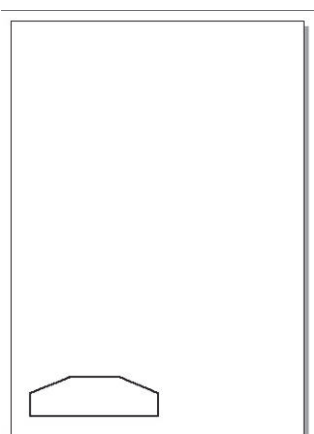


b

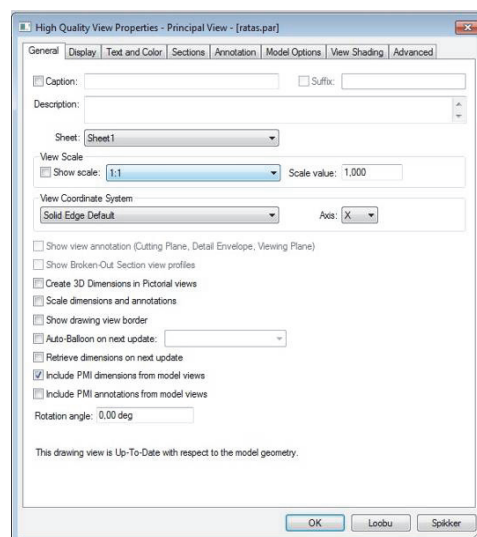


joonis 2-2

a

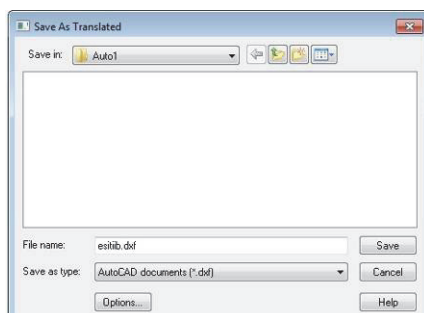


b



joonis 2-3

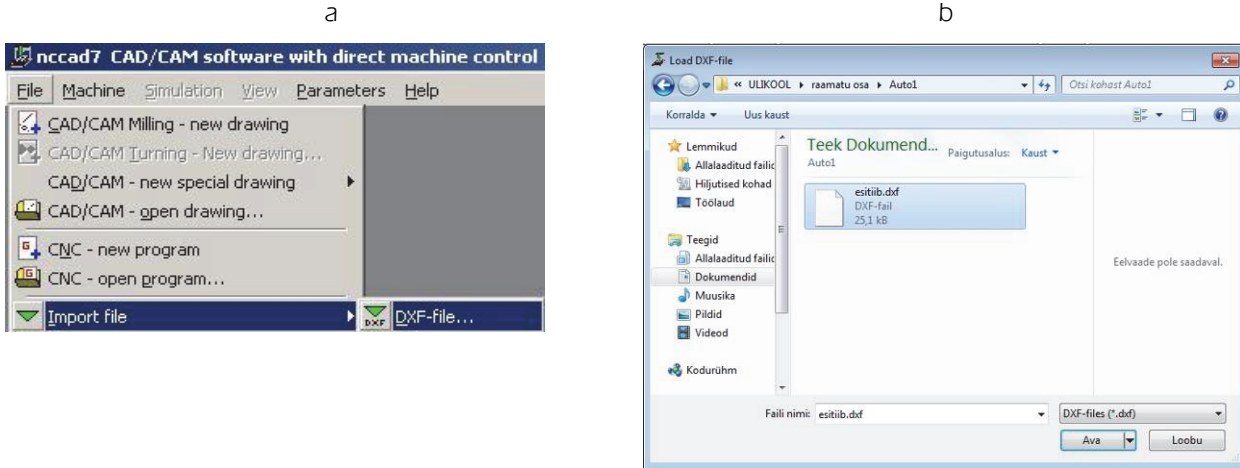
- o Mudel 1 esitiib on muudetud kahemõõtmeliseks.
- o Loodud joonis tuleb salvestada NcCadi jaoks sobilikku vormingusse, selleks võiks kasutada *dxg* vormingut.
- o Valida *Application Button* => *Save As* => *Save as Translated*.
- o Anda failile nimeks „Esiitib“ ja valida *Save as type AutoCAD documents (*.dxf)* [joonis 2-4].
- o Valida *Save ja* sulgeda *Solid Edge*.



joonis 2-4

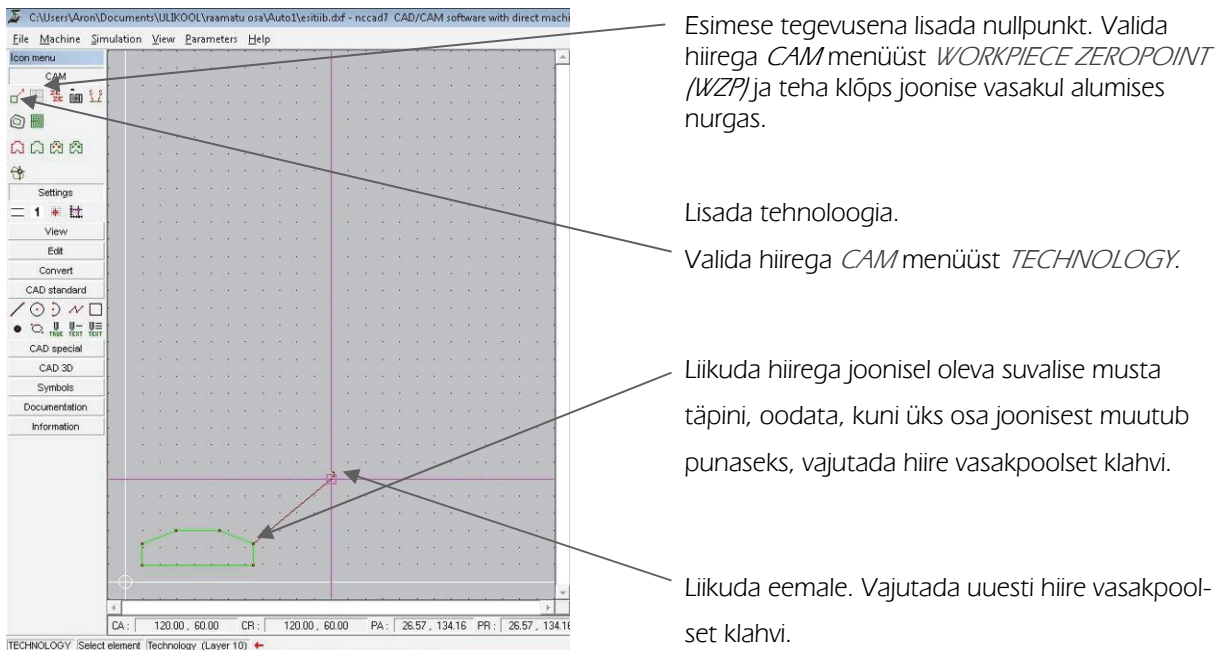
2.3 NcCad-i joonisele tehnoloogia lisamine

- Käivitada *NcCad7*.
- *Solid Edge's* loodud Mudel 1 esitiiva joonis importida NcCad-i.
- Valida *File => Import file => DXF-file...* [Tõrge! Ei leia viiteallikat.;a].
- Leida *Solid Edge's* salvestatud dxf- fail esitiib.dxf, ja avada see [Tõrge! Ei leia viiteallikat.;b].



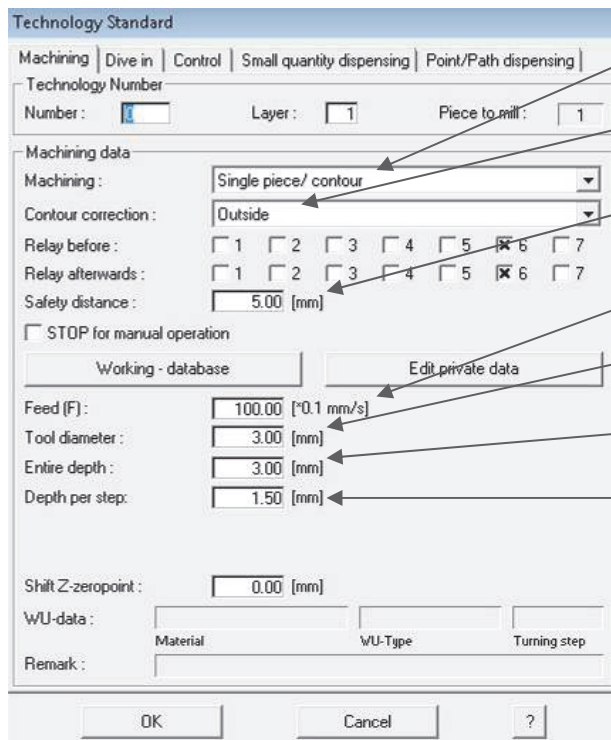
joonis 2-5

- Ilmunud aknas jälgida, et mäрге oleks kirja ees *Assignment according to order in DXF-file (NcCad6)*, vajutada *OK*.
- Avaneb *Solid Edge's* valminud joonis. Seejärel tuleb lisada tehnoloogia [joonis 2-6].



joonis 2-6

- Avaneb tehnoloogia-aken, milles märkida ära lahtrid [joonis 2-7].
- Arvestada tuleks sellega, et „Mudel 1“ esitiiva paksus on 3 mm. Seega tuleb materjal valida 3 mm paksune.



*Machining: **Single piece/ contour***
töötlemine mööda joont/kontuuri.

*Contour correction: **Outside***
parandus väljastpoolt joont.

*Safety Distance: **5.00** (mm)*
ohutu ala, kus saab frees vabalt liikuda.

*Feed (F): **100.00** (*0,1 mm/s)*
ettenihke kiirus.

*Tool diameter: **3.00** (mm)*
lõiketera läbimõõt.

*Entire depth: **3.00** (mm)*
lõikamise kogu sügavus.

*Depth per step: **1.50** (mm)*
lõikamise sammu sügavus.

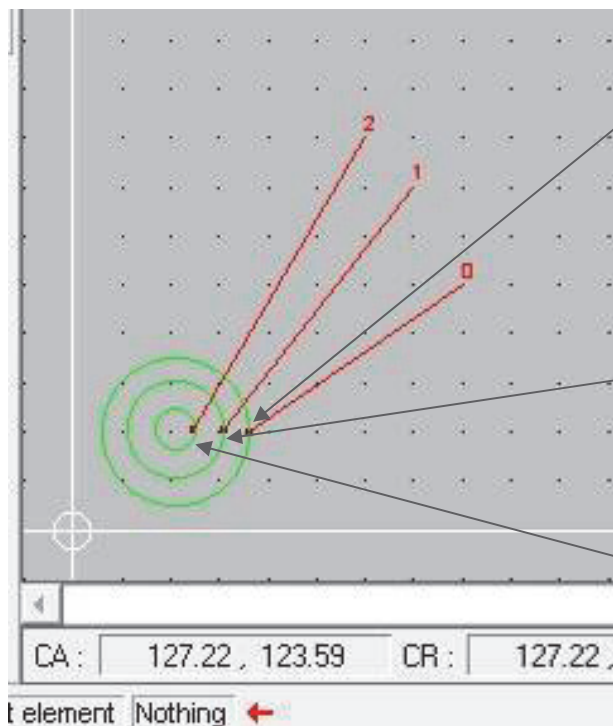
Valida **OK**.

joonis 2-7

Sellega on esitiiva parameetrid paigas. Järgnev kirjeldus peatükis „Freesimise simuleerimine“.

„Mudel 1“ sisaldab ka teistsuguseid detaile, mis vajavad freesimiseks muude tehnoloogiate kasutamist.

Näiteks ratta freesimiseks tuleb lisada kolm erinevat tehnoloogiat. Esimesena lisada nullpunkt: valida hiirega **CAM** menüüst **WORKPIECE ZEROPOINT (WZP)**, vajutada hiire vasakpoolset klahviga joonise vasakul alumises nurgas ning lisada tehnoloogia [joonis 2-8].



Valida **CAM** menüüst **TECHNOLOGY**.

Liikuda hiirega joonisel oleva välimise ringi musta täpini, oodata, kuni ringjoon muutub punaseks, klikkida ja liikuda eemale (punkt 0). Taha teine klikk. Avanenud tehnoloogia aknasse märkida freesimise parameetrid [joonis 2-9;a].

Valida uuesti **CAM** menüüst **TECHNOLOGY**.

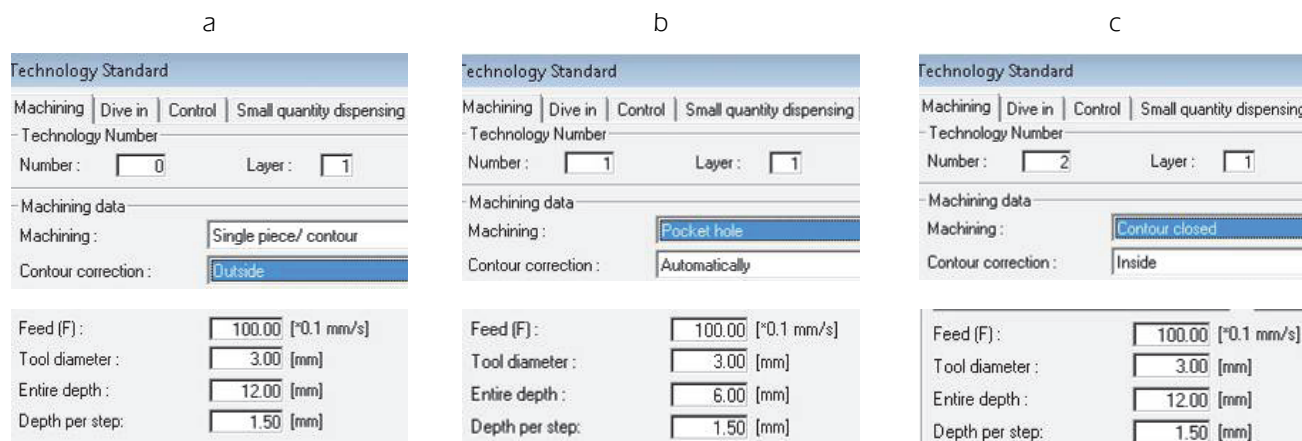
Liikuda hiirega joonisel oleva keskmise ringi musta täpini, oodata, kuni ringjoon muutub punaseks, klikkida ja liikuda eemale (punkt 1). Taha teine klikk. Avanenud tehnoloogia aknasse märkida freesimise parameetrid [joonis 2-9;b].

Valida veelkord **CAM** menüüst **TECHNOLOGY**.

Liikuda hiirega joonisel oleva sisemise ringi musta täpini, oodata, kuni ringjoon muutub punaseks, klikkida ja liikuda eemale (punkt 2). Taha teine klikk. Avanenud tehnoloogia aknasse märkida freesimise parameetrid [joonis 2-9;c].

joonis 2-8

- o Arvestada tuleks sellega, et „Mudel 1“ ratta paksus on 12 mm. Seega tuleb materjal valida 12 mm paksune.



joonis 2-9

Osa parameetreid jääb alati samaks [joonis 2-9]:

- o *Safety Distance*: **5.00** (mm) ohutu ala, kus saab frees vabalt liikuda.
- o *Feed (F)*: **100.00** [*0,1 mm/s] freesi ettenihke kiirus.
- o *Tool diameter*: **3.00** (mm) freesi lõiketera läbimõõt.
- o *Depth per step*: **1.50** (mm) lõikamise sammu sügavus.

Ülejäänud parameetreid tuleb muuta [joonis 2-9].

Menüüs *Machining* saab valida järgnevaid parameetreid:

- o **Single piece/ contour** – töötlemine mööda joont/kontuuri.
- o **Pocket hole** – lõikab kinnise kontuuri seest tühjaks.
- o **Contour closed** – ühendab jooned suletud kontuuriks.

Menüüs *Contour correction* saab valida järgnevaid parameetreid:

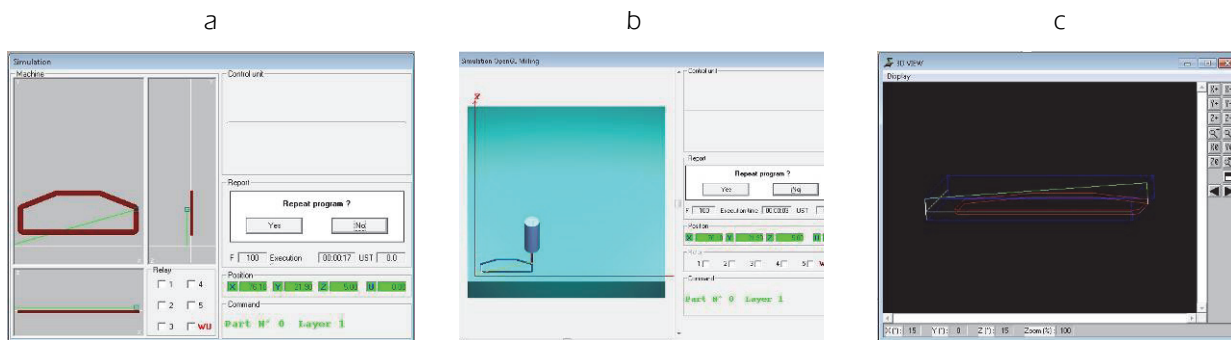
- o **Outside** – lõikamine väljastpoolt joont.
- o **Automatically** – automaatne lõikamise valik.
- o **Inside** – lõikamine seestpoolt joont.

Entire depth võimaldab määrata lõikamise sügavus vastavalt materjalile ja joonisele.

2.4 Freesimise simuleerimine

Freesimise simuleerimiseks on mitu võimalust:

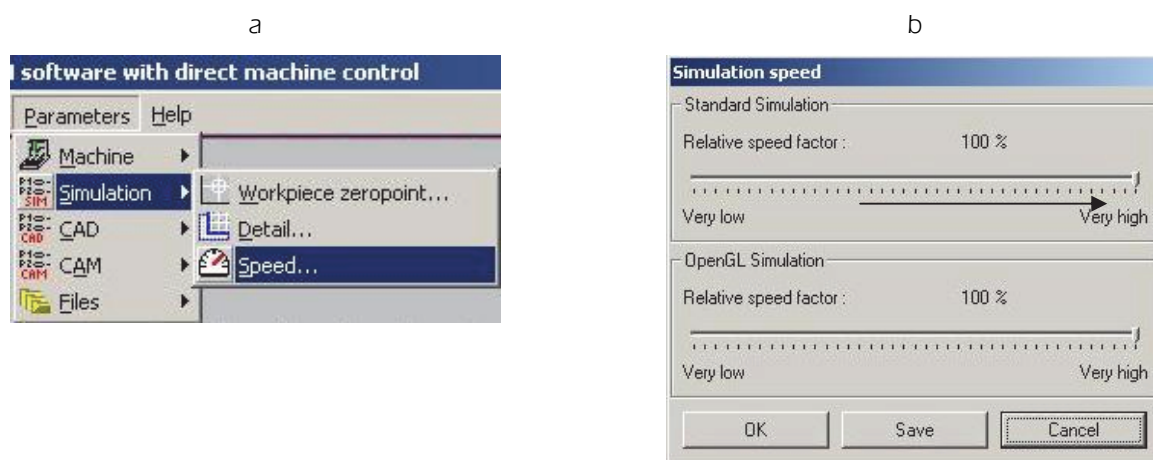
- o Võib valida *Simulation => ZOOM automatic*. Avanenud aknas tuleb otsustada, kas simuleeritakse Z-teljega. Valida *Yes*. Toimub simuleerimine töölaual kahemõõtmeliselt [joonis 2-10;a]. Kui simulatsioonis vigu ei tekkinud, küsib programm, kas on vaja simulatsiooni korrata. Vastata *No*.
- o Teine võimalus on valida *Simulation => OpenGL Milling*. Avanenud aknas tuleb otsustada, kas simuleeritakse Z- teljega. Valida *OK*. Toimub kolmemõõtmeline simuleerimine [joonis 2-10;b]. Kui simulatsioonis vigu ei tekkinud, küsib programm, kas on vaja simulatsiooni korrata. Vastata *No*.
- o Kolmas võimalus on valida *Simulation => Table+3D view*. Avanenud aknas kujutatakse joonist kolmemõõtmeliselt piirjoontega. Joonist saab keerata ja pöörata ümber X, Y, Z telje. Lisaks saab tuua joonist lähemale ja viia kaugemale ja kujutada negatiivis [joonis 2-10;c]. Kui joonis on üle vaadatud, sulgeda simulatsioon.



joonis 2-10

Simuleerimisprotsessi on võimalik kiirendada.

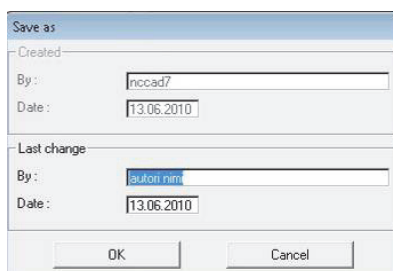
- o Valida *Parameters* => *Simulation* => *Speed...* [joonis 2-11;a].
- o Nihutada liugurit *Relative speed factor* maksimumini ehk 100% [joonis 2-11;b].
- o Valida *OK* ja proovida simuleerida uuesti.



joonis 2-11

Tehtud töö tuleb salvestada

- o Valida *File* => *Save as*.
- o Ilmub uus aken, kuhu tuleb kirjutada töö autori nimi, ja seejärel valida *OK* [joonis 2-12].
- o Avaneb uus aken, kus tuleb anda tööle nimi ja salvestada soovitud kausta, lõpuks vajutada *OK*.
- o Töö on salvestatud, nüüd võib asuda freesimise juurde.



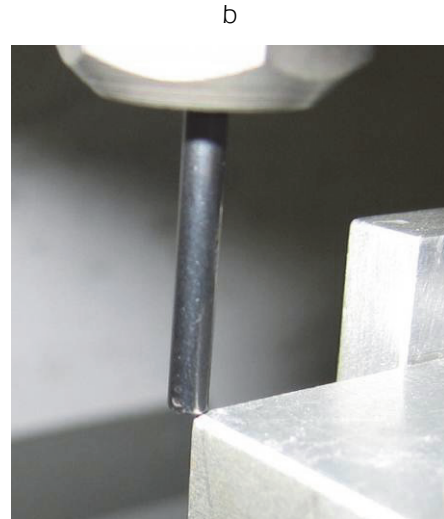
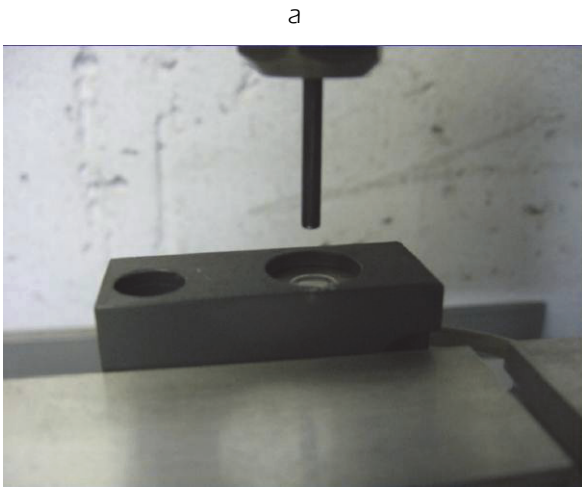
joonis 2-12

2.5 Freesimine

Kui masinat pole kordagi veel kasutatud, tuleb teha järgmiselt.

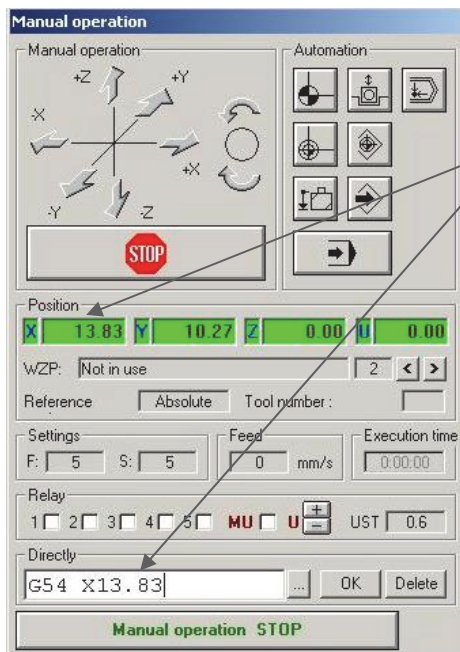
- o Avada menüü *Machine* => *CNC-Milling machine* [joonis 2-14].
- o Alustuseks proovida freesi liigutada: vajutada klaviatuuril olevaid nooleklahve. Nooled suunaga vasak ja parem liigutavad freesi X-tele suunaliselt, nooled enda poole ja endast eemale liigutavad töölauda Y-tele suunaliselt ja klahvid <PgUp> ja <PgDn> liigutavad freesi Z-tele suunaliselt.

- o Soovitav on freesi seadistamisel kasutada freesi asemel mõõtepulka, mis tuleb kinnitada tsangi. Vajutada klaviatuuril klahvi *<Home>*, mis viib freesi algasendisse.
- o Nihutada freesi liigutamise klahvidega freesi tööriista pikkuse mõõtja kohale 40 mm kõrgusele mõõtjast [joonis 2-13;a]. Vajutada klaviatuuril *<Ctrl> + <F12>*. Sellega salvestatakse tööriista mõõtja asukoht.
- o Freesi pikkuse mõõtmiseks vajutada klahvi *<F12>*, freesi liigub kiirelt üles ja seejärel alla ja aeglustab oma käiku 40 mm enne tööriista pikkuse mõõtjani jõudmist, kuni puudutab mõõtjat ja liigub kiiresti ülemisse asendisse.



joonis 2-13

- o Seejärel tuleb seadistada baasnullpunkt. Selleks liigutada freesitera töölauda vasakusse esimesse nurka, nii et tera puudutab töölauda [joonis 2-13;b].



joonis 2-14

Kirjutada aknas olevale reale *Directly* punkt G54 X13.83.

X järel olev number võetakse koordinaatide väljalt *Position* (roheline taust).

Vajutada klaviatuuril klahvi *<Enter>* ja koordinaatide väljal (rohelistel taustal) muutub X-koordinaat 0.00-ks.

Sama protsessi korrata ka Y- ja Z-tele muutmisel 0.00-ks.

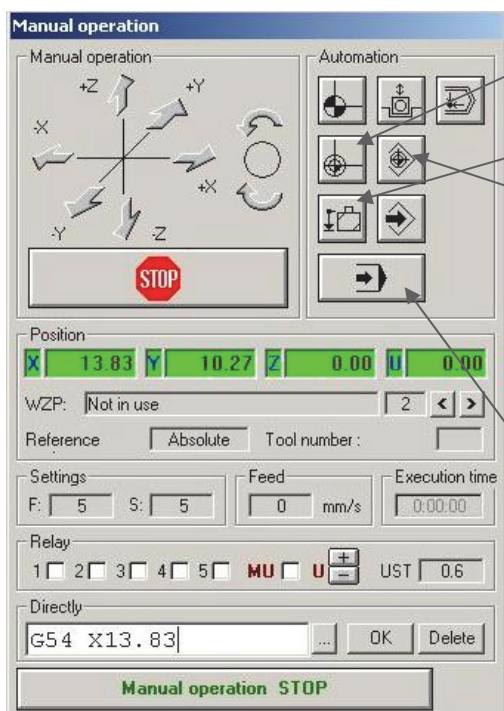
Rohelistel väljadel peavad kõik koordinaadid muutuma 0.00.

Nullpunkt on seadistatud.

Nihutada freesitera nullpunktist eemale ja vajutada klaviatuuril *<End>*. Freesitera liigub uuesti nullpunkti.

Sellega kontrollitakse, kas baasnullpunkt on õigesti seadistatud.

Kui kirjeldatud protsess on korra läbi tehtud, ei ole vaja seda edaspidi enam korrata. Freesimiseks tuleb vajutada *Machine => CNC-Milling machine* ja avaneb aken, kus toimub pingi seadistamine [joonis 2-15].



Vajutada klahvi <Home> – frees läheb algasendisse.

Vajutada klahvi <F12> – möödad freesitera pikkuse.

Select workpiece-zero point from table – nullpunkti valimine tabelis, avaneb aken [joonis 2-16;a], sealt valida sobilik nullpunkt.

Vajutada klaviatuuril klahvi <End>. Freesitera liigub nullpunkti. Sellega kontrollitakse, kas nullpunkt on õigesti seadistatud.

Freesimiseks vajutada Run.

joonis 2-15

Tabelis *Workpiece zero point table* on tulbad:

- N – nullpunkti number
- X – x-koordinaat
- Y – y-koordinaat
- Z – z-koordinaat
- Remark – nullpunkti nimetus

a

b

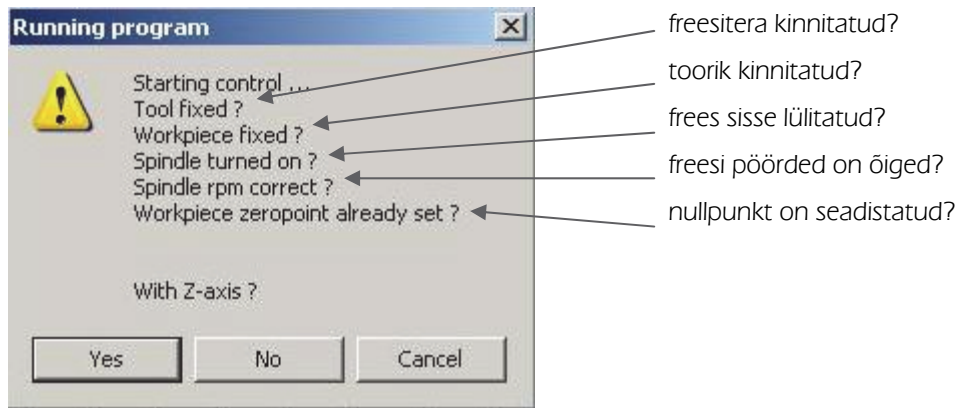
N°	X	Y	Z	U	Remark
1	0.00	0.00	0.00	0.00	Basis workpiece zero point (BWZP)
2	1.00	1.00	3.00	0.00	3 mm materjal
3	25.00	25.00	2.00	0.00	pilt
4	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
5	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
6	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
7	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
8	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
9	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
10	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
11	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
12	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
13	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
14	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
15	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
16	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
17	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
18	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
19	0.00	0.00	0.00	0.00	Not in use
20	119.50	149.65	88.30	0.00	vaheplaat_ ja_ vaht

Absolute to basis - workpiece zero point (BWZP)							
N°:	2						
X:	1.00 [mm]	Y:	1.00 [mm]	Z:	3.00 [mm]	U:	0.00 [mm]
Remark:	3 mm materjal						
Apply		Save		Cancel			

joonis 2-16

- Nullpunkti seadistamiseks ja nime andmiseks tuleb valida *Edit* [joonis 2-16;a].
- Avaneb aken, kuhu saab sisestada X, Y, ja Z järele uued koordinaadid, mis arvutatakse baasnullpunktist ja *Remark* lahtrisse kirjutada uue nullpunkti nimetus nt „3 mm materjal“.
- Valida *Save* [joonis 2-16;b]. Aknas *Workpiece zero point table* valida *OK* [joonis 2-16;a].
- Sellega on uus nullpunkt seadistatud. Nullpunkt seadistatakse tavaliselt töödeldava materjali pinnale ja vasakusse alumisse nurka.

Freesimise käivitamiseks valida *Run*, avaneb uus aken [joonis 2-17], kus kontrollida järgnevat:



joonis 2-17

- o Freesimise alustamiseks valida *Yes*.

Kirjeldatud tegevusi korrates ja valides õige paksusega materjali, on võimalik auto ka realselt valmis teha.

3. Alustamine programmiga NX

Detaili tötlusega alustamiseks tuleb kõigepealt läbi mõelda ja otsustada, kuidas toorikut vajaliku detaili saamiseks töödelda minimaalse tooriku paigalduste arvuga.

Kas detaili saab töödelda ühe tooriku paigaldusega või tuleb kasutada mitut tooriku paigaldust (iga lisapaigaldus toob kaasa detaili täpsuse probleeme)?

Teine otsuste grupp on seotud tooriku (ette) valmistamise küsimustega.

Siin on üheks otsuste aluseks tooriku valmistamise võimalik või soovitatav täpsus (kas toorik on valmistatud täpsete mõõtmetega või on soov toorikuna kasutada materjali "millesse on võimalik detail ära mahutada"?).

Teine tooriku suuruse küsimus on seotud tooriku paigaldamise ja tooriku/detaili kinnitamisega – kas tooriku materjali on "raisata" (koos tera liikumiseks vajaliku varuga) valminud detaili kinnitamiseks töölauale töötlemise lõpus?

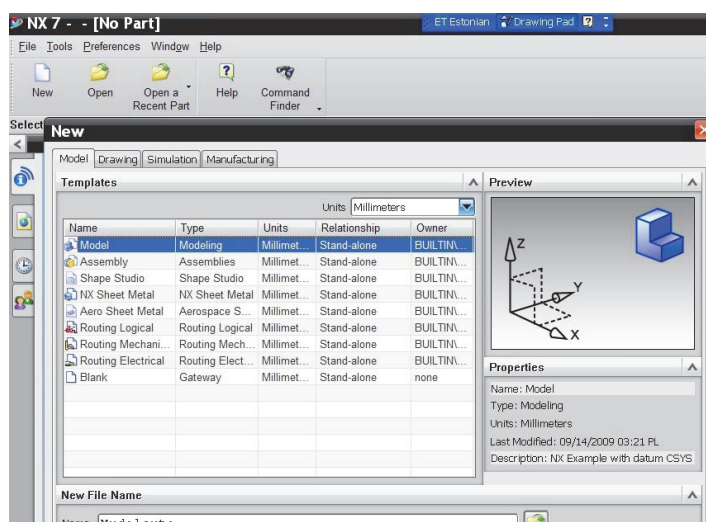
Kolmas, suurem otsuste grupp on seotud küsimusega kuhu ja kuidas kinnitada toorik töölauale.

- o Kas toorik kinnitada töölaua nurka, vastu servi või töölaua keskele?
- o Kui toorik on kinnitatud töölaua nurka, siis kas on vaja jälgida või kuidas tagatakse, et lõiketera ei rikuks töölaua servatugesid?
- o Kui toorik on kinnitatud töölaua nurka, siis kuidas tagatakse tooriku uue paigalduse korral detaili asendi täpsus (tooriku mõõtmete täpsus)?
- o Kui toorik paigaldatakse töölaua keskele, siis kuidas positsioneeritakse toorik nii esimesel paigaldusel kui ka järgnevatel paigaldustel?
- o Kuidas kinnitatakse toorik, (valminud) detail töölauale?

Vastustest neile ja töötamise loomise käigus tekkivatele konkreetsetele küsimustele sõltub nii tooriku modelleerimine NX7-ga kui ka töötlemisoperatsioonide arv.

Programmi käivitamine

- o Käivitada programm. Uue faili loomiseks valida *New* või menüüribalt *File* ⇒ *New*.
- o Avanenud aknas peab olema valitud sakk *Model*. Mallide loetelus valida *Model* [Joonis 3-1].
- o *New File Name* anda loodavale failile nimi ja näidata koht, kuhu fail salvestatakse.



Joonis 3-1

Kui NX7-ga tehtud tööd salvestatakse põhiliselt ühte ja samasse kohta, siis võib uue faili tüübi ja loodava faili nime ja asukoha malli muuta nii, et programm pakub ise õige põhilise salvestuskoha ja kasutatava faili uue nime.

- o Loodava faili nimes muudab programm järjenumbrit ise vastavalt vaikumisi pakutava faili salvestuskohas olevatele samanimeliste failide arvule.
- o Akna *New* saki *Model* seksioonis *New File Name* vaikumisi pakutava failinime ja loodava faili salvestuskohta saab muuta valides *File*⇒*Utilites*⇒*Customer Defaults*.
- o Vaikumisi pakutavat failinime saab muuta avanenud aknas *Customer Defaults* sakil *File New*.

Avanenud aknas seksioonis *Native NX, Automatic Names for New Parts real Modeling Parts* asub vaikumisi pakutav uue faili nimi. *Apply*klõpsamine lisab malli uue pakutava failinime.

Kui on soov, et kasutaja looks ise uue faili nime, tuleb samas aknas esimeses seksioonis *Naming Parts with Automatically Assigned Names* märkida esimene rida *New Name Always Required*.

Kui uue faili loomisel uut failinime ei loodud, küsitakse töö esmakordsel salvestamisel alati uut, vaikumisi pakutavast failinimest erinevat failinime.

Loodava faili salvestuskoha muutmiseks klõpsa sakil *Directories*. Seksiooni *Part File Directory* teisel real *Windows* asuvat salvestuskoha aadressi võid muuta või näidata uut salvestuskohta, kasutades rea lõpus olevat nuppu *Browse*. Tehtud muudatuste rakendamiseks klõpsa akna allservas asuvat nuppu *Apply*.

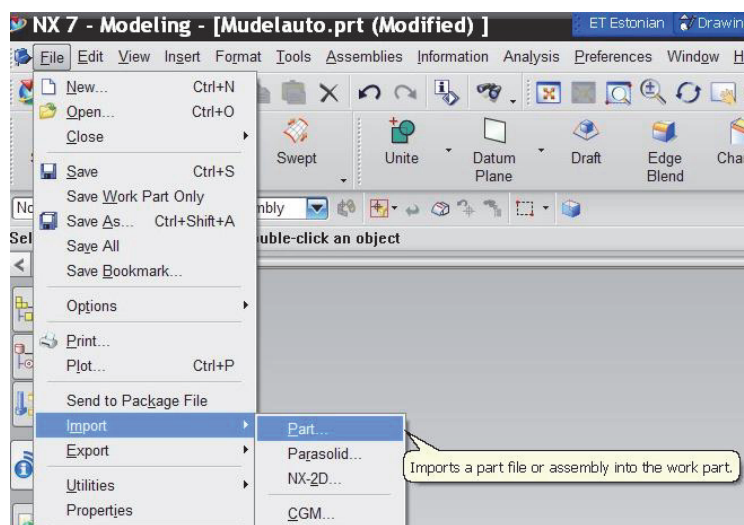
Tehtud muudatused rakenduvad uuel NX7 käivitamisel.

4. Mudeli valmistamine

4.1 Mudeli importimine

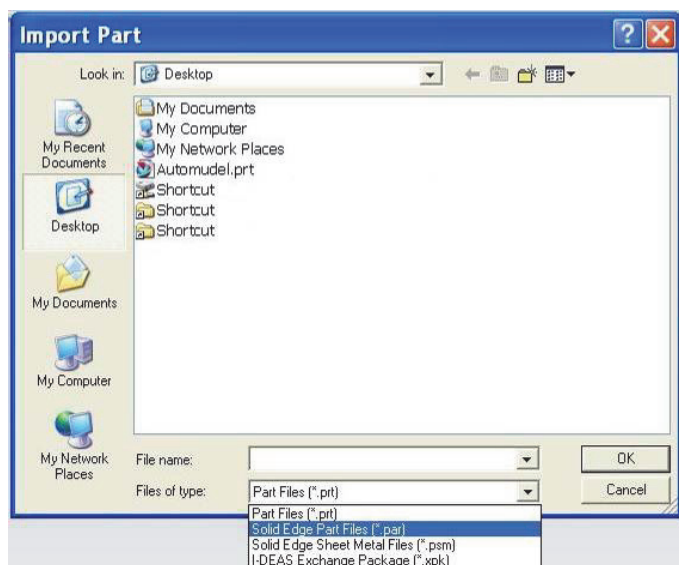
Juhendis kirjeldatakse *Solid Edge* materjalis loodud automudeli „Mudel 2“ valmistamist.

- o Mudeli toomiseks NX faili valida *File /Import/Part*. [Joonis 4-1].



Joonis 4-1

- o Avanenud dialoogiaknas *Import Part* valida *Files of type/Solid Edge Part Files (*.par)*, [Joonis 4-2].



Joonis 4-2

- Otsida üles vajalik fail ja avada see.
- Avanenud dialoogiaknas *Point* jätta kõik samaks ja valida *OK*.
- Kui SE-s on mudeli loomisel arvestatud koordinaatidesüsteemi, siis siin on vajadusel võimalik määrata, millistele NX7 koordinaatidesüsteemi väärtustele paigutatakse mudeli koordinaatidesüsteemi nullpunkt.
- Kui mudeli loomisel ei ole arvestatud koordinaatidesüsteemiga, tuleb töötuse koordinaatidesüsteem veel paika panna.
- Sulgeda dialoogiaken *Import Part* klõpsates *Cancel*.

4.2 Töötuse loomine

Sellega on mudel toodud NX7 modelleerimiskeskonda.

Edasise tegevuse suhtes on valida kaks teed:

- Siseneda töötuse keskkonda ja asuda looma töötusi, mille käigus määratakse ära ka tooriku suurus.
- Luua kõigepealt toorik, mõeldes tooriku loomise käigus ka selle kinnitamisele freespingi töölauale ning positsioneerimisele erinevatelt külgedelt töötlemise ajal. Seejärel asuda töötusi looma.

Lahenduse valimiseks tuleb arvestada mudeli spetsiifikat ja tooriku töölauale kinnitamise võimalusi.

Esimene variant sobib juhul, kui:

- Mudeli loomise ajal on arvestatud koordinaatidesüsteemiga. Probleem on selles, et koordinaatide süsteemi nullpunkti nihutamise ajal programm ei näita *AutoBlock* käsuga loodud toorikut ja siis on väga keeruline koordinaatide süsteemi nullpunkti toorikul kindlasse kohta paigutada.
- Mudelit töödeldakse ainult ühelt poolt, kuna peale tooriku ümberpöörast on keeruline paigutada toorikut töölauale nii, et mudel oleks koordinaatidesüsteemi suhtes täpselt õigel kohal.

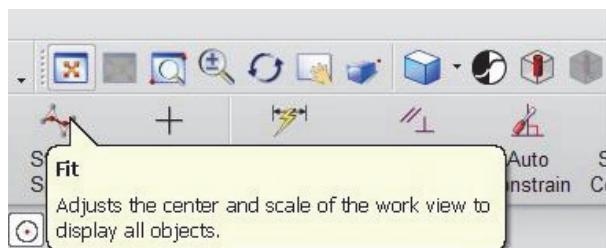
Teise variandi korral on meil toorik alati nähtav. Vajadusel on lihtne arvestada kinnituskohade paigutust ja detaili positsioneerimist koordinaatide süsteemi nullpunkti suhtes. Võimalik on juurde luua piirkondi, mille kaudu saab lihtsalt detaili/toorikud positsioneerida freespingi töölaual ka peale tooriku ümberpöörast.

Oluline on mõelda järgmistele asjaoludele:

- Kinnitusvahendi asendi määramisel tuleb arvestada töölaua soonestikuga, kuhu saab kinnitusvahendeid kinnitada.
- Tuleb arvestada ka sellega, et detaili valmistamise ajal on vaja detail esialgsete kinnituste kohalt töötlemiseks kinnitada uuesti teistest, juba töödeldud kohtadest. Väiksemate detailide korral võib see aga keerukaks osutuda, sest kinnitusvahendeid ei saa mõjuvaid jõude arvestades väga väikseid teha.

Mudeli importimisel ollakse modelleerimise keskkonnas.

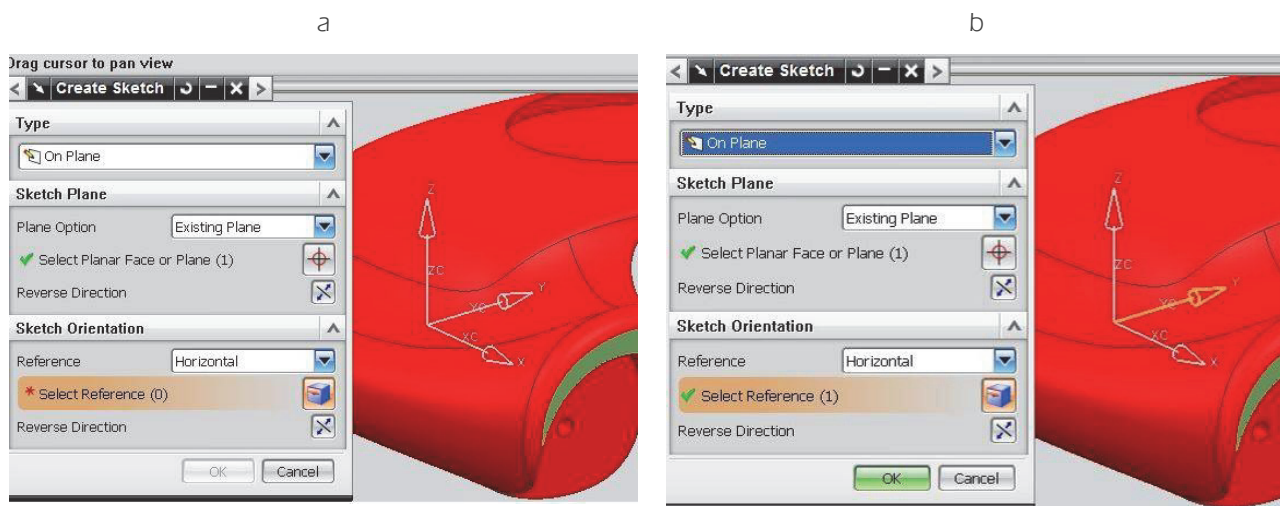
Kui imporditud mudel ei mahu tervikuna ekraanile, valida *Fit* [Joonis 4-3], mille tulemusena mahutatakse mudel tervikuna ekraanile.



Joonis 4-3

4.2.1 Mudeli tooriku eskiisi loomine

- Valida tööriistariba *Sketch*.
- Jälgida, et avanenud akna *Create Sketch* real *Type* oleks valitud *On Plane*.
- Vajutada hiire rullik alla ja hiirt liigutades pöörata mudelit nii, et nähtavale tuleksid auto välimised tasapinnad.
- Liikuda hiirega ühele tasapindadest ja klõpsata sellele.
- Kui seejärel muutus *OK* nupp aktiivseks (roheliseks), valida *OK*.
- Kui *OK* nupp ei muutunud aktiivseks ja dialoogiaknas avanes uus seksioon *Sketch Orientation* aktiivse reaga *Select Reference (0)*, [Joonis 4-4;a], klõpsata mudelil oleval valgel YC koordinaatteljel [Joonis 4-4;b]. Valitud pinnale tekib koordinaattelgede tingmärk ja *OK* nupp muutub aktiivseks.
- Valida *OK*.



Joonis 4-4

Järgnevalt pööratakse see automudeli pind ekraani tasapinda.

- Praegu pöörati mudel ekraanile nii, et ekraani pind oleks paremini ära kasutatud. Kui oleksime klõpsanud valgel Z teljel, oleks mudel paigutatud ekraanile vertikaalselt ja ekraani pind oleks kasutusel ebaefektiivselt.
- Mudeli mahutamiseks ekraanile valida *Fit*.

Samaaegselt mudeli pinna pööramisega ekraani tasapinda muudeti aktiivseks käsk *Profile*, millega saab joonestada murdjoont – profiili.

- On soovitatav jälgida, et dialoogiakna *Profile* parempoolses seksioonis *Input Mode* oleks valitud parempoolne nupp, mille tulemusena kuvatakse joone joonestamisel abiinfona joone pikkus ja nurk alguspunkti suhtes.
- Kui aknas *profile* on valitud nupp *XY*, kuvatakse abiinfona joone otspunkti kaugus koordinaatidesüsteemi nullpunkti suhtes (joone otspunkti koordinaadid).

Akna *profile* vasakpoolses osas *Object Type* saab valida, kas joonestatakse sirglõiku või kaart.

- Kui käsuga *Profile* joonestatav profiil sulgub, moodustub kinnine kontuur ja joon lõpeb automaatselt. Kontuuri sulgumisenä käsitleb programm ühekorraga joonestatud murdjoont.
- Kui kinnise kontuuri moodustavad kaks järjestikku paigutatud murdjoont, siis programm sellist joont kinniseks kontuuriks ei loe ja pakub edasi murdjoone jätkumist.
- Joone lõpetamiseks enne kontuuri sulgumist, vajutada klaviatuuril <Esc> klahvi või hiire parempoolse klahvi klõpsu järel avanenud kiirmenüüst valida *OK*.
- Tööriista *Profile* sulgemiseks tuleb klõpsata tööriista akna nime järel oleval sulgemisristil. Sellega lõpetatakse tööriista kasutamine.

Viimasena joonestatud elemendi jooniselt kustutamiseks võib kasutada nuppu *Undo*. Viimasena joonestatud element tühistatakse ja tööriista *Profile* korral joon katkeb.

Varem joonestatud elementide kustutamiseks:

- Sulgeda kasutatav tööriist (ükski tööriist ei tohi valitud olla) ja liikuda hiire viidaga kustutamist vajavale joonele.
- Kui joon muutub aktiivseks, vajutada klõps hiire parempoolsele klahvile ja valida kiirmenüüst *Delete*.
- Kui kustutamist vajaval joonel on üksteise peale joonestatud mitu joont või on seal väga lähedal veel teisi jooni või punkte, siis ei pruugi programm aru saada, millist elementi taheti märkida. Siis ilmub peale hetkelist pausi kursori juurde kolmepunktiline punktiirjoon. Tehes samas hiireklõpsu, saab valida avanevas dialoogiaknas olevas loetelus õige elemendi. Samaaegselt muutub loetelus aktiivseks muudetud joone nimetusega aktiivseks ka vastav joon joonisel.

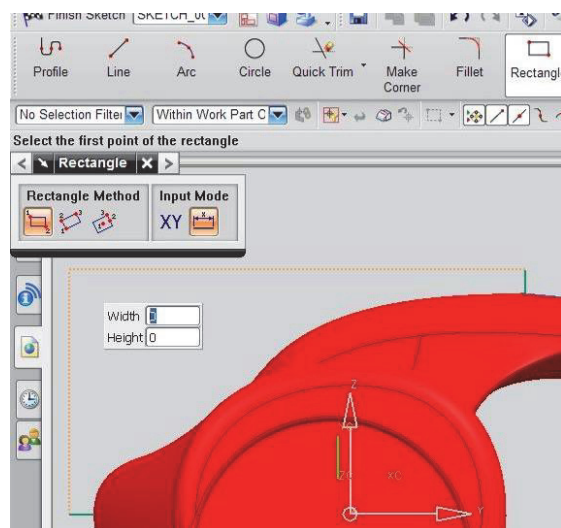
4.2.2 Tooriku kontuuride loomine

Tooriku suuruse määramisel võetakse arvesse mudeli kõige eenduvamad kontuuripunktid.

Lisaks on vaja arvestada sellega, kas mudeli valmistamisel peab toorikut töötleva täielikult või võib mudeli ja tooriku ühtivad pinnad jätta mudeli valmistamise käigus töötlemata.

Enamasti ei õnnestu toorikut freespingi töölaual niimoodi kinnitada, et mudeli ja tooriku pinnad täpselt ühtiksid (välja arvatud töölaual paiknev pind). Seepärast tuleb toorik kindlasti luua kõikides ülejäänud suundades veidi suurem kui mudel.

- Joonestada abijooned, mis lähtuvad mudeli kõige eenduvamate punktidest risti mudeli pinnaga. Läbi millele teiste otspunktide joonestatakse tooriku kontuur.
- Peale abijoonete joonestamist sulgeda tööriist *Profile* ja võta kasutusele *Rectangle*.



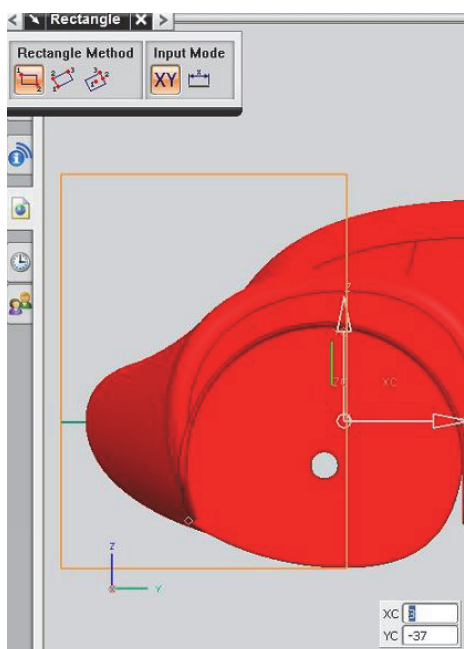
Joonis 4-5

- Liikuda kursoriga ühe abijoonete otsale ja eemalduda sealt horisontaal- või vertikaalsuunas. Kursori ja joone otsa vahele tekib punktiirjoon [Joonis 4-5], mis võimaldab kergesti määrata, et uus märgitav punkt oleks abijoonete otspunkti suhtes samal vertikaal- või horisontaalsirgel. Kursori eemaldumisel abijoonete otsa horisontaal- või vertikaalsirgest punktiirjoon kaob. Kursor liikumisel abijoonete otsast lähtuvale horisontaal- või vertikaalsirgele, tekib punktiirjoon uuesti.
- Minna kursoriga teise abijoonete otsale ja eemalduda sellest, püüdes säilitada tekkinud punktiirjoont.
- Kui kursor jõuab joonisel olevate jooni/kaari määravate punktideni, tekivad kursori otsast nendeni punktiirjooned, märkides sellega, et kursor on nende punktidega samas horisontaal- või vertikaaltasapinnas.
- Liikuda kursoriga edasi kuni punktiirjoon tekib ka teise abijoonete otsa.
- Selles punktis teha hiireklõps. Sellega paigutatakse loodava ristküliku üks tipp selliselt, et nii horisontaal- kui ka vertikaaljoon läbivad abijoonete tippu.
- Korrata protseduuri ka tooriku diagonaalselt asetseva tipu paika panemiseks.
- Väljuda ristküliku joonestamise režiimist ja kustutada abijooned.

Joonisele ei tohi jääda ühtki üksikut või kahekordset joont, sest kontuuri järgi keha loomisel programm üksikust joonest ruumilist keha luua ei saa.

Soovides loodava tooriku pinna ühitada mudeli mingi (kõver-)pinnaga, on tooriku eskiisi joonestamiseks hea kasutada tööriista *Rectangle Input Mode* seadet XY (vasakpoolne ikoon).

Liikudes kursoriga punkti, kuhu peaks ulatuma toorik, näeme kursori abiaknas selle punkti koordinaate [Joonis 4-6].



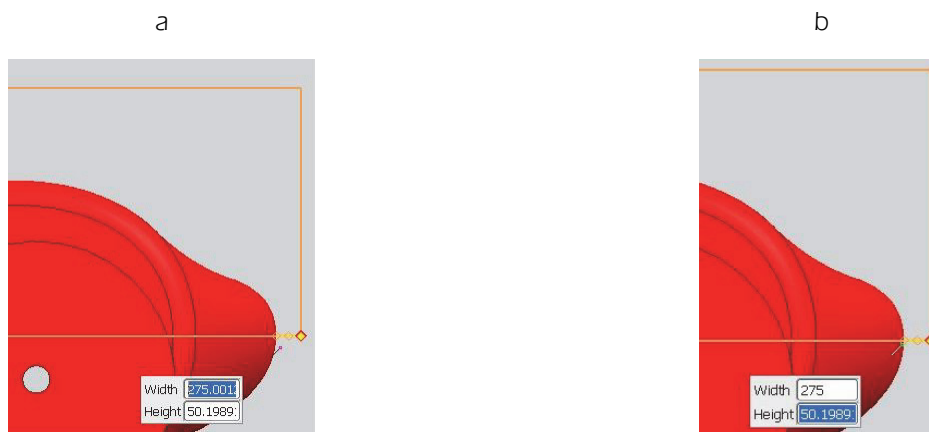
Joonis 4-6

- Jätta meelde YC koordinaadi väärtus.
- Liikuda kursoriga abijoone otsa. Nüüd muutub aktiivseks kursori abiakna XC koordinaadi osa, näidates ära loodava ristküliku alguspunkti X-koordinaadi.
- Selle väärtuse kinnitamiseks vajutada klaviatuuril *<Enter>*.
- Seejärel muutus aktiivseks YC-koordinaadi väärtus. Sisestada sellesse kohta meelde jäetud YC-koordinaadi väärtus ja vajutada *<Enter>*.

Sellega on määratud joonestatava ristküliku algusnurk.

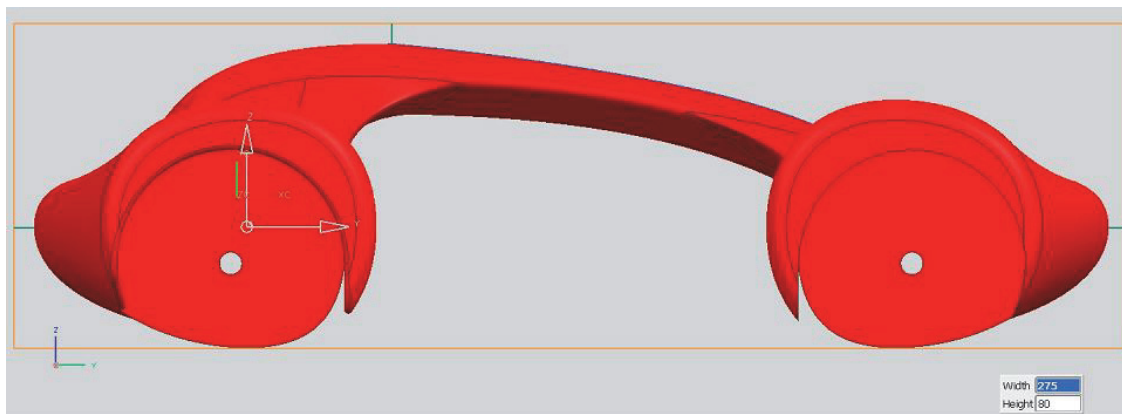
Peale *<Enter>* klahvi vajutamist muutus aktiivseks dialoogiaknas *Rectangle, Input Mode* parempoolne klahv, mille tulemusel saab vajadusel sisestada loodava ristküliku külgede pikkused.

- Liikuda kursoriga mudeli ninaosas oleva abijoone lõppu. Kursori abiaknas muutub aktiivseks ülemise osa *Width* väärtus [Joonis 4-7;a].
- Selle kinnitamiseks vajutada *<Enter>* või sisesta sinna sobilik/vajalik väärtus [Joonis 4-7;b].



Joonis 4-7

- Aktiivseks muutus väärtus *Height*. Kui nüüd liikuda viimase abijoone tippu, näidatakse kursori abiaknas *Height* loodava ristküliku laiust (tegelikkuses tooriku kõrgust), [Joonis 4-8].

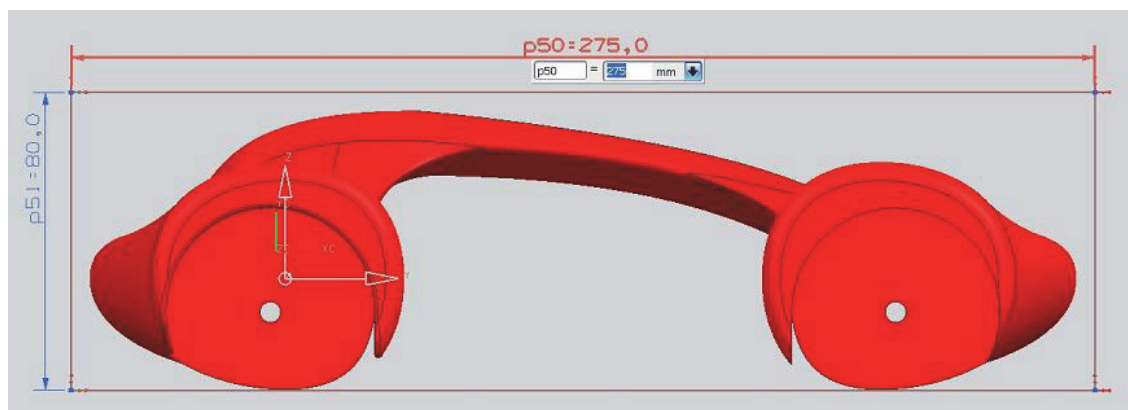


Joonis 4-8

- Mõelda, kas selliste mõõtudega toorik meile sobib? Sisesta klaviatuurilt vajalik väärtus ja klõpsa Enter.
- Ristküliku suurus on määratud, kuid määramata on suund alguspunkti suhtes. Jälgida, et loodav ristkülik paikneks õigesti ja teha hiireklõps.
- Nüüd on ristkülik valmis ja paigas. Lõpetada töö vahendiga *Rectangle* ja kustutada abijooned.

Millised on loodud tooriku kontuuri mõõdud?

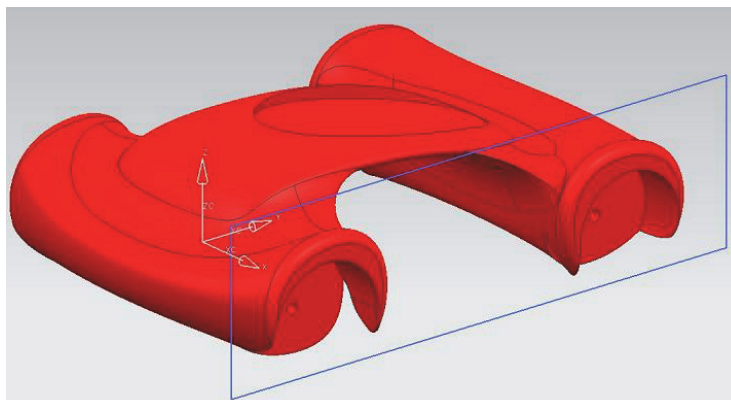
- Valida tööriistaribal ikoon *Inferred Dimensions*.
- Liikuda mõõdetavale joonele, kui joon muudab värvi, teha hiireklõps.
- Ilmub mõõtjoon koos mõõtarvuga. Nihutada mõõtjoon mõõdetavast joonest veidi eemale ja teha hiireklõps. Mõõtjoon paigutatakse näidatud kohta ja joone juurde ilmub dialoogiaken aktiivses väljas oleva joone mõõtarvuga.
- Kui tooriku serva pikkus sobib, jätta dialoogiaknas olev arv muutmata.
- Kui joone pikkus ei sobi, sisestada klaviatuurilt sobiv mõõtarv ja vajutada <Enter> klahvi [Joonis 4-9]. Joone pikkus muutetakse vastavaks sisestatud arvule ja muutub ka mõõtarv mõõtjoonel.
- Kui valitud joonega kõik sobib, valida järgmine mõõdetav joon või lõpetada mõõterežiim, vajutades klaviatuuril <Esc> klahvi või dialoogiakna *Dimensions* sulgemisnuppu.



Joonis 4-9

- Sulgeda dialoogiaken *Dimensions*.
- Valida *Finish Sketch*.

Selle tegevuse tulemusena loetakse joonis lõpetatuks, väljutakse joonestamise režiimist tagasi modelleerimise režiimi ning näidatakse lisaks mudelile ka loodud tooriku eskiisi [Joonis 4-10].



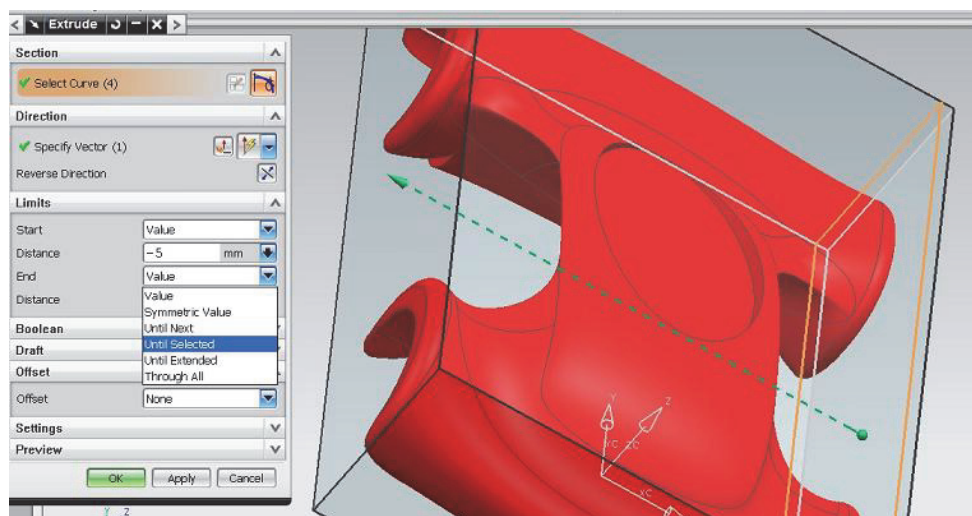
Joonis 4-10

4.2.3 Mudeli tooriku loomine

- Valida tööriistaribal *Extrude*.
- Viia kursor joonestatud tooriku eskiisile, oodata kuni eskiis muudab värvi ja teha hiireklõps. Sellega luuakse keha.
- Kui pakutav keha luuakse vales suunas, tuleb valida dialoogiakna teises seksioonis *Direction* rea *Reverse Direction* lõpus olev ikoon [Joonis 4-11]. Sellega muudetakse loodava keha suunda eskiisi suhtes.
- Loodava tooriku kõrgust saab määrata sisestades dialoogiaknasse seksiooni *Limits End* järel aknasse *Distance* teadaolev mudeli kõrgus (pluss mõni millimeeter töötlemisvaru).
- Teine võimalus on liikuda kursoriga tooriku kõrgust tähistava rohelise noole nooleotsale, vajutada vasak hiireklahv alla ja hiirt liigutades jälgida, et loodav toorik kataks mudeli. Lisaks näeb loodava mudeli kõrgust ka noole juures olevast kastist, kuhu saab soovi korral sisestada sobiva arvulise väärtuse

Kui tooriku loomise suunas on mudeli ülemine pind tasapind, on loodava tooriku (keha) kõrgust võimalik lasta programmil endal määrata. Selleks tuleb klõpsata seksiooni *Limits* rea *Limits End* lõpus olevale kolmnurgale ja avanenud rippmenüüst teha valik vastavalt olukorrale. Seejärel näidata pind, milleni soovitakse keha luua. Osade valikute korral leiab programm ise vastava pinna, milleni keha loomisel materjali lisada.

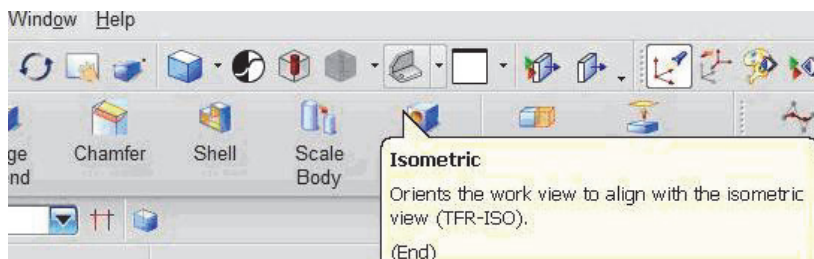
- *Until Next*
- *Until Selected*
- *Until Extruded*
- või *Through All* [Joonis 4-11].



Joonis 4-11

Kui mudelit on keeruline nii pöörata, et oleks selgelt aru saada, millal toorik mudelit katab, siis:

- o valida tööriistaribal vaate nupu järel olevad lisavalikud (vajutades kolmnurgale),
- o valida avanenud loetelust sobiv vaade, kus on selgelt aru saada, millal toorik mudeli katab [Joonis 4-12],
- o kui tooriku kõrgus on sobiv, valida *OK*. Sellega luuakse lõplikult keha.

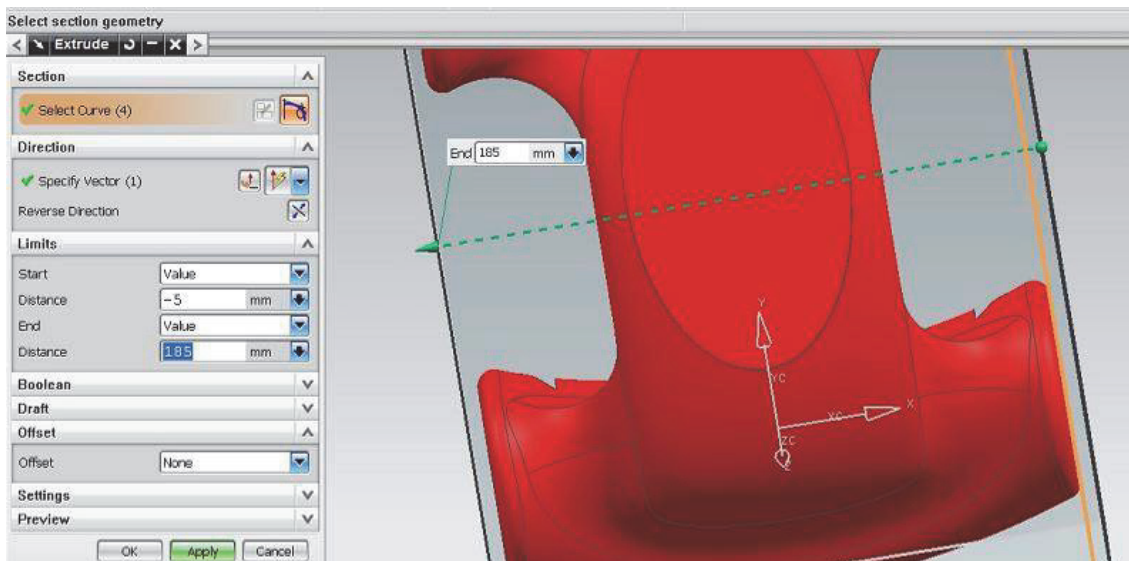


Joonis 4-12

Mudel peaks olema täielikult loodud keha sees ja meile esialgu nähtamatu. Juhul kui mudel kusagilt toorikust välja paistab, siis on lihtsaim viis viga parandada, tehes paremklõpsu loodud toorikul ja avanenud hüpikmenüüst valida *Edit Parameters*, mis viib meid tagasi loodava keha kõrguse määramise juurde.

Meil oleks vaja luua toorik veidi mudeli küljest eemale.

- o Selleks sisestada dialoogiaknas sektsioonis *Limits* real *(Start) Distance* väärtus (-5) ja real *(End) Distance* 185, (mudeli laius on 180mm), [Joonis 4-13].
- o Kui kõik sobib, klõpsa dialoogiaknas *OK*.



Joonis 4-13

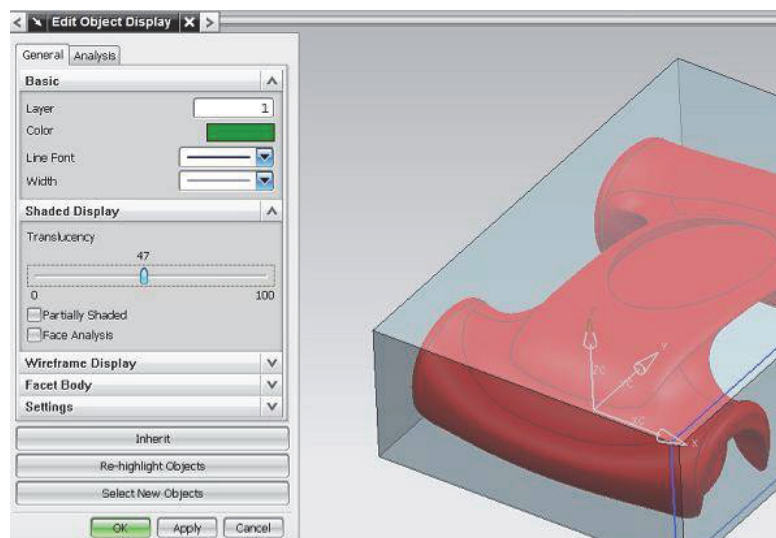
4.2.4 Tooriku muutmine läbipaistvaks

Tooriku muutmiseks läbipaistvaks sisestada klaviatuurilt *<Ctrl> + <j>* või valida *Edit* ⇒ *Object Display*.

Teha hiireklõps kehal, mille omadusi on soov muuta.

Kui jääda kursoriga kauemaks kehale seisma või joonisel on mitu keha ja ei saa täpselt aru, milline keha on valitud, oota kuni kursori juurde tekib kolmepunktiline punktiir, tee hiireklõps ja liikudes avanenud menüüs, vali õige keha.

Avanenud dialoogiaknas saab sektsioonis *Shaded Display* rea *Translucency* all liugurit nihutades valida sobiva tooriku läbipaistvuse. Sobivaimad väärtused jäävad 50 ja 80 vahele [Joonis 4-14].



Joonis 4-14

- o Esimese sektsiooni *Basic* rea *Color* aknale klõpsamise järel avanenud dialoogiaknast saab valida toorikule mudelist erinevat värvitooni, et paremini eristada, millise kehaga on tegemist [Joonis 4-14].
- o Tooriku e töödeldava keha soovitatav värv võiks olla rohekas või sinakas toonis.
- o Valida *OK* ja toorik muudetakse valitud värvi poolläbipaistvaks.

4.2.5 Kinnituskohtade lisamine toorikule

Tooriku kinnitamiseks töölaual on mitu võimalust:

- o suruda toorik vastu freespingi töölaua servasid,
- o kinnitada toorik klambritega, mis suruvad tooriku vastu freespingi töölauda või
- o võtta materjalitükk vajalikust toorikust natuke suurem ja kasutada seda osa materjali kinnitamiseks töölaual.

Esimest varianti saab kasutada ainult siis, kui toorikut ei ole vaja täies kõrguses välispindadelt töödelda. Peale ühe poole töötlust ei saa üldjuhul detaili teiselt poolt töötlemiseks freespingi töölaual kinnitada.

Teise variandi korral tuleb ühe poole töötlemiseks luua kaks tööoperatsiooni, kus esimese operatsiooniga töödeldakse enamus detailist ja töötlemata jääb kinnitusdetailide alune ala. Seejärel tuleb kinnitusdetailid paigutada teise kohta – töödeldud alale ja siis töödelda töötlemata jäänud kinnitusdetailide alune ala. Probleem võib tekkida selles, et teise poole töötlemiseks ei pruugi olla mudelil selliseid pindu, mida paigutada freespingi töölaual tooriku teise poole töötlemiseks. Samuti on keeruline toorikut täpselt töölaual paigutada.

Kolmanda variandi korral on enamus eelpooltoodud kinnitusvariantide puudustest välditud. Puudusena lisandub üldjuhul suurem materjalikulu kinnituskohtade jaoks ja vajadus jätta lõpuni töötlemata alad, millega valmis detail kinnitub kinnituskohtade külge. Need alad tuleb peale kinnituskohtade eraldamist detailist eraldi viimistleda.

Kinnituskeha e hiljem mitte töödeldav keha on soovitatav jätta läbipaistmatuks, kuid värvida punaseks $\langle Ctrl \rangle + \langle j \rangle \Rightarrow General \Rightarrow Color$ – hiljem määratletakse see kui terale töötlemiseks keelatud ala.

Kinnitus ja seade

Kruvidest, tüüblitest, tiftidest, avadest vähemalt üks paar tuleb paigutada tooriku teljele. Sellega tagatakse peale tooriku ümberpööratav tooriku õige asend töölaual teise poole töötlemiseks, kui teljel olevad kinnitus- või seadeelemendid kinnitatakse töölaual täpselt samasse kohta, kus nad esimese poole töötlemise ajal olid kinnitatud.

Loodud kinnituskehadele ei ole täpset kinnitusviisi vaja joonestada, välja arvatud juhul, kui ka seadeavad lõigatakse freespingiga.

4.2.6 Kinnituskohtade loomine tooriku sisse

Kuna meie mudel on küllalt suur ja mudeli külgedel on palju tühja ruumi, kus mudel toorikut ei täida (esi- ja tagarataste vahel), on kinnituskohad mõttekas paigutada just sinna.

Kui suured tuleb kinnituskohad luua? 6 mm läbimõõduga mööblipoltide suuremad lapikpead on läbimõõduga 15 mm. Jätta tuleks mõni millimeetri ohutusvaru, seega 20 mm.

Kasutataval kinnitusplaadil on kinnituskohad sümmeetrilised keskkohaga, kinnituskohtade vahega 85 mm 135 mm ja 185 mm. Meile sobib 135 mm vahekaugusega kinnitusaukude paar.

Kinnituskohtade loomiseks joonestada tooriku keskkohast kummagi külje suunas 67,5 mm pikkused abijooned.

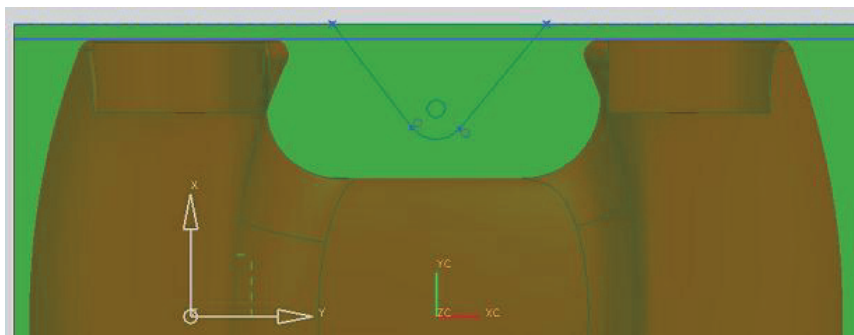
Joonte otspunkti joonestada 6 mm läbimõõduga ringid, mille järgi saab hiljem ka kinnitusaugud toorikusse lõigata. Seejärel joonestame joonte otspunktidesse 20 mm läbimõõduga ringid, mis jääksid tooriku kinnituskohtadeks ja mida ei töödelda. Tooriku kinnituskohtasid võime laiendada tooriku servade poole, et suurendada kinnitusosa pinda ja tugevust ning vähendada töödeldavat ala. Tuleb ainult jälgida, et mudeli ja kinnituskeha vahele jääks vähemalt 10 mm suurune vahe, kust lõiketera saaks ümber mudeli liikuda.

Joonestada võib ainult ühe poole kinnituskoha ja peegeldada (*Mirror*) hiljem kinnituskoha ka teisele küljele.

- o Valida tööriistaribal *Sketch*.
- o Valida kursoriga pind, kuhu soovitakse kinnituskoha (tooriku alumine või ülemine külj). Valida *OK*.
- o Valida tööriistaribal *Line*.
- o Liikuda kursoriga tooriku ühe külje servale. Servajoon muutub aktiivseks, kursori kohal märgitakse serval punkt (punase servaga romb) ja selle kõrvale tekib märk (kaldjoon ning selle allosas olev väike ringike), mis näitab, et punkt asub joonel.
- o Liikuda kursoriga joone keskkoha poole kuni tingmärk muutub – ringike hüppab joone keskkoha. See tähendab, et punkt asub servajoon keskkohas.
- o Liikuda kursoriga lähiskülje servajoonele ja korda protseduuri.
- o Kui teine keskkoha on käes, liikuda kursoriga joonest risti eemale, tooriku keskkoha poole. Joone keskkoha ja kursori vahele tekib punktiirjoon. Püüdes punktiiri säilitada (püüdes olla keskjoonel), liikuda tooriku keskkoha. Jõudes keskkoha, tekib ka teisest küljest kursorini punktiirjoon – kursor on tooriku keskkohas.
- o Teha hiireklõps (st. märgi joone alguspunkt).
- o Vaadata, et joone dialoogiaknas oleks aktiivne parempoolne nupp, mis sisestab joone pikkuse ja nurga.
- o Kursori abiaknasse sisesta reale *Length* joone pikkuseks 67.5 (67 punkt 5) ja vajutada *<Enter>*. Liigutades kursorit, pöörata joon vertikaalseks ja teha hiireklõps või sisestada kursori abiaknasse reale *Angle 90* ja klõpsa vajutada *<Enter>*.
- o Liikuda loodud joone alguspunkti, joonestada teine joon keskpunktist vastaspoole (*Angle 180*).
- o Valida tööriistaribalt *Circle*.
- o Liikuda kursoriga ühe loodud joone otspunkti ja tee siis hiireklõps.
- o Avanenu abiaknasse sisestada 6 ja vajutada *<Enter>*.
- o Liikuda hiirega teise joone otspunkti ja teha hiireklõps.

Kinnitusaugud on märgitud.

- o Lõpetada ringi joonestamine (klõpsa tööriistaribal *Circle* ja kast ümber tööriista ikooni kaob).
- o Liikuda kursoriga äsjajoonestatud joonele, joon muutub aktiivseks, teha paremklõps ja valida *Delete*. Kustutada ka teine joon.
- o *Finish Sketch*.
- o Valida *Sketch*, märkida sama pind mis eelmisel korral, valida *OK*.
- o Valida tööriistaribal *Circle*.



Joonis 4-15

- o Liikuda kursoriga äsjajoonestatud ringi keskkoha ja teha klõps.
- o Sisestada 20 ja vajutada klahvile *<Enter>*.
- o Liikuda teise väikese ringi tsentrisse ja teha hiireklõps.
- o Valida tööriistaribalt *Line*.
- o Liikuda kursoriga äsjajoonestatud suuremale ringjoonele, keskpunkti tasandist mudeli poole ja teha klõps.

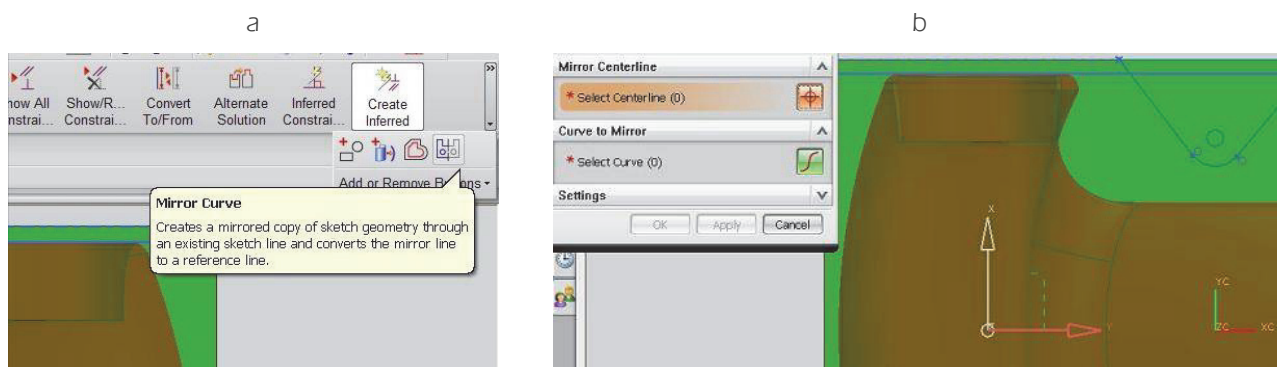
Kui paigutada joone alguspunkt keskpunkti tasandist mudeli poole (tegelikult loodavast puutuja puutepunktist kaugemale), käsitleb programm ringjoonelt alustatud joont puutujana ja vastavalt joone suunale määrab ise puutepunkti.

Kui joone alguspunkt on aga sellises kohas, kus joone alguspunkt ei ole kaugemal keskpunkti tasandist, käsitleb programm joont lõikava joonena ja jätab joone alguspunkti sinna, kuhu tehti klõps.

- o Liikuda joonega kaldu serva poole (auto selle otsa poole, kust poolt ringilt joont alustati) määramaks ümardatud otsaga kolmnurkse kinnituskeha üht külge. Kui serval on sobiv joone otspunkt leitud, teha hiireklõps.
- o Korrata sama teise otsa poole.
- o Tõmmata joon kahe otspunkti vahele (tekib kinnine kontuur).
- o Valida tööriistaribalt *Quick Trim*.
- o Liikuda kursoriga loodud kolmnurga sisse jäävale suurema ringi kaareosale, kaareosa muutub aktiivseks, teha hiireklõps ja sisemine kaareosa kustub.
- o Korrata sama mudeli teisel küljel või peegeldada loodud kinnituskeha tooriku teisele küljele.

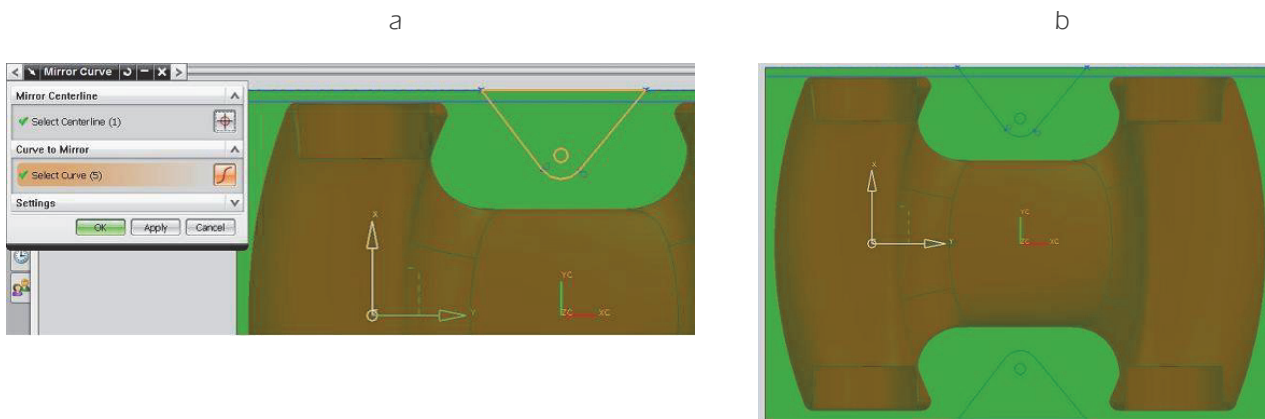
Selleks:

- o klõpsata tööriistariba lõpus olevale kolmnurgale ja valida käsk *Mirror Curve* [Joonis 4-16;a],
- o avanenud dialoogiaknas on aktiivne käsk *Select Centerline*. Klõpsata y-teljel [Joonis 4-16;b].



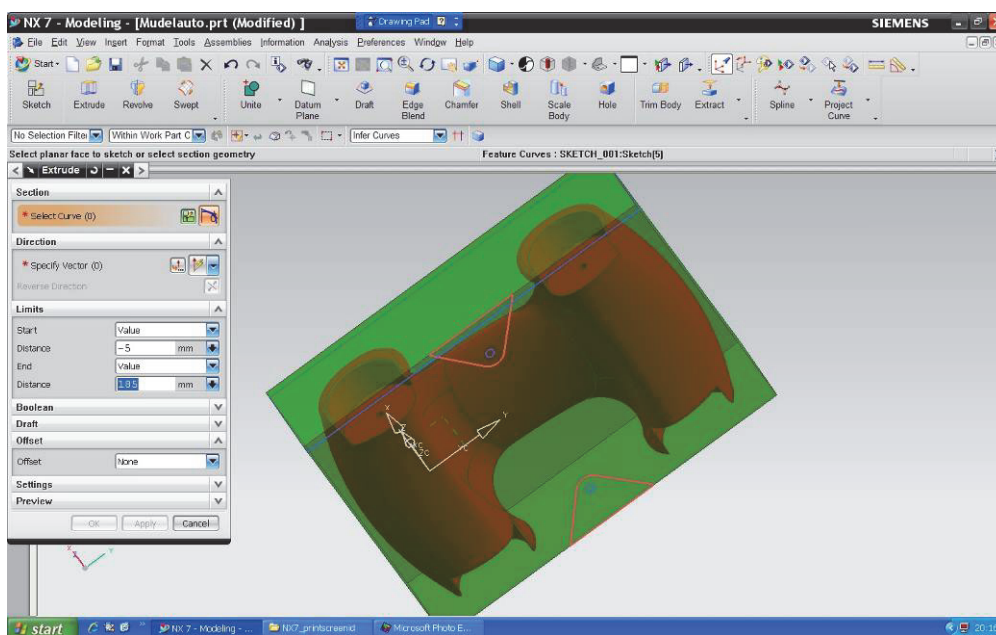
Joonis 4-16

- o Aktiivseks muutub käsk *Select Curve* [Joonis 4-17;a].
- o Klõpsa joontel, mida soovid peegeldada. Mitme joone valikuks hoia all *<Ctrl>* klahvi. Valida OK.
- o Valitud jooned peegeldatakse valitud peegeldustelje suhtes [Joonis 4-17;b]. Valida *Finish Sketch*.



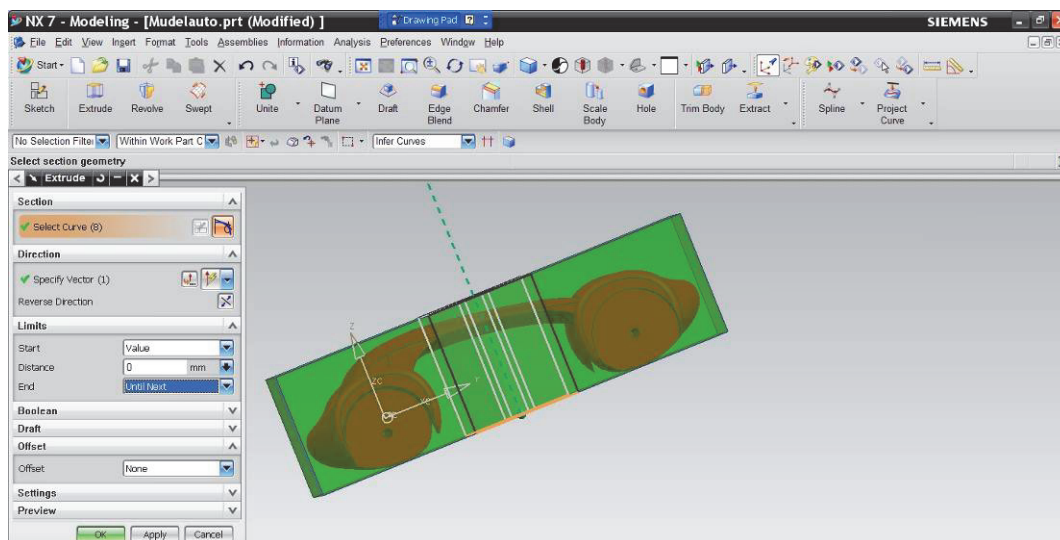
Joonis 4-17

- Valida tööriistaribalt *Extrude*.
- Liikuda kursoriga loodud kinnituskeha kontuurile. Kontuuri aktiveerudes teha hiireklõps [Joonis 4-18].



Joonis 4-18

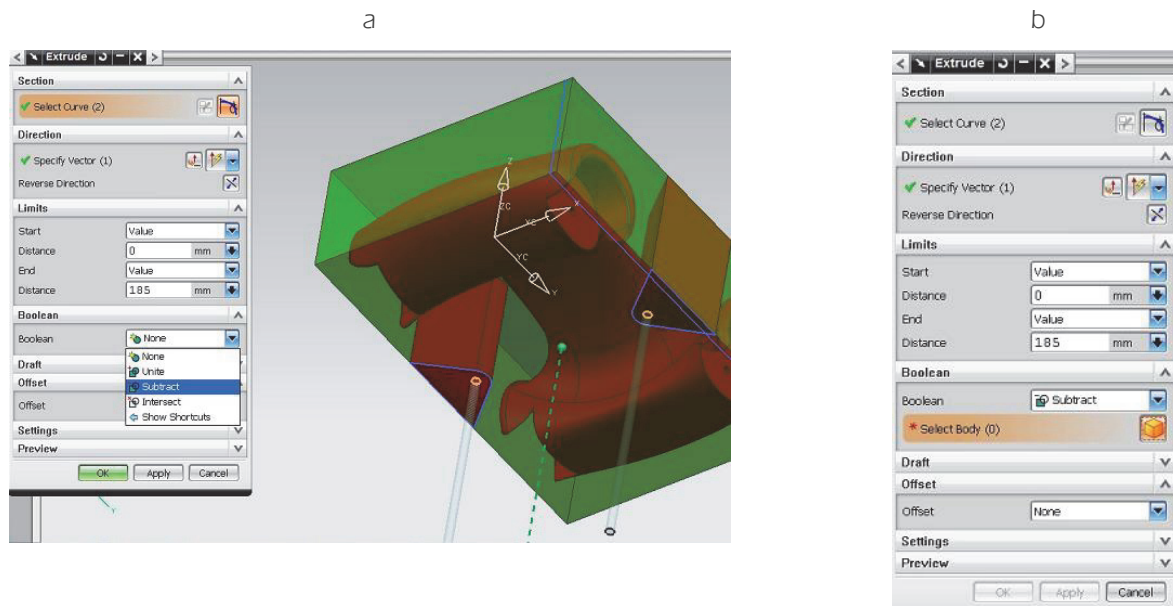
- Luuakse kehad viimati kasutatud kõrgusega. Kui loodud kehade suund ei sobi, klõpsata nuppu real *Reverse Direction*.
- Kontrolli või sisesta väärtus 0 reale (*Start*) *Distance* ja väärtus kõrguse määramiseks.
- Lihtsaim variant on valida rea *End* rippmenüüst *Until Next*, millega luuakse tooriku kõrgused kinnituskehad [Joonis 4-19]. Kontrollida üle ja valida *OK*.
- Vajutada *<Ctrl> + <j>*.
- Liikuda loodud kinnituskehale, kui see muutub aktiivseks, teha hiireklõps.
- Liikuda edasi teisele kinnituskehale, kui see muutub aktiivseks, teha hiireklõps. Kui kinnituskeha ei muutu aktiivseks ja kursori tingmärgi juurde tekib kolmest punktist punktiir, teha hiirt liigutamata hiireklõps ja avanenud loetelust saad vajaliku keha.
- Kui mõlemad kehad valitud, valida *OK*.
- Uues avanenud dialoogiaknas klõpsata esimese sektsiooni *Basic* rea *Color* aknal. Avanenud paletiaknas valida üks punastest värvidest ja seejärel *OK*.
- Nüüd on olemas ka kinnituskehad.



Joonis 4-19

Kui soovitakse kinnitusaugud teha NX kasutades, võib lõigata ka kinnitusaugud.

- o Valida tööriistaribal *Extrude*. Avaneb materjali lisamisest tuttav dialoogiaken, kus esimeses sektsioonis on aktiivne käsk *Select Curve*.



Joonis 4-20

- o Klõpsata kinnitusaukude eskiisidel.
- o Sektsioonis *Boolean* klõpsata rea *Boolean* lõpus oleval rippmenüüd avaval kolmnurgal ja valida *Subtract*, millega lõigatakse kehast välja eskiisi kujuline osa [Joonis 4-20;a].
- o Aktiivseks muutub järgmine rida *Select Body (0)* [Joonis 4-20;b].
- o Näidata keha, millest tahetakse valitud eskiisikujulist osa eraldada.

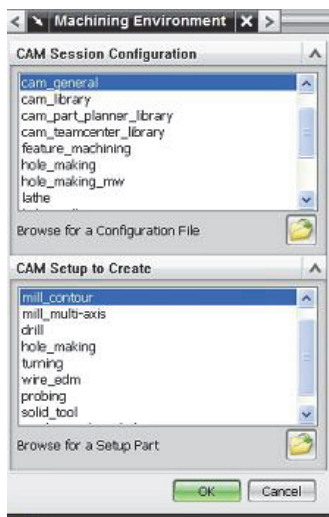
Kuigi real *Select Body* on lõpus loendaja (sulgudes number), mis eeldaks, et saab valida mitu keha, millest valitud joone kujuline osa eraldada, ei luba programm kaht üksteise sees olevat keha korraga valida.

Seega tuleb läbiva ava saamiseks nii toorikusse kui kinnituskehasse sooritada lõikamist kaks korda ja lõigata ava kummagi keha sisse eraldi.

5. Mudeli valmistamine

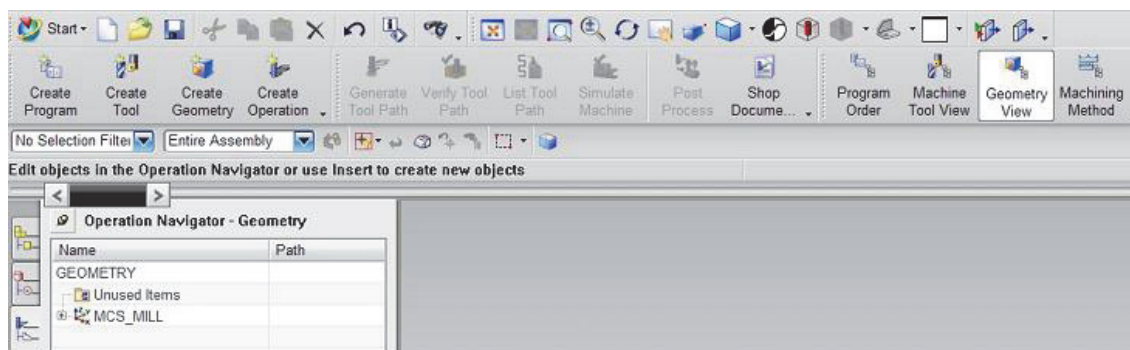
5.1 Töötlemiskeskonda sisenemine

- o Valida tööriistaribal *Start* ⇒ *Manufacturing* [Joonis 5-1].



Joonis 5-1

- o Valida dialoogiaknas *Machining Environment* ülemises seksioonis *CAM Session Configuration* esimene rida *cam general*.
- o Teises seksioonis *CAM Setup to Create* valida ruumilise mudeli valmistamiseks *mill contour*. Tasa-pinnalise mudeli valmistamisel valida *mill planar*. Valida OK.
- o Avanenud dialoogiakna kinnitamiseks ekraanile klõpsata dialoogiakna pealkirja ees olevale knopkajulisele nupule. Knopka muutub tammetõrukujuliseks ja dialoogiaken ei kao, kui kursoriga temalt ära liikuda.
- o Valida tööriistaribal nupp *Geometry View* [Joonis 5-2].
- o Klõpsata dialoogiaknas rea *MCS_MILL* ees olevale ristikesele.

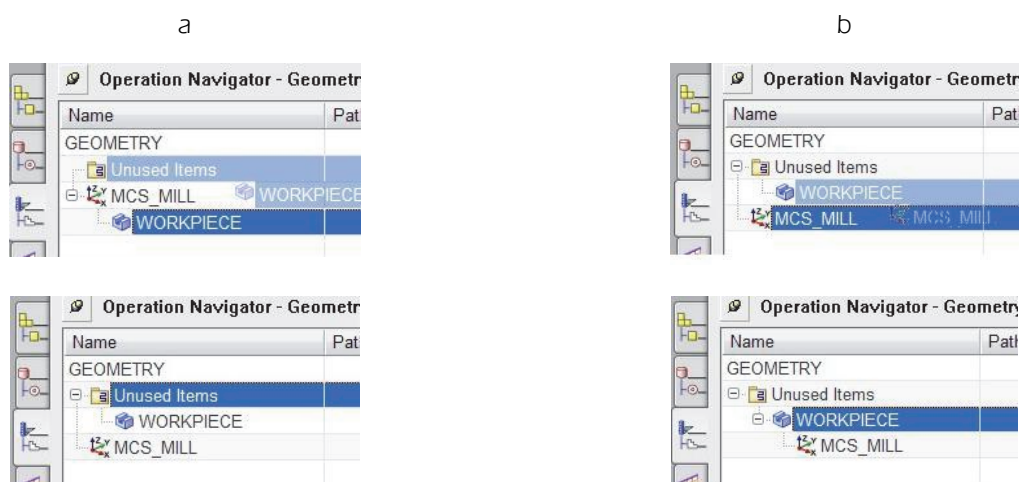


Joonis 5-2

Kui toorikut on kavas töödelda ainult ühelt poolt, siis võib jätta kehtivaks vaikimisi kehtivad valikud.

Tooriku töötlemiseks mitmelt küljelt on edasise töö lihtsustamiseks vaja toimida järgmiselt:

- o Lohistada *WORKPIECE Unused Items* 'i peale [Joonis 5-3;a], (kursor *WORKPIECE* peale, vajutada vasak hiireklahv alla, liikuda reale *Unused Items* ja vabastada hiireklahv).
- o Lohista *MCS_MILL WORKPIECE* peale [Joonis 5-3;b].



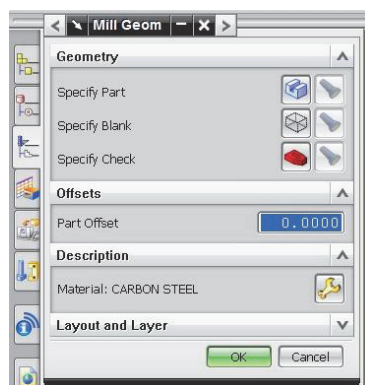
Joonis 5-3

Sellega muudetakse järgnvussuhteid st kui teiselt küljelt töötlemiseks muuta koordinaatide suunda või koordinaatide-süsteemi nullpunkti asukohta, jäävad ka uute koordinaatide korral kehtima määrangud, mis määrasid mudeli, tooriku ja töötlemiseks keelatud alad.

Kui me *WORKPIECE* ja *MCS_MILL* ümberlohistamisi ei tee, siis koordinaatidesüsteemi muutmisel peame uuesti määrama ka mudeli, tooriku jt alade geometriad.

5.2 Geomeetria määramine

- o Minna hiire kursoriga paneeli *Operation Navigator – Geometry* reale *WORKPIECE*.
- o Vajutada hiire parempoolsele klahvile ja valida *Edit*. Avaneb dialoogiaken *Mill Geom* [Joonis 5-4].



Joonis 5-4

5.2.1 Detaili geomeetria määramine

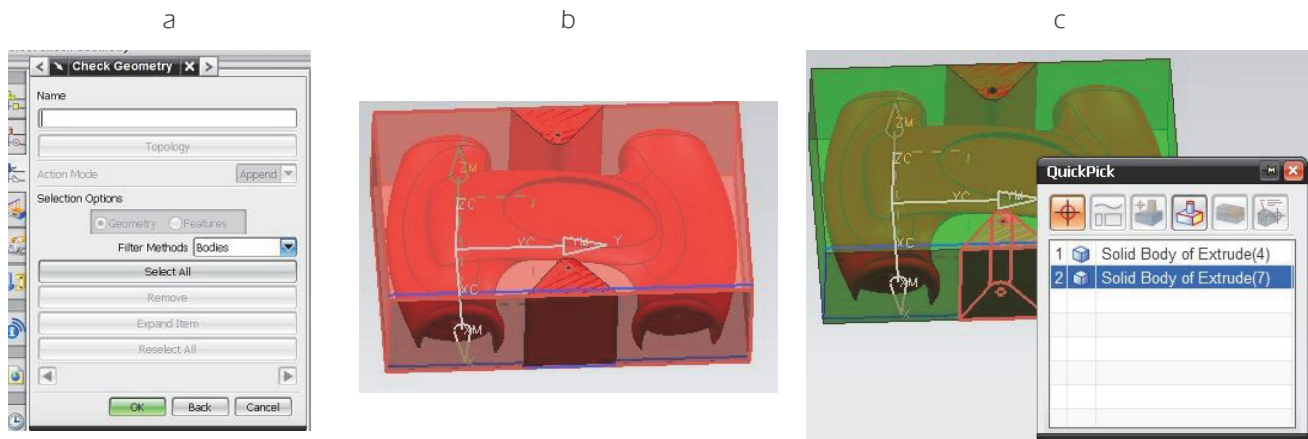
- o Valida esimese rea *Specify Part* nupp [Joonis 5-4].
- o Avanenud aknas *Part Geometry* sektsioonis *Selection Options* jälgida, et oleks valitud *Features*.
- o Minna kursoriga joonisele ja kursoriga liikudes valida aktiivseks muutunud mudel. Valida *OK*.

5.2.2 Tooriku geometria määramine

- Valida teise rea *Specify Blank* nupp [Joonis 5-4].
- Minna kursoriga joonisele ja sellega liikudes valida aktiivseks muutunud toorik. Valida OK

5.2.3 Kinnituskeha (lõiketera liikumiseks keelatud ala) geometria määramine

- Klõpsa kolmanda rea *Specify Check* nuppu [Joonis 5-4].
- Jälgi, et real *Filter Methods* oleks valitud *Bodies* [Joonis 5-5;a].



Joonis 5-5

- Minna kursoriga joonisele ja joonisel kursoriga liikudes valida aktiivseks muutunud kinnituskeha.
- Mõnikord ei ole täpselt aru saada, milline keha on aktiivseks muutunud [Joonis 5-5;b].
- Kindlam viis (kinnitus)keha määramiseks on liikuda hiire kursoriga joonisel olevale kehale ja oodata, kuni kursori kõrvale tekib kolmepunktiline punktiirjoon. Siis teha hiireklõps ja teostada sobiva keha valik [Joonis 5-5;c].
- Kui on mitu kinnituskeha, siis tuleb iga keha eraldi näidata, kuigi nad võivad olla loodud korraga ja sama joonise järgi. Valida *OK*.
- Aknas *Mill Geometry* vajutada *OK*.

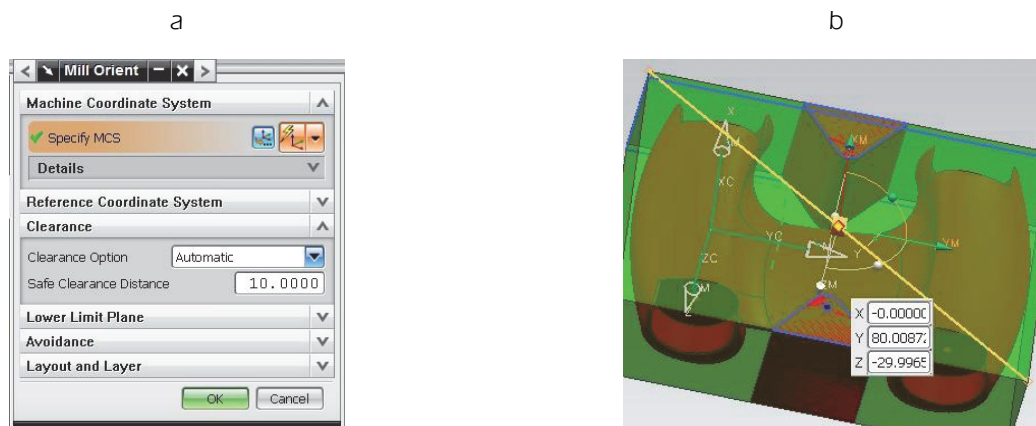
5.3 Koordinaatidesüsteemi paigaldamine

Koordinaattelgede nullpunkti asukoha määramiseks peame olema otsustanud, kuidas paigutame tooriku freespingi töölauale.

Käesolevas juhendis paigutatakse koordinaatidesüsteemi nullpunkt tooriku ülemisele pinnale, täpselt tooriku keskele.

Et koordinaatidesüsteemi nullpunkti oleks lihtne paigutada, joonestame tooriku pinnale diagonaaljoone. Diagonaali keskkoht, mida programm meile näitab, on ühtlasi ka tooriku külje keskkoht. Kuna mudeli valmistamisel töötlemine kõigepealt mudeli alumise külje, on mõttekas joonestada diagonaal sellele tooriku küljele, kus asub mudeli alumine pool.

- Valida tööriistaribalt *Start* ⇒ *Modeling*.
- Valida *Sketch*, näidata pind, millele on soov hakata joonestama. Joonestada diagonaal ja lõpetada *Sketch*.
- Liikuda tagasi töötlemise keskkonda *Start* ⇒ *Manufacturing*.
- Dialoogiaknas *Operation Navigator* – *Geometry* aktiveerida *Unused Items* ja *WORKPIECE*.
- Vajutada hiire parempoolsele klahvile real *MCS_MILL* ja valida *Edit*.
- Valida avanenud dialoogiakna esimese sektsiooni *Machine Coordinate System* esimese rea *Specify MCS* esimesel (vasakpoolne) ikoon [Joonis 5-6;a].



Joonis 5-6

- Avaneb uus dialoogiaken ja joonisele ilmub oranž kuubik koordinaattelgedega.
- Liikuda kursoriga oranžile kuubile, vajutada alla hiire vasakpoolne klahv ja lohistada kuubik äsja joonestatud diagonaaljoonele keskkoha lähedusse. Seejärel hakkata aeglaselt lähenema diagonaali keskkohale.
- Kui kuup on diagonaaljoone keskkohal, muudab joon värvi ja näidatakse joone keskkoha, pakkudes sellega koordinaatide süsteemi nullpunkti uueks asukohaks diagonaali keskkoha.
- Vabastada hiireklahv ja oranž kuup paigutub tooriku pinnale külje keskkoha [Joonis 5-6;b].

Telgede paigutamine

Järgmise tegevusena oleks vaja õigesti paigutada koordinaatteljed kujul, et x-telg oleks suunatud risti mudeliga, y-telg oleks piki mudelit ja z-telg oleks risti tooriku pinnaga.

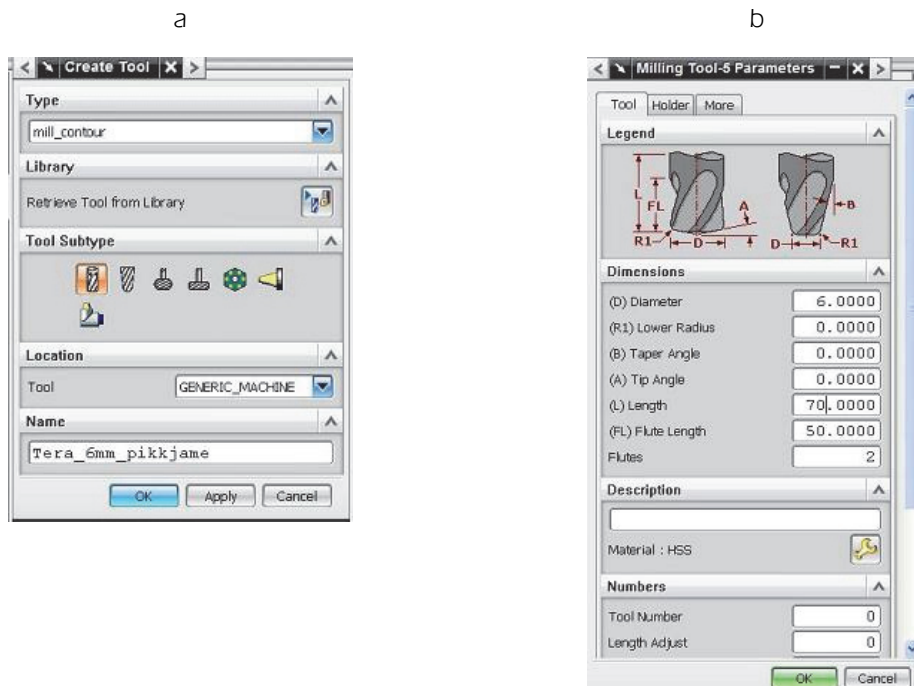
Telgede pööramiseks saab kasutada koordinaattelgi ühendavate kaartide peal olevaid "kerasid".

- Liikuda kursoriga "kerale", vajutada alla hiire vasakpoolne klahv ja liikuda mööda kaart, pöörates telje vajalikku asendisse. Pöördenurga suurust näeb "munale" vajutamise hetkel avanevas aknas.
- Kui koordinaatidesüsteem on õigesti paigas, klõpsa dialoogiaknas *CSYS* nupul *OK*. Seejärel ka *Mill Orient* aknas *OK*.

5.4 Lõiketera loomine

Seejärel tuleb kirjeldada kasutatav lõiketera.

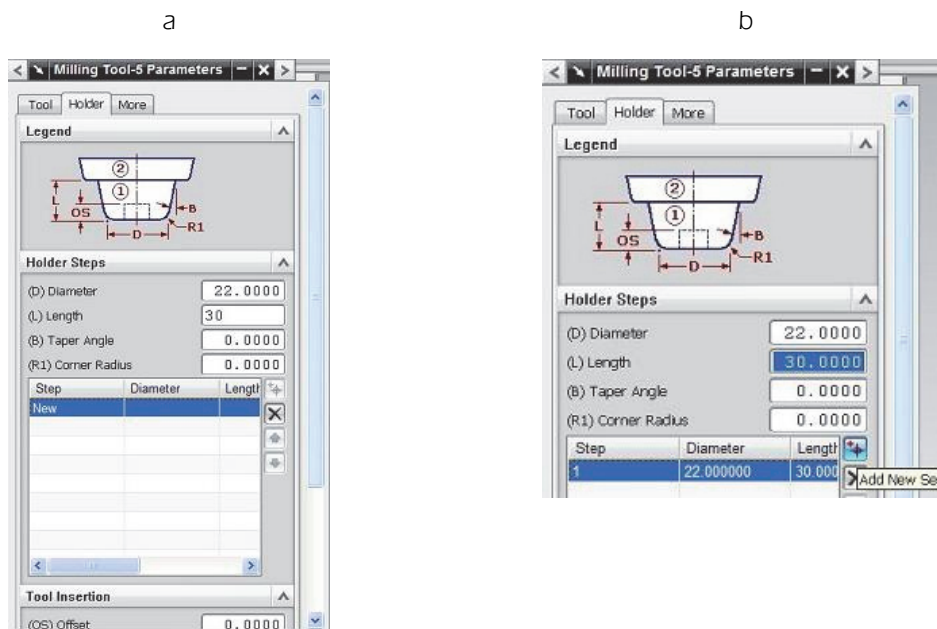
- Klõpsata tööriistaribal ikoonile *Create Tool*.
- Avanenud dialoogiaknas jälgida, et esimeses sektsioonis *Type* oleks valitud *mill contour*.
- Sektsioonis *Tool Subtype* valida ikoon, mis on kõige sarnasem kirjeldama hakatava lõiketeraga.
- Sektsioonis *Name* anda terale nimi, et kirjeldatav (loodav) tera oleks selgelt äratuntav hilisemas tööriistaloetelus [Joonis 5-7;a].
- Nimetame tera: „Tera_6mm_pikkjame“. Sõnade eraldamiseks on soovitatav kasutada alakriipse, tühikute kasutamisel võib tekkida teatud olukordades probleeme.
- Soovitatav on mitte kasutada täppidega tähti (vt. eelmine märkus), jame viitab jämedama, 6mm kinnitusosaga freesile.
- Avanenud dialoogiaknas sisestada vastavalt tera joonisel toodud tähistele kasutatava tera mõõdud.
- Juhendis kasutatava tera läbimõõt (D) on 6 mm, tera pikkus (L) on 70 mm ja lõikeserva pikkus 50 mm [Joonis 5-7 ;b].
- Kui andmed on sisestatud, valida *OK*.



Joonis 5-7

Tera lõikeserva täpne pikkus ei oma tavaliselt tähtsust, sest ühe korraga lõigatav sügavus on üldjuhul tunduvalt väiksem kui tera lõikeserva pikkus. See mõõt muutub oluliseks siis, kui tera lõikeosa läbimõõt on väiksem kinnitusosa läbimõödust ja kogu töötlemissügavus ületab lõikeserva pikkust või läheneb sellele.

Suuremate lõikesügavuste korral, kui on oht, et tera kinnitusseade võib töötlemise käigus puutuda vastu toorikut/detaili, tuleb kirjeldada ka freesi kinnitusseadet *Holder*.



Joonis 5-8

- Valida sakk *Holder*.
- Sisestada vastavalt joonisel toodud tähistele kinnitusseadme mõõdud dialogiakna teises seksioonis *Holder Steps* [Joonis 5-8;a].
- Hetkel võib hoidiku läbimõõduks võtta 22 mm ja kõrguseks 30 mm.

Kui terahoidik on mitmeastmeline, saab iga astet kirjeldada, kui lisada mõõtmete sisestusakende all olevasse tabelisse uusi ridu. Uue rea sisestamise võimalus tekib peale seda, kui peale vajalike mõõtmete sisestamist klõpsata *OK*. Siis muutub aktiivseks tabeli kõrval olevatest ikoonidest kõige ülemine – tabelisse uue rea lisamise ikoon.

Klõpsates sellele ikoonile lisatakse tabelisse uus rida ja oodatakse mõõtmete sisestusakendesse uue astme mõõtmeid. Astmed lisatakse suunaga alt üles. Iga uus aste asub ka reaalses hoidikus eelmise kohal (pingi pool), [Joonis 5-8;b].

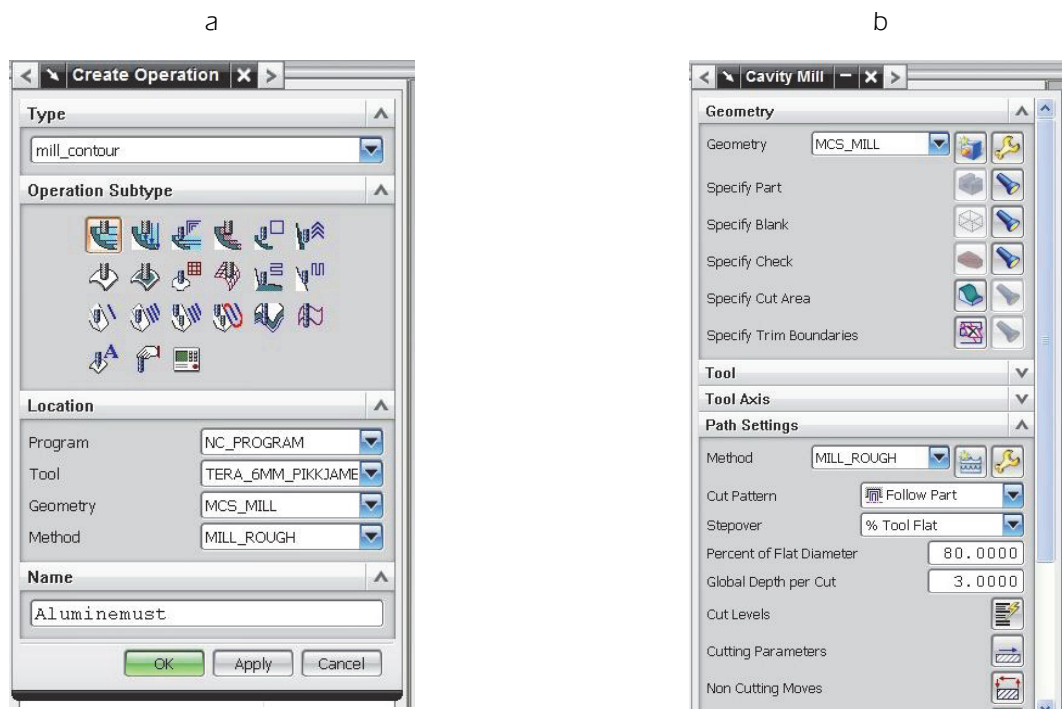
Järgmise tasandi hoidiku läbimõõdu võime anda 100 mm, see on tegelikult juba mootoriosa kinnituskronstein, aga lühema tera ja suure töötlemissügavuse korral võib olla vaja välistada programmi soovi minna sügavamale töötlemisele kui pingi ehitus seda võimaldab.

Selleks, et programm hakkaks arvestama loodud freesi kinnituseadmega (*Holder*), tuleb operatsiooni loomise (*Create Operation*) käigus dialoogiakna rea *Cutting Parameters* dialoogiaknas valida sakk *Containment* ja avanenud dialoogiaknas aktiveerida märkeruut *Use Tool Holder* ees teises seksioonis *Tool Holder*.

5.5 Töötlemisoperatsioonide loomine

5.5.1 Musta töötuse loomine

- o Klõpsa tööriistaribal *Create Operation*.



Joonis 5-9

Avanenud dialoogiaknas jälgida järgnevat.

- o Ülemises seksioonis *Type* peab olema valitud *mill_contour*.
- o Teises seksioonis *Operation Subtype* peab olema aktiivne esimene ikoon.
- o Kolmandas seksioonis *Location* klõpsata rea *Tool* akna lõpus rippmenüü nupule ja valida loetelust enda loodud tera.
- o Real *Method* valida rippmenüüst *MILL_ROUGH* – musta töötus.
- o Seksiooni *Name* aknasse sisesta töötuse nimi – “Aluminemust”, [Joonis 5-9;a], ja valida *OK*.

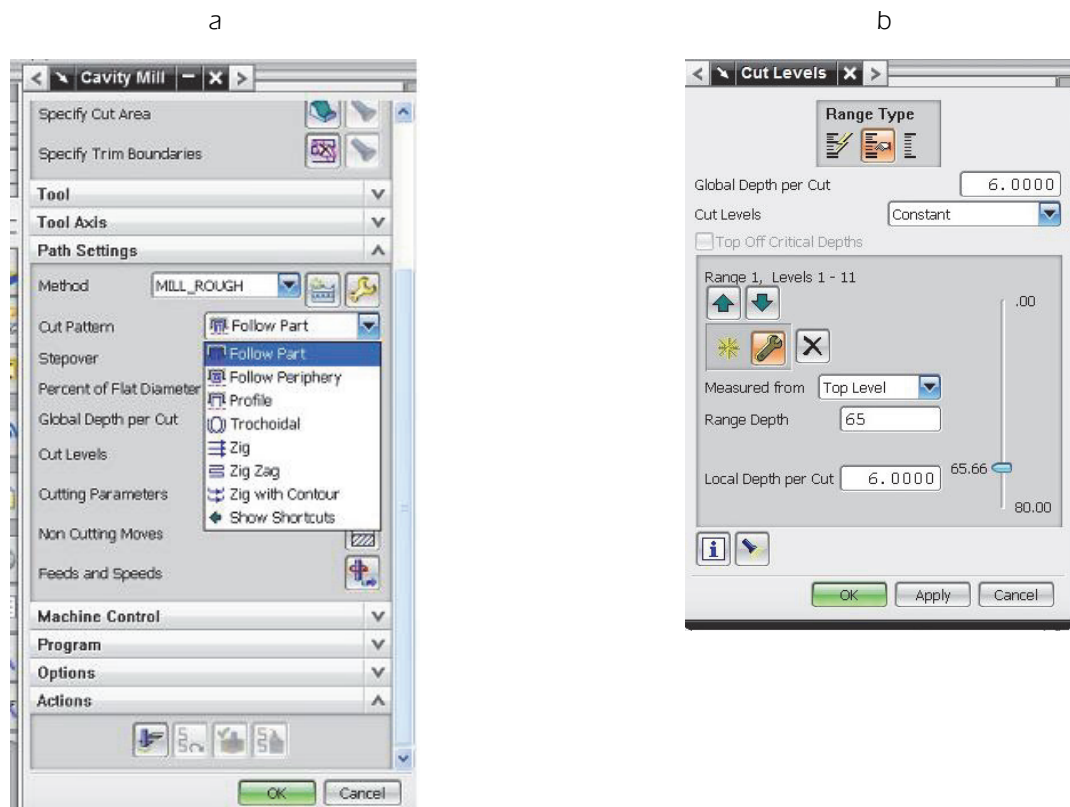
Avanenud dialoogiaknas saab sisestada ja seadistada pea kõike lõikamisega seonduvat.

Meile on olulisemad lõikesügavused, lõiketasandid, lõikekiirus, -suund ja ettenihkekiirus.

Seksioonis *Path Settings*: Rea *Cut Pattern* menüüst saab valida, milliste tingimuste järgi hakatakse genereerima lõiketera liikumisi. Vaikimisi on kasutusel *Follow Part*, mis jälgib töödeldavat mudelit, kuid mõnikord on kasulikum kasutada mõnda teist viisi.

Näiteks on tõsiasi, et Kosy freespingi korral toimub x- või y-koordinaadi suunaline liikumine palju kiiremini kui kaldsuunaline liikumine.

Kui mudel on keeruka kujuga, siis valides lõikemustriks (*Cut Pattern*) *ZigZag*, saame töötlemiseks kuluvat aega tunduvalt kokku hoida [Joonis 5-10;a].

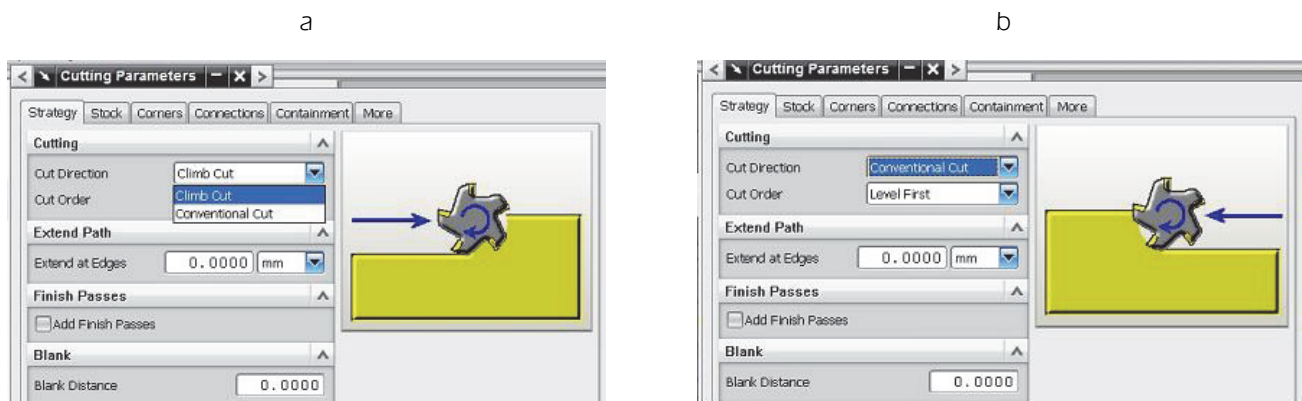


Joonis 5-10

- o Real *Percent of Flat Diameter* saab määrata, kui suure osaga tera läbimõõdust toimub töökaigul materjali eemaldamine e lõikelaius – sisesta 80.
- o Real *Global Depth per Cut* – ühe lõike sügavus – sisesta 3. [Joonis 5-10;b]
- o *Cut Levels* võimaldab kogu lõikesügavuse jagada sektsioonideks ning määrata igale sektsioonile oma lõike sügavuse. See on vajalik kandilise otsaga teraga kumeruste töötlemisel tekkiva sakilisuse vähendamiseks. Ka saab siin määrata kahepoolse töötlemise korral ühe poole töötlemissügavust. Meie peaksime alumise poole töötlemise 65 mm sügavuseni, sest sellele kõrgusele on hiljem hea jätta kinnituskohad, millega valmis kinnituskohade kaudu freespingi töölaual hoitakse. Klõpsata rea *Cut Levels* lõpus olevat nuppu.
- o Nihutada dialoogiakna hallil alal olevat liugurit ülespoole, kuni vasakpoolne number on 65. Võib teha ka topeltklõpsu rea *Range Depth* aknas ja sisestada sinna 65 [Joonis 5-10;b].
- o Klõpsata rea *Cutting Parameters* lõpus olevat nuppu.
- o Avanenud dialoogiaknas valida esimesel sakil *Strategy* esimese sektsiooni *Cutting* rea *Cut Direction* rippmenüü kolmnurk.
- o Valida *Conventional Cut* [Joonis 5-11;b]. Valida *OK*.

Selle lõikeviisi korral siseneb tera materjali, alustades lõikamist õhukese laastuga ja väljub materjalist täis laastu paksusega.

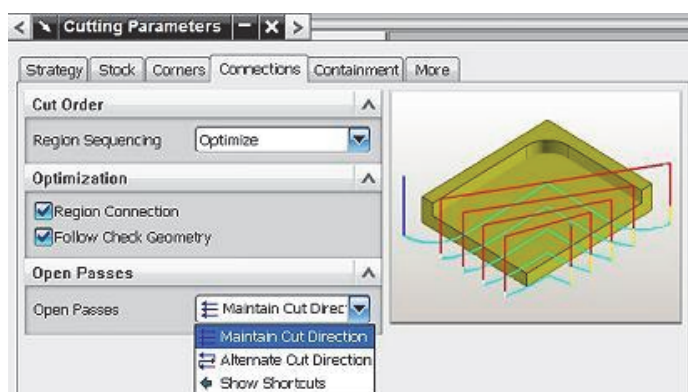
Seda valikut on soovitatav kasutada just kõvemate materjalide korral, sest teise (*Climb Cut*) lõikeviisi korral siseneb tera materjali täis laastu paksusega [Joonis 5-11;a], mis tekitab teral suuri löökkkoormusi ja kogu pingi vibratsiooni.



Joonis 5-11

Kui lõikeviisi ei ole oluline, siis tühikäigul liikumiste vältimiseks ja töötlemisaja lühendamiseks võib määrata, et materjali lõigatakse mõlemat lõikeviisi kasutades.

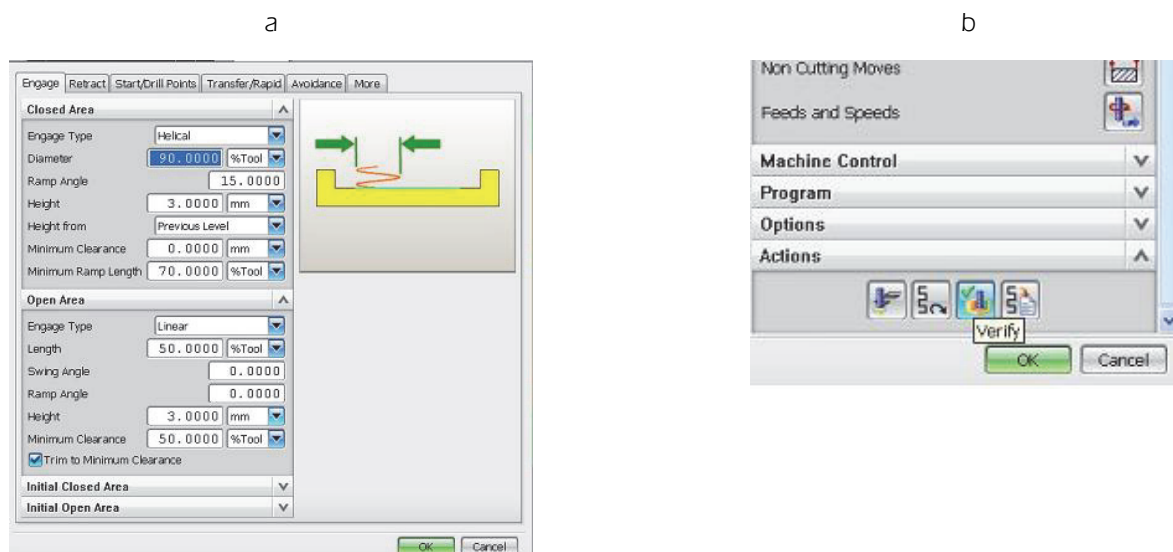
Selleks tuleb dialoogiaknas *Cutting Parameters* saki *Connections* sektsiooni *Open Passes* rippmenüüst valida *Alternate Cut Direction* [Joonis 5-12].



Joonis 5-12

Rea *Non Cutting Moves* (mittelõikavad liikumised) seadetega saab vajadusel määrata näiteks seda, kus tera siseneb toorikusse ja kust väljub, kuidas tera liigub, kui ta peab sisenema toorikusse ülaltpoolt jne [Joonis 5-13;a].

Real Feeds and Speeds saab sektsioonis *Feed Rates* määrata freesimise etteandekiiruse. Kasutades vahtplasti võib see jääda samaks, mis vaikimisi (250), kuid kõvemate materjalide korral tuleb seda vähendada.



Joonis 5-13

- Kui seaded on paika pandud, valida dialoogiakna *Cavity Mill* viimases seksioonis *Actions* esimene ikoon *Generate*.
- Väiksema resolutsiooniga töötava kuvari korral tuleb viimase seksioonini jõudmiseks liigutada dialoogiakna paremal serval olevat liugurit alla.

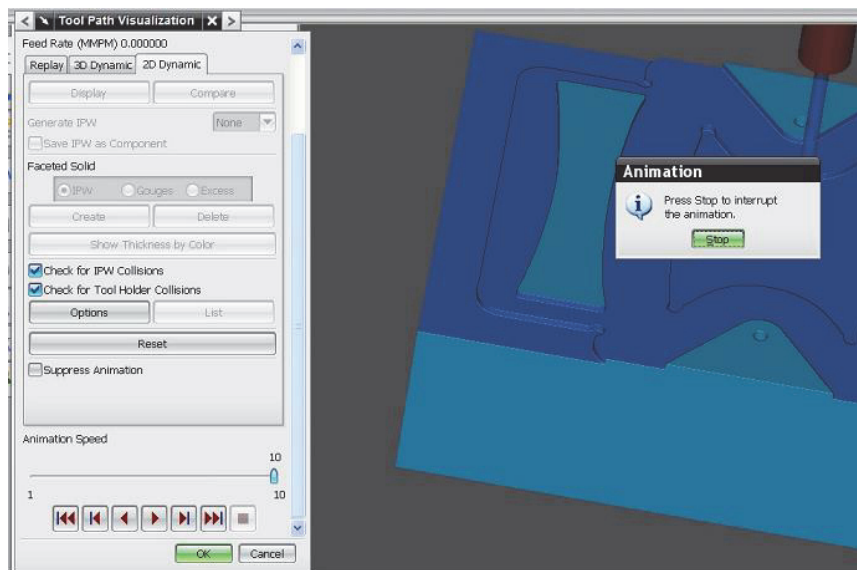
Ikoonile *Generate* klõpsamise järel genereeritakse töörajad ja näidatakse need ka mudelil. Töörajad tekitatakse mudelile nii kiiresti, et ei ole võimalik jälgida tera liikumisi.

Lõikepera liikumiste paremaks jälgimiseks on võimalus kasutada sama seksiooni (*Actions*) kolmandat ikooni *Verify*. [Joonis 5-13;b].

Valides sakk *Replay* esitatakse töörajad toorikul nagu töö alguses, kuid hetkel on (dialoogiakna liugurit alla liigutades) võimalik valida liikumiste esitamise kiirust.

Seda saab teha liuguri *Animation Speed* ja simulatsiooni juhtimise nuppude abil. Siinjuures saab mängida/peatada/tagasi kerida ja uurida töötlemisprotsessi täpsemalt.

Sakkide *2D Dynamic* või *3D Dynamic* valikutega visualiseeritakse kogu materjali eraldamise protsessi veelgi rohkem [Joonis 5-14]. Kui protsess on uuritud, valida *OK*.



Joonis 5-14

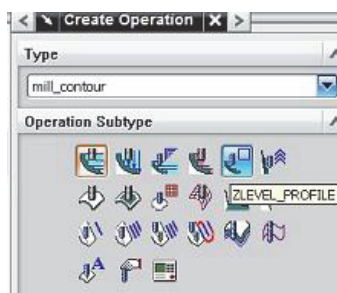
- Kui töötlemisoperatsioon jätab soovitud mulje, valida töötlemisseadete dialoogiaknas *Cavity Mill* *OK*.
- Kui protsess ei ole soovitud kujul, tuleb muuta seadeid, genereerida uuesti töörajad ja kontrollida töötlemisprotsessi kuni jõutakse soovitud lahenduseni.
- Sellega on üks tööoperatsioon loodud.

5.5.2 Puhastöötuse loomine

Musta töötuse käigus eemaldati toorikult suurem hulk mittevajalikku materjali ja jäeti mudeli ümber väike töötlemisvaru. See on nüüd vaja eemaldada.

Enam ei ole vaja kogu toorikut ruumiliselt töödelda, vaid piisab mudeli pinna töötlemisest. Kuna töötlemisvaru on piisavalt väike, saab seda üldjuhul edukalt teha ühe tööoperatsiooniga.

- Valida tööriistaribal ikooni *Create Operation*.
- Avanenud dialoogiaknas seksioonis *Operation Subtypes* valida ülemises reas viies nupp *ZLEVEL_PROFILE* [Joonis 5-15].
- Seksioonis *Location* real *Method* valida rippmenüüst *MILL_FINISH* (lõpptöötus, peentöötus).
- Real *Name* anda töötlusele nimi „Aluminepuhas“. Valida *OK*.
- Avanenud seadete dialoogiaknas tuleb seejärel võrreldes musta töötlusega kindlasti vähendada ühe lõike lõikesügavust (*Global Depth per Cut*).



Joonis 5-15

Mida kumeramad vormid on mudelil, seda väiksem peaks töödeldud pinna sakilisuse pärast ühe lõike sügavus olema. Selle võrra rohkem kulub jälle töötlemiseks aega.

Kui kumer pind on kogu mudeli mingil tasandil, saab seda tasandit töödelda tihedamalt, tekitades *Cut Levels* dialoogide abil eraldi tsoonid, kus määratakse väiksem ühe lõike lõikesügavus.

Kompromissiks sobib ka selline variant, kus esimene töötlus luuakse natuke suurema lõikesügavusega (nt 1 mm). Seejärel luuakse veel üks tööoperatsioon, kus näidatakse programmile eraldi töötlemiseks eriti kumerad pinnad (mitte kogu mudel) ja siis juba ühe lõike sügavusega 0,5 mm või 0,2 mm.

- o Muud seaded võiksid olla samad, mis musta töötamise korral.
- o Ka muus osas toimida nagu musta töötamise korral: genereerida töörajad ja kontrollida töötlust.

Puhastöötamise simulatsioonis näeme, et selliste kumeruse korral, kus pinna kõrgus muutub vähe, töötleb programm mudelit sellisel, et tööradade vahele jäävad töötlemata kohad. Selle puuduse kõrvaldamiseks tuleks teha järgnevat:

- o valida dialoogiaknas *Zlevel Profile* sektsiooni *Path Settings*, rea *Cutting Parameters* ikoon,
- o avanenud dialoogiaknas Valida sakk *Connections*,
- o valida märkeruut rea *Cut Between Levels* ees, valida *OK*,
- o Genereerida töörajad uuesti ja kontrollida tulemust.

Kumeruste töötlemise operatsiooni loomine.

- o Valida tööriistaribal *Create Operation* ikoon.
- o Avanenud dialoogiaknas jätta valituks operatsiooni alatüüp *ZLEVEL PROFILE*. Samaks jätta ka tera ja töötlemismeetod – puhastöötlus.
- o Anda operatsioonile nimi „Alumine_kumerused“ ja valida *OK*.
- o Et töödelda ainult kumerusi, on vaja programmile näidata, mida täpselt töödelda tahetakse.
- o Selleks valida dialoogiakna esimese sektsiooni rea *Specify Cut Area* (määra töödeldav ala) esimene nupp.

Üheks võimaluseks töödeldavate pindade määramiseks on määrata valiku tingimused (dialoogiaknas *Selection Options*) *Geometry* ja *Filter Methods* menüüst valida *Faces*. Seejärel saab valida keha geometriast pindu.

Kuna koos on mitmeid erinevate kehade pindu, on mõistlik kasutada hiirekursori võimalusi. Selleks tuleb liikuda kursoriga mudelile, kus asub soovitud pind. Oodata, kuni kursori märgi juurde tekib kolmepunktiline punktiirjoon ja teha samas hiireklõps. Avanevast loetelust saab valida töötlemist vajavad pinnad.

Pindade valikul tuleb olla tähelepanelik ja jälgida, mis tooni valitud pinnad värvuvad. Võib juhtuda, et pindade märkimise käigus hakkavad valitavad pinnad teist tooni värvuma. Neid ei valita töödeldavateks pindadeks.

Kui selline asi on juhtunud, siis on lihtsaim variant alustada pindade valimist algusest peale uuesti. Selleks tuleb dialoogiaknas klõpsata *Reselect All* ja kinnitada otsus avanenud dialoogiaknas valides *OK*.

- o Kui valik on õnnestunud, valida dialoogiaknas *Cut Area* *OK*.
- o Dialoogiaknas *Zlevel Profile* sisestada sektsioonis *Path Settings* reale *Global Depth per Cut* väärtus 0.2.
- o Real *Cut Levels* ei ole vaja midagi muuta, sest töötlemiseks on määratud ainult valitud pinnad.
- o Lõikeparameetrid ja -kiirused (*Cutting Parameters* ja *Feeds and Speeds*) määratakse samamoodi nagu eelnevatel sarnastel kordadel.
- o Genereerida töörajad. Valida *OK*.

5.6 Postprotsess, ehk NcCad-i koodi genereerimine

NcCad-i koodi genereerimisel, ehk edasisel töötlemisel on meil valida kahe võimaluse vahel.

- o Luua kummastki töötlustest omaette fail ja nende abil töödelda toorikut.
- o Kuna meil on mõlemad töötlusted teostatavad sama lõiketeraga, siis liita mõlemad töötlusted kokku ja tekitada üks NcCad-i fail, millega töödeldakse kogu mudeli alumine pool – algul mustalt, töötlemisvaruga ja hiljem puhtalt.

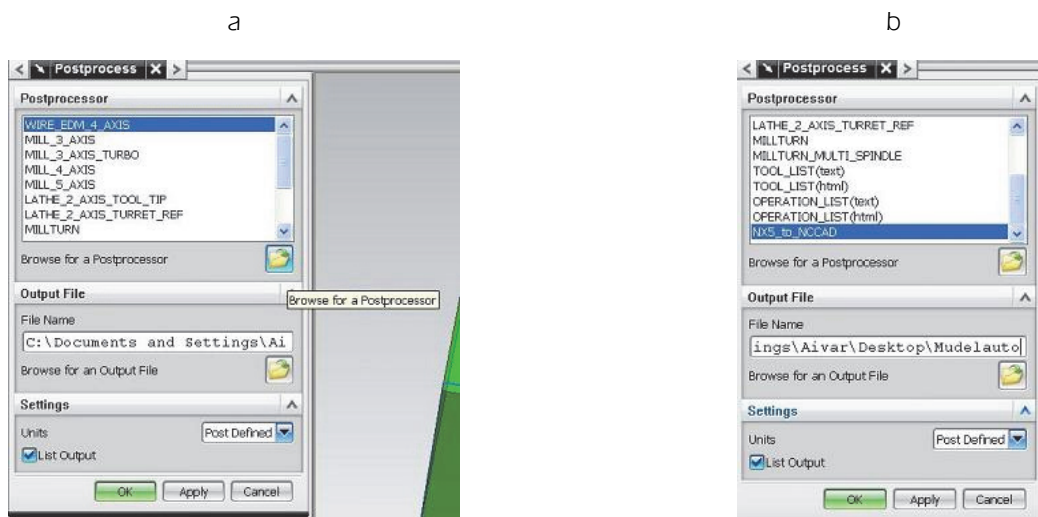
Liitmise eelis on see, et ühe töötluste lõppedes ei pea ise füüsiliselt kohal olema käivitamaks uut töötlust.

Eriti oluline on see suuremahuliste tööde korral, kus me võime pingi näiteks ööseks tööle jätta, saades hommikul valmis (või üks pool valmis) detaili pingist kätte.

Mitme tööoperatsioonist ühe töötlemisfaili loomiseks tuleb mitme tööoperatsiooni valimiseks enne teiste töötlemisoperatsioonide märkimist vajutada *<Ctrl>* või *<Shift>* klahvile. Edasine toimub täpselt samamoodi kui ühe faili korral. Erandiks on üks hoiatus, millega teatatakse, et mitmest failist luuakse üks NcCad-i fail.

NcCad-i faili saamiseks:

- o Valida töötlemisoperatsioon.
- o Klõpsata tööriistaribal *Post Process* ikoonile.
- o Valida õige postprotsessor sektsioonist *Postprocessor*. Selleks on koolis kasutatavatel pinkidel "kosyD.pui". Kui seda loetelus ei ole, näidata programmile postprotsessori asukoht, klõpsates rea *Browse for a Postprocessor* lõpus olevale nupule [Joonis 5-16;a].
- o Kui postprotsessor on programmile näidatud, [Joonis 5-16;b], sisestada sektsiooni *Output File* (väljundfail) reale *File Name* genereeritava faili asukoht ja selgesti eristatav nimi.



Joonis 5-16

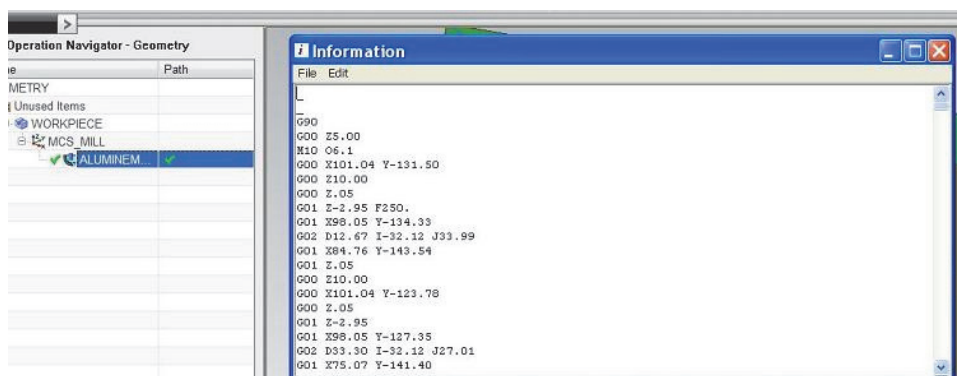
Kuna faili tee ja nimi kokku on tavaliselt pikk sümbolite rida, siis vaikumisi pakutavat tervenisti ei pruugi näha. Terve tee nägemiseks klõpsata *File Name* real. Seejärel saab nooleklahve kasutades liikuda teksti lõppu [Joonis 5-16;b].

Vaikumisi pakub programm esmakordsel postprotsessimisel Nx faili nime. Järgmistel kordadel aga viimati kasutatud failinime. Kui nime ei muudeta, siis programm hoiatab, et sama nimega fail juba eksisteerib.

Mitmekordsel töötluste muutmistel ja postprotsessimistel tuleb failinimedega muutmistega olla tähelepanelik ja jälgida, et igale tegevusele saaks õige nimi.

- o Valida *OK*. Programm genereerib töötluste NcCad-i faili, salvestab selle näidatud kohta ja näitab seda ka ekraanil [Joonis 5-17].
- o Sulgeda NcCad-i fail.

Sellega on meil automudeli alumise poole töötlusted loodud ja loodud NcCad-i fail, mille järgi pink toorikut töötleb, Paigaldada toorik freespingi töölauale ja asuda mudeli valmistamisele.



Joonis 5-17

5.7 Teise poole töötlemine

Teise poole töötluste loomiseks tuleb paigutada koordinaatide süsteemi nullpunkt tooriku teisele küljele ja pöörata X-telge 180°.

- Teha dialoogiaknas *Operation Navigator – Geometry* topeltklõps *MSC_MILL* peal.
- Teine võimalus on klõpsata *MSC_MILL* peal ja avanenud dialoogiaknast valida *Edit*.
- Avanenud dialoogiaknas valida esimese sektsiooni *Machine Coordinate System* rea *Specify MCS* esimene ikoon.

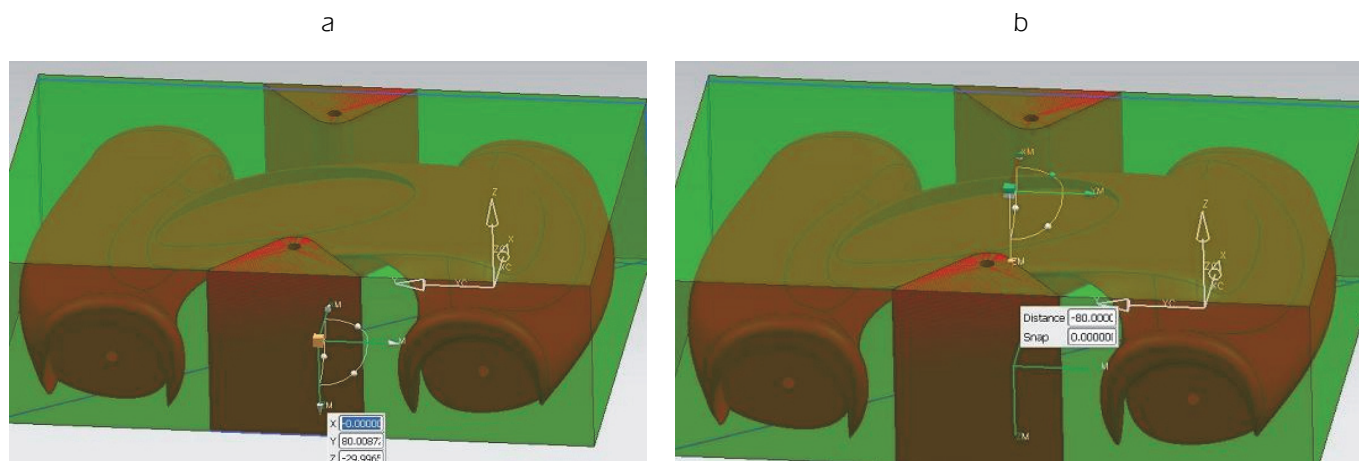
Selle tegevuse järel muutub nähtavaks meie poolt töötluste loomise algul toorikule paigutatud koordinaatide süsteemi nullpunkt [Joonis 5-18;a].

Lihtsam viis koordinaatide süsteemi nullpunkti tooriku teisele küljele saamiseks on nihutada teda Z-telje negatiivses suunas tooriku paksuse võrra.

- Liikuda kursoriga Z-telje nooleotsale.
- Vajutada alla hiire vasakpoolne klahv ja nihutada koordinaatidesüsteemi Z-telje negatiivses suunas (koordinaatidesüsteemi nullpunkti poole).

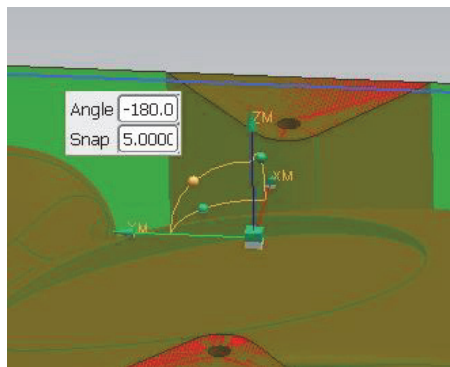
Sel hetkel, kui toimub Z-telje nooleotsa nihutamine, muutub kursori juures näidatav info. Seal näidatakse telje nihke ulatus, kust saab jälgida kui palju Z-telge nihutatakse [Joonis 5-18;b].

- Nihutada Z-telge 80 mm (tooriku paksuse võrra).



Joonis 5-18

- Liikuda kursoriga X ja Z telgede vahel oleva kaare keskel olevale „kerale“, vajutada alla hiire vasakpoolne klahv ja pöörata Z-telge 180° [Joonis 5-19].
- Kui kõik õnnestus, valida dialoogiaknas *CSYS OK*.



Joonis 5-19

Kui koordinaatidesüsteemi paigutamises midagi ebaõnnestus (nt vabastati hiireklahvi vales asukohas), tuleb vajutada klaviatuuril <Esc> klahvi.

Koordinaatidesüsteemi paigutamise käsk katkestatakse ja taastub esialgne olukord, mis võimaldab alustada uuesti koordinaatide süsteemi paigutamisega.

- o Valida dialoogiaknas *Mill Orient OK*.

Veel on vaja otsustada, kuidas hoida mudelit freespingi töölaual kinni, kui tooriku teiselt küljelt üleliigse materjali eemaldame.

Üheks võimaluseks on jätta paari millimeetri paksune riba mudeli ja kinnituskehade vahele.

Seda kinnitusriba ei ole vaja jätta kogu mudeli ulatuses (mille saavutaksime töötlemissügavuse määramisega tööoperatsioonide loomise käigus). Piisab, kui riba on kinnituskehade laiune.

Üheks lihtsamaks viisiks selle saavutamiseks on luua tooriku sisse, automudeli alumisele poolele, kinnituskehade laiune uus keha, mille kõrgus on 2 mm suurem kui mudeli alumise poole töötlemissügavus. Loodud keha määrata töötlemiseks keelatud alaks (kinnituskehaks).

- o Siseneda modelleerimiskeskonda *Start* ⇒ *Modeling*.
- o Luua tooriku alumisele küljele ristkülikukujuline keha. Kinnituskehade laiune ja 67 mm kõrgune (töödel-
dud sügavus 65 mm + 2 mm).
- o Teine võimalus on luua keha eskiis ja keha.

Loodud keha tuleb lisada töötlemiseks keelatud alade hulka.

- o Siseneda töötlemiskeskonda *Start* ⇒ *Manufacturing*.
- o Dialoogiaknas *Operation Navigator – Geometry* teha topeltklõps *WORKPIECE* peal.
- o Klõpsata rea *Specify Check* vasakpoolsel ikoonil.
- o Klõpsata vahendil *Reselect All* ja kinnita otsust klõpsates *OK*.
- o Määrata töötlemiseks keelatud aladeks kinnituskehad ja loodud ühenduskohti tekitav keha.
- o Valida *OK*.

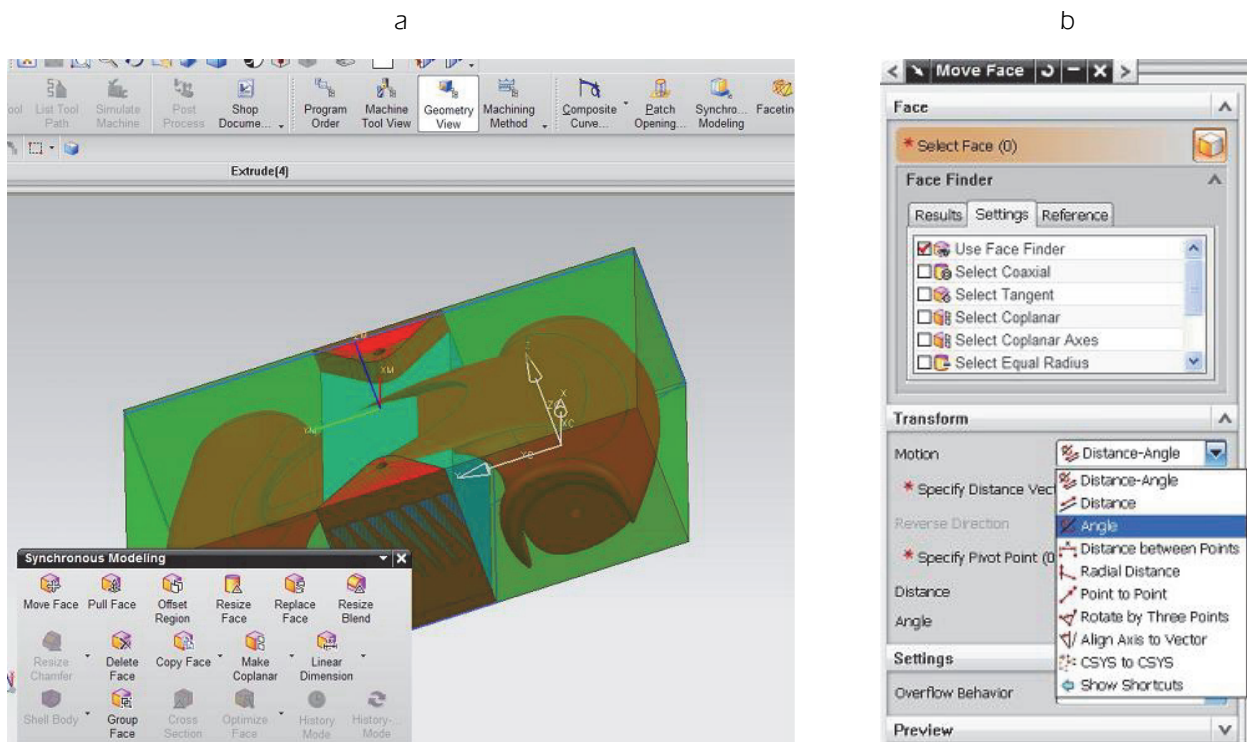
Kuna loodud keha ulatub üle mudeli ülemise töötlemist vajava pinna, on meil vaja mudeli ülemise pinna töötlemiseks loodud keha muuta.

Selleks tuleks otsustada, kas teha muudatus kohe või teostada must töötlus sellise kehaga ja muuta ühenduskohti tekitav keha peale musta töötluuse loomist.

Suurema ühenduskohti tekitava keha korral on mudeli otste juurest toorikust materjali eemaldamise ajal suurem ühenduspind mudeli ja kinnituskehade vahel ning töötlemise ajal mudeli liikumise ja ühenduskohtade purunemise oht väiksem.

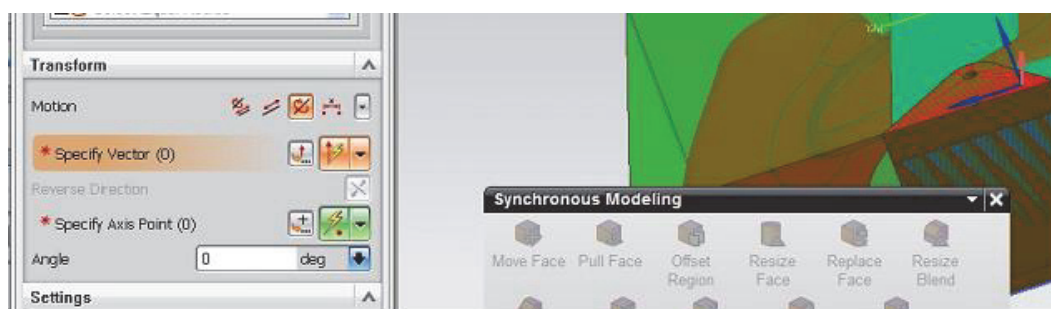
Kinnitusriba moodustava keha muutmiseks võime kasutada sünkroonmodelleerimise töövahendeid.

- o Valida tööriistaribal *Synchronous Modeling* ikoon.
- o Avanenud dialoogiaknas valida *Move Face* [Joonis 5-20;a].
- o Avanenud dialoogiaknas on aktiivne esimene rida *Select Face* [Joonis 5-20;b]. Näidata programmile kinnitusriba moodustava keha ülemine pind.
- o Teises sektsioonis *Transform* valida esimese rea *Motion* ikoonidest või menüüst käsk *Angle* [Joonis 5-20;b], [Joonis 5-22;a].



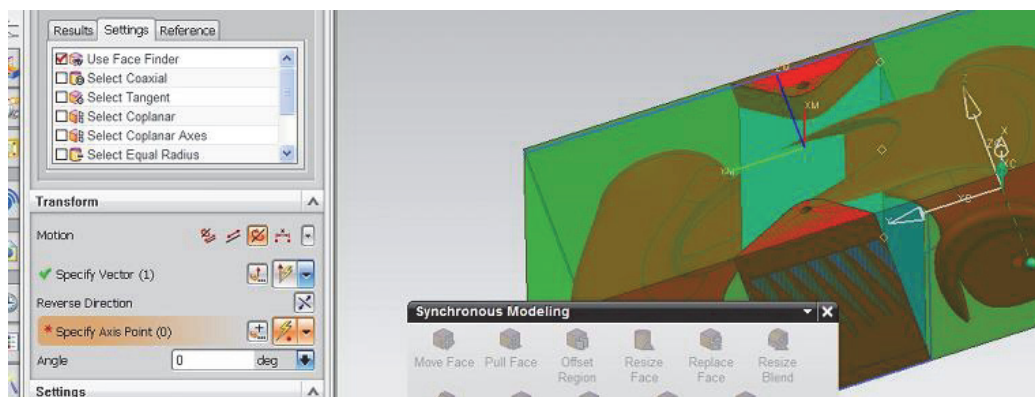
Joonis 5-20

- o Aktiivseks muutus rida *Specify Vector*. Seejärel on vaja näidata, millise telje ümber tahame pinda pöörata.
- o Klõpsata mudelil oleva sinise koordinaatteljestiku mudeliga risti olevale teljele. Teljele liikumisel muutub see punakaks [Joonis 5-21].



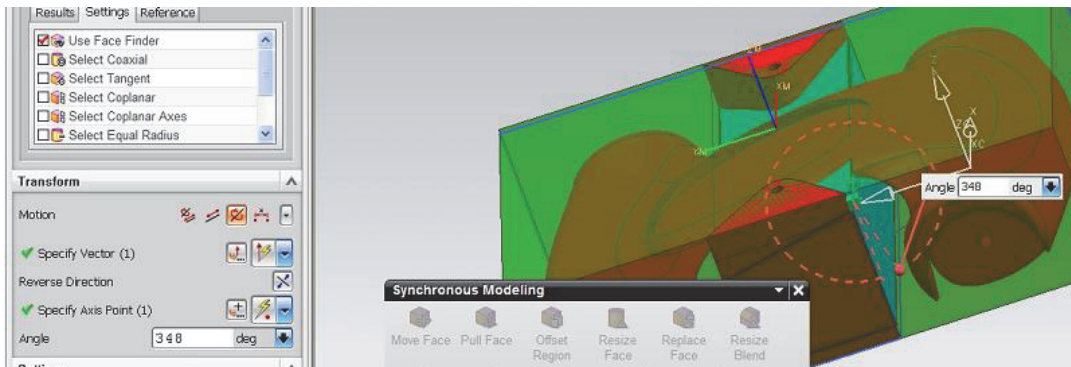
Joonis 5-21

- o Peale klõpsamist muutub telg roheliseks ja joonisele tekib koordinaattelgedega punktiiriga ühendatud „kera“ [Joonis 5-22].



Joonis 5-22

- Pöördetelje (*Specify Axis Point*) näitamiseks liikuda kursoriga mudeli esiosa pool oleva kinnitustiba moodustava keha ülemisele servale.
- Servajoonete tekivad otstesse ja keskk kohta rombikujulised abimärgid, näitamaks valitud pöörlemistelge [Joonis 5-22]. Teha hiireklõps.
- Joonisele tekkis oranž kuubik ja sellega punktiiriga ühendatud punane „kera“. Liikuda kursoriga „kerale“, vajutada alla hiire vasakpoolne klahv ning pöörata kinnitusriba keha ülemist pinda nii, et kinnitusriba keha ei tungiks enam mudeli ülemisest pinnast välja [Joonis 5-23].
- Vabastada hiireklahv ja valida *OK*.
- Sulgeda *Synchronous Modeling* dialoogiaken.



Joonis 5-23

Järgnevalt tuleb luua tööoperatsioonid samamoodi nagu esimese poole tööoperatsioonid. Vahe on aga selles, et kogu töötlemissügavus (*Cut Levels*) on vaja määrata mudeli kõige eenduvamate kumerusteni või isegi natuke allapoole.

Kuna esimese poole töötlus on loodud kõige eenduvamate kumerusteni, mis on sügavusel 65 mm, oleks võinud nüüd määrata töötlemissügavuseks 15 mm või 16mm. Siis ei jää mingil juhul erinevate poolte töötluste liitekohtadesse lõiketera eest ära paindunud materjali.

Töötlemissügavust ei tohi jätta 15 mm peale, sest rataste kumeruste kohalt on materjal eemaldamata, kuna lõiketera ei pääsenud kumeruse serva taha.

Kui musta töötluste korral jätta töötlemissügavus 15 mm, peab arvestama puhastöötluste korral järgneva:

- kui töödelda 15 mm sügavuseni, jäävad rattapealsed töötlemata.
- kui töödelda kõige eenduvamate kumerusteni, siis peale esimest töösügavust allapoole 15 mm peab tera mudelist väljapoole jääva küljega eemaldama juba kahekordse lõikesügavuse ulatuses materjali ja ta võib puruneda.

Meie mudelil võiks töötlemissügavus jääda 65 mm.

Kuna puhastöötluste korral hakatakse töötluste sügavust lugema töödeldud pinnast, siis kogu vaikumisi pakutav töötlemissügavus on 80 mm.

Ka siin võiks töötlemissügavuse määrata mudeli kõige eenduvamate kumerusteni ehk tõsta alumist töödeldavat tasapinda 15 mm võrra.

Kui teise poole töötlemiseks õnnestus toorik töölaual täpselt kinnitada ja kõik töötlusted olid õiged, siis peale tooriku teise poole töötlemist võime mudeli freespingi töölaualt eemaldada. Saame kinnitusribad mudeli küljest lahti lõigata ja lõikekoha vastavalt vajadusele viimistleda.

Mudel on valmis.