Tallinna Ülikool Matemaatika-loodusteaduskond Informaatika osakond

Sigre Mõttus

SOLID EDGE juhend ja harjutuste kogu iseseisvaks tööks

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Kalle Kivi

Autor:	"	"	.2005
Juhendaja:	··		.2005
Osakonna juhataja:	"	"	.2005

Tallinn 2005

Sisukord

Si	issejuha	atus	4
1	Ülev	waade olemasolevatest SOLID EDGE õppematerjalidest	6
2	Võr	rdlus teiste samalaadsete programmidega	7
3	Loo	odud õppematerjal	10
	3.1	Põhiteadmised	
	3.1.	.1 PART	
	3.1.	.2 SHEET METAL	
	3.1.	.3 ASSEMBLY	
	3.1.	.4 DRAFT	
	3.1.	.5 Ekraani osad	
	3.2	Eskiiside joonestamine	15
	3.2.	.1 Joonestamise vahendid	
	3.2.	.2 Joonestamise abivahendid	22
	3.2.	.3 Mõõtjooned (Dimensions)	
	3.3	Vaated	25
	3.4	Detailide muutmine	
4	Üles	sanded	
	4.1	Ülesanne 1	
	4.2	Ülesanne 2	43
	4.2.	.1 Mudel 1	43
	4.2.	.2 Mudel 2	
	4.3	Ülesanne 3	56
	4.4	Ülesanne 4	67
	4.5	Ülesanne 5	74
	4.6	Ülesanne 6	83
	4.7	Ülesanne 7	

4.8	Ülesanne 8	
Kokkuvõ	õte	
Summar	y	
Kasutatu	d allikad	

SISSEJUHATUS

Kiireneva elutempo juures on tänapäeval raske leida aega enesetäiendamiseks. Üha enam otsitakse uusi lahendusi, kuidas teadmisi ja oskuseid võimalikult kiirelt ja lihtsalt omandada. Viimaste aastate jooksul on veebilehtede osakaal kõrgkoolide ja ka teiste haridusasutuste igapäevatöös oluliselt suurenenud. Veebilehekülgede kaudu on mitmesuguste materjalide publitseerimine tunduvalt operatiivsem, väiksema töömahuga ja ka odavam, kui nende väljaandmine paberkandjal. Samas on materjali kergem täiendusi ja parandusi sisse viia. Internetis oleva materjali puhul saab kasutaja ise valida, millal materjali läbida ning õppimist on kerge oma igapäeva eluga kombineerida.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on pakkuda eestikeelset õppevahendit digitaalkujul, mis pakub kasutajale põhiteadmisi joonestuspaketi Solid Edge kasutamise võimalustest. Solid Edge on mehaanilise disaini süsteem, omades silmapaistvaid vahendeid kolmemõõtmeliste mudelite (3D) digitaalsete prototüüpide tegemiseks ja haldamiseks. Solid Edge modelleerimise ja kokkupanemise tööriistad võimaldavad kergelt välja arendada suurt hulka produkte, alates üksikutest tükkidest ja lõpetades tuhandetest komponentidest koosnevate detailidega.

Õppematerjal on mõeldud kasutamiseks iseõppijale. Soovitav oleks omada eelnevaid teadmisi joonestamisest, kuna töös on põgusalt käsitletud kahemõõtmelist (2D) joonestamist ning eelteadmised lihtsustavad tekstist arusaamist.

Solid Edge on kasutusel Tallinna Ülikoolis 3D modelleerimise õpetamisel ning loodud õppematerjali on võimalik üliõpilasel kasutada oma õppetöös.

Õppematerjal on koostatud järgnevatel põhimõtetel:

• kasutaja peab saama ülevaate enimkasutatavamatest võimalustest näidete põhjal;

- kasutajal peab olema võimalus jälgida õpetuse käiku reaalsete näidete ja seletuste varal;
- kasutaja saab lisaks teoreetilisele osale luua ka reaalse mudeli.

Käesoleva bakalaureusetöö praktiliseks väljundiks on Internetis paiknev eestikeelne õppematerjal, mis asub töö kaitsmise ajal aadressil <u>http://www.tpu.ee/~ritson</u>. Töö ülesehituses on teoreetiline osa kombineeritud praktiliste ülesannetega. Ülesandeid on kokku 8, kuid enne on kasulik tutvuda põhiteadmistega, kus on lühitutvustus programmist endast, eskiiside joonestamisest ja vaadetest.

Ülesanded koosnevad näidetest, mida on kirjeldatud sammhaaval nii, et kasutaja saaks samal ajal kõike kaasa teha. Seletustes on välja toodud alternatiivsed meetmed, kuidas üks või teine kujund tekitada, kust vajalik käsk leida ja teisi nõuandeid, mida töö kirjutaja vajalikuks pidas. Primaarseks eesmärgiks ei ole seatud kõikide programmis esinevate tööriistade ning pakutavate võimaluste kirjeldamine, pigem on oluline anda ülevaade ning seega on paljude tööriistade seast tehtud valik. Valiku tegemisel on lähtutud sellest, milliste funktsioonidega käesoleva töö autor ise kokku puutunud on.

Kasutatavad käsud on tekstis trükitud inglise keeles ja rasvaselt. Töös on püütud leida inglisekeelsetele sõnadele sobivaim ja lihtsaim eestikeelne kirjeldus. Peamiselt on tõlkimisel aluseks võetud raamat "Joonestamine SOLID EDGE-is", kuid kasutatud on ka Solid Edge 'Help' menüüd.

1 ÜLEVAADE OLEMASOLEVATEST SOLID EDGE ÕPPEMATERJALIDEST

Solid Edge on Eestis saadaval olnud suhteliselt lühikest aega. Tõenäoliselt tuleneb sellest ka eestikeelse informatsiooni vähesus.

Ainus eestikeelne digitaalsel kujul konspekt, mida töö autoril võimalik leida oli, asub Internetis Solid Edge maaletooja koduleheküljel (http://www.pro-step.ee). Viidatud lehel asuv materjal sisaldab sisuliselt väikest tõlgitud osa 'Help' menüüst ning on sellest tulenevalt õppevahendina üsna ebaülevaatlik. Tallinna Tehnikakõrgkool (TTK) on välja andnud Kalju Rei poolt koostatud raamatu "Joonestamine SOLID EDGE-is", milles seletatakse lahti programmis kasutatavad käsud, kuid puuduvad praktilised ülesanded. Antud materjali on võimalik saada TTK raamatukogust. Rohkem eestikeelset õppematerjali töö kirjutajal leida ei õnnestunud. Tõenäoliselt on olemas lektorite poolt koostatud õppematerjale, mis pole trükis ilmunud ja Interneti abil neid leida ei õnnestunud.

Pro-Step pakub koolitust, mis toimub tavaliselt väikestes gruppides ja teema vastab konkreetselt kuulajate vajadusele. Koolitused ei sobi aga õppurile, kel puudub piisav finantstugi.

Ingliskeelse materjali osas on Internet tunduvalt rikkalikum, kuid enamik nendest on tasulised. Töö autoril õnnestus leida ingliskeelne õppematerjal veebilehelt <u>http://www.geocities.com/segurucool/</u>, mille harjutusülesanded on kirjutaja arvates suunatud edasijõudnutele ning algajaile programmi õppimiseks liialt keerulised.

Samuti on võimalik hea inglise keele oskuse korral õppida programmi Solid Edge kasutama 'Help' menüü abil, kus seletatakse põhjalikult ära kõikvõimalikud käsud ning funktsioonid. 'Help' menüüs on küllaldaselt kasutatud ka visuaalset abi, mis aitab paremini aru saada käskude funktsioonidest.

2 VÕRDLUS TEISTE SAMALAADSETE PROGRAMMIDEGA

2D mudel on kõige vanemaks CAD¹ süsteemides kasutatavaks mudeliks. See on seletatav kahe asjaoluga. Esiteks on tasapinnaline geomeetria oluliselt lihtsam kui ruumiline. Arvutid, mida kasutati CAD süsteemide algpäevil ei olnud võimelised keerukam geomeetriaga toime tulema. Teiseks oli algselt CAD süsteemi peamiseks ülesandeks abistada projekteerijat just jooniste vormistamisel.

Funktsioonide arv kaasaegsetes CAD süsteemides võib küündida tuhandeteni. Süsteemi kasutamise mugavus sõltub sellest, kuivõrd lihtne ja otstarbekas on selle üksikute funktsioonide leidmine ja käivitamine. Viimastel aastatel on 3D joonestuspakettide kasutamine tunduvalt populaarsemaks muutunud. Kuigi objekti kirjeldamiseks piisab täiesti 2D joonisest, annab 3D selgema ja parema ettekujutuse mudelist. Võimalus jälgida mudeli arenemist, aitab vältida vigu, kuna joonestamise ajal saab mudelit erinevate vaadete kaudu kontrollida.

2D ja 3D joonestuspakette võib Internetist leida väga palju. Paketid võivad erineda oma nimede, kasutatava terminoloogia, kasutajaliideste ning palju muu poolest, kuid üleüldiselt pakuvad need kõik väga sarnast funktsionaalsust. Peamised kasutaja jaoks olulised erinevused on toetatud sisend-, väljundformaatide arv, paketi laiendatavus ning ühilduvus muude vahenditega (tekstitöötlus-, tabelarvutus-, küljendusprogrammid jt).

Joonestuspakettidest on autori arvates enimkasutatavamad AutoCAD, Solid Edge, QCad, IntelliCad, SmartSketch, Solid Works, CADMAX Solid Master, VariCAD jne. Järgnevalt antakse lühiülevaade mõningatest joonestuspakettide plussidest ja miinustest ning nende hinnaklassi kuuluvusest.

¹ CAD (Computer Aided Design) – arvutitarkvara abil toodete disainimine.

AutoCAD (http://www.autocad.com/)

Lihtne ja enimkasutatav 2D/3D projekteerimistarkvara, mida kasutatakse koolides ja paljudes projekteerimisega tegelevates ettevõtetes. AutoCAD on üks esimestest CAD joonestuspakettidest, mida on aastatega palju täiustatud. Saadaval on palju erinevaid versioone ja nende hinnad kõiguvad lähtuvalt uuendustest.[6]

VariCAD (http://www.varicad.com/)

VariCAD on masinaehituslikuks joonestamiseks mõeldud 3D CAD tarkvara. Tarkvara on mõeldud eelkõige väikeettevõtetele, kuid sobib hästi ka asjaarmastajale. Programm töötab nii Windows kui ka Linux operatsioonisüsteemis. Üks soodsaima hinnaga tarkvarapakett, mis võimaldab nii 2D joonestamist, kui ka 3D modelleerimist. Saadaval on tasuta demo– ja 30–päevane täisfunktsionaalne prooviversioon. Täisversioon maksab u \$400, õppeversioon u \$100.[7]

QCad (http://www.ribbonsoft.com/)

Tegemist on lihtsa 2D CAD/CAM Süsteemiga, mille abil saab kergesti koostada ja muuta jooniseid, mis sisaldavad ISO-tekste, mõõte, viirutusi ja palju teisi elemente ning salvestada neid DXF failidena. Sama formaati kasutab ka näiteks AutoCAD. Puuduseks on aga see, et ei ole võimalik luua täidetud kujundeid ja keerulisi vabakäejoonistusi. Üksikkasutaja litsents maksab u \$28.[8]

Solid Works (http://www.solidworks.com/)

Lihtne 3D joonestuspaket. Sarnaneb palju joonestuspaketiga Solid Edge. Lubab kasutada projekteerimise baasina vanu 2D jooniseid. Võimaldab kasutada faile laiendiga IGES, DXF, DWG, SAT(ACIS), STEP, STL, VDAFS, TIFF, VRML ja Parasolid formaate. Õppeversioon maksab u \$100-\$200 [9]

CADMAX Solid Master (http://www.cadmax.com/)

CADMAX Solid Master esindab tehniliseks joonestamiseks mõeldud 3D CAD tarkvara, mis võimaldab modelleerida parameetrilisi mudeleid, keeruliste pindade loomist ja 2D joonestamist. Tarkvara sisaldab erinevaid translaatoreid, mis teeb jooniste transportimise erinevate programmide vahel lihtsaks, sest ühildub teiste CAD tarkvaradega. Hind: u \$300.[10]

SmartSketch (www.smartsketch.com)

Kahemõõtmeliseks joonestamiseks sobiv programm. Kasutab täielikult Windows'i kõiki võimalusi. Sarnaneb Solid Edge 2D joonestamise tööriistadega. Hind: SmartSketch 5.0 täisprogramm u \$2300.[11]

3 LOODUD ÕPPEMATERJAL

3.1 Põhiteadmised

Solid Edge on suurte võimalustega joonestusprogramm, kuid selle kasutamine on samas suhteliselt lihtne. Solid Edge abil saab kergesti luua ja muuta täidetud kujundeid, mis sisaldavad keerulisi vabakäejoonistusi, materjale, mõõte ja paljusi teisi elemente.

Solid Edge programmil on standardne Microsoft Windows operatsioonisüsteemis töötavate programmide väljanägemine. Tuttavad menüüd võimaldavad juurdepääsu kõigile käskudele ja funktsioonidele. Nii üldised programmifunktsioonid (näit. *Open, Close, Save, Save As, Cut, Copy, Paste*) kui ka spetsiifilisemad (näit. *Options, Customize, Macro*) asuvad täpselt seal, kust enamik kasutajaid on neid harjunud leidma.[1]

Solid Edge jälgib Windows'i tavasid, kasutades kergesti mõistetavaid ikoone, mis annavad piltliku ettekujutuse funktsioonidest. Lisaks kirjeldatakse käske teksti kujul, kui kursor jääb pikemalt mõnele ikoonile peatuma.[1]

Solid Edge koosneb mitmest erinevast vahendist (vt Joonis 1). Antud materjal käsitleb nendest nelja enam kasutatavamat. Nendeks on **Part** (detailide loomine), **Sheet Metal** (plekitöötlus), **Assembly** (koostude konstrueerimine) ja **Draft** (2D jooniste vormistamine). Iga eelpool loetletud vahendiga luuakse erinevat tüüpi Solid Edge dokumendid (failid).



Joonis 1

Solid Edge lubab korraga töötada mitme enda koosseisu kuuluva vahendiga. Avatud vahendite vahel toimub liikumine menüü Window abil (vt Joonis 2).



Joonis 2

3.1.1 PART

Part'i kasutatakse individuaalsete 3D mudelite konstrueerimiseks. Detaili elemendid sisaldavad eendeid (*protrusion*), väljalõikeid (*cut-out*), pressitud (*extruded*), pööratud (*revolved*), venitatud (*swept*), avasid (*hole*), ribisid (*rib*), õhukeseseinalisi tahke (*thin-wall*), faase (*chamfer*) jne (vt Joonis 3). Samuti saab konstrueerida ristkülikukujulisi ja ümaraid mudeleid ja peegelduskoopiaid.



Programmis Solid Edge on kogu geomeetria loodud konstrueerimise tunnus-joonte (*features*) kontekstis. Detaili keskkonna dokumendid on faililaiendiga PAR.

3.1.2 SHEET METAL

Sheet Metal'it kasutatakse, et konstrueerida individuaalseid plekimudeleid. Sarnaselt detaili loomisele, stardib lehtmetalli modelleerimiseprotsess baaselemendist, millele lisatakse juurde lisaelemente. Põhielemendiks võib olla tasane sektsioon, kaasaarvatud ühe või mitme painutusega.

Sheet Metal'i põhiomadused:

- õhukene seinapaksus, mis on konstantne terve mudeli ulatuses;
- ümarad nurgad, mis on tehtud valitud väänderaadiusega.

Faililaiendiks on PSM.

3.1.3 ASSEMBLY

Assembly abil saab kergelt ühendada olemasolevaid detaile ja alamkooste ning defineerida nendevahelisi sidemeid. Detailidevaheliste sidemetega saab koostus täpselt ära määrata kokkukuuluvad pinnad, nendevahelised kaugused jne. Neid sidemeid säilitab Solid Edge automaatselt.

Solid Edge võimaldab luua uusi ja muuta vanu detaile koostu kontekstis. Lähestikku asuvate detailide loomiseks saab kasutada teiste koostu kuuluvate detailide profiile ja muid jooni. See suurendab tunduvalt produktiivsust ja kindlustab, et kõik detailid on paigutatud koostus õigesti.

Faili laiendiks on ASM.

3.1.4 DRAFT

Solid Edge pakub kahte jooniste valmistamise võimalust:

- joonise loomine, kasutades 2D geomeetriat;
- 2D jooniste genereerimine kolmemõõtmelisest mudelist või koostust, mida nimetatakse detailiseerimiseks.

Mõlemat lähenemist saab ka kombineeritult kasutada.

Jooniste loomisel pakub Solid Edge vahendeid, mis võimaldavad kasutajal kiirelt ja kergelt luua täpselt ja täielikke jooniseid. Spetsiaalsed vahendid koostudest jooniste valmistamiseks hõlmavad lõigete genereerimist, detailide loetelu väljastamist ja positsiooninumbrite paigutamist ja teisi projekteerijatele vajalikke vahendeid. Joonis ja mudel on omavahel dünaamiliselt seotud, seega mudeli muutmisel muutub ka joonis automaatselt.

Draft'is kasutatavad tööriistad asendavad ja automatiseerivad käsitsi joonestamisest tuttavaid töövõtteid, sisaldades jooniste kompositsiooni, vaadete loomist, mõõtmestamist, märkuste tegemist ja joonise kinnitamist.

Faili laiendiks on DFT.

3.1.5 Ekraani osad

Toolbar`id on tööriistaribad, mis koosnevad erinevatest Solid Edge funktsioonidest (vt Joonis 4). Tööriistaribasid saab lisada ja eemaldada vastavalt vajadusele nii nagu enamikes Windows'i keskkonnas töötavates programmides.



Joonis 4

<u>Main Toolbar</u> – tööriistariba, mis sisaldab käske, mida tavaliselt kasutatakse dokumentide käsitlemiseks ja väljatrükkimiseks ning vaadetega manipuleerimiseks. Võimaldab kiiret juurdepääsu käskudele, mida sageli kasutatakse. Valida saab käsunuppe, mis on tumedad ehk aktiveeritud. Nupuribasid võib ekraanil vabalt ümber paigutada ning lohistada.

<u>Ribbon Bar</u> – enamike tööriistade valikuga seonduvad mitmesugused lisavõimalused, mis kuvatakse dünaamilisele tööriistaribale nimega Ribbon Bar. 'Ribbon' riba ilmub, kui valida mõni tööriist, millega on seotud täiendavad sisestatavad parameetrid (pikkused, nurgad) või muud määrangud. Numbrilised sisestused võivad toimuda otse klaviatuurilt (fookus liigub automaatselt Ribbon Bar'ile) või hiirega.

<u>Fill-in</u>ehk sisestuskast (vt Joonis 5), kasutatakse numbrilise väärtuse sisestamiseks. Sisestatud väärtus aktsepteeritakse alles peale <ENTER> või <TAB> klahvi vajutamist.

Length: 0,00 mn	_
-----------------	----------

Joonis 5

<u>Status Bar</u> - annab pidevalt juhiseid, kuidas edasi toimida. Näitab iga käsu kohta informatsiooni, mida järgnevalt teha tuleb (vt Joonis 6).



Joonis 6

<u>Feature Toolbar</u> – igal vahendil on erinev tööriistariba, mis sisaldab palju käske, mida läheb vaja detaili modelleerimisel, koostu koostamisel või joonise vormistamisel. 'Feature' tööriistariba kuvatakse akna vasakusse serva.

<u>Fly-Outs</u> – nupud, millel on väike must kolmnurk all paremas nurgas (vt Joonis 7), peidavad enda all lisakäske. Käsud avanevad, kui nupule vajutades hiire klahvi pikemalt peal hoida.





<u>**PickQuick**</u> – kiirvalik, mis võimaldab valida kiiresti ja täpselt üht elementi tihedalt paiknevate joonte seast. Kui hoida kursor paigal tihedalt koos asuvate joonte kohal, ilmub selle kõrvale "kolme punkti" sümbol **m**, mis indikeerib kiirvaliku funktsiooni käivitumist. Hiireklõpsu peale ilmub väike valikuaken (vt Joonis 8), kust on võimalik numbrite abil välja selekteerida vajalik element.



Joonis 8

3.2 Eskiiside joonestamine

Detail luuakse vahendiga PART. Alustades uue mudeli loomist tuleb kõigepealt valida projekteerimismeetod (*protrusion, cut-out, thin-wall*) ja tasapind (*x-y plane, x-z plane*)

jne). Enamasti alustatakse Solid joonestamist tasapinnalisest joonisest, kasutades traditsioonilisi 2D joonestamise funktsioone (*trim, line, circle, arc, rectangle, mirror* jne) ja erinevaid automaatseid haaramisfunktsioone (*center point, end point, midpoint, tangent* jne). Kontuure ja mõõte on võimalik igal ajal muuta, kustutada ja liigutada. Uue loodava elemendi profiili iseärasuseks on see, et ta peab olema kinnine. Joonestuskäsud, sidemed ja dimensioonid töötavad analoogselt kõigi vahenditega, mis programmis Solid Edges sisalduvad.[9]

Töölehel on kolm põhitasapinda (vt Joonis 9), milledele saab lisada omal valikul lisatasapindasid.





3.2.1 Joonestamise vahendid

Element on joonestatud kujund, mis võib koosneda ühest punktist, sirglõigust, kaarest või mille koostisesse võib kuuluda ka palju üksikelemente.

Joonestamisel näitab tarkvara ajutist dünaamilist kuva elemendist, mida hetkel joonistatakse.

Ajutine kuva näitab, kuidas näeb element välja, kui klikkida kursori selle hetke asendis. Klikkimine osutatud punktis defineerib täielikult joonestatava elemendi, mõõdud 'Ribbon' ribal uuenevad, kui hiire kursorit liigutada. See annab pidevat tagasisidet joonestatava elemendi mõõdu, kuju ja asendi kohta. Kui sisestada väärtus 'Ribbon' ribale, näitab elemendi dünaamiline kuva, et antud mõõt on lukustatud. Näiteks, kui lukustate ringi raadiuse, siis ringi raadius kursori liigutamisel ei muutu. Lukustusest vabaneb, kui teha topeltklikk mõõdu aknas või vajutada <BACKPACE> klahvi.



<u>Select Tool</u> – lubab märgistada ühe või mitu elementi ja vajadusel saab neid ka nihutada, juhul kui ei ole ühtegi seost määratud.



<u>Line/Arc</u> – joonestab sirglõigu või kaare kahe otspunkti järgi, võimaldab numbriliselt fikseerida pikkust ja nurka.

Point – loob punkti etteantud kohta.

<u>Freesketch</u> – lubab joonestada vabakäe eskiisi ning korrigeerib tehtud kujundid korrapärasteks joonteks ja kaarteks (ringideks).

3.2.1.1 Vabakäe kõverad



<u>Curve</u> – joonestab sisestatud punktide järgi avatud või kinnise kõvera.

3.2.1.2 Kaared



<u>**Tangent Arc**</u> – joonestab kaare olemasolevale joonele puutujaks või ristujaks.

Arc by 3 Points – joonestab kaare kolme punktiga.

<u>Arc by Center</u> – alustab joonestamist kaare keskpunktist, võimalik määrata raadiust ja nurka.

3.2.1.3 Ringid ja ellipsid

<u>Circle by Center</u> – joonestab ringi keskpunkti järgi, lubab määrata diameetri või raadiuse.

<u>Circle by 3 Points</u> – ring kolme punkti järgi, lubab määrata diameetri või raadiuse.

<u>**Tangent Circle**</u> – joonestab ringi puutujana mingile joonele (kahe keskkoha suhtes sümmeetrilise punkti järgi), saab määrata diameetri või raadiust.

<u>Ellipse by 3 Points</u> – joonestab ellipsi kolme punkti järgi, lubab määrata telgede pikkusi ja esimese telje nurka.

<u>Ellipse by Centre</u> – joonestab ellipsi keskpunkti järgi, saab määrata telgede pikkusi ning esimese telje nurka.

3.2.1.4 Ristkülik



<u>Rectangle</u> – joonestab ristküliku kolme nurgapunkti järgi, lubab määrata külgede pikkusi ja nurka.

3.2.1.5 Paljundamine



<u>Rectangular Patten</u> – kopeerib elementi etteantud arv korda ja asetab koopiad maatriksina.

<u>Circular Pattern</u> – kopeerib elementi etteantud arv korda ja asetab koopiad ringjoonele.

3.2.1.6 Nurgaümardus ja faas



Fillet – moodustab ümardusraadiuse kahe lõikuva joone vahele, lubab määrata raadiust.

<u>Chamfer</u> – moodustab sirglõigust faasi kahe lõikuva joone vahele, lubab määrata kummagi joone otsast lõigatavat pikkust.

3.2.1.7 Lõikamine ja pikendamine



<u>Trim</u> – lõikab (kustutab) joone osa, mis ulatub üle teise (lõikuva) joone.

Trim Corner – pikendab/lühendab kahte joont nende (mõttelise) lõikepunktini.

Extend to Next – pikendab joont kuni see kohtub teise joonega.

3.2.1.8 Geomeetrilised sidemed

Elementide vahelisi seoseid saab rakendada joonestamise ajal või peale joonestamist. Geomeetrilisi sidemed saab kehtestada kohe joonestamisel (*IntelliSketch*) või omistada hiljem.

Seda, kas joontel on määratud sidemed või mitte ning millised, näitavad vastavad sümbolid joonte peal (vt Joonis 10). Joont, millel on määratud eelnevalt mingi side, saab muuta vaid nii, et side jääks kehtima.



Joonis 10

Üks Solid Edge omadusi on intelligentne kursor, mis tunneb ära joonise kontekstis paiknevad geomeetrilised erikohad nagu joone otspunkt, ringide ja kaarte keskpunktid, joonte lõikepunktid jne ning kuvab selle näitamiseks väikese sümboli mida nimetatakse haaramisfunktsiooniks.

Automaatse haaramise reguleerimiseks tuleb avada dialoog IntelliSketch (vt Joonis 11).

Tools>IntelliSketch...

IntelliSketch		×
Relationships Cursor		
🥕 🗹 End point	➤ Intersection point	
🗕 🔽 Midpoint	💉 🗹 Edit point	
💒 🔽 Point on element	🏹 🔽 Curve control vertex	
🛞 🔽 Center point	😥 🔽 Pierce point	
🦟 🗹 Silhouette point		
🖉 🗖 Parallel	🔏 🔽 Tangent	
占 🗖 Perpendicular	🖡 🔽 Horizontal or vertical	
ОК	Cancel Help	

Joonis 11

Et omistada elemendile geomeetrilisi suhteid hiljem, tuleb kasutada 'Feature' tööriistaribal olevaid vahendeid.



Connect –ühendab kaks punkti.

Concentric –ühendab kahe ringi/kaare keskpunktid



Offset – genereerib ühest (kõver) joonest sellega paralleelse joone

<u>Symmetric Offset</u> – joonestab sümmeetrilise nihke valitud keskjoone järgi.



Horizontal/Vertical –asetab jooned omavahel horisontaalselt või vertikaalselt

Collinear - võimaldab asetada sirged ühele joonele

Parallel Relationship - asetab kaks või enam joont omavahel paralleelseks

Perpendicular – asetab kaks joont 90•-se nurga alla



<u>**Tangent**</u> – ühendab joone ja ringi puutepunktis

= = 36 36

Equal -paneb kaks joont/kaart/ringi omavahel võrdseks

Symmetric Relationship – muudab kaks elementi omavahel sümmeetriliseks joone või tasapinna suhtes

<u>Set Symmetry Axis</u> – muudab joone telgjooneks

Seose võib kustutada nii nagu iga muu elemendi, valides seose lingi ning **Delete** käsu või <DELETE> klahvi vajutades.

Kui muuta joonist, siis sidemetega elemendid uuenevad automaatselt, loodud sideme tagamiseks. Näiteks kui nihutada elementi, mis jagab paralleelsuse sidet teise elemendiga, teine element nihkub niipalju kui vajalik paralleelsuse püsimajäämiseks. Kui sirgel ja kaarel on kehtestatud puutuja side, jäävad nad puutuma ka siis, kui kumbagi neist muuta.

3.2.2 Joonestamise abivahendid



<u>Move</u> – võimaldab liigutada elemente. Elemente saab liigutada ka lohistamise teel, ilma et kuju muutuks.

Rotate – võimaldab objekte keerata

Mirror – peegeldab objekte keskjoone suhtes

Scale – muudab objektide suurust

Delete – kustutab objekti

Elemendi kopeerimiseks tuleb all hoida <CTRL> klahvi, lohistamise ajal.

3.2.3 Mõõtjooned (Dimensions)

Joonise mõõtmestamine on lihtne ja paljuski automatiseeritud. Võimalik on kasutada eri tüüpe mõõtjooni koos vajalike tolerantside ning muude vajalike märgistega. Mõõtmed on assotsieeruvad elemendiga, mille juurde ta kuulub, seega saab kergesti teha muudatusi.

Lisada saab mõõdu, mis kontrollib elemendi suurust või asendit. See liik mõõtmeid on tuntud juhitavate (*driving*) mõõtmetena. Kui kasutada riba 'Ribbon' juhitava mõõdu väärtuse muutmiseks, uueneb element vastavalt uuele mõõdule.

Mõõtmed, mis ei ole juhitavad, nimetatakse juhitud mõõtmeteks (*driven*). Sel juhul element ei muutu, kui ribale 'Ribbon' sisestada uus väärtus. Muutub vaid mõõdu suurus ja tähises on mõõtarvu tähistav number alla kriipsutatud (vt Joonis 12). (Tegelik joone pikkus on endiselt 20.)



Joonis 12

Ribale 'Ribbon' saab määrata nupuga **Driven** ^[26], kas mõõt on juhitav või juhitud. Neid eristatakse värvi järgi.

|+*/+|

<u>SmartDimension</u> – lihtsaim mõõtmestamise käsk. Võimaldab ühe hiire klõpsuga mõõta joone pikkust, ringi/kaare diameetrit ja raadiust (vt Joonis 13).







Distance Between – võimaldab määrata kahe joone vahelist kaugust.

<u>Angle Between</u> – võimaldab määrata kahe joone vahelist nurka. Jooned ei tohi olla paralleelsed.

<u>Coordinate Dimension</u> – võimaldab määrata elemendi iseloomulike punktide koordinaate.

Angular Coordinate Dimension –võimaldab määrata elemendi iseloomulike punktide raadiused.

Symmetric Diameter – võimaldab määrata sümmeetrilist diameetrit

<u>Dimension Axis</u> – mõõttelg. Sätestab mõõttelgede orientatsiooni joonestuslehel või profiili serval.

Mõõtejoonte paigutust ja orientatsiooni saab nende paigutamise ajal dünaamiliselt juhtida ning vajadusel ka hiljem muuta.

Mõõtude suurust ekraanil saab muuta, kui klikkida mõõdul hiire parema klahviga ja avanenud loeteelust valite **Properties** (vt Joonis 14).



Joonis 14

Avaneb uus dialoogiaken (vt Joonis 15), kus tuleb liigutada kastikest Font size: taga.

Dimension Properties	X
General Units Annotation	,
Text Font: Solid Edge ISO Font size: Tolerance = 0,5 x Font size	0.123
Terminator Type: Arrow (filled) Inside limit = 3 x Font size	Coordinate Common origin: Circle
Limit arrangement: Vertical Symbol placement: Before Stack pitch = 3 x Font size	Use lower case multiplication symbol "x"
OK	Cancel Help

Joonis 15

3.3 Vaated



Joonis 16

'Main' tööriistaribal asuvad käsud, mis võimaldavad suurendada või vähendada joonist ekraanil (vt Joonis 16). **Zoom Area, Zoom Out, Fit** ja **Pan** on käsud, mis seda võimaldavad. Lisaks asetsevad 'Main' tööriistaribal ka töövahendid, mille abil saab pöörata või ümber orienteerida kujutise vaateid.

Et programmi kasutamine oleks lihtsam tuleks aru saada alljärgnevate käskude tööpõhimõtetest. Järgnevalt on lahti seletatud enamkasutatavad käsud, kuid parimaks harjutamise võimaluseks on siiski ise kõik nupud läbi proovida ja vaadata, mis juhtub. Tulemus on ekraanil koheselt näha ja lihtsalt arusaadav.



<u>**Rotate**</u> – võimaldab pöörata vaadet või koostu. Selleks tuleb klikkida töölehel või valida pöördtelg/kujutise serv, mille suhtes pööratakse ja liigutada kursorit. Hoides all nooleklahve klaviatuuril saab joonist pöörata 15 kraadise sammuga.

Esialgse vaate taastamiseks saab kasutada <HOME> nuppu klaviatuuril.



<u>Command View</u> – võimaldab detaili vaadata standardsetes vaadetes ja ka pöörata vastavalt soovile. Käsu valimisel avaneb uus aken, kus saab määratleda uusi vaateid, jälgides nooli ja punkte, mis aknas detailil näha on. (vt Joonis 17).



Joonis 17



Zoom Area – suurendab joonist soovitud piirkonnast. Käsu kasutamiseks tuleb tõmmata kast üle soovitud ala (hiire vasakut klahvi all hoides) ning ekraanil avanebki määratud suurendus.



<u>Zoom</u> – suurendab või vähendab dünaamiliselt hiirega lohistades. Kursori asend määrab ära tööakna tsentri ning suurendamine või vähendamine toimub selle ümber. Sujuvaks suurendamiseks või vähendamiseks tuleb all hoida hiire vasakut klahvi ning liigutada kursorit. Samuti on võimalik antud käsku kasutada hoides all <CTRL> klahvi ning hiire paremat nuppu. Kui on olemas kerimisnupuga hiir siis saab nuppu kerides samuti detaili vähendada ja suurendada.



Fit – toob kogu aktiivse joonise sisu korraga ekraanile



<u>**Pan</u>** – võimaldab liigutada joonist ekraanil. Kõige lihtsam on joonist ekraanil liigutada hiirenuppu all hoides. Samuti on võimalik joonist liigutada hoides all <CTRL> +<SHIFT> klahve ning paremat hiireklahvi.</u>



Visible Edges – näitab mudeli nähtavaid kontuure (vt Joonis 18).



Joonis 18



<u>Visible and Hidden Edges</u> – näitab keha nähtavaid ja ka varjatud kontuure (vt Joonis 19).



Joonis 19



<u>Shade</u> – eemaldab 3D kujutiselt kontuurid ja kuvab kujutise varjutatuna (vt Joonis 20).



Joonis 20



<u>Shaded with Visible Edges</u> – kuvab mudeli varjutatult, kuid jätab kujutise kontuurid näha (vt Joonis 21).



Joonis 21

3.4 Detailide muutmine

Detailide loomine koosneb erinevatest etappidest: 2D kujundi joonestamine ja sellest 3D mudeli tekitamine erinevate käskude abil. Muutmine käib ka erinevate etappide kaudu.



Dynamic Edit – kuvab valitud mudeli (vt Joonis 22) mõõdud ja lubab mõõte muuta. Klikkides mõõdul avanevad tööriistaribal mõõdu tööriistad, kuhu saab sisestada uue väärtuse ja detail võtab automaatselt antud mõõdu.



Joonis 22



<u>Edit Profile</u> – programm avab eskiisi (vt Joonis 23), mida saab muuta kasutades 2D joonestus võimalusi



Joonis 23



<u>Edit Definition</u> – kuvatakse ribale 'Ribbon' antud mudeliga seotud tööriistariba, mille abil saab mudelit muuta (vt Joonis 24).

|--|

Joonis 24

4 ÜLESANDED

4.1 Ülesanne 1

Detaili loomisel õpib järgmiseid funktsioone:

- <u>Protrusion</u> profiilile materjali lisamist;
- <u>**Cutout**</u> avade konstrueerimist;
- <u>**Round**</u> servade kumerdamist.



Ülesande lõpus on lühike harjutus parameetrite muutmistest.

Avada Solid Edge Part (detailide) vahend (vt Joonis 1. 1). Start – >Programs –
 >Solid Edge -> Part.



Joonis 1. 1

Esimene samm iga mudeli modelleerimisel on valida ribalt 'Feature' vajalik käsk (nt kasvatamine, ava lõikamine või midagi muud).

PROTRUSION

<u>Protrusion</u> – käsk kasutab materjali vormi defineerimiseks profiile, mis lisatakse detailile. Kui muuta profiili uuendatakse detail automaatselt.

2. Valida ribalt 'Feature' **Protrusion**

Riba 'Main' muutub ja näitab valitud käsu astmeid. Liikuda kursoriga üle põhitasapinna ja klikkida **x-y tasapinnal** (vt Joonis 1. 2), kui see aktiveerub. Süsteem kuvab valitud tasapinna paralleelseks aknaga. Seejärel saab kasutada joonestuskäske 2D geomeetria joonestamiseks.



3. Valida **Rectangle** ija joonestada nelinurk.

Nelinurka saab joonestada kahte moodi:

• Sisestades vastavatesse lahtritesse nelinurga külgede pikkused (vt Joonis 1. 3) ning klikkida <ENTER> klahvi. Programm teeb automaatselt sisestatud mõõtudega nelinurga, peab veel näitama nelinurga asendi algus- ja lõpp-punkti.



Joonis 1. 3

• Teine võimalus on joonestada nelinurk ja alles hiljem määrata külgede pikkused (vt. punkt 4).

4. Valida SmartDimension



Klikkida joonel, mida soov mõõta ja nihutada tekkinud mõõt sobivasse kaugusesse ning klikkida töölehel. Sisestada ribal 'Ribbon' vastavasse lahtrisse mõõt ja vajutada <ENTER> klahvi (vt Joonis 1. 4). Antud juhul on mõõduks **40mm**.



Joonis 1.4

Külje pikkus on nüüd 40mm. Sama tuleb teha ka teise küljega, pannes mõõduks **15mm**. Kui tekib soov mõõte hiljem muuta, siis on vaja vaid olemasoleval mõõdul klikkida ja ribale 'Ribbon' uus pikkus sisestada.

5. Valida Connect

Connect – käsk on vajalik kahe punkti ühendamiseks.

Nihutada nelinurga alumise külje keskpunkt nullpunkti. Selleks liikuda kursoriga nelinurga alumisele küljele, kuni tekib kursori kõrvale järgmine märk , mis näitab, joone keskpunktis olemist. Klikkida joonel ja valida nullpunkt (vt Joonis 1. 5).



6. Klikkida **Finish** nuppu, et profiil lõpetada.

7. Liikuda tööaknasse, kus näeb, et süsteem on valmis määrama väljaulatuse pikkust.

8. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance: 5mm** (vt Joonis 1. 6)ja vajutada <ENTER> klahvi.



Joonis 1.6

9. Liigutades kursorit detaili aknas on näha, et süsteem lubab asetada profiili kõrgusega 5mm ette või taha (vt Joonis 1. 7). Valida omal valikul suund ja klikkida töölehel.



Joonis 1.7

10. Süsteem on veel käsus Protrusion ja lubab sammu tagasi minna, kui peaks tekkima vajadus detaili muuta (vt Joonis 1. 8). Klikkida **Finish**, et käsk lõpetada.



Joonis 1.8

11. Valmis esimene 3 mõõtmeline mudel (vt Joonis 1. 9)



Joonis 1.9

12. Valida ribalt 'Main' **Fit** , et muuta vaate suurust ja näha kogu detaili.

13. Valida uuesti käsk **Protrusion** ia pinnaks seekord detaili eestvaade (vt Joonis

1. 10). Märgistamiseks liikuda kursoriga pinnale ja selle aktiveerumisel klikkida.



Joonis 1.10

14. Avaneb uus aken.

15. Valida käsk **Line** *Line* ja tõmmata nelinurga alumise külje keskpunktist joon.

16. Valida käsk **Set Symmetry Axis** ja klikkida joonel. Joon muutub telgjooneks (vt Joonis 1. 11).



17. Joonestada näidatud kujund (vt Joonis 1. 12), kasutades käske Line *L*ja Arc by

Center

- Alumise joone keskpunkt ühendada telgjoone alumise otspunktiga.
- Kanda peale mõõdud, kasutades käsku SmartDimension



Joonis 1.12



19. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance** aknasse **5mm**, vajutada <ENTER> klahvi ja näidata suund, kuhu poole kasvatada (vt Joonis 1. 13).



Joonis 1.13





Joonis 1.14

CUTOUT

23. Finish

<u>**Cutout**</u> – lõikamiskäsk toimib samuti nagu Protrusion, kuid kasvatamise asemel eemaldatakse materjal, mille tulemusena tekib ava.



22. Pinnaks valida detaili eestvaade ja joonestada sinna ring, kasutades käsku **Circle by Center**

Ringi joonestamist alustada, kui kursori kõrvale ilmub tsentri märk (vt Joonis 1. 15).



24. Ribalt 'Ribbon' valida käsk **Through All** ja näidata suund, kuhu poole lõigata (vt Joonis 1. 16).

Thought All – lõikab ava läbi detaili.


Joonis 1.18

27. Joonestada ring ja panna peale mõõdud (vt Joonis 1. 19), kasutades vahemaa mõõtmiseks käsku **Distance Between**



Joonis 1.19

28. Joonestada telgjoon mudeli keskele ning jälgida, et telgjoone otspunktid oleksid mudeli servade keskpunktides (vt Joonis 1. 20).





29. Valida käsk **Mirror** . Klikkida ringil ja siis telgjoonel, programm tekitab kohe teise ringi peegelpildina (vt Joonis 1. 21).



31. Ribalt 'Ribbon' valida nupp **Through All** suunata nool alla (vt Joonis 1. 22).



Joonis 1.23

ROUND

<u>Round</u> – ümardamine lubab asendada mudeli teravad tahud sujuva ümardatud nurkadega, et parandada välimust või funktsiooni.

33. Valida ribalt 'Main' Visible and Hidden Edges

<u>Visible and Hidden Edges</u> – käsk toob esile kõik mudeli kontuurid, et oleks kergem vajaminevaid servi märgistada.

34. Valida käsk Round

35. Märgistada ära 12 joont (vt Joonis 1. 24).



Joonis 1.24



39. Detailist parema ülevaate saamiseks valida **Tools** menüüst **Hide All** -> **Reference planes** (vt Joonis 1. 27).





40. Ribalt 'Main' valida Shade , programm peidab ära kontuurjooned (vt Joonis 1.
28)





41. Salvestada mudel nimega **ylesanne1.par**, valides **File** menüüst **Save** või ribalt 'Main' nupp **Save**.

PARAMEETRITE MUUTMINE

Programmis Solid Edge on väga lihtne teha olemas olevas mudelis muudatusi. Näiteks:

muuta **Protrusion 1**-s detaili aluse pikkus.

Selleks liikuda **Protrusion 1** peale ja ribalt 'Ribbon' valida **Dynamic Edit** . Antud käsuga saab muuta profiili mõõte.

Muuta detaili pikkus 40mm pikkuseks **60mm**. Detaili alus pikeneb, kuid kõik ülejäänud jääb samaks (vt Joonis 1. 29).



Joonis 1.29

Salvestada muudatused.

4.2 Ülesanne 2

Ülesandes tuleb joonestada kaks sarnast mudelit,

mille loomisel õpib kasutama järgmiseid uusi funktsioone:

- <u>Thin Wall</u> õhukeseseinalised detailid;
- <u>Lip</u> ääriku konstrueerimine.
- 4.2.1 Mudel 1.

PROTRUSION

- 1. Avada uus detailide vahend **New**
- 2. Klikkida **Protrusion** ia valida **x-z tasapind**.

Süsteem avab x-z tasapinna.

3. Joonestada nelinurk alustades nullpunktist.

4. Nelinurgale lisada mõõdud (vt Joonis 2. 1), kasutades käsku SmartDimension



Joonis 2.1





6. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance** aknasse **60mm** (vt Joonis 2. 2), klikkida <ENTER> klahvi ja näidata suund kuhu poole kasvatada. (Antud juhul ei ole suund oluline.)



Joonis 2. 2

7. **Finish** Valmis nelinurkne karp (vt Joonis 2. 3)





ROUND

8. Klikkida **Visible and Hidden Edges** nupul, mis asub ribal 'Main'.

<u>Visible and Hidden Edges</u> – toob esile kõik mudeli jooned, et oleks kergem vajaminevaid servi märgistada.

9. Valida käsk Round *in i ja märgistada ära neli joont, nagu näidatud (vt Joonis 2.*4):





THIN WALL

<u>**Thin-Wall**</u>ehk õhukeseseinalised elemendid konstrueeritakse kehast sisemuse eemaldamise teel. Õhukeseseinalised elemendid võib konstrueerida avatud külgedega või ilma. Seinad võib teha kõik ühe paksusega või kasutada erinevaid paksusi erinevates seintes.

12. Klikkida nupul Shaded with Visible Edges



14. Sisestada **Common thickness: 4mm**, jälgida, et alla oleks vajutatud **Offset Inside** nupp (vt Joonis 2. 7) ja <ENTER>.



LIP

Lip – võimaldab luua detailile ääriku materjali lisades või eemaldades.

17. Valida **Zoom Area** ja suurendada detaili nurka (vt Joonis 2. 10). Vajutada <ESC> nuppu klaviatuuril või hiire paremat nuppu, et **Zoom** käsust väljuda.



Joonis 2.10

18. Valida käsk **Lip**

19. Märgistada ära käsuga Thin Wall tekitatud serv (vt Joonis 2. 11) ja Accept



Joonis 2.11

20. Ribale 'Ribbon' sisestada **Width: 2mm** ja **Height: 30mm**, <ENTER> ja näidata suund kuhu **Lip** tekitada (vt Joonis 2. 12).



21. Finish . Tekitati Lip 2mm laiusega ja 30mm pikkusega (vt Joonis 2. 13).

22. Klikkida nupul **Fit**



Joonis 2.13

23. Salvestada detail nimega Karp1.par

4.2.2 Mudel 2.

PROTRUSION

24. Avada uus detailide vahend New

25. Klikkida käsul **Protrusion** ia valida **x-z plane**.

Süsteem avab x-z tasapinna.

26. Joonestada nelinurk alustades nullpunktist.

27. Valida **SmartDimension** ja kanda peale vajalikud mõõdud **120mm x 120mm** (vt Joonis 2. 14).



Joonis 2.14

28. Finish

29. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance** aknasse **50mm** (vt Joonis 2. 15), <ENTER> ja näidata suund kuhu poole kasvatada.



Joonis 2.15

30. Finish Valmis uus nelinurkne karp (vt Joonis 2. 16).





31. Valida uuesti käsk **Protrusion** ia pinnaks eestvaade (vt Joonis 2. 17).



Joonis 2.17

32. Joonestada ring ja panna peale mõõdud (vt Joonis 2. 18), kasutades vahemaa mõõtmiseks käsku **Distance Between**



Joonis 2.18

33. Finish

34. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance** aknasse **25mm**, <ENTER> ja näidata suund, kuhu poole kasvatada (vt Joonis 2. 19).



Joonis 2. 20

CUTOUT

36. Klikkida käsul **Cutout** *I* ja valida pinnaks silindri eest vaade.

37. Joonestada ring silindri tsentrist ja panna peale mõõt (vt Joonis 2. 21).

Ringi joonestamist alustada hetkel, kui kursori kõrvale ilmub tsentri märk. See tähendab, et kursor asub silindri keskpunktis.

Joonestatud ringi saab silindri tsentrisse panna ka käsuga **Concentric** . Selleks tuleb valida käsk ja ära märkida nii ring, kui ka silinder.



Joonis 2.21

38. Ribalt 'Ribbon' valida käsk **Through All** i ja näidata suund, kuhu poole lõigata (vt Joonis 2. 22).



Joonis 2.22





Joonis 2.23

ROUND



41. Valida käsk **Round** *j*a märgistada ära neli joont (vt Joonis 2. 24):



Joonis 2.24

42. Ribale 'Ribbon' sisestada raadius 10 (vt Joonis 2. 25), Accept 2 ja seejärel Preview.



Joonis 2.25

43. Finish Finish Karbi servad on nüüd kumerad (vt Joonis 2. 26).



Joonis 2.26

44. Klikkida nupul Shaded with Visible Edges 🖳

- 45. Valida uuesti käsk Round
- 46. Märgistada ära servad (vt Joonis 2. 27):





47. Ribale 'Ribbon' sisestada raadius 5, Accept 2 ja seejärel Preview
48. Finish Finish.



50. Ribalt 'Ribbon' valida Select alt Face (vt Joonis 2. 28).



Joonis 2.28

51. Märgistada ära silindri ots (vt Joonis 2. 29):



Joonis 2.29

52. Ribale 'Ribbon' sisestada raadius **2**, **Accept** *ja seejärel* **Preview**.

53. **Finish** . Kõik karbi kumerused on määratud (vt Joonis 2. 30).



Joonis 2.30

THIN WALL

54. Valida Thin Wall 💴

55. Sisestada ribale 'Ribbon' **Common thickness: 2mm** ja samas tuleks tähele panna,, et **Offset Inside** nupp oleks alla vajutatud ning vajutada <ENTER> klahvi.



Joonis 2.32

58. Salvestada detail nimega Karp2.par

4.3 Ülesanne 3

Mudeli loomisel õpib kasutama järgmiseid uusi funktsioone:

- <u>Sketch</u> eskiiside joonestamist;
- <u>**Plane**</u> tasapindade kasutamist;
- Mirror Copy kuidas peegeldada 3D mudelit;
- <u>**Derived curve**</u> kuidas ühendada mitut erinevat eskiisi;
- <u>Swept Protrusion</u> kuidas luua mudel ristlõike ja juhtkõvera abil;
- <u>**Pattern**</u> kuidas paljundada 3D mudelit.

SKETCH

<u>Sketch</u> ehk eskiis lubab kujundada baasilised funktsionaalsed nõuded detailile enne kui konstrueeritakse mõnd elementi. Eskiisi võib joonistada igale soovitud pinnale. Seejärel saab kasutada eskiise profiilipõhiste elementide loomisel.

Detaili eskiisimine enne modelleerimist annab mitu eelist:

- lubab joonestada multiprofiile ühte soovitud tasandisse;
- lubab defineerida seoseid, nagu puutuvus või võrdsus erinevates tasandites asuvate elementide vahel;
- lubab joonestada soovitud profiile, loomata hiljem järgnevaid elemente.
- 1. Ülesande alustamiseks avada uus detailide vahend.

2. Kasutades käsku **Sketch** ⁽ⁱ⁾ 'Feature' tööriistaribalt, joonestada **x-y tasapinnale** kujund, mis näidatud Joonis 3. 1.

Soovitused:

- Kujundi joonestamiseks kasutada käsku Line Za ja hiljem lisada Fillet käsku kasutades nurkade kumerused.
- Tangent käsuga määrata ära suhted joone ja kaare vahel.





3. Käsust väljumiseks klikkida nupul **Finish**

PLANE

<u>Plane</u> käsu abil saab luua lisa tasapinna, mis on kokkulangev teise tasandiga või põhitasandiga, paralleelne või risti teise tasandiga jne.

- 4. Luua uus x-z tasapinnaga paralleelne tasand, kasutades käsku Parallel Plane
- 5. Valida käsk ja klikkida x-z tasapinnal.
- 6. Ribal 'Ribbon' sisestada Distance lahtrisse 240mm (vt Joonis 3. 2).





7. Näidata suund (vt Joonis 3. 3) ja klikkida töölehel.



Joonis 3.3

MIRROR COPY

<u>Mirror Copy</u> abil saab peegeldada või kopeerida detaile/eskiise valitud tasapinna suhtes. See on kasulik, kui teha näiteks telgsümmeetriline detail, sest nii saab modelleerida esialgu detaili osa ja seejärel seda kopeerides luua mudel. Kui peegeldatud koopia puudutab originaali, siis ühendatakse kaks osa automaatselt.

8. Valida käsk Mirror Copy

9. Ribalt 'Ribbon' valida **Select** väljalt **Sketch** (vt Joonis 3. 4) ning klikkida eelnevalt joonestatud objektil (vt Joonis 3. 5).



Joonis 3.5

10. Järgmisena näidata pind, mille suhtes peegeldus tekitata. Selleks valida ribalt
'Ribbon' Parallel Plane ia luua uus x-z pinnaga paralleelne tasand 120mm
kaugusele (vt Joonis 3. 6).



Joonis 3.6

11. Käsust väljumiseks klikkida nupul **Finish**

SKETCH

12. Kasutades käsku Sketch joonestada Joonis 3. 7 näidatud kujund x-y tasapinnale.

• Kujund joonestada kahe eelneva vahele, nii et otspunktid ühtiksid.



- **Tangent** käsuga määrata suhted joone ja kaare vahel (vt Joonis 3. 8).
- Jooned on omavahel kollinaarsed, mille saab määrata käsuga Collinear







13. Joonestatud on 3 erineval tasapinnal eskiisi (vt Joonis 3. 9).



Joonis 3.9

DERIVED CURVE

Derived Curve – ühendab mitu erinevat joont.

14. Valida käsk **Derived Curve**

15. Märgistada kõik olemasolevad eskiisid (vt Joonis 3. 10) ning klikkida Accept upul.





16. Väljuda käsust nupu **Finish** abil.

17. Märgistatud eskiisid liideti üheks.

SWEPT PROTRUSION

<u>Swept Protrusion</u> abil saab luua detaili ühe või mitme ristlõike lohistamisega piki üht või enamat juhtkõverat.

Teerajad ja ristlõiked võib defineerida:

- joonestades profiili;
- valides olemasoleva eskiisi;
- valides detaili tahu.

18. Valida käsk Swept Protrusion

19. Avanevast aknas (vt Joonis 3. 11) valida **Single path and cross section**, mis loob kujundi etteantud raja ja läbilõike põhjal.



Joonis 3.11

20. Klikkida objektil, kui üles paremasse nurka ilmub tekst **Edge Set (Derived Curve)** (vt Joonis 3. 12), mis näitab, et valikuks osutub käsuga **Derived Curve** ühendatud eskiisid. Antud joon on teerajaks.



Draw laseb joonestada uue objekti, millest saab tööriista Swept Protrusion läbilõige.

22. Esiteks tuleb valida objekti otspunkt (vt Joonis 3. 13)



Joonis 3.13

23. Teiseks tuleb näidata tasapinna asukoht (vt Joonis 3. 14), kuhu läbilõige joonestada.



Joonis 3.14

24. Avanenud tasapinnale joonestada ring diameetriga **5mm** (vt Joonis 3. 15). Joonestamist alustada kui kursori kõrvale tekib [⋈] märk.



Joonis 3.15

25. Väljumiseks klikkida **Finish** nupul.

26. Kui midagi muuta ei soovi siis klikkida uuesti **Finish** nupul.

27. Väljuda käsust. Programm tekitab 5mm läbimõõduga toru (vt Joonis 3. 16).



Joonis 3.16

PROTRUSION

28. Joonestada näidatud ring (vt Joonis 3. 17) x-y tasapinnale, kasutades käsku Protrusion



29. Klikkida **Finish** nupul.

30. Ribalt 'Ribbon' valida nupp **From/To Extend**

<u>From/To Extend</u> – konstrueerib kujundi ette näidatud ala vahele.

31. Näidata koht, kust kujundi kasvatamine peale hakkab ja seejärel koht, milleni kasvatatakse (vt Joonis 3. 18).



Joonis 3.18

32. Käsust väljumiseks klikkida **Finish** nupul. Esimene tala on konstrueeritud (vt Joonis 3. 19).



Joonis 3.19

PATTERN

<u>Pattern</u> konstrueerib paljunduse põhielemendi kopeerimisega ristkülikusse või ringi. Kui muuta põhielemendi kuju või suurust, uuendatakse koopiad automaatselt.

33. Valida käsk **Pattern** ia märgistada detail, mida paljundada. Antud juhul eelnevalt loodud tala ja klikkida **Accept** nuppu.

34. Näidata tasand, mille peale paljundus tekitada, antud juhul x-y tasapind.

35. Ribalt 'Feature' valida Rectangular Pattern

36. Joonestada kast (vt Joonis 3. 22), valida riba 'Ribbon' valikuaknast Fit (vt Joonis 3. 20) ja täita lahtrid (vt Joonis 3. 21).



Joonis 3. 20

• <u>Fit</u> valikuga määratakse juhtude arvu x- ja y-telje suunas ning mustri pikkuse ja laiuse. Programm arvutab elementide x- ja y-suunalised vahekaugused;

• <u>Fill</u> valikuga määratakse x- ja y-suunalised vahekaugused ning mustri pikkuse ja laiuse. Programm arvutab elementide arvu etteantud pikkustest;

• <u>**Fixed**</u> valikuga määratakse asetuste arvu x- ja y-suundades ning vahekaugused x- ja y-suundades. Programm arvutab mustri pikkuse ja laiuse.

X: 6	Y: 1	X spacing: 22,00 m	🖌 Y spacing: 🛛 10,00 m 💌	Width: 110,00 💌	Height: 10,00 m 💌
------	------	--------------------	--------------------------	-----------------	-------------------

Joonis 3.21



38. Väljuda käsust. Paljundus on konstrueeritud (vt Joonis 3. 23).



Joonis 3. 23

MIRROR



40. Ribalt 'Ribbon' valida **Select** väljalt **Design Model** ja klikkida eelnevalt loodud mudelil (vt Joonis 3. 24).



Joonis 3.24

41. Näidata pind, mille suhtes peegeldus luua. Antud juhul on selleks **y-z tasapind** (vt Joonis 3. 25).



Joonis 3.25

42. Väljuda käsust.

43. Mudelist parema vaate saamiseks peita ära tasapinnad, kasutades **Tools** menüüd (vt Joonis 3. 26).



Joonis 3.26

44. Mudel on edukalt lõpetatud (vt Joonis 3. 27).



Joonis 3.27

4.4 Ülesanne 4

Ülesanne õpetab, kuidas kasutada alljärgnevaid uusi funktsioone:

- **<u>Revolved Protrusion</u>** pöördkeha loomist;
- <u>Circular Pattern</u> ringikujulist paljundamist.



SKETCH

45. Ülesande alustamiseks avada uus detailide vahend.

46. Kasutades käsku **Sketch**, joonestada **x-z tasapinnale** eskiis (vt Joonis 4. 1).



Joonis 4.1



REVOLVED PROTRUSION

<u>Revolved Protrusion</u> käsu abil saab konstrueerida pöördkeha, mis luuakse suletud profiili pööramisel ümber telje.

48. Valida **Revolved Protrusion**

n 🥐.

49. Ribal 'Ribbon' klikkida nupul **Select from Sketch** ja valida eelnevalt loodud kujund (vt Joonis 4. 2)



Joonis 4.2

50. Accept *ja näidata pöörlemistelg (vt Joonis 4. 3).*



Joonis 4.3

51. Ribale 'Ribbon' sisestada **Angle** lahtrisse **360°** või klikkida nupul **Revolve 360°** (vt Joonis 4. 4).



Joonis 4.4





Joonis 4.5

THIN-WALL

53. Valida Thin-Wall

54. Ribale 'Ribbon' sisestada Common thickness väärtusega 3mm (vt Joonis 4. 6).

Joonis 4.6

55. Riba 'Ribbon' muutub ja programm soovib teada pinda, mille suhtes **Thin-Wall** tekitada. Märgistada detaili pealtvaade (vt Joonis 4. 7).







CUT OUT

58. Valida **Cut Out** *[u]* ja joonestada **x-z tasapinnale** eskiis (vt Joonis 4. 9).



Joonis 4.9

59. Ribalt 'Ribbon' valida **Through All** i a näidata noole suund (vt Joonis 4. 10)



Joonis 4.10

60. **Finish** Esimene ava on konstrueeritud (vt Joonis 4. 11)



Joonis 4.11

PATTERN

61. Valida **Pattern** *intervalt loodud aval (vt Joonis 4. 12).*



Joonis 4.12

62. Accept 2.

63. Klikkida pinnal, millel paljundamine tekitada, antud juhul on pinnaks **x-z tasapind** (vt Joonis 4. 13).



Joonis 4.13

64. Joonestada avanenud pinnale (vt Joonis 4. 14) näidatud nelinurk.

Nelinurk määrab ära pinna, kuhu paljundus luuakse.



Joonis 4. 14







66. Valida uuesti **Pattern** *in initialista initianita initialinitialista initialista initialista initial*



Joonis 4.16

67. Accept

68. Pinnaks valida detaili põhi (vt Joonis 4. 17).




69. Ribal 'Feature' klikkida **Circular Pattern** ja joonestada ring detaili keskpunktist.

Circular Pattern lubab konstrueerida täisringi või ringiosakujulisi mustreid.

70. Ribale 'Ribbon' sisestada andmed (vt Joonis 4. 18) ja klikkida ekraanil, et näidata, mis suunas paljundus luua. Suund on vajalik, kui paljundus ei ole täisringina.



4.5 Ülesanne 5

Ülesanne kordab üle eelmistes ülesannetes seletatud käske, nagu:

- <u>Revolved Protrusion</u>
- Derived Curve
- <u>Cutout</u>
- <u>Round</u>

ja lisaks näitab, kuidas luua mudel käsuga <u>Swept Protrusion</u> kasutades ühte rada ja kahte läbilõiget.

SKETCH

1. Ülesande alustamiseks avada uus detailide vahend.

2. Kasutades käsku **Sketch** joonestada **x-z tasapinnale** eskiis vastavalt Joonis 5.

1.



Joonis 5.1



REVOLVED PROTRUSION

4. Valida **Revolved Protrusion**

5. Ribal 'Ribbon' klikkida nupul **Select form Sketch** ja valida eelnevalt loodud eskiis (vt Joonis 5. 2)



Joonis 5.2

6. Accept *ja näidata pöörlemistelg (vt Joonis 5. 3).*



Joonis 5.3

7. Angle lahtrisse sisestada **360°** või klikk nupul **Revolve 360°** (vt Joonis 5. 4).



Joonis 5.4

8. **Finish** Pöördkeha on konstrueeritud (vt Joonis 5. 5)



Joonis 5.5

SKETCH

9. Kasutades käsku **Sketch** joonestada **x-z tasapinnale** eskiis (vt Joonis 5. 6).



10. Finish

DERIVED CURVE



12. Märkida ära kõik jooned (vt Joonis 5. 7) ja Accept





3 Finish	Finish	

SKETCH

			8_
14.	Valida	Sketch	

15. Joonestada y-z tasapinnale ring eelmise eskiisi otspunktist (vt Joonis 5. 8).



Joonis 5.8

16. Finish	Finish
-------------------	--------

SWEPT PROTRUSION

17. Valida Swept Protrusion

18. Avanevast aknast valida **Multiple path and cross sections** (vt Joonis 5. 9), mis võimaldab luua kujundi mitme raja ja erineva läbilõike põhjal.



Joonis 5.9

19. Klikkida objektil (vt Joonis 5. 10), kui üles paremasse nurka ilmub tekst Edge Set (Derived Curve).



20. Accept *ja Next.*

- 21. Ribalt 'Ribbon' valida **Draw** 11/2, mis lubab joonestada uue läbilõike.
- 22. Esiteks valida objekti otspunkt (vt Joonis 5. 11).



Joonis 5.11

23. Teiseks näidata tasapinna asukoht (vt Joonis 5. 12), kuhu läbilõige joonestada.



Joonis 5.12

24. Avanenud tasapinnale joonestada käsu **Ellipse by Center** 22 abil ellips, nagu näidatud Joonis 5. 13, alustada kui kursori kõrvale tekib märk. Et paremini näha, kust ellipsi joonestamist alustada, võib **Rotate** 22 käsu abil detaili natuke keerata. Ribale 'Ribbon' sisestada andmed, mis näidatud Joonis 5. 14 ja <ENTER> klahvi vajutades tekib Joonis 5. 13 näidatud kujund.



Joonis 5.14



Joonis 5.16

CUTOUT

31. Käsu **Cutout** 21 abil luua detaili ülemisele pinnale ava läbimõõduga **30mm** ja sügavusega **5mm** (vt Joonis 5. 17).



Joonis 5.17

THIN-WALL

32. Käsu **Thin-Wall** abil luua **3mm** paksune seest tühi detail (vt Joonis 5. 18). Pinnaks valida eelnevas punktis loodud augu põhi.



Joonis 5.18

ROUND

33. Käsu Round abil teha kumeraks kaks serva (vt Joonis 5. 19) 3mm raadiusega.



Joonis 5.19

34. Ülesanne on edukalt lõpetatud (vt Joonis 5. 20).



Joonis 5. 20

4.6 Ülesanne 6

SHEET METAL

Sarnaselt detailile konstrueeritakse ka lehtmetallist detail, alustades baaselemendi konstrueerimisega, millele tuleb lisada elemente, kuni detail on täielikult viimistletud. Lehtmetalli spetsiifilisi rekvisiite, nagu materjali paksus, painutusraadius, on lihtne kontrollida ja toimetada.

Ülesanne õpetab, kuidas luua lehtmetallist detail käskudega:

- <u>Tab</u>
- <u>Contour Flange</u>
- <u>Cutout</u>
- <u>Sketch</u>
- <u>Normal Cutout</u>
- <u>Bend</u>
- <u>Jog</u>
- Drawn Cutout
- <u>Dimple</u>
- <u>Bead</u>
- <u>Louver</u>
- Break Corner

TAB

<u>**Tab</u>** abil konstrueeritakse baaselement. Võimaldab suletud profiili kasutades konstrueerida suvalise kujuga tasapinnalise elemendi.</u>

1. Avada Solid Edge Sheet Metal vahend.



- 2. Valida käsk **Tab** *[* ja **x-y tasapind.**
- 3. Joonestada nelinurk ning lisada sellele mõõdud (vt Joonis 6. 1).



Joonis 6.1

4. Paksuseks sisestada 3mm.

CONTOUR FLANGE

<u>Contour Flange</u> käsk võimaldab lahtist kontuuri kasutades konstrueerida elemendi, mis koosneb ühest või enamast painutatud ja sirgest osast. Painutused lisatakse automaatselt painutusraadiuse rekvisiitide abil. Kui on soov kasutada erinevaid raadiuseid, võib seda teha joonestades kaare profiilile.

- 5. Valida käsk Contour Flange
- 6. Ribalt 'Ribbon' valida **Plane at Distance**

Plane at Distance lubab teha uue plaani etteantud kaugusega.

7. Märgistada serv (vt Joonis 6. 2).



Joonis 6. 2

8. Valida x-y tasapind (vt Joonis 6. 3).



Joonis 6. 3

9. Ribale 'Ribbon' sisestada Distance: 100mm.

Tekib uus pind paralleelselt x-y tasapinnaga 100mm kaugusele ehk aluse keskpunkti.

10. Klikkida ekraanil, avaneb uus tasand, kuhu joonestada eskiis (vt Joonis 6. 4):



Joonis 6.4

11. Finish.

12. Ribale 'Ribbon' sisestada Distance: 65mm ja valida Symmetric Extent .
13. Finish.

CUTOUT

14. Valida käsk Cutout 뙫

15. Joonestada detaili pealmisele pinnale eskiis (vt Joonis 6. 5) ja lõigata see läbi detaili.



Joonis 6.5

16. Valida uuesti **Cutout** ja lõigata ka teine eskiis (vt Joonis 6. 6) läbi detaili. Jälgida tuleb, et ava tekiks täpselt detaili keskpunkti.



Joonis 6.6

17. Ka kolmas kujund tuleb luua käsuga **Cutout** (vt Joonis 6. 7)





18. Valmis mudel peab välja nägema nagu Joonis 6. 8.



Joonis 6.8

SKETCH

19. Siseneda käsku Sketch

20. Ribalt 'Ribbon' valida Angled Plane

Angled Plane lubab tasapindu keerata sisestatud nurga võrra.

21. Esiteks tuleb ära märkida pind, mida soovitakse keerata. Antud juhul olgu selleks **x- y tasapind.**

22. Teiseks tuleb näidata serv, mille ümber uut pinda keerata. Valida selleks Joonis 6. 9 näidatud serv.



Joonis 6. 9

23. Ribale 'Ribbon' sisestada Angle: 45º (vt Joonis 6. 10)



Joonis 6.10

24. Avaneb uus tasapind, kuhu joonestada ring (vt Joonis 6. 11)



Joonis 6.11

25. Finish (vt Joonis 6. 12).



Joonis 6. 12

NORMAL CUTOUT

<u>Normal Cutout</u> käsu kasutamisel on konstrueeritava väljalõike kõik servad risti lehtmetalli tasapinnaga. Detaili sirgeks painutamisel või elementide lisamisel jääb ava alles.

26. Valida käsk Normal Cutout

27. Ribalt 'Ribbon' valida Select From Sketch

<u>Select From Sketch</u> võimaldab valida eelnevalt joonestatud eskiis.

28. Valida ring, mis sai eelnevalt joonestatud (vt Joonis 6. 13) ja Accept



Joonis 6. 13



30. Suunata nool nii nagu Joonis 6. 14 ja klikkida tööpinnal.



Joonis 6. 14

31. Klikkida Finish. Normal Cutout on edukalt lõpetatud (vt Joonis 6. 15).



Joonis 6.15

BEND

Bend ehk painutuse võib lisada piirkonda, mis on defineeritud olemasoleva väljalõikega. Painutatav profiili element peab olema sirge tasapinnaga.



33. Pinnaks valid detaili pealmine pind (vt Joonis 6. 16)



Joonis 6.16

34. Joonestada sirge (vt Joonis 6. 17).



Joonis 6.17

- 35. Väljuda käsust.
- 36. Jälgida, et nool näitaks samas suunas, kui Joonis 6. 18 ja klikkida tööpinnal.



Joonis 6.18

- 37. Ka teist korda suunata nool samas suunas, kui punktis 36.
- 38. Kolmandal korral suunata nool otse alla (vt Joonis 6. 19).



Joonis 6.19

39. Finish. Painutus on edukalt lõpetatud (vt Joonis 6. 20).



Joonis 6.20

Jog ehk looge käsk võimaldab konstrueerida kaks painutust ühe operatsiooniga. Profiil peab olema üksik lineaarne element. Looklevat elementi on võimalik konstrueerid ainult piki tasast pinda.

40. Järgmiseks valida käsk **Jog**

41. Valida mudeli pealmine pind ja joonestada sinna sirge (vt Joonis 6. 21).





42. Suunata nool (vt Joonis 6. 22).



Joonis 6.22

43. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance: 50mm**, valida käsk **Bend Outside** ja näidata suund allapoole (vt Joonis 6. 23)



Joonis 6.23

44. Väljuda käsust. Mudelile on looge lisatud (vt Joonis 6. 24).



Joonis 6.24

DRAWN CUTOUT

Drawn Cutout ehk stantsitud väljalõige on väljalõige, mida võib kasutada nii avatud kui ka suletud profiili puhul. Avatud profiili otsad peaksid teoreetiliselt lõikuma detaili servaga. Stantsitud väljalõiget võib konstrueerida tasasele pinnale. Stantsi raadiuse, matriitsi raadiuse ja koonilisuse valikud määratakse käsu valikutes.

45. Valida käsk Drawn Cutout i ja joonestada mudeli pealmisele pinnale Joonis 6.
25 näidatud eskiis.



Joonis 6.25

46. Väljuda käsust.

47. Suunata nool keskele (vt Joonis 6. 26).



Joonis 6.26

48. Ribale 'Ribbon' sisestada Distance: 6mm ja suunata alla (vt Joonis 6. 27).



49. Väljuda käsust, väljalõige on konstrueeritud (vt Joonis 6. 28).



Joonis 6.28

DIMPLE

Dimple käsuga konstrueeritakse lohke, mis on analoogne stantsitud väljalõigete konstrueerimisega. Erinevus neil kahel elemendil on see, et lohul on põhi, kuid väljalõikel põhi puudub.

50. Valida käsk Dimple

51. Joonestada mudeli pealmisele pinnale eskiis (vt Joonis 6. 29).



52. Väljuda käsust ja valida ribalt 'Ribbon' **Dimple Options** (1997).

53. Täita väljad (vt Joonis 6. 30) ja OK.

Dimple Options	X
Taper angle: 45,00 ° 🔽 🕂	OK
	Cancel
Include rounding	Save Default
Punch radius: 0,00 mm 💌	Help
Die radius: 0,00 mm 💌 🏹	
Automatically round profile corners Radius: 3,00 mm	

Joonis 6.30

54. Määrata noole suund (vt Joonis 6. 31).



Joonis 6.31

55. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance: 6mm** (vt Joonis 6. 32)



Joonis 6. 32

56. Ribalt 'Ribbon' valida **Sidewalls Inside** ja **Finish**. Mudelile on lohk lisatud (vt Joonis 6. 33).



Joonis 6.33

BEAD

Bead käsuga konstrueeritakse jäikusribi, mille võib luua avatud või suletud profiili kasutades. Kui konstrueerida ribi avatud profiili kasutades, siis profiil automaatselt väljaulatuma ei hakka. Kui profiil koosneb enam kui ühest elemendist, peab profiil moodustama kokkupuutuvatest elementidest katkematu ahela. Õõnsuse ristlõike kuju ja otsa seisundi saab määratleda ribi valikutes. Saab valida, kas kuju on U-kujuline, V kujuline või sõõrjas. Samuti saab valida, kas otsad on kinnised või avatud.

57. Valida käsk **Bead**

58. Joonestada mudeli pealmisele pinnale eskiis(vt Joonis 6. 34).



Joonis 6.34

- 59. Väljuda käsust.
- 60. Suunata nool alla (vt Joonis 6. 35).



Joonis 6.35

61. Finish, mudelile on jäikusribi lisatud (vt Joonis 6. 36).



Joonis 6.36

LOUVER

Louver käsuga konstrueeritakse ventilatsiooniavasid, mis luuakse üht lineaarset elementi kasutades. Suletud profiil ei pea puutuma kokku ühegi detaili servaga. Ava kõrgus (H) peab olema võrdne või väiksem, kui ava sügavus (D) miinus materjali paksus (T) (H•D-T).

- 62. Valida käsk Louver 💻
- 63. Joonestada mudeli pealmisele pinnale eskiis (vt Joonis 6. 37).



Joonis 6.37

- 64. Väljuda käsust.
- 65. Ribalt 'Ribbon' valida Louver Options 🕮.
- 66. Täita väljad (vt Joonis 6. 38) ja OK.

Louver Options	×
• Formed-end louver	OK
C Lanced-end louver	Cancel
Rounding	Save Default
Include rounding	Help
Die radius: 3,00 mm 💌	
	_

Joonis 6.38

67. Ribale 'Ribbon' sisestada **Distance: 10mm** ja liigutada kursor väljapoole (vt Joonis6. 39)



Joonis 6.39

68. Ribale 'Ribbon' sisestada kõrguseks Distance: 5mm ja suund ülesse (vt Joonis 6.40).

Joonis 6.40

69. Finish. Ventilatsiooniava on konstrueeritud (vt Joonis 6. 41)



Joonis 6.41

BREAK CORNER

<u>Break Corner</u> – võimaldab ümardada ja faasida lehtmetalli servi sarnaselt Part keskkonnaga.

70. Valida käsk Break Corner 🖳

71. Ribal 'Ribbon' vajutada sisse nupp Chamfer Corner

72. Märgistada ära kaks nurka (vt Joonis 6. 42) ja Accept.



Joonis 6. 42

- 73. Sisestada ribale 'Ribbon' Break: 5mm ja Preview.
- 74. Väljuda käsust.
- 75. Salvestada mudel, lehtmetallist mudel on edukalt lõpetatud (vt Joonis 6. 43).



Joonis 6. 43

4.7 Ülesanne 7

ASSEMBLY

Assembly ehk koost on kombinatsioon kahest või enamast detailist. Koostu võib ehitada, kasutades eksisteerivaid detaile ja alamkooste või modelleerida uusi detaile. Saab isegi kasutada detaile, mis ei ole modelleeritud Solid Edge programmiga. Detailid, mis on konstrueeritud muudes CAD formaatides, tuleb enne muuta Solid Edge failiks.

Ülesandes tuleb luua lihtne koost, kasutades eelnevalt loodud mudeleid **karp1.par** ja **karp2.par**.

Koostu loomisel õpib järgmiseid funktsioone:

- <u>**Relationship**</u> sidemete loomist;
- <u>Move Part</u> detaili liigutamist;
- **Exploded View** hajutatud vaade

DETAILIDE LISAMINE

- 1. Valida **New** *i* ja avanevast aknast **Normal.asm.**
- 2. Ribal 'Main' lülitada sisse EdgeBar

EdgeBar – näitab antud koostu detaile ning töö käiku.

3. Valida 'EdgeBar' alt Parts Library

<u>**Part Library</u>** on koht, kust saab otsida arvutisse salvestatud mudeleid. Otsida ülesse **karp1.par** ja **karp2.par**.</u>

4. Esimesena valida karp1.par ja lohistada see kursoriga tööaknasse.



Esimene detail on väga tähtis, kuna selle peale tuginedes ehitatakse koost. Seetõttu esimene detail kujutab koostu baaskomponenti. Esimene detail peab olema hästi modelleeritud, kuna seda ei saa hiljem kustutada.

5. Teisena lohistada tööaknasse karp2.par.

Karp2 kuvatakse eraldi aknasse ja ribale 'Ribbon' tekivad uued käsud, mille abil määratakse kahe detaili vahelised sidemed.

RELATIONSHIP

<u>Relationship</u> – sidemed detailide vahel, mis tuleb defineerida mudeli lisamisel koostu.

6. Ribalt 'Ribbon' valida Relationship Type (seoste tüübid) alt Planar Align
ja klikkida detaili paremal küljel nagu Joonis 7. 1.

Planer Align – asetab märgitud pinnad ühele joonele.



Joonis 7.1

7. Avaneb karp1.par.

8. Klikkida detailil ja märgistada ära külg, mis seotakse karp2 küljega.

Antud juhul märkida ära karp1 parem külg (vt Joonis 7. 2)



Joonis 7. 2



Peale esimese seose lisamist asetatakse **karp2** koostu. Detailid on nüüd seotud omavahel ühe küljega.

10. Klikkida **Common Views** ja valida vaade, nagu Joonis 7. 3.



Joonis 7.3

MOVE PART

Move Part käsu abil saab liigutada detaili. Seda on hea kasutada, et teada saada kuidas määratud seosed kehtivad.

11. Valida käsk Move Part

12. Ribalt 'Ribbon' valida **Freeform Move** ja klikkida **karp2**-el.

Karp2-te liigutades näeb, et detail liigub ainult üles-alla. See näitab, et üks suhe on määratud.

13. Klikkida **Common Views** ja valida **Isometric** (vt Joonis 7. 4).



Joonis 7.4

14. Klikkida käsul **Fit**

15. Valida **karp2** ja klikkida sellel. Ribalt 'Ribbon' valida **Edit Definition**

Edit Definition lubab määrata uue suhte.

16. Valida **Relationship Type** alt **Planar Align** ja klikkida pinnal, mis näidatud Joonis 7. 5.





17. Klikkida detailil karp1 ja valida pind nagu Joonis 7. 6.





18. **OK**

19. Loodud sidemeid on võimalik muuta riba 'Ribbon' Relationship List alt (vt joonis7). Tuleb vaid valida side, mida soov muuta.

<u>Relationship 3</u> (vt Joonis 7. 7) näitab, et antud detailide vahel tuleb määrata kolm sidet. Alles siis on need kaks detaili omavahel lõplikult koos.

Relationship 3	•
Relationship 3	
🕽 🖬 karp1.par:1	
▶ • karp1.par:1	

Joonis 7.7

20. Kui seotud detail jääb tagurpidi (vt Joonis 7. 8), siis kasutada nuppu Flip

Flip



Joonis 7.8

21. Uue sideme loomiseks valida ribalt 'Ribbon' Relationship List alt Relationship 3 (vt Joonis 7. 9)



22. Valida **Relationship Type** alt veelkord **Planar Align** ja märgistada detailide pealmised pinnad (vt Joonis 7. 10).



Joonis 7.10



24. Ribal 'Ribbon' Relationship List alt kadus ära Relationship 3 (vt Joonis 7.11).Kaks detaili on omavahel edukalt ühendatud.

💵 karp1.par:1	•
🕼 karp1.par:1	
▶ • karp1.par:1	
≵ = karp1.par:1	

Joonis 7.11

Kui detailid on täielikult positsioneeritud, ei saa kumbki liikuda mingis suunas teise detaili suhtes.

25. Salvestada mudel nimega karp.asm.

EXPLOADED VIEW

<u>Exploded View</u> – võimaldab eraldada ühe nupuliigutusega kõik koostu detailid. Hajutatud vaadet on võimalik kasutada koostu joonise vormistamisel.

26. Environment menüüst valida Exploded View (vt Joonis 7. 12).

Environment	Manage
Exploded View	
Virtual Studio	
XpresRoute	
Motion	

Joonis 7.12



<u>Automatic Explode</u> – hajutab koostu detailid, mis baseeruvad loodud sidemetele.

28. Ribal 'Ribbon' klikkida **Explode** (vt Joonis 7. 13).



Joonis 7.13

29. Käsust väljumiseks klikkida **Return**

4.8 Ülesanne 8

JOONISTE VORMISTAMINE

Joonise koostamisel on kasutatud mudelit pattern.dft.

Joonise vormistamisel õpib kasutama järgmiseid funktsioone:

- <u>lõigete loomist;</u>
- <u>vaadete lisamist;</u>
- **<u>Dimension</u>** mõõtude lisamist;
- <u>mõõdu suuruse muutmist;</u>
- <u>**Prefix**</u> eesliidete lisamist;
- <u>**Update Views**</u> vaadete uuendamist.
- 1. Avada Solid Edge **Draft** vahend, mis näeb välja nagu Joonis 8. 1.



Joonis 8.1

2. Kõigepealt tuleb määrata lehe suurus. Selleks valida **File** menüüst **Sheet Setup**. Avanevas aknas **Size** lehel valida endale sobiv valikuvõimalus. Antud juhul on valitud
A4 Wide(297mm x 210mm) (vt Joonis 8. 2) ja Background lehelt A4-Sheet ning klikkida OK (vt Joonis 8. 3).

Sheet Setup
Size Name Background
Sheet Size
Same as Print setup
 Standard: A4 Wide(297mm x 210mm) Custom: W: 297,00 mm x H: 210,00 mm
Paper Units
mm
Precision: 0.01
OK Cancel Save Defaults Help

Joonis 8.2

Sheet Setup	×
Size Name Background	
Background sheet: A4-Sheet	
OK Cancel Save Defaults Help	

Joonis 8.3

3. Ribalt 'Main' valida **Fit** , et näha kogu lehte.

4. Lehe vasakult servast valida **Drawing View Wizard** ija otsida ülesse mudel **pattern.PAR** (mille saab alla laadida järgmiselt lingilt <u>pattern.par</u>).

5. Avaneb uus aken, kust valida Joonis 8. 4 näidatud variandid ja Next.

Drawing View Creation Wi	zard	
	Part/Sheet Metal Drawing Vi C Designed part C Simplified part C Flat pattern	iew Options Show hidden edges in: Orthographic views Pictorial views Show tangent edges in: Orthographic views Pictorial views
and the second sec		

Joonis 8.4

6. Drawing View Creation Wizard lehelt (vt Joonis 8. 5) valida top (pealtvaade).

Drawing View Creation Wiz	zard
	Drawing View Orientation Named Views: dimetric front iso right top trimetric Custom

Joonis 8.5

- 7. **Finish** Finish, mitte vajutada veel töölehele.
- 8. Positsioneerida vaade (vt Joonis 8. 6).



Joonis 8.6

9. Joonise suurust saab muuta, kui klikkida vaatel ja ribal 'Ribbon' klikkidaProperties 2.

10. Avanevas aknas valida Show scale: ja sisestada lahtrisse vajalik suurus (vt Joonis 8.7).





11. Salvestada olemasolev töö nimega pattern.dft

12. Vasakult lehe servalt valida **Select Tool**, et liigutada vaadet.

13. Klikkida vaatel ja lohistada see sobivasse kohta hiire vasakut klahvi all hoides.

LÕIKED

Lõige kuvab ristlõike 3D detailist või koostust. Lõigatud pinnad viirutatakse automaatselt. Enne lõike kujutamist tuleb luua lõiketasand detaili vaatest, mida kasutatakse lõike baasina.

14. Lõikepinna joonestamiseks tuleb valida **Cutting Plane** ja valida detaili vaade.

Lõikepind koosneb ühest sirgest joonest või mitmest elemendist, nagu sirged ja kaared. Kui joonestada lõikepind, mis sisaldab enam kui ühte elementi, siis peab jälgima järgmisi nõudeid:

- Elemendid peavad kohtuma lõpp-punktides
- Elemendid ei tohi moodustada suletud piirkonda, ega olla kinnine joon
- Elemendid ei tohi omavahel lõikuda
- Kõik kaared lõikepinnas peavad olema ühendatud sirgetega igas kaare otsas.

Lõikepinnale võib lisada mõõte ja seoseid, et kontrollida lõikepinna asendit, suurust ja orientatsiooni.

15. Joonestada lõikepind, (vt Joonis 8. 8).



Joonis 8. 8

16. Peale lõikepinna joonestamist klikkida **Finish**

17. Määrata lõike suund, klikkides kursoriga ühel pool lõigatavat detaili (vt Joonis 8. 9).



Joonis 8.9

18. Valida Section View , et paigutada joonisele eelnevalt loodud lõige. Klikkida lõikepinnal ja liikuda kursoriga allapoole.

19. Paigutada lõige nagu näidatud Joonis 8. 10.



Joonis 8.10

20. Klikkides lõikel ja ribalt 'Ribbon' valides **Properties** , avaneb aken, kust võtta linnuke eest ära **Hidden edge style:** eest (vt Joonis 8. 11). See kaotab ära punktiirjoonega näidatud servad.

Hidden edge style:	Hidden	•

Joonis 8.11

21. Kui vaadet, lõiget on teatud kohast vaja suurendada, siis kasutada käsku **Detail** View

22. Joonestada lõikele ring, kust suurendust vaja ja klikkida kursoriga seal, kuhu uus vaade paigutada (vt Joonis 8. 12).



Joonis 8.12

VAADETE LISAMINE

23. Lisavaateid saab joonisele juurde lisada käsuga **Principal View**

Uus vaade on automaatselt joondunud ristsuunas selle detailiga, millest ta loodi.

24. Klikkida peavaatel ja liikuda kursoriga diagonaalis alla-paremale. Luuakse uus isomeetriline vaade (vt Joonis 8. 13).



Joonis 8.13

25. Nihutada käsu **Select Tool** abil uus vaade nii nagu Joonis 8. 14.



Joonis 8.14

DIMENSON

26. Mõõtmete peale kandmine on sama nagu **Part** vahendis, kasutades käske **SmartDimenson**, **Distance Between** jne.

27. Kanda peal mõõdud (vt Joonis 8. 15).



Joonis 8.15

Käsk **Retrieve Dimension** Kösk kopeerib automaatselt detaili mõõdud ja annotatsioonid joonisele. Tuleb valida vaid käsk ja klikkida vaatel ning kõik mudelis määratud mõõdud pannakse automaatselt joonisele.

MÕÕDU SUURUSE MUUTMINE

28. Kui mõõdu peale kandmisel selgub, et mõõt on väga väikese fondiga (vt Joonis 8. 16), siis saab suurust muuta, kui mõõdule parema hiireklahviga klikkida ja avanevast menüüst valida **Properties.** Avanevast aknast valida leht **Text** ja **Font size:** lahtrisse trükkida suurem number (vt Joonis 8. 17).



Joonis 8.16

Dimension Properties	X
Spacing Smart Depth Hole Ca General Units Secondary	allout Terminator and Symbol Annotation) y Units Text Lines and Coordinate)
Text Font: Solid Edge ISO Font style: Regular Font size: Smm	Tolerance Text Size = 0,5 x Font size Limit arrangement: Vertical
Orientation: Parallel 💌 Position: Above 💌	 Place prefix inside Basic dimension box Chamfer Dimension Use 45 degree character Use lower case multiplication symbol "x"
	OK Cancel Help

Joonis 8.17

Style		×
Style type: Dimension Styles: ANSI ANSImm BSI DIN ISO JIS UNI	Description Linear Unit = mm, Linear Roundoff = .12, Angular Unit = .123, Angular Unit = Degrees, Angular Roundoff = 1, Font = Solid Edge ISO	Apply Cancel New Modify Delete Organizer
List: All styles		

Joonis 8.18

- 30. Sisestada Font size: lahtrisse suurus (vt Joonis 8. 17) ja OK.
- 31. Apply Apply

PREFIX

<u>**Prefix**</u> – mõõtudele lisatud eesliited (nt läbimõõt - \emptyset).

32. Kui on vaja mõõdule lisada tähis, nt läbimõõt, siis klikkida mõõdul ja ribal 'Ribbon'

klikkida **Prefix** 🖻 nupul.

33. Avaneb Dimension Prefix aken (vt Joonis 8. 19), kus:

- <u>Prefix</u> lahtrisse sisestatu asetseb mõõdu ees
- <u>Suffix</u> lahtri oma mõõdu taga
- **<u>Superfix</u>** mõõdu kohal
- <u>Subfix horizontal alignment</u> asetseb mõõdu all, kuid eespool.

Dimension Prefix		×
Special characters:	Superfix:	
	Suffix:	<u> </u>
<u>∩±•+</u> \$} ₩	▼ 1.123 ▼	Close
Hole reference:	Subfix:	Clear
▣▣₽₽₽₽₩	Subfix horizontal alignment:	Apply
Smart depth:	Left	Help

Joonis 8. 19

Kõige parem on kõik ise järgi proovida, sest tähiseid saab nii panna, kui ka kustutada.

34. Lisada mõõdud ja tähised (vt Joonis 8. 20).



Joonis 8. 20

UPDATE VIEWS

Update views - vaadete uuendamine.

35. Kui detaili või koostu muudetakse, saab kergelt uuendada vaateid, nii et nad sobiksid uue mudeliga. See on nii, sest detaili vaated on kooskõlas 3D detaili või koostuga.

Kui joonise vaade on vana võrreldes uuenenud 3D mudeliga, kuvab programm joonestuslehel kinnise piiri või kasti vaate ümber. Et vaadet uuendada, tuleb kasutada

käsku Update Views

36. Salvestada joonis.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli luua eestikeelne õppematerjal joonestusprogrammist Solid Edge, mis oleks ka elektroonilisel kujul vabalt kättesaadav kõigile huvilistele, mis sai ka täidetud. Juhendaja hinnangul on materjal sellisel kujul kasutatav ka üliõpilastega õppetöö läbiviimisel abivahendina.

Antud bakalaureusetöös on tutvustatud programmi Solid Edge, tema võimalusi ning erinevaid rakendusi. Lisaks programmi ülevaatele pandi suur rõhk harjutusülesannetele. Ülesanded koostati samm-sammult, et anda võimalikult selge ülevaade kasutatavatest käskudest. Algselt oli plaanis rohkem ülesandeid, kuid töö käigus ilmnes nende oodatust suurem mahukus. Seega on edasiarendamiseks palju võimalusi, näiteks:

- lisada uusi ja huvitavaid ülesandeid;
- lisada videoklippe detailide joonestamisest;
- luua veebilehele tagasiside võimalus, kus saavad kasutajad esitada programmi Solid Edge kohta küsimusi ja anda ettepanekuid uute ülesannete koostamiseks. Sellisel juhul on vaja ka inimest, kes oskab ja on alati valmis saadetud küsimustele koheselt vastama.

Autor ei olnud enne bakalaureusetöö tegemist Solid Edge programmiga kokku puutunud ning lõputöö teostamine andis selleks huvitava ning hea väljakutse. Seega on töös esitatud autori versioonid mudelite joonestamise lahenduskäikudest, mis ei pruugi olla ainuõiged.

Õppematerjali läbinutel peaks olema piisav ettekujutus programmi võimalustest ja selle kasutamisest ning iseseisev edasiõppimine ei tohiks põhjustada raskusi.

SUMMARY

The aim of this thesis was to introduce Solid Edge and its possibilities. In addition to that a lot of emphasis was put on practice exercises. The practice exercises teach you how to solve the problems step by step making it easier to comprehend the vast possibilities of the program.

The practical outcomes of this thesis are the study materials located at http://www.tu.ee/~ritson. This study is composed of the theoretical part and in addition to that practical exercises. This study material is designed for self-learners. There are 8 exercises altogether, but before trying them out, one needs to get acquainted with the key aspects of the program. A brief overview, sketches of drawings and different views are included. The aim of the web page is to introduce the ideas of 3D modeling so that the user has enough knowledge to manage on his own in the future. The practice exercises on the web page are the same as in the study itself, but the web page has some advantages. First of all it is easier to comprehend the information in the Internet and one can access the info faster. In addition to that it is easier to update the information in the Internet on the web page is just a fraction of the whole so therefore it is an advantage, when one can add materials to the web page. As there are many paths to one goal, we have to take into account that the authors own views are presented here.

KASUTATUD ALLIKAD

- 1. Pro-Step OÜ, http://www.pro-step, 07.12.04
- 2. Kalju Rei (2004) "Joonestamine SOLID-EDGE-is". Tallinn 2004
- 3. SolidEdge, http://www.solidedge.com, 15.04.05
- 4. Programmi SolidEdge 'Help' menüü
- 5. SeGuruCool (1996-2004), http://www.geocities.com/segurucool/, 21.12.04
- 6. Autodesk, <u>www.autocad.com</u>, 16.04.05
- 7. VariCAD, <u>www.varicad.com</u>, 16.04.05
- 8. A. Mustun 2000, <u>http://www.avkb.ee/manual/001.html</u>, 21.11.04
- 9. SolidWorks, http://www.solidworks.com/, 16.04.05
- 10. AASKLA, http://www.aaskla.ee/CADMAX/CADMAX.htm, 16.04.05
- 11. Intergraph, http://www.smartsketch.com, 16.04.05