

CAD-järjestelmän valinta

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2022

Sanna Silen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Silen, Sanna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 51	
Työn nimi CAD-järjestelmän valinta		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Yritys X		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö toteutettiin lahtelaisen yrityksen X toimeksiannosta. Toimeksiantajayritys tahtoi pysyä nimettömänä. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kriteeristö toimeksiantajayrityksen tueksi CAD-järjestelmän valintaan. Toimeksiantajayrityksen CAD-järjestelmän ominaisuudet eivät tukeneet suunnittelijoiden työtä.</p> <p>Teoreettisessa osuudessa kartoitettiin ominaisuuksia, joista kriteeristö luotiin ja tutkittiin eri CAD-järjestelmien ominaisuuksia. Ominaisuudet valittiin suunnittelijoille toteutetun kyselyn perusteella. Opinnäytetyössä mukana olleet CAD-järjestelmät ovat CATIA, Inventor, Creo, SolidWorks, NX ja Solid Edge.</p> <p>Käytännön osuudessa luotiin kriteeristö CAD-järjestelmien ominaisuuksien pohjalta painottamalla tuottavuutta, sekä vertailtiin eri CAD-järjestelmiä keskenään. Ominaisuuksiksi valittiin ylläpito, tunnettavuus, stabiilisuus, käytettävyys, yhteensopivuus ja tulevaisuuden näkymät.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena valittiin toimeksiantajayritykselle uusi, kriteeristön mukainen, CAD-järjestelmä. Kriteeristö luotiin sopimaan myös muille yrityksille.</p>		
Asiasanat CAD-järjestelmä, 3D-mallinnus, Valintakriteeri		

Abstract

Author(s) Silen, Sanna	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 51	
Title of Publication Choosing a 3D-CAD-system		
Possible subtitle(s)		
Degree and field of study Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Company X		
Abstract <p>This thesis was commissioned by Company X. The company wanted to stay anonymous. The goal of the thesis was to compile a criterion for the company when choosing 3D CAD software. The company 3D CAD software at moment of writing the thesis didn't support designers' work anymore.</p> <p>The theoretical part focused on researching 3D CAD software features and to research the features that designers keep important when choosing 3D CAD software. All the features were chosen by inquiries made to designers. 3D CAD software that are part of the thesis were CATIA, Inventor, Creo, SolidWorks, NX a Solid Edge.</p> <p>In the practical part, the criterion was made using 3D CAD software features and emphasizing productivity. Practical part also compares different 3D CAD software together. Features chosen for the criterion were upkeep, recognizability, stability, usability, compatibility, and future views.</p> <p>As a result, new 3D CAD software was chosen for the company using the criterion. Criterion was made so other companies can use it as well.</p>		
Keywords CAD software, 3D modeling, selection criterion		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Järjestelmien nykytilanne ja taustatieto.....	2
2.1	CAD-suunnittelu	2
2.2	Creo 4.0.....	3
2.3	Tuotetiedon hallinta	4
2.4	Creo 4.0 puuttuvat ominaisuudet	5
3	Järjestelmältä vaadittavat tekijät	7
3.1	Kriteerit.....	7
3.1.1	Ylläpito.....	9
3.1.2	Tunnettavuus.....	10
3.1.3	Stabiilisuus	11
3.1.4	Käytettävyys	12
3.1.5	Yhteensopivuus	13
3.1.6	Tulevaisuuden näkymät.....	16
4	Mahdolliset uudet järjestelmät.....	19
4.1	Catia V5.....	19
4.2	Autodesk Inventor.....	22
4.3	SolidWorks 3D CAD	25
4.4	NX	31
4.5	Solid Edge	34
4.6	Creo 8.0.....	35
5	CAD-järjestelmien ja kriteerien vertailu	41
5.1	Kriteerien vertailu.....	41
5.2	CAD-järjestelmien vertailu	42
6	Yhteenveto ja pohdinta	46
	Lähteet	48

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille

Liite 2. Kyselylomake toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden kanssa yhteistyötä tekeville henkilöille

Liite 3. Kyselylomake kahden Lahden alueen insinööritoimiston suunnittelijoille

Liite 4. Capability comparison Creo 4.0-8.0

Liite 5. Solid Edgen lisenssi vaihtoehdot ja niiden sisältämät ominaisuudet

Liite 6. Teamcenter: Integration for Catia V5

Liite 7. NX-lisäosat

Liite 8. Tulosten vertailu

Lyhenteet ja käsitteet

2D	2-Dimensional, kaksiulotteinen
3D	3-Dimensional, kolmiulotteinen
Algoritmi	Ohje, jota seuraamalla ongelmanratkaisu tai prosessi suoritetaan
AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus. Fyysiseen maailmaan lisättyä digitaalista sisältöä.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, 7-bittinen tietokoneiden merkistö
Binäärikoodi	Kaksilukujärjestelmä, yleisesti 1 ja 0 symboleita sisältävä
BOM	Bill Of Materials, materiaali tai osaluettelo.
Digitaalinen kaksonen	Koneen tai tuotantolinjan virtuaalinen kopio, joka kykenee simuloimaan fyysisen mallin toimintaa reaaliaikaisesti
Elinkaari	Tässä tapauksessa tuotteen eri vaiheet raaka-aineista aina käytöstä poistamiseen
Formaatti	Tallennus- ja tiheysjärjestelmä
Integraatio	Toisiinsa liittäminen
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisointijärjestö
Kolmioverkkomalli	Käytetään myös mesh-malli. Kolmioista koostuva pinta
Koneoppiminen	Teko-älyn osa-alue, jossa kone oppii olemassa olevasta datasta
Konfiguraatio	Asioiden tai tiedon suhteellinen järjestys, asetusten muuttaminen
Konvertointi	Sisällön tai tiedon muuttamista toiseen ohjelmaan sopivaksi
Kuorimalli	Kolmiulotteinen kuvaus kappaleesta, jossa piirteet on esitetty pintoina, joilla on paksuudet

Lankamalli	Kolmiulotteinen kuvaus kappaleesta, jossa piirteet on esitetty viivoina
Massakeskipiste	Painopiste, massan keskimääräinen sijainti
Metatieto	Tietoa tiedosta
Parametri	Muuttuja, joka voi saada eri arvoja
Parametrinen mallinnus	Luonnoksen muuttaminen 3D malliksi niin, että mallia voidaan muuttaa hyödyntämällä parametrejä ja ohjelman algoritmia
Pintamalli	Kolmiulotteinen kuvaus kappaleesta, jossa piirteet on esitetty pintoina
Prosessi	Sarja toimenpiteitä, jotka johtavat tiettyyn lopputulokseen
Stabiili	Pysyvä, vakaa
Standardi	Julkaisu, joihin on kirjattu yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suosituksia ja ominaisuuksia
Startup-yritys	Nuori, nopeaa kasvua tavoitteleva yritys
Suoramallinnus	Mallin luomista ilman tarvetta luonnokselle
Synchronous Technology	Siemensin kehittämä synkronoitu suoramallinnus
Tilavuusmalli	Kolmiulotteinen kuvaus kappaleesta, jossa piirteet on esitetty pintoina ja tilavuutena
Toleranssi	Sallittu vaihteluväli
Virtuaalinen todellisuus	Tietokoneella luotu aidontuntuinen todellisuus, jonka ihminen pystyy aistien avulla havaitsemaan

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aihe on CAD-järjestelmän valinta. 3D-mallintamisen ollessa tätä päivää, on myös eri CAD-järjestelmiä, joista valita lukemattomia. Yritysten on vaikea hahmottaa myyntipuheista mikä ohjelma olisi kannattava. Opinnäytetyössä keskitytään ominaisuuksien sekä eri ohjelmien vertailuun. Lopuksi luodaan kriteeristö, jonka pohjalta yritys voi valita sopivan CAD-järjestelmän.

Toimeksiantajayritys ei tahdo nimeään mainittavan. Nimi ei ole relevantti luotaessa kriteeristöä, joka toimii laaja-alaisesti muissakin yrityksissä ja vertailtaessa CAD-järjestelmiä. Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen emoyhtiö toimii useissa maissa ja työllistää ihmisiä laajasti. Sen toimiala on koneiden parissa, tuottaen laitteita sekä toimittaen niihin varaosia useilla markkinasegmenteillä.

Teoriatieto on haettu kirjallisuuskatsauksella tunnettujen suomalaisten aiheesta kirjoittavien kirjailijoiden tuotoksista sekä tutkimalla valittujen järjestelmien kotisivuja. Tieto on pidetty neutraalina haastatteleamalla järjestelmien lisenssimyyjiä aiheeseen liittyen.

Kriteerit on valittu toimeksiantajayrityksen sisäisesti ja ulkoisesti käyttäjäkyselyiden avulla. Kyselyitä teetettiin yhteensä kolme kappaletta, niin toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille kuin heidän kanssansa yhteistyötä tekeville toimijoille sekä kahdelle suurelle Lahden alueella toimivalle insinööritoimistolle. Kyselyiden pohjalle muodostettiin alustavat kriteerit, joiden tärkeyttä kyseltiin kyselylomakkeiden avulla, jättäen kuitenkin varaa suunnittelijoiden omille näkemyksille. Kyselyiden pohjalta on koostettu kriteeristö, jonka erityisesti suunnittelijat kokevat tärkeäksi CAD-järjestelmää valittaessa.

Lopuksi valittiin opinnäytetyön pohjalta CAD-järjestelmä, joka soveltuu toimeksiantajayrityksen tarpeisiin ristivertailamalla kriteereitä ja järjestelmiä erillisen pisteytystaulukon avulla.

2 Järjestelmien nykytilanne ja taustatieto

2.1 CAD-suunnittelu

CAD-suunnittelulla tarkoitetaan tietokoneavusteista suunnittelua, jossa tietokone on tukena suunnitteluprosessin eri vaiheissa ja se on lyhenne sanoista Computer-Aided Design. CAD-järjestelmästä puhuttaessa tarkoitetaan siis ohjelmaa, joka sisältää eri sovelluksia ja apuohjelmia, joiden avulla tehdään esimerkiksi piirustus tai malli. CAD-järjestelmät voidaan jaotella kahteen niiden käyttötarkoituksen perusteella, puhutaan joko 2D-CAD- tai 3D-CAD-järjestelmistä. (Pere 2021, kpl 2: 3.) Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan 3D-CAD-järjestelmiä.

3D-CAD-järjestelmillä rakennetaan kolmiulotteinen malli, jota voidaan tietokoneen näytöllä tai virtuaalisessa todellisuudessa katsella kuin se olisi oikea (Pere 2021, 2–4). 3D-mallista voidaan laatia sen mallintamisen jälkeen myös 2D-piirustukset. Jos muutoksia tarvitsee tämän jälkeen tehdä, tehdään muutokset 3D-malliin ja ohjelma päivittää automaattisesti myös 2D-piirustuksen. 3D-mallinuksessa malli voi olla lanka-, pinta- tai tilavuusmalli. Ensimmäistä tyyppiä ei juurikaan käytetä. Pintamalleissa kappaleen sisälle ei näy ja hahmottaminen on helpompaa. Pintamalleja käytetään koneistusratojen luomisessa ja niiden avulla voidaan laskea ainoastaan pinta-ala. Tilavuusmalli on monipuolisin, sen avulla voidaan laskea tilavuus, paino ja massakeskipiste sekä luoda koneistusratoja. Tästä syystä tilavuusmallit ovat eniten käytettyjä 3D-malleja. Mallit mallinnetaan yksityiskohtaisesti, mutta niitä voidaan yksinkertaistaa esimerkiksi kierteiden osalta, joita harvoin mallinnetaan todellisuuden mukaisesti. Tarkasti kierteet tulee kuitenkin mallintaa, kun tehdään valukappaleita tai 3D-tulosteita mallista. Yksinkertaistamisella haetaan pienempiä malleja tai suunnittelutyön vähentämistä. (Pere 2021, kpl 2: 7–8.)

3D-mallintamisesta on hyötyä monimutkaisten kappaleiden suunnittelussa. Jos kappaletta tarvitsee kuvata piirustuksessa usealla projektiolla, on 3D-mallista huomattavasti enemmän hyötyä 2D-malliin verrattuna, sillä 2D-mallin kanssa työmäärä ja virheiden mahdollisuus kasvaisi. 3D-mallia tehdessä on kiinnitettävä huomiota piirustusjärjestykseen, jotta malli on helposti muokattavissa myöhemmin. 3D-mallintamisessa, etenkin hyödyntäen tilavuusmalleja, on hyötyä juuri massan ja massakeskipisteiden laskemisessa. Myös mahdollisten törmäysten tarkastelu mallissa on helpompaa, kuin tekemällä ensin prototyyppi kappaleesta. 3D-malleja voidaan myös hyödyntää visualisoinnissa ja havainnollistamisessa kommunikoinnin apuvälineenä. (Pere 2021, kpl 2: 12.)

2.2 Creo 4.0

Creo on PTC kehittämä 3D-mallintamiseen tarkoitettu CAD-järjestelmä. Creo 4.0 mahdollistaa MDB hyödyntämisen, jonka avulla tietoja voidaan lisätä suoraan 3D-malliin. Creo myös hyödyntää IoTia kahdella tapaa. Virtuaalilaseja hyödyntämällä voidaan katsella 3D-malleja virtuaalitodellisuudessa ja tehdä muutoksia tutkimalla mallia näin. Myös AR hyödyntäminen on mahdollista. Creo 4.0:lla on myös mahdollista ottaa huomioon 3D-tulostaminen mallintaessa. (PTC 2016.)

Creo 4.0 on jäänyt jo aikaa sitten kehityksestä pois ja uusia versioita on julkaistu vuoden 2016 jälkeen neljä. Liitteestä 4 huomataan, että versiossa 5.0 on huomattava määrä uusia ominaisuuksia ja Creon 8.0 uusia ominaisuuksia on jo kymmeniä. Jotta yritys pysyy kilpailukykyisenä, on tuottavuutta lisättävä ja aikaa säästävät ominaisuudet kannattavia. Uusien ominaisuuksien myötä suunnittelijoiden työ helpottuu ja nopeutuu.

Taulukossa 1 on esitetty toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden kokemia ongelmia koskien, opinnäytetyön kirjoitushetkellä käytössä olevaa Creo 4.0 versiota. Vastauksissa nousee paljon esiin ominaisuuksia, joita on tällä hetkellä SolidWorksin puolella, kuten envelope-tila ja volume sweep-työkalu. Ongelmaksi koetaan myös tolerointi ja PDM-yhteensopivuus.

Rajoittaa suunnittelijan vapautta sijoitella toleranssi ja peruselementti. Envelope tila kokonpanon osille. Standardin mukaiset symbolit. Yhteys mallin ja piirustuksen välillä. Virhetilojen korjaustyökalut. Automaattisen päivittymisen puute. Family table regeneraation manuaalinen toteutus.
Ei tue uusimpia standardeja esim. geometrinen toleranssien merkitsemisessä.
Volume sweep, kyvyttömyys ISO 8015 -mukaiseen tolerointiin, heikko yhteistoiminta valitun PDM:n kanssa
PDM yhteensopivuus.
GPS-toleroinnissa on jäykkyyttä. 3D-mallintajasta puuttuu Volume sweep.
Intuiivisuuden puute ja kankea piirustusten tekeminen.
PDF:n luominen PDM:n puolelle ei automaattista
Ei pysty leikkaamaan työkalulla
Shortcutit. Kaikki asiat ovat sadan nappulan takana, eikä ohjelma ohjaa juuri ollenkaan niihin.
Kaiken kaikkiaan Creon käyttöliittymä on kömpelö vs. SolidWorks Esim. pienten detaljien tekeminen on monesti todella kömpelöä ja aikaa vievää. Monesti myös räjäytyskuvien tekeminen tekee mieli skipata sen työläyden takia. Geometrinen toleranssien määrittely on hankalaa.

Taulukko 1. Toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden vastaukset kysymykseen Mitä puutteita koet Creo 4.0 olevan.

2.3 Tuotetiedon hallinta

Tuotetiedon hallinta on systemaattista laaja-alaista kokonaisuuksien hallintaa, joka käsittää tiedon luomista, käsittelyä, jakelua ja tallentamista. PDM eli Product Data Management on tuotetiedon hallinnasta käytettävä lyhenne. PDMää käytetään myös, kun puhutaan tuotetiedon hallinnan ohjelmista. (Hietikko 2021, 186.)

PDM-järjestelmiä käytetään tuotteen kehitysvaiheessa. Kun tuotteesta on olemassa fyysinen toteutus, tulee käyttöön PLM-järjestelmät. Ne kattavat kaiken saman kuin PDM-

järjestelmät, mutta myös fyysisten tuotteiden toteutuksen ja elinkaaren. PLM lyhenne tulee sanoista Product Lifecycle Management. (Hietikko 2020, 109.) Teamcenter on yksi PLM-järjestelmä, joka on käytössä opinnäytetyön kirjoitushetkellä toimeksiantajayrityksessä.

Teamcenter

Teamcenter on Siemensin kehittämä mukautuva PLM-järjestelmä. Sen avulla ihmiset voivat hyödyntää tietoja eri toimipisteillä ympäri maailman. Käyttöliittymä on helposti opittava kaikille tuotteen elinkaaren eri vaiheiden aikana työskenteleville. Teamcenteriä on mahdollista käyttää suoraan kiintolevyllä, pilvipalveluna tai selaimessa toimivana palveluna. Se voi sisältää 3D-malleja, dokumentteja, BOM-tietoja, elektroniikkatietoja ja upotettuja ohjelmia. Käyttämällä Teamcenteriä yritys voi hallinnoida tietoja valmistuksessa, kuluvalvonnassa, sisäisessä valvonnassa, palveluissa ja toimitusketjuissa. (Siemens f.)

Siemens (g) kertoo kotisivuillaan Teamcenteristä olevan monella osa-alueella hyötyä yritykselle. Hyödyntämällä tietokantoja, työntekijöiltä ei kulu turhaa aikaa etsiessä ajantasaisia tiedostoja. Muutokset pystytään tekemään suoraan, jolloin ei kulu aikaa tiedottamiseen ja tietojen lähettämiseen. Näin ollen tuotekehitys nopeutuu ja työntekijät pystyvät keskittymään paremmin työntekoon, kun kaikki tarvittava tieto on helposti löydettävissä.

2.4 Creo 4.0 puuttuvat ominaisuudet

Toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille teetetyllä kyselyllä (liite 1), haluttiin kartoittaa nykyisen CAD-järjestelmän ongelmakohtia ja ominaisuuksia, joita erityisesti kaivataan uudelta CAD-järjestelmältä. Kyselyyn vastasi kuudestatoista suunnittelijasta kolmetoista. Kokemukset toimeksiantajayrityksen CAD-järjestelmästä vaihtelevat, joidenkin olleen toimeksiantajayrityksen palveluksessa vuosikymmeniä ja joidenkin vasta aloittaneen yrityksessä. Taulukossa 2 on esitetty kyselyn vastaukset kysymykseen mitä ominaisuutta kaipaavat, joka on jo toisessa CAD-järjestelmässä. Taulukon perusteella suunnittelijat kaipaavat laajempia ominaisuuksia.

Komponenttien envelope tila kokoonpanossa
Volume sweep, geometrysten toleranssien ja pintamerkkien laittaminen mallin puolella, ylipäänsä kunnon tuki ISO 8015 toleroinnille, todellinen yhteistoiminta PDM:n kanssa (pdf-tulostus, parametrien syöttö yms.)
Juuri tämä yhteensopivuus PDM:n kanssa. Selkeä putkisto/letkutus suunnittelu olis kiva. Lisäksi standardiosakirjasto puuttuu Creosta.
Volume sweep (3D-muoto ajaa leikkaavaa rataa).
Kappaleiden liikutus kokoonpanossa paremmin
Intuiivisuutta mallinnukseen ja helppoja mekaanisten kokoonpanojen simulointia ja muun muassa törmäystarkasteluja.
Muotojen tekeminen työkalun muodolla leikkaamalla. CAM tyyliisesti ja ainakin NX:ssä taitaa olla. Lisäksi PDF:t saisi tulla automaattisesti PDM:ään ettei tarte niitten kanssa säätää manuaalisesti.
Parempi ja sulavampi pikavalikointi. Sketch-mittojen asettaminen lennosta.
Näitä on useita. Päälimmäisenä Teamcenterin yhteensopivuus ongelmat. Yhteensopivuusongelmat muodostuvat useista pienistä puutteista/ongelmista. Jäämme jatkuvasti tässä jälkeen muihin yrityksiin verrattuna. PDM-Creo yhteensopivuus ei ole juurikaan kehittynyt meillä viimeiseen 6 vuoteen.

Taulukko 2. Suunnittelijoiden näkemyksiä kysymykseen mitä ominaisuutta kaipaavat, joka on jo toisessa CAD-järjestelmässä käytössä.

Vertailemalla taulukon 1 ja 2 vastauksia huomataan, suunnittelijoiden kokevan ongelmiksi asioita, jotka tietävät olevan mahdollisia muissa CAD-järjestelmissä. Puuttuvat ominaisuudet ja kaivatut ominaisuudet ovat hyvin linjassa toistensa kanssa. Vastauksista myös huomataan, että moni suunnittelija vertaa nykyistä CAD-järjestelmää erityisesti SolidWorksiin.

3 Järjestelmältä vaadittavat tekijät

3.1 Kriteerit

Kriteerillä tarkoitetaan tässä tapauksessa niitä ominaisuuksia, joita halutaan vertailla keskenään ja joiden avulla voidaan lopulta tehdä päätös CAD-järjestelmän valinnassa. Tässä opinnäytetyössä on haluttu rajata valittavat kriteerit toimeksiantajayrityksen tarpeisiin sopiviksi ja esimerkiksi hinta on haluttu jättää pois, jotta opinnäytetyö sopii myös muiden yritysten käyttöön. Kustannukset tulee kuitenkin ottaa huomioon lopullista päätöstä tehdessä.

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty suunnittelijoiden näkemyksiä ominaisuuksista ja kriteereistä, jotka pitäisi ottaa huomioon, kun CAD-järjestelmää valitaan yrityksen käyttöön. Vastaukset ovat hyvin linjassa toistensa kanssa sekä myös ennakkoon luotujen kriteerien kanssa, tarkentaen niitä. Erityisesti mainitaan yhteensopivuutta muiden järjestelmien kanssa.

Yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa
Tunnettu ja laajalti käytetty järjestelmä, jota kehitetään ja tuetaan jatkuvasti.
Toimiva ja luotettava
Yhteensopivuus PDM:n kanssa.
On yleisesti käytössä vastaavaa mekaniikkasuunnittelua tekevissä yrityksissä. Tukee valittua PDM-järjestelmää.
Sellainen järjestelmä, johon löytyy paljon osaamista mm. opiskelijoiden parista. Huomioidaan tulevaisuuden tekijät. Hyvä integrointi PDM:ään. FEM
Lähtökohtana pitäisi olla, että järjestelmä palvelee mahdollisimman hyvin sitä käyttävää suunnittelijaa kyseisen tuotekehitys/suunnittelu työn toteutuksessa eli ei saisi tulla sellaisia pullonkauloja missään vaiheessa prosessia: mallinnus, mitoitus, kuvat ja dokumentaation luominen ja siirtäminen.
En osaa nostaa yhtä ominaisuutta, mutta valittaessa pitäisi huomioida tuote ja yrityksen koko. Kokonaisvaltaisuus ratkaisee.
Järjestelmällisyys ja tiedostojen järkevä hallinnointi.
Helppo In/out mallin muokkaus, joka estää päällekkäisyydet.
Yhteensopivuuden muiden käytettyjen ohjelmiston kanssa, esim Teamcenter. Lisäksi vanhojen mallien pitää toimia uudella CADilla.
Yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa. PDM, ERP, CAM.

Taulukko 3. Toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden vastauksia kysymykseen minkä ominaisuuden koet tärkeimmäksi CAD-järjestelmää valittaessa yrityksen käyttöön.

Käytettävyyden, eli soveltuuko se parhaiten niiden tuotteiden 3D kuvien valmistamiseen mitä me teemme.
Helppo PDM integraatio
Toimiva ja selkeä PDM-järjestelmä oltava mukana. Kaikenlainen käsityö osaluetteloissa on 80-lukua ja altistaa virheille.
Soveltuvuus yrityksen tuotteiden tai prosessilaitteiden suunnitteluun Soveltuva PDM järjestelmä Järjestelmän tunnettavuus
Järjestelmän sopivuuden yrityksen tarpeisiin. Järjestelmän on toimittava sujuvasti työn kannalta olennaisten ominaisuuksien osalta.
CAD lisenssien hinta / hinnoittelupolitiikka on tärkeä asia. Seuraavana CAD järjestelmän vakaus ja yhteensopivuus mm. PDM järjestelmien kanssa.
Päättäjien mieltymys (ja hinta)
Ohjelman toimivuus/luotettavuus
Jotta kyseinen Cad-järjestelmä sopii yrityksen valmistamien/suunnittelemien kokoonpanojen suunnitteluun

Taulukko 4. Kahden insinööritoimiston suunnittelijoiden kommentit kysymykseen minkä koet tärkeimmäksi kriteeriksi valittaessa CAD-järjestelmää yrityksen käyttöön.

Taulukoiden 3 ja 4 perusteella valitaan vertailtaviksi kriteereiksi

- CAD-järjestelmän ylläpito
- tunnettavuus ja käyttäjämäärät
- stabiilisuus
- käytettävyys
- yhteensopivuus
- tulevaisuus

3.1.1 Ylläpito

Ylläpidolla tarkoitetaan tässä yhteydessä CAD-järjestelmän päivityksiä, versioiteja ja CAD-järjestelmän sisältämien kirjastojen ylläpitoa. Ylläpitäminen voi olla yrityksen sisäistä

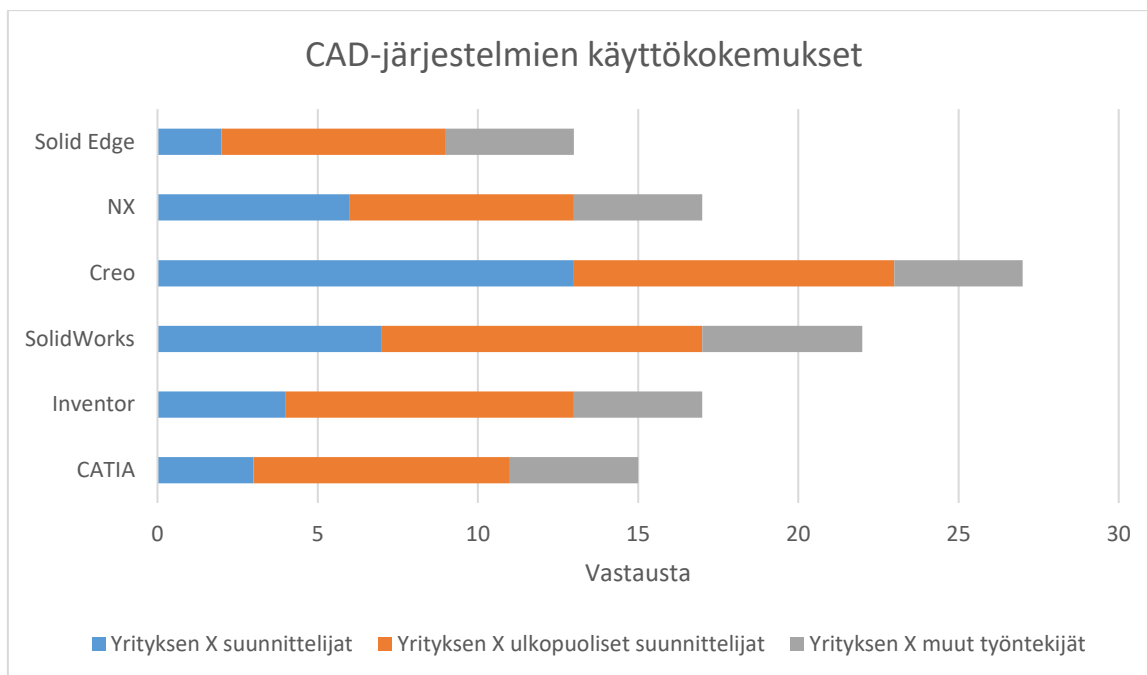
ylläpitoa niin, että yksi henkilö on määrätty huolehtimaan ylläpidosta, kaikki yrityksen järjestelmää käyttävät huolehtivat ylläpidosta tai ulkoisena ostopalveluna.

Haastatteluissa kävi ilmi, että moni suomalainen lisenssejä jälleenmyyvä yritys tarjoaa vuosisopimusta, jossa he auttavat CAD-järjestelmän ylläpidossa ja toimivat tukena ongelmien esiin noustessa. Jos ohjelma ostetaan suoraan yrityksen käyttöön ilman vuosimaksua kertahinnalla, harvemmin vastaavanlaista tukea on tarjolla.

Jos CAD-järjestelmän ylläpito jää suunnittelijoiden vastuulle, vaatii se aikaa ja työtunteja, jotka menetetään muusta työstä. Jos nimetään yksi henkilö, joka on ylläpidosta vastuussa kuten esimerkiksi symbolikirjastosta, on rooliin valittava henkilö, joka tietää standardit ja talon käytännöt hyvin, jotta työ olisi sujuvaa.

3.1.2 Tunnettavuus

Yhtenä kriteerinä kyselyiden pohjalta nousi esille tunnettavuus. Laajemmin käytetty CAD-järjestelmä on vakaampi ja uusien työntekijöiden kouluttaminen ohjelmaan helpompaa, sillä aikaisempaa osaamista voi jo olla käytettävästä CAD-järjestelmästä. Kuviossa 1 on esitetty kaikkien kyselyihin vastanneiden henkilöiden käyttökokemukset opinnäytetyöhön valituista CAD-järjestelmistä. Eniten käytetty CAD-järjestelmä tässä tapauksessa on Creo. Tähän vaikuttaa, että Creo on toimeksiantajayrityksen opinnäytetyön kirjoitushetkellä käytössä oleva CAD-järjestelmä, jolloin toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden vastaukset liisäävät vastausmäärien osuutta. Jos ne jätettäisiin huomioimatta, nousisi SolidWorks tunnetuimmaksi, vaikkakin Creo olisi silti seuraavana.



Kuvio 1. Kyselyiden vastaajien käyttökokemukset eri järjestelmistä.

Kappaleessa 2.4 huomattiin jo, että suunnittelijat vertaavat helposti puuttuvia ominaisuuksia SolidWorksiin. Sen noustessa käyttäjäkokemuksissakin käytetyimmäksi voidaan olettaa SolidWorksin olevan tunnetuin CAD-järjestelmä. Käyttäjäkokemuksiin vaikuttaa myös SolidWorksin oleva eniten opetettu CAD-järjestelmä Lahden alueen kouluissa.

3.1.3 Stabiilisuus

Stabiilisuus nousi myös kriteereissä esille. Tällä tarkoitetaan CAD-järjestelmä toimintavarmuutta työskentelyn aikana. CAD-järjestelmän kaatuilu ja hidastuminen vaikuttavat työn tuottavuuteen ja suunnittelijoiden työnmielekkyyteen. CAD-järjestelmän hidastuminen aiheuttaa turhautumista, kun pienen asian tekeminen vaatiikin enemmän aikaa. Jos tämän lisäksi CAD-järjestelmä myös kaatuilee ja käytössä ei ole mitään varajärjestelmää, suunnittelijan unohtaessa tallentaa, voi pahimmillaan monen tunnin työ mennä hukkaan ja työ on aloitettava alusta. Hidastuminen ja kaatuilu on erityisesti riskinä suurien kokoonpanojen kanssa työskennellessä.

Mallien tiedostokoolla ei ole mitään tekemistä mallinnettavan kappaleen koon kanssa, pieni yksinkertainen kappale vie yhtä paljon tilaa kovalevyllä kuin iso yksinkertainen kappale. Tiedosto koko muodostuu sisäisestä toiminallisuudesta ja geometriasta. Sisäinen toiminallisuus kattaa piirrehistorian ja kaiken tiedon mitä malliin on rakennettu. Geometria vaikuttaa kokoon, kun mallissa on paljon kaarevia pintoja, jotka muodostuvat graafisista

alkioista eli kolmioista sekä suuresta määrästä eri pintoja. Pelkästään graafisten alkoiden määrä voi määrittää 90 prosenttia mallin tiedostokoosta. Konvertoidessa tiedostoa ohjelmalta toiselle, piirrepuu katoaa useimmissa tapauksissa, muodostaen yhden piirteen. Tämän myötä myös mallin tiedostokoko voi pienentyä. (Pere 2021, kpl 2: 11.)

Suurista kokoonpanoista puhuttaessa ei kuitenkaan puhuta mallin koosta vaan juuri levyltä viedystä tilasta. Mitä suurempi kokoonpanotiedosto on, sitä enemmän se vaatii käytettävältä CAD-järjestelmältä ja tietokoneelta. Kokoonpanojen tiedostokokoon vaikuttavat komponenttien lukumäärä ja yksittäisten komponenttien mallit. Uniikit komponentit kokoonpanossa kasvattavat kokoa enemmän, kuin saman komponentin toistuva käyttö. Esimerkiksi usean saman pultin käyttö vaikuttaa vähemmän tiedostonkoko, kuin usean erilaisen pultin käyttäminen. Kokoonpanomallit sisältävät myös huomattavasti enemmän sisäistä toimintaa kuin yksittäiset mallit. Suurten kokoonpanojen käsittelyssä CAD-järjestelmältä vaaditaan paljon, erityisesti muistin ja näytön käytön ominaisuudet vaikuttavat kokoonpanon käsittelyyn. (Pere 2021, kpl 2: 16- 17.)

3.1.4 Käytettävyys

Käytettävyydellä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä CAD-järjestelmän soveltuvuutta suunnittelijoiden työskentelyyn. Eri yrityksissä on suunnittelulla eri tarpeita, joita voi olla pinnanmuotoilu, nesteiden/materiaalin simulointi tai tarkat, mitoitusta määrittävät kuvat tai mallit. Näihin kaikkiin on eri työkaluja CAD-järjestelmien sisällä ja CAD-järjestelmillä on omat vahvuutensa eri alueilla.

CAD-järjestelmää hankittaessa on tarkasteltava yrityksen nykyisiä ja mahdollisia tulevia tarpeita, tulevaisuudessa tuottavuutta voi haitata toiminallisuuksiltaan liian rajaava CAD-järjestelmä ja liian laaja CAD-järjestelmä voi olla suuri menoerä yritykselle (Pere 2021, kpl 2: 36.)

Kaksi ominaisuutta nousi esiin kysyttäessä toimeksiantajayrityksen suunnittelijoilta puuttuvia ominaisuuksia. Juuri nämä puuttuvat ominaisuudet mahdollistavat työn joustavan tekemisen ja järjestelmän käytettävyyden. Näistä eniten toivottu oli volume sweep-työkalu, jolla voidaan poistaa materiaalia luodulla geometrialla tiettyä rataa pitkin, joka voi olla kierteinen, epälineaarinen tai lineaarinen. Tämä ominaisuus on tällä hetkellä Creo 4.0:ssa vain kierteisenä. Toisena oli kokoonpanojen envelope-työkalu, jolla voidaan valita osia kokoonpanosta tai näyttää kokoonpanossa osia, joita ei huomioida BOM-tiedoissa tai massassa.

MBD-ominaisuudet

MBD-lyhenne tulee sanoista Model-Based Definition. Se tarkoittaa tuotemäärittelyä 3D-mallin avulla. Tarkoituksena on lisätä kaikki kappaletta koskeva oleellinen tieto suoraan malliin, näin voidaan luopua kokonaan 2D-piirustusten tekemisestä. Jotta se kuitenkin onnistuu, on mallissa oltava kaikki valmistuksen vaatima tieto. Tietoja voi olla esimerkiksi mitat, toleranssit ja pinnanlaadut. (Pere 2021, kpl 2: 23.)

Monet ohjelmat tukevat tätä, mutta menetelmän käyttö on vielä harvinaista yritystoiminnassa. Jotta MBD voidaan hyödyntää, tarvitsee kaikilla tuotteen elinkaareissa mukana olevilla olla mahdollisuus avata tiedosto, sillä esimerkiksi jos pinnanlaatu on merkitty väreillä voi tieto kadota vaihdettaessa CAD/CAM-järjestelmästä toiseen. (Pere 2021, kpl 2: 23.)

FEM-integraatiot

FEM eli Fine Element Method on elementtimenetelmä, jota käytetään lujuuslaskennassa. Se on numeerinen laskentamenetelmä, analysoitava kappale jaetaan äärelliseen määrään elementtejä, jota hyödynnetään FEA (Fine Element Analysis) analyysien tekemisessä. (Pere 2021, kpl 2: 4.) Analyysissä elementeistä rakentuu 3D-tilavuuden muotoinen verkko, jossa elementtien tiheys ja koko vaikuttavat analyysin tarkkuuteen. Tiheämpi elementti-verkko vaatii enemmän ratkaistavia yhtälöitä. Lisäksi analyysiä varten tarvitaan tieto siihen kohdistuvista voimista, tukipisteistä ja nivelistä. (Pere 2021, kpl 2: 19.)

CAM-integraatiot

Computer-Aided Manufacturing eli CAM tarkoittaa tietokoneavusteista valmistusta. Tässä yhteydessä haetaan kuitenkin termille selitystä, jossa tietokone tuottaa työstökoneen ohjaukoodin eli NC-ohjelman. Tätä koodia saadaan tuotettua CAM-ohjelmistoilla, joita on saatavana CAD-järjestelmien osana. NC-ohjelmilla voidaan ohjata esimerkiksi sorveja, jyrsimiä, levy- ja putkileikkauskoneita. (Pere 2021, kpl 2: 20.)

3.1.5 Yhteensopivuus

Valittavan CAD-järjestelmän tulee toimia muiden yrityksen käytössä olevien järjestelmien kanssa. Erityisesti PDM-järjestelmän kanssa yhteensopivuus on tärkeää. Toimeksiantajayrityksessä on käytössä Teamcenter, joten valittavan CAD-järjestelmän tulee toimia sulavasti yhteistyössä Teamcenterin kanssa. Toimeksiantajayrityksen tuotannon puolella on myös käytössä NX-järjestelmä, jolloin tiedostojen tulee myös olla avattavissa toisella järjestelmällä.

Tiedostomuodot

Tiedostomuodolla tarkoitetaan tiedoston rakennetta. Käytettävä sovellus ja tiedoston tyyppi vaikuttavat tiedostomuotoon. Esimerkiksi yleisesti käytetään Word-tiedostoja tekstile ja .jpg muotoja kuville. CAD-järjestelmillä on omat tiedostomuotonsa, joita järjestelmät suosivat ensisijaisesti. Kuitenkin jokainen CAD-järjestelmä mahdollistaa neutraalien tiedostomuotojen käyttämisen.

Neutraaleja tiedostomuotoja käytetään, kun CAD-järjestelmässä ei ole mahdollista käyttää suorakääntäjää. Nämä neutraalit tiedostomuodot voidaan jaotella kahteen, grafiikkaydinformaatteihin ja yleisformaatteihin. Monesti kuitenkin käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja tarvitaan lisätyötä, sillä yleistiedostomuodot muuttavat geometrian tekstimuotoon. (Pere 2021, kpl 2: 27.)

Peren (2021, kpl 2: 27) mukaan grafiikkaydinformaatteja on kaksi, Parasolid (.x_t ja .x_b) ja ACIS (.sat ja .sab). Yleisformaatteja on huomattavasti enemmän ja niiden tiedostotyyppi vaihtelee tiedostomuodon perusteella. Yleisimmät käytössä olevat tiedostomuodot aiheeseen liittyen on esitetty alla olevassa taulukossa 5.

Tiedostomuoto	Nimi englanniksi	Tietotyyppi	Tiedostopääte
STEP AP242	Standard for the Exchange of Product Model Data	mekaniikka, voi sisältää toleranssitietoja	.stp, .step
STEP AP214	Standard for the Exchange of Product Model Data	mekaniikka, pinta ja tilavuusmallit	.stp, .step
DFX	Drawing Exchange Format	2D tai 3D	.dfx
3MF	3D Manufacturing Format	3D-tulostuksen tiedostomaatti	.3mf
STL	Stereolitography	Kolmioverkkomalli	.stl
VRML	Virtual Reality Modeling Language	Kolmioverkkomalli	.wrl

Taulukko 5. Yleisformaatteja (mukailtu Pere 2021, kpl 2: 27.)

Suorakääntäjät ovat parempi vaihtoehto siirrettäessä tiedostoja CAD-järjestelmältä toiselle. Suorakääntäjällä CAD-järjestelmä osaa lukea toisen CAD-järjestelmän tiedostot suoraan eikä välitiedostoille ole tarvetta. Osa CAD-järjestelmien suorakääntäjistä osaa kääntää esimerkiksi osaluettelotietoja eli metatietoja. (Pere 2021, kpl 2: 26.)

JT on Siemens Digital Industries Softwaren kehittämä avoin tiedostomuoto. Se on laajalti käytössä oleva muoto, ja myös toimeksiantajayritys käyttää sitä. JT on ISO standardin mukainen muoto 3D mallien esittämiseen visuaalisesti. Sitä käytetään tietojen vaihtamiseen alihankkijoiden ja muiden yhteistyötahojen kesken sekä datan säilömiseen. (Siemens j.)

Portable Document Format eli PDF on tuttu etenkin tiedostojen hallinnasta, CAD maailmassa 2D-piirustukset tulostetaan nykyisin PDF muotoon. Myös 3D puolella hyödynnetään PDF tiedostoja, sillä PDF voidaan luoda myös 3D-mallista CAD-järjestelmillä. Tämän avulla voidaan jakaa 3D-malli myös niille, jotka eivät käytä CAD-ohjelmia, mutta jotka hyötyvät mallin tarkastelusta. Sen avulla voidaan tutkia monin tavoin mallia, kuten pyörittämällä, suurentamalla/pienentämällä sekä mittaamalla. PDF on ISO-standardin mukainen. (Adobe a.)

Standard for the Exchange of Product Data eli STEP on yleisesti käytössä oleva yleisformaatti. Sen taustana on luoda standardi tuotetietojen siirtämiseen. Se ei kuitenkaan itsessään ole suora standardi vaan sisältää joukon erillisiä ISO-standardeja ja osia, jotka määrittävät tuotetietojen esitystapoja. (Martio ym. 2002, 93.)

Autodesk on kehittänyt kaksi vektorimuotoista tiedostomuotoa, .dxf-tiedostot ja .dwg-tiedostot. Dxf-tiedoston etuliite on lyhenne drawing exchange format sanoista. Sen pääkäyttöinen tarkoitus on jakaa Autodeskin CAD-järjestelmien luomia piirustuksia muille CAD-järjestelmille. Dwg-tiedostot ovat pelkästään Autodeskin sovellusten sisäinen tallennusmuoto 2D- ja 3D-piirustuksille. Erona näillä kahdella on tiedoston kirjoittava koodi, dwg-tiedostot pohjautuvat binäärikoodiin, kun dxf-tiedostot käyttävät ASCII-koodia ja perustuvat avoimeen lähteeseen. Tästä syystä jälkimmäinen on tiedostokooltaan isompi vaikkakaan se ei voi sisältää yhtä paljon tietoa, kuin dwg-tiedostot. (Adobe b.)

Kysely teetettiin myös toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden kanssa töitä tekeville. Taulukossa 6 on esitetty tiedostomuodot, joita vastaajat käyttävät. Kuten taulukosta huomataan, on suunnittelun kyettävä tuottamaan CAD-järjestelmästä huolimatta neutraaleja tiedostomuotoja.

Creon luomaa JT mallia NX:ssä
Jt, stp, Nxpart, creopart
creo .prt, .asm ja stepit

Taulukko 6. Kyselyn vastaukset kysymykseen mitä tiedostomuotoja käytät työssäsi.

3.1.6 Tulevaisuuden näkymät

Kyselyissä nousi esiin myös CAD-järjestelmän toimivuus tulevaisuudessa, käyttäjämäärät sekä mitä opiskelijoille opetetaan. Lahden seudulla Koulutuskeskus Salpauksen ammattikoulussa opetetaan opiskelijoille koneensuunnittelua SolidWorksilla ja opiskelijoilla on myös mahdollista käyttää Inventoria, vaikkakaan sitä ei opeteta erikseen. Huuhtanen (2022) toteaa, ettei useamman CAD-järjestelmän opettaminen ole oppimisen kannalta kannattavaa, sillä opetukseen käytettävät tunnit jakaantuisivat näin pienempiin osiin, eikä CAD-järjestelmän opetus olisi yhtä syvälistä kuin yhden CAD-järjestelmän opetuksen kanssa. LAB-ammattikorkeakoulussa Lahden yksikössä käytetään konetekniikan opetuksessa myös SolidWorksia ja Savolainen (2022) kertoo koulun keskittyvän parhailaan SolidWorksin opetuksen kehittämiseen. Näiden tietojen perusteella Lahden alueelta juuri valmistuneet konetekniikan opiskelijat osaavat käyttää sujuvasti ainoastaan SolidWorksia. Ammattikorkeakouluopiskelijoiden on kuitenkin mahdollista opetella syventävinä opintoina CampusOnlinen kautta eri CAD-järjestelmien käyttöä. Nämä opinnot ei kuitenkaan tule koulun kautta, vaan opiskelijan on osattava itse hakeutua kursseille.

Taulukossa 7 on kuvattu suunnittelijoiden näkemyksiä siihen, mitkä ominaisuudet ovat tulevaisuudessa hyödyllisiä. Esiin nousee MBD-ominaisuudet, simulointi ja 3D-tulostaminen. MBD-ominaisuudet ovat olleet jo pitkään puheenaiheena, mutta sen toteutuminen yrityksissä opinnäytetyön kirjoitushetkellä on vielä heikkoa, koska jotta voidaan siirtyä pois 2D-kuvista, on kaikkien tuotteen elinkaaren aikana tietoja käsittelevien kyettävä avaamaan 3D-malli.

Kustannusarvio ja 3D piirustus
Mallipohjainen tuotemäärittely
Kyky hallita PMI-tietoa oikeasti mallissa. Malliin tehty PMI pitää pystyä tuomaan juoheasti myös 2D-piirustuksiin.
Tietty hyvin toimiva suunnittelutyökalu mallintamiseen ja piirustusten tekoon pitää olla.
Arvaan, että 5 vuoden aikajänteellä haluamme korvata piirustukset MBD/MPI-tekniikoilla. On tärkeää, että käyttämämme CAD-ohjelmisto ei jää tässä kilpailijoitaan selvästi huonommaksi.
Helposti käyttöönotettavat lisäosat. Esim. sähkökaavioiden piirto
Mitä enemmän pystyy simuloimaan eri asioita CAD-ohjelman puolella, niin sitä enemmän sitä tulee tehtyä. Eli jos kehittyvät vielä niin olisi hyötyä todella paljon, ettei jää tekemättä.
Helppo mate-assembly isompien kokoonpanojen kanssa. Armoa-antava tapa tehdä assemblyä ilman liiallista räjähdysherkkyyttä muutoksia tehdessä.
Komponenttikirjasto (standardiosille oma ja kaupalliselle osille oma)
Raaka-ainekirjasto
Raaka-aineiden määrittely (mittastandardit yms.)
Levyosien katkaisumittojen automatisointi
Piirustuksen auki saaminen myös mallin puolelta
Additive manufacturing-yhteensopivuus
Lujuuslaskenta (on jo useissa), liikkeiden simulointi siten että esim. laitteen käsittelemä kappale/kappaleet käyttäytyvät realistisen oloisesti.
Simuloinnit ja 3D tulostusta helpottavat toiminnot tulevat olemaan hyödyllisiä tulevaisuudessa.
Cad'istä PDM:ään liittymä pitää olla yksinkertaisen helppo.
Simuloinnilla, yhteistoiminta CAM-järjestelmien kanssa, 3D-tulostettavien kappaleiden suunnittelu
Toleranssit ja mitoitukset suoraan mallinnettuina?

Taulukko 7. Suunnittelijoiden näkemyksiä tulevaisuudessa hyötyä olevista ominaisuuksista.

3D-tulostaminen on jo useamman vuoden ollut nouseva trendi. Laitteita saa niin kotikäyttöön, kuin isoihin tehdaskokonaisuuksiin. 3D-tulostamisella mahdollistetaan nykypäivänä myös metallin tulostaminen ja erityisesti muottien tekeminen valuosille on nykyään mahdollista. Koska tämä trendi on nouseva, tulee CAD-järjestelmää valittaessa ottaa myös huomioon valittavan CAD-järjestelmän soveltuvuus 3D-tulostamiseen.

Simuloinnilla pystytään jo suunnitteluvaiheessa ottamaan huomioon asioita, joita ei välttämättä muuten tulisi ajatelleeksi. Kappaleiden sopivuus yhteen on hyvä testata jo suunnittelussa ja jos CAD-järjestelmässä ei ole törmäystarkastelua, voi tulla kalliiksi tuottaa ensin prototyyppi ja sitten huomata virhe. Myös kestävyysimuloinnilla voidaan säästää kuluissa, jos ohjelmalla pystytään muokkaamaan kappaleen geometriaa yhtä kestäväksi, mutta vähemmän materiaalia vieväksi.

4 Mahdolliset uudet järjestelmät

4.1 Catia V5

Catia on Dassault Systèmesin kehittämä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään Catian vanhempaan versioon V5, joka pohjautuu tiedostoille, sillä uudempi versio V6 on tietokantapohjainen ja vaatii toimeksiantajayritystä vaihtamaan myös samalla PDM-järjestelmän. Catia on kehitetty erityisesti isojen kokoonpanojen suunnitteluun. Sen erityispiirteinä on pintojen mallintaminen niin, että ne ovat helposti muokattavissa. (Mutka.)

Tiedostomuodot, joita Catia käyttää ovat

- .CATDrawing-piirustustiedostot
- .CATPart-osatiedostot
- .CATProduct-kokoonpanotiedostot (Mutka).

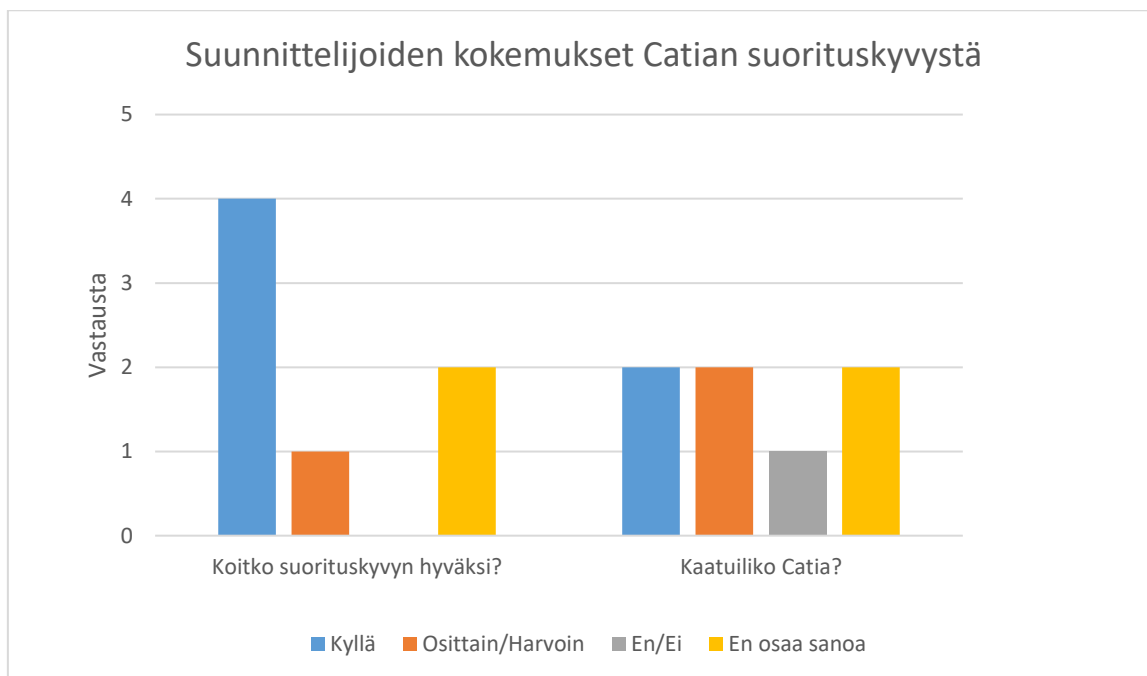
Kappaleessa 3.1.7 mainittuja neutraaleita tiedostomuotoja Catia tukee hyvin, pois lukien grafiikkaydinformaattit, joiden tallentaminen ei onnistu Catian puolesta. Myöskään .jt tiedostoja ei ohjelmalla voi luoda suoraan vaan väliin tarvitsee esimerkiksi Teamcenter-integraation. (Mutka.)

Catiaan on mahdollista lisätä Teamcenter-integraatio. Liitteessä 6 on esitetty Teamcenterin ominaisuudet integraation kanssa. Teamcenter-integraation myötä tuotteisiin tehdyt muutokset voi tehdä nopeasti ja muutokset voi hyväksyä Teamcenterin avulla. Tämän myötä uuden, muutetun tuotteen tuominen markkinoille nopeutuu. Teamcenterin avulla tiedostoon voidaan lisätä elinkaaritietoja, joten tiedot löytyvät yhdestä paikasta ja tietojen löytyminen helpottuu. Teamcenter-integraation avulla Teamcenteriä voidaan käyttää suoraan Catian kautta. Osatiedostoja voidaan ladata osittain kokoonpanoissa, mahdollistaen suurien kokoonpanojen paremman suorituskyvyn. Nimiössä voidaan myös hyödyntää Teamcenter attribuutteja.

Piirrosmerkeistä Mutka (2022) toteaa, että Catiassa voidaan muokata .xml tiedostoa, joka sisältää piirrosmerkit yrityksen tarpeisiin sopivaksi. Muokkauksen myötä tiedoston päivittäminen jää yrityksen vastuulle. Suurimpien Catian päivitysten mukana tulee ISO-, ANSI- ja JIS-standardien mukaiset merkit. Jos yrityksellä ei ole tarvetta persoonallista merkkejä, riittävät nämä päivitysten mukana tulevat merkit.

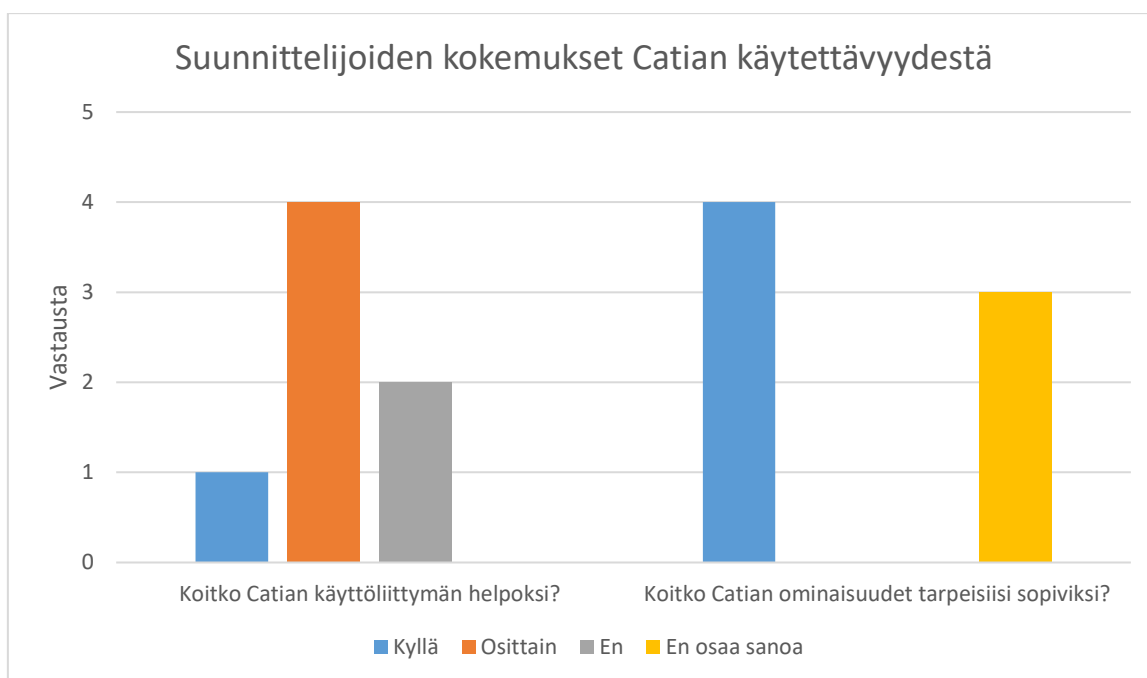
Catia on kehitetty isojen kokoonpanojen suunnitteluun ja Mutka (2022) kertoo sen toimivan erittäin hyvin lentokoneiden suunnittelussa ja yli 2000 osan kokoonpanoilla. Unload-komennolla voi poistaa osia ja visualisointia voi keventää PLMn avulla. Kyselyissä mainittua Envelope-komentoa ei suoraan ole, mutta Catiassa on mahdollista keventää kokoonpanoja

määrittelemällä Not in EBOM-ominaisuuden avulla halutut osat. Teetetyissä kyselyissä Catiaa koskevilla kysymyksillä, suurin osa vastaajista piti Catian suorituskykyä hyvänä. Vastaukset on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Suunnittelijoiden kokemukset Catian suorituskyvystä

Kuviossa 3 on esitetty suunnittelijoiden kokemukset Catian käytettävyydestä. Vaikka ensimmäisenä käytettävyyteen liitettäisiin käyttöliittymä, ei se kuitenkaan ole tärkeä käytettävyyden suhteen. CAD-järjestelmän ominaisuudet ovat määrittelevämpiä kuin käyttöliittymä. Catian käyttöliittymää ei koeta kovin helpoksi ja ominaisuuksienkin kohdalla Catia jakaa mielipiteitä.



Kuvio 3. Suunnittelijoiden kokemukset Catian käytettävyydestä

Kyselyiden pohjalta esiin noussut volume sweep-työkalun puuttuminen Creo 4.0:ssa on mahdollista Catia V5:ssä. Kuten edellä mainittu, Catian erikoisuutena on pintojen mallintaminen ja volume sweep-työkalu tukee tätä. Työkalua voi käyttää lineaarisesti tai säteisesti. Työkalun käyttö mahdollistaa pinnan muokkaamisen monin eri tavoin. (Creating Swept Volumes.)

FEM-ominaisuudet tulevat pääsääntöisesti P2-lisenssin mukana. P1-lisenssi mahdollistaa myös analyysien tekemisen lanka-, pinta- ja tilavuusmalleilla ja on tarkoitettu kevyeen käyttöön, joka ei edellytä sen suurempaa tietoa analyysien tekemisestä. Jos kuitenkin halutaan laajempaa analyysien tekemistä esimerkiksi ottamalla huomioon lämpötilat, on valittava P2-lisenssi. (Dassault Systèmes c.)

Kuten FEM-ominaisuudet, Catian CAM-ominaisuudet tulevat pääsääntöisesti P2-lisenssin mukana. P1-lisenssistä löytyy koneistuspolkujen luominen ja tarkastelu, muttei työkalujen rakentamista tai simulointia. Myös akselien määrä on rajoitettua P1-lisenssillä. (Dassault Systèmes d.)

Catian V5 tukee hyvin MBD-toimintoja sekä P1- että P2-lisenssit sisältävät paljon 3D-mallin puolelle tehtyjä mitoituksia ja tolerointeja. Dassault Systèmes (e) listaa P1-lisenssiä olevan mahdollista lisätä 3D-mallin puolelle tekstiä, pintamerkkejä ja pintojen kohteet, geometrisiä toleransseja, flag-noteja ja karheuksia. P2-lisenssi lisää enemmänkin käyttömukavuutta ja työnsujuvuutta sekä tuo pieniä lisäominaisuuksia mitoitukseen (Dassault Systèmes f).

Mutka (2022) kertoo Catiaan tulevan päivityksiä vuosittain noin 5–6 kertaa ja tämän jälkeen Catiasta tulee uusi vuosiversio. Tämänhetkinen vuosiversio on V5:ssä on 2022. Tulevat päivitykset eivät sisällä uusia ominaisuuksia V5en, sillä Dassault Systèmes on siirtynyt kehittämään uudempaa V6:sta.

Siirryttäessä käyttämään Catiaa, Mutka (2022) kertoo koulutustarpeen olevan pientä, jos suunnittelijalla on aikaisempaa osaamista 3D-CAD-järjestelmistä. Tällöin opeteltavaksi jää näppäintekniikan muuttaminen. Koulutuksen kesto esimerkiksi Inventorista Catiaan vaihtaessa on noin 3–4 päivää.

4.2 Autodesk Inventor

Autodeskin kehittämä Inventor on CAD ohjelmisto 3D-suunnittelua varten ja hyödyntää parametristä mallinnusta. Inventor toimii mallintamiseen, simulointiin sekä dokumentointiin ja on tarkoitettu mekaniikkasuunnittelijoille. Malleihin voi lisätä MBD-mukaista informaatiota sekä konfiguraatioita. Eräänä Inventorin tuomana etuna on muista CAD-järjestelmistä tuotujen mallien avaaminen, ilman neutraalien tiedostomuotojen käyttämistä, hyödyntämällä Autodeskin suorakääntäjää. (Autodesk.)

Tiedostomuodot, joita Inventor käyttää ovat

- .ipt-osatiedostot
- .iam-kokoonpanotiedostot
- .ipn-räjäytysmallit
- .idw-piirustustiedostot
- .dwg-piirustustiedostot (Autodesk Help 2021.)

Suorakääntäjän avulla on mahdollista tuoda ja viedä useimmista tunnetuista CAD-järjestelmistä tiedostoja suoraan Inventoriin. Tiedostoja on mahdollista tuoda alkuperäisissä muodoissaan tai käyttämällä neutraaleja tiedostomuotoja. Alla olevassa taulukossa 8 nähdään järjestelmät ja versiot, jotka ovat käytettävissä Inventorin suorakääntäjällä. (Autodesk Help 2020.)

CAD-järjestelmä	Tuonti	Vienti
Alias	V10 tai myöhäisempi	-
CATIA V4	Kaikki versiot	-
CATIA V5	R6 - V5-6R2016	R10 - V5-6R2016
Creo Parametric	1.0; 2.0; 3.0	-
IGES	Kaikki versiot	5.3
JT	7.0 – 10.2	7.0 – 10.2
IFC	-	2x3
NX	Unigraphics V13 - NX 11	-
OBJ	N/A	N/A
Parasolid	29.0 asti	9.0 - 29.0
Pro/ENGINEER	Wildfire 5.0 asti	-
Pro/ENGINEER Granite	9.0 asti	1.0 - 9.0
Pro/ENGINEER Neutral	N/A	N/A
Rhino	5.0 asti	-
SAT	7.0 asti	7.0
SolidWorks	2001 Plus – 2017	-
STEP	AP203E2, AP214, AP242	AP203E2, AP214, AP242
STL	N/A	N/A
XGL/ZGL	-	N/A

Taulukko 8. Inventor suorakääntäjällä toimivat eri järjestelmien tiedostot (mukailtu Autodesk Help 2020)

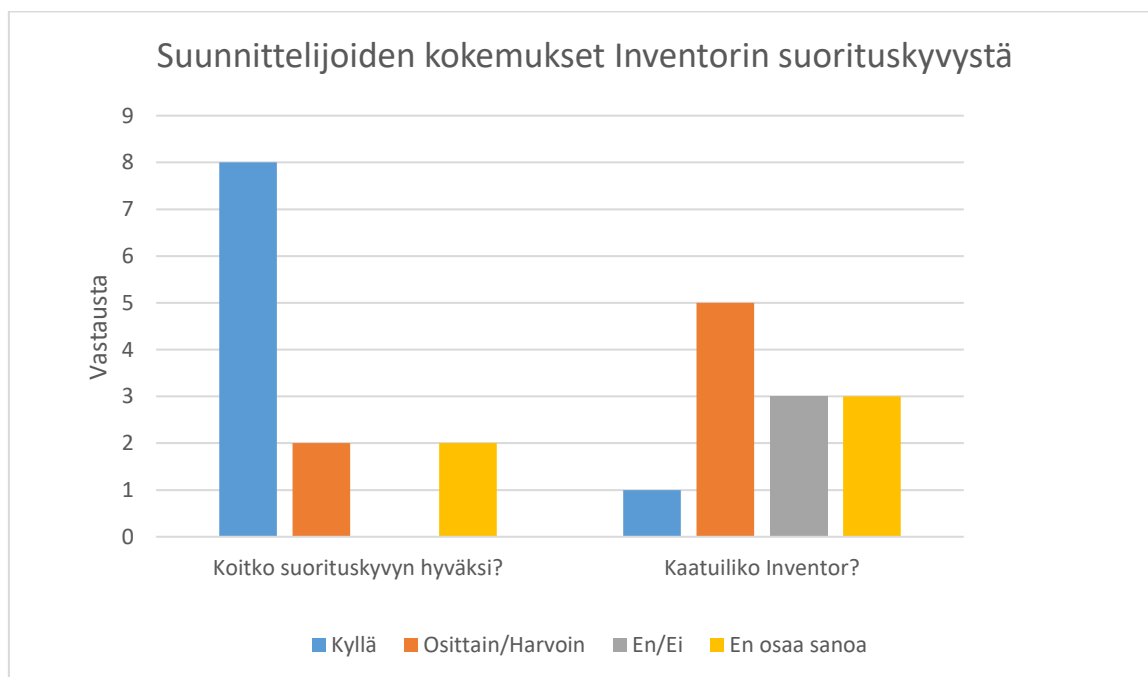
Dokumenttien hallinta tapahtuu Inventorissa projektien avulla. Projektit määritetään .ipj muotoisissa XML-tiedostoissa ja ne ovat kansioita, joita Inventor käyttää oletusarvoisesti. Ilman projektin määrittelyä käytetään default-kansiota. Projekteissa voidaan määrittellä, miten tiedostoja käsitellään. Tästä hyötynä on tiedostojen löytyminen tietokoneen kovalevyllä, ilman että tiedostot ovat hajallaan eri kansioissa. (Hietikko 2007, 41.)

Teamcenteriä on mahdollista käyttää yhdessä Inventorin kanssa. Teamcenter hyväksyy ylläluetelluista Inventorin käyttämistä tiedostomuodoista muut paitsi .dwg-piirustustiedostot ja .ipn-esitystiedostot. Teamcenter-integraation avulla voidaan käyttää Teamcenteriä sulavasti niin revisioihin kuin tiedostojen hallintaan (Siemens Product Lifecycle Management

Software Corporation). Aivio (2022) kuitenkin kertoo Teamcenter-integraation olevan Siemensin ylläpitämä, joten kaikki ylläpitoon liittyvät asiat on selvitettävä Siemensin kanssa.

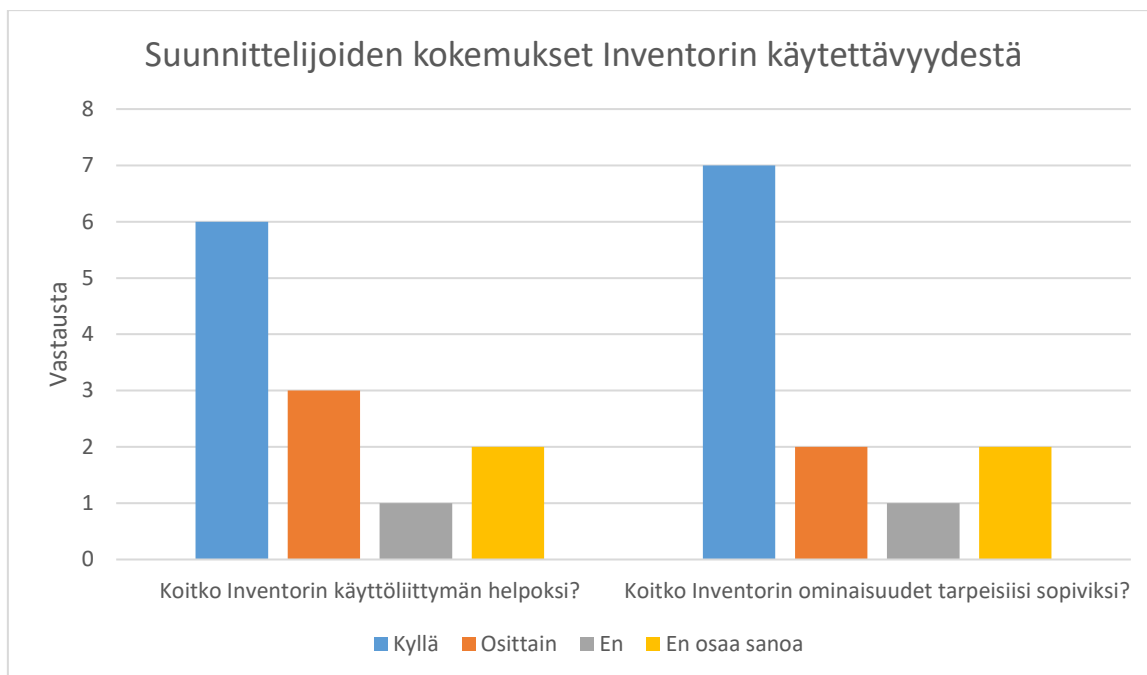
Piirrosmerkit Aivion (2022) mukaan tulevat standardeina, joita Inventor ylläpitää. Piirrosmerkit päivittyvät Inventorin päivitysten mukana. Tuettuja standardeja ovat ANSI, BSI, DIN, GB, GOST, ISO ja JIS. Lisäksi yritys voi luoda itse omia kirjastoja ja symboleita. Tällöin niiden ylläpito jää yrityksen vastuulle. Piirrosmerkkien lisäksi Inventor sisältää myös yli 750 000 standardikomponenttia.

Suurista kokoonpanoista puhuttaessa, Inventor-kokoonpanot voivat sisältää jopa 100 000 referenssi viitettä tai yli 10 000 uniikkia osaa. Suurien kokoonpanojen kohdalla suorituskyky on kiinni tietokoneen näytönohjaimesta, muistista ja prosessorista. Muistia tarvitaan vähintään 16 gigaa alle 500 osan kokoonpanoille. Mallien keventämiseen löytyy Inventorista Express-tila, joka optimoi suorituskyvyn lataamalla vain mallin näytön ja asiaankuuluvat tiedot (Aivio 2022). Kuviossa 4 on esitetty kyselyiden pohjalta suunnittelijoilta saatuja vastauksia Inventorin suorituskyvystä. Suorituskyky koetaan hyväksi ja kaatuilua tapahtuu vain harvoin.



Kuvio 4 . Suunnittelijoiden kokemukset Inventorin suorituskyvystä

Kyselyiden perusteella Inventor jakaa paljon mielipiteitä, kun kyseessä on käyttöliittymä. Puolet vastaajista kokee Inventorin käyttöliittymän helpoksi, mutta puolet ei ole samaa mieltä. Inventorin ominaisuudet kuitenkin koetaan pääsääntöisesti suunnittelun tarpeisiin sopiviksi. Tulokset on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Suunnittelijoiden kokemukset Inventorin käytettävyydestä

FEM-ominaisuudet löytyvät Inventor Professional-lisenssistä. Ominaisuuksiin kuuluu simuloimista ja lujuuslaskentaa. Inventor on myös mahdollista ostaa pakettina, johon sisältyy Inventor Nastran. Inventor Nastran on FEA- ja simulointiohjelmisto, joka sisältää lineaarisen ja epälineaarisen jännityksen-, dynamiikan- ja lämmönsiirto-ominaisuuksien analysointia. CAM-ominaisuudet tulevat samassa paketissa mukana ja ovat tarkoitettu työstöratojen ohjelmointiin. MBD-ominaisuudet tulevat suoraan Inventorin mukana. (Aivio 2022.)

Aivio (2022) kertoo Inventorissa olevan vuosiversio, joka julkaistaan vuosittain maaliskuun lopulla. Vuosiversion lisäksi Autodesk julkaisee päivityksiä tarvittaessa ja tukee vuosiversion kolme edellistä versiota taaksepäin. Vuosisopimukseen kuuluvat kaikki päivitykset ja uusin vuosiversio. Uudet ominaisuudet tulevat Inventoriin käyttäjien ehdotusten ja palautteiden mukaan. Ideoita on mahdollista äänestää erillisellä foorumilla.

Hankittaessa lisenssi Symetri Oy:lta, on mahdollista hoitaa suunnittelijoiden koulutukset Inventorin käyttöön heidän kauttaan. Laskutus yritykseltä tapahtuu päiväkohtaisesti. Peruskoulutus kestää neljä päivää ja syventävät ja jatkokoulutukset kaksi päivää. Yksityishenkilöille aikataulutettu peruskoulutus Symetrin koulutusluokassa maksaa ilman alvia 1 200€.

4.3 SolidWorks 3D CAD

SolidWorks on Dassault Systèmesin kehittämä CAD-järjestelmä. SolidWorksia mainostetaan helppona opetella ja tehokkaana lyhentämään suunnittelu-aikaa. Se sisältää paljon

lisäosia ja mahdollistaa valmistuksen, toteutuksen, tarkistuksen sekä kustannuslaskemisen. Tarjolla on kolme eri lisenssivaihtoehtoa eri hintaluokista, Standard, Professional ja Premium. Taulukossa 9 on esitetty eri lisenssien mukana tulevat ominaisuudet. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation.)

	SOLIDWORKS Standard	SOLIDWORKS Professional	SOLIDWORKS Premium
SOLIDWORKS 3D CAD	x	x	x
Part and Assembly Modeling	x	x	x
2D Drawings	x	x	x
Design Reuse and Automation	x	x	x
Collaborate and Share CAD Data	x	x	x
Interference Check	x	x	x
First-Pass Analysis Tools	x	x	x
CAM Programming (SOLIDWORKS CAM)	x	x	x
Design for Manufacturing (DFM)	x	x	x
Productivity Tools	x	x	x
Advanced CAD File Import/Export and 3D Interconnect	x	x	x
Xtended Reality (XR) Exporter	x	x	x
CAD Libraries (SOLIDWORKS Toolbox)		x	x
Design for Cost (SOLIDWORKS Costing)		x	x
ECAD/MCAD Collaboration (CircuitWorks)		x	x
CAD Standards Checking (Design Checker)		x	x
Collaboration with eDrawings Professional		x	x
Automated Tolerance Stack-Up Analysis (ToIAnalyst)		x	x
Advanced Photorealistic Rendering (SOLIDWORKS Visualize)		x	x
SOLIDWORKS File Management		x	x
Reverse Engineering (ScanTo3D)		x	x
Time-based Motion Analysis			x
Linear Static Analysis for Parts and Assemblies			x
Pipe and Tube Routing			x
Electrical Cable and Wiring Harness Routing			x
Advanced Surface Flattening			x
Rectangular and Other Section Routing			x

Taulukko 9. Eri lisenssien ominaisuudet (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation)

Tiedostomuodot, joita SolidWorks käyttää ovat

- .sldprt-osatiedostot
- .sldasm-kokoonpanotiedostot
- .slddrw-piirustustiedostot
- .sldprt-mallitiedostot (Dassault Systèmes, Spatial Corporation.)

SolidWorksiin on saatavilla Feature Works-lisäosa, jonka avulla pystytään havaitsemaan tilavuusmallien piirteiden muotoja. Tuomalla neutraalin tiedostomuodon, voi lisäosan kanssa tutkia mallia ja lisätä piirteitä, jotka normaalisti olisivat sulautuneet yhdeksi tiedoston tuonnin yhteydessä. Tästä on hyötyä muokattavuudessa myöhemmin, kun osien parametrit voidaan muokata kuin kappale olisi tehty suoraan SolidWorksilla. (Dassault Systèmes a.) Taulukossa 10 on esitetty SolidWorksiin tuotavien ja vietävien tiedostomuodot ja onnistuuko tuonti ja vienti kattavasti.

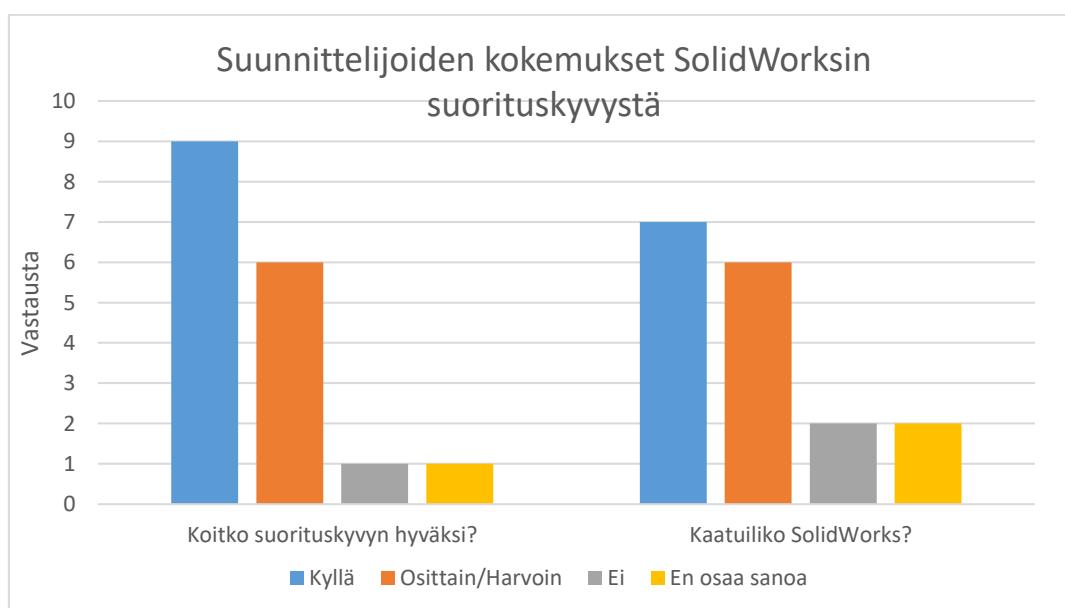
Sovellus	Osan tuonti	Osan vienti	Kokoonpanon tuonti	Kokoonpanon vienti	Piirustuksen tuonti	Piirustuksen vienti
3D XML		X		X		
ACIS	X	X	X	X		
Autodesk Inventor	X		X			
CADKEY	X		X			
CATIA Graphics	X	X	X	X		
CATIA V5	X		X			
DXF/DWG tiedostot	X				X	X
DXF 3D	X					
eDrawings		X		X		X
HOOPS		X		X		
IDF 2.0, 3.0 (CircuitWorks Lite)	X					
IDF 2.0, 3.0, 4.0 (CircuitWorks)		X	X	X		
IFC	X	X	X	X		
IGES	X	X	X	X		
JPEG		X		X		X
Mechanical Desktop	X		X			
PADS (*.asc) (CircuitWorks)		X	X	X		
Parasolid	X	X	X	X		
PDF		X		X		X
Pro/ENGINEER	X	X	X	X		
ProStep EDMD (*.idx) (CircuitWorks)		X	X	X		
Rhino	X					
ScanTo3D	X	X				
Solid Edge	X		X			
STEP	X	X	X	X		
STL	X	X	X	X		
TIFF	X	X	X	X		X
Unigraphics	X		X			
VDAFS	X	X				
Viewpoint		X		X		
VRML	X	X	X	X		
XPS		X		X		X

Taulukko 10. Tiedostomuodot, joita Solidworks voi tuoda ja viedä (mukailtu Dassault Systèmes b)

Myös SolidWorksia varten on saatavilla Teamcenter-integraatio. Integraation avulla voidaan turvallisesti käsitellä tiedostoja useassa toimipisteessä. Creo 4.0 verrattuna SolidWorksin Teamcenter-integraatio mahdollistaa tiedostojen esikatselun CAD-järjestelmän puolella. Teamcenterin tuotekierron tarkastelu on myös mahdollista visuaalisena kaaviona (Siemens h). Hekkala (2022) kertoo, että SolidWorksilla on omat PDM-järjestelmänsä ja suosittelee käyttämään ensisijaisesti niitä. Nämä omat PDM-järjestelmät voidaan sitten kytkeä isompaan PDM-järjestelmään, jolloin suunnittelijoiden työ helpottuu.

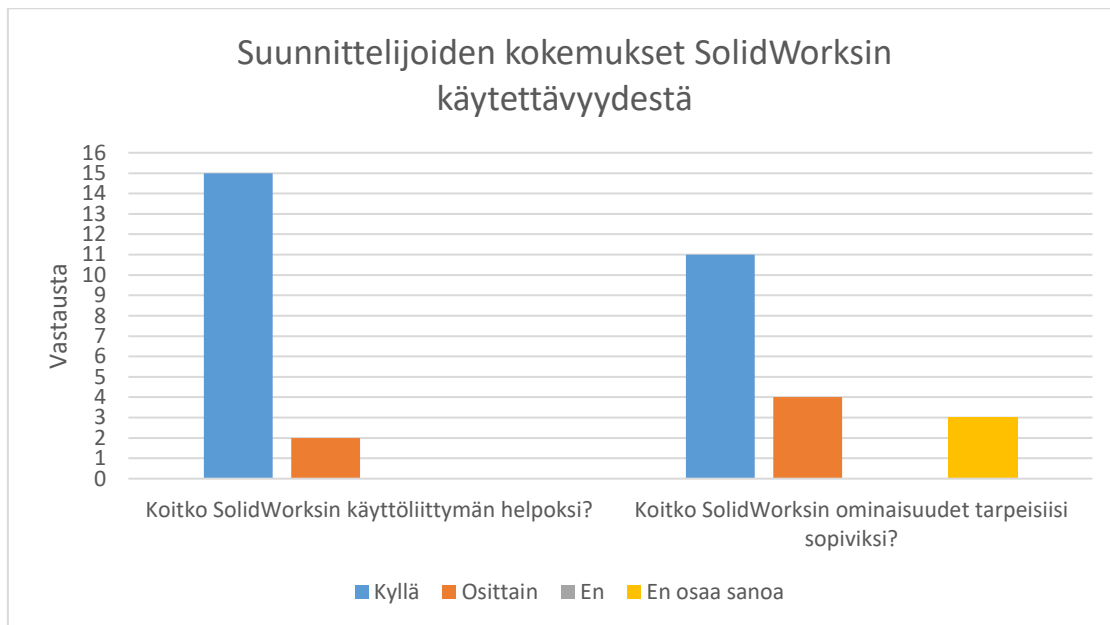
Hekkala (2022) toteaa piirrosmerkeistä löytyvän oma tietokanta, joka on yleisempien standardien mukainen. Ostettaessa lisenssi CadWorks Oy:lta on mahdollista saada tukipalvelu, joka auttaa, jos merkkejä puuttuu. He räätälöivät merkkejä yrityskohtaisesti, mutta jos yritys haluaa standardien ulkopuolelta merkkejä, jää niiden ylläpitäminen asiakkaan vastuulle.

Suuret kokoonpanot on otettu SolidWorksissa huomioon aikaisemmin mainitun envelope-työkalan lisäksi mahdollistamalla, ettei muistiin ladata kaikkea mitä tarvitaan kokoonpanossa ja käynnistyksessä voidaan valita eri ominaisuuksia keventämiseen. Hekkala (2022) suosittelee kuitenkin alikokoonpanojen käyttämistä ja suositeltujen tietokonevaatimusten täyttämistä. Hekkala uskoo, että todennäköisin syy miksi SolidWorks kaatuilee, johtuu tietokoneen muistin loppumisesta. Kuviossa 6 on esitetty kyselyistä suunnittelijoiden kokemukset SolidWorksin suorituskyvystä. Suorituskyky koetaan hyväksi, mutta SolidWorks on suunnittelijoiden kokemusten mukaan herkkä kaatuilemaan.



Kuvio 6. Suunnittelijoiden kokemukset SolidWorksin suorituskyvystä.

Kuviossa 7 on esitetty suunnittelijoiden kokemukset SolidWorksin käytettävyydestä. Vastauksista huomataan, että muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kaikki suunnittelijat kokivat SolidWorksin käyttöösiintymän helpoksi ja ominaisuudetkin olivat tarpeisiin sopivia.



Kuvio 7. Suunnittelijoiden kokemukset SolidWorksin käytettävyydestä

FEM-, CAM- ja MDB-ominaisuuksia löytyy jo standard-lisenssistä. Laajempaa CAM-ominaisuutta kysyttäessä Hekkala (2022) kertoo, että voi ostaa erikseen lisäosan, jolloin mukaan tulee myös sorvaustoiminto.

Hekkala (2022) kertoo päivityksiä tulevan SolidWorksiin tiheään tahtiin ja joka vuosi tulee uusi vuosiversio. Tuki näille vuosiversioille riittää kolme versiota taaksepäin. Uuden version voi ladata heti, mutta se ei kuitenkaan ole pakollista vaan SolidWorks mahdollistaa myös vanhempien versioiden käyttämisen.

Uusimpana ominaisuutena on SolidWorks lisenssien ostaminen SaaS-palveluna (Software as a Service), jolloin CAD-järjestelmä toimii internetin välityksellä. SolidWorks myös kuuntelee käyttäjiään, sillä uudet ominaisuudet ja ideat lähtevät käyttäjiltä itseltään. Käyttäjille mahdollistetaan ideoiden esittäminen ja näistä ideoista käyttäjät voivat äänestää eniten haluttuja ominaisuuksia kehitettäväksi ja päivitysten mukana tuleviksi. (Hekkala 2022.)

Koulutustarve SolidWorksin kohdalla on pientä. Yleensä ohjelman käyttö opitaan jo kouluissa. Hekkala (2022) kertoo CadWorksin opettavan SolidWorksin käytössä ja heiltä on mahdollista saada räätälöityjä kursseja yrityksen tarpeisiin sekä yleisiä kursseja. Kurssien toteutustapa tällä hetkellä on verkkokoulutuksina ja hinnat vaihtelevat yksityishenkilöille 400-2000€ välillä per henkilö. Koulutusten kesto on 1-6 päivää valittavan aiheen mukaan. (CadWorks Oy.)

4.4 NX

Siemensin kehittämä NX on CAD-järjestelmä, joka tukee tuotekehitystä kaikissa tuotteen elinkaaren vaiheissa. Sen suunnittelu, simulaatio ja tuotannon ratkaisuiden myötä NX halua saada yritykset ymmärtämään digitaalisen kaksosen tuoman lisäarvon. (Siemens b). NX:n avulla yritykset säästävät kalliiden prototyyppien teossa, jonka myötä saadaan lisää markkina-arvoa, vähemmän suunnittelukustannuksia ja parempaa laatua tuotteille (Siemens a).

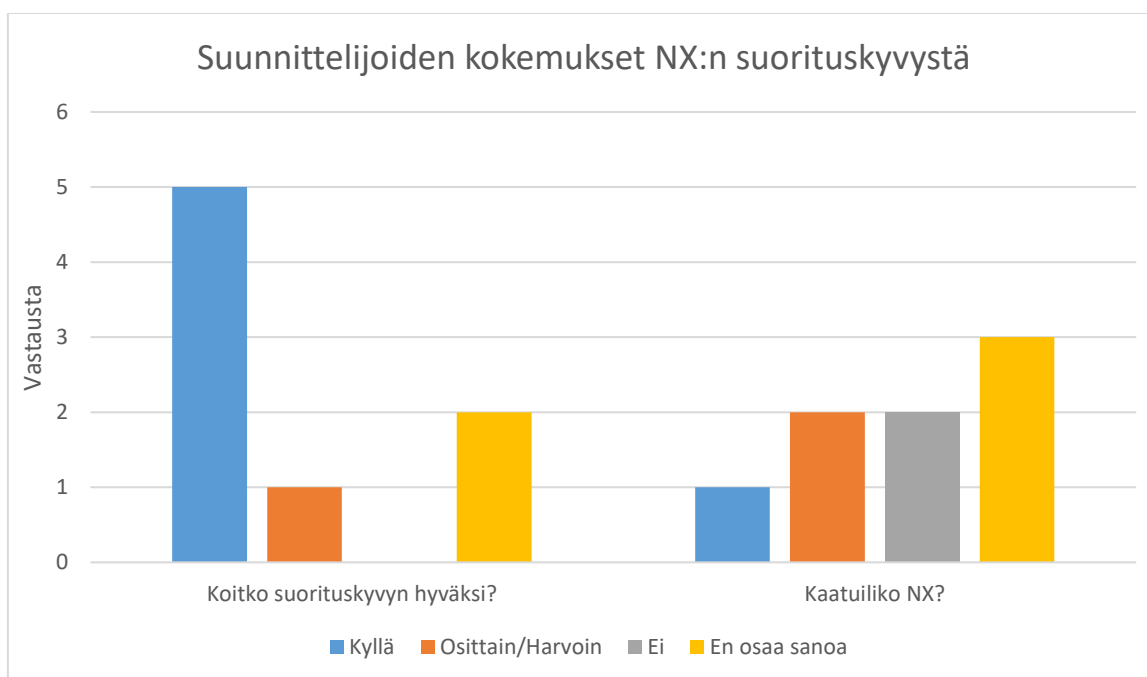
Poikkeuksellista NX:ssä on sen virtuaalisen todellisuuden hyödyntäminen. Käyttäjät voivat hyödyntää virtuaalista todellisuutta integroidun lisäosan kautta ja pääsevät sen avulla tarkastelemaan virtuaalisia kaksosia täysikokoisina. Tekoälyä on myös hyödynnetty koneoppimisen kautta, ohjelma ennustaa käyttäjän seuraavia askeleita ja ehdottaa komentoja, joita käyttäjä todennäköisesti tulee seuraavaksi tarvitsemaan. Kolmantena poikkeuksellisenä huomiona NX:ssä on lisensointi, käyttäjä voi poletteja hyödyntämällä ottaa käyttöön eri lisäosia silloin kun niitä tarvitsee, ilman että lisäosia on pakko ostaa pysyvästi. (Siemens c.)

Tiedostomuotoina NX käyttää pelkästään .prt loppuisia tiedostoja kaikille tiedostotyypeille. Renko ym. (2022) mukaan tästä on hyötyä erityisesti suunnittelussa, kun halutaan tehdä osasta kokoonpano tai kokoonpanosta osa. Tämä tapahtuu poistamalla kokoonpanosta osia, jolloin jää haluttu osa jäljelle. Myös muista CAD-järjestelmistä tuotujen tiedostojen muokkaaminen on helppoa NX:ssä. NX tukee grafiikkaydinformaatteja sekä yleisformaatteja. Esimerkiksi SolidWorks tiedostojen muokkaaminen on erityisen helppoa synkronoidun suoramallinnuksen avulla, jolloin tiedosto voidaan avata alkuperäisessä tiedostomuodossa.

NX on Teamcenterin tavoin Siemensin kehittämä CAD-järjestelmä. Teamcenteristä on saatavilla NX:ää varten suunniteltu integraatio. Integraation avulla käyttäjä pääsee NX:n kautta käsiksi suoraan Teamcenteriin ja saa käyttöönsä kaikki Teamcenterin tiedot. Näin käyttäjä voi hallinnoida esimerkiksi revisioita ja muutosprosesseja. Teamcenter-integraation käyttäminen mahdollistaa verkoston hyödyntämisen maailmanlaajuisesti (Siemens d). Renko ym. (2022) mainitseekin Siemensin vahvuudeksi koko tuoteketjun.

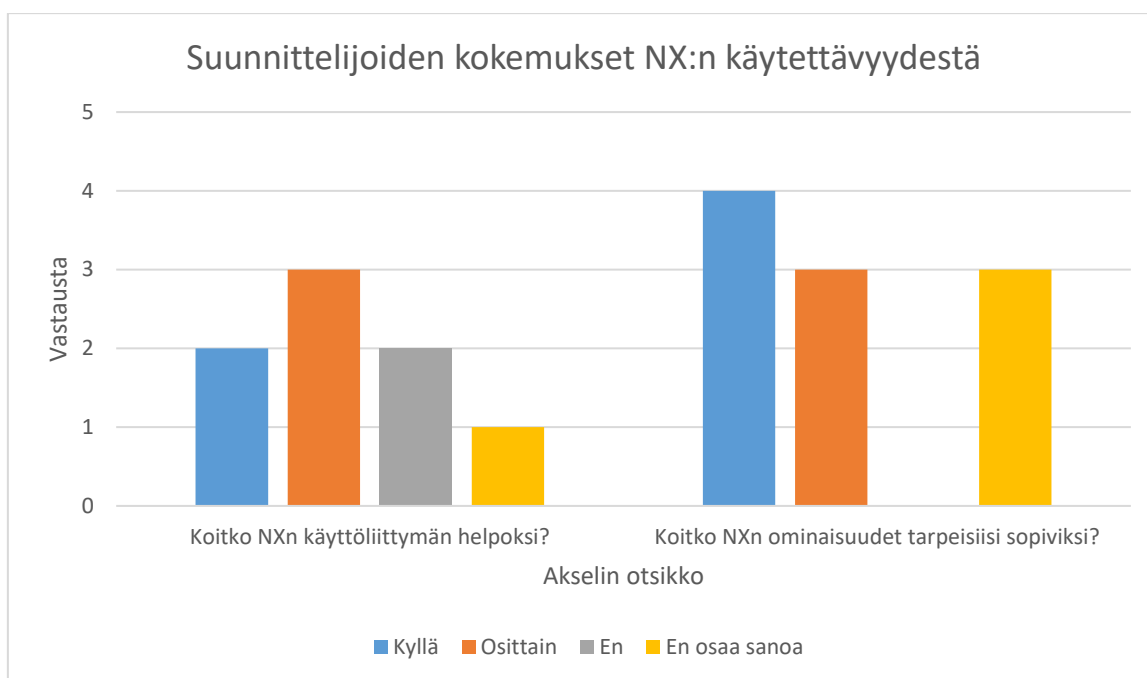
Piirrosmerkit ovat NX:n puolella hyvin samankaltaiset kuin muissakin CAD-järjestelmissä. Renko ym. (2022) kertovat haastattelussa merkkien olevan yleisten standardien mukaisia ja tulevan NX:n päivitysten mukana, se mitä standardia yritys käyttää, on yrityksen itse valittavissa. Erityisesti GPS-standardinmukaisista merkeistä pinnankarheudet ja toleranssit löytyvät suoraan ja niiden tietojen muuttaminen on helppoa. Piirrosmerkkien ollessa standardin mukaisia ei niitä voida muokata. Räätelöidyt symbolit ovat luotavissa ja muokattavissa suoraan NX:n puolella. (Suojanen 2022.)

Suurista kokoonpanoista Renko ym. (2022) kertovat esimerkkeinä kaksi suurta yritystä Suomessa, jotka käyttävät juuri suorituskyvyn vuoksi NX:ää. Toinen yrityksistä oli vaihtanut suorituskyvyn parantamisen takia kilpailevasta CAD-järjestelmästä NX:n käyttöön. Suuria kokoonpanoja voidaan NX:ssä keventää esimerkiksi lataamalla osista pelkät kuorimallit eikä kaikkea tietoa tarvitse välttämättä edes ladata tietokoneennäytölle. Kuviosta 8 käy esille kyselyissä suunnittelijoiden kertoman mukaiset kokemukset NX:n suorituskyvystä. Kuviosta voi havaita, että suorituskyky on koettu hyväksi ja kaatuilua ei juurikaan ole ollut tai siitä ei ole kokemusta.



Kuvio 8. Suunnittelijoiden kokemukset NX:n suorituskyvystä.

Kuviossa 9 on esitetty suunnittelijoiden kokemukset NX:n käytettävyydestä. Vastauksista huomataan, ettei NX käyttöliittymä ole helpoimmasta päästä, mutta sen tarjoamat ominaisuudet sopivat vähintään osittain suunnittelijoiden tarpeisiin.



Kuvio 9. Suunnittelijoiden kokemukset NX:n käytettävyydestä

FEM-ominaisuuksia ei suoranaisesti löydy NX:stä, vaan kyseessä on erillinen ohjelmaympäristö; Simcenter 3D Engineering Desktop. Ympäristön työkaluja voidaan käyttää suoraan NX:n puolella tai käynnistämällä erillinen ohjelma, joka asentuu samalla tietokoneelle, kun NX asennetaan. Simcenter 3D Engineering Desktop sisältää perustoiminnot simulointiin ja lisäosia voidaan hankkia tarpeen mukaan erikseen. Lisäosia ovat esimerkiksi lämpö-/virtaussimulaatio, liikesimulaatio, akustiikka ja komposiitit. (Suojanen 2022.)

FEM-ominaisuuksien kaltaisesti myös CAM-ominaisuudet kaipaavat pohjalle erillisen NX CAM Foundation-lisenssin. Tämän pohjan päälle rakennetaan eri lisäosien avulla yrityksen tarpeisiin sopiva kokonaisuus. FEM- ja CAM-ominaisuudet toimivat samoin ja ovat laajoja kokonaisuuksia. (Suojanen 2022.)

MBD-ominaisuuksia Renko ym. (2022) mukaan Siemens on kehittänyt versiossa 12, n. 5 vuotta sitten eteenpäin ja jatkaa edelleen. Malliin tuodut tiedot linkittyvät suoraan Teamcenterin kanssa. Jos yrityksellä on käytössä koordinaatiomittalaitteistoa, on NX luotuja tietoja myös mahdollista hyödyntää laitteistolla.

Siemens ei kehitä vuosiversioneilla sillä Siemens uskoo jatkuvaan versiointiin. Pääversiot ovat kuitenkin käytössä ja kuten monella muulla, ei vanhemmalla pääversiolla voi muokata uudemman pääversion tiedostoja. Uusia ominaisuuksia kehitetään jatkuvasti ja tällä hetkellä on menossa teräsrakennesuunnittelun kehittäminen, joka on beta-testausvaiheessa.

Renko ym. (2022) kertovat NX koulutuksista IDEAL GRPn kautta peruskurssin kestoksi kolme päivää. Peruskurssi käsittää kaiken luonnosten tekemisestä valukappaleisiin. Jos halutaan laajempaa koulutusta, on muita aiheita mahdollista käydä erillisinä kursseina. Peruskurssin hinta tällä hetkellä on 2 250€ ja se toteutetaan verkossa. Muiden kurssien kestot ovat päivästä kahteen ja päivänkurssin hinta on tällä hetkellä 750€ verkkokurssina. Kurseja on myös mahdollista tehdä itseopiskeluna ilman ohjausta verkossa, jolloin hintaa jää 200€. Kaikki hinnat ovat henkeä kohden. Kaikki hinnat ovat yksityishenkilöille ja kerrottu vertailun vuoksi. (IDEAL GRP.)

4.5 Solid Edge

Solid Edge on myös Siemensin kehittämä. Se yhdistelee eri lisäosia käyttäjien tarpeiden mukaan ja hyödyntää suoramallinnuksen tuomaa nopeutta ja yksinkertaisuutta yhdessä parametrisen suunnittelun muovautuvuuden ja hallinnan kanssa. Tämä mahdollistuu Siemensin kehittämän synkronoidun suoramallinnuksen avulla. (Siemens e.)

Solid Edgestä on saatavilla neljä eri tasoista lisenssiä. Näiden erot on esitetty liitteessä 2. Edullisemmalla lisenssillä saa huomattavasti vähemmän ominaisuuksia, verrattuna kalleimpaan, mutta kalleimman ja keskiverron välillä ominaisuuksissa ei juurikaan ole eroa. Solid Edge mainostaa kotisivuillaan olevansa loistava vaihtoehto pienille ja keskiluokan yrityksille sekä tukee Startup yrityksiä lahjoittamalla ilmaisia lisenssejä alle kolme vuotta toiminnassa olleille yrityksille. (Siemens i.)

Natiiveina tiedostomuotoina Solid Edge käyttää osatiedostoille .par-loppuista tiedostomuotoa ja kokoonpanoille .asm loppuista tiedostomuotoa. Solid Edge hyödyntää tiedostomuodoissa neutraaleja tiedostomuotoja. Muiden tiedostojen käyttäminen on myös mahdollista edellä mainitun synkronoidun suoramallinnuksen avulla. (Renko ym. 2022.)

Solid Edgeen on mahdollista saada Teamcenter-integraatio, josta Renko ym. (2022) kertovat sen toimivan hieman pinnallisemmin kuin NX:n käyttämä integraatio. Sen huonoja puolia on myös tuotekonfigurointi vaikkakin integraatio on paljon käytetty ja toimiva.

Piirrosmerkit ovat Solid Edgessä samanlaiset kuin NX:ssä. Standardikirjasto löytyy classic-lisenssistä ylöspäin. Pinnankarheus ja toleranssit löytyvät suoraan piirrosmerkkikirjastosta ja ne ovat standardien mukaisia. (Renko ym. 2022.)

Siemens on tietoinen suurien kokoonpanojen tuomista haasteista ja on kehittänyt käyttäjää helpottavia toimia Solid Edgeen, jolla suurien kokoonpanojen hallinta helpottuu. Valittavana on suurien kokoonpanojen tila, jossa lisäosia ja asetuksia on säädetty niin että isojen kokoonpanojen kohdalla ei tapahtuisi CAD-järjestelmän hidastumista tai kaatumista. Tilan saa

automaattisesti aktivoitua, kun tietty määrä osia on tuotu kokoonpanoon. Myös erilaiset asetukset näytettävien kohteiden kohdalla helpottavat toimintakykyä. (Sukrut 2022.)

Kyselyissä pyrittiin kysymään käyttökokemuksia Solid Edgestä, mutta vain kaksi vastaajista kertoi käyttäneensä Solid Edgeä, jolloin vastaukset rajataan tulosten ulkopuolelle, sillä niiden tuloksia ei voida pitää luotettavina. Toinen Solid Edgen kysymyksiin vastaajista kertoi, ettei muista Solid Edgen käytöstä juurikaan. Kummatkin kuitenkin pitivät Solid Edgen käyttöliittymää helppona ja ominaisuuksia sopivina.

Liitteessä 2 lueteltujen ominaisuuksien mukaisesti joitain simulaatio-ominaisuuksia saa käyttöönsä Foundation-lisenssillä. Jos yritys kaipaa laajempaa simulointia on Premium-lisenssi pakollinen. Myös CAM- ja MBD-ominaisuudet ovat otettu huomioon Solid Edgessä ja toimivat hyvin samankaltaisesti kuin NX:ssä. (Renko ym. 2022.)

Renko ym. (2022) kertovat Solid Edgessä olevan vuosiversiot ja pienempiä päivityksiä tulevan kuukausittain. Siemens takaa päivitykset ja tuen muutaman vuoden ajan vuosiversioihin, mutta uusien ominaisuuksien lisääminen loppuu parin vuoden jälkeen. Kehitys tapahtuu pitkälti samoin kuin NX:ssä ja teräsrakennesuunnittelu on myös kehittymässä Solid Edgessä.

Jos CAD-järjestelmäksi valitaan Solid Edge, on koulutus lyhyempi kuin NX:ssä. Renko ym. (2022) kertovat peruskurssin kestävän vain kaksi päivää. Peruskurssi maksaa 1 500€ ja kattaa kappaleiden, kokoonpanojen ja piirustusten luonnin sekä käyttöjärjestelmän opetteluun. Koulutus järjestetään tällä hetkellä verkossa. Kurssi on myös mahdollista käydä omaan tahtiin, ilman ohjausta kuukauden aikana 200€ hintaan verkossa. Syventävät kurssit maksavat tällä hetkellä 750€ ja kestävät päivän. Kaikki hinnat ovat yksityishenkilöille ja kerrottu vertailun vuoksi. (IDEAL GRP.)

4.6 Creo 8.0

Vertailtavaksi CAD-järjestelmäksi haluttiin valita myös Creon uusin järjestelmäversio. Nykyinen toimeksiantajayrityksen CAD-järjestelmä on todettu valintahetkellä hyväksi ja päivitystarve ei kuitenkaan koske itse CAD-järjestelmää vaan CAD-järjestelmän sisäisiä, puuttuvia ominaisuuksia. Creo 8.0 on toiseksi viimeisin PTC julkaisema versio, uusi versio on juuri tullut markkinoille. Uusinta versiota ei haluta vertailla, koska yleensä juuri tulleissa on huomattavasti enemmän virheitä ja ominaisuuksia, jotka eivät vielä toimi kunnolla.

Creo 8.0 on saatavilla design essentials, design advanced, design advanced plus, design premium ja design premium plus lisenssit, joiden sisältämät ominaisuudet on esitelty taulukossa 11. Halvin lisenssi sisältää CAD-suunnittelun perusominaisuudet ja kallein sisältää

kaiken mitä PTC:llä on tarjota. Hinta myös määräytyy ominaisuuksien mukaan. Liitteessä 1 on esitetty Creo 8.0 ominaisuuksia verrattuna muihin aikaisempiin versioihin. Ominaisuuksia on tullut edeltäjiinsä verrattuna lisää. Erityisesti käyttäjäystävällisyyttä on kehitetty. (PTC.)

	Design essentials	Design advanced	Design advanced plus	Design premium	Design premium plus
Industry-Standard 3D CAD Capabilities	x	x	x	x	x
Augmented Reality Design Visualization	x	x	x	x	x
Top-Down Design & Concurrent Engineering		x	x	x	x
Prismatic & Multi-Surface Milling		x	x	x	x
Advanced Surfacing & Additive Manufacturing			x	x	x
GD&T & Tolerance Analysis			x	x	x
Mold Design & Mold Machining			x	x	x
Extended Collaboration				x	x
PTC Mathcad		x	x	x	x
Simulation, Basic CFD, & Fatigue Advisor				x	x
Production Machining				x	x
Advanced Simulation & CFD					x
Options Modeler & Topology Optimization					x
Metal Printing & Complete Machining					x

Taulukko 11 . Creon lisenssisisällöt (PTC)

3D CAD ominaisuuksia Creo 8.0:ssa ovat

- 3D osa- ja kokoonpanosuunnittelu
- automaattinen 2D piirustusten luominen
- parametrinen ja vapaa pinnan luominen
- kokoonpanojen hallinta ja suoritus
- ohutlevymallinnus
- mekanismisuunnittelu
- muoviosien suunnittelu
- suoramallinnus
- materiaalia lisäävä valmistus
- AR
- useiden CAD-ohjelmien yhdistäminen
- renderöinti (PTC).

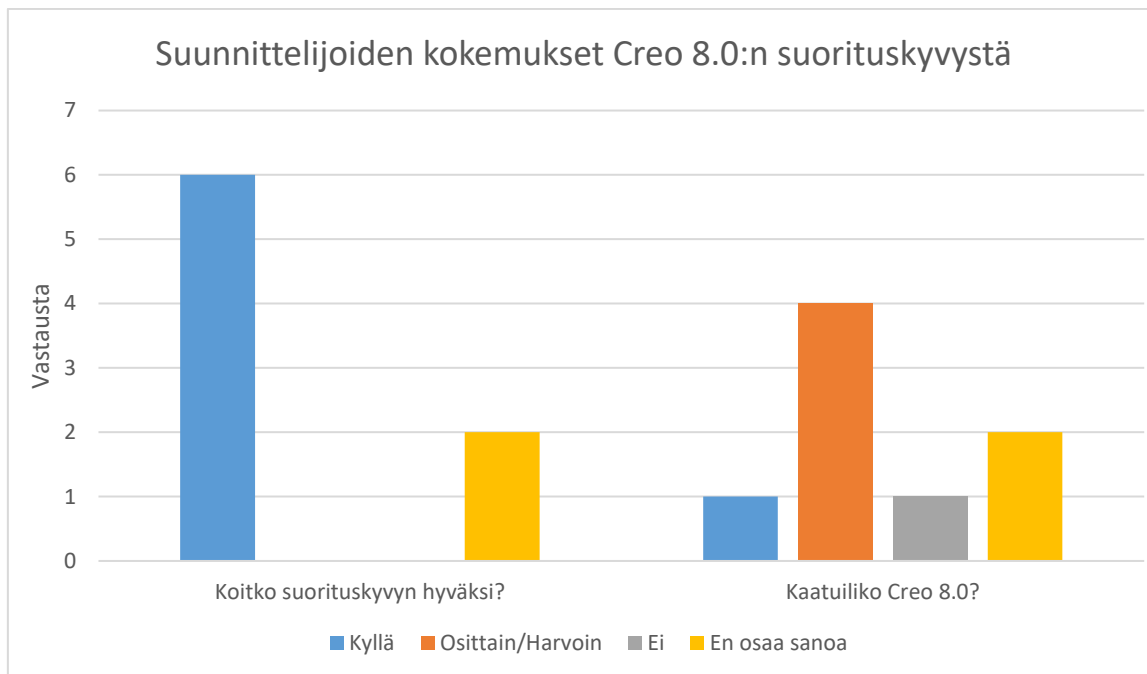
Natiiveina tiedostomuotoina Creo käyttää .prt-tiedostoja osatiedostoille, .asm-tiedostoja kokoonpanoille ja .drw-tiedostoja piirustuksille. Neutraalit tiedostomuodot ovat myös tuettuja. Muiden CAD-järjestelmien natiiveja tiedostoja voidaan käyttää suoraan kokoonpanojen tekemiseen ja tuoduista osista voidaan erillisellä työkalulla tuoda piirteitä, vaikkakaan suoraan mallien piirrepuut eivät aukea (Nummi 2022). Valitsemalla uudempi versio jo olevasta CAD-järjestelmästä, eteen ei tule ongelmia tiedostojen kanssa, sillä samat tiedostot ovat jo tuettuina uudessa järjestelmäversiossa.

Yhteistyö Teamcenterin ja Creo 8.0-järjestelmien välillä toimii kuten nykytilanteessakin Creo 4.0 kanssa. Nummi (2022) kertoo Siemensin hallitsevat Creon Teamcenter-integraation, jonka vuoksi PTC ei hoida integraation ylläpitoa. Teamcenter-integraatiot tulevat hie- man Creon päivitysten perässä ja vanhempiin versioihin ei enää tule uusia ominaisuuksia. Teamcenter-integraatio on toimiva, mutta vaatii paljon työtä, jotta se saadaan täysin toimivaksi.

Piirrosmerkkikirjasto löytyy myös Creo 8.0:sta. PTC tukee ISO- ja ANSI-standardien mukaisia piirrosmerkkejä. Osa kirjastoista kuitenkin on suppeita, mutta niitä voidaan yrityksessä sisäisesti hallita. Jos lisenssi hankitaan Econocap Software Oyn kautta, on piirrosmerkkejä myös mahdollista lisätä heidän toimestaan. (Nummi 2022.)

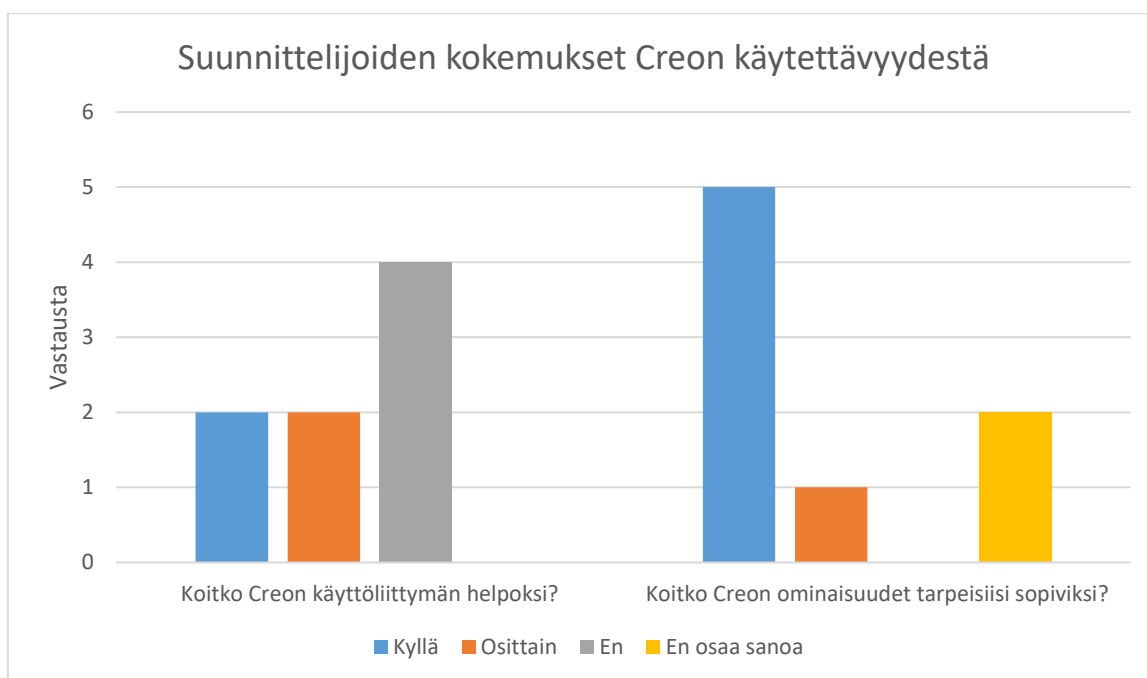
Nummi (2022) kokee, että Catia, Creo ja NX ovat suorituskyvyltään samalla linjalla ja CAD-järjestelmien välillä olevan vain nyanssieroja. Creon peruslissenssillä on mahdollista työstää 100000 osan kokoonpanoja. Suuria kokoonpanoja voidaan keventää lataamalla vain alue,

jolla työskennellään. Hidastumista tapahtuu, jos mallissa on paljon virheitä ja ohjelma joutuu käymään niitä läpi mallia käynnistäessä. Kuviossa 10 on esitetty suunnittelijoiden näkemykset Creo 8.0 suorituskyvystä. Suorituskyky koetaan hyvänä ja kaatuiluakin tapahtuu vain harvoin.



Kuvio 10. Suunnittelijoiden kokemukset Creo 8.0:n suorituskyvystä.

Kuviossa 11 on esitetty suunnittelijoiden kokemukset Creon käyttöösiintymisestä ja ominaisuuksista. Vastausten perusteella käyttöösiintymä koetaan vaikeaksi, mutta ominaisuudet tarpeisiin sopiviksi.



Kuvio 11. Suunnittelijoiden kokemukset Creon käytettävyydestä

Nummi (2022) kertoo Creon olevan kolme eri simulaatiotyökalua, Creo Simulation, Creo Ansys simulation ja Creo simulation live. Creo simulation on validoiva ja sisältää jännitykset, mutta ei kuitenkaan ole FEM-työkalu. Ansys simulation on suppeampi ja sisältää värähtelyt. Live simulation on jatkuva analysointikalua, joka on jatkuvasti päällä ja ohjaa samalla työskentelyä ja laajemmassa versiossa on myös virtausten analysointi.

CAM-integraatio on saatavilla Creo 8.0:aan. CAM-integraatio mahdollistaa sekä lisäävän että lastuavan työstön ja suurnopeustyöstöt. Työstöratoja on mahdollista tehdä samanaikaisesti 5-akselisesti. Integraatio ei ole helppokäyttöisin mutta kykenevä. (Nummi 2022.)

Nummen (2022) mukaan Creo 8.0:ssa on paljon ominaisuuksia MBD puolelta ja MBD-ominaisuuksia lisätään, joka päivityksessä. Creo 8.0 katselumallissa saa mallin tiedot näkyviin ja jos esimerkiksi alihankkijalla ei ole Creoa käytössä, on malleja mahdollista tarkastella ilmaisella Creo View-ohjelmalla, jossa on tarkasteluun laajat ominaisuudet.

Myös Creo 8.0 on olemassa vuosiversiot ja versiot nimetään lisäämällä päivityksestä kertova numero pisteen jälkeen. PTC tukee uusinta ja kaksi edellistä versiota taaksepäin. Aikaisemmin olleista viikkoversioinneista PTC on siirtynyt tuomaan uusia versioita aina kvartaaleittain. Aikaisempien Creon päivitysten mukana on tullut esimerkiksi reaaliaikaiset simuloinnit, topologinen optimointi ja product insight, joka lisäsi digitaalisen kaksosien mahdollistavia ominaisuuksia. (Nummi 2022.)

Nummi (2022) kertoo Creon koulutuksia saatavan Econocapin kautta laajasti. Creon peruskoulutus kestää 3 päivää, mutta Nummi suosittelee 5 päivän koulutusta. Ohutlevyille, pintamallinnukselle, koneistukselle ja piirustusten hallinnalle on omat koulutuksensa. Koulutusten kesto on 1–15 päivään, riippuen sisällöstä. Jos yritys hankkii Creon lisenssin, sisältää lisenssi koulutusmateriaalin järjestelmän perusteille 5. versioon asti. Kurssit toteutetaan verkon välityksellä. Kurssit maksavat 695 €-2 085€ yksityishenkilöille ja kesto vaihtelee aiheen mukaan yhdestä kolmeen päivään. (Econocap Software Oy.)

5 CAD-järjestelmien ja kriteerien vertailu

5.1 Kriteerien vertailu

Kriteerit on mainittu taulukoissa 3 ja 4, niiden yleisyys vastauksissa muutettu tuloksiksi ja pisteytetty vastausmäärien perusteella. Painotuksessa on otettu huomioon yrityksen tuottavuus ja työn sujuvuus. Kriteereistä taulukon 12 mukaan eniten kannatusta sai yhteensopivuus PDM-järjestelmän kanssa. Seuraavaksi eniten nousi esiin CAD-järjestelmän käytettävyys, kuinka hyvin CAD-järjestelmä tukee suunnittelijoiden työtä ja yrityksen tarpeita. Kolmanneksi pisteytyksen perusteella nousee stabiilisuus ja neljänneksi tunnettavuus. Molemmat olivat saaneet yhtä monta mainintaa, mutta tuottavuuden painotuksen takia stabiilisuus on tärkeämpi ominaisuus. Viidenneksi tärkein ominaisuus oli ylläpito ja viimeiseksi jää tulevaisuuden kehityssuunnat. Nämä olivat molemmat saaneet vain yhden maininnan, mutta ylläpito on työn tekemisen kannalta nykyhetkessä tärkeämpi ja sen vuoksi painotetumpi.

Mittari	Ylläpito	Tunnettavuus	Stabiilisuus	Käytettävyys	Yhteensopivuus	Tulevaisuus	
Tulos (mainittu kyselyiden tuloksissa)	1	3	3	6	10	1	Pisteet
	20	20	20	20	20	20	10
	15	15	15	15	15	15	9
	10	10	10	10	10	10	8
	7	7	7	7	7	7	7
	6	6	6	6	6	6	6
	5	5	5	5	5	5	5
	4	4	4	4	4	4	4
	3	3	3	3	3	3	3
	2	2	2	2	2	2	2
	1	1	1	1	1	1	1
Tulos pisteinä	1	3	3	6	8	1	
Painoarvot	15	10	20	20	30	5	
Pisteet x painoarvo	15	30	60	120	240	5	

Taulukko 12. Kriteerien pisteytys ja painotus

Kolmesta tärkeimmästä kriteeristä kaikki kolme vaikuttavat suoranaisesti työn sujuvuuteen ja tuottavuuteen, kun järjestelmää ei tarvitse uudelleen käynnistellä tai odotella ja integraatiot sekä ominaisuudet tukisivat suoraan vaadittavaa mallinnusta. Suunnittelijoiden työn mielekkyyden kannalta tärkeä ominaisuus on CAD-järjestelmän tunnettavuus, moni työskentelee kyselyiden perusteella mieluiten tunnetun CAD-järjestelmän kanssa.

Tulevaisuuden kehityssuunnat jäivät pienimmän kannatuksen saaneeksi kriteeriksi, mutta koska valittava CAD-järjestelmä tulee olemaan yrityksen käytössä vuosia, on tämäkin huomioitava. Tulevaisuutta on vaikea ennustaa, mutta kuten suunnittelijoidenkin näkemyksistä käy ilmi, on MBD- ja 3D-tulostus-ominaisuuksien oltava huomioonotettavia asioita CAD-järjestelmää valittaessa.

5.2 CAD-järjestelmien vertailu

Ylläpidon kannalta kaikissa CAD-järjestelmissä oli hyvin samankaltaiset ominaisuudet. Ostamalla lisenssin kehittäjäyrityksen jälleenmyyjältä, yleensä mukaan tuli tuki ja ylläpito, jos voimassa oli vuosisopimus. Catian kohdalta edustaja kertoi Dassault Systèmesin siirtyneen kehittämään V6. V5 uusien ominaisuuksien tulo vähenee, joten Catian kehittymättömyyden vuoksi voidaan se jättää laskuista pois. Piirrosmerkeistä ja symboleista kaikkien kohdalla vastuu jää yrityksen huolehdittavaksi, jos merkkejä halutaan muokata itse. Vertailu järjestelmien kesken on esitetty taulukossa 13.

	Muokattavissa olevat symbolit	Standardienmukaiset symbolit	Kustomoitujen symbolien päivitys yrityksen vastuulla	Päivitykset (v.)	Vuosiversio/Pääversio	Kehittyy
Catia V5	x	x	x	n. 5-6	Vuosiversio	ei
Inventor	x	x	x	tarvittaessa	Vuosiversio	kyllä
SolidWorks	x	x	x	3 isoa, pienempiä useammin	Vuosiversio	kyllä
NX	x	x	x	12	Pääversio	kyllä
Solid Edge	x	x	x	12	Vuosiversio	kyllä
Creo 8.0	x	x	x	4	Vuosiversio	kyllä

Taulukko 13. CAD-järjestelmien ylläpidon vertailu

Tunnettavuutta on vaikea näin pienen otannan kautta arvioida luotettavasti. Kyselyiden tuloksiin myös vaikuttaa, että yli puolet vastaajista oli toimeksiantajayrityksen työntekijöitä, jolloin heiltä löytyy Creosta eniten kokemusta. Taulukossa 14 on esitetty käytetyimmäksi sovellukseksi Creon jälkeen SolidWorks sekä Inventor ja NX, joiden käyttäjämäärät olivat samansuuruiset. SolidWorksin puolesta kuitenkin puhuu suunnittelijoiden näkemykset ominaisuuksista, jotka tällä hetkellä puuttuvat Creo 4.0:sta, ja jotka erityisesti ovat SolidWorksin puolella. Kysyttäessä suunnittelijoilta millä CAD-järjestelmällä he mieluiten työskentelisivät, oli vastauksissa selkeä enemmistö; SolidWorks.

	Käyttökoke- mus % (vas- tausta/kaikki vastaukset)
Catia V5	54 %
Inventor	61 %
SolidWorks	79 %
NX	61 %
Solid Edge	46 %
Creo	96 %

Taulukko 14. Käyttäjäkokeemukset prosenteittain

Stabiilisuus on vaikea mitattava ominaisuus ilman CAD-järjestelmän kokeilemista. Osa yrityksistä käyttää vain muutaman osan kokoonpanoja, kun joillain osia voi olla tuhansia. Taulukossa 15 on esitetty CAD-järjestelmien stabiilisuuteen liittyvien ominaisuuksien vertailu. Nummi (2022) mainitsi Creon, Catian ja NX olevan samalla linjalla suorituskyvyn kanssa. Solid Edgestä ei ollut tarpeeksi käyttäjäkokeuksia, jotta sen suorituskkyä voitaisiin vertailla puolueettomasti. Creon kohdalla edustaja kertoi virheiden hidastavan vaikkakin suunnittelijat kokivat suorituskkyyn hyväksi. SolidWorks, Creo ja Inventor kaatuilivat suunnittelijoiden kokemusten mukaan eniten ja SolidWorksin kohdalla suositeltiin käyttämään alikokoonpanoja suorituskkyyn nostamiseksi.

	Ominaisuuksia suurien kokoon- panojen keventä- miseen	Suorituskky (kyllä ja osit- tain vastaukset/vastaus- ten määrä %)	Kaatuilua (kyllä ja harvoin vastaukset/vastaus- ten määrä %)
Catia V5	Kyllä	71 %	57 %
Inventor	Kyllä	83 %	50 %
SolidWorks	Kyllä	88 %	76 %
NX	Kyllä	75 %	38 %
Solid Edge	Kyllä	ei tietoa	ei tietoa
Creo 8.0	Kyllä	75 %	63 %

Taulukko 15. CAD-järjestelmien stabiilisuuden vertailu

Vaikka käytettävyydellä ei tarkoitettaisi käyttöliittymän helppoutta, vaikuttaa se kuitenkin ohjelman omaksumiseen ja työn mukavuuteen. Taulukossa 16 on esitetty CAD-järjestelmien

käytettävyyteen liittyvien ominaisuuksien vertailu. SolidWorks nousee käyttöliittymävertailussa korkeimmalle saaden täydet pisteet suunnittelijoilta ja Creo taas käyttöliittymän kannalta on vaikein. Catian ja Inventorin käyttöliittymät koettiin osittain helpoiksi ja NX on hie- man vaikea. Solid Edgestä ei ollut tarpeeksi kokemuksia, mutta molemmat vastaajat pitivät sen käyttöliittymää helppona. CAD-järjestelmien FEM-,CAM- ja MBD-ominaisuudet ovat kaikissa toimivia. Erityisesti NX:n ja Solid Edgen edustajat mainitsivat ominaisuuksien ole- van jatkuvan kehityksen alla. Toimeksiantajayrityksen suunnittelijat toivoivat myös volume sweep-työkalua CAD-järjestelmältä ja se löytyikin kaikista muista CAD-järjestelmistä.

	Volume Sweep-ominaisuus	FEM	CAM	MBD	Helppo käyttöliittymä (kyllä ja osittain vastaukset/vastausten määrä %)	Ominaisuudet tarpeisiin nähden (kyllä ja osittain vastaukset/vastausten määrä %)
Catia V5	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	71 %	57 %
Inventor	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	75 %	75 %
SolidWorks	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	100 %	83 %
NX	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	63 %	70 %
Solid Edge	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	ei tietoa	ei tietoa
Creo 8.0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	50 %	75 %

Taulukko 16. CAD-järjestelmien käytettävyyden vertailu

Järjestelmien yhteensopivuuden kannalta kaikki tarkasteltavat CAD-järjestelmät tukivat neutraaleita tiedostomuotoja ja kaikkiin oli saatavilla Teamcenter-integraatio. Neutraaleiden tiedostomuotojen myötä kaikki vertailtavat CAD-järjestelmät sopivat yhteen toimeksiantaja yrityksen eri järjestelmien kanssa. Taulukossa 17 on vertailtu tärkeimpiä yhteensopivuuteen liittyviä ominaisuuksia eri CAD-järjestelmien kesken. Koska kuitenkin Teamcenteristä ei olla luopumassa toimeksiantajayrityksessä on valittavan CAD-järjestelmän yhteensovittava Teamcenterin kanssa. CAD-järjestelmistä haastatteluja tehdessä ainoastaan Creon edustaja sanoi suoraan Teamcenter-integraation olevan toimiva, mutta vaativan työtä. Näin ollen Creo voidaan sulkea pois yhteensopivuuden kanssa. Koska Teamcenter on Siemensin kehittämä järjestelmä, voidaan olettaa että vahvoille jäävät NX ja Solid Edge, joista heidän edustajansa kertoivat Solid Edgen Teamcenter-integraation olevan heikompi kuin NX:ssä. Todettakoon siis NX olevan yhteensopivuuden kannalta paras vaihtoehto.

	Grafiikkaydinformaatit	.JT	.STEP	Suorakääntäjä	Teamcenter-integraatio
Catia V5	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä
Inventor	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
SolidWorks	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä
NX	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Solid Edge	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Creo 8.0	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä

Taulukko 17. Järjestelmien yhteensopivuuden ominaisuuksien vertailu

Kuten kappaleessa 3.1.6 mainitaan, erityisesti Lahden seudulla tulevat CAD-järjestelmien osaajat osaavat valmistumisensa jälkeen käyttää ainoastaan SolidWorksia, elleivät ole itsenäisesti opiskelleet muita CAD-järjestelmiä tai ole työharjoitteluissa oppinut muiden CAD-järjestelmien käyttöä. Simuloinnin kannalta kaikissa CAD-järjestelmissä oli ominaisuuksia simulointiin liittyen ja MBD-ominaisuudet oli jo otettu huomioon, mutta ovat silti kehitymässä.

	3D-tulostus ominaisuuksia	FEM	MBD	Opetetaan kouluissa (LAB/Salpaus/CampusOnline)
Catia V5	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Inventor	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
SolidWorks	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
NX	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Solid Edge	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Creo 8.0	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei

Taulukko 18. Tulevaisuuden ominaisuuksien ja koulutusmahdollisuuksien vertailu

6 Yhteenveto ja pohdinta

Vertailemalla kriteereitä ja CAD-järjestelmiä keskenään (liite 8), tärkeimmän kriteerin, yhteensopivuuden, perusteella nousee NX ylivoimaisesti esiin. Vaikka Inventor, Creo ja Solid Edge ovat vertailutaulukossa yhdenvertaisia, nousee NX silti muiden yli ollessa Siemensin kehittämä samoin kuin Teamcenter. Yhteystyö eri järjestelmien välillä on saumatonta, koska molemmat järjestelmät ovat Siemensin kehittämiä. Myös Solid Edge on Siemensin kehittämä, mutta se jää NX verrattuna jälkeen tunnettavuudessa, sen ollessa vasta kehitetty CAD-järjestelmä. Solid Edgen kyselytuloksia ei voida käyttäjäkyselyiden vastausmäärien perusteella pitää luotettavina. Puhuttaessa käytettävyydestä SolidWorks nousee ylimmäksi helpon käyttöliittymän ja suunnittelijoiden toiveiden mukaisten ominaisuuksien myötä. Myös tunnettavuudessa SolidWorks voittaa muut. Stabiilein CAD-järjestelmä olisi tutkimuksen perusteella joko Catia tai NX. Ylläpidon kannalta kaikki olivat samoilla linjoilla, mutta koska Catia V5 kehittämisestä on siirrytty eteenpäin rajaa se itsensä pois vertailusta. Tulevaisuuden osajien ja CAD-järjestelmän ominaisuuksien kannalta SolidWorks olisi kannattavin vaihtoehto, vaikkakin Siemens kehittää jatkuvasti tulevaisuuden ominaisuuksiaan.

Tulosten perusteella valittavaksi CAD-järjestelmäksi nousee NX korkeimmalla pistemäärällä. Catia jää vertailussa pohjimmaisiksi myös muiden ominaisuuksien vuoksi. Vaikka Solid Edge ei kyselyiden perusteella ole luotettava, on sen ominaisuudet muuten vertailukelpoisia. Näiden pohjalta voidaan suositella toimeksiantajayritystä vaihtamaan CAD-järjestelmä NX:ään.

Vaihdettaessa CAD-järjestelmää uuteen tulee ottaa lopulta myös huomioon kustannukset. CAD-järjestelmä voi kriteeristön mukaan olla yrityksen käyttöön paras, mutta yrityksen päätökseen vaikuttaa lopulta myös CAD-järjestelmän kustannukset. Kaikista opinnäytetyössä vertailtavina olevista CAD-järjestelmistä on mahdollista saada vuosilisenssit, joihin kuuluu tuotetuki ja uusimmat versio- tai vuosipäivitykset. Ostettaessa CAD-järjestelmä suoraan, jäävät nämä puuttumaan ja versio ei enää päivity. Kaikkien vertailtavien CAD-järjestelmien kohdalla päivitykset ja uusien ominaisuuksien päivittyminen lakkaa kolmen vuoden päästä. Vuosilisenssit ovat pitkällä aikavälillä kalliimpia, mutta takaavat ohjelman ajantasaisuuden jatkossakin.

Myös koulutuksista tulee kustannuksia. Suunnittelijat osaavat logiikan CAD-järjestelmien käyttöön jo muiden CAD-järjestelmien kautta, mutta uuteen CAD-järjestelmään vaihdettaessa tarvitsee yrityksen kouluttaa suunnittelijat uuden CAD-järjestelmän käyttöön. IDEAL GRPn kautta koulutuksen kesto NX:ään on kolme päivää. Uusien työntekijöiden ja alihankintana työtä tekevien suunnittelijoiden koulutus vaatii myös resursseja yritykseltä.

Vaihtamisen jälkeen tuottavuus tippuu hetkellisesti, suunnittelijoiden opetellessa uuden CAD-järjestelmän käyttöä.

CAD-järjestelmän valinta tehtäessä on huomioitavia asioita paljon. Kriteeristön pohjalta taulukoita käyttämällä saadaan pohja CAD-järjestelmän valinnalle. Lopulta kuitenkin vertailtavat CAD-järjestelmien ominaisuudet määrittyvät yrityksen suunnittelutarpeiden mukaan, eikä yksiselitteistä ohjetta voida täysin tehdä. Yrityksen tulee aloittaa valinta kartoittamalla ensin omat tarpeensa, joiden mukaan taulukoita voidaan mukauttaa.

Lähteet

Adobe. a. PDF Kolme kirjainta, jotka jatkavat edelleen maailman muuttamista. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <https://www.adobe.com/fi/acrobat/about-adobe-pdf.html>

Adobe. b. DWG vs. DXF. Viitattu 6.6.2022. Saatavissa <https://www.adobe.com/creativecloud/file-types/image/comparison/dwg-vs-dxf.html>

Aivio, M. 2022. Inventor kysymykset/haastattelu. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Silen, S. Lähetetty 5.8.2022

Autodesk Help. 2020. Translator Support. Viitattu 24.5.2022. Saatavissa <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-lt/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/InventorLT-Help/files/GUID-AF41FA87-7588-4698-9C41-756A01EBE7F4-htm.html>

Autodesk Help. 2021. Autodesk. Viitattu 5.5.2022. Saatavissa <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-94B779C0-6B2B-499A-A4F9-2E4BAB49712F-htm.html>

Autodesk. Inventor: Tehokas mekaanisen suunnittelun ohjelmisto kunnianhimoisimpiin ideoihisi. Viitattu 5.5.2022. Saatavissa <https://www.autodesk.fi/products/inventor/overview>

CadWorks Oy. Koulutukset. Viitattu 3.8.2022. Saatavissa <https://www.cadworks.fi/fi/events/>

Creating Swept Volumes. Viitattu 22.7.2022. Saatavissa http://catiadoc.free.fr/online/sdgug_C2/sdgugbt0614.htm

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. SOLIDWORKS 3D CAD. Viitattu 5.5.2022. Saatavissa <https://www.SolidWorks.com/product/SolidWorks-3d-cad>

Dassault Systèmes, Spatial Corporation. SOLIDWORKS File Format. Viitattu 5.5.2022. Saatavissa <https://www.spatial.com/resources/glossary/solid-works-file-format>

Dassault Systèmes. a. Overview of FeatureWorks. Viitattu 24.5.2022. Saatavissa https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/fworks/c_overview_of_featureworks.htm?verRedirect=1

Dassault Systèmes. b. Importing/Exporting SOLIDWORKS Documents. Viitattu 24.5.2022. Saatavissa https://help.solidworks.com/2021/English/SolidWorks/sldworks/c_Importing-Exporting_SOLIDWORKS_Documents.htm?verRedirect=1

Dassault Systèmes. c. CATIA - Generative Part Structural Analysis 1 (GP1). Viitattu 22.7.2022. Saatavissa <https://www.3ds.com/products-services/catia/products/v5/portfolio/domain/Analysis/product/GP1/>

Dassault Systèmes. d. Machining Solutions. Viitattu 22.7.2022. Saatavissa https://www.3ds.com/products-services/catia/products/v5/portfolio/domain/Machining/?woc=%7B%22category%22%3A%5B%22category%2Fchampions%22%5D%7D&wocw=card_content_cta_1_url%3A%22https%3A%2F%2Fblogs.3ds.com%2Fcatia%2F%22

Dassault Systèmes. e. CATIA - 3D Functional Tolerancing and Annotations 1 (FT1). Viitattu 22.7.2022. Saatavissa https://www.3ds.com/products-services/catia/products/v5/portfolio/domain/Mechanical_Design/product/FT1/?woc=%7B%22category%22%3A%5B%22category%2Fchampions%22%5D%7D&wocw=card_content_cta_1_url%3A%22https%3A%2F%2Fblogs.3ds.com%2Fcatia%2F%22

Dassault Systèmes. f. CATIA - 3D Functional Tolerancing and Annotations 2 (FTA). Viitattu 22.7.2022. Saatavissa https://www.3ds.com/products-services/catia/products/v5/portfolio/domain/Mechanical_Design/product/FTA/

Econocap Software Oy. Toteutamme yleiset koulutukset etäyhteydellä. Viitattu 3.8.2022 Saatavissa <https://econocap.com/koulutukset/>

Hekkala, E. 2022. Aluemyyntipääällikkö. CadWorks Oy. Haastattelu. 29.6.2022.

Hietikko, E. 2007. Autodesk Inventor. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Hietikko, E. 2020. Tietokoneavusteinen suunnittelu SolidWorks 2020. 8. uudistettu painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Hietikko, E. 2021. Tuotekehitystoiminta. 4. painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Huhtanen, J. 2022. Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Silen, S. Lähetetty 19.5.2022

IDEAL GRP. Trainings. Viitattu 3.8.2022. Saatavissa <https://idealgrp.com/trainings/>

Martio, A., Peltonen, H. & Sulonen, R. 2002. PDM Tuotetiedon hallinta. Helsinki: Edita Prima Oy

Mutka, M. 2022. Senior Technical Consultant. RAND Finland Oy. Haastattelu 10.6.2022.

Nummi, A. 2022. Econocap Software Oy. Haastattelu 30.6.2022,

Pere, A. 2021. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.

PTC. 2016. FEATURING What's New in Creo 4.0. YouTube-video. Saatavissa

<https://youtu.be/1GL8vu0t4AM>

PTC. Creo Packages. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa

<https://www.ptc.com/en/products/creo/packages>

Renko, J. & Suojanen S. 2022. IDEAL GRP. Haastattelu 22.6.2022.

Savolainen, P. 2022. Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Silen, S. Lähetetty 22.6.2022

Siemens Product Lifecycle Management Software Incorporation. Teamcenter Integration for Inventor. PDF-dokumentti. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa

https://www.plm.automation.siemens.com/en_gb/Images/tc_integrator_for_inventor_fs_W1_tcm642-49241.pdf

Siemens. a. NX. Viitattu 9.5.2022. Saatavissa

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>

Siemens. b. NX for Design. Viitattu 9.5.2022. Saatavissa

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/nx-for-design.html>

Siemens. c. Modeling Technology Platform. Viitattu 9.5.2022. Saatavissa

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/mechanical-design/modeling-technology-platform.html>

Siemens. d. NX PLM Integration. Viitattu 9.5.2022. Saatavissa

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/collaboration/nx-integration.html>

Siemens. e. Solid Edge. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa <https://solidedge.siemens.com/en/>

Siemens. f. Teamcenter. Viitattu 13.5.2022. Saatavissa

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/teamcenter/>

Siemens. g. Teamcenter. Viitattu 13.5.2022. Saatavissa

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/collaboration/plm-process-execution.html>

Siemens. h. SolidWorks PLM Integration. Viitattu 23.5.2022.

Saatavissa <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/collaboration/solidworks-plm.html>

Siemens. i. Solid Edge for Small & Medium Businesses. Viitattu 24.5.2022. Saatavissa <https://solidedge.siemens.com/en/solutions/users/small-and-medium-businesses/>

Siemens. j. JT. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/plm-components/jt.html>

Siemens. k. Teamcenter: Integration for Catia V5. Viitattu 10.8.2022. Saatavissa https://www.plm.automation.siemens.com/en_gb/Images/tc_integration_for_catia_fs_W2_tcm642-49242.pdf

Sukrut. 2020. Large Assembly Performance in Solid Edge 2020. Blogi-kirjoitus. Viitattu 25.5.2022. Saatavissa <https://blogs.sw.siemens.com/solidedge/large-assembly-performance-improvements-in-solid-edge-2020/>

Suojanen, S. 2022. NX / Solid Edge. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Silen, S. Lähetetty 3.8.2022

Liite 1. Kyselylomake toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille

**CAD-järjestelmän valinta**

 Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

1. Hei!

Olen LAB-ammattikorkeakoulun konetekniikanopiskelija. Tämän kyselyn tarkoituksena on kerätä tietoa opinnäytetyötäni varten. Opinnäytetyöni keskittyy CAD-järjestelmän valintaan, luoden kriteeristön valinnan tueksi. Työ toteutetaan erään yrityksen kanssa yhteistyössä. Tiedot kerätään anonyymisti ja käytetään opinnäytetyön lähteenä. Kysely on avoinna 23.6.2022 klo 16.00 asti.

- Ymmärsin, jatkan täyttämistä
- Kiitos, mutta en halua osallistua

2. Mitkä ominaisuudet ovat mielestäsi tärkeitä CAD-järjestelmässä huomioiden työtehtäväsi?

3. Minä ominaisuuden koet tärkeimmäksi CAD-järjestelmää valittaessa yrityksen käyttöön?

4. Kaipaako jotain toisessa järjestelmässä olevaa ominaisuutta, joka ei ole tällä hetkellä käytössä?

- Kyllä
- En
- En osaa sanoa

5. Mitä ominaisuutta kaipaat?

6. Koetko tulevaisuudessa jostain ominaisuudesta olevan erityistä hyötyä CAD-järjestelmässä?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

7. Mistä ominaisuudesta koet olevan hyötyä?

8. Koetko Creo 4.0:ssa (nykyinen CAD-järjestelmä) olevan puutteita?

- Kyllä
- En
- En osaa sanoa

9. Mitä puutteita koet Creo 4.0 olevan?

10. Onko Creo 4.0 ylläpito (päivittäminen, asetukset yms.) riittävällä tasolla?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

11. Kerro lisää?

12. Kuinka koet nykyisten järjestelmien (Creo, Teamcenter) tukevan työntekoasi?



13. Mitä eri CAD-järjestelmiä osaat käyttää?

14. Jos saisit valita, millä CAD-järjestelmällä työskentelisit?

- Creo
- Inventor
- SolidWorks
- NX
- Solid Edge
- Joku muu, mikä? _____

15. Oletko joskus käyttänyt seuraavia CAD-järjestelmiä

- CATIA
- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- NX
- Solid Edge
- Creo 8.0

16. Mitä hyvää CATIAssa mielestäsi on?

17. Mitä huonoa CATIAssa mielestäsi on?

18. Koitko CATIAN käyttöölyttymän helpoksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

19. Koitko CATIAN ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

20. Koitko CATIAN suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

21. Kaatuiliko CATIA?

- Kyllä
- Harvoin

- Ei
- En osaa sanoa

22. Hidastuiko CATIA suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

23. Vaatiko CATIAN ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

24. Kerro tarkemmin?

25. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää CATIAN kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

26. Onnistuiko CATIAssa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen

suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

27. Kerro tarkemmin?

28. Mitä hyvää Inventorissa mielestäsi on?

29. Mitä huonoa Inventorissa mielestäsi on?

30. Koitko Inventorin käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- En
- Osittain

En osaa sanoa

31. Koitko Inventorin ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

Kyllä

En

Osittain

En osaa sanoa

32. Koitko Inventorin suorituskyvyn hyväksi?

Kyllä

En

Osittain

En osaa sanoa

33. Kaatuiliko Inventor?

Kyllä

Harvoin

Ei

En osaa sanoa

34. Hidastuiko Inventor suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

Kyllä

Välillä

Ei huomattavasti

Ei

En osaa sanoa

35. Vaatiko Inventorin ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

36. Kerro tarkemmin?

37. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää Inventorin kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

38. Onnistuiko Inventorissa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

39. Kerro tarkemmin?

40. Mitä hyvää SolidWorksissa mielestäsi on?

41. Mitä huonoa SolidWorksissa mielestäsi on?

42. Koitko SolidWorksin käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

43. Koitko SolidWorksin ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

44. Koitko SolidWorksin suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

45. Kaatuiliko SolidWorks?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

46. Hidastuiko SolidWorks suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

47. Vaatiko SolidWorksin ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

48. Kerro tarkemmin?

49. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää SolidWorksin kanssa ?

Kyllä, mitä? _____

En

50. Onnistuiko SolidWorksissa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

Suorakääntäjällä, ei ongelmia

Suorakääntäjällä, oli ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia

En tuonut tiedostoja

51. Kerro tarkemmin?

52. Mitä hyvää NXssä mielestäsi on?

53. Mitä huonoa NXssä mielestäsi on?

54. Koitko NXn käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

55. Koitko NXn ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

56. Koitko NXn suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

57. Kaatuiliko NX?

- Kyllä

- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

58. Hidastuiko NX suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

59. Vaatiko NXn ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

60. Kerro tarkemmin?

61. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää NXn kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

62. Onnistuiko NXssä muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

63. Kerro tarkemmin?

64. Mitä hyvää Solid Edgessä mielestäsi on?

65. Mitä huonoa Solid Edgessä mielestäsi on?

66. Koitko Solid Edgen käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- En

- Osittain
- En osaa sanoa

67. Koitko Solid Edgen ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

68. Koitko Solid Edgen suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

69. Kaatuiliko Solid Edge?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

70. Hidastuiko Solid Edge suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti

- Ei
- En osaa sanoa

71. Vaatiko Solid Edgen ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

72. Kerro tarkemmin?

73. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää Solid Edgen kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

74. Onnistuiko Solid Edgessä muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

75. Kerro tarkemmin?

76. Mitä hyvää Creo 8.0:ssa mielestäsi on?

77. Mitä huonoa Creo 8.0:ssa mielestäsi on?

78. Koitko Creo 8.0:n käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

79. Koitko Creo 8.0:n ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

80. Koitko Creo 8.0:n suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- En
- Osittain
- En osaa sanoa

81. Kaatuiliko Creo 8.0?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

82. Hidastuiko Creo 8.0 suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

83. Vaatiko Creo 8.0:n ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

84. Kerro tarkemmin?

85. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää Creo 8.0:n kanssa ?

Kyllä, mitä?

En

86. Onnistuiko Creo 8.0:ssa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suorakääntäjällä tai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

Suorakääntäjällä, ei ongelmia

Suorakääntäjällä, oli ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia

En tuonut tiedostoja

87. Kerro tarkemmin?

Liite 2. Kyselylomake toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden kanssa yhteistyötä tekeville henkilöille



CAD-järjestelmän toimivuus

 Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

Hei!

Olen LAB-ammattikorkeakoulun konetekniikanopiskelija. Tämän kyselyn tarkoituksena on kerätä tietoa opinnäytetyötäni varten. Opinnäytetyöni keskittyy CAD-järjestelmän valintaan, luoden kriteeristön valinnan tueksi. Työ toteutetaan yhteistyössä erään yrityksen kanssa. Tiedot kerätään anonyymisti ja käytetään ainoastaan opinnäytetyön lähteenä. Kysely on avoinna 23.6.2022 klo 16.00 asti.

CADilla tarkoitetaan tässä tietokoneavusteista suunnittelua.

- Ymmärsin, jatkan täyttämistä
- Kiitos, mutta en halua osallistua
- Kysely ei kosketa minua

Koetko nykyisten järjestelmien toimivan hyvin yhdessä (NX, SolidWorks, Creo, Teamcenter)?

- Kyllä
- Osittain
- En

Minkä koet ongelmaksi?

Mitä tiedostomuotoja käytät työssäsi?

Siirtykö suunnitteluosaston luomat tiedostot mielestäsi hyvin käyttämällesi järjestelmälle?

- Kyllä
- Osittain
- Ei

Heräsiikö edellisestä kysymyksestä ajatuksia, mitä?

Mitä seuraavia CAD-järjestelmiä olet käyttänyt?

	0-1 vuotta	2-5 vuotta	5-> vuotta	En ole käyttänyt
Catia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inventor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SolidWorks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	0-1 vuotta	2-5 vuotta	5-> vuotta	En ole käyttänyt
Creo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NX	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solid Edge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vapaa sana esim. toiveita ja mielipiteitä varten

Liite 3. Kyselylomake kahden Lahden alueen insinööritoimiston suunnittelijoille

**Kokemukset CAD-järjestelmistä**

 Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

1. Hei!

Olen LAB-ammattikorkeakoulun konetekniikanopiskelija. Tämän kyselyn tarkoituksena on kerätä tietoa opinnäytetyötäni varten. Opinnäytetyöni keskittyy CAD-järjestelmän valintaan, luoden kriteeristön valinnan tueksi. Työ toteutetaan yhteistyössä erään yrityksen kanssa. Tiedot kerätään anonyymisti ja käytetään vain opinnäytetyön lähteenä. Kysely on avoinna 23.6.2022 klo 16.00 asti.

- Ymmärsin, jatkan täyttämistä
- Kiitos, mutta en halua osallistua

2. Mitkä ominaisuudet (käyttöliittymä, mallintaminen, simulointi yms.) ovat mielestäsi tärkeitä CAD-järjestelmässä?

3. Jos saisit valita, millä CAD-järjestelmällä työskentelisit mieluiten?

4. Koetko tulevaisuudessa jostain ominaisuudesta olevan erityistä hyötyä CAD-järjestelmässä?

5. Mitä CAD-järjestelmiä olet seuraavista käyttänyt?

	0-1 vuotta	2-5 vuotta	5-> vuotta	En ole käyttänyt
Catia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inventor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SolidWorks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Creo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NX	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solid Edge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Minkä koet tärkeimmäksi kriteeriksi valittaessa CAD-järjestelmää yrityksen käyttöön?

7. Mitä hyvää CATIAssa mielestäsi on?

8. Mitä huonoa CATIAssa mielestäsi on?

9. Koitko CATIAN käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

10. Koitko CATIAN ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

11. Koitko CATIAN suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

12. Kaatuiliko CATIA?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

13. Hidastuiko CATIA suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

14. Vaatiko CATIAN ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

15. Kerro tarkemmin

16. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää CATIAN kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

17. Onnistuiko CATIAssa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

18. Kerro tarkemmin?

19. Mitä hyvää Inventorissa mielestäsi on?

20. Mitä huonoa Inventorissa mielestäsi on?

21. Koitko Inventorin käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä

- Osittain
- En
- En osaa sanoa

22. Koitko Inventorin ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

23. Koitko Inventorin suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

24. Kaatuiliko Inventor?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

25. Hidastuiko Inventor suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä

- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

26. Vaatiko Inventorin ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

27. Kerro tarkemmin

28. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää Inventorin kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

29. Onnistuiko Inventorissa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

30. Kerro tarkemmin?

31. Mitä hyvää SolidWorksissa mielestäsi on?

32. Mitä huonoa SolidWorksissa mielestäsi on?

33. Koitko SolidWorksin käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

34. Koitko SolidWorksin ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

35. Koitko SolidWorksin suorituskyyvyn hyväksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

36. Kaatuiliko SolidWorks?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

37. Hidastuiko SolidWorks suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

38. Vaatiko SolidWorksin ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

39. Kerro tarkemmin

40. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää SolidWorksin kanssa ?

Kyllä, mitä?

En

41. Onnistuiko SolidWorksissa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

Suorakääntäjällä, ei ongelmia

Suorakääntäjällä, oli ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia

En tuonut tiedostoja

42. Kerro tarkemmin?

43. Mitä hyvää Creossa mielestäsi on?

44. Mitä huonoa Creossa mielestäsi on?

45. Koitko Creon käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

46. Koitko Creon ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

47. Koitko Creon suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- Osittain

- En
- En osaa sanoa

48. Kaatuiliko Creo?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

49. Hidastuiko Creo suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

50. Vaatiko Creon ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

51. Kerro tarkemmin

52. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää Creon kanssa ?

Kyllä, mitä? _____

En

53. Onnistuiko Creossa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

Suorakääntäjällä, ei ongelmia

Suorakääntäjällä, oli ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia

Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia

En tuonut tiedostoja

54. Kerro tarkemmin?

55. Mitä hyvää NXssä mielestäsi on?

56. Mitä huonoa NXssä mielestäsi on?

57. Koitko NXn käyttöliittymän helpoksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

58. Koitko NXn ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

59. Koitko NXn suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

60. Kaatuiliko NX?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

61. Hidastuiko NX suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

62. Vaatiko NXn ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.) sinulta paljon aikaa?

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

63. Kerro tarkemmin

64. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää NXn kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

65. Onnistuiko NXssa muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia

- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

66. Kerro tarkemmin?

67. Mitä hyvää Solid Edgessä mielestäsi on?

68. Mitä huonoa Solid Edgessä mielestäsi on?

69. Koitko Solid Edgen käyttöösi helpoksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

70. Koitko Solid Edgen ominaisuudet tarpeisiisi sopiviksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

71. Koitko Solid Edgen suorituskyvyn hyväksi?

- Kyllä
- Osittain
- En
- En osaa sanoa

72. Kaatuiliko Solid Edge?

- Kyllä
- Harvoin
- Ei
- En osaa sanoa

73. Hidastuiko Solid Edge suurien kokoonpanojen (yli 100 osaa) kanssa?

- Kyllä
- Välillä
- Ei huomattavasti
- Ei
- En osaa sanoa

**74. Vaatiko Solid Edgen ylläpito (päivittäminen, asetusten säätäminen yms.)
sinulta paljon aikaa?**

- Kyllä
- Ei
- Tehtävä ei ollut vastuullani

75. Kerro tarkemmin

76. Käytitkö jotain PDM/PLM järjestelmää Solid Edgen kanssa ?

- Kyllä, mitä? _____
- En

77. Onnistuiko Solid Edgessä muista ohjelmista tuotujen tiedostojen avaaminen suoraan vai käyttämällä neutraaleita tiedostomuotoja, kuten .step?

- Suorakääntäjällä, ei ongelmia
- Suorakääntäjällä, oli ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, ei ongelmia
- Neutraaleilla tiedostomuodoilla, oli ongelmia
- En tuonut tiedostoja

78. Kerro tarkemmin?

Liite 4. Capability comparison Creo 4.0-8.0

The image displays a sophisticated CAD software interface for a car design. The central focus is a wireframe model of a car, rendered in a glowing blue and cyan color scheme. To the left, a detailed 3D model of an engine component is shown in a multi-colored gradient (red, orange, yellow, green, blue). The interface is overlaid with various data panels and toolbars. A prominent panel on the left contains the text "CAPABILITY COMPARISON" in green and "CREO 4.0 - 8.0" in large white letters. Another panel shows a table with columns for "PROPERTY", "VALUE", and "UNIT". The background is dark with glowing lines and data points, creating a high-tech, futuristic atmosphere. The Creo logo is in the top left, and the PTC logo is in the bottom right. The text "PAGE 1" is visible in the bottom right corner.

creo®

creo

PTC

PAGE 1

Creo is a 3D CAD solution that helps you accelerate product innovation so you can build better products faster. Easy-to-learn Creo seamlessly takes you from the earliest phases of product design to manufacturing and beyond. You can combine powerful, proven functionality with new technologies such as generative design, augmented reality, real-time simulation, additive manufacturing and the IoT, to iterate faster, reduce costs and improve product quality. The world of product development moves quickly, and only Creo delivers the transformative tools you need to build competitive advantage and gain market share.



These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience					
Help content indexed on Google® and searchable via web	•	•	•	•	•
Automatic window activation	•	•	•	•	•
User configured RMB commands supporting individual setups	•	•	•	•	•
Geometry-based selection providing intelligent context-sensitive mini vtoolbar, reducing mouse travel and increasing productivity	•	•	•	•	•
Box selection pervasive throughout the product	•	•	•	•	•
Fully customizable Mini-toolbar & Right Mouse Button	•	•	•	•	•
Ability to customize shortcut commands	•	•	•	•	•
Additional Commands for Showing and Hiding; Show only & Show all except	•	•	•	•	•
Modernized interaction handles	•	•	•	•	•
Modernized, intuitive, flexible model tree search in part & assembly modes	•	•	•	•	•
Automatic display of common filters in the Model Tree by default	•	•	•	•	•
Enhanced simple search in the model tree to dynamically list objects as typing a name	•	•	•	•	•
Automatic saving of model tree setting	•	•	•	•	•
Enhanced model tree visibility	•	•	•	•	•
Mini-toolbar & Right Mouse Button within feature definition	•	•	•	•	•
Modernized feature dashboard with integrated help pages	•	•	•	•	•
Modernized charting tools	•	•	•	•	•
Improved material assignment workflow via the Model Tree and right mouse button command	•	•	•	•	•
Enhanced dashboard layouts to increase ease of learning	•	•	•	•	•
Ability to detach and position multiple dashboard option panels	•	•	•	•	•
New Quilts node in the model, listing individual quilts in the model tree	•	•	•	•	•
Design items group listing bodies & quilts at the top of the model tree	•	•	•	•	•
Create custom groups in the design item node containing quilts and bodies	•	•	•	•	•
View Design items tree side by side with Model tree	•	•	•	•	•



These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - GRAPHICS					
Enhanced graphic performance and realistic materials out-of-the box					
Easily switch to a full screen graphics mode, reducing clutter					
Appearance state definition to control different color combinations for the models					
Design in perspective					
Modernized ModelCHECK report making it easier for user to identify issues in the data and resolve them					
Utilize Render Studio when outputting Mechanism and animation movies (requires Render Studio)					
Custom floor orientation for rendering scene					
Transparency display control for boundary (BREP) and mixed (facets) geometry in the view tab					
Show datum planes as semi-transparent 3D objects to better understand datum plane position in 3D space					
Global transparency control for bodies & quilts					

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - ASSEMBLY					
Notification center improvements					
Intelligent assembly mirror to simplify part reuse					
Ability to store multiple color variations of a design using appearance states					
Ability to create solid weld geometry					
Ability to publish models to view as an Augmented Reality experience					
Mechanism - Detailed diagnostics and resolution suggestions during Mechanism failures					
Multibody support for data sharing features, component operations and analysis tools					
Inseparable assemblies for purchase parts - create a single file for a multi-component assembly					
Checkpoints can be merged in a design exploration session					



These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.



ptc.com

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - PART MODELING					
Ability to drive freeform geometry parametrically in Freestyle by aligning edges of Freestyle geometry with external geometry including: positional, tangent, or normal constraints		•	•	•	•
Chordal round option		•	•	•	•
Define round transitions using circular, conic, and C2 continuous cross sections		•	•	•	•
Ability to un-trim a surface or quilt		•	•	•	•
Connection analysis tool to analyze position, tangency, and curvature continuity of curve and surface connections		•	•	•	•
3D thickness check tool to analyze mold geometry		•	•	•	•
Draft analysis enhancements to make results easier to interpret		•	•	•	•
Redesigned reroute functionality		•	•	•	•
Easily position holes at any specified angle		•	•	•	•
Import/export Freestyle control mesh		•	•	•	•
Support for multiple objects and enhanced splitting of the control mesh in Freestyle		•	•	•	•
Enhanced capabilities and functionality for Sketch based feature		•	•	•	•
Ability to create a midplane		•	•	•	•
Maintain analytic geometry for warp features		•	•	•	•
Ability to create solid weld geometry		•	•	•	•
Simplified material assignment and out-of-the box standard materials		•	•	•	•
3D Printing – direct connection to 3D Systems 3D Printers as well as iMaterialize online print Bureau		•	•	•	•
Volume Helical Sweep capability to create accurate geometry for grinding wheel and screw conveyor use cases		•	•	•	•
Faster redefinition of Feature Mirror		•	•	•	•
Sketch Region support allows re-use of sketches for several features		•	•	•	•
Easily apply drafts to design models containing rounds and chamfers		•	•	•	•
Freestyle – Slice Freestyle shape by designated datum plane		•	•	•	•
Freestyle – Preview the objects before importing them into Freestyle.		•	•	•	•
Freestyle – Toggle between standard and box modes to rapidly design your Freestyle surfaces		•	•	•	•
New Project option for datum point creation		•	•	•	•
Created helical trajectory curve within Volume Helical Sweep		•	•	•	•
Enhanced Mini-Toolbar support in Freestyle		•	•	•	•
Ability to suppress Freestyle shapes within Freestyle tree		•	•	•	•

D A T A S H E E T

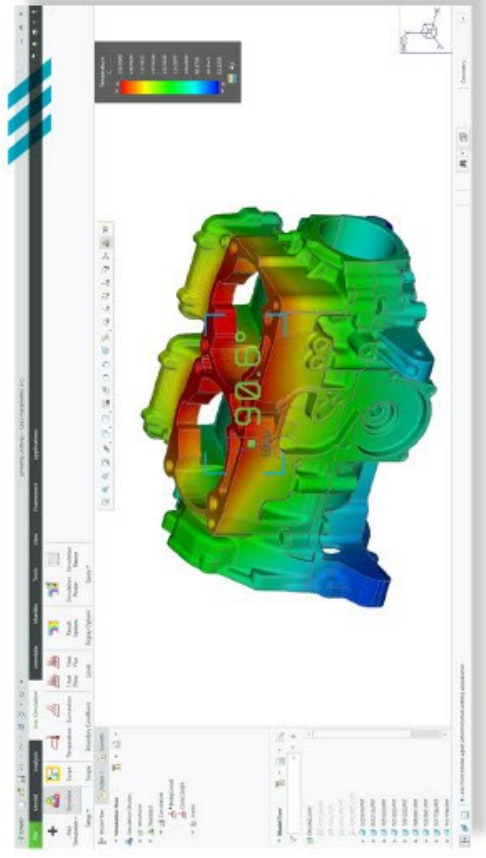




These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.



Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - PART MODELING (continued)					
Multibody concept for flexible part design methodologies					
Multi-material models					
Draft already drafted faces					
Freestyle - New edit mode allowing users to snap selected control mesh vertices onto selected triangulation objects					
Showing a snapshot preview of the quilt/body geometry at point in time after regeneration of the selected feature					
Copy Quilt/Body geometry at selected point in regeneration sequence of the design model					
Create multiple holes in one feature based upon sketch location					
Create a straight drilled hole in combination with the tapped, tapered hole section					
Lightweight holes available for all hole types					
Option to Replace references of quilts recursively					
Create a shortest distance curve on surface between 2 points					





These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - SKETCHER					
Snap to existing geometry	•	•	•	•	•
Clearer display of dimensions/constraints	•	•	•	•	•
Clip geometry by sketch plane for improved visibility	•	•	•	•	•
Ability to programmatically drive sketched font	•	•	•	•	•
Dimension preview while dragging and dimension glyphs (indicating the dimension type)	•	•	•	•	•
Improved graphical display of constraint icons in situations when they overlap sketched geometry	•	•	•	•	•
Improved design intent visualization (constraints and dimension references)	•	•	•	•	•
Easily mirror about any straight sketch entity	•	•	•	•	•
Enhanced control over dimension appearance in sketcher	•	•	•	•	•
Modernized dimension dragger. Easier to see, easier to grab & drag	•	•	•	•	•

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - SHEETMETAL					
Bend tool enhancements including the ability to bend multiple planes, bend line relief placements, and create multiple bend reliefs	•	•	•	•	•
Enhanced workflows and interface for twist wall creation	•	•	•	•	•
New capabilities for edge bend and edge treatment options	•	•	•	•	•
Ability to perform direct modeling-based operations to sheetmetal parts, whether native Creo designs or imported geometry	•	•	•	•	•
New Types of Corner Reliefs, Normal and Square, added	•	•	•	•	•
Additional control to Corner Relief orientation added	•	•	•	•	•
Improved flatten representation of sheet metal parts	•	•	•	•	•
Conversion is improved, by additional control to get unified sheet metal thickness	•	•	•	•	•
Flat and flange wall enhancements	•	•	•	•	•
Enhanced workflows and interface for Merge Walls	•	•	•	•	•
Design Sheetmetal geometry in context of regular geometry (multibody)	•	•	•	•	•
Create multiple flat walls in one feature	•	•	•	•	•





These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.



Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - DETAILING					
Tables Gallery for previews of predefined tables					
Properties dialog for tables and BOM balloon regions					
Text wrapping in table cells					
Extended controls and setting for BOM balloons, including type and reference text					
Dynamic repositioning of dimensions including snapping, free placement, and locking dimension lines					
New note and dimension creation user interface and format tab					
New comprehensive text symbol palette and True-Type text fonts to support ASME and ISO standards					
New Geometric Tolerance (GTOL) creation interface and workflow including syntax checking to ensure compliance with GD&T standards					
New Datum Feature Symbol creation interface and workflow including syntax checking of to ensure compliance with GD&T standards					
New Datum Target creation interface and workflow including syntax checking to ensure compliance with GD&T standards					
Intelligent built-in standard target areas for Datum Targets (point, circle, rectangle)					
Enhanced dimension creation and editing user interface and workflow					
Quickly and easily add raster images into drawing without using Microsoft Windows OLE					
Replace the model of a drawing view with a related model (family table, simplified rep, inheritance/merge) while preserving view settings and annotations					
Support for non-linear cross hatching patterns using industry standard pattern file format (*.pat)					
Mini Toolbars for 2D Drawings					
Improved Undo and Redo Support in Detailed Drawings					
Improved Large Assembly Performance in Detailed Drawings through HLR multi-threading					
Streamlined and modernized sketching tools in drawings					
Create construction draft entities in drawings					
Create 2D views from selected draft entities					



These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.



Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - 3D ANNOTATIONS					
Symbols in 3D notes support model based definition					
Print and Preview User Interface					
New comprehensive text symbol palette and True-Type text fonts to support ASME and ISO standards					
New Geometric Tolerance (GTOL) creation interface and workflow including syntax checking and semantic references to ensure compliance with GD&T standards					
Datum reference frame object integrated into GTOL allows specification of datum reference frame coordinate system to ensure compliance with GD&T standards					
New Datum Feature Symbol creation interface and workflow including syntax checking and semantic references to ensure compliance with GD&T standards					
New Datum Target creation interface and workflow including syntax checking and semantic references to ensure compliance with GD&T standards					
Intelligent built-in standard target areas for Datum Targets (point, circle, rectangle)					
Support for movable Datum Target symbol to ensure compliance with GD&T standards					
Enhanced dimension creation and editing user interface and workflow including support for semantic references of dimensions to ensure compliance with GD&T standards					
Enhanced selection and dynamic movement of all annotations					
Support for multiple appearances (color and texture) in the model that can be associated with combination states					
Control visibility of annotations and supplemental geometry either by direct assignment to combination state or by using layers					
Options to control publishing of combination states to Creo View and set the default combination state to be opened in Creo View					
Print models with multiple combination states as a multi-page output – each combination state on a separate page					
Mini Toolbars for 3D Annotations					
Improved Undo and Redo Support in Model-Based Definition					
Improved Failure Notifications for 3D Annotations					
Modernization of Notes workflow and interface for Notes					
Enhanced parent/child behavior for annotations					
Propagate all annotations during data sharing feature creation					
Additional Indicator options in Geometric Tolerance (GTOL) creation interface					
Use intelligent surface collection methods in standalone annotation					
Streamlined placement and editing workflows for symbols					
Interactive gallery for symbols					
Modernized and streamlined symbol customization					
Semantic reference support for symbols					





These tables highlight the primary product capabilities delivered in Creo 8.0 compared with Creo 7.0, 6.0, 5.0, and 4.0.



ptc.com

Creo Versions	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
User Experience - DATA EXCHANGE (included with Creo)					
Open CATIA®, NX™, and SOLIDWORKS files (maintain data natively)	•	•	•	•	•
Import CATIA, NX, SOLIDWORKS Autodesk Inventor, and Solid Edge files	•	•	•	•	•
Update and Export CATIA, NX, and SOLIDWORKS files	•	•	•	•	•
Support for current STEP AP242 including defined Product Manufacturing Information (PMI)	•	•	•	•	•
JT support for cross-sections, exploded states, and additional annotation types	•	•	•	•	•
Opening native Creo Elements/Direct models in Creo	•	•	•	•	•
Unified Import/export profiles for non-Creo formats	•	•	•	•	•
Validation tool to compare key characteristics of native and converted data	•	•	•	•	•
Transferring Configurations from Creo Elements/Direct to Explode States	•	•	•	•	•
Improved associative drawing Import from Creo Elements/Direct to support views containing Configuration information	•	•	•	•	•
3MF export	•	•	•	•	•
Open Inventor files (maintain data natively)	•	•	•	•	•
Easily select and define new import profiles for all required formats	•	•	•	•	•
Updated profile settings for Creo View Export to control model display settings	•	•	•	•	•
Updated Import Validation Tool improvements making it easier to identify and resolve issues	•	•	•	•	•
Support offset cross-sections in STEP format	•	•	•	•	•
3MF export to include appearances	•	•	•	•	•
Import and Export multibody parts	•	•	•	•	•
Solid weld geometry exported to STEP, JT or Neutral as separate bodies	•	•	•	•	•

Please visit the [PTC support page](#) for the most up-to-date platform support and system requirements.

© 2021 PTC Inc. (PTC). All rights reserved. Information described herein is furnished for informational use only, is subject to change without notice, and should not be taken as a guarantee, commitment, or offer by PTC. PTC, the PTC logo, and all PTC product names and logos are trademarks or registered trademarks of PTC and/or its subsidiaries in the United States and other countries. All other product or company names are property of their respective owners. The timing of any product release, including any features or functionality, is subject to change at PTC's discretion.

56082 -Capability-Comparison-In-Creo 4.0-8.0-02_21

Liite 5. Solid Edgen lisenssi vaihtoehdot ja niiden sisältämät ominaisuudet



	D&D	Foundation	Classic	Premium
Basic part and assembly design	✓	✓	✓	✓
2D drafting	✓	✓	✓	✓
Import/export to all popular 2D/3D file formats	✓	✓	✓	✓
Synchronous Technology (intelligent direct editing)	✓	✓	✓	✓
Data management	✓	✓	✓	✓
Mesh modeling (convergent technology)	✓	✓	✓	✓
Visualization tools	✓	✓	✓	✓
Cloud enabled	✓	✓	✓	✓
Prep for additive manufacturing	✓	✓	✓	✓
Advanced part and assembly design		✓	✓	✓
Sheet metal design		✓	✓	✓
Frame and weldments		✓	✓	✓
Bulk migrators		✓	✓	✓
Surface modeling		✓	✓	✓
Simulation for parts		✓	✓	✓
Subdivision modeling (advanced surfacing)			✓	✓
Photorealistic rendering			✓	✓
Standard partsLibraries (nuts, bolts, etc.)			✓	✓
Vendor catalog integration (CADENAS)			✓	✓
Adaptive UI			✓	✓
Reverse engineering			✓	✓
Engineering reference (springs, CAMS, gears, etc.)			✓	✓
Design for cost			✓	✓
Generative design			✓	✓
Pipe and tube design				✓
PCB collaboration				✓
Electrical routing				✓
Linear stress simulation (parts/assemblies)				✓
Advanced motion simulation				✓
Simulation optimization				✓

Liite 6. Teamcenter: Integration for Catia V5

Teamcenter

Teamcenter: Integration for Catia V5

Capture, manage and share Catia V5 data in a cPDM environment

fact sheet

Siemens PLM Software www.siemens.com/ugs

Summary
Teamcenter® Integration software for Catia V5 allows you to reduce your product development cycle times and cost by enhancing your Catia V5 environment to support best-in-class collaboration within your organization and with customers and suppliers, while enabling access to a preconfigured collaborative Product Data Management (cPDM) environment to further optimize your product development process.

Benefits

- Less time spent by your technical staff in finding the correct revisions of Catia data
- Enables consistent work processes to be followed across all data formats
- Faster product change and approval processes resulting in decreased time-to-market
- Integrate your Catia files with all of your technical data to provide a single source of product information that supports your complete design-through-manufacturing process

Features

- Use Teamcenter cPDM functions available from the Catia V5 interface
- Create and edit Catia V5 models, drawings and assembly relationships
- Perform partial load and load merge for efficient assembly management
- Create new product revisions or version updates for work in progress
- Generate drawing title blocks using Teamcenter attributes
- Manage mechanical properties of Catia models and assemblies
- On demand access to the user's Teamcenter workplace
- Store, load and migrate Catia V4 data to V5

Teamcenter Integration for Catia V5 enables all the design information created in Catia V5 to be captured, controlled and shared by your organization in a single, highly secure cPDM environment, while version management and access control ensure that the right people get the right information at the right time.

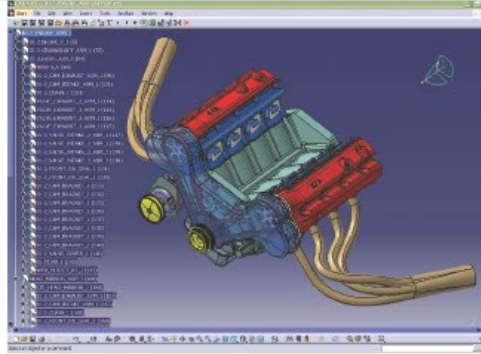
Using the Integration for Catia, design teams can quickly search and access Catia parts, assemblies and drawings to eliminate time wasted trying to find and share design information, while reducing change orders by ensuring that everyone is working from the latest design information.

The capabilities go beyond workgroup CAD data management, enabling design teams at different locations and through your supply chain to work closely together to streamline the product development process through multi-site collaboration.

Extend the value of Catia V5 with Teamcenter's cPDM environment

Everyday task and process management. Teamcenter delivers a cPDM environment that is focused on managing everyday tasks and processes for design through manufacturing. Industry best practice workflows for product release and engineering change are included to ensure that these processes are conducted consistently and efficiently.

Multi-CAD collaboration. Teamcenter's multi-CAD support enables design teams to create and modify component designs on any major CAD system, and assemble their innovations into a multi-CAD product design. Teamcenter synchronizes the product information to ensure that everyone is working from the latest designs while automatically managing both native and neutral CAD representations.



TEAMCENTER **SIEMENS**

Supported Catia Items

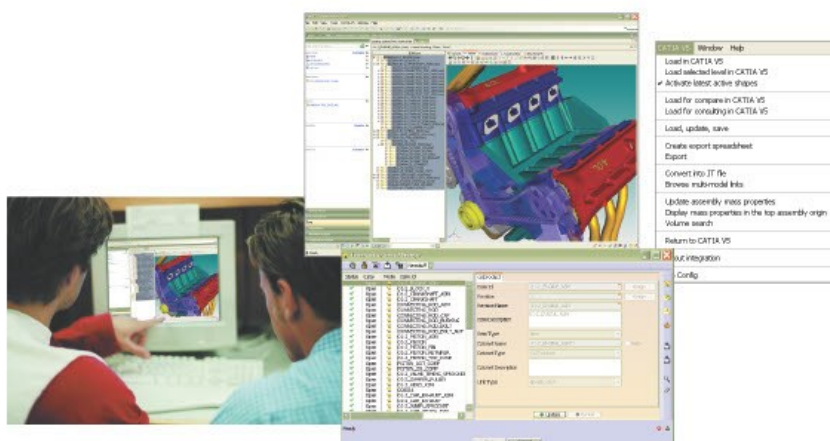
- Models (load and migrate V4 models to V5)
- CATParts (V5)
- CATProducts (V5)
- CATDrawings (v5)

Integration for Catia V5 – supported functions

- Load – new or merge with existing to create an assembly
- Save – as a new revision, new version, new assembly or individual items
- Save assembly – as a new revision, new version, new assembly or to create new items
- Synchronize title block using Teamcenter database attributes
- Proximity search for selective/partial product structure load
- Preserve and navigate multi-model links
- Create, configure and edit assemblies using Teamcenter and/or Catia V5
- Automatically generate and vault lightweight visualization (JT) files for digital mockup
- Save mechanical properties including volume, weight, surface area, moments of inertia
- Work with multiple Catia sessions and leverage the V5 CGR cache
- Store, load and migrate Catia V4 data to V5
- Workspace – access Teamcenter workspace and functions such as search and retrieve, where used, check-in/check-out, view and workflow

The Teamcenter advantage

Teamcenter is the world's most widely deployed PLM system, and is backed by Siemens PLM Software's leadership in delivery. Users of Teamcenter can easily expand the scope of their cPDM implementation by taking advantage of Teamcenter's comprehensive portfolio of applications and its proven scalability in terms of performance and global implementation.



► Contact

Siemens PLM Software

Americas 800 498 5351

Europe +44 (0) 1 276 702000

Asia-Pacific 852 2230 3333

www.siemens.com/ugs

SIEMENS

© 2007 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens and the Siemens logo are registered trademarks of Siemens AG. Teamcenter, NX, Solid Edge, Tecnomatix, Parasolid, Femap, I-deas, JT, UGS Velocity Series, Geolias and the Signs of Innovation trade dress are trademarks or registered trademarks of Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. or its subsidiaries in the United States and in other countries. All other logos, trademarks, registered trademarks or service marks used herein are the property of their respective holders. 9/07

Liite 7. NX-lisäosat

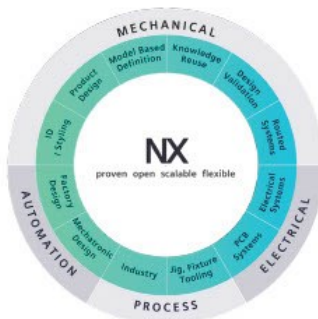


NX Mach Series add-on modules

Extending product development features and capabilities

Benefits

- Extend features and capabilities of the NX Mach Series
- Configure with process-, industry- and application-specific tools
- Provides flexible token-based licensing



Summary

NX Mach™ Series software offers pre-configured solutions targeted to specific product development disciplines and problems. You can extend and enhance the functionality of the Mach Series with add-on modules. These add-ons enable you to configure your solutions to specific requirements with specialized design tools, standard parts applications, design-integrated simulation solutions, programming and customization toolkits and direct translators. The “token licensing” marked add-ons in the product overview are part of the value-based licensing pool. Token licensing provides you with extra flexibility, as you can use the tokens to activate any product that is part of the token pool.

Core applications

NX provides various core functionalities that enable you to exchange data between proprietary systems and NX, check designs in full size with virtual reality tools and give you an extra boost in usability with artificial intelligence (AI) powered command prediction.

NX STEP AP 242*

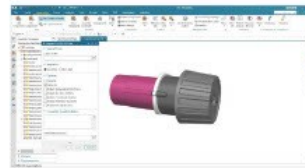
Bidirectional translation using the STEP AP242 translation protocol

NX CATIA V4 translator*

Delivers bidirectional translation between CATIA V4 and NX. Users can access files from the file open, file save as, file import and file export dialogs. This tool flattens assemblies to a single level on both import and export.

NX CATIA V5 translator*

Provides bidirectional translation and reads CATPart and CATProduct files. This tool reads coordinate systems, points and part substructure, geometry, assembly structure and attributes of color, layer and name into NX.



NX Pro/E Interface*

Reads native Pro/E and Creo solids and surfaces from *.prt and *.asm files and creates an NX part or assembly.

NX ACIS Translator*

Two-way data exchange between NX and CAD models in the ACIS modeling kernel format.



siemens.com/nx

*Token licensing available

NX Mach Series add-on modules

NX Translator for IFC

Bidirectional translation using the Industry Foundation Classes (IFC) file format, which describes architectural, building and construction data.

NX Command Prediction*

The machine learning/artificial intelligence-enabled user interface can predict and serve up commands to the user based on learned command usage patterns. It allows design environment personalization by considering the differences in knowledge, style and preferences. Leveraging and sharing of learned command usage data enable a reduced learning curve, promote use of domain and or industry-specific best practices and increase productivity.

NX Viewer*

With NX Viewer, NX models and drawings can be opened, viewed and measured in the native NX format. This is ideal for users who have access and need to view NX data, but do not intend to save or reauthor NX data.

NX DMU and Markup*

Provides access to digital mockup (DMU) and markup functions including create DMU workset, create snapshot, manipulate snapshot, insert product, move in work set, reset to design state and add markups.



NX DMU & Markup Add-on for NX Viewer*

Provides the NX Viewer user with the ability to perform digital mockup functions.

NX Virtual Reality Review

With NX Virtual Reality, designers and engineers can experience designs at human scale giving a unique perspective. NX Virtual Reality is fully integrated enabling one-click access to an immersive experience with no data preparation. All the inspection tools in NX Virtual Reality will be familiar to NX users including measure, section, hide and isolate.



NX Virtual Reality Collaborate

Now with the addition of multi-person collaboration, entire teams can collaborate in NX Virtual Reality to review designs at the same time, from anywhere in the world.



NX Appearance Management*

Enables designers and engineers to quickly and easily set up a series of visual appearances on a single master model.



When combined with NX Render, these visual appearances can be rendered at high quality for design reviews or marketing assets.

NX Multi-user Design Notification*

This functionality allows designers to save time and eliminate rework by discovering design changes as they occur. Designers can decide which parts they follow and get notified when the followed parts are checked-out, checked-in or saved. Loaded parts are automatically updated to the latest version and users can customize the notification center.

Mechanical

Industrial design and styling

Create aesthetically appealing, innovative products with fast concept design, freeform shape modeling and surfacing capabilities including subdivision modeling, class-A surfacing and reverse engineering. Enhanced visualization with both dynamic and real-time photorealistic rendering tools create visually stunning models.

NX Render*

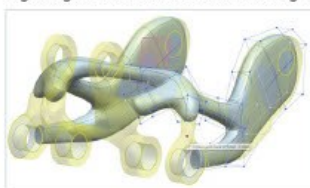
Powered by best-in-class rendering technology, NX Render enables the creation of photorealistic images for design reviews, marketing assets and sales collateral. Creating the perfect looking image in NX Render is now easier than ever with the addition of an all-new set of render-ready materials. In minutes you can drag-and-drop materials, lighting and cameras into your scene to achieve amazing results.



*Token licensing available

NX Realize Shape*

Using subdivision modeling methods, users can create advanced 3D product shapes with unprecedented speed and ease of use. The toolset is equally suited to creating quick 3D concepts or final surface shapes of the highest quality. NX Realize Shape™ is fully integrated with all other NX modeling functions, allowing for seamless incorporation with traditional modeling approaches to achieve a high degree of refinement of the design.

**NX Draw Shape***

Enables designers to visually convey and communicate aspects of the design prior to investing in 3D models. This add-on enhances NX capabilities by enabling freehand drawing of wireframe shapes on bodies.

**Product design**

The core modeling capability of NX combines wireframe, surface, solid, parametric and direct modeling in a single environment that enables designers to choose the most appropriate tool for the task at hand. Pioneering capabilities such as synchronous technology and Convergent Modeling™ technology make it easy to edit designs with simple push-pull methods and work with facet/mesh data in the same modeling environment. The adaptive UI of NX uses machine learning to help designers improve productivity.

NX Show/Hide Similar

This machine learning-enabled functionality allows user to show or hide multiple components that are geometrically similar to a selected component. This functionality helps you to easily declutter assemblies or perform operations on geometrically similar components.

Layout for NX

This 2D conceptual design solution allows you to take advantage of essential 2D requirements and to leverage a familiar drawing environment. NX Layout provides many dedicated tools to support 2D data migration, 2D design and layout as well as 2D-to-3D capabilities to explore concepts in 2D, iterate and transfer to 3D to generate 3D models and assemblies.

NX WAVE Control*

NX WAVE Control is a geometry linking tool that enables designers to define interpart relationships for parametric assembly modeling. WAVE assembly control structures and constraints help simplify design changes and accelerate modeling of configurations, options and variants.

**NX Assembly Path Planning***

The assembly path planning software automatically determines the optimum, interference-free path for extracting a component from an assembly. The resulting path is stored as a set of steps within an assembly sequence. The extraction path can streamline serviceability studies by verifying component access without requiring a physical prototype or extensive analysis. **NX Lattice Structures**

Design

Often used in additive manufacturing, lattice structures allow weight reduction without compromising structural integrity. NX Lattice Structures Design provides a powerful set of design capabilities including custom lattice cells to suit specific design needs such as improved strength, rigidity, impact resistance, energy absorption or porosity, as well as custom and randomized lattice structures. Filtering for individual lattice rods and creation of special tetrahedron surface and volume lattice structures is possible.

**NX Structure Designer***

Create structural frames more efficiently with the easy-to-use structural frame modeling capability. You can create structural frames in minutes by leveraging the frame drawing assistant, which can create 2D skeletons with minimal clicks.

**NX Topology Optimization for Designers**

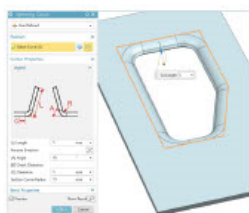
This design optimization tool can be used to automate the improvement of structural designs, while still meeting the

*Token licensing available

various performance, material and manufacturing requirements. It contains powerful optimization capabilities including the ability to set up and perform an optimization on a single component or system assembly, the ability to add various design and manufacturing constraints to control the results of the optimization, such as design symmetry, offset, shelling, blending, additive overhang angles, additive self-supporting, additive material spreading, molding, casting, machining and extrusion.

NX Advanced Sheet Metal*

Users can model complex sheet metal parts that contain drawn features and nonlinear bend lines. The advanced flange function allows easy creation of nonlinear flanges using customer input parameters or existing geometry to define shapes and specify end limits. The completely revised joggle function enables complex joggles to be added to flanges or tabs including single and multiple jogs. The flat pattern feature provides rich data for downstream consumption.



NX Fabric Flattener*

Designed to generate flat patterns for woven or unidirectional fabric materials. It can be used to flatten composite laminate plies, or any materials that conform to the theoretical models for woven or unidirectional fabrics.

NX Human Modeling*

Designers can create feature models of human beings, which can be used identify fit, clearance and reach issues in designs. The human models can then be used to explore and verify how people interact with product designs, all within the NX environment.

NX Human Modeling Posture Prediction*

Specifically aimed at the automotive industry, posture prediction enables users to position a model of a human driver, front passenger, or rear passenger in a statistically accurate seated position inside an automotive vehicle. Users specify the position of the hands and feet in a specific location, such as the driver's hands and feet touching the steering wheel and brake pedal and the model then predicts an occupant's hip location, eye locations and arm and leg positions based on the type of vehicle and the occupant's hand and foot locations.

NX Weld Assistant*

Creates weld, structural adhesive and mechanical connection features. It includes resistance spot welds, mechanical clinches, arc welds in the shape of fillets, butt, J, V, bevel and flared bevel. Sealer beads can be generated with any cross-sectional shape and spray-on adhesive, mastic or glue can be defined. There are validation checks for all discrete weld types along with import and export capability. An automatic annotation function generates standard weld symbols and product and manufacturing information (PMI), and all weld features can be published to Teamcenter when running in managed mode.

NX Drawing Automation*

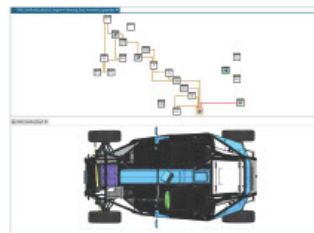
Provides a framework for developing a company-specific drawing automation solution. With this framework, users can define a highly customized set of rules for creating drawings to specification. Also included are tools for developing custom templates used to automate the drawing process.

NX Physical Architecture Diagram Author*

Used for model-based systems engineering (MBSE), this add-on helps with managing and tracing large numbers of product and technical requirements throughout the design process. It can show connections such as WAVE links, assembly constraints and dimensions between components of a 3D assembly and reports on the status of requirement checks on measurement. The package can be used standalone in NX or in conjunction with Teamcenter MBSE parameter management.

NX Physical Architecture Diagram Viewer*

The viewer shows connections such as WAVE links, assembly constraints and dimensions between components of a 3D assembly and reports on the status of requirement checks on measurement.



NX Physical Parameter Management Author*

Also used for MBSE, this add-on manages mechanical requirements and measures results for master 3D and CAE models. It enables users to create and report on measurements in the CAD model and also reports status of checks on values from CAE results performed in other applications such as Simcenter™ 3D software.

*Token licensing available

NX Physical Parameter Management Viewer*

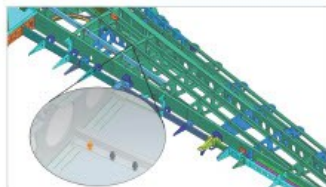
The viewer displays reports on measurements in the CAD model and also reports status of checks on values from CAE results performed in other applications such as Simcenter 3D.

NX Reference Point Cloud View

NX Reference Point Cloud View allows users to visualize point cloud files in the point database (POD) format. The software enables designers to easily add referenced point cloud objects into layout models (for example from NX Line Designer and ship design applications) and perform various operations on the point clouds including measurements and clipping. NX Reference Point Cloud View helps improve virtual planning workflows and reduces the number of errors during the physical implementation.

NX Join*

Reduces the time to place and define fasteners and hardware, while improving the quality of the fastener assembly design. Users can define standard joint features with information and attributes about the connection between assembly components. NX Join covers the basic definition of point-based connections including rivets, bolts, adhesives, and spot welds.



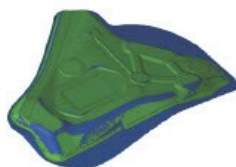
NX OmniFree Transformer

Morph surfaces to points or curves in the NX environment. The points/curves compensate for springback that occurs during stamping.



NX OmniMesh Transformer

This add-on is used for tool morphing, providing capabilities to morph surfaces to CAE meshes, STL data or point clouds in the NX environment. The mesh/STL/point cloud compensates for springback that occurs during stamping.

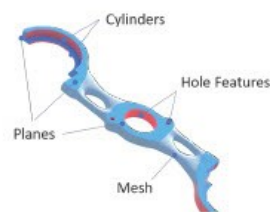


NX Algorithmic Modeling* This module aids in the creation of algorithmically driven designs. Users can design and automate advanced variational, parametric shapes that are not possible through traditional interactive CAD modeling. It uses a novel, logic editor-based approach to building an algorithm that defines the shape and variability of a design provides an easy-to-use interface and works ideally for automation and design templization.



NX Advanced Convergent Modeling™

Innovative capabilities to seamlessly work with mesh geometry in an integrated CAD workflow. With the aid of this add-on it becomes much easier to work with data from 3D scanners, polygon modelers and simulation software and data from topology optimization. These tools also make it easier to prepare mesh (STL) geometry for 3D printing.

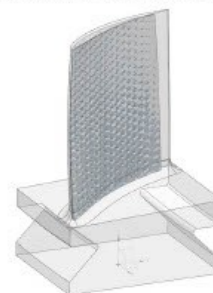


NX Implicit Modeling*

Users can create equation-driven structures and perform robust modeling operations on complex designs. Advanced geometric shapes can be designed with relative ease and complex operations between geometry have a high degree of robustness over more traditional methods like b-rep modeling. Through the usage of Convergent Modeling, NX can represent these results in a usable format for downstream modeling and simulation/manufacturing operations.

NX Design for Additive Manufacturing*

Innovative capabilities that aid in the process of designing parts that are suitable for production using 3D printing.



*Token licensing available

Model-based definition

Model-based definition capabilities in NX enable the production of a complete digital definition of a product within a 3D model. By establishing the model as the single source of truth, NX reduces the time spent on engineering documentation, drives downstream tools for validation and manufacturing, and reduces late changes and scrap.

NX Model-based Definition

NX Model-based Definition is an add-on to the NX Product and Manufacturing Information application and delivers advanced capabilities to support model-based definition deployments.

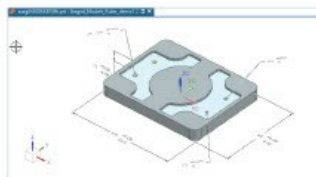


NX PMI Effectivity*

NX PMI Effectivity helps users who design products that contain a large number of variations determine which product and manufacturing information (PMI) on a model is relevant for each product configuration. NX PMI Effectivity adds the ability to infer the effectivity of PMI objects based on the geometry referenced by the PMI. This will enable the display of only those PMI objects that are relevant to the selected configuration of the product.

NX Staged Models*

Streamline the overall staged model design process for production planning and author complete manufacturing information within the 3D staged models. It includes geometrical representation of staged models, PMI and other manufacturing process information.



NX Technical Data Package

A technical data package can contain important technical data such as models, drawings, associated lists, specifications,



standards, and performance requirements. NX Technical Data Package provides functionality to create, modify, save, store and re-use technical data package templates and to publish technical data packages to industry-recognized formats, JT plus PDF and 3D PDF.

Knowledge re-use

The knowledge re-use capabilities in NX shorten design cycles, reduce development costs, and improve productivity. With knowledge-driven automation capabilities, your company can capture, re-use, and consistently apply best practices across product lines.

NX Product Template Studio Author

Templates can be used to modularize a design, breaking a complex assembly into manageable modules that can then be recombined as needed to configure complex products. NX Product Template Studio Author can add a user-defined interface to any parametric model, which allows parametric models to be intuitively described and packaged for later re-use.

NX Product Template Studio Consumer*

Display and interact with user-defined template interfaces created by the Product Template Studio Author application. This consumer license will also enable the template model user interface to be automatically invoked as template models are consumed from the NX Reuse Library.

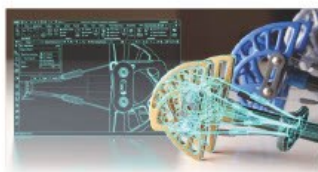
NX Open Toolkits Author

NX Open is a collection of application programming interfaces (APIs) that enable custom applications for NX through an open architecture using well-known programming languages (C/C++, Visual Basic, C#, Java, and Python). Custom programs can automate complex and repetitive tasks, integrate third-party applications and customize the NX user interface.

NX Open for .NET Author

The NX Open for .NET Author license provides the NX .NET API libraries, documentation, and utility tools required to create .NET custom applications.

*Token licensing available



NX Open Python Author

The NX Open Python Author license provides the NX Python API libraries, documentation, and utility tools required to create Python custom applications.

NX Open Dialog Designers

NX Open Dialog Designers provide the application modules, visual dialog builder, libraries and documentation necessary to interactively construct production-quality dialogs for use in the NX environment and supported platforms. The dialog designer consists of two design tools: the Block Styler, which provides interactive tools to design block-based dialogs, and the User Interface Styler, which provides various widgets to construct a dialog for use in the NX environment.

NX Open GRIP Author

Graphics Interactive Programming (GRIP) is a programming language that enables automated operations in NX. In some cases, GRIP can perform advanced, customized operations in a more efficient manner than using NX interactively. NX Open GRIP Author provides the GRIP Advanced Development Environment (GRADE) for editing, compiling and linking GRIP programs.

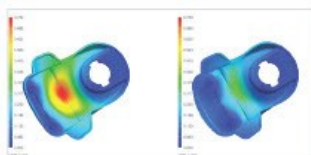
Design validation

NX provides powerful visual product analytics and validation tools that enable you to quickly synthesize information, check designs for compliance to requirements, and make informed decisions. Integrated design-for-manufacturing checks significantly reduce engineering change orders (ECOs), manufacturing defects, costs and

delays. With design-integrated motion, structural, and thermal simulation tools in NX, you can quickly compare design alternatives and optimize performance characteristics from the earliest stages of the design process.

NX Design Simulation

This design-integrated structural simulation tool helps you validate the structural performance of your design. Compare design alternatives and optimize performance characteristics of products from the earliest stages of the design process. Simulation technology is based on and scalable to Simcenter 3D for further analysis by expert analysts. The result is a highly iterative and predictive engineering process that delivers innovative designs, higher quality products and reduced time-to-market.



NX Motion

Predict and understand the functional dynamic mechanical behavior of assemblies and mechanisms. NX Motion is an advanced yet simple-to-use solution that allows designers and engineers to understand, evaluate and optimize the complex motion behavior of assemblies and products. Based on Simcenter 3D simulation technology, NX Motion is a complete solution for kinematics and dynamic motion analysis of rigid multi-body as well as static equilibrium, and data can easily be transferred to Simcenter 3D for more detailed analyses. The early use of performance simulation is key to the evaluation of design options to increase design confidence and reduce risk.



NX Animation Designer*

With this easy-to-use motion simulation application, designers can model the kinematic behavior of any product with moving parts in a time-based manner. This application helps designers gain a better understanding how the product will operate and determine clearances between parts during movement. NX Animation Designer can also be used to create disassembly animations for visually appealing product presentations.



Simcenter FLOEFD for NX

A full-featured 3D computational fluid dynamics (CFD) analysis solution, Simcenter™ FLOEFD™ software enables design engineers to work directly on their CAD models to prepare and evaluate CFD simulations for fluid flow and heat transfer.

NX EasyFill Analysis

This integrated mold flow simulation tool enables designers to analyze part and mold designs during early stages of design. The analyses can be done with a pioneering 3D technology and through high-performance 3D filling simulation.

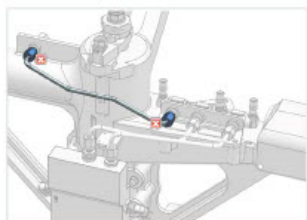
*Token licensing available

NX EasyFill Analysis – Advanced

Validates mold designs prior to manufacturing through capabilities such as multi-gate analysis, packing, shrinkage and fiber orientation. In addition to these capabilities, simulation preprocessing and postprocessing are performed inside the NX CAD environment.

NX Check-Mate Author

NX Check-Mate provides an automated, customizable tool that helps users proactively improve product quality. The customization capabilities deliver reliable model and part checking and make sure that your CAD data meets your expectations.

**NX DFMPro**

This validation add-on executes design-for-manufacturability (DFM) checks on your CAD model by using a one-button click to identify potential problem areas. This check returns valuable information about model integrity with respect to downstream manufacturing processes. The checks include coverage of injection molding, casting, sheet metal, tubing, general machining and assembly.

NX VDA 4955 Checker*

The Association of German Automobile Industry (VDA) add-on software checks the quality of curves, faces, solids and drawing data in an NX part file. It verifies that curves and surfaces adhere to international standards and local country regulations.

NX HD3D Visual Reporting*

NX HD3D Visual Reporting software displays information of interest from your company's data sources directly into the

3D product design environment. The capability helps designers make unambiguous assessments, interpret information more accurately and synthesize product and process data rapidly into correct design decisions. NX HD3D Visual Reporting comes with a set of predefined, out-of-the-box reports that provide design teams with answers to commonly asked questions. Reports related to ownership, check out, part maturity, projects, load status, validation status and more are available for instant use. With the authoring capability, companies can create and modify custom reports to extract and present the data.

NX One-step Formability Analysis*

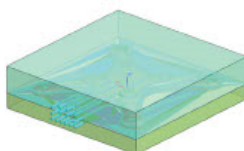
NX One-step Formability Analysis provides a quick and accurate finite element modeling (FEM) sheet metal forming analysis, while also providing tools for creating flattened blanks and pre-forms from complex freeform geometry.

NX Molded Part Validation*

Analyzes parts and automatically provides designers with information about draft angles, undercut areas, sharp corners, small radiuses and other items that could compromise molding quality. It also provides designers with an easy visual check of core and cavity sides.

NX Mold Cooling*

NX Mold Cooling provides wizard-based capabilities to rapidly simulate the thermal performance of injection mold inserts,



identify hot spots and uneven temperatures on the parts, generate reports and compare the performance between design iterations. Users will be able to perform both 1D duct flow simulation and 3D CFD simulation.

NX Forming

The advanced forming analysis solution offers state-of-the-art capabilities for sheet metal forming analysis and all steps in the forming process, including gravity, binder wrap, crash forming, drawing, trimming, flanging and springback.

NX Forming SMP

By enabling parallel processing, users can solve larger forming analyses very quickly. Using distributed memory architecture, NX Forming SMP offers high performance computing (HPC) by taking full advantage of multiple-CPU, multiple-core and multiple-thread configurations of the latest computing platforms in the Windows environment.

Routed systems

NX digital product development solutions include an integrated suite of tools that facilitate the entire design process for routed systems, including wire harnesses, cables, piping, tubing, conduit and raceways. These process-specific tools reduce detailed design time, improve product quality and transfer product information seamlessly between the logical design, physical design, analysis, manufacturing and service domains.

NX Routing Base*

NX Routing Base provides core capabilities used by all NX routed system design solutions. These includes all of the general capabilities needed to create, edit, copy and move paths. NX Routing Base also includes tools for defining standard part libraries, selecting parts from libraries and intelligently placing standard parts within the paths. It also enables designers to define standard stock specifications and assign them to paths.



*Token licensing available

NX Routing Piping and Tubing*

Optimizes piping and tubing design workflows through intelligent path creation, specification-driven part selection, smart part placement, collision detection, weight calculations and knowledge rules that concurrently validate designs against company and industry standards. The product supports both rigid and flexible pipes and tubes.

NX Routing HVAC*

NX Routing HVAC delivers 3D tools for creating, modifying, validating and documenting HVAC systems. It optimizes HVAC design workflows through intelligent path creation, specification-driven part selection, smart part placement, collision detection, weight calculations, duct splits, duct size calculation and knowledge rules that concurrently validate designs against company and industry standards. The product supports predefined catalogs of HVAC parts and parametric templates that can be modified on-the-fly (smart sizing) to fit any space constraints. Together with other NX capabilities like hangers and sheet metal flat patterns, this product provides a complete lifecycle solution for HVAC design.

NX Piping Fabrication Drawings and PMI

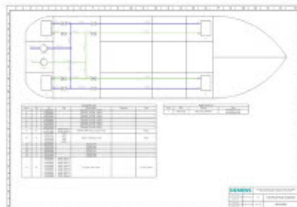
An add-on to NX routing that creates 3D PMI information and corresponding piping isometric drawings from piping models. All the necessary information for downstream fabrication is captured in the form of dimensions and annotations from the 3D model. Custom parts lists can also be created for the fabrication drawings. Existing PMI views with dimensions, annotations and tables can be updated based on changes to the 3D model.

NX Penetration Management*

NX Penetration Management provides an interface for creating, managing and responding to penetration requests between different user groups responsible for steel structures and routed system design. The process begins with a routed system designer (such as a piping designer) who requests pipe penetrations through structures that are designed and maintained by a different design group such as a structure group. A penetration request defines the location of the required cutout and initiates a workflow that can be customized by the end user to meet specific needs. A typical workflow includes several review steps that must be completed before the cutout can be created to satisfy and close the request.

NX P&ID Designer

Designers can create piping and instrumentation diagrams with this 2D authoring tool. The application includes authoring capabilities, libraries, connectivity validation, 2D-to-3D integration and object-level data management using Teamcenter. Companies adopting NX P&ID Designer can expect to realize a faster, more flexible design and change process for reduced design costs and faster times to market.



Electrical

Electrical systems

NX offers advanced software tools for the complete development of electrical systems, from electrical/electronic architecture definition, through detailed electrical design and wire harness manufacturing, to documentation and diagnostics.

NX Routing Cabling*

Helps with routing electrical cables in a product assembly along with typical mechanical parts and supporting equipment such as conduit and raceways. The software can automatically find paths that have been routed between devices and can assign the cable descriptions to the path segments. Actual cable lengths and diameters can be automatically added to the connection list for feedback to upstream ECAD applications or downstream to manufacturing applications.

NX Routing Harness*

Designers can route an electrical wiring harness consisting of bundles of wires and specify typical mechanical parts and supporting equipment such as connectors and other devices.

The software can also import the wiring characteristics for connections between electrical devices. Actual wire lengths and diameters can be automatically added to the connection list for feedback to upstream ECAD applications or downstream to manufacturing applications.



PCB systems

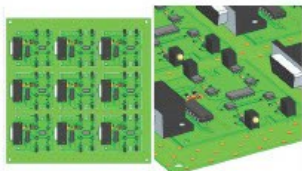
NX provides an environment for the design of both flexible and rigid printed circuit boards (PCBs). Based on workflows common to the design of printed circuit boards, the PCB design tools help model printed circuits rapidly and accurately in the context of an assembly and send the outlines to manufacture or to an ECAD system for further refinement.

NX PCB Exchange

NX PCB Exchange provides a foundation for intuitive and efficient design of rigid and flexible printed circuits. NX PCB Exchange allows direct connection with

*Token licensing available

all major printed circuit board (PCB) design applications, supporting various PCB data interchange formats (IDF, ProSTEP EDMD Schema, IDX) and manufacturing formats (ODB++, GenCAD).



NX PCB Exchange for Zuken

Transmits information between NX and Zuken CR-5000 and CR-8000 PCB design software. Data such as the board outline, hole placements, component placements, keep-in and keep-out regions can be transmitted back and forth using a format native to the Zuken product. The software also enables enhanced data exchange concerning board layers, copper trace geometry and bend region geometry.

NX Flexible PCD*

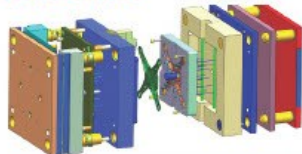
The PCD design tools help model printed circuits rapidly and accurately in the context of an assembly and send the outlines to manufacturing or to an ECAD system for further refinement. The printed circuit model developed in NX can be checked for clearances and tolerances, and the finished board model can be transferred to an ECAD system for component placement and circuit trace or layer development.

Process-based applications

Jigs, fixtures and tooling

Automate the entire tool development process including part design, tool assembly layout, and detailed tooling design and validation using advanced NX functionality. With step-by-step guidance and associativity to part designs, you can work with even the most challenging tooling and fixture designs.

NX Mold Wizard*



Designs can be created quickly and efficiently with this complete working environment of supporting functions and component data for mold designs. A process thread approach is employed to identify and develop the critical functions required to complete mold design tasks. The approach includes the implementation of tools that simplify, automate and guide users through the tasks involved in the design of plastic injection molds.

NX Feature2Cost – Stamping

The NX Feature2Cost add-on provides the capabilities needed to analyze the



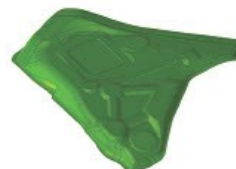
product design and identify key features such as bends, embossing and sheet metal thickness that influence the manufacturing of stamping tools. Once the features are analyzed and identified, the information is transferred to Teamcenter tool costing software to estimate manufacturing costs.

NX Feature2Cost – Mold*

Helps users to analyze the product design and identify key features such as ribs, openings, cores/cavities, side cores and others that influence the manufacturing of injection molds. Once the features are analyzed, the information about these features is transferred to Teamcenter tool costing to estimate the cost to manufacture the injection molding tools.

NX Flow Blend

Enables designers to create robust constant or variable blends along multiple complex faces with small curvatures that are essential for manufacturing.



NX Electrode Design*

A time-saving, step-by-step solution that streamlines design and production of electrodes for electrical discharge machining (EDM). This solution helps automate and effectively design, validate, document, manufacture and manage the entire electrode development process from design through production.

NX Progressive Die Wizard*

The NX Progressive Die Wizard add-on offers the tools to construct progressive stamping dies. When planning the forming process, designers can define the pre-process, unfold the part and perform formability analysis (using NX One-step Formability Analysis), nest the flat pattern (blank layout), design the scrap, and determine the strip and tool layout.



NX Die Structure Design*

Assists tool designers with specific tools for creating blank, draw, trim and flange dies and associated transfer equipment for stamping sheet metal parts.

*Token licensing available

NX Die Engineering*

The Wizard-like environment provides process-specific tools for die face design.

NX Molded Part Validation*

Analyzes parts and automatically provides designers with information about draft angles, undercut areas, sharp corners, small radiuses and other items that could compromise molding quality. It also provides designers with an easy visual check of core and cavity sides.

Industry-specific applications

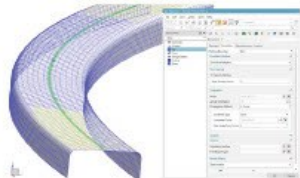
NX delivers workflow solutions built for the specific needs of individual industries with modules for aero structure design, vehicle design automation, ship structure design, human modeling and automation engineering of production systems.

NX General Packaging*

NX General Packaging is a set of software assistants and advisors that automate a wide range of tasks associated with the mechanical, safety, vision and occupant packaging of a vehicle. The vehicle design automation functionality checks designs for compliance with international standards and local country regulations.

Fibersim*

The Fibersim™ portfolio includes special-purpose tools for engineering and manufacturing parts from fiber-reinforced



composite materials. The software delivers a 3D environment that supports a concurrent engineering process in which design and analysis are performed in the context of the manufacturing process.

Mastertrim

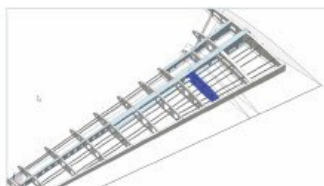
Mastertrim™ software provides tools for engineering transportation seating and



interiors that efficiently define, communicate and maintain a complete and single representation of the automotive seat and interior components across disciplines. Once the master model is defined, Mastertrim provides upstream and downstream benefits, including enabling concurrent engineering, early cost feedback, quicker and more reliable changes, styling criteria verification and the reduction of design iterations.

NX Aerospace Design*

NX Aerospace Design offers a set of tools (aero step, aero rib, aero shelf, aero flange) specifically tailored for designing aerospace parts. NX Advanced Sheet Metal tools for the creation of non-straight-brake parts are also included.

**NX Ship Structure Basic Design***

Designers can quickly model a preliminary macro view of the ship based on inputs available from the concept design stage. Users can easily model and modify a structural macro view of the ship to support early design-stage analysis, drawing generation and transition to detail design. The basic design model includes hull, plate and profile systems that can be further split with seams into smaller subsystems. Designers can define

decks, bulkheads, pillars, stiffeners and edge reinforcements. Standard parts, brackets and cutouts can be added to the basic design model. The resulting models can be used in gross material estimates and weight and center-of-gravity calculations. The basic model transitions seamlessly to detail design.

NX Ship Structure Detail Design*

NX Ship Structure Detail Design provides tools needed to define and modify ship structural detail parts. It includes parametric detail feature definition for quick placement and modification of plates, stiffeners, brackets, holes, profile cutouts, clips and collars, chamfers, end cuts, corner features, edge features and flanged plates. It also supports creation of structural pillars and application of insulation material to steel surfaces. All data generated from detail design can be used for manufacturing and production planning outputs.

**NX Ship Structure Manufacturing Preparation***

NX Ship Structure Manufacturing Preparation enables creation of data for structural part fabrication. Manufacturing parts can be created from the detail design parts within a manufacturable unit and can be restructured to organize parts and enable welds distribution within the manufacturing assembly structure.

*Token licensing available

NX Ship Drafting*

Aids in the creation of ship drawings required for classification approvals. Users can create frame bars on drawing views along with shipbuilding-specific baseline dimensioning methods. Ship section drawing views can be automatically annotated to include stiffener section symbols, structure ID symbols, filling lines representations, scantling information and continuity symbols. Designers can add annotations to each ship structure object and control color, fonts and widths of the ship structure lines.



NX Ship General Arrangement Design*

Ship designers can create quick and accurate proposals for new ships based on customer requirements during the concept design phase. It provides tools for creating a 3D model of the general arrangement of a ship and its corresponding 2D drawings. The application



includes the capability to initialize the general arrangement design process based on a configurable product structure along with the definition of the concept grid model and the deck-based breakdown of the ship. Each deck can

then be detailed by individual designers into room spaces based on a specific purpose. Net and gross volume and surface area for each space is calculated. The ability to add standard equipment, parts and accommodation-related items from the re-use library to these spaces is also provided.

NX Issue Management

Adds an interface inside NX for integrating directly with Teamcenter-based issue management capabilities. The tool enables NX users to directly create, edit, and manage issues and associate 2D images and other files with issues.

NX Rules-based Structure Welding*

Enables shipbuilders to automatically define welds in the 3D model. This application generates a lightweight object to represent each weld joint, enabling very large quantities of welds to be defined and worked with in NX. The software creates weld joints automatically based on the 3D part geometry and material, including the placement and bevel configuration. Supports varying bevels, 3D edge preparations, automated product manufacturing information and drawing weld symbols.

Automation

Mechatronic design

NX provides a multidisciplinary approach to machine design that breaks down barriers between electrical, mechanical and automation engineers. With a library of joints, motors, sensors and actuators



along with kinematic and dynamic properties for each component, machine designers can rapidly perform a physics-based, interactive simulation to verify machine operation.

NX Mechatronics Concept Designer*

NX Mechatronics Concept Designer (MCD) delivers a functional design approach to build concept models that combine mechanical, electrical and software components based on system-level product requirements. It enables early conceptual design in the disciplines of mechanical, electrical, and automation design and engineering and their associated parallel interdisciplinary workflows, supporting a coarse-to-fine product development process.

NX MCD Player*

A read-only viewer and simulation player for models created with MCD software. The player enables users to load and play simulations of mechatronic machines. Additional signal mapping capabilities are available to drive simulations using programmable logic controller (PLC) hardware or virtual software simulations of a PLC.

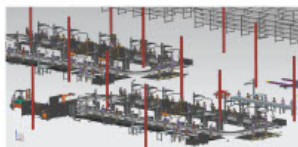
Factory design

With NX you can quickly design and visualize layouts of production lines and associate them to manufacturing planning. You can easily optimize the process by specifying each production step down to managing a single manufacturing resource, such as a robot or fixture. Perform accurate impact analysis and drive efficient change management by using a library of parametric resources.

NX Line Designer

The powerful manufacturing layout solution is integrated with Teamcenter fourth-generation design (4GD) or manufacturing process planning. It delivers a rich library of parametric equipment

including racks, conveyors, safety equipment and material handling equipment that can be used with Teamcenter Classification.



NX Automation Designer

With this solution for electrical and automation engineering of factory lines and machines, designers can re-use model geometry of NX designs to structure devices, configure controls hardware and validate engineering results.

NX Automation Designer – Electrical Design

Provides model geometry and property re-use of NX designs and enables designers to structure devices in independent aspects, name and reference designation rules and validate engineering results.

NX Automation Designer – Cabinet Design

This add-on to NX Automation Designer - Electrical Design enables designers to create mounting layouts in 3D and perform collision analyses.

NX design products key add-ons overview

Content is subject to change

	Token licensing
Core	
NX STEP AP242 translator	Yes
NX CATIA V4 translator	Yes
NX CATIA V5 Translator	Yes
NX Pro/E Interface	Yes
NX ACIS Translator	Yes
NX Translator for IFC	
NX Command Prediction	Yes
NX Viewer	Yes
NX DMU and Markup	Yes
NX DMU & Markup Add-on for NX Viewer	Yes
NX Virtual Reality Review	
NX Virtual Reality Collaborate	
NX Appearance Management	Yes
NX Multi-User Design Notification	Yes
Mechanical	
<i>Industrial design and styling</i>	
NX Render	Yes
NX Realize Shape	Yes
NX Draw Shape	Yes
<i>Product design</i>	
NX Show/Hide Similar	
Layout for NX	
NX WAVE Control	Yes
NX Assembly Path Planning	Yes
NX Lattice Structures Design	
NX Structure Designer	Yes
NX Topology Optimization for Designers	
NX Advanced Sheet Metal	Yes
NX Fabric Flatten	Yes
NX Human Modeling	Yes
NX Human Modeling Posture Prediction	Yes
NX Weld Assistant	Yes
NX Drawing Automation for NX	Yes
NX Physical Architecture Diagram Author	Yes
NX Physical Architecture Diagram Viewer	Yes
NX Physical Parameter Management Author	Yes
NX Physical Parameter Management Viewer	Yes
NX Reference Point Cloud View	
NX Join	Yes
NX OmniFree Transformer	
NX Omnimesh Transformer	
NX Algorithmic Modeling	Yes
NX Advanced Convergent Modeling	Yes
NX Implicit Modeling	Yes
NX Design for Additive Manufacturing	Yes
<i>Model-based definition</i>	
NX PMI Effectivity	Yes
NX Staged Models	Yes
NX Technical Data Package	
<i>Knowledge re-use</i>	
NX Product Template Studio Author	
NX Product Template Studio Consumer	Yes
NX Open Toolkits Author	
NX Open for .NET Author	
NX Open Python Author	
NX Open Dialog Designers	
NX Open GRIP Author	

	Token licensing
Mechanical (continued)	
<i>Design validation</i>	
NX Design Simulation	
NX Motion	
NX Animation Designer	Yes
Simcenter FloEFD	Yes
NX EasyFill Analysis	
NX EasyFill Analysis – Advanced	
NX Check-Mate Author	
NX DFMPPro	
NX VDA 4955 Checker	Yes
NX HD3D Visual Reporting	Yes
NX Molded Part Validation	Yes
NX One-step Formability Analysis	Yes
NX Mold Cooling	Yes
NX Forming	
NX Forming SMP	
<i>Routed systems</i>	
NX Routing Base	Yes
NX Routing Piping and Tubing	Yes
NX Routing HVAC	Yes
NX Piping Fabrication Drawings and PMI	
NX Penetration Management	Yes
NX P&ID Designer	
Electrical	
<i>Electrical systems</i>	
NX Routing Cabling	Yes
NX Routing Harness	Yes
<i>PCB systems</i>	
NX PCB Exchange	
NX PCB Exchange for Zuken	
NX Flexible PCD	Yes
Process	
<i>Jig, fixture, tooling</i>	
NX Mold Wizard	Yes
NX Feature2Cost – Stamping	
NX Feature2Cost – Mold	Yes
NX Electrode Design	Yes
NX Progressive Die Wizard	Yes
NX Flow Blend	
NX Die Structure Design	Yes
NX Die Engineering	Yes
<i>Industry</i>	
NX General Packaging	Yes
Fibersim	Yes
Mastertrim	
NX Aerospace Design	Yes
NX Ship Structure Basic Design	Yes
NX Ship Structure Detail Design	Yes
NX Ship Structure Manufacturing Preparation	Yes
NX Ship Drafting	Yes
NX Ship General Arrangement Design	Yes
NX Issue Management	
NX Rules-based Structure Welding	Yes

	Token licensing
Automation	
<i>Mechatronic Design</i>	
NX Mechatronics Concept Designer	Yes
NX MCD Player	Yes
<i>Factory design</i>	
NX Line Designer	
NX Automation Designer	
NX Automation Designer – Electrical Design	
NX Automation Designer – Cabinet Design	

Siemens Digital Industries Software
siemens.com/software

Americas +1 314 264 8499
Europe +44 (0) 1276 413200
Asia-Pacific +852 2230 3333

© 2021 Siemens. A list of relevant Siemens trademarks can be found [here](#). Other trademarks belong to their respective owners.
81514-C22 4/21 A

Liite 8. Tulosten vertailu

Kriteeri	Pisteet (1-3)															
	Catia V5	Inventor	SolidWorks NX	Solid Edge	Creo 8.0	Catia V5	Inventor	SolidWorks NX	Solid Edge	Creo 8.0	Kriteerikerron (1-5)	Catia V5	Inventor	SolidWorks NX	Solid Edge	Creo 8.0
Ylläpito	Muokattavissa olevat symbolit	x	x	x	x	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9
	Standardierumukset	x	x	x	x	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9
	Kustomoitujen symbolien päivityksen vastuulla	x	x	x	x	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9
	Päivitykset (v.)	n. 5-6 kuvaillessa	3 isoa, pienempiä useammin	12	4	2	1	2	3	3	3	6	3	6	3	9
Käyttäjämäärät	Vuosisivertso	Kyllä	Kyllä	Pääversio	Vuosisivertso	1	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9
	Käyttökokemus % (vastaukset/kaikki)	54 %	61 %	61 %	46 %	2	2	2	2	1	2	4	4	4	4	2
Stabiiliisuus	Ominaisuuksia suurien kokoonpanojen keventämiseen	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	4	12	12	12	12	12
	Suorituskyky (kyllä ja osittain)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	4	12	12	12	12	12
Käytettävyys	vastaukset/vastausten määrä %)	71 %	83 %	88 %	75 %	1	2	3	2	1	2	4	8	12	8	4
	Kaatumia (kyllä ja osittain)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	2	2	2	2	1	2	4	8	8	4	8
	hävöin vastaukset/vastausten määrä %)	57 %	50 %	76 %	38 %	2	2	1	3	1	2	4	8	8	4	12
	Volume Sweep-ominaisuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	1	4	12	12	12	12
Tulevaisuuden näkymät	FEM	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	4	12	12	12	12	12
	CAM	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	4	12	12	12	12	12
	MBD	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	4	12	12	12	12	12
	Helppo käytöilyttämä (kyllä ja osittain)	71 %	75 %	100 %	63 %	2	2	3	2	1	1	4	8	8	12	8
Yhteensopivuus	vastaukset/vastausten määrä %)	57 %	75 %	86 %	70 %	1	2	3	2	1	2	4	8	12	8	4
	Ominaisuudet tarpeisiin nähden (kyllä ja osittain)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
	vastaukset/vastausten määrä %)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
	3D-tulostus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
Yhteensopivuus	Opetetaan kouluissa (LAB/Salpaus/Campus Online)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1	3	3	1	3	1	1	3	3	1	3
	Gratiikkaydinformaatiit	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1	3	3	3	3	5	5	15	15	15	15
	JT	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1	3	3	3	3	5	5	15	15	15	15
	STEP	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	5	5	15	15	15	15
Teamenteri-integraatio	Suorakaatäntäjä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1	3	3	3	3	5	5	15	15	15	15
	Teamenteri-integraatio	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3	3	3	3	3	5	15	15	15	15	15
												162	225	226	233	213
												Yhteensä				