



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

VILLE WINGSTRÖM

# **3D suunnittelun hyödyntäminen laitosuunnittelun tarjousuunnittelussa**

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA  
2023

## TIIVISTELMÄ

Wingström, Ville-Oskari: 3D suunnittelun hyödyntäminen laitossuunnittelun tarjoussuunnittelussa  
Opinnäytetyö, AMK  
Konetekniikka  
Joulukuu 2023  
Sivumäärä: 42

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, että millaisia vaikutuksia varhaisella tarjousvaiheen 3D-suunnittelulla on laitossuunnitteluun. Tarkoituksena oli arvioida, mitä hyötyjä ja haittoja uusien ohjelmistojen käyttöönotto toisi laitossuunnitteluun, erityisesti Valmet Technologies Oy:n sellunkuivauslinjan laitossuunnittelun kontekstissa.

Valmet Technologies Oy:ssä 3D-suunnittelu on jo vakiintunut käytäntö projektien toteutusvaiheessa. Tutkimuksen taustalla piilee kysymys siitä, miten tätä käytäntöä voisi hyödyntää tehokkaasti jo projektien tarjousvaiheessa.

Tehtävänä oli arvioida varhaisen 3D-suunnittelun mahdollisuuksia parantaa tarjoussuunnitteluprosessia laitossuunnittelussa. Tavoitteena oli selvittää, millaisia vaikutuksia varhaisella 3D-suunnittelulla on suunnitteluprosessiin ja miten se voisi mahdollisesti optimoida tarjousprojekteja.

Tutkimuksen aineisto koostui referenssiprojekteista, joista analysoitiin tietoja vertailemalla niiden rakennuskokoja suhteutettuina laitosten tuotantomääriin ja rataleveyksiin. Menetelminä hyödynnettiin tilastollisia analyysejä projektien tilankäytön ja tilantäyttöasteen arvioimiseksi.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että varhaisella 3D-suunnittelulla oli saavutettu positiivisia tuloksia rakennusten mitoituksissa, erityisesti projektien H ja I kohdalla. Tulosten perusteella varhainen 3D-suunnittelu näyttäisi olevan myönteinen tekijä rakennusten optimoinnissa ja suunnittelun tehokkuudessa tarjousprojekteissa.

Johtopäätöksissä korostettiin, että työntekijöiden ohjelmistokohtainen koulutus, ohjelmistojen sisäisten työkalujen parantaminen ja suunnittelumenetelmien kehittäminen voivat tehostaa 3D-suunnittelun hyödyntämistä tarjousvaiheessa. Varhaisen 3D-suunnittelun käyttö voi tarjota merkittäviä etuja rakennusten koon optimoinnissa ja suunnitteluprosessin tehostamisessa, kunhan käyttäjille tarjotaan riittävästi tukea ja koulutusta uusien ohjelmistojen käyttöönottamiseksi ja ohjelmistojen täyden potentiaalin hyödyntämiseksi.

Avainsanat: 3D-mallinnus, laitossuunnittelu, tarjousprojekti, Valmet Technologies Oy, selluteollisuus, optimointi, analyysi, ohjelmistokehitys, koulutustarve, suunnittelumenetelmät, tutkimusmenetelmät, tutkimustulokset, tapaustudkimus, mitoitus, suunnitteluprosessi, tehokkuus, myyntiaineisto, suunnittelutyökalut, ohjelmistot, rakennustilavuus, tuotantomäärä, rataleveys, pistepilvi, navisworks, aveva e3d, renderöinti, kehitysehdotus, tietokoneavusteinen suunnittelu.

## Abstract

Wingström, Ville-Oskari: The utilization of 3D design in sales projects for plant engineering

Bachelor's thesis

Mechanical Engineering

December 2023

Number of pages: 42

The purpose of the study was to investigate the impact of early-phase 3D design on plant engineering. The aim was to assess the advantages and disadvantages of adopting new software, particularly in the context of Valmet Technologies Oy's pulp drying line plant design.

At Valmet Technologies Oy, 3D design is already an established practice in project implementation. The background of the study revolves around how this practice could be effectively utilized in the bidding phase of projects.

The task was to evaluate the possibilities of early 3D design to enhance the bid design process in plant engineering. The goal was to determine the effects of early-phase 3D design on the design process and how it could potentially optimize bidding projects.

The research data consisted of reference projects, and information was analyzed by comparing their building sizes relative to plant production volumes and track widths. Statistical analyses were employed as methods to assess space utilization and space filling in projects.

The results of the study indicated that early 3D design had achieved positive outcomes in building dimensions, particularly in the cases of projects H and I. Based on the results, early 3D design appears to be a positive factor in optimizing buildings and enhancing efficiency in bid projects.

In the conclusions, it was emphasized that software-specific training for employees, improvement of internal software tools, and development of design methods can enhance the utilization of 3D design in the bidding phase. The use of early-phase 3D design can offer significant advantages in optimizing building size and streamlining the design process, provided users are provided with sufficient support and training for the implementation of new software and the full utilization of software potential.

Keywords: 3D modeling, plant design, sales project, Valmet Technologies Oy, pulp and paper industry, optimisation, analysis, software development, training needs, design methods, research methods, research results, case study, dimensioning, design process, efficiency, sales material, design tools, software, building volume, production volume, track width, point cloud, Navisworks, Aveva E3D, rendering, improvement proposal, computer-aided design.

# SISÄLLYS

1 ENSIMMÄINEN LUKU/ JOHDANTO .....	5
1.1 Toimeksiantaja yrityksen esittely .....	5
1.2 Työn tavoite .....	6
1.3 Rajaukset .....	6
2 LAITOSSUUNNITTELUN TEORIA .....	7
2.1 Laitossuunnittelu .....	7
2.2 PDU Pulp Drying Unit .....	8
3 SWOT-ANALYYSI .....	12
4 LAATUKÄSIKIRJA / SUUNNITTELUOHJE .....	13
5 PDU:N LAITOSSUUNNITTELUSSA YLEISESTI KÄYTETYT OHJELMISTOT .....	15
5.1 CATIA V6 .....	15
5.2 Navisworks .....	15
5.3 Comos .....	16
5.4 M-Files .....	17
5.5 Pistepilvimallit .....	17
5.6 Autocad .....	19
5.7 AVEVA E3D .....	19
6 TOTEUTUSVAIHE .....	22
6.1 Uusien ohjelmistojen mahdollisuudet tarjoussuunnittelussa – SWOT analyysi .....	22
6.1.1 Sisäiset vahvuudet .....	22
6.1.2 Sisäiset heikkoudet .....	26
6.1.3 Ulkoiset mahdollisuudet .....	26
6.1.4 Ulkoiset uhat .....	26
6.2 3D suunnittelun vaikutukset tilankäyttöön .....	27
6.2.1 Kuutioiden/neliöiden muutos verrattuna suunnittelutapaan .....	27
6.2.2 Tilantäyttöaste .....	32
7 LOPPUPÄÄTELMÄT JA KEHITYSEHDOTUKSET .....	38
LÄHTEET	
LIITTEET	

# 1 ENSIMMÄINEN LUKU/ JOHDANTO

## 1.1 Toimeksiantaja yrityksen esittely

Valmet on sellu-, paperi- ja energiateollisuuden johtava prosessiteknologian, automaatoratkaisujen ja palvelujen toimittaja sekä kehittäjä. Yhtiöllä on yli 220 vuoden teollinen historia. Suomen valtion omistamista asehtaista muodostettiin Valtion Metallitehtaat vuonna 1946 ja viiden vuoden kuluttua 1951 nimi vaihtui Valmet Oy:ksi. Ensimmäinen paperikone toimitettiin 1953 ja kansainvälisesti merkittäväksi paperinkonevalmistajaksi Valmet nousi 1960-luvun puolivälissä, jolloin se toimitti useita koneita maailman johtaviin paperiteollisuusmaihin. Myöhemmin 70- ja 80-luvuilla Valmet valmisti muun muassa laivoja, aseita, traktoreita ja lentokoneita, mutta vähitellen Valmet alkoi keskittyä paperikoneisiin ja niihin liittyvään teknologiaan.

(Valmet, 2022a)

Vuonna 1999 Valmet ja Rauma Oy yhdistyivät, muodostaen Metso Oy:n. Yhtiö käytti Metso nimeä aina vuoteen 2013 asti, jolloin yhtiö jakaantui kahdeksi pörssiyhtiöksi, Metsoksi ja Valmetiksi. (Valmet, 2022a)

Vuonna 2015 Valmet Oy osti Metsolle jakautumisen yhteydessä jääneen automaatioliiketoiminnan, jolloin liiketoimintalinjoja oli neljä, automaatio, sellu ja energia, paperi ja palvelut. Huhtikuussa 2022 Valmet ja Neles yhdistyivät, minkä seurauksena syntyi viides liiketoimintalinja, Virtauksensäätö eli Flow Control. Automaatio-linja valmistaa toiminnanohjausjärjestelmiä, joita käytetään esimerkiksi sellu- tai paperitehtaissa. Sellu ja Energia -linja tuottaa kokonaisellutehtaita ja biomassaa ja jäte kattiloita. Paperi-linja tuottaa paperi- ja kartonkikoneita. Palvelut-linja tarjoaa asiakkailleen koneiden kunnossapitoa, sekä vara- ja kulutusosia. Virtauksensäätö-linja tuottaa metsä-, öljy- ja kaasu-teollisuuden käyttämiä venttiileitä ja niiden ohjaimia. (Valmet, 2022b)

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on perehtyä uusien käytäntöjen ja ohjelmistojen mahdollisuuksien hyödyntämiseen laitossuunnittelun tarjoussuunnittelussa. Selvitystulosten pohjalta pyritään kehittämään laitossuunnitteluprosessia.

## 1.3 Rajaukset

Opinnäytetyö keskittyy 3D-suunnittelun hyötyjen ja haittojen tarkasteluun laitossuunnittelun tarjoussuunnittelussa, erityisesti Valmetin PDU:n (Pulp Drying Unit) laitossuunnittelutiimin näkökulmasta. Työssä pyritään selvittämään erilaisten ohjelmistojen potentiaaliset hyödyt ja tarkastellaan, pystytäänkö niillä tuomaan merkittävää lisähyötyä erityisesti tarjousvaiheen laitossuunnitteluun.

Vaikka sekä 2D- että 3D-suunnittelun historia ja evoluutio ovat laajempia aiheita, tämä työ ei syvenny näiden menetelmien historialliseen taustaan eikä niiden teknisiin yksityiskohtiin. Sen sijaan painopiste on suoraan siinä, miten 3D-suunnittelu ja muut ohjelmistot voivat vaikuttaa Valmetin tarjoussuunnitteluprosessiin ja siihen liittyviin resursseihin, tehokkuuteen ja laatuun.

Rajauksen taustalla on halu keskittyä nimenomaan Valmet PDU:n tarjoussuunnittelun näkökulmaan ja varmistaa, että työ palvelee erityisesti niitä tahoja, jotka harkitsevat siirtymistä 2D-suunnittelusta 3D-suunnitteluun tässä kontekstissa. Toivon, että lukija ottaa huomioon nämä rajaukset arvioidessaan työn sisältöä ja tuloksia.

Opinnäytetyössä on hyödynnetty ChatGPT-tekoälysovellusta ja sitä on käytetty työn rakenteen suunnittelussa ja kieliasun tarkistuksessa.

## 2 LAITOSSUUNNITTELUN TEORIA

### 2.1 Laitossuunnittelu

Laitossuunnittelu vastaa teollisen tuotantolaitoksen rakennussuunnittelusta, laitteiden ja komponenttien sijoittelusta, putkistosta sekä muista yleisistä seikoista. Toisin sanoen laitossuunnittelu on kytköksissä lähes kaikkeen, mikä tekee laitossuunnittelun roolista tärkeän ja myös haastavan. (Moran, 2017, luku 3)

Laitossuunnittelussa tulee ottaa huomioon toimiva ja käytännöllinen laitesijoittelu. Kunnossapidon onnistuminen edellyttää, että laitteille on esteetön pääsy ja että niiden huoltotehtävien toteuttamiseen on riittävästi tilaa. Myös putkisto tulee huomioida laitesijoittelussa siten, että putkistosta tulee toimiva suhteessa mahdollisimman alhaisiin hankinta- ja käyttökustannuksiin. Laitteet tulee sijoittaa niin, että huollettavien osien laskemiseen jää riittävästi vapaata lattiapintaa. (Moran, 2017, luku 18.7)

Rakennusta suunniteltaessa ajoväylille ja kulkureiteille tulee jättää riittävästi tilaa. On myös otettava huomioon tarvittavien huoltotasojen sijoitukset ja varmistettava esteetön pääsy rakennuksen alakerran tiloihin sekä ylemmille kerroksille. Täten porrastorneja tulee sijoitella riittävästi ottaen huomioon esimerkiksi paloturvallisuutta koskevat säädökset. Myös sähkö- ja ilmastointilaitteille sekä huolto- ja varastotiloille on varattava riittävästi tilaa. Rakennus tulee kuitenkin pitää mahdollisimman pienenä toiminnallisuuden sallimissa rajoissa. Rakennuksen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota myös kohteen ilmastoon, maantieteelliseen sijaintiin ja maakohtaisiin säädöksiin, esimerkkinä maanjärjestyalueiden erityis- vaatimukset tai kylmien alueiden kattojen lumi- kuorman huomioiminen. Laitossuunnittelussa on myös tärkeää tehdä yhteistyötä muiden samalla alueella toimivien yksiköiden kanssa. Esimerkiksi läheisten rakennusten ja teiden olinpaikat yleensä rajaavat käytettävissä olevan tilan. (Valmet Technologies Oy, 2023) (Moran, 2017, luku 17)

Laitossuunnitteluprosessi voidaan Valmet PDU:ssa jakaa karkeasti kahteen vaiheeseen, eli tarjousprojektiksi ja toimitusprojektiksi. Tarjousprojektissa keskitytään ensisijaisesti potentiaalisen asiakkaan tarpeiden ymmärtämiseen ja siihen, kuinka yritys voi ehdottaa ratkaisua näihin tarpeisiin. Täten tarjousprojektin päämääränä on saavuttaa sopimus asiakkaan kanssa. Tarjousvaiheessa korostetaan asiakkaan vaatimusten analysointia, jotta voidaan selvittää tarkasti, mitä asiakas haluaa ja tarvitsee. Tämän pohjalta muodostetaan tarjous, joka perustuu asiakkaan vaatimuksiin sekä yrityksen kykyyn toimittaa asiakkaan tarpeita vastaava tuote tai palvelu. Tärkeässä roolissa on myös kustannusarviointi, joka määrittelee ehdotetun ratkaisun kustannukset ja tuoton. Toimitusprojekti taas keskittyy tarjousvaiheessa luvattujen asioiden tai teknologioiden toimittamiseen. Toimitusvaihe alkaa heti, kun sopimus on allekirjoitettu. (Valmet Technologies Oy, 2023)

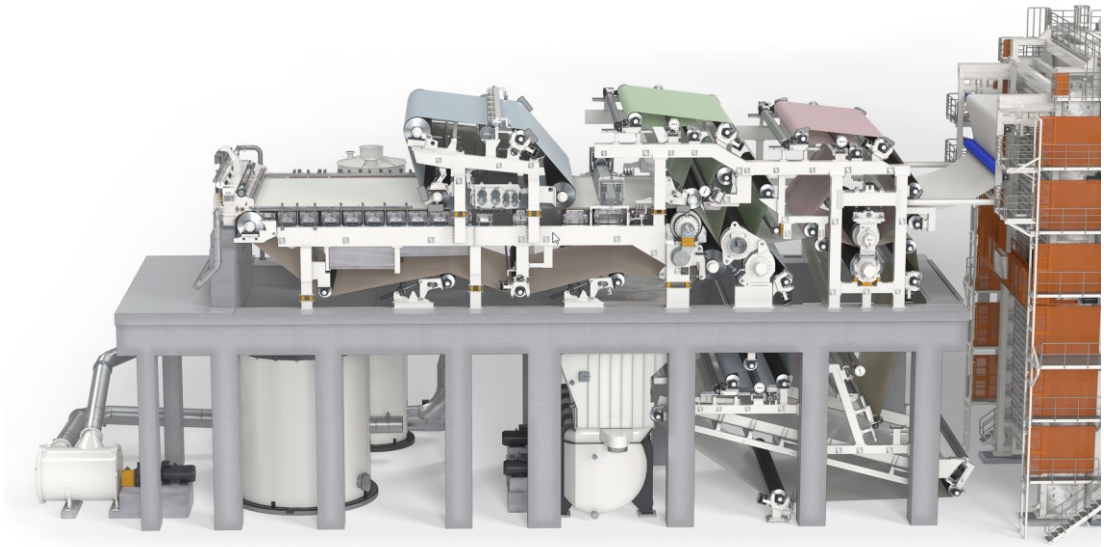
## 2.2 PDU Pulp Drying Unit

Sellun kuivausyksikön tehtävänä on nimensä mukaisesti suunnitella ja tuottaa prosessi, jolla sellu kuivataan ja pakataan edelleen käsiteltävään muotoon, yleensä paaleiksi tai rulliksi. Yksi paali painaa noin 250 kg ja niistä tehdään yleensä kahdeksan paalin kuutioita. Tavoitteena on tehdä sellusta mahdollisimman homogeenista ja kuivata sellu mahdollisimman energia- ja kustannustehokkaasti, hyödyntämällä esimerkiksi maan vetovoimaa, alipainetta, puristusta ja lämmitystä. Sellumassan laatu määräytyy pitkälti kuitulinjan ja sitä edeltävän prosessin osan perusteella, eikä sellunkuivain itsessään vaikuta sellumassan laatuun. (Valmet, 2023c)

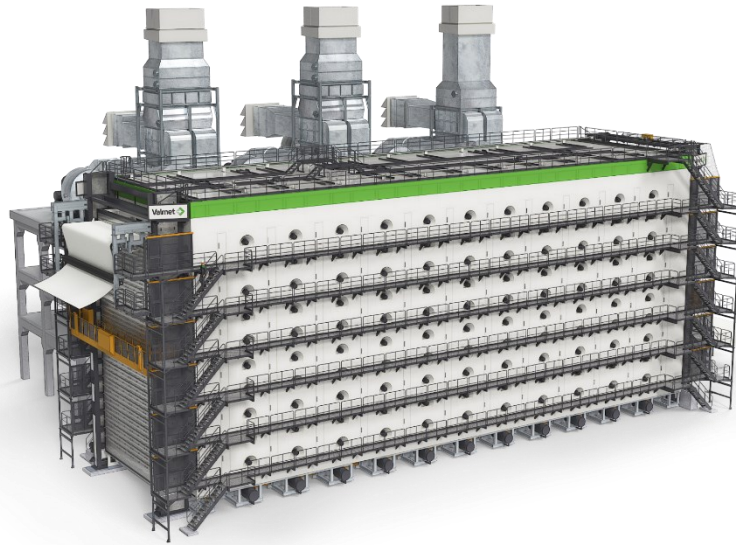
Sellunkuivauslinja koostuu karkeasti ottaen lajittelusta, märkäosasta, ilma-kuivaimesta, arkkileikkurista ja paalauslinjasta. Jälkilajittelua käytetään epäpuhtauksien poistamiseen. Lajittimia on saatavilla useaa eri tyyppiä, joilla kaikilla on omat etunsa. Lajitin tyyppi valitaan aina parhaiten kyseiseen projektiin sopivaksi. (Valmet, 2023d)



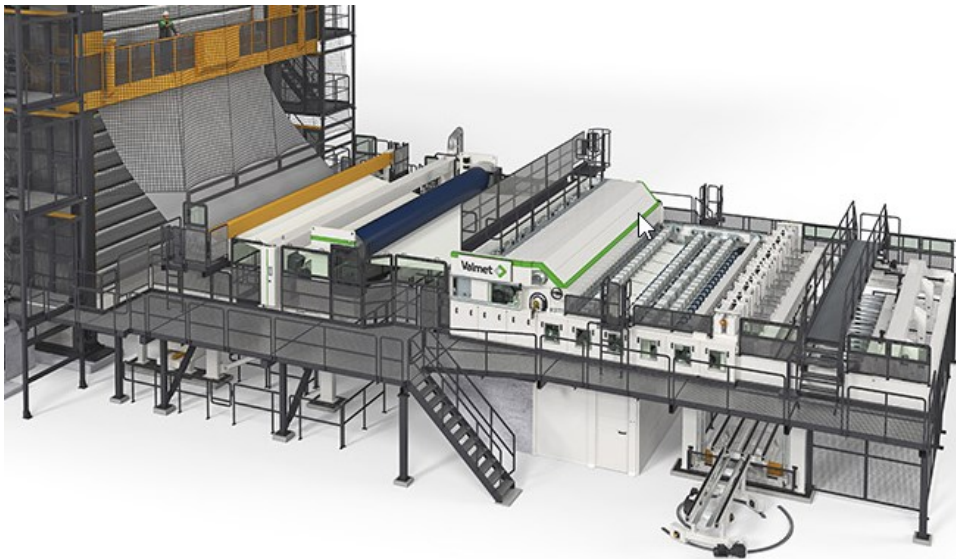
Valmet tarjoaa useita erilaisia märkäosan variaatioita. Kaikki vaihtoehdot koostuvat perälaatikosta, viiraosasta ja puristinosasta. Märkäosan vedenpoisto jakautuu siten, että suurin osa vedestä (noin 97 %) poistetaan viiraosalla ja 2 % puristinosalla (kuva 1). Viimeinen prosentin poiston hoitaa kuivauskaappi (kuva 2). Arkkileikkuri leikkaa valmiin selluradan arkeiksi, jotka paalataan kuljetusta varten paalauslinjalla (kuvat 3), (kuva4). (Valmet, 2023e) (Valmet, 2023f) (Valmet, 2023g) (Valmet, 2023h)



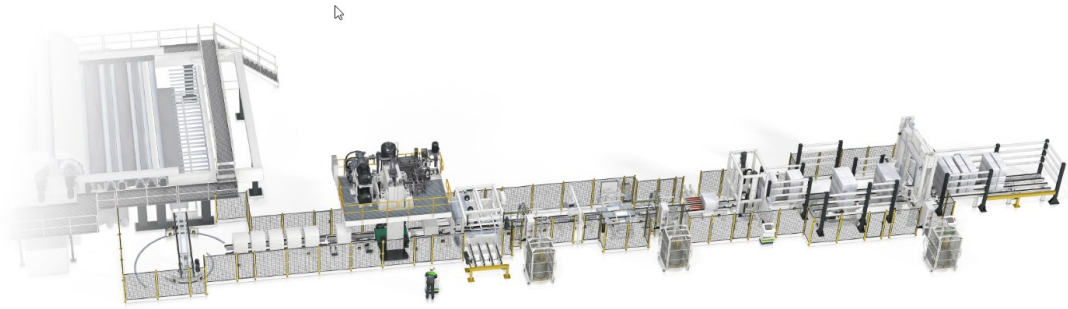
Kuva 1. Esimerkkikuva märän pään kokoonpanosta



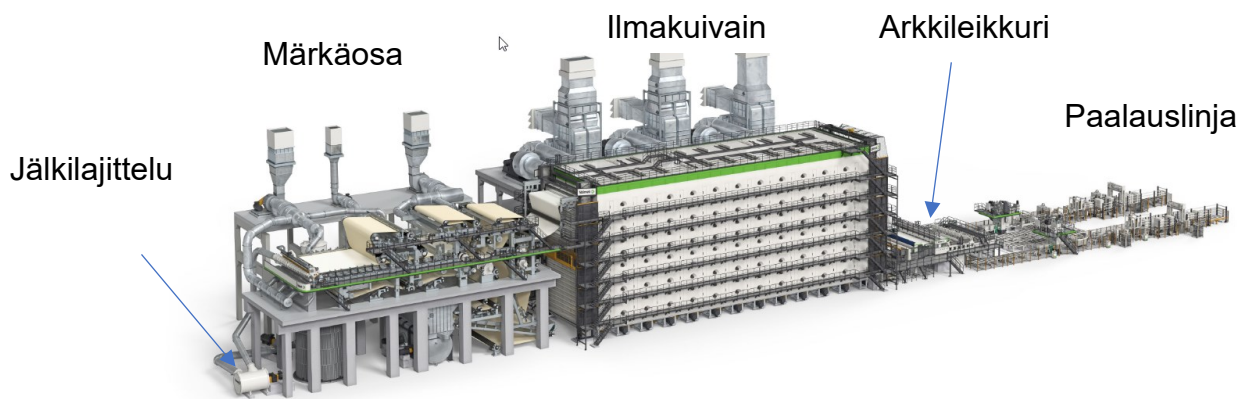
Kuva 2. Esimerkkikuva kuivaimesta



Kuva 3. Esimerkkikuva leikkurista



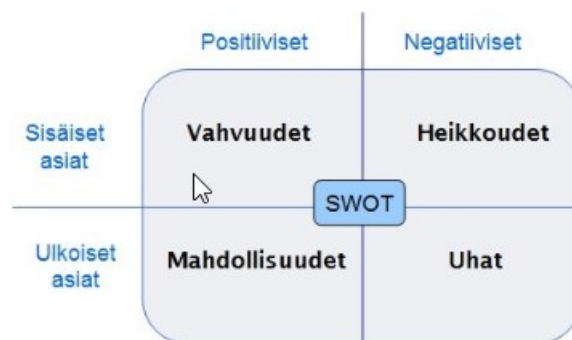
Kuva 4. Esimerkkikuva paalauslinjasta



Kuva 5. Sellunkuivauslinja kokonaisuudessaan.

### 3 SWOT-ANALYYSI

SWOT-analyysi on työkalu, jota käytetään yritysten tai organisaatioiden tilanteen arvioimiseen. Se koostuu neljästä osa-alueesta: vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. Vahvuudet ja heikkoudet ovat sisäisiä tekijöitä, jotka joko auttavat yritystä menestymään tai voivat heikentää sen mahdollisuuksia. Mahdollisuudet ja uhat puolestaan ovat ulkoisia tekijöitä, jotka voivat tarjota uusia mahdollisuuksia tai aiheuttaa haittaa menestymiselle. SWOT-analyysin avulla yritys tai organisaatio voi ymmärtää omia vahvuuksiaan ja heikkouksiaan sekä tunnistaa ympäristönsä mahdollisuuksia ja uhkia. Näiden tietojen avulla yritys voi suunnitella strategiaansa ja toimintaansa siten, että se hyödyntää vahvuuksiaan ja mahdollisuuksiaan sekä pyrkii korjaamaan ja minimoimaan esille tulleet heikkoudet ja uhat. Analyysi on yksinkertainen ja voi pohjautua joko koko yrityksen tai sen yksittäisen osakokonaisuuden toimintaan. (Rautiala, 2023)



Kuva 6. Nelikenttäanalyysi eli SWOT-analyysi (Suomen Riskienhallintayhdistys, 2023).

## 4 LAATUKÄSIKIRJA / SUUNNITTELUOHJE

Yrityksen laatukäsikirja on dokumentti, joka määrittelee yrityksen laadunhallintajärjestelmän periaatteet. Se sisältää tietoa yrityksen laadun määritelmästä, laadun mittaamisesta ja seurannasta sekä sen parantamisprosesseista.

Laatukäsikirja kuvaa myös yrityksen laadutavoitteet ja -strategiat sekä osoittaa, miten nämä tavoitteet saavutetaan ja miten laadun parantamista seurataan. Se on keskeinen osa yrityksen laadunhallintajärjestelmää ja tukee yritystä varmistamaan, että sen tuotteet ja palvelut vastaavat asiakkaiden odotuksia ja vaatimuksia.

Laatukäsikirja myös takaa, että yritys noudattaa kaikkia sovellettavia lakeja, määräyksiä ja standardeja. Näin ollen se on välttämätön työkalu yrityksen laadunhallinnassa ja jatkuvassa parantamisessa. (Valmet Technologies Oy, 2023)

Valmetin Direction Handbook, tai laatukäsikirja, täyttää yleisesti käytetyt ISO 9001, ISO 14001 ja ISO 45001 -standardit. Laatukäsikirja sisältää ohjeet nykyisistä toimintatavoista sekä tarvittavista katselmusten tiedoista suunnitteluvaiheessa. (Valmet Technologies Oy, 2023)

Suunnittelukatselmus on tapahtuma, jossa suunnittelun sen hetkinen tilanne käydään tarkasti ja dokumentoidusti läpi. Tarkoituksena on varmistaa, että suunnitelma täyttää laatukäsikirjassa määritellyt vaatimukset. Mahdolliset puutteet kirjataan ylös, ja ne käsitellään seuraavassa katselmuksessa. Tämän jälkeen tehdyt muutokset vahvistetaan. Kirjatut ja korjatut puutteet otetaan huomioon myös tulevissa projekteissa. Katselmukset jatkuvat, kunnes viimeisessä katselmuksessa ei havaita enää puutteita. Kaikki dokumentit tallennetaan laadunvarmistusta varten. Katselmuksia voidaan pitää eri osastojen välillä tai yksittäisillä osastoilla. Esimerkiksi Valmetin sellunkuivauskonepuolella on ollut tapana järjestää 3D-mallin katselmukset etenemisprosentin

perusteella vähintään kolmessa osassa: 30 %, 60 % ja 90 % välikatselmuksset. (Valmet Technologies Oy, 2023)

30 % katselmuksessa keskitytään 3D-mallin laitteiden sijoitteluun ja rakennuksen suunnitteluun. Tarkastelun kohteina ovat esimerkiksi laitteiden saavutettavuus, huollettavuus ja kulkureitit. Rakennuksen osalta huomioidaan nostoaukot, pilarit, palkit ja rakennusten sijainnit. Tärkeimmät putkireitit tarkastetaan, ja niiden vaikutus huolto- ja kulkureitteihin huomioidaan. (Valmet Technologies Oy, 2023)

60 % katselmus keskittyy tarkempaan 3D-mallin putkiston tarkasteluun. Tähtöna on varmistaa, että putkisto täyttää sekä asiakkaan että prosessin vaatimukset. Yleisesti ottaen kaikki yli 50 mm:n halkaisijaltaan putket tulisi reitittää, ja linjojen tärkeimmät komponentit, kuten venttiilit, tulisi sijoittaa. Laitteet mallinnetaan laitetoimittajan piirustusten mukaan, ja niiden käytettävyys sekä huollettavuus tarkistetaan. (Valmet Technologies Oy, 2023)

90 % katselmus antaa osallistujille mahdollisuuden tarkastella laitosta ennen asennuksen alkua ja valmistumista. Se tarjoaa myös tilaisuuden tehdä viime hetken korjauksia, mikäli tarvetta ilmenee. Tämä katselmus tulisi suorittaa ennen putkiston ja laitteiden asennuksen aloittamista. (Valmet Technologies Oy, 2023)

Katselmusten tarkoitus on pitää huoli omien ja asiakkaiden vaatimusten täytymisestä, sekä taata sujuva tiedon välittyminen kaikkien osallistujien välillä.

## 5 PDU:N LAITOSSUUNNITTELUSSA YLEISESTI KÄYTETYT OHJELMISTOT

### 5.1 CATIA V6

Catia V6 on Dassault Systemesin teollisuusluokan 3D-suunnittelu- ja valmistustekniikkaohjelmisto, jota käytetään monilla aloilla, kuten koneenrakennuksessa, lentokoneteollisuudessa ja automaatio- ja sähkötekniikassa. Ohjelmisto tarjoaa laajan valikoiman työkaluja 3D-mallinnukseen, simulointiin, koneistukseen ja dokumentointiin. Catia V6:n avulla voidaan luoda monimutkaisia 3D-malleja, jotka kuvaavat esimerkiksi koneiden rakennetta ja toimintaa. Ohjelmiston avulla voidaan myös tuottaa valmistusdokumentaatiota, jota tarvitaan esimerkiksi osien valmistuksessa. Catia V6 on yksi johtavista teollisuusluokan 3D-suunnitteluohjelmista ja se on suosittu valinta yritysten ja organisaatioiden keskuudessa. Valmet PDU:n laitossuunnittelu käyttää Catia V6 esimerkiksi laitteiden ja hoitotasojen mekaanisessa suunnittelussa.

(Valmet Technologies Oy, 2023) (TECHNIA, 2023).

### 5.2 Navisworks

Navisworks on Autodesk-yhtiön kehittämä ohjelmisto, joka on suunniteltu käytettäväksi rakennus- ja teollisuusprojektien suunnittelussa ja valvonnassa. Ohjelmisto tarjoaa työkaluja 3D-mallien tarkasteluun, mittaukseen, simulointiin, törmäystarkasteluun sekä dokumentointiin. Navisworks mahdollistaa useiden eri tietomallien yhdistämisen yhdeksi kokonaisuudeksi.

Käytännössä Navisworks antaa suunnittelijoille ja projektijohtajille mahdollisuuden tarkastella ja arvioida koko projektia yhden ohjelmiston kautta, mikä tekee yhteistyöstä eri sidosryhmien välillä tehokkaampaa ja sujuvampaa. Ohjelmiston avulla on mahdollista tunnistaa ja ratkaista ongelmat jo suunnittelu- vaiheessa, mikä voi johtaa merkittäviin säästöihin ja tehokkuuden parannuksiin projektin toteutusvaiheessa.

Navisworks sisältää kolme eri versiota: Manage, Simulate ja Freedom. Jokainen versio tarjoaa eri ominaisuuksia eri käyttäjäryhmille. (Autodesk, 2023, Navisworks) (Arkance Systems, 2023, Navisworks)



Kuva 7. Esimerkki Navisworks 3D mallista. (Valmet Technologies Oy, 2023)

### 5.3 Comos

Comos on Siemensin kehittämä, teollisuuden ja prosessilaitosten suunnitteluun, käyttöön ja ylläpitoon tarkoitettu ohjelmisto. Luokiteltuna Product Life Management (PLM) -järjestelmäksi, Comos hallitsee prosesseja niiden koko elinkaaren ajan. Comosta käytetään esimerkiksi prosessin virtauskaavioiden luomiseen sekä erilaisten laite- ja osalistojen tekemiseen.

Comoksen ainutlaatuisuus perustuu sen kykyyn hallita koko elinkaarta yhdellä alustalla. Sen avoimen ja skaalautuvan arkkitehtuurin ansiosta järjestelmä soveltuu laajaan käyttöön erilaisissa ympäristöissä ja toimintaprosesseissa. Comoksen modulaarinen rakenne mahdollistaa sen, että yritykset voivat räätälöidä ohjelmiston tarkasti omien tarpeidensa mukaan, ja se tukee useita erilaisia suunnittelutyökaluja.

Käytännössä Comos tukee monipuolisesti prosessiteollisuuden toimintaa mahdollistaen tehokkaan tiedonhallinnan, yhdenmukaisen dokumentoinnin,



paremman tuottavuuden ja korkeamman laadun - kaikki samassa paketissa. Comoksella on siten keskeinen rooli modernissa prosessiteollisuudessa. (SIEMENS, 2023, COMOS)

#### 5.4 M-Files

M-Files Oy on suomalainen teknologiayhtiö, joka on erikoistunut tiedonhallintaohjelmistojen kehittämiseen ja myyntiin. M-Filesin ohjelmistot ovat olleet alallaan merkittäviä innovaatioita, ja niitä käyttävät yritykset ja organisaatiot eri puolilla maailmaa. M-Files on yritysten ja organisaatioiden sisäisen tiedon ja dokumenttien hallintaan suunnattu ohjelmisto. Se tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden luoda ja hallinnoida monenlaisia dokumentteja sekä työkaluja tiedon jakamiseen ja yhteistyöhön. Tämä mahdollistaa usean eri henkilön samanaikaisen työskentelemisen samojen dokumenttien parissa. M-Filesilla on tehokas hakutoiminto, joka tekee tiedon arkistoinnista ja etsimisestä sujuvaa ja tehokasta. (ARKANCE SYSTEMS, 2023, M-Files)

Valmetin käytössä M-Files tarjoaa paikan, jossa yrityksen tärkeät dokumentit voidaan säilyttää tietoturvallisesti. Tämä mahdollistaa sujuvan tiedonsiirron eri ohjelmistojen välillä ja helpottaa näin ollen eri osastojen välistä yhteistyötä. M-Filesin kyky integroitua muihin ohjelmistoihin ja järjestelmiin on tehnyt siitä arvokkaan työkalun Valmetin tiedonhallinnassa. M-Filesin käyttöliittymä on suunniteltu käyttäjäystävälliseksi, joten se soveltuu hyvin monenlaisille käyttäjille, riippumatta heidän teknisestä osaamisestaan tai taustastaan.

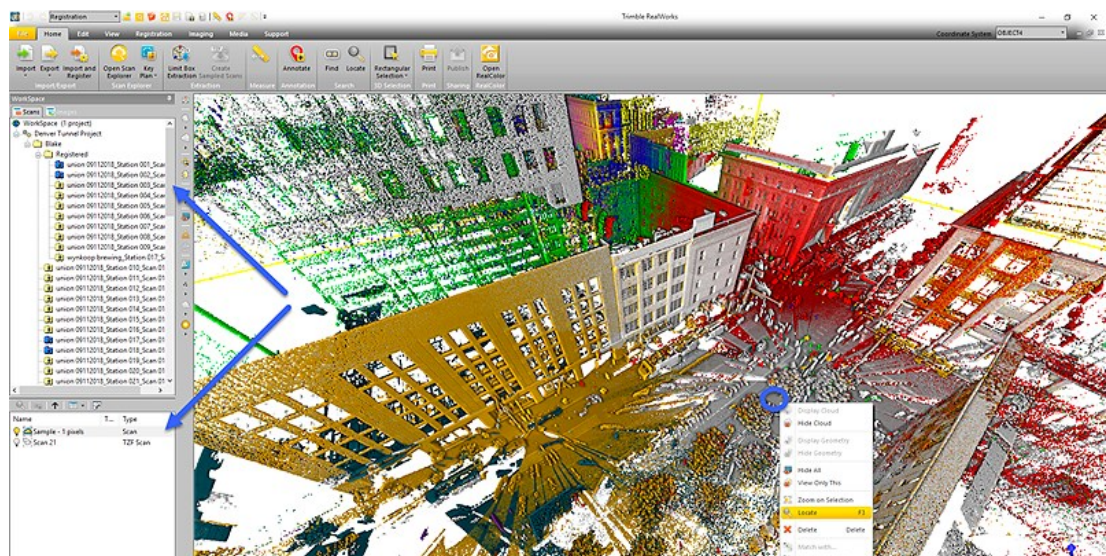
#### 5.5 Pistepilvimallit

Pistepilvi kuvastaa kohdetta kolmiulotteisena tietomassana, koostuen miljoonista erillisistä pisteistä, jotka tarkasti määrittelevät kohteen geometrian, parhaimmillaan aina millimetrin tarkkuudella. Pisteet eivät pelkästään sisällä kolmiulotteista sijaintitietoa, vaan myös muuta tietoa, kuten kohteen väriä tai materiaalia, riippuen siitä, millä tavalla pistepilvi on tuotettu. Menetelmiä tähän tarkoitukseen ovat esimerkiksi laserkeilaus ja fotogrammetria.

Laserkeilausprosessissa laserkeilaaja lähettää laserpulsseja kohteeseen, ja kun ne osuvat pintaan ja heijastuvat takaisin, laserkeilain rekisteröi niiden erotuksen muodostaen yksittäisen pisteen pistepilveen. Pisteiden väri voi perustua esimerkiksi intensiteettiin, mikä mahdollistaa eri materiaalien tunnistamisen toisistaan, kuten vaikkapa puupinnan erottamisen betonista. Laserkeilaimissa on lisäksi usein kameroita, jotka tallentavat pisteiden luonnolliset värit, täydentäen näin pistepilven tietoa.

Usein pistepilvien hyödyntäminen lähtötietoina osoittautuu optimaaliseksi ratkaisuksi, tarjoten erittäin tarkat mittaukset ja kattavan mallin fyysisestä tilasta, lisäksi vielä panoraamakuvien muodossa. Pistepilvet eivät pelkästään tarjoa äärimmäisen tarkkoja mittoja ja mahdollista nopeampaa mittaamista verrattuna manuaalisiin menetelmiin, vaan laserkeilauksen avulla voidaan myös tutkia alueita, joihin ei muuten olisi helppo päästä käsiksi. Pistepilviteknologia auttaa suunnittelijoita visualisoimaan tarkasti olemassa olevat maastolliset olosuhteet ja rakenteet, mikä mahdollistaa niiden huomioimisen suunnittelu- vaiheessa. (Buildingpointfinland, 2023, Pistepilvi)

Tähän opinnäytetyöhön liittyen pistepilvimalleja voitaisiin esimerkiksi hyödyntää sellaisissa tilanteissa, joissa sellunkuivauslinjaa suunnitellaan olemassa olevaan rakennukseen.



Kuva 8. Pistepilvimalli. (Buildingpointfinland, 2023)

## 5.6 Autocad

AutoCAD on Autodesk-yhtiön kehittämä ja ylläpitämä CAD-ohjelmisto, joka on suunnattu arkkitehtien, mekaanisten suunnittelijoiden, rakennusalan ammattilaisten ja muiden teknisten alojen asiantuntijoiden käyttöön. AutoCAD on erittäin joustava ja mukautuva ohjelmisto, joka tarjoaa laajan valikoiman työkaluja sekä 2D- että 3D-suunnitteluun. Se on alansa standardi ja sitä käytetään yleisesti teknisen suunnittelun, piirustusten ja dokumentaation tuottamiseen.

Ohjelmiston avulla voidaan suunnitella ja mallintaa monimutkaisia rakenteita ja laitteita. Se mahdollistaa tarkan ja tehokkaan suunnittelun, visualisoinnin ja dokumentoinnin. AutoCAD:n lisäominaisuuksia ovat esimerkiksi AutoCAD Mechanical ja AutoCAD Electrical, jotka on suunniteltu erityisesti mekaaniseen ja sähkösuunnitteluun. Nämä lisäosat tarjoavat alakohtaisia työkaluja ja ominaisuuksia, jotka tehostavat ja helpottavat suunnitteluprosessia.

AutoCAD on käyttäjäystävällinen ja helppo omaksua, minkä ansiosta sen käyttöönotto on nopeaa. Lisäksi ohjelmistoon on saatavilla laaja valikoima koulutusmateriaaleja ja tukiresursseja, jotka tukevat käyttäjien oppimista ja kehittymistä. AutoCAD:lla on laaja käyttäjäyhteisö, joka tarjoaa tukea ja neuvoja, ja sen käyttäjäystävällisyys ja tehokkuus tekevät siitä suosituksen monille suunnittelijoille ja insinööreille. (AUTODESK, 2022, AutoCAD)

## 5.7 AVEVA E3D

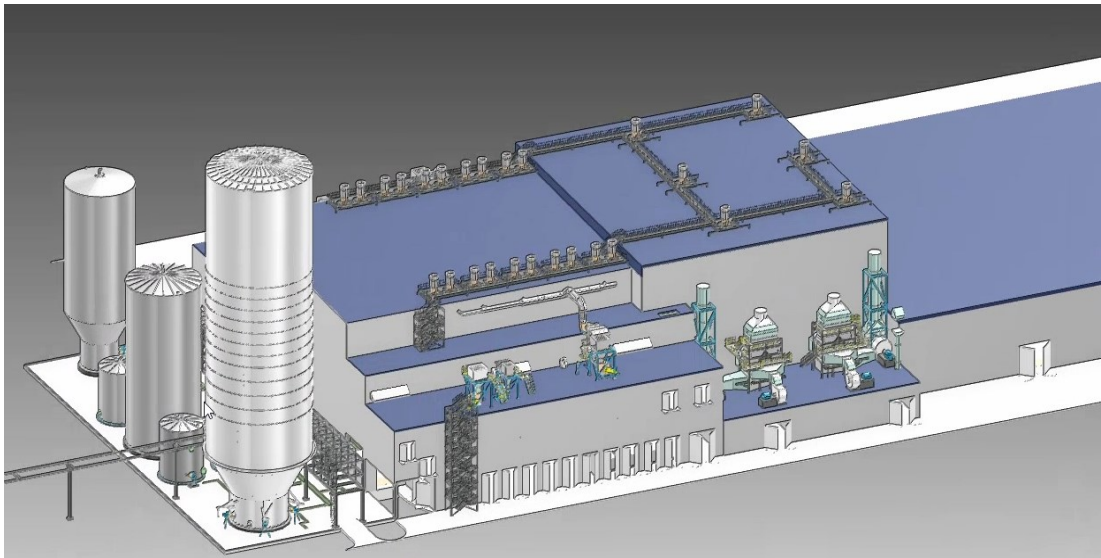
E3D (Everything3D) on Aveva-yhtiön kehittämä laitossuunnitteluohjelma, joka julkaistiin vuonna 2012. Se on seuraaja pitkäikäiselle ja laajalti käytetylle PDMS-ohjelmalle (Plant Design Management System), jonka julkaisi alun perin vuonna 1976. E3D:n tavoite on korvata PDMS kokonaan vuoteen 2024 mennessä.

E3D on suunniteltu vastaamaan modernin laitossuunnittelun haasteisiin tarjoamalla parannettuja toimintoja ja uudistunutta visuaalista käyttöliittymää.

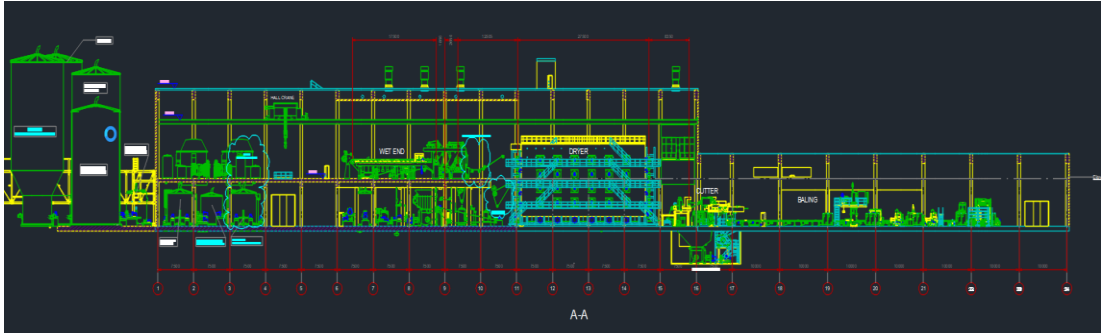
Ohjelma hyödyntää vahvasti PDMS:n perustaa, mutta sisältää merkittäviä parannuksia, mukaan lukien laajennettu 3D-mallinnus- ja dokumentointikyky.

E3D on modulaarinen ohjelmisto, ja sen kaksi PDU:lle keskeisintä osaa ovat MODEL ja DRAW. MODEL-osuutta käytetään 3D-mallien luomiseen, ja se tarjoaa työkalut kappaleiden mallintamiseen ohjelman omien toimintojen avulla tai hyödyntäen muiden suunnittelutyökalujen tuottamia malleja. DRAW-osuutta käytetään piirustusten luomiseen, ja se tarjoaa työkalut monenlaisten teknisten piirustusten, kuten layout-, kuormitus-, teräsrakenne- ja putki-isometripiirustusten tuottamiseen.

Valmetin PDU:n laitossuunnittelu tiimi hyödyntää näitä kahta E3D:n osaa laajasti. Tarkkuutta vaativat detail-tason piirustukset ja mallinnukset tehdään yleensä Catia-ohjelmalla, jonka jälkeen ne voidaan tarvittaessa siirtää E3D:hen. (AVEVA, 2023, E3D Design; Valmet Technologies Oy, 2023)



Kuva 9. E3D Model. (Valmet Technologies Oy, 2023)



Kuva 10. E3D Draw. (Valmet Technologies Oy, 2023)

## 6 TOTEUTUSVAIHE

### 6.1 Uusien ohjelmistojen mahdollisuudet tarjoussuunnittelussa – SWOT analyysi

Tässä osiossa pohditaan SWOT analyysin keinoin, että minkälaisia vaikutuksia uusien ohjelmistojen käytöllä olisi tarjoussuunnitteluun Valmet PDU:n laitosuunnittelussa.

#### 6.1.1 Sisäiset vahvuudet

Kolmiulotteisen suunnittelun visuaalinen tarkkuus on epäilemättä yksi sen suurimmista vahvuuksista. Kolmiulotteisten suunnitelmien avulla voidaan luoda realistisempia ja yksityiskohtaisempia malleja ja monimutkaiset rakenteet voidaan havainnollistaa ja esittää niin, että niiden ymmärtäminen on entistä helpompaa. Tämän seurauksena suunnittelusta voi tulla heti alkuvaiheessa tarkempaa ja tehokkaampaa, esimerkiksi laitteiden sijoittelun ja tilankäytön osalta. Näin voidaan myös välttyä sellaisilta ongelmilta, jotka normaalisti huomattaisiin mahdollisesti vasta projektin toteutusvaiheessa. Tällaiset muutokset voivat tuoda huomattavia säästöjä projektin elinkaaren aikana. 3D-mallin avulla on myös helpompi suunnitella laitoksen kunnossapitoon liittyviä seikkoja, kuten tilavarauksia haalauksille ja huolloille.

Laajan E3D:hen luodun laitekirjaston käyttö mahdollistaa tarkan 3D-mallin luomisen kohtuullisessa ajassa. Tämä vapauttaa suunnittelijoiden resursseja keskittymään tarkemmin laitteiden sijoitteluun ja rakennuksen suunnitteluun, vähentäen näin 3D mallin rakentamiseen kuluva aikaa.

3D-suunnittelutyökalut tarjoavat myös tarkan mittakaavan hallinnan, mikä parantaa suunnittelun tarkkuutta ja varmistaa, että suunnitelmat vastaavat todellisia rakenteita. Vaikka niiden käyttöönotto vaatii investointeja, niiden hyödyt, kuten virheiden varhainen havaitseminen ja tehokkaampi työskentely, voivat vähentää kustannuksia verrattuna perinteisiin 2D-suunnittelutyökaluihin. E3D

ympäristö mahdollistaa myös useamman työntekijän samanaikaisen työskentelyn mallin parissa.

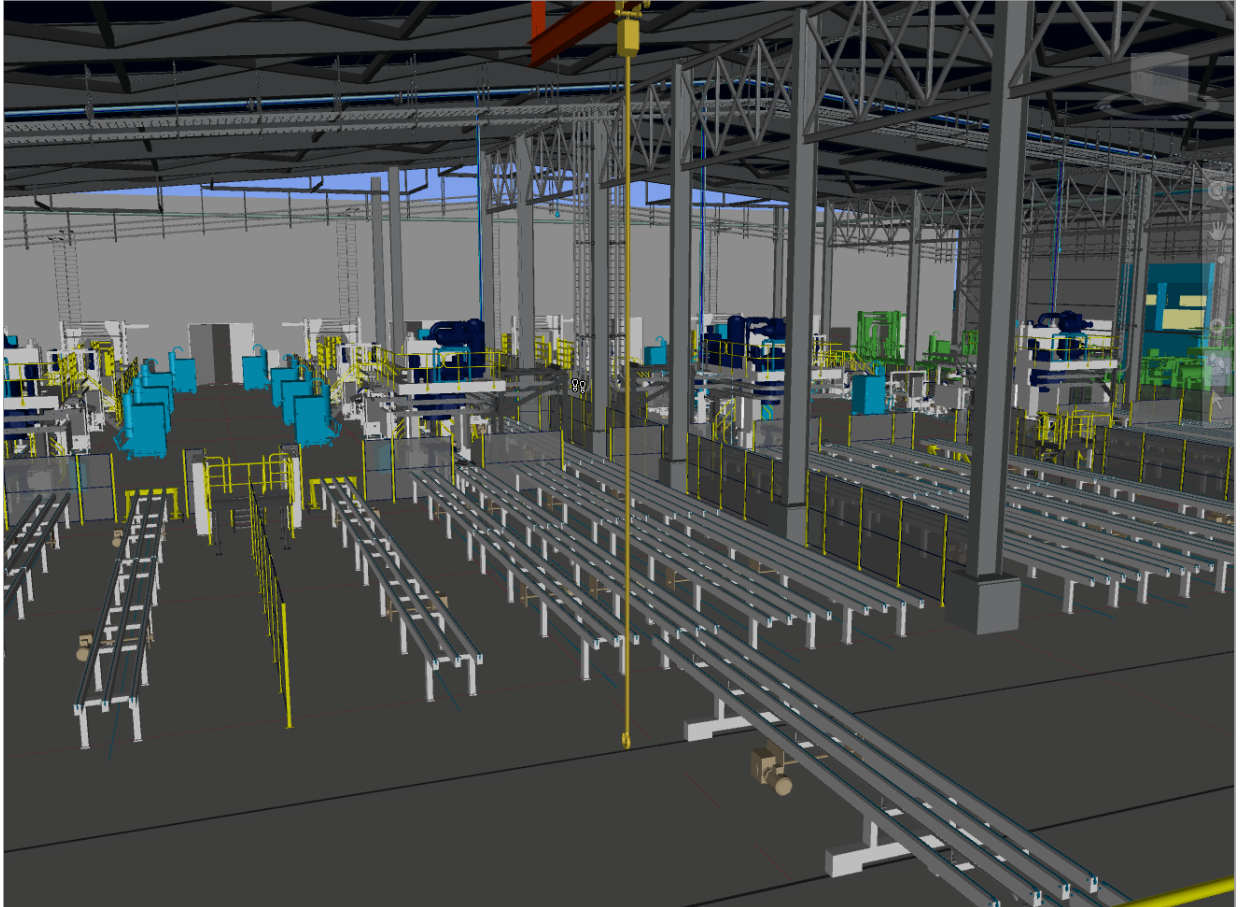
Lisäksi 3D-suunnittelu helpottaa organisaation sisäistä yhteistyötä, kun eri osapuolet voivat tarkastella ja arvioida suunnitelmia virtuaalisesti keskenään. Tämä edistää tehokasta viestintää ja tiimityöskentelyä, kunhan kaikki osallistuvat teknologiatiimit käyttävät samoja ohjelmistoja saumattoman yhteistyön saavuttamiseksi.

E3D:n käyttö helpottaa projektia myös dokumentaation näkökulmasta. Koska piirustukset ajetaan suoraan 3D mallin pohjalta, inhimillisten virheiden mahdollisuus pienenee ja varmistutaan siitä, että piirustukset vastaavat aina ajantasaisia suunnitelmia.

Jos tarjoussuunnittelu on tehty E3D:llä, päästään mahdollinen projekti aloittamaan kaupan syntyessä jo pitkälle suunnitellun 3D mallin pohjalta. Täten säästetään aikaa myös projektivaiheessa. Projekteissa, joissa uusitaan vain osa prosessista tai rakennetaan uusi linja olemassa olevaan rakennukseen, pistepilvimallinnus voisi olla äärimmäisen hyödyllinen vaihtoehto. Pistepilvitekniikan avulla saadaan nopeasti ja kustannustehokkaasti tarkkaa tietoa käytettävissä olevasta tilasta. Tämän perusteella voidaan esimerkiksi mallintaa olemassa oleva rakennus sekä nopeasti että erittäin tarkasti. Tämä lähestymistapa on huomattavasti järkevämpi kuin mallinnus vanhojen, mahdollisesti epätarkkojen tai päivittämättömien piirustusten pohjalta. Tällä menetelmällä välletään myös tarvetta lähettää suunnittelijaa mittausmatkalle, jolloin säästetään esimerkiksi matkakuluissa. Näin ollen pistepilvimallinnus ei ainoastaan lisää lähtötietojen tarkkuutta, mutta myös tehostaa mallintamista ja vähentää tarvetta matkustamiseen.

Navisworksia käytetään PDU:ssa tällä hetkellä lähes ainoastaan mallien katselmointiin, mutta sitä voitaisiin hyödyntää myös esimerkiksi myyntiaineiston luomisessa. Navisworksin avulla voidaan luoda fotorealistisia malleja ja tuottaa hyvin korkealaatuisia kuvia. Kuvia voidaan tuottaa suhteellisen pienellä vaivalla ja niiden tekemiseen menee noin 1–5 tuntia kuvien halutun laatutason

mukaan. Tällainen visuaalinen materiaali voisi tarjota lisäarvoa, koska tällaisen aineiston pohjalta asiakas saisi hyvin kattavan käsityksen suunnitelmien mukaisesta lopputuloksesta (kuva 10), (kuva 11), (kuva 12).



Kuva 11. Normaali näkymä Navis-mallissa. (Valmet Technologies Oy, 2023)





Kuva 12. Kuva 11 renderöitynä. (Valmet Technologies Oy, 2023)



Kuva 13. Renderöity kuva Navis-mallista. (Valmet Technologies Oy, 2023)

### 6.1.2 Sisäiset heikkoudet

Siirtyminen 3D-suunnitteluun ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton. Ohjelmistojen, kuten E3D, käyttöön tarvittavat lisenssit voivat olla huomattavasti kalliimpia verrattuna esimerkiksi Autocad lisensseihin. Työn tarkkuuden lisääntyessä, myös työhön käytetyn ajan määrä kasvaa etenkin ohjelmiston käyttöönoton alkuvaiheessa työntekijöiden vasta oppiessa käyttämään ohjelmistoa tehokkaasti. Ajankäytön määrän pitäisi kuitenkin tasaantua ajan kanssa, kun ohjelmistoja opitaan käyttämään tehokkaammin. Tätä sopeutumisvaihetta voidaan myös lyhentää panostamalla työntekijöiden kouluttamiseen. Jotta työskentely olisi tehokasta, tulee kaikkien suunnitteluryhmien sitoutua käyttämään yhteensopivia ohjelmistoja saumattoman yhteistyön saavuttamiseksi ja tehokkuuden maksimoimiseksi.

Lisäksi on hyvä todeta, että E3D:n käyttö ei välttämättä ole paras ja kustannustehokkain ratkaisu kaikkiin tilanteisiin tai projekteihin. Esimerkiksi pienemmissä projekteissa, joissa on tiukka aikataulu ja resurssit, eikä tarvita laajaa virtuaalista ympäristöä tai simulointimahdollisuuksia, perinteiset 2D-suunnittelutyökalut voivat olla edelleen toimivampi ja järkevämpi ratkaisu.

### 6.1.3 Ulkoiset mahdollisuudet

Navisworksin ja E3D:n hyötyjä tarkasteltiin jo vahvuudet osiossa, mutta ne kuuluvat myös ulkoisiin mahdollisuuksiin. Laadukkailla Navis-malleilla pystytään tarjoamaan asiakkaille helposti sisäistettävää visuaalista dataa käsiteltävistä tarjouksesta, jolloin asiakas tietää paremmin mitä on ostamassa. Näin ollen on mahdollisuus kasvattaa asiakastyytyvyyttä ja kommunikaatiota yrityksen ja asiakkaiden välillä.

### 6.1.4 Ulkoiset uhat

Taloudellisten näkymien huonontuessa projektien määrä voi vähentyä ja sen seurauksena säästötoimenpiteet tulevat tarpeeseen. Talouden laskiessa

investointi ja kehityshankkeet vähenevät, jolloin saatetaan päätyä sellaiseen tilanteeseen, jossa 3D suunnittelun integroimista tarjous suunnitteluun ei pidetä tarpeeksi kannattavana investointina ja pidättäydytään vanhoissa menetelmissä.

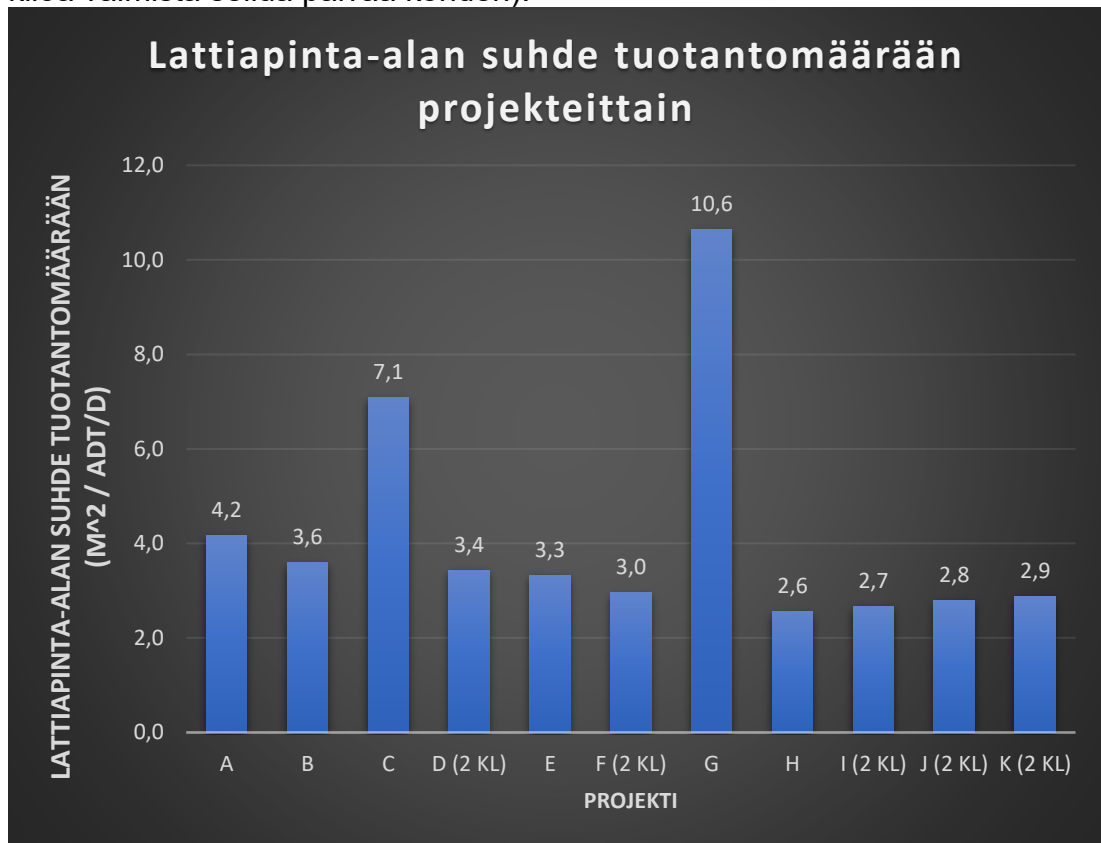
## 6.2 3D suunnittelun vaikutukset tilankäyttöön

### 6.2.1 Kuutioiden/neliöiden muutos verrattuna suunnittelutapaan

Tämän osion tavoitteena on selvittää, että onko tarjousvaiheen 3D suunnittelulla ollut vaikutusta sellunkuivauslaitosten kokoihin eri projekteissa.

Otantaan otettiin mukaan toteutuneiden projektien lisäksi myyntivaiheessa olevia projekteja, joiden suunnittelussa on hyödynnetty 3D suunnittelua alusta asti. Vertailemalla projekteista kerättyä dataa yritettiin selvittää, että onko aikaisella 3D suunnittelulla ollut huomattavaa vaikutusta laitosten kokoihin. Tutkimuksen mittareina käytettiin lattiapinta-alan ja rakennustilavuuteen suhdetta laitosten konelinjojen leveyteen ja päivätuotantoon. Projekteja tarkasteltaessa saatiin seuraavanlaisia tuloksia:

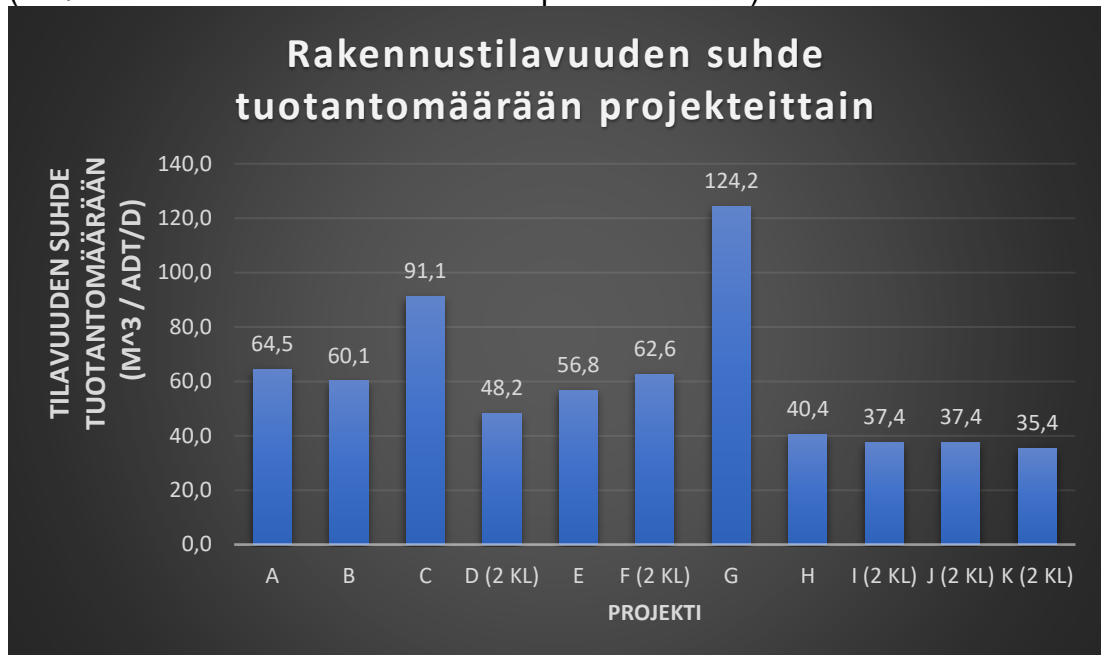
Kuvaaja 1. Projektien lattiapinta-alansellun päivätuotantoon ( $ADT/d =$  Tuhatta kiloa valmista sellua päivää kohden).



Tuloksia tarkasteltaessa huomataan, että tuotantomäärään suhteutettuna projektien lattiapinta-alat ovat melko tasaisia lukuun ottamatta projekteja C ja G, jotka erottuvat joukosta. Molemmissa projekteissa on melko pieni päivätuotanto, jolloin rakennuksen koko jää suureksi siihen verrattuna. Etenkin projekti G:n kohdalla, koska kyseessä on laitos, jonka rakennuksen mitoituksessa on jätetty tyhjää tilaa tulevaisuuteen suunniteltua tuotantomäärän kasvatuksen liittyvää laitteistoa varten. Tuotantomäärän kasvatuksen jälkeen projektin lattiapinta-alan suhde päivätuotantoon tulee luonnollisesti pienenemään. Myös projekti C:n korkeat lukemat selittyvät ainakin osittain sillä, että kyseisessä projektissa käytetty lajitteluteknologia vie enemmän tilaa kuin niin sanottu perinteinen ratkaisu.

E3D:llä kokonaan suunnitellut projektit H ja I ovat saaneet taulukon pienimmät arvot. Myös kaikki kahden konelinjan projektit ovat saaneet melko matalia arvoja verrattuna yhden konelinjan projekteihin.

Kuvaaja 2. Projektien rakennuskuutioiden suhde sellun päivätuotantoon (Adt/d = Tuhatta kiloa valmista sellua päivää kohden).

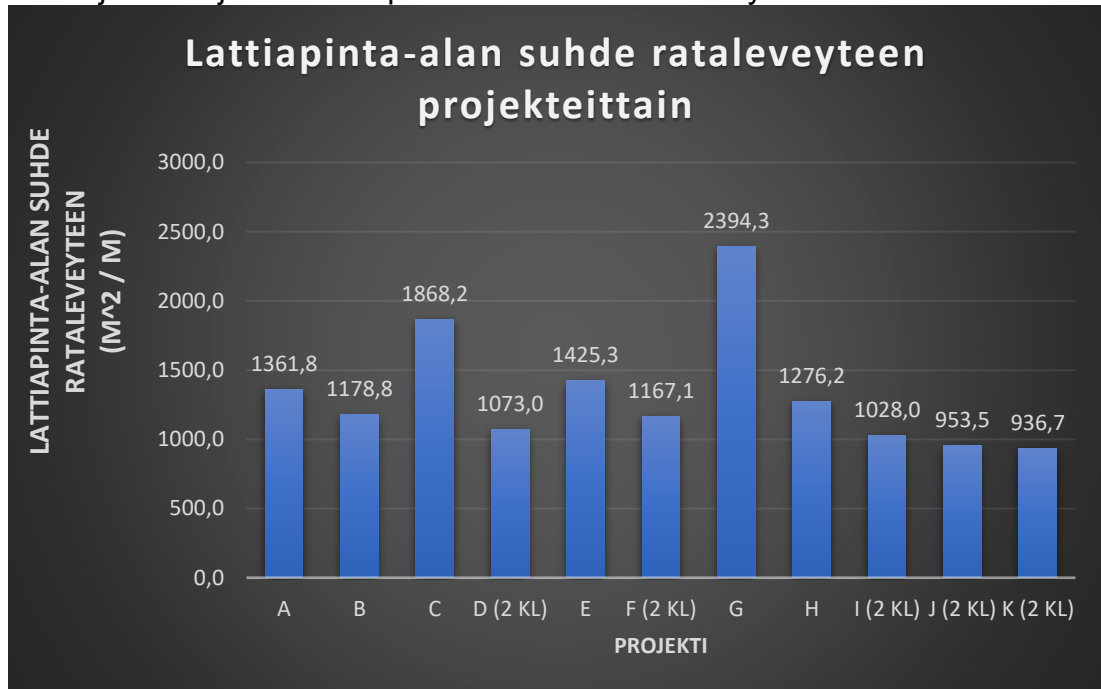


Rakennustilavuuden kohdalla sen sijaan on havaittavissa enemmän eroavaisuuksia projektien välillä. Pienimpiä arvoja edustavat luonnollisesti kahden konelinjan projektit D, I, J ja K lukuun ottamatta viimeistä kahden konelinjan projektia F, jonka arvot ovat hieman korkeammat. Yhden konelinjan projekteista projekti H on saanut huomattavasti matalimmat arvot. Suurimmat arvot ovat samoilla projekteilla kuin edellisessäkin taulukossa, eli projekteilla C ja G.

Uusista tarjousprojekteista, joiden suunnittelu on tehty kokonaan E3D:llä, erottuvat projektit H ja I, joilla on lattiapinta-alaan suhteutettuna projektien pienimmät arvot, ja tilavuudenkin suhteen projektit edustavat toiseksi ja kolmanneksi pienimpiä arvoja. Tästä voimme päätellä, että tuotantomäärään suhteutettuna E3D:n käytöllä on keskimäärin saatu melko kompaktin kokoisia rakennuksia aikaan.

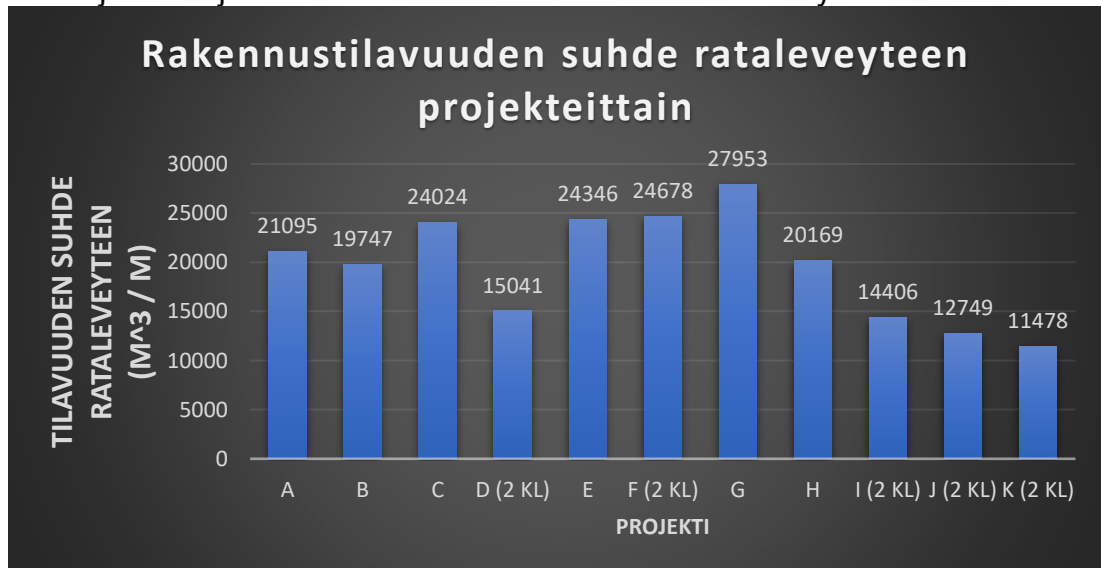


Kuvaaja 3. Projektien lattiapinta-alan suhde rataleveyteen.



Kun lattiapinta-alan määrä suhteutetaan projektien rataleveyksiin, huomataan, että kaikki kahden konelinjan projektit edustavat tässäkin taulukossa pienimpiä arvoja, samoin kuin projektit C ja G korkeimpia arvoja. Projekti H on tässäkin vertailussa saanut melko matalat arvot yksikoneisten projektien joukosta, ainoastaan projekti B:n saadessa pienemmät arvot.

Kuvaaja 4. Projektien rakennuskutioiden suhde rataleveyteen.



Tarkasteltaessa rakennustilavuuden suhdetta rataleveyksiin huomataan hieman enemmän vaihtelua projektien kesken. Tässäkin vertailussa suurin osa kahden konelinjan projekteista pitää yllä taulukon pienimpiä arvoja lukuun

ottamatta projektia F, joka on huomattavan korkeat arvot muihin verrattuna. Myös muista taulukoista poiketen projektien C ja G arvot ovat huomattavasti tasaisemmat muihin projekteihin verrattuna. Kuten edellisessäkin taulukossa, projektit B ja H omaavat pienimmät arvot yhden konelinja projektien joukosta.

Toimitusprojekteja vertailtaessa saatiin selville, että projektit J ja K olivat melko tasavertaisia kaikissa vertailuissa ja edustivat kaikissa taulukoissa pienimpiä arvoja, jolloin voidaan olettaa, että niiden suunnittelussa on onnistuttu. Projekti C sai suurimmat arvot kaikissa muissa vertailuissa paitsi rakennustilavuuden suhteessa rataleveyteen, jossa se oli peräti kolmanneksi suurin. Tästä voidaan päätellä, että kyseisen projektin mitoitus ei ole ollut välttämättä yhtä optimaalista kuin muilla taulukon projekteilla. Taulukon arvoja katsomalla voidaan kuitenkin todeta, että kaikilla projekti C jälkeen tehdyillä projekteilla on matalammat arvot, jolloin voidaan todeta, että mahdollisista mitoituksen virheistä on selvästi otettu oppia uudempien projektien suunnittelussa.

Yhteenvetona E3D:llä suunnitelluista tarjousprojekteista voidaan sanoa, että projekti I:n arvot olivat pitkälti samanlaisia toteutuneisiin projekteihin J ja K verrattuina, niin tuotantomäärään kuin rataleveyteenkin suhteutettuina. Projekti H:n arvot olivat kaikista matalimmat yhden konelinjan projekteista tuotantomäärään suhteutetuissa vertailuissa ja toiseksi matalimmat rataleveyttä koskevissa vertailuissa. Taulukoista tulleiden tietojen perusteella voidaan päätellä, että projektien H:n ja I:n rakennusten mitoitus on osattu mitoittaa melko kompaktisti. Verrattaessa niiden tuloksia toteutuneisiin toimitusprojekteihin, voidaan arvioida, että niiden hukkatilan määrä ei voi olla ainakaan isompi kuin toteutuneissa projekteissa, jolloin mitoitus on toteutettu vähintäänkin onnistuneesti. Projekti G:n tilanteesta on hieman hankalampi vetää johtopäätöksiä tulevaisuuden tilavarauksien hieman väärentäessä saatuja tuloksia.

## 6.2.2 Tilantäyttöaste

Tilantäyttöastetta tutkittiin vertailemalla eri projektien rakennustilavuuksien suhdetta prosessilaitteiston ja muiden komponenttien viemään tilavuuteen. Täten pyrittiin havainnollistamaan sitä, että kuinka tiiviisti rakennukset on suunnitteluvaiheessa mitoitettu. Tutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään, onko suunnittelutavalla ollut suurta vaikutusta niin sanotun hukkatilan määrään. Rakennus jaettiin pienempiin osiin, jotta mittaukset olisivat helpommin tulkittavissa ja vertailtavissa. Jako toteutettiin määränpään alueella jakamalla alue maantasoon ja konetasoon ja rakennuksen loppupää jaettiin kuivaimen alueeseen, sekä leikkurin ja paalaamon alueeseen.

Tilantäyttöasteen selvittämiseen käytettiin Aveva E3D:n Volume-työkalua. Ensiksi määriteltiin laskettavan alueen tilavuus käyttämällä alue objektia (kuva 14). Tilavuuksia laskettaessa käytettiin rakennusten sisätilavuuksia. Kun laskettavan alue on määritetty, Volume-työkalu laskee objektin sisälle jäävän alueen tilavuuden. Alue objektia yritettiin käyttää myös rajatun alueen prosessilaitteiston ja muiden kappaleiden tilavuuksien laskemiseen, mutta tämä metodi huomattiin liian epätarkaksi, koska ohjelmalla oli vaikeuksia laskea sellaisten kappaleiden tilavuuksia, jotka olivat vain osittain alueen sisällä. Näissä tapauksissa ohjelma joko jätti kappaleen kokonaan pois laskuista tai laskee myös alueen ulkopuolelle jäävän osan tilavuuden mukaan. Prosessilaitteiden ja muun laitteiston rajaamiseen käytettiin lopulta Clipping box -työkalua, jonka käyttö muistuttaa pitkälti alue objektin käyttöä. Malliin määritetään suorakulmio haluttujen rajojen mukaan ja työkalu tuo kaiken rajojen sisälle jäävän geometrian näkyviin. Täten saadaan tarkasti näkyviin vain ne komponentit, jotka halutaan sisällyttää laskuihin. Kun kappaleet ovat näkyvissä, valitaan ne kaikki aktiiviseksi, jonka jälkeen ne pystytään valitsemaan Volume-työkalussa käyttämällä Current collection-valintaa. Seuraavaksi ohjelma laskee kappaleiden tilavuudet yhteen. Tämän jälkeen vertaillaan kappaleiden tilavuuden suhdetta laskettavana olleen alueen tilavuuteen, jolloin saadaan tilantäyttöaste selville.





Kuva 14. Esimerkkikuva Alue-objektista, kuvassa sininen suorakulmio. (Valmet Technologies Oy, 2023)

Tuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin ottaa muutama asia huomioon ennen lopullisten tulosten kirjaamista. Kaikilla 3D mallissa käytettävillä elementeillä ei ole Volume (tilavuus) attribuuttia, jolloin ohjelman antama tilavuus jää todellista tilavuutta pienemmäksi. Tällaisia elementtejä ovat esimerkiksi SCTN elementit, joita käytetään muun muassa usein pilareiden mallintamiseen. Näiden kappaleiden tilavuudet tulee siis itse laskea ja lisätä ohjelman antamaan laitteiden kokonaistilavuuteen. Toinen ongelma liittyy siihen, että ohjelma laskee kappaleiden tilavuudet mallinnetun geometrian perusteella, eikä äärimittojen perusteella. Otetaan esimerkiksi pöytä, jonka kohdalla ohjelma laskee ainoastaan pöydän jalkojen ja pöytälevyn tilavuudet jättäen pöydän alle jäävän tilavuuden laskematta. Tämä vaikuttaa etenkin päälaitteiden tilavuuksien tarkkuuteen. Etenkin kuivaimen kohdalla ongelma on merkittävä, koska kuivain on käytännössä lähes ontto sisältä, jolloin ohjelman antama tilavuus jää huomattavan pieneksi todellisuuteen verrattuna. Tämän vuoksi kuivain jätettiin E3D:n suorittamasta laskennasta pois ja äärimittojen mukaan laskettu kuivaimen tilavuus lisättiin laitteiden tilavuuteen manuaalisesti.

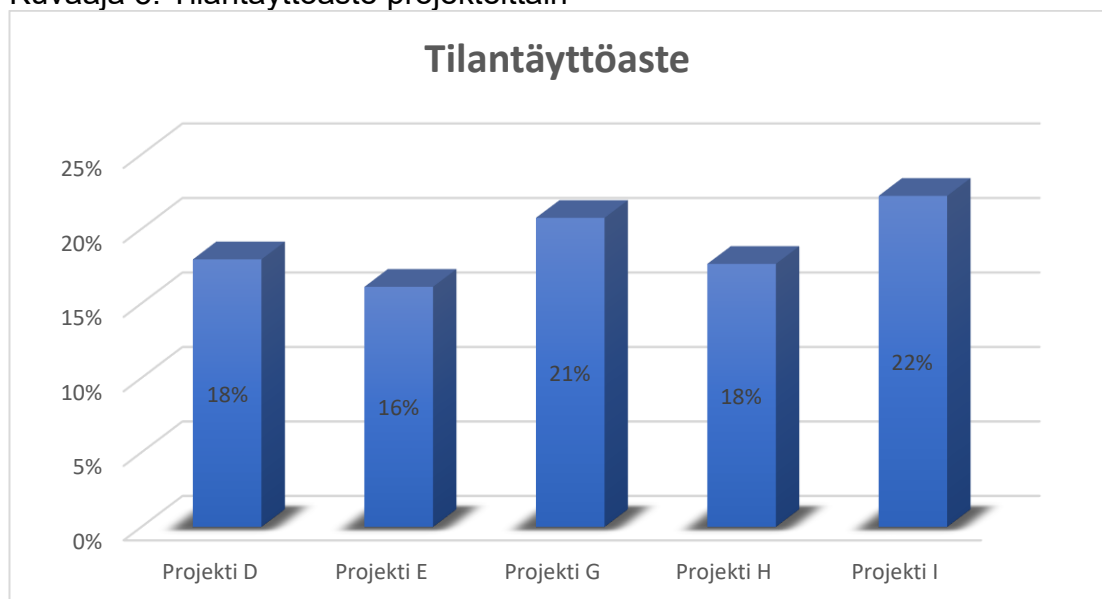
Toisena haasteena oli ohjelman hidas laskentanopeus etenkin isompien kokonaisuuksien yhteydessä sekä malleissa, jotka sisälsivät paljon step-malleja. Laskentaa oli järkevää tehdä ainoastaan sellaisista projekteista, joista oli tehty laadukas ja kaiken olennaisen sisältävä E3D malli. Tämä vähensi olennaisesti

tutkimukseen otettavien projektien määrää ja otanta jäi siksi huomattavasti suppeammaksi tuotantomääriin ja rataleveyksiin kohdistuvaan selvitykseen verrattuna.

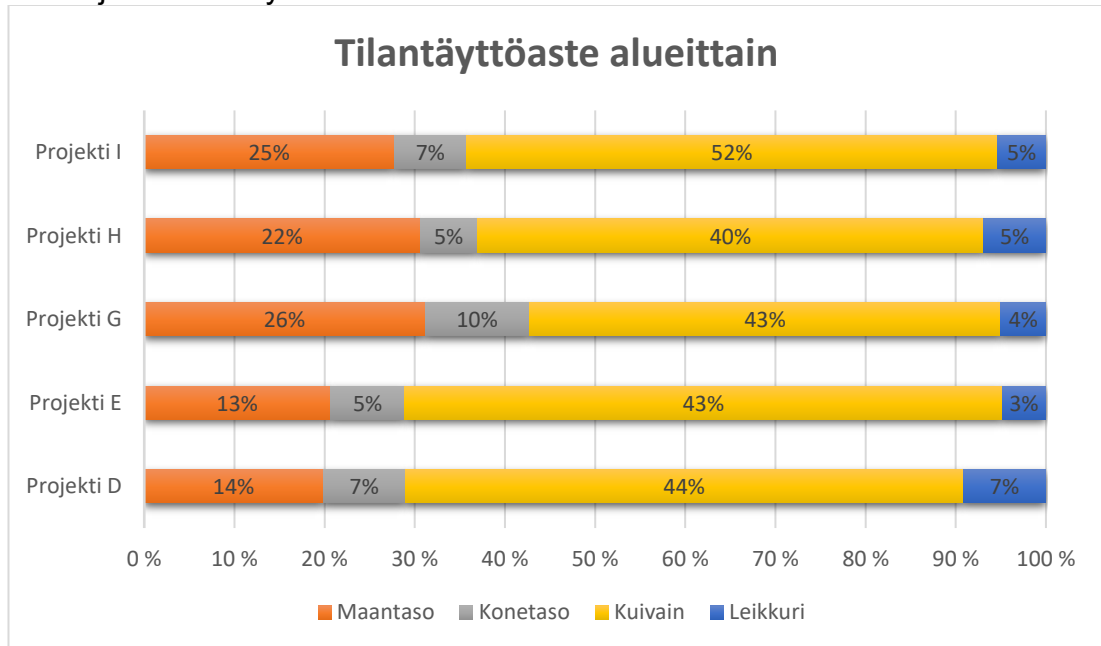
Tavoitteena on täydentää taulukkoa sitä myöden, kun uusia projekteja tehdään, jolloin tutkimustuloksien otantaa saadaan kasvatettua ja tuloksien vertailtavuutta parannettua. Vaikka E3D:n Volume-työkalu saattaa olla lähinnä suuntaa antava etenkin suuria kokonaisuuksia laskettaessa, on se kuitenkin käyttökelpoinen työkalu projektien väliseen vertailuun, edellyttäen, että kaikkien projektien laskennassa on noudatettu samoja metodeja.

Mittauksista saatiin seuraavanlaiset tulokset. Prosenttiyksikkö tarkoittaa prosessin viemää tilavuutta suhteessa rakennuksen tilavuuteen, jolloin umpinainen rakennus ilman yhtään hukkatilaa olisi 100 %.

Kuvaaja 5. Tilantäyttöaste projekteittain



Kuvaaja 6. Tilantäyttöaste alueittain



Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että ainoastaan projektit D ja E ovat myytyjä projekteja, jolloin niiden 3D mallit ovat tarkemmin ja pidemmälle tehtyjä, kuin muiden vertailtavien projektien. Täten niiden kohdalla on saatu kaikista realistisimmat arvot tilantäyttöasteen suhteen, koska niiden E3D mallit ovat sisältäneet kaiken kaapeliyhlyistä putkireitityksiin, kun taas muiden vertailtavien projektien malleissa on ollut lähinnä prosessin ja tilavarauksien kannalta tärkein laitteisto ja suurimmat putkilinjat. Tällöin projektien H, I ja G arvot ovat todellisuudessa hieman korkeammat kuin tässä työssä käytettävissä kaavioissa.

Projektien kokonais- tilantäyttöastetta tarkasteltaessa voidaan huomata, että kokonaan 3D:llä suunnitelluista projekteista I ja G ovat saaneet korkeimman tilantäyttöasteen. Ottaen vielä huomioon tarjousmallien matalamman mallinustasteen, voidaan olettaa tuloksien olevan todellisuudessa kaavion arvoja korkeammat, jolloin myös kolmas kokonaan E3D:llä suunniteltu projekti H nousee toteutuneiden projektien yläpuolelle.

Märänpään lattiatason alueella toistuu vahvasti sama ilmiö kuin kokonais- tilantäyttöasteen kohdalla, eli myyntiprojektien tapauksissa on saatu suurimmat arvot. Projektien H, I ja G korkeammat tilantäyttöarvot selittyvät ainakin osittain

sillä, että niissä kaikissa konetaso on alempana kuin muissa vertailtavissa projekteissa, jolloin konetason alapuolista tilasta tulee luonnollisesti ahtaampi ja tilantäyttöaste kasvaa. Molemmilla kahden konelinjan projekteilla D ja I on sama etäisyys rakennuksen päädyistä kuivaimen alkuun ja rakennuksen leveyksissä on eroa noin kuusi metriä, jolloin konetason korkeus lienee suurin selittävä tekijä. Yhden konelinjan laitoksista taas projekti H:n mitta rakennuksen päädyistä kuivaimen alkuun oli 15 m lyhyempi kuin projekti E:ssä. Projekti G:ssä taas vastaava mitta oli 7,5 m pidempi kuin projekti E:ssä. Molemmat tarjousprojektit H ja G olivat projekti E:tä huomattavasti kapeampia, projekti H:n ollessa noin 15 m ja projekti G:n noin 20 m kapeampi. Kapeammat rakennukset ja matalammat konetasot selittävät pitkälti täten tarjousprojektien korkeamman tilantäyttöasteen konetason alaisissa tiloissa.

Konetason tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että projektien välillä ei tässä tapauksessa ole niin huomattavia eroja kuin määränpään maantasolla. Molemmat kahden konelinjan projektit D ja I ovat saaneet samat arvot samoin kuin E ja H. Tämä viittaa siihen, että aikaisella 3D suunnittelulla ei näyttäisi olevan huomattavaa merkitystä konetason alueen mitoitukseen. Projekti G:n korkea arvo voidaan selittää sillä, että käytetty prosessiteknologia eroaa hieinan yleisestä konseptista, kuten aiemmin mainittiin. Tässä projektissa on varattu tilaa tulevaisuuden tuotantomäärän kasvattamiseen tarvittavaa laitteistoa varten. Täten etenkin konetasolla on enemmän laitteistoa kuin muissa tämän otannan projekteissa.

Kuivaimen alueen arvoissa ei myöskään näyttäisi olevan suuria eroja suunnittelutapojen välillä. Ainoastaan projekti I:n arvot erottuvat joukosta, sen ollessa noin yhdeksän prosenttiyksikköä muita korkeammalla. Etenkin projektien D ja I ero on mielenkiintoinen molempien ollessa kahden konelinjan toteutuksia. Projektien konelinjojen etäisyyksissä ei ole kuin parin metrin ero, mutta projekti I:n tapauksessa rakennus on kuivaimen kohdalta noin 6 metriä kapeampi ja noin pari metriä korkeampi.

Paalaamon laitteiston ja toteutuksen ollessa yleensä melko samanlainen projektista riippumatta, näkyy se tilantäyttöasteen tuloksissa arvojen ollessa melko tasaisia eri projektien välillä.

Saatujen tulosten pohjalta voidaan päätellä, että määränpään alueella, konetason alapuolisissa tiloissa näyttäisi olevan varaa tilojen optimoinnille ja tämän takia kyseisen alueen mitoitukseen tulee keskittyä seuraavia projekteja suunniteltaessa. Koska rakennuksen muissa osissa ei ole havaittavissa merkittäviä eroja uusien tarjousprojektien ja jo toimitettujen projektien välillä, ne osat rakennuksesta ovat todennäköisesti jo optimoitu niin hyvin, ettei niiden pienentämisestä olisi suurtakaan hyötyä suhteessa syntyviin haittoihin.

## 7 LOPPUPÄÄTELMÄT JA KEHITYSEHDOTUKSET

Tässä osiossa pyritään tiivistämään opinnäytetyön aikana selvitettyjen 3D-ohjelmistojen tärkeimpiä etuja ja niiden käytön lisäämisen vaikutuksia PDU:n tarjous suunnitteluun. Selvitettyjen tietojen pohjalta pohditaan kehitysehdotuksia, jotka voisivat toimia perustana tarjousvaiheen laitosuunnitteluprosessin tulevalle kehittämiselle.

Vaikka 3D-suunnittelu on jo olennainen osa projektien toteutusvaihetta, sen käytön laajentaminen tarjousvaiheeseen edellyttää muutamia muutoksia. Ensisijainen kehitysehdotus on ohjelmistokohtaisen koulutuksen lisäämisen henkilöstölle, joka osallistuu tarjoustusta koskevien piirustusten/mallin laatimiseen. Koulutuksen tulisi keskittyä erityisesti siihen, miten 3D-suunnittelua voidaan hyödyntää tehokkaasti tarjousten yhteydessä, mukaan lukien parhaat käytännöt, työkalut ja tekniikat. Jotta E3D:n käyttöön on kannattava siirtyä, tulee työskentelyn olla sujuvaa ja 3D mallin luomiseen kuluva aika olla kohtuullinen.

Toinen kehitysehdotus koskee sekä olemassa olevien, että uusien työkalujen kehittämistä 3D-mallinnuksen tueksi. Ensimmäinen olisi hyvä keskittyä parantamaan ja ylläpitämään nykyisiä mallinnusta helpottavia työkaluja. Oman kokemukseni mukaan, tarjousmallia tehtäessä, määränpään ja leikkurin laitteiden mallinnukseen menee todella paljon aikaa suhteutettuna muihin laitteisiin. Määränpään ja leikkurin laitteiden mallinnukseen on olemassa työkalu, mutta sitä käyttämällä saadaan ainoastaan laitteiden aihiot, jolloin laitteita joudutaan muokkaamaan käsin vielä runsaasti, jotta ne saadaan vastaamaan tarjottavaa laitetta. Täten suosittelen, että näiden työkalujen toiminnan parantamiseen investoitaisiin jatkossa mallinnusprosessin tehostamiseksi ja nopeuttamiseksi. Samalla olisi hyvä kehittää uusia työkaluja vastaamaan 3D-mallinnuksen muihin haasteisiin, erityisesti helpottaen sellaisia työvaiheita, jotka vievät tavallisesti paljon aikaa ja työvoimaa. Esimerkkinä pistepilvimallien hyödyntäminen sellaisten projektien pohjana, jotka tehdään olemassa olevaan rakennukseen. Tällöin rakennus saataisiin mallinnettua huomattavasti nopeammin valmiin

pistepilvimallin pohjalta ja aikaa voitaisiin uudelleen ohjata itse sellunkuivauslinjan suunnitteluun.

E3D:stä on huomattavasti apua myös piirustusten luomisessa. Etenkin sivu- ja leikkauskuvannot ovat todella paljon helpompia ja nopeampia tehdä E3D:n tehdessä ne automatisoidusti, verrattuna Autocadilla manuaalisesti piirtämiseen. Sama pätee myös kuormituskuviin, koska mallia tehtäessä laitteille ja muille kappaleille voidaan antaa massatiedot, jotka saadaan lisättyä piirustukseen myöhemmin automatisoidusti ja huomattavasti nopeammin kuin manuaalisesti tehtynä. Tällöin kuormitukset myös pysyvät piirustuksissa ajan tasalla, vaikka mallissa jotkin laitteet vaihtuisivatkin erilaisiin. Piirustusten luomiseen olisi jatkossakin hyvä kehittää lisää työskentelyä nopeuttavia työkaluja olemassa olevien tueksi, jotta ohjelmistojen koko potentiaali saataisiin käytettyä.

Myös Navisworksin hyötykäyttöä voitaisiin lisätä, etenkin renderöityjen myyntikuvien osalta. Laadukkaiden kuvia saa tehtyä suhteellisen pienellä ajankäytöllä ja työpanoksella. Renderöidyt myyntikuva mallista voisivat tehdä positiivisen vaikutuksen asiakkaisiin.

Suunnittelutavan vaikutuksesta rakennuskokoon voidaan todeta seuraavaa: Tutkielmien perusteella havaitaan, että projektit H ja I, jotka on suunniteltu kokonaan E3D:llä, erottuvat myönteisesti mittauksissa. Tämä pätee sekä lattia-pinta-alaa että rakennustilavuutta koskeviin tutkielmiin. Lisäksi, kuten tilantäytöasteen tutkielmassa huomattiin, suurimmat erot uusien E3D:llä suunniteltujen tarjousprojektien ja toimitusprojektien välillä liittyivät konetason alapuolisiin tiloihin. Tästä voidaan päätellä, että tulevissa projekteissa tulisi kiinnittää erityistä huomiota kyseisen alueen tilankäytön optimointiin. Rakennuksen muiden osien arvot eivät näyttäneet poikkeavan merkittävästi tarjous- ja toimitusprojektien välillä, mikä viittaa siihen, että nämä alueet on jo pääosin optimoitu niin pieniksi kuin järkevää on. Opinnäytetyön ohessa tehtyjä projektien tilankäyttöön liittyviä taulukoita ja niiden tietoja voidaan käyttää lähtötietoina tulevaisuuden projektien mitoitusta suunniteltaessa ja niitä voidaan täydentää uusien projektien valmistuessa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että 3D-suunnittelun käytöllä tarjousvaiheessa voidaan saada aikaan laadukkaita ja pitkälle suunniteltuja malleja, joilla pystytään säästämään aikaa mahdollisen projektin alkuvaiheesta, jossa normaalisti vasta aloitettaisiin 3D suunnittelu. Selkeä ja tarkka 3D-malli voi myös vähentää kriittisten muutosten tarvetta projektin edetessä, kun tarvittavat tilantarpeet ym. pystytään selkeämmän visuaalisen esityksen takia ottamaan paremmin huomioon jo varhaisessa vaiheessa tarjoussuunnittelua. Myös piirustuksien luominen on selvästi nopeampaa ajettaessa ne suoraan E3D mallin pohjalta verrattuna manuaaliseen piirtämiseen. Tietokoneen generoimissa piirustuksissa myös inhimillisten virheiden määrä luonnollisesti vähenee.

Jotta ohjelmistoja voidaan käyttää tehokkaimmalla mahdollisella tavalla, vaaditaan investointia ohjelmistojen käyttökoulutukseen, ajankäyttöön ja ohjelmistokehitykseen.

On hyvä todeta myös se tosiasia, ettei 3D suunnittelu ole välttämättä paras suunnittelutapa kaikkien tarjousprojektien kohdalla. Etenkin hyvin epävarmoissa ja pienen budjetin tarjouksissa siihen ei kannata mielestäni ryhtyä. Myös pienien tarjousprojektien kohdalla voi olla järkevä aloittaa suunnittelu Autocadilla 2D muodossa ja mahdollisesti vaihtaa 3D:hen tarjouksen potentiaalिन noustessa.

Edellä mainittujen kehitystoimenpiteiden avulla voitaisiin saavuttaa varteenotettavia hyötyjä, kuten näyttävämpi myyntiaineisto, kompakti rakennuskoko ja tarkempi tarjoussuunnitteluprosessi etenkin ohjelmistojen ja niiden käyttötaidon kehittyessä. Teknologian kehityksen jatkuessa maailmanlaajuisesti uskon, että siirtyminen nykyaikaisten 3D ohjelmistojen käyttöön jo projektien alkuvaiheessa voisi olla seuraava askel laitossuunnitteluprosessin modernisoinnissa.



## LÄHTEET

AVEVA. (2023). E3D Design. <https://www.aveva.com/en/products/e3d-design/>

AUTODESK. (2023). Autocad. <https://www.autodesk.fi/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Autodesk. (2023). Navisworks. [Navisworks | Katso hinnat ja osta Navisworks 2023 | Autodesk](#)

ARKANCE SYSTEMS. (2023). M-Files. [M-Files - Etusivu \(arkance-systems.fi\)](#)

ARKANCE SYSTEMS. (2023). Navisworks. Navisworks - Arkance Systems Finland Oy [Navisworks - Etusivu \(arkance-systems.fi\)](#)

Buildingpointfinland. (2023). Pistepilvi. <https://buildingpointfinland.fi/ratkaisuja/pistepilvi/>

Moran, S. (2017). Process Plant Layout. [Haun aloitussivu | SAMK-Finna](#)

Rautiala, E. (2023). SWOT analyysi. Priima Yrityslaskenta. Paras tapa tehdä yrityksen SWOT-analyysi [Paras tapa tehdä yrityksen SWOT-analyysi \(priimalaskenta.fi\)](#)

SIEMENS. (2023). COMOS. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/plant-engineering-software-comos.html>

TECHNIA. (2023). CATIA V6. <https://www.technia.com/software/catia/v6/>

Valmet. (2023a). Valmet historia. <https://www.valmet.com/about-us/history/>

Valmet. (2023b). Liiketoiminta linjat. <https://www.valmet.com/about-us/valmet-in-brief/>

Valmet. (2023c). Pulp Drying. <https://www.valmet.com/pulp/pulp-drying/>

Valmet. (2023d). Screening. <https://www.valmet.com/pulp/pulp-drying/bleached-stock-screening/>

Valmet. (2023e). Wet End. <https://www.valmet.com/pulp/pulp-drying/wet-end/>

Valmet. (2023f). Dryer. <https://www.valmet.com/pulp/pulp-drying/dryway/>

Valmet. (2023g). Cutter. <https://www.valmet.com/pulp/pulp-drying/cutting/>

Valmet. (2023h). Baling. <https://www.valmet.com/pulp/pulp-drying/baling/>

Valmet Technologies Oy. (2023). Valmet Technologies direction handbook. Viitattu 10.1.2023

Valmet Technologies Oy. (2023). Valmet Technologies intranet. Viitattu  
15.6.2023