



Suuren skaalan 3D-tulostimen käyttäjäkokemuksen parantaminen

Marco Peltonen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2025

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio/Älykkäät koneet

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio/Älykkäät koneet

PELTONEN, MARCO:

Suuren skaalan 3D-tulostimen käyttäjäkokemuksen parantaminen

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Huhtikuu 2025

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyössä tehtävänä oli parantaa Tampereen ammattikorkeakoulun suuren skaalan 3D-tulostusrobotin käyttäjäkokemusta. Opinnäytetyön idea syntyi opinnäytetyöntekijän käyttäjäkokemuksesta kyseisen 3D-tulostusrobotin kanssa. Lisäksi oli tarve hallita tulevia lisäyksiä robottiin. Nämä olivat väri-granulaatin lisääjä ja materiaalisäiliön anturointi, jotka tarvitsivat käyttöliittymän.

Käyttäjiltä kysyttiin toiveita 3D-tulostusrobotin käyttöliittymän ominaisuuksista, joiden pohjalta tehtiin PowerPoint-esitys, joka sisälsi käyttäjien ehdottamia ominaisuuksia sekä käyttöliittymän karkean ulkonäön. Tämä hyväksyttiin tulostusrobotin käyttäjillä sekä robotista vastaavalla henkilöllä. Käyttöliittymä tehtiin ABB RobotStudio- ja ABB Screenmaker -ohjelmistoilla.

Opinnäytetyötä tehdessä ilmeni, että ABB:n luoma käyttöliittymä tulostusprosessiin oli salattu eikä siihen voitu tehdä lisäyksiä. Näin ollen päädyttiin ratkaisuun tehdä kokonaan uusi sovellus, joka toimii käyttöliittymänä CEAD-tulostuspäälle. Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva käyttöliittymä, joka vastasi odotuksia käytettävyyden ja ominaisuuksien osalta.

Asiasanat: 3D-tulostus, käyttäjäkokemus, käyttöliittymä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation/Smart Machines

PELTONEN, MARCO:
Improving the User Experience of a Large-Scale 3D Printer

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 7 pages
April 2025

The commissioner of this bachelor's thesis was Tampere University of Applied Sciences. The aim of this thesis was to improve the user experience of their large-scale 3D printing robot. The idea for the work came from my own experiences with the printer and from the need for an interface for future additions for the machine. The addition for the machine would be adding sensors for the granulate tank, so the users have a way to monitor the material levels and a color pellet feeder for the extruder head.

The work began with a query with the users of the 3D printer about what features they want to be added for the user interface. With the answers from the query, a PowerPoint presentation was made that had a mockup of the user interface with a list of features that would be implemented. This was approved by the user of the 3D printer. The user interface was made with ABB RobotStudio and ABB ScreenMaker softwares.

A completely new interface was made for the CEAD extruder using ABB ScreenMaker software. The result of this thesis was an operational user interface that met the exceptions of the 3D printer operators.

Key words: 3D printing, user experience, user interface

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	AIHEEN TAUSTA	7
2.1	Mitä on 3D-tulostus?	7
2.1.1	Fused Filament Fabrication	8
2.1.2	Stereolitografia	8
2.1.3	Digital Light Processing	9
2.1.4	Multi Jet Fusion	9
2.2	Minkä takia käyttöliittymää tarvitaan?	9
2.2.1	Käyttöliittymä (UI)	10
2.2.2	Käyttäjäkokemus (UX)	11
2.2.3	Peter Morvillen seitsemän hyvän käyttäjäkokemuksen periaatetta	12
3	KÄYTTÖLIITTYMÄN TEKEMINEN	14
3.1	Toimeksiantajan vaatimukset	14
3.1.1	Havaitut puutteet	15
3.1.2	Käyttöliittymän prototyyppi	16
3.2	ABB Rapid	18
3.2.1	User Interaction Message Box	18
3.2.2	Z-offset	21
3.2.3	Laskuri	21
3.2.4	Värinlisääjä	22
3.3	ABB ScreenMaker	23
3.3.1	Mainscreen	23
3.3.2	Parametrit	24
3.3.3	Z-offset	25
3.3.4	CEAD	26
4	TESTAAMINEN	27
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	28
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	
	Liite 1. CEAD_UI koodi	31
	Liite 2. Z-offset koodi	37

LYHENTEET JA TERMIT

ABB RobotStudio	ABB-robottien ohjelmointi ja simulointiohjelma
ABB ScreenMaker	Ohjelma käyttöliittymien tekoon
ABS	Akrylibutadieenistyreeni
ASA	Akrylinitriilistyreeniakrylaatti
BOOL	Binäärinen muuttuja
CAD	Mallinnusohjelma
CEAD	Ekstruusiolaitteiden valmistaja
DLP	Digital Light Processing
FFF	Fused Filament Fabrication
FLEXPENDANT	Käyttöliittymälaite ABB-roboteihin
I/O	Signaalin sisään- ja ulostulo
MJF	Multi Jet Fusion
MSGbox	Interaktiivinen ponnahdusviesti
NUM	Numeerinen muuttuja
PETG	Amorfinen polyesteri
PLA	Polylaktidi
RAPID	ABB:n ohjelmointikieli teollisuusroboteille
SLA	Stereolitografia
STL	3D-tulostuksessa käytetty tiedostotyyppi
TPU	Termoplastinen polyuretaani
UI	Käyttöliittymä
UX	Käyttäjäkokemus
WOBJ	Koordinaatistopiste

1 JOHDANTO

Suuren skaalan 3D-tulostus on mahdollisesti merkittävimpiä uudistuksia lisäävän valmistuksen saralla viime vuosina. Mutta se on vielä alkuvaiheessa, joten suurin osa yrityksistä ei pidä sitä vielä kannattavana vaihtoehtona. Suuren skaalan lisäävä valmistus mahdollistaa suurien prototyyppien luomisen sekä pienet tuotantoerät. Hyvänä esimerkkinä toimii amerikkalainen Relativity Space -yritys, joka hyödyntää suuren skaalan metallitulosteita avaruusraketeissaan sekä prototyypeissään. 23. maaliskuuta 2023 Relativity Space laukaisi raketinsä Terran 1, joka koostui pelkästään 3D-tulostetuista osista. (Killkenny, N. 2023)

Tampereen ammattikorkeakoulu on Suomen johtavia ammattikorkeakouluja. Tampereen ammattikorkeakoulu tarjoaa koulutusohjelmia tekniikan, kulttuurin, liiketalouden ja sosiaali- ja terveystieteiltä. Tampereen ammattikorkeakoulu on osallisena useissa hankkeissa, joiden tarkoituksena on kehittää tekniikkaa ja tekniikan osaamista. Tampereen ammattikorkeakoulu on yksi harvoista Suomessa, jotka tuottavat suuren skaalan 3D-tulostusta yksityisasiakkaille. Heillä on käytössään CEAD-yrityksen valmistama ekstruusiosuutin, joka on kiinnitetty ABB IRB 4600 -teollisuusrobottiin.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena parantaa tulostusrobotin käyttäjäkokemusta. Tämä saavutetaan luomalla uusi käyttöliittymä, jolla voidaan hallinnoida tulostusrobotin parametrejä ja saada käyttäjälle tärkeät informaatiot helposti näkyville. Työn toisena tarkoituksena oli luoda käyttöliittymään tulevaisuuden lisäyksille perusta ja grafiikka valmiiksi.

2 AIHEEN TAUSTA

Seuraavissa kappaleissa käsitellään yksityiskohtaisemmin 3D-tulostuksen määritelmää sekä siihen liittyviä keskeisiä käsitteitä. Lisäksi perehdytään erilaisiin 3D-tulostusmenetelmiin, joita käytetään laajasti teollisuudessa, prototyyppien valmistuksessa ja harrastustoiminnassa. Tarkastelu sisältää eri menetelmien toimintaperiaatteet, sekä materiaaliveitohdot.

2.1 Mitä on 3D-tulostus?

Rafiq Noorani kuvailee kirjassaan *3D Printing, Technology, Applications, and Selection 2017* 3D-tulostuksen olevan mielivaltaisen muodon fyysistä valmistamista suoraan numeerisesta muodosta (esimerkiksi CAD-mallista) täysin automatisoidusti sekä joustavasti, ilman että osaa tarvitsee enää työstää (Noorani 2017, 2–3). Tämä tapahtuu lisäämällä materiaalia kerroksittain käyttäen suutinta, tulosuspäätä sekä muita 3D-tulostusteknologiaan kuuluvia osia.

3D-tuloksen käyttökohteita ovat muun muassa prototyyppien tekeminen, muotien valmistaminen, osien toleranssien eli sopivuuden kokeileminen sekä havainnollistavan materiaalin valmistaminen, jotka voidaan esitellä asiakkaalle. (Noorani 2017, 5) Noorani kuvailee 3D-tulostuksen tavanomaisen prosessin menevän seuraavanlaisesti:

Luo CAD malli esineestä



Muuta CAD malli STL muotoon



Viipaloi STL tiedosto kerroksiin (Yleensä 3D – tulostimen omalla ohjelmalla)



Valmista prototyyppi 3D – tulostimella



Puhdista malli

Kaavio 3D-tulostuksen prosessista (Noorani 2017, 5 muokattu)

3D-tulostus on monipuolinen valmistusmenetelmä, joka mahdollistaa valmistuksen useammalle eri materiaalilla. Yleensä yksi laite ei pysty tulostamaan erilaisia materiaaleja vaan on rajoitettu tiettyyn materiaaliin. Yleisimpiä materiaaleja ovat muovit PLA (Polylaktidi), ABS (Akryylnitriilibutadienistyreeni), TPU (Termoplastinen polyuretaani), PETG (Amorfinen polyesteri) ASA (Akryylnitriilistyreeniakrylaatti), metallit, ja nestemäinen hartsi. Muita mahdollisia materiaaleja ovat keraamikka ja komposiittimateriaalit. Neljä yleisintä 3D-tulostus menetelmää ovat FFF (Fused Filament Fabrication), SLA (Stereolitografia), DLP (Digital Light Processing) ja MJF (Multi Jet Fusion).

2.1.1 Fused Filament Fabrication

FFF-tulostus on yleisin 3D-tulostusmetodi ja populaarikulttuurissa se, mikä tulee ihmisille mieleen, kun puhutaan 3D-tulostuksesta. FFF-tulostuksessa käytetään termoplastista muovia, joka on lankana kääritty kerälle. FFF-tulostuksessa muovi lämmitetään ja pursotetaan kerroksittain tulostusalustalle. (PLM Group. n.d.) Eräs suosioon vaikuttava syy on materiaalien määrä sekä materiaalin vaihdettavuuden helppous. Yleisimmät materiaalit ovat PLA, ABS, TPU ja ASA. FFF-tulostuksen etuja ovat hinta, helppous sekä se, että tuotteet ovat heti käyttövalmiita.

2.1.2 Stereolitografia

SLA on ensimmäinen kaupallinen 3D-tulostustekniikka. Tämän kehitti 1980-luvulla 3D Systemsin toinen perustaja Chuck Hull. SLA-tulostuksessa materiaalina käytetään nestemäistä hartsia, joka kovetetaan yksi rata kerrallaan ultravioletti-laserilla. (PLM Group. n.d.) Kuten FFF-tulostus, 3D-kappale valmistuu tarkasti, mutta prosessi ei ole nopein markkinoilla oleva.

SLA:n etuja ovat tarkkuus ja kovetetun hartsin kestävyys; nämä mahdollistavat esimerkiksi työkalujen tai tarkkuusvalumallien valmistamisen. Toisin kuin FFF-tulostuksessa, SLA-tulostuksessa tulosteet eivät ole heti käyttövalmiita, vaan ne

täytyy ensin pestä liuotinliuoksessa, jotta saadaan ylimääräinen ei-kovettunut hartsi pois kappaleesta.

2.1.3 Digital Light Processing

DLP muistuttaa paljon SLA-tulostusta, koska sitäkin käytetään fotopolymeeri-seosten nopeaan tulostamiseen. Merkittävin ero SLA-tulostukseen on DLP-koneessa käytettävä projisoitu valonlähde, toisin kuin SLA-tulostuksen ultraviolettilaser. (PLM Group. n.d.) DLP-tulostus on myös paljon nopeampi kuin SLA-tulostus, mutta tulos ei ole yhtä tarkkaa. Nopeus on yksi DLP-tulostuksen myyntivaltteja sekä syy sen suosioon.

2.1.4 Multi Jet Fusion

MJF on amerikkalaisen HP (Hewlett-Packard) yrityksen luoma jauhetulostustekniikka. MJF perustuu lämpöfuusioon, jossa ruiskutetaan ohut kerros polymeerijauhetta tulostusalustalle. Tämän jälkeen rakennusalue sulatetaan tarkasti ennalta määritellyistä paikoista näin muodostaen vahvan kerroksen, joka sulautuu edelliseen kerrokseen kiinni. Tämä prosessi toistetaan kerros kerrokselta, näin luoden valmiin 3D-tulostetun kappaleen.

MJF on monipuolinen tulostustekniikka, jonka peruseriaatetta voidaan hyödyntää myös metallin 3D-tulostuksessa. MJF on tehokas tulostustekniikka, joka tuottaa kestäviä ja tarkkoja osia, joten osat sopivat hyvin prototyypeiksi tai loppukäyttöön. (PLM Group. n.d.)

2.2 Minkä takia käyttöliittymää tarvitaan?

”Käyttöliittymä on se osa ohjelmistoa tai laitetta, jonka kautta käyttäjä on vuorovaikutuksessa järjestelmän kanssa. Se toimii rajapintana ihmisen ja koneen välillä mahdollistaen ohjelmiston tai laitteen käytön ja hallinnan. Käyttöliittymä voi olla graafinen (GUI), tekstipohjainen (CLI) tai fyysinen (HW).” (Hurja Solutions Oy. 3.5.2024)

Käyttöliittymää voidaan ajatella tulkkina ihmisen ja koneen välillä. Käyttöliittymän tarkoitus on tehdä koneen tai sivun navigoinnista ja operoinnista selkeää ja helppoa. Teollisuudessa käyttöliittymä on tehnyt monimutkaisten laitteiden käytön helpommaksi. Myös virheilmoitusten näyttäminen käyttäjälle mahdollistui käyttöliittymien myötä, jolloin käyttäjälle voitiin antaa palautetta virheellisistä käskyistä. Tämä mahdollistaa käyttäjän oppimisen ja minimoi virheelliset komennot, jotka voisivat rikkoa laitteen. Myös huoltotyöt ovat nopeutuneet, koska käyttöliittymään voidaan integroida ohjeita huoltohenkilökunnalle tai selvästi ilmoittaa, missä päin laitetta huoltotoita täytyy suorittaa.

2.2.1 Käyttöliittymä (UI)

Käyttöliittymä (User Interface, UI) on tärkeä osa hyvin suunniteltua laitetta. Laitte ei voi ikinä saavuttaa tehokkainta toimintaansa, jos sitä ei voi käyttää intuitiivisesti. Käyttäjän tulee luottaa omaan osaamiseensa konetta käyttäessään, joten todella monimutkainen tai epäselvä käyttöliittymä voi aiheuttaa käyttäjälle epävarman olon. (Parkinson Technologies Inc. 10.7.2021.) Käyttöliittymällä koitetaan tehdä koneen käyttämisestä miellyttävää ja helppoa. Käyttöliittymiä on erilaisia; yleisimmät ovat graafiset käyttöliittymät (Graphical User interface, GUI), äänellä ohjattavat käyttöliittymät (Voice-controlled interfaces, VUI), kuten Applen Siri sekä uusin virtuaalilasien tuoma elepohjaiset käyttöliittymät (Gesture-based interface). (Interaction Design Foundation. n.d.)

Käyttöliittymän tärkeys korostuu etenkin silloin, kun käyttäjä on ensikertalainen eikä hänellä ole kokemusta laitteesta tai sovelluksesta. Käyttöliittymän tarkoitus on helpottaa laitteen käyttämistä ja selkeyttää oppimista laitteen käytöstä. Käyttöliittymä monesti myös parantaa tehokkuutta, koska se mahdollistaa automatiisaation. Tällöin voidaan vähentää tarvittavia toimintoja mitä käyttäjän tarvitsee itse suorittaa.

2.2.2 Käyttäjäkokemus (UX)

Käyttäjäkokemus (User Experience, UX) viittaa käyttäjän tuntemuksiin hänen käyttäessään laitetta tai ohjelmaa. Käyttäjäkokemus voi olla positiivista tai negatiivista. Se sisältää kokemuksen siitä, kuinka helppoa tai vaikeaa on käyttää sovellusta sekä sen, onko käyttöliittymä visuaalisesti miellyttävä. Käyttäjäkokemus on tärkeää käyttöliittymän tai tuotteen kannalta, koska se määrittää käyttäjän mielipiteen. Hyvä käyttäjäkokemus mahdollistaa käyttäjien helpon sekä nopean navigoinnin käyttöliittymässä. Tämä saadaan aikaiseksi käyttäjätutkimuksella sekä käytettävyyden testaamisella. (Mersive Technologies Inc. n.d.)

Käyttäjäkokemus koostuu seitsemästä periaatteesta, jotka määritteli Peter Morville, joka on käyttäjäkokemuksen ja informaatioarkkitehtuurin edelläkävijä. (Kuva 1) (Chelsea. n.d.)



Kuva 1. Käyttäjäkokemuksen 7 periaatetta (Chelsea. n.d. muokattu)

2.2.3 Peter Morvillen seitsemän hyvän käyttäjäkokemuksen periaatetta

Edellisen kappaleen kuvassa (Kuva 1) on esitelty seitsemän hyvän käyttäjäkokemuksen periaatetta, jotka Peter Morville on määritellyt. Periaatteet ovat seuraavat: "Arvokas", "Käytännöllinen", "Käytettävyys", "löydettävyys", "uskottava", "Saavutettavuus" ja "Haluttavuus". Keskimäinen periaate (arvokas) on summa kaikista muista periaatteista, jotka ympäröivät sitä. (Chelsea. n.d.).

Arvokkuus määritellään siten, että tuotteen täytyy tuoda lisäarvoa yritykselle ja asiakkaalle. Tämä periaate on summa kaikista muista periaatteista, jotka ympäröivät sitä. Kuitenkin, kun arvioidaan tuotteen arvokkuutta, täytyy huomioida, mitkä asiat ovat tärkeitä asiakkaalle, jotta voidaan keskittyä juuri niihin osa-alueisiin. Tällöin käyttöliittymästä tulee asiakkaalle arvokkaampi, toisin kuin jos keskityttäisiin jokaiseen periaatteeseen yhtä paljon. (Chelsea. n.d.).

Käytännöllisellä tarkoitetaan, että tuotteella täytyy olla tarkoitus. Tässä vaiheessa suunnittelua täytyy identifioida mihin tarkoitukseen käyttöliittymä tulisi. Jos tuotteella on käyttötarkoitus, mutta tuote ei täytä siihen tarvittavia ominaisuuksia, niin kyseessä on hyödytön tuote asiakkaalle. Tällöin tuotteen arvokkuus asiakkaan silmissä laskee. (Chelsea. n.d.).

Käytettävyysperiaate painottaa tuotteen tehokasta sekä intuitiivista käyttöä. Käyttöliittymää tehdessä käytettävyiden puuttuminen ei välttämättä estä tuotteen menestymistä, mutta siitä on kuitenkin haittaa ja se antaa muille tuotteille etumatkan. Esimerkkinä käytettävydestä on älypuhelimet, jotka sallivat käyttäjän tehdä muita asioita samalla, kun käyttäjä puhuu puhelimessa. (Chelsea. n.d.).

Löydettävyys keskittyy siihen, että käyttöliittymässä olevat asiat täytyvät olla löydettävissä helposti. Sillä jos jokin ominaisuus ei ole helposti löydettävissä, käyttäjäkokemus kärsii huomattavasti. Tässä periaatteessa ominaisuuden löydettävyyden nopeus on avainasemassa. (Chelsea. n.d.).

Uskottavuusperiaate perustuu siihen, että tuotteen täytyy olla luotettava asiakkaan ja käyttäjän silmissä. Jos esimerkiksi tuotteen käyttöliittymä on arvokas, mutta käyttöliittymän takana oleva ohjelma antaa vääriä arvoja, niin käyttäjän luotto käyttöliittymään kärsii. (Chelsea. n.d.).

Haluttavuusperiaate keskittyy täysin imagoon. Esimerkkinä puhelin valmistaja Apple; heidän puhelimissaan ei välttämättä ole uusimpia ominaisuuksia muihin puhelimiin verrattaessa, mutta pelkästään se imago siitä, että omistat iPhoneen saa asiakkaat ostamaan puhelimia, eikä välttämättä puhelimen ominaisuudet. (Chelsea. n.d.).

Saavutettavuus painottaa sitä, että eri käyttäjät, joilla on erinäisiä haasteita esimerkiksi kuulossa tai näössä, pystyvät silti käyttämään tuotetta. Esimerkiksi, jos käyttöliittymä on vain suomeksi, niin ihminen, joka ei ymmärrä suomea, ei pysty pelkästään tekstien perusteella päättelemään, mikä painike tekee mitään. Tällöin voidaan lisätä kuvia ja ikoneita, jotka auttavat käyttäjää. Värisokeuden aiheuttamat ongelmat voidaan välttää valitsemalla värejä, jotka eivät ole värisokeuden kannalta vaikeasti erotettavissa. (Chelsea. n.d.).

3 KÄYTTÖLIITTYMÄN TEKEMINEN

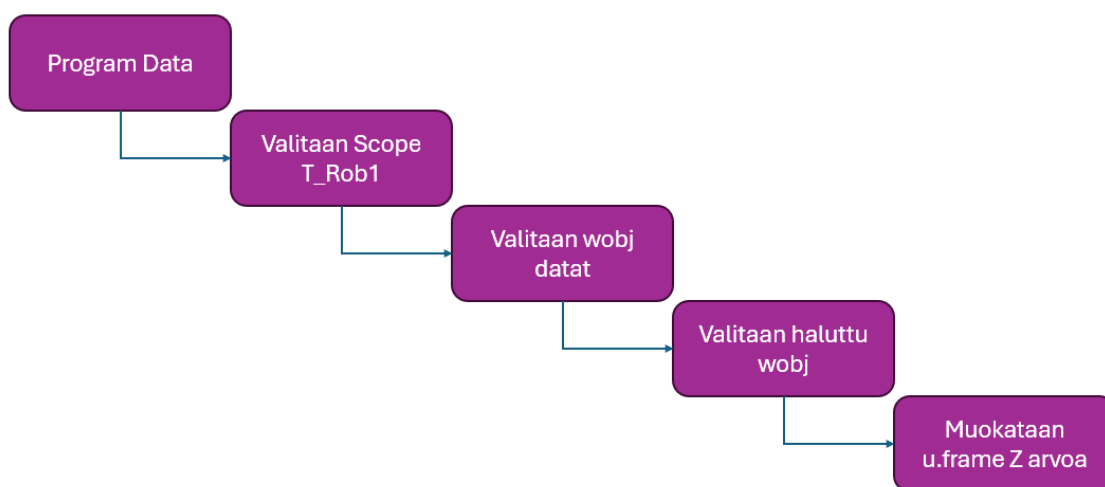
Opinnäytetyön alussa huomattiin, että ABB:n luoma valmis käyttöliittymä tulostusprosessiin on salattu, joten haluttuja ominaisuuksia ei voitu lisätä suoraan valmiiseen käyttöliittymään. Tämän vuoksi päädyimme luomaan oman sovelluksen ABB ScreenMaker-ohjelmistolla. Sovellus toimii CEAD-tulostuspään käyttöliittymänä näin halliten parametrejä sekä näyttäen tärkeää informaatiota käyttäjälle. Kun käyttöliittymää hahmoteltiin, pidettiin mielessä Morvillen seitsemän periaatetta hyvään käyttöliittymään. Näistä seitsemästä periaatteesta priorisoitiin käytettävyyttä, käytännöllisyyttä sekä löydettävyyttä koska kyseinen käyttöliittymä ei ole kaupalliseen julkaisuun vaan Tampereen Ammattikorkeakoulun omaan käyttöön.

3.1 Toimeksiantajan vaatimukset

Toimeksiantaja ei antanut tiukkoja vaatimuksia käyttöliittymän suhteen, mutta painotti yksinkertaisuutta ja helppokäyttöisyyttä. Kyseisen 3D-tulostimen operaattoreilta sain toiveeksi muutamia ominaisuuksia, jotka yhdistin omaan käyttäjäkokemukseeni ja siinä huomaamiini puutteisiin. Ensimmäinen toiveista oli lisätä tapa, jolla voidaan muokata suuttimen pään korkeutta ilman, että WOBJn fyysistä sijaintia siirretään. Seuraava toive oli lisätä graafiset indikaattorit säiliön materiaalin korkeudelle, sillä tulevaisuudessa on tavoitteena lisätä antureita säiliöön, jotta voidaan vahtia granulaatin korkeutta. Viimeisenä toiveena oli valitsin, jolla valitaan, miten annetut g-koodit käsitellään. 3D-tulostimen käyttäjillä oli suunnitteilla kolme erilaista tapaa, miten käsitellä annettua ohjelmaa, mutta nämä menetelmät eivät olleet käyttövalmiina käyttöliittymän tekohetkellä.

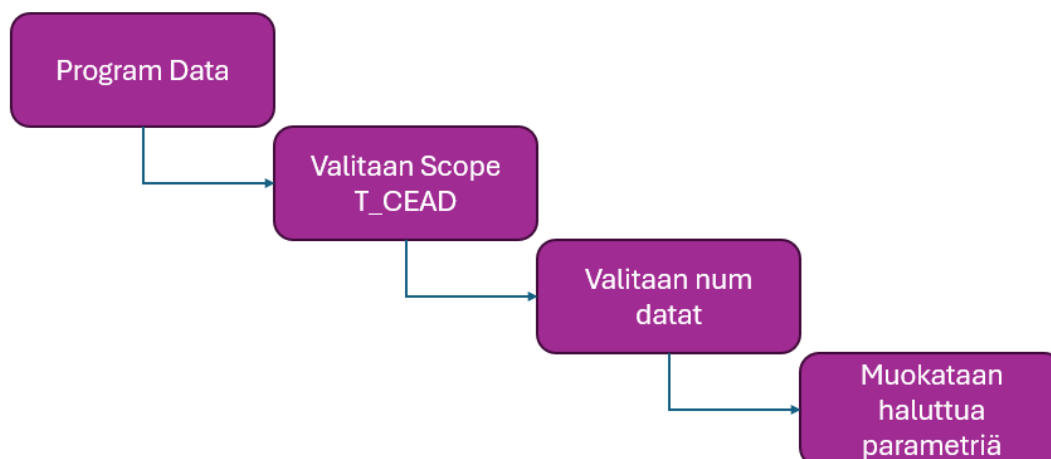
3.1.1 Havaitut puutteet

Käyttäessä 3D-tulostinta havaittiin puutteita siinä, miten tulostinta operoidaan. Suuttimen korkeuden säätö tehtiin siten, että WOBJn omaa sijaintia muutettiin joko ylös- tai alaspäin. Tämä mahdollistaa potentiaaliset törmäykset tulostusalueeseen, jos tieto koordinaatiston muutoksesta ei kulje operaattoreiden välillä. Tätä riskiä lisää se, että WOBJn sijainti on useamman valikon takana (Kuva 2).



Kuva 2. Kaavio suuttimen korkeuden säädöstä (Peltonen 2024)

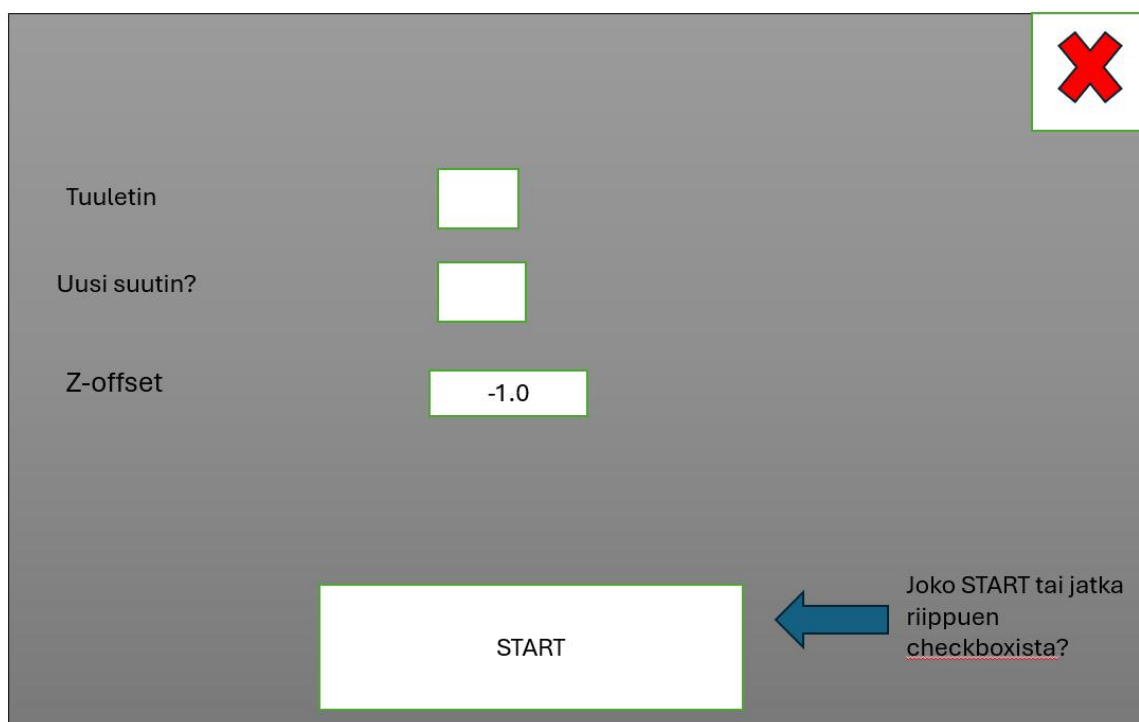
Tulostusparametrien muuttaminen suoritetaan samalla tavalla kuin suuttimen korkeuden säätö (Kuva 3). Tämä menetelmä ei ole käyttäjäystävällinen, sillä se on monimutkainen ja vaatii useita vaiheita.



Kuva 3. Kaavio tulostusparametrien säädöstä (Peltonen 2024)

3.1.2 Käyttöliittymän prototyyppi

Käyttöliittymästä ei tehty toimivaa prototyyppiä vaan PowerPoint-esitys, jossa käydään läpi ehdotetut toiminnot ja karkea näkemys ulkonäöstä. Tämä esiteltiin toimeksiantajalle. Kyseinen esitys hyväksyttiin toimeksiantajan toimesta. (Kuva 4, 5)



Kuva 4. Powerpoint ehdotus käyttöliittymästä 1 (Peltonen 2024)

TARKISTA ARVOT!  

<u>Layer Leveys</u>	<input type="text" value="4"/>
<u>Layer korkeus</u>	<input type="text" value="2"/>
Korjauskerroin	<input type="text" value="1"/>
<u>Layeraika</u>	<input type="text" value="60"/>
<u>Nlayer</u>	<input type="text" value="2"/>

Kuva 5. Powerpoint ehdotus käyttöliittymästä 2 (Peltonen 2024)

Alkuperäinen idea käyttöliittymästä oli hallinnoida tulostusta pelkästään MSGbo-
xeilla eli interaktiivisilla ponnahdus ikkunoilla Flexpendantin näytöllä, mutta omi-
naisuuksien lisääntyessä päädyttiin tulokseen luoda uusi ohjelma, joka toimii
graafisena käyttöliittymänä tulostusrobotille. Opinnäytetyön alussa huomattiin
kuitenkin, että ABB:n luoma valmis käyttöliittymä tulostusprosessiin on salattu.
Tämän vuoksi haluttuja ominaisuuksia ei voitu lisätä suoraan valmiiseen käyttö-
liittymään, vaan päädyimme luomaan oman sovelluksen ABB ScreenMaker oh-
jelmistolla. Tämä sovellus toimii CEAD-tulostuspään käyttöliittymänä, jossa voi-
daan muokata tulostusparametrejä sekä näyttää tärkeää informaatiota käyttä-
jälle, kuten tulostuksen nopeus tai sen arvioitu kesto.

3.2 ABB Rapid

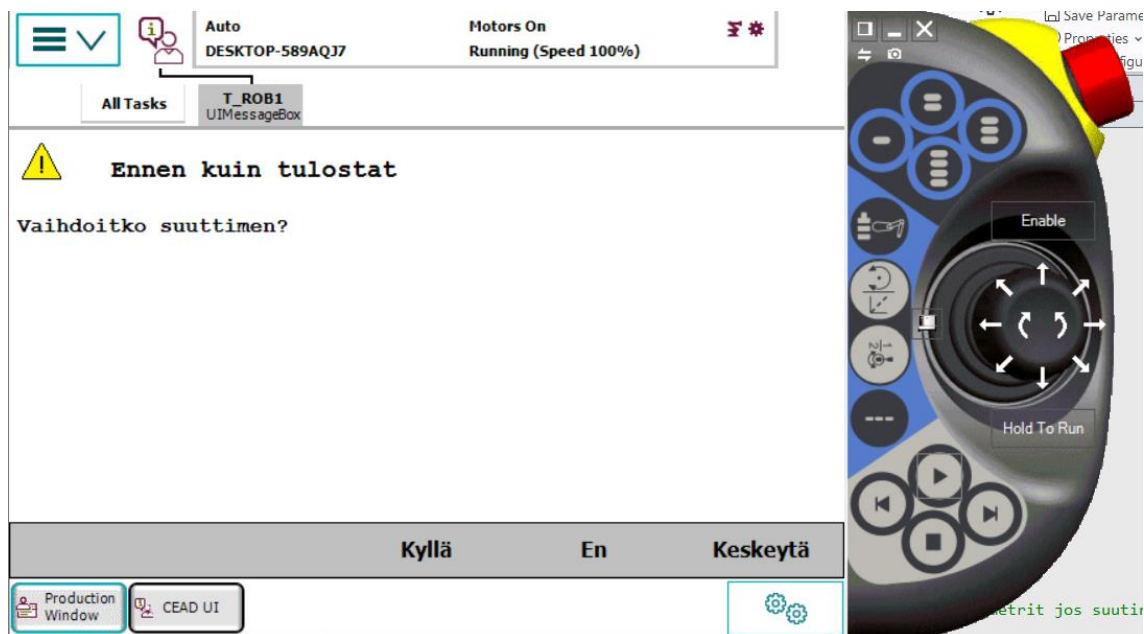
Rapid on ABB:n luoma ohjelmointikieli, jota käytetään ABB:n teollisuusroboteissa sekä coboteissa eli yhteistyö roboteissa. Rapid muistuttaa paljon C-tyyppisiä ohjelmointikieliä. RAPID-kieli tukee tasollisen ohjelmoinnin konseptia. RAPID-ohjelmointikielissä ohjelmakokonaisuuden nimi on "task", joka muodostuu moduuleista. Moduulit koostuvat datajoukoista ja rutiinimäärittelyistä. Moduulit mahdollistavat sen, että ohjelma voidaan jakaa pienempiin osiin, jotka ovat helpommin ymmärrettävissä. On olemassa kaksi erilaista moduulityyppiä. Task-moduulin katsotaan olevan osa yksittäistä taskia ja system-moduulin katsotaan olevan osa järjestelmää, joka ladataan automaattisesti, kun järjestelmä käynnistyy. System-moduulissa on järjestelmäkohtaisia tietoja kuten esimerkiksi työkalut, joita robotilla käytetään. Pienet ohjelmat ovat yleensä yhdessä moduulissa. Suurissa ohjelmissa saattaa olla yksi main-moduuli, joka referoi useampaa muuta moduulia näin saaden moduuleista liikkumisohjeet ja tarvittavat tiedot. Tämä mahdollistaa suurien ohjelmakokonaisuuksien pilkkomisen pienempiin ja helpommin ymmärrettäviin osiin. (ABB. 2022).

3.2.1 User Interaction Message Box

User Interaction Message Box (UIMsgBox) on interaktiivinen ponnahdusikkuna, jolla voidaan antaa informaatiota käyttäjälle, johon käyttäjä vastaa painamalla näytöllä olevaa painikkeita. (ABB. 2024)

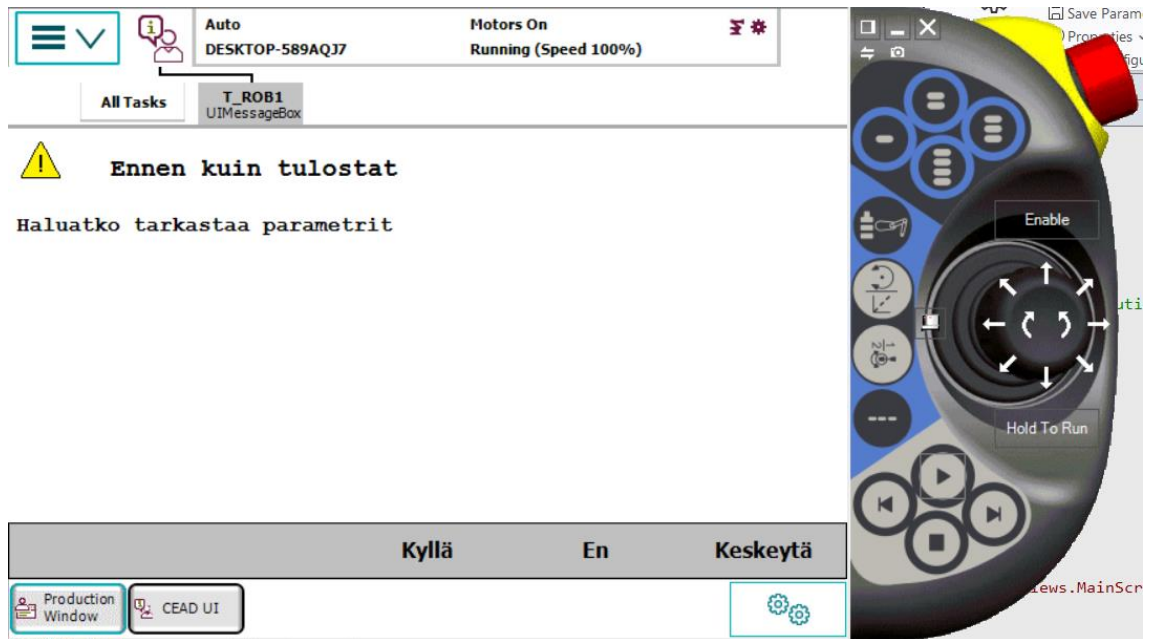
Käyttöliittymässä on kolme eri UIMsgBox aliohjelmaa, jotka on nimetty "UI_SUUTIN", "UI_tarkasta_arvot" ja "UI_tuuletin". Ohjelmat on nimetty sen mukaan, mitä ohjelmat kysyvät operaattorilta. Operaattorilla on myös mahdollisuus jokaisessa MSGbox-ohjelmassa keskeyttää tulostusprosessi ennen kuin robotti lähtee liikkeelle. (Liite 1, 3–6).

"UI_suutin" -ohjelma kysyy, operaattorilta onko hän vaihtanut suuttimen kokoa. Tällöin operaattorilla on vastausvaihtoehdot "Kyllä", "En" ja "Keskeytä". Operaattorin vastatessa "Keskeytä" koko tulostusprosessi keskeytyy. Operaattorin vastatessa "En" ohitetaan "UI_tarkasta_arvot" -ohjelma ja siirrytään seuraavaksi "UI_tuuletin" -ohjelmaan. Operaattorin vastatessa "Kyllä" ohjelma "UI_tarkasta_arvot" käynnistyy (Kuva 6).

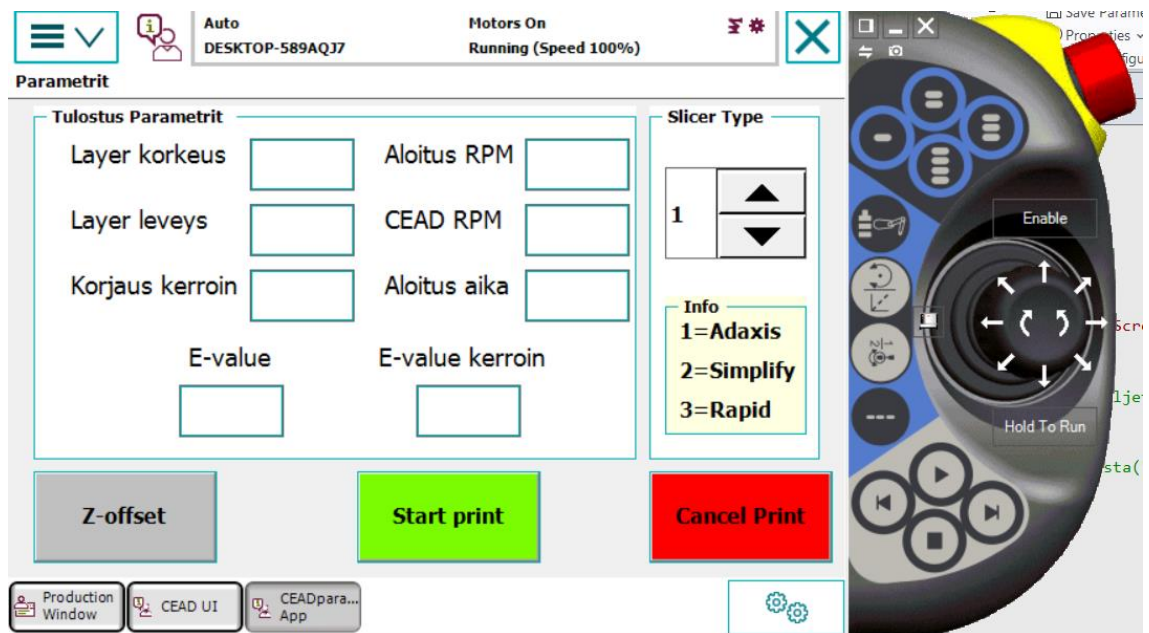


Kuva. 6 UI_suutin MSGbox flexpendantissa (Peltonen 2024)

Ohjelma "UI_tarkasta_arvot" kutsuu operaattorille ensin MSGboxin, joka kysyy, haluaako operaattori tarkastaa tulostusparametrit (Kuva 7). Operaattorin vastatessa "Kyllä" avautuu ScreenMaker-sovellus, joka on identtinen kopio käyttöliittymästä, jossa operaattori voi muuttaa parametrejä (Kuva 8). Jos operaattori vastaa "En", kyseinen ScreenMaker-sovelluksen avaus ohitetaan ja jatketaan viimeiseen ohjelmaan. (Kuva 9). "UI_tarkasta_arvot"-ohjelma avaa kopion, koska nykyinen komento, jolla voidaan kutsua ScreenMaker-sovellus, avaa oletuksena päänäytön, eikä sitä voi vaihtaa toiseen sivuun. (Liite 1, 4)

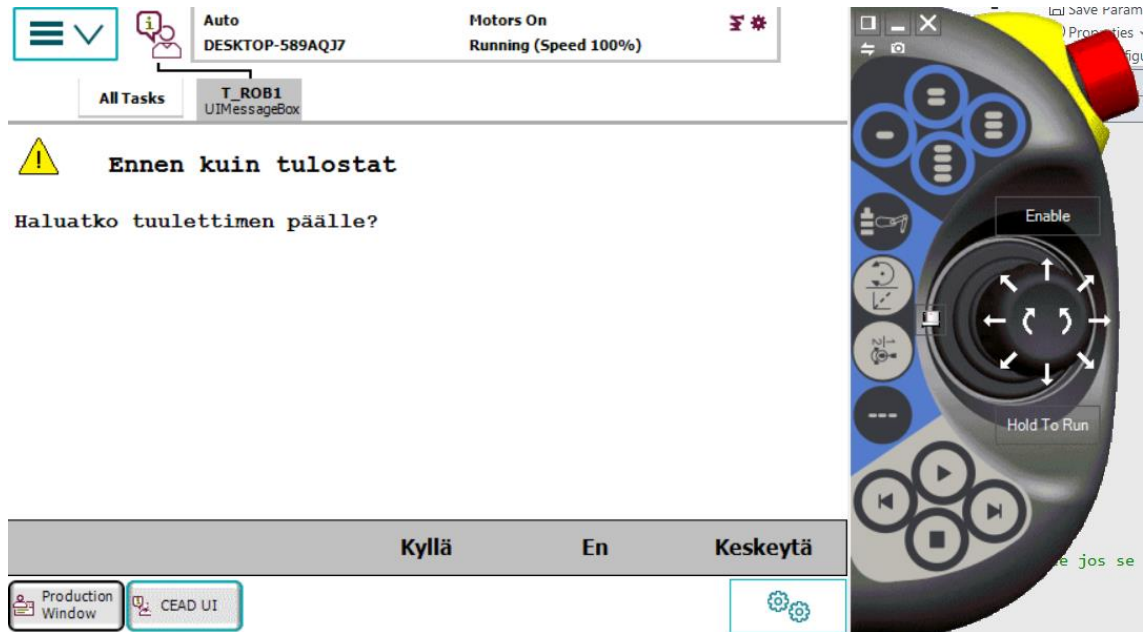


Kuva 7. (Peltonen 2024)



Kuva 8. UI_tarkasta_arvot ohjelmasta MSGbox flexpendantissa (Peltonen 2024)

UI_tuuletin -ohjelma on yksinkertainen. Ohjelma kysyy operaattorilta, haluaako hän tulostuspäässä olevat tuulettimet päälle vai ei. Operaattorin vastatessa ”Kyllä”, tuulettimet käynnistyvät, mikäli ne eivät jo olleet käynnissä, ja tulostus käynnistyy. Operaattorin vastatessa ”En” tuulettimet eivät käynnisty, mutta jos tuulettimet olivat jo käynnissä, niin tuulettimet pysähtyvät ja tulostus käynnistyy. (Liite 1, 5)



Kuva 9. "UI_tuuletin" ohjelmasta MSGbox flexpendantissa (Peltonen 2024)

3.2.2 Z-offset

"Z-offset"-ohjelma on vastuussa suuttimen korkeuden säädöstä ilman, että WOBJn sijaintia muokataan. Tämä onnistuu o.frame muuttujien avulla, jotka ovat osa WOBJn dataa. WOBJn tärkeimmät osat tähän liittyen ovat u.frame ja o.frame. U.frame sisältää kolme muuttujaa X, Y ja Z. Nämä arvot määrittävät WOBJ:n sijainnin tilassa. O.frame sisältää myös kolme muuttujaa X, Y ja Z, mutta nämä siirtävät WOBJ:tä u.frame koordinaateista o.frame muuttujien verran. Voidaan siis ajatella, että WOBJn sijainti määrittyy kaavalla $u.frame + o.frame$. Käyttöliittymä muuttaa o. framen muuttujia, jotta u.framen arvoja ei tarvitsisi jatkossa muuttaa (Liite 2).

3.2.3 Laskuri

Laskuri-ohjelma suorittaa usean laskun liittyen tulostukseen ja sen etenemiseen. Ohjelma hyödyntää koodissa jo valmiiksi tehtyä laskuria, joka päivittää nykyisen layerin numeroa. Laskuri tarvitsee ohjelmaa nimeltä Layer_määrä toimiakseen, koska kyseinen ohjelma tallentaa sen hetkisestä tulostusmoduulista Layereiden kokonaismäärän muuttujaan nLayerMäärä. Ohjelma laskee jäljellä olevat layerit, joiden pohjalta lasketaan tulostuksen aika-arvio. Tämä muutetaan tunneiksi ja minuuteiksi, jotka näkyvät ScreenMaker-sovelluksessa. (Liite 1, 2)

3.2.4 Värinlisääjä

Värinlisääjän ohjauslogiikkaa ei oltu, työn tekohetkellä määritelty. Tämän vuoksi seuraava osuus on ehdotus ohjauslogiikasta.

Värinlisääjä tarvitsee kaksi signaalia toimiakseen. Ensimmäinen signaali on ohjauskäsky tulostinmateriaalin tilasta tulostuspäässä eli milloin täytyy antaa lisää materiaalia. Toinen signaali on robotilta tuleva aktivointikäsky. Tällöin voidaan ohjata värinlisääjää robotista ilman suurempia lisäyksiä.

Bool-muuttuja "värinlisääjä_active" täytyy olla tosi, jotta tarkastelut voidaan aloittaa. Bool-muuttuja "Koko_kpl" määrittää, onko värinlisääjä aktiivinen koko tulosteen ajan. Jos "koko_kpl" on tosi ja ulostulosignaali ei ole vielä aktiivinen, asetetaan ulostulosignaali aktiiviseksi. (Liite 1, 3)

Jos "koko_kpl" ei ole tosi, värinlisääjä aktivoituu vain silloin, kun "nykyinen layer" on asetettujen reuna-arvojen sisällä. Tällöin ulostulosignaali asetetaan aktiiviseksi ja pysyy aktiivisena niin kauan kuin nämä ehdot täyttyvät. Muussa tapauksessa signaali asetetaan passiiviseksi.

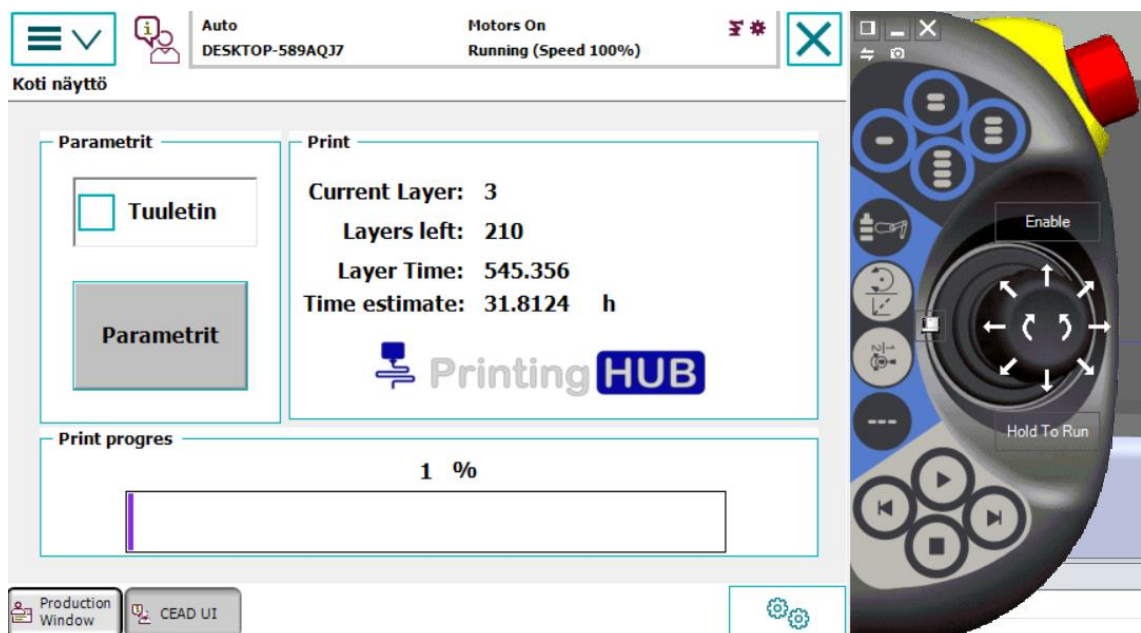
Jos alkuperäinen muuttuja "värinlisääjä_active" ei ole tosi, ulostulosignaali asetetaan suoraan passiiviseksi. (Liite 1, 3)

3.3 ABB ScreenMaker

ScreenMaker on ABB:n luoma lisäosa RobotStudioon, jonka tarkoituksena on helpottaa käyttöliittymien luomista robotteihin ja robottisoluihin. ScreenMaker on pienohjelmiin perustuva graafisien käyttöliittymien luontisovellus. Tämä mahdollistaa kohdistetun käyttöliittymän luomisen juuri kyseiseen robottisovellukseen. Ohjelma on käyttäjäystävällinen, eikä tarvitse aikaisempaa ohjelmointikokemusta, jotta sen avulla pystyy luomaan käyttöliittymän.

3.3.1 Mainscreen

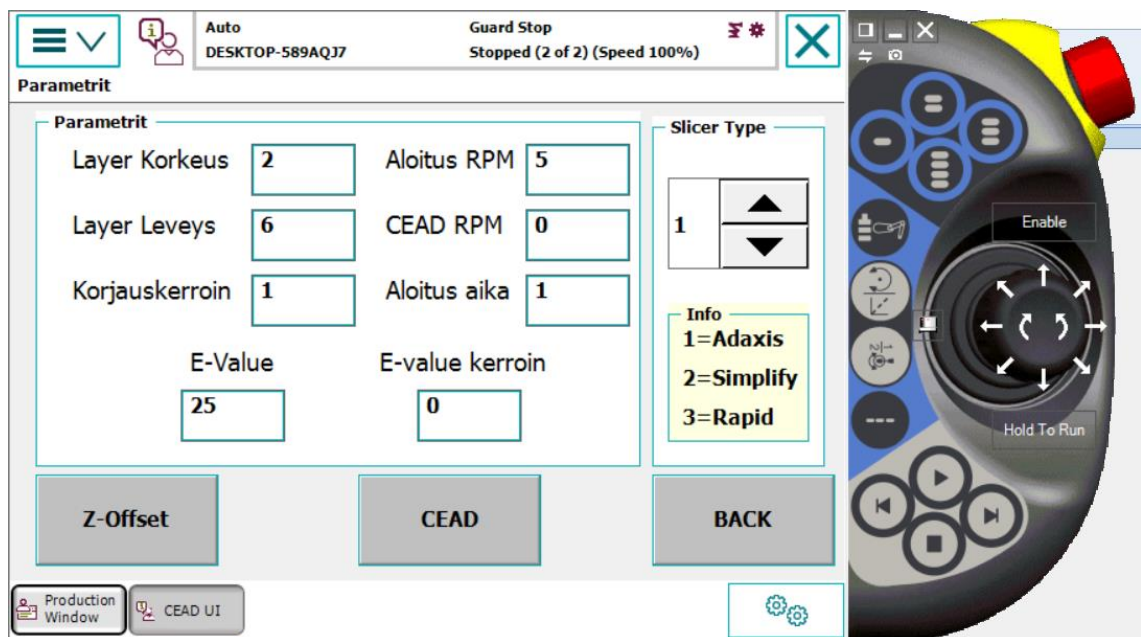
Käyttöliittymän kotisivulla on näkyvissä käyttäjälle tulostuksen edistymiseen liittyviä tietoja. Kotisivulla on näkyvissä ”Nykyinen tulostus layer”, joka kertoo, montako kerrosta tulostusta on jäljellä, edelliseen kerrokseen kuluneen ajan, aika-arvio tulostuksen valmistumiseen sekä edistymispalkki tulostuksesta. Tietojen lisäksi käyttäjällä on mahdollisuus hallita tulostinpäässä olevaa tuuletinta. Lisäksi käyttäjällä on nappula, josta käyttäjä pääsee hallinnoimaan muita tulostukseen liittyviä parametrejä. (Kuva 10)



Kuva 10. Käyttöliittymän kotinäyttö (Peltonen 2024)

3.3.2 Parametrit

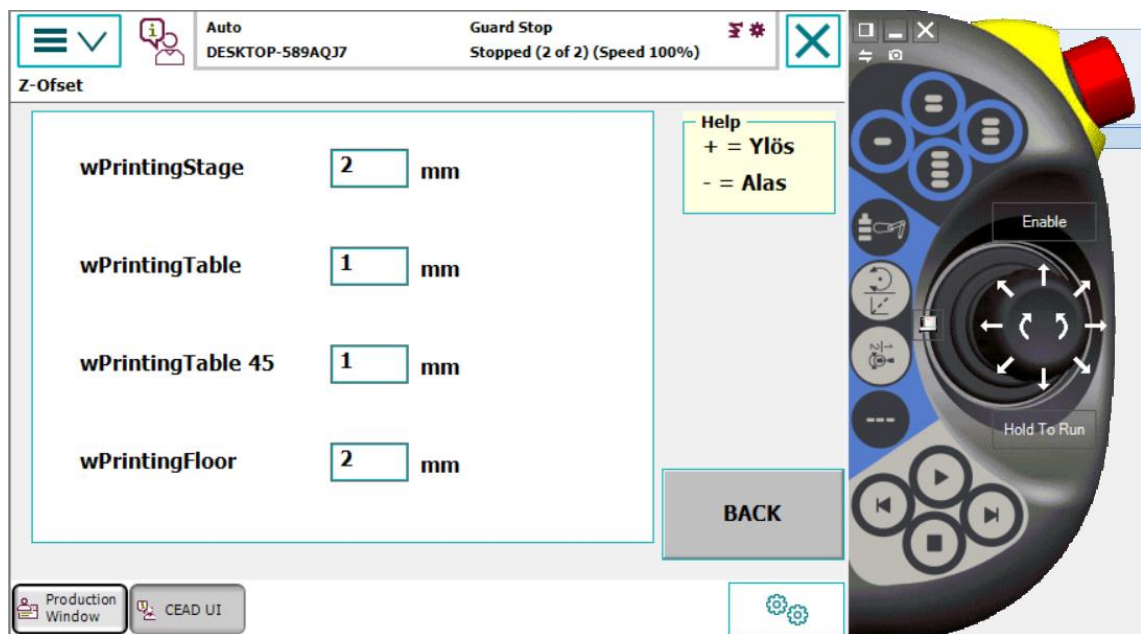
Parametri-ikkunassa operaattori voi hallita tulostukseen käytettäviä parametrejä. Tämän lisäksi operaattori voi valita Slicer-tyypin, jonka tavoitteena on tulevaisuudessa vaikuttaa siihen, miten käsitellään annettua G-koodia automaattisesti. Valitsijassa on alhaalla tietokkuna operaattorille, jossa on eriteltynä mikä numero vastaa mitään käsittelytapaa. (Kuva 11) Operaattorilla on kolme eri nappia, joista ensimmäinen on Z-offset nappula, joka avaa uuden sivun, jossa operaattori voi muokata suuttimen korkeutta. Kyseinen ikkuna antaa ensin varoituksen, jossa varmistetaan, että operaattori on valinnut oikein. Toisena nappulana operaattorilla on CEAD-nappula, joka avaa ikkunan, jossa operaattori näkee materiaalin määrän sekä pystyy hallitsemaan värinlisäajää. Kolmas nappula vie operaattorin takaisin kotinäyttöön.



Kuva 11. Käyttöliittymän parametri-ikkuna (Peltonen 2024)

3.3.3 Z-offset

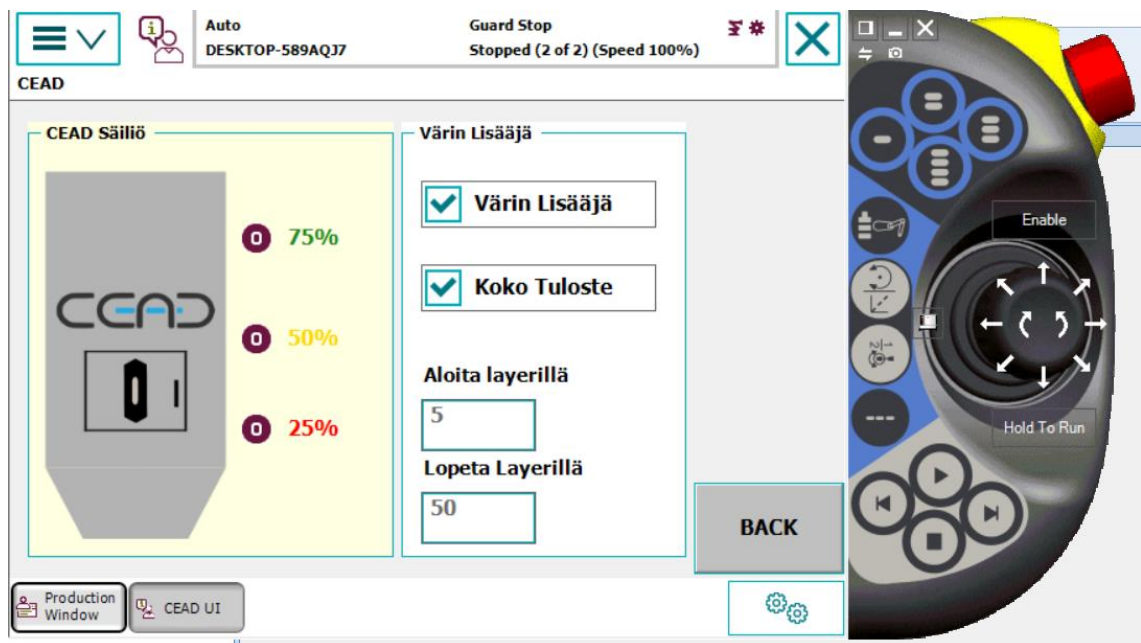
Z-offset ikkunassa operaattori voi muokata muuttujia, jotka siirtävät WOBJn o.fra-mea. Jokaisen WOBJn muuttujalle on oma nimetty kohtansa selvyiden vuoksi. Oikealla ylhäällä on infoikkuna, josta operaattori voi tarkastaa, mihin suuntaan muutos siirtää suutinta. (Kuva 12)



Kuva 12. Z-offset ikkuna (Peltonen 2024)

3.3.4 CEAD

Käyttöliittymän CEAD-ikkuna ei ole vielä käytettävissä, koska säiliötä ei ole antu-
roitu, sekä värinlisääjää ei ole asennettu tulostinpäähän. Ikkuna on muuten toi-
mintakuntoinen. Vasemmalla ikkunassa on kuvattuna säiliön materiaalin tilanne,
joka kertoo operaattorille 25 % tarkkuudella, paljonko materiaalia on käytössä.
Oikealla puolella on tulevan värinlisääjän hallinta. Operaattori voi hallita käyt-
tääkö värinlisääjää koko tulosteessa vai tietyinä kerrosvälinä. Jos värinlisääjä ei
ole aktiivinen, niin hallintapaneelit katoavat. (Kuva 13)



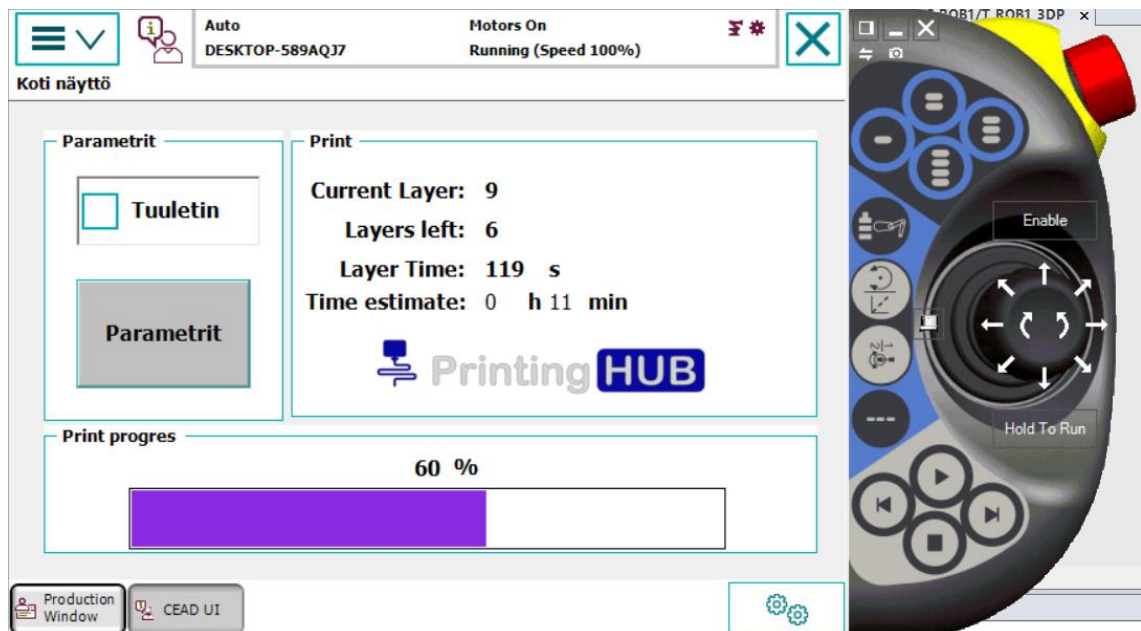
Kuva 13. CEAD-ikkuna (Peltonen 2024)

4 TESTAAMINEN

Käyttöliittymää testattiin simuloimalla RobotStudiossa. Testaamisella selvitettiin, päivittyvätkö tiedot käyttöliittymän kotinäyttöön. Simulointeja tehtiin viisi kappaletta, jotka olivat eri mittaisia.

Simuloinnissa paljastui puutteita käyttöliittymässä. Kotinäytön edistymispalkki ei tukenut kunnolla alkuperäistä tapaa, joka otti suoraan maksimiarvoksi layer-määrän ja nykyisen layer-numeron. Tämä korjattiin sillä, että luotiin laskuri, joka muuttaa sen prosenttiluvuksi, joka kerrotaan kokonaisluvuksi (Liite 1, sivu 2)

Samalla huomattiin, että aikaennuste ei ole tarkka, jos kaikkien layerien tulostusaika ei ole sama, mutta alkuperinkin tämä oli tarkoitettu vain viitteelliseksi ennusteeksi. Huomattiin myös, että aikaennuste pelkkänä tuntina ei ollut tarpeeksi tarkka, joten lisäsimme myös minuutit aika-arvioon sekä lisäsimme laskurin, joka ottaa tämän huomioon. (Liite 1 sivu 2) (Kuva 14)



Kuva 14. Uudistettu kotinäyttö (Peltonen 2024)

Kun kyseiset muokkaukset oli suoritettu, voitiin todeta, että käyttöliittymä on toiminnallinen ja se voidaan lisätä robottitulostimeen.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tehtävänä oli parantaa TAMKin suuren skaalan robottitulostimen käyttäjäkokemusta sekä käyttömukavuutta. Opinnäytetyön idea syntyi omasta negatiivisesta kokemuksesta kyseisen laitteen käyttäjänä. Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin parannettu käyttöliittymä, joka on helposti ymmärrettävä ja sisältää toivotut ominaisuudet.

Työn onnistumisen kokonaisvaltaista arviointia vaikeuttaa ”Hyvän käyttöliittymän” subjektiivinen luonne. Se mikä on yhden käyttäjän mielestä hyvä, ei välttämättä ole toisen mielestä. Arvioin työn onnistumista saamieni palautteiden perusteella sekä oman kokemuksen perusteella, sillä olen itse toiminut laitteen operaattorina.

Mielestäni työ on onnistunut koska parametrien muutos muuttui yksinkertaisemmaksi, käyttäjälle tuotiin esille olennaisia informaatioita näkyville ja kaikki toiminnot on yhden valikon alla. Tämä tekee laitteen käyttämisestä suoraviivaisemman ja selkeän. Saamani palaute tukee arvioita, koska saamani palaute oli positiivista.

On kuitenkin huomioitava myös, käyttäjät eivät välttämättä tuoneet minulle rehellisiä mielipiteitään esille. Tämän minimoimiseksi kysyin mielipidettä jokaiselle ominaisuudelle erikseen, jo käyttöliittymän suunnitteluvaiheessa. Näin luoden matalan kynnyksen palautteen mahdollisuuden. Tällöin kommentoijan ei tarvitse pelätä hukattua työmäärää tai yhteenoton mahdollisuutta. Tämän lisäksi muutokset voitiin toteuttaa heti.

Käyttöliittymän luomista vaikeutti sen subjektiivisuus. Kehitysprosessin aikana syntyi jatkuvasti uusia ideoita ominaisuuksille, mutta aikataulu ei näiden lisäämiseen riittänyt. Esimerkkinä kyseisistä ominaisuuksista on suuttimen korkeuden näkeminen heti kotinäytössä. Tämän ominaisuuden lisäämisen haasteena oli, että WOBJ, jota käytetään tulostaessa, voi vaihtua. Tällä hetkellä käytössä on kolme WOBJ:ta ja neljäs lisätään myöhemmin. Aikataulun puitteissa aktiivisen WOBJ:n tunnistamiseen ei ollut aikaa.

Käyttöliittymän luomisen aikana esiintyi useampia ongelmia ohjelmoinnissa. Osa näistä ongelmista johtui omasta kokemattomuudestani RAPID ohjelmointi kielessä. Ratkaisun kyseisiin ongelmiin sain kysymällä Tampereen ammattikorkeakoulun henkilöstöllä tai ABB:n yhteisösivustolta, jossa oli aikaisemmin kysytty samoja kysymyksiä sekä annettu mahdollisia ratkaisuja. Tampereen ammattikorkeakoululle toimitettavassa versiossa osa ominaisuuksista on kommentoitu pois, koska vastaavia ominaisuuksia ei ole vielä lisätty robottiin, niiden läsnäolo todennäköisesti aiheuttaisi virheitä. Esimerkiksi uusi tulostusalusta on asentamatta, joten sitä ei voitu määrittää ohjelmaan. Kyseisien ominaisuuksien lisäys jää Tampereen ammattikorkeakoulun henkilöstön vastuulle.

LÄHTEET

ABB. 23.09.2022. Technical reference manual RAPID kernel. PDF-ohjekirja. Viitattu 27.10.2024 <https://library.abb.com/d/3HAC050946-001>

ABB. 27.09.2024 Technical reference manual - RAPID Instructions, Functions and Data types RW 6. PDF-ohjekirja. Viitattu 27.10.2024. <https://library.abb.com/d/3HAC050917-001>

Chelsea. n.d. What is UX and Why is it Important? Verkkosivu. Viitattu 5.8.2024. <https://www.workshopper.com/post/what-is-ux-and-why-is-it-important>

Forsman, I-M. 5.2024. Lisäaineen syöttö isojen kappaleiden 3D-tulostukseen. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Luettu. 20.6.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2024052314648>

Hurja Solutions Oy. 3.5.2024. Käyttöliittymäsuunnittelu vaatii teknistä ja visuaalista osaamista. Verkkosivu. Viitattu 20.7.2024. <https://www.hurja.fi/blogi/kaytto-liittymasuunnittelu-vaatii-teknista-ja-visuaalista-osaamista/>

Interaction Design Foundation. n.d. What is User Interface (UI) Design? Verkkosivu. Viitattu. 27.7.2024. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ui-design>

Killkenny, N. 2023. 3D Printed Rocket Launched Using Innovative NASA Alloy. Nasa 2.5.2023. Verkkosivu. Viitattu 30.7.2024. <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/marshall/3d-printed-rocket-launched-using-innovative-nasa-alloy/>

Mersive Technologies Inc. n.d. Why User Experience Matters: 10 Reasons UX is Vital to Your Success. Verkkosivu. Viitattu 22.7.2024. <https://www.mersive.com/blog/thought-leadership/10-reasons-ux-is-vital-to-your-success/>

Noorani, R. 2017. 3D Printing, Technology, Applications, and Selection. Viitattu 29.9.2024 <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/detail.action?docID=4986151>

Parkinson Technologies Inc. 10.7.2021. IMPORTANCE OF MACHINE INTERFACE AND THE USER EXPERIENCE. Verkkosivu. Viitattu 27.7.2024. <https://parkinsontechnologies.com/index.php/blog/importance-of-machine-interface-and-the-user-experience>

PLM Group. n.d. Mitä 3D-tulostus on ja miten sitä käytetään? Verkkosivu. Viitattu 30.7.2024. <https://addinor.fi/blogi/mita-3d-tulostus-on-ja-miten-sita-kayetaan/>

LIITTEET

1 (6)

Liite 1. CEAD_UI koodi

```
MODULE CEAD_UI
```

!Kyseinen moduuli Sisältää MSG boxeja liittyen Ceadin Tulostus parametreihin ja niiden muokkaamiseen. Ja kutsuu myös 1kpl Screenmaker sovelluksia

```
CONST string my_buttons{3}:=["Kyllä","En","Keskeytä"];
!määrittelee MSGbox valinnat
pers num Muokkaus:=0;
!Määrittää msg muokkaus arvon, arvo on 1 se ei etene
PERS num nLayerMäärä;
!Tulosteen layer määrä
pers num nLayerJäljellä;
PERS num nAikaArvio;
PERS bool VärinLisääjä_Active:=FALSE;
PERS bool VärinLisääjä_KokoKPL:=FALSE;
PERS num VärinLisääjä_MinLayer;
PERS num VärinLisääjä_MaxLayer;
PERS num nLayerProsentti;
PERS num Aikaminuutit;
PERS num AikaTunnit;
```

```
PROC Layer_Määrä()
!Kutsutaan prepart eventissä
nLayerMäärä:=nTotalLayers;
nLayer:=0;
ENDPROC
```

```
PROC Layer_Laskuri()
!Kutsutaan post layer ja pre part eventeissä
Incr nLayer;
nLayerJäljellä:=nLayerMäärä-nLayer;
nAikaArvio:=nLayerJäljellä*nLayeraika;
! Lasketaan tuntimäärä
AikaTunnit:=Trunc(nAikaArvio/3600);
! Jakaa kokonaisajan sekunneissa 3600:lla ja pyöristää alaspäin

! Lasketaan jäljellä oleva aika sekunneissa tuntien jälkeen
nAikaArvio:=nAikaArvio-(AikaTunnit*3600);

! Lasketaan minuuttimäärä
Aikaminuutit:=Trunc (nAikaArvio/60);
! Jakaa jäljellä olevan ajan sekunneissa 60:lla ja pyöristää alaspäin
!nAikaArvio:=Trunc((nLayerJäljellä*nLayeraika)/3600\Dec:=2);
!Laskee aika arvion ja muuntaa sen tunneiksi 2 decimaalin tarkkuudella
nLayerProsentti:=Trunc((nLayer/nLayerMäärä)*100);
!Laskee valmistumis prosentin ja pyöristää tasaluvuksi
ENDPROC
```

Jatkuu

3 (6)

```

PROC Värinlisääjä()
  !Päivitä värinlisääjän DO!!!!!!!!!!!!!!
  !Kutsutaan Post Layer ja Pre part eventeissä
  IF VärinLisääjä_Active=TRUE THEN

    IF VärinLisääjä_KokoKPL=TRUE AND THEN *tähän värinlisääjän DO*=0
      !SetDO (*tähän värinlisääjän DO*,1);
    ELSEIF VärinLisääjä_MinLayer<=nLayer AND nLayer<=Värin-
Lisääjä_MaxLayer=0 THEN
      !SetDO (*tähän värinlisääjän DO*,1);
    ELSEIF VärinLisääjä_MinLayer>nLayer OR nLayer>VärinLisääjä_MaxLayer=1
THEN
      !SetDO (*tähän värinlisääjän DO*,0);
    ENDIF

    ELSEIF VärinLisääjä_Active=FALSE AND *tähän värinlisääjän DO*=1 THEN
      !SetDO (*tähän värinlisääjän DO*,0);
    ENDIF
  ENDPROC

```

4 (6)

```
PROC UI_Suutin()
  !MSGbox joka kysyy käyttäjältä että onko tulostimeen vaihdettu suutin
  VAR btnres UIanswer1;

  UIanswer1:=UIMessageBox(
\Header:="Ennen kuin tulostat"
\Message:="Vaihdoitko suuttimen?"
\BtnArray:=my_buttons
\Icon:=iconWarning);
  !MSGbox ikoni
  IF UIanswer1=1 THEN
    UI_tarkasta_arvot;
    !Kutsuu ohjelman "UI_tarkasta_arvot"
  ELSEIF UIanswer1=2 THEN
    UI_tuuletin;
    !Kutsuu ohjelman "UI_Tuuletin"
  ELSE
    EXIT;
    !Keskeyttää tulostuksen jos käyttäjä valitsee vaihtoehdon "Keskeytä" MSGbo-
xista
  ENDIF
ENDPROC
```

5 (6)

```

PROC UI_tarkasta_arvot()
    !MSGbox joka kysyy käyttäjältä että haluaako tarkastaa parametrit jos suutin on
    vaihdettu
    VAR btnres UIanswer2;
    Muokkaus:=0;

    UIanswer2:=UIMessageBox(
    \Header:="Ennen kuin tulostat"
    \Message:="Haluatko tarkastaa parametrit"
    \BtnArray:=my_buttons
    \Icon:=iconWarning);
    !MSGbox ikoni
    IF UIanswer2=1 THEN
        Muokkaus:=1;
        UIShow "TpsViewCEADparametrit.gtpu.dll", "ABB.Robot-
ics.SDK.Views.MainScreen";
        !Avaa Screenmaker sovelluksen "CEADparametrit"
        WHILE Muokkaus=1 DO
            !Estää ohjelman jatkamista ennen kuin screenmaker sovellus on suljettu
        ENDWHILE
        IF Muokkaus=2 THEN
            !Pysäyttää ohjelman jos käyttäjä päättää Screenmaker sovelluksesta("Ceadpa-
rametrit") pysäyttää tulostuksen
            Muokkaus:=0;
            EXIT;
        ENDIF
        UI_tuuletin;

    ELSEIF UIanswer2=2 THEN
        UI_tuuletin;
    ELSE
        !Keskeyttää tulostuksen jos käyttäjä valitsee vaihtoehdon "Keskeytä" MSGbo-
xista
        EXIT;
    ENDIF

ENDPROC

```

6 (6)

```

PROC UI_tuuletin()
  !MSGbox joka kysyy käyttäjältä että haluaako tuulettimen päälle
  VAR btnres UIanswer3;
  !mihin muuttujaan msgbox vastaus tallennetaan

  UIanswer3:=UIMessageBox(
\Header:="Ennen kuin tulostat"
\Message:="Haluatko tuulettimen päälle?"
\BtnArray:=my_buttons
\Icon:=iconWarning);
  !MSGbox ikoni
  IF UIanswer3=1 THEN
    !Jos totta asettaa Tuulettimen(Tarrainvara9) I/O = 1 eli päälle jos se on pois
    päältä
    !IF doTarrainVara9=0 THEN
    !SetDO DoTarrainVara9,1;
    !ENDIF
  ELSEIF UIanswer3=2 THEN
    !Jos totta asettaa Tuulettimen(Tarrainvara9) I/O = 0 eli pois päältä jos se on
    päällä
    !IF doTarrainVara9=1 THEN
    !SetDO DoTarrainVara9,0;
  ELSEif UIanswer3=3 THEN
    !Keskeyttää tulostuksen jos käyttäjä valitsee vaihtoehdon "Keskeytä" MSGbo-
    xista
    Stop;
  endif
ENDPROC
ENDMODULE

```

Liite 2. Z-offset koodi

```
!Määritetään Offset muuttujat  
PERS num wPrintingStage_Z_Offset:=1;  
PERS num wPrintingTable_Z_Offset:=1;  
PERS num wPrintingTable_45_Z_Offset:=1;  
PERS num wPrintingFloor_Z_Offset:=2;
```

```
PROC Z_Offset()
```

!wPrintingstagea ei ole määritelty asentamisen jälkeen voidaan poistaa kommentointi!

```
!wPrintingStage.oframe.trans := [0, 0, wPrintingStage_Z_Offset];  
wPrintingTable.oframe.trans := [0, 0, wPrintingTable_Z_Offset];  
wPrintingTable_45.oframe.trans := [0, 0, wPrintingTable_45_Z_Offset];  
wPrintingFloor.oframe.trans := [0, 0, wPrintingFloor_Z_Offset];  
!Siirtää wobj o.framea muuttujan arvon verran  
ENDPROC
```