

Lasse Väisänen

3D-järjestelmän hyödyntäminen sähkösaatto- suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Sähkötekniikka

Opinnäytetyö

12.5.2019

Tekijä Otsikko	Lasse Väisänen 3D-järjestelmän hyödyntäminen sähkösaattosuunnittelussa
Sivumäärä Aika	44 sivua + 10 liitesivua 12.5.2019
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka, YAMK
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkötekniikka
Ohjaajat	Sähkösuunnittelun esimies Aki Suittio Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Opinnäytetyö tehtiin Neste Engineering Solutions Oy:n sähkösuunnitteluyksikköön. Sähkösuunnittelutyön yksi osa-alue on suunnitella sähkölämmityssaattoja jalostamolaitoksille.</p> <p>Työssä tutkittiin 3D-järjestelmän hyödyntämismahdollisuuksia jalostamolaitoksille toteutettavissa sähkösaattosuunnittelutöissä. Tutkimuksessa tarkasteltiin sähkösaattosuunnittelun nykytilan haasteet, 3D-suunnittelun hyödyt sekä sähkösuunnittelulle aiheutuvat kustannusvaikutukset. Tutkimuksessa huomioitiin myös eri suunnittelualojen ja tilaajan sähkösaattosuunnittelu tarpeet ja hyödyt sähkösaattojen 3D-suunnittelusta.</p> <p>Tutkimuksen tarkoitus oli löytää sähkösaattosuunnittelua helpottavia järjestelmäratkaisuja, jotka parantavat suunnittelun tiedonlaatua ja tuovat aikatauluja.</p> <p>Sähkösaattosuunnittelu laatii asennuspiirustusdokumentit 2D-piirustusohjelmilla, mikä on aikaa vievää ottaen huomioon dokumenttien määrät. 3D-järjestelmää hyödyntämällä osa dokumenteista voidaan automaattisesti generoida 3D-tietokantatiedoista. Tutkimuksen mukaan tämä yhdenmukaistaa sähkösaattosuunnittelua ja nopeuttaa dokumenttien käsittelyä, kun dokumentteja voidaan käsitellä massana. Erityisesti tutkimuksessa todettiin hyötyjä sähkösaattoisometripiirustusten generoinnista 3D-järjestelmällä. Tämä tarkoittaa myös, että sähkösaattokomponentteja tulisi 3D-mallintaa 3D-järjestelmään.</p> <p>Tutkimus tehtiin haastatteluja ja olemassa olevia dokumenttiaineistoja hyödyntäen. Tutkimustulokset saatiin selvitettyä teorioiden osalta. 3D-suunnittelemalla nähtiin aikataulu- ja tiedonlaatuetauja dokumenttimäärien vähenemisellä ja massakäsittelyllä, yhdenmukaisemalla suunnittelulla, suunnittelualojen suunnitelmien näkyvyydellä, 3D-mallien tuomalla visuaalisuudella sekä suunnittelualojen ja tilaajan yhteistyön paranemisella.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena todettiin, että sähkösaattosuunnittelun 3D-järjestelmän hyödyntäminen on kannattavaa jatkotutkia toteutettavuuden ja kustannuksien osalta.</p>	
Avainsanat	sähkösaatto, sähkölämmitys, isometri, 3D-järjestelmä, 3D-malli, 3D-suunnittelu

Author Title	Lasse Väisänen 3D system based design for electrical heat tracing
Number of Pages Date	44 pages + 10 appendices 12 May 2019
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering
Instructors	Aki Suittio, Electrical Engineering Manager Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>This Master's thesis was carried out for Electrical Engineering of Neste Engineering Solutions Oy regarding on electrical heat tracing.</p> <p>The goal for Master's thesis was to find out benefits of 3D system based design for electrical heat tracing especially regarding on time and quality. In this thesis electrical heat tracing current state-analysis was made and 3D system benefits and cost were reviewed. Also the needs for customer and other disciplines were reviewed.</p> <p>Electrical heat tracing installation document are designed with 2D programs. This takes time due to the amount of documents needed in the electrical engineering. With 3D system some of the installation documents can be automatically generated. According to this Master's thesis it standardizes electrical heat tracing designs and gives time benefits when handling mass volumes of documents. Especially benefits were stated when electrical heat tracing isometrics were generated from 3D system. This means also that electrical components were to be 3D modelled.</p> <p>This Master's thesis was done by interviews and existing documents. The Research results were clarified in theory based. In theory 3D design gives time and quality benefits because of less documents to handle, automated generation of isometrics, standardized engineering, visibility of designs, 3D model visualization and by cooperation.</p> <p>In result of this Master's thesis more studies of development execution and costs are needed for using 3D system based design for electrical heat tracing.</p>	
Keywords	electrical heat tracing, electric heating, isometrics, 3D-system, 3D-model

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksen tausta ja menetelmät	2
3	Sähkösaattojen periaatteet	2
4	Sähkösuunnittelun prosessit ja toimintamenettelyt	4
4.1	Selvityssuunnitteluvaihe	5
4.2	Perussuunnitteluvaihe	5
4.3	Toteutussuunnitteluvaihe	6
5	Sähkösaattosuunnittelu	7
5.1	Ohjeet, määräykset ja standardit	7
5.2	NES suunnitteluperiaatteet	10
5.3	Sähkösaattosuunnittelun vaiheet	12
5.4	Sähkösaattosuunnittelun työkalut	14
5.5	Sähkösaattosuunnittelun nykytila	15
6	NES:n 3D-suunnittelu	20
6.1	Suunnitelmien 3D-mallikatselmoinnit	21
6.2	NES:n 3D-järjestelmät	22
6.3	NES:n 3D-suunnittelun nykytila	23
7	Sähkösaattosuunnittelun palvelutoimittajat	25
8	3D-järjestelmän hyödyntäminen sähkösaattosuunnittelussa	27
9	Yhteenveto	37
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. Tilaluokitus

Liite 2. Putkiluettelo

Liite 3. Sähkösaattoisometri

Liite 4. Sähkösaattoisometrissä käytetyt piirrosmerkit

Liite 5. PI-kaavio, saattosuunnitteluluonnos

Liite 6. Sähkölämmitystaulukko (suomi ja englantia)

Liite 7. Putki-isometri

Liite 8. Sähkölämmitysten sijoituspiirustus

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan 3D-järjestelmän hyödyntämistä osana sähkösaattosuunnittelutyötä. Työssä perehdytään tarkemmin Neste Engineering Solution Oy:n sähkösaattosuunnittelun nykytilaan, järjestelmiin ja kehitystarpeisiin.

Neste Engineering Solutios Oy (myöhemmin lyhenteellä NES) on Neste Oyj:n omistama teknologia-, suunnittelu- ja projektinjohtopalveluiden ratkaisujen toimittaja [1]. NES aloitti toimintansa vuonna 1956 Neste Oy:n öljyjalostamon suunnitteluosastona. Tämän jälkeen yritys on toiminut myös Neste Engineering Oy ja Neste Jacobs Oy nimillä [2, s. 24]. NES työllistää yli 1000 henkilöä ja toimii useammassa eri maassa [1]. Palveluita NES toimittaa öljy-, kaasu-, petrokemian-, kemian-, biojalostus-, biokemian-, biofarmaja elintarviketeollisuuden sekä teollisen infrastruktuurin (terminaalit, satamat, sähköjaka-
kelu, vedenkäsittely ja tehdasautomaatio) yrityksille [2].

3D-järjestelmiä on käytetty NES:n laitos- ja jalostamoalueen suunnittelussa jo useiden vuosien ajan. NES:llä on useampi 3D-järjestelmä, joita käytetään eri tarvevaatimusten johdosta. 3D-järjestelmiä käytetään nykyisellään laajimmin putkisto- ja rakennesuunnittelussa. Myös tilaajan käyttö- ja kunnossapito yksiköillä on mahdollisuus hyödyntää 3D-katseluohjelmia omiin tarpeisiinsa. Sähkösaattosuunnittelussa 3D-järjestelmien käyttö ei ole näkyvässä roolissa, eikä niitä hyödynnetä kaikessa laajuudessaan. [3]. 3D-järjestelmien hyödyntämisen tutkimustarve kohdistuu jalostamoalueen sähkösaattolämmityksiin, joita käytetään putkistojen ja laitteiden lämmityksiin. NES:n projektimallissa sähkösaattosuunnittelussa nähdään tiedonlaatu ja aikatauluetuja 3D-järjestelmien hyödyntämisestä.

Työn tavoitteena on tutkia 3D-järjestelmien hyödyntämismahdollisuudet sähkösaattosuunnittelun tarpeisiin. Tarkoituksena on tarkemmin tutkia sähkösaattojen nykytilan haasteita, 3D-suunnittelun hyötyjä sekä 3D-suunnittelusta aiheutuvia kustannusvaikutuksia sähkösuunnittelulle. Huomioitavaa on myös eri suunnittelualojen ja tilaajan sähkösaattosuunnittelu tarpeet ja epäsuorat hyödyt sähkösaattojen 3D-suunnittelusta. [4.]

2 Tutkimuksen tausta ja menetelmät

Sähkösaattosuunnittelu on aikaa vievää ja nykyisissä työmenetelmissä ei ole tapahtunut suuria kehityksiä vuosiin. Työkaluina käytetään 2D-ohjelmia kun 2000-luvun jälkeen on useat alat ryhtyneet hyödyntämään 3D-järjestelmiä [3]. On tiedossa, että alalla sähkösaattosuunnittelupalveluita tarjoavat palvelutoimittajat hyödyntävät 3D-suunnittelua [5].

Opinnäytetyö tehdään laadullisena tutkimuksena, aineistolähtöistä analyysiä hyödyntäen. Aineistoa kerätään haastatteluin, havainnoiden sekä yrityksen-, kirjallisuus- ja E-aineistoja hyödyntäen. Haastatteluissa esitetään mitä tutkimuksessa tutkitaan ja mihin haastateltavien kokemuksia halutaan hyödyntää. Olemassa oleviin aineistomateriaaleihin suhtaudutaan kriittisesti ja vain tutkimukseen liittyvät asiat tuodaan tutkimuksessa esille. [6, s. 73, 75-76, 105.]

Tutkimuksen rajaukset

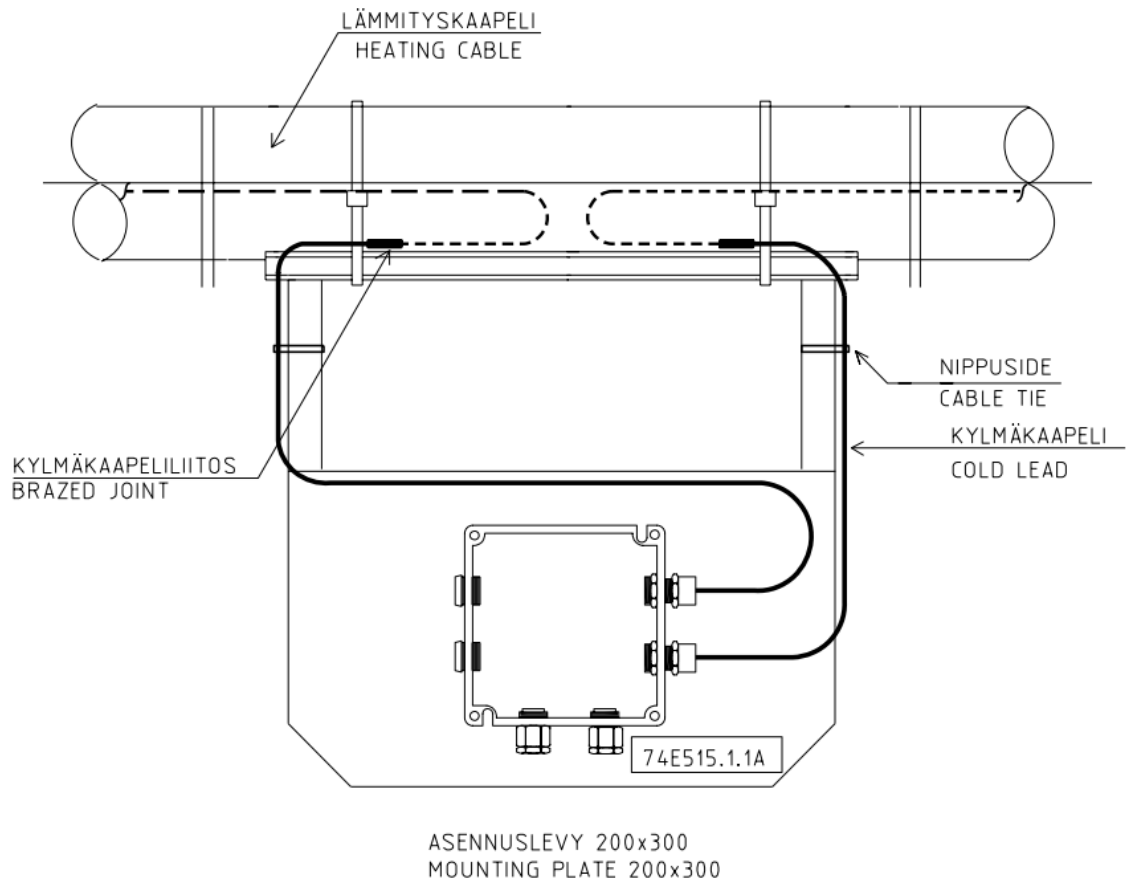
Seuraavassa on esitetty tutkimuksesta rajatut aihealueet. Rajatut aiheet liittyvät olennaisena osana sähkösaattosuunnitteluun, mutta niiden sisällyttämistä ja tarkempaa tarkastelua ei nähdä opinnäytetyön tutkimuksessa tarpeelliseksi. Rajatut aiheet ovat räjähdysvaaralliset tilat, putkien lämpöeristys, sähkösaattojenmitoituslaskenta, sähkösaattojen kaapelityypit, sähkösaattoasettelut ja -operointi sekä muut saattotavat, kuten höyry-, ja öljysaatot.

3 Sähkösaattojen periaatteet

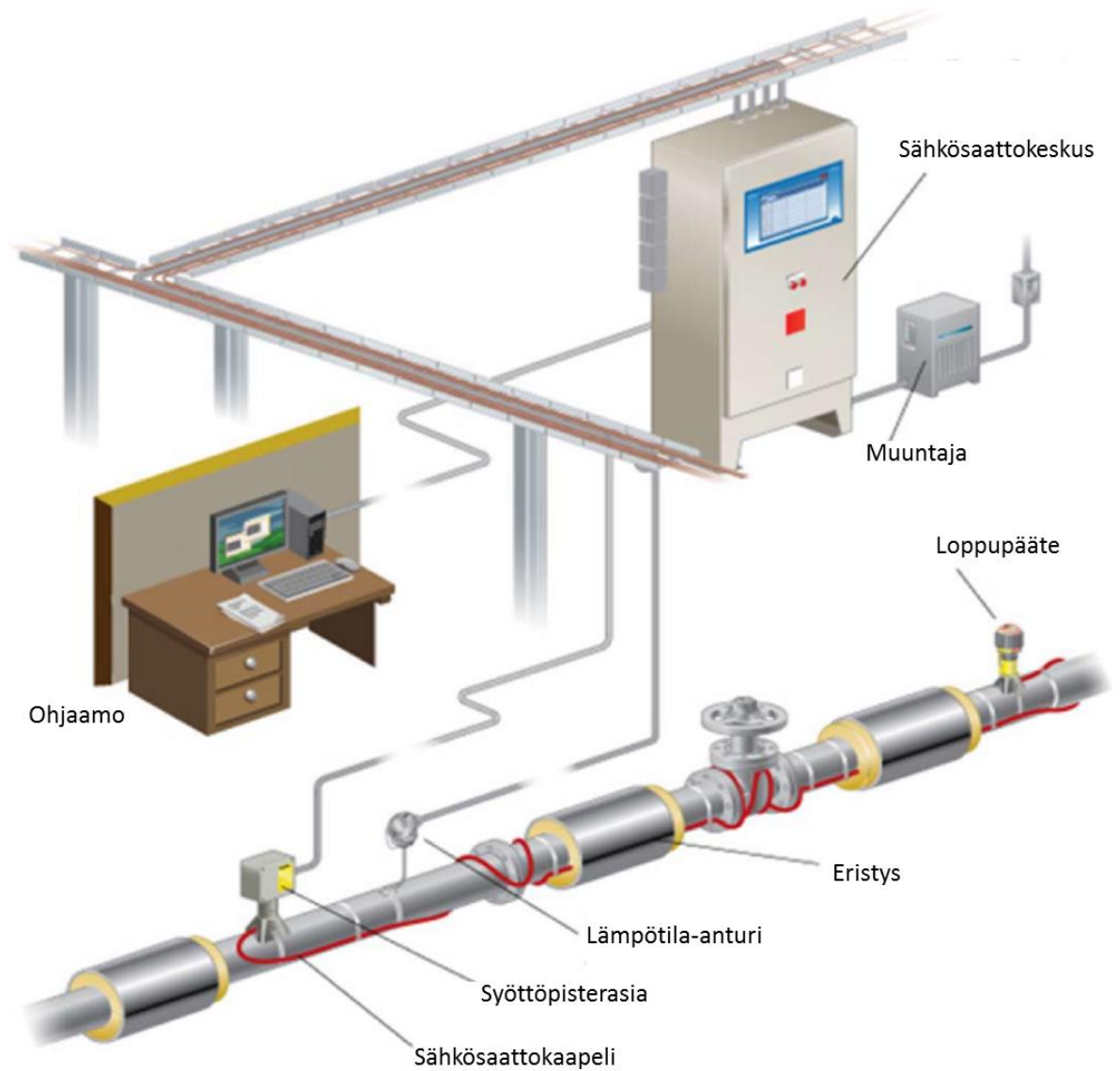
Sähkösaatto on putkien, laitteiden ja instrumenttien sähkölämmityksistä käytetty nimi. Lyhenteenä suositellaan käyttämään EL.TR merkintää, mikä tulee englanninkielen sanoista Electrical heat tracing. Muita käytettyjä lyhenteitä ovat ELTR, ET, ELT ja EHT. [7, s.8; 11, s.7.]

Sähkösaatoilla lämmitetään kohdetta pääasiassa laitteiden toimivuuden tai prosessien ylläpitolämpötiloista johtuvien tarpeiden mukaan. Sähkösaattokaapeleihin syötetään virtaa jolloin kaapeli lämpenee ja lämmittää putkea, laitetta tai instrumenttia. Lämpötila tarpeiden mukaan määritellään sähkösaattojen toteutukset tapauskohtaisesti. Säh-

kösaatot rakennetaan putkien, laitteiden ja instrumenttien ympärille vedettävillä sähkösaattokaapeleilla jotka liitetään sähkölämmitysjärjestelmään. Järjestelmän rakenne koostuu pääosin seuraavista komponenteista; sähkösaattokaapeli, kylmäkaapeli, kytkentärasiat (syöttöpiste-, jako- ja tähtipisterasia), syöttökaapeli, ohjauskaapeli, kenttäkotelo, ketjutuskaapeli, anturit ja muuntamolle sijoitettu sähkölämmityskeskus [7, s. 16; 8, s.8.]. Kuvissa 1 ja 2 on havainnollistettu sähkösaattojen toteutusta.



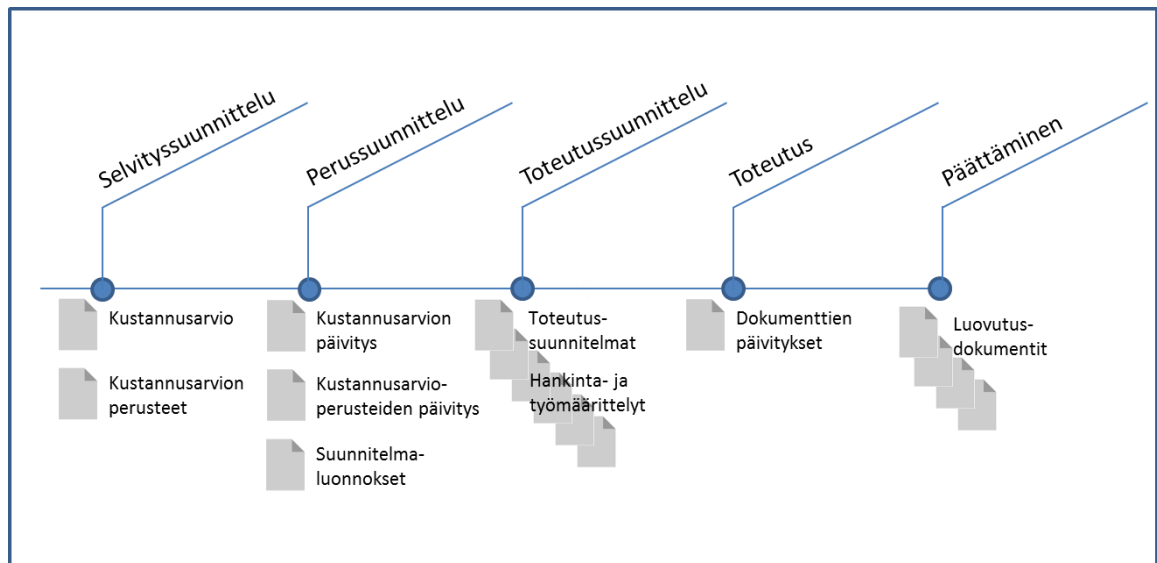
Kuva 1. Tyypillinen sähkösaattoratkaisu, jossa on esitettyä metallivaipaisen lämpökaapelin kiinnitys jakorasiaalta putkelle käyttäen suoja levyä [9, s.30].



Kuva 2. Periaatekuva sähkösaattojärjestelmästä [10, s. 2].

4 Sähkösuunnittelun prosessit ja toimintamenettelyt

NES sähkösuunnittelun eri suunnitteluvaiheet jakaantuvat pääasiassa selvitys, perus- ja toteutussuunnittelu vaiheisiin. Sähkösuunnittelu aloitetaan usein selvityssuunnittelusta, jonka jälkeen tulevat perus- ja toteutussuunnitteluvaiheet. Tapauskohtaisesti suunnittelu voidaan kuitenkin aloittaa eri suunnitteluvaiheesta. Lisäksi on määriteltyä erikseen esisuunnittelu, hankintasuunnittelu, muuntamosuunnittelu ja dokumentointi vaiheet. Tyypillisessä projektissa on viisi erillistä vaihetta; selvitys, perussuunnittelu, toteutussuunnittelu, toteutus ja projektin päättäminen. [11, s. 9.]



Kuva 3. Suunnitteluvaiheet ja niissä tuotettavat suunnitteluaineistot.

4.1 Selvityssuunnitteluvaihe

Projektista riippuen sovitaan mitä selvitysvaiheen suunnittelulta vaaditaan. Projektin alussa määritellään mitä dokumentteja suunnitteluvaiheessa tuotetaan ja dokumenttien toimituksien seuranta voidaan myös hyödyntää edistymisen seurantaan. Suunnittelu toimittaa vähintään kustannusarvion ja kustannusarvion perusteet. Projektin suunnitelmat ja kustannusarviot, katselmoidaan asiakkaan ja projektin vastuuhenkilöiden kanssa. [12, s. 2 - 4.]

Sähkösuunnittelu selvittää sähköjakelujärjestelmän riittävyyden ja muutostarpeet. Nämä selvitykset sisältävät muun muassa tilatarpeet muuntamoilla, kaapelointireitit, liittynät muihin järjestelmiin ja purkutarpeet. Kustannusarvio laaditaan näiden pohjalta ja se koostuu suunnittelun tuntiarviosta, asennus- ja purkutöistä sekä materiaaleista. Selvityksen laajuus ja tarkkuus riippuu lähtötietojen tasosta. [11, s. 9-10.]

4.2 Perussuunnitteluvaihe

Perussuunnittelu noudattaa samaa kaavaa kuin selvityssuunnittelu. Sähkösuunnittelun tehtävänä on toimittaa tarvittavat perustiedot, määrittellä hankkeessa sovellettava sähköistyksen taso ja laajuus kohteen ja tilaajan vaatimusten mukaan sekä laatia tai tar-

kentää toteutussuunnittelun kustannusarvio. Perussuunnitteluvaiheessa sähkösuunnitelma katselmoidaan yhteistyössä asiakkaan ja projektin vastuuhenkilöiden sekä muiden suunnittelualojen kanssa. [11, s. 10.]

Sähkösuunnittelu laatii alustavat suunnitelmat kaikkien uusien ja muutettavien sähköjakelijärjestelmien, sähkösaattojen, kaapeloinnin reittivaihtoehtojen ja asennustavan, purkutarpeiden, valaistuksen sekä suojausluokkia varten tehtävän tilaluokitusten osalta (liite 1). Suunnitelmat laaditaan projektille sovitun kustannusarvion tarkkuuden mukaan. [11, s. 10-11.]

Perussuunnittelun lähtötietoina on eri suunnittelualoilta saatavat tiedot. Prosessisuunnittelu laatii putkiluettelot (liite 2), virtauskaaviot, PI-kaaviot, prosessikuvaukset ja sijoituspiirustukset. Prosessisuunnittelu laatii myös laiteluettelon, jota täydentää laitesuunnittelu. Instrumentoinnin lähtötietoina on instrumenttiluettelo, josta saadaan sähkösaattavat instrumentit. Analysointisuunnittelu laatii arviot saatettavista näytteenotto- ja analysointilaitteisiin liittyvistä sähkötehon tarpeista. Analysointilinjat sisältävät usein valmiiksi sähkösaaton, tällöin sähkösuunnittelu suunnittelee linjalle vain sähkösyötön ja mahdolliset anturit ohjauskaapeleineen [7, s. 25; 12]. Sähkösuunnittelun vastualueeseen kuuluu myös selvittää tarvittavat muut järjestelmämuutostarpeet, näitä ovat rakennussähköistys, palohälytys-, hälytyskuulutus-, videovalvonta-, kulunvalvonta-, puhelin- ja tiedonsiirtojärjestelmät. [11, s. 12-13.]

4.3 Toteutussuunnitteluvaihe

Toteutussuunnittelun tehtävänä on dokumenttien ja palveluiden tuottaminen hankintaan, asennukseen, koestukseen, koulutukseen, käyttöönottoon ja kunnossapitoon liittyen. Tyypillisiä tehtäviä ovat laitekokoonpanojen määrittely, teknisten asiakirjojen laadinta, teknisten tarjousvertailujen tekeminen ja neuvottelu, tekninen toimitusvalvonta, toimittaja dokumenttien tarkastaminen, suunnittelualojen välinen tiedonsiirto sekä loppupiirustusten ja dokumenttien laatiminen ja luovutus loppukäyttäjille. [11, s. 17-18, 22.]

Toteutussuunnitteluvaiheessa tarkastetaan perussuunnitteluvaiheen lähtötietojen ajantasaisuus sekä tarkennetaan mitä dokumentteja ja asiakirjoja suunnittelu toimittaa projektille. Toteutusvaiheessa vaaditaan myös riittävän laaja kenttäkatselmus. Toteutusvaihe sisältää tarvittavat hankinta- ja työmäärittelyiden toimitukset. Katselmoinnit teh-

dään toteutusvaiheessa pitkälti samoin periaattein kuin perussuunnitteluvaiheessa. [13, s. 4-7].

Toteutussuunnittelu päättyy asennusten ja koestusten jälkeen, kun palautetaan arkistoitavaksi suunnittelun loppudokumentaatiot, joihin on huomioitu rakentamisvaiheessa tehdyt muutokset [11, s. 23].

5 Sähkösaattosuunnittelu

5.1 Ohjeet, määräykset ja standardit

NES ohjeistaa sähkösaattotyömäärittelyissään noudattamaan asennustöissä asiakkaan yleisspesifikaatioita, asiakkaan vaatimusten mukaisia ohjeita, erillisiä työohjeita ja standardeja. [7, s.1.]

Dokumentointi

Dokumentoinnit toteutetaan laitoksen käytössä olevan piirustusjärjestelmän mukaisesti [14, s. 20]. NES:n ja Sähkötiedon ST-ohjeisto 11 ohjeistaa esittämään sähkölämmityksistä samat dokumentit osittain eri nimityksiä käyttäen, lukuun ottamatta NES:n erikseen esitettyjä työ- ja hankintamäärittelyjä. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) esittää standardissaan sähkösaattosuunnitteluun tarvittavat tiedot ja dokumentit tarkemmin eriteltynä, kuitenkin seuraavassa esitetyt sähkösaattosuunnitteluun liittyvät dokumentit pitävät sisällään kyseiset tiedot:

- Sähkölämmitystaulukko
- Asennuspiirustukset eli sähkösaattoisometrit
- Sijoituspiirustukset
- Virtapiiri- ja johdotuskaavio
- Kaapeliluettelo
- Koestuspöytäkirja
- Loppupiirustukset
- Työmäärittelyt
- Hankintamäärittelyt

[8, s. 7-8; 14, s. 20; 15, s. 44-45]

Sähkölämmitystaulukko

ST-ohjeisto 11 ohjeistaa esittämään sähkölämmitystaulukon saattopiireistä seuraavat tiedot:

- Piiritunnus
- Lämmityskohteen tiedot
- Tunnus
- Pituus
- Putken halkaisija
- Eristyspaksuus
- Häviöteho
- Maksimilämpötila
- Venttiilien ja kannakkeiden lukumäärä
- Lämpökaapelitiedot
- Tyyppi
- Pituus (mm. venttiilien ja kannakkeiden aiheuttamat lisäpituudet)
- Toiminta-arvot (mm. jännite, virta ja teho käyttölämpötilassa ja kylmänä)
- Kaapelin metriteho
- Metriteho putkella
- Sääto- ja rajoitustermostaattien asettelu
- Isometri- tai asennuspiirustus
- Piirin kytkentä
- Mahdolliset lisähuomautukset

IEEE standardissa ei erikseen oteta kantaa sähkölämmitystaulukon tietoihin vaan kyseiset tiedot on esitetty sähkösaattoisometriin sisältämiin piirustus- ja suunnittelutietoihin [15, s. 45-46]. NES:n sähkölämmitystaulukon tiedot on selvitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. NES sähkölämmitystaulukon tiedot.

TUNNUS	MERKITYS	TUNNUS ENG.	MERKITYS ENG.
D	PUTKEN HALKAISUJA	D	DIAMETER OF PIPE
Lp	PUTKEN PITUUS	Lp	LENGTH OF PIPE
H	ERISTYSPAISUUS	H	THICKNESS OF INSULATION
Tmax	PUTKEN MAX. LÄMPÖTILA	Tmax	MAX. TEMPERATURE OF PIPE
Käyttö	PUTKEN KÄYTTÖLÄMPÖTILA	Oper.	OPERATING TEMPERATURE OF PIPE
Ph	PUTKEN HÄVIÖTEHO (ILMAN VARM.)	Ph	REAL HEAT LOSSES OF PIPE
Nv/Nl	VENTTIILIIEN/LUISTIEN LUKUMÄÄRÄ	Nv/Nb	NUMBER OF VALVES/BRACKETS
r	KAAPELIN RESISTANSSI	r	RESISTANCE OF CABLE PER METER
Lk	KAAPELIN PITUUS	Lk	LENGTH OF CABLE
R	KAAPELILENKIN RESISTANSSI	R	RESISTANCE OF CABLE IN OPER. TEMPERATURE
N	KAAPELIDEN LUKUMÄÄRÄ	N	NUMBER OF CABLES
Lv/LL	KAAPELIA/ VENTTIILI/ LUISTI	Lv/Lb	CABLE PER VALVE/ BRACKET
U	SYÖTTÖJÄNNITE	U	SUPPLY VOLTAGE
I	VIRTA TOIMINTALÄMPÖTILASSA	I	CURRENT IN OPERATING TEMPERATURE
Pk	TEHO TOIMINTALÄMPÖTILASSA	Pk	POWER IN OPERATING TEMPERATURE
pk	KAAPELIN METRITEHO TOIM. LÄMPÖT.	pk	CABLE POWER PER METER IN OPERATING TEMPERATURE
pp	PUTKEN METRITEHO TOIM. LÄMPÖT.	pp	PIPE POWER PER METER IN OPERATING TEMPERATURE
TC	SÄÄTÖTERMOSTAATIN ASETUS	TC	TEMPERATURE CONTROL SETTING
TL	RAJOITUSTERMOSTAATIN ASETUS	TL	TEMPERATURE LIMIT SETTING
TS	TYRISTORISÄÄDETTY +10 °C	TS	THYRISTOR CONTROL +10 °C
SS	SUORA SYÖTTÖ	SS	DIRECT SUPPLY
TR	TARKASTUSRASIA	TR	CHECKING BOX
	LÄHTÖ MUUNTAMOSSA		FEEDER IN DISTRIBUTION SUBSTATION
	SYÖTTÖKAAPELIN NRO.		SUPPLY CABLE NUMBER
	SYÖTTÖKAAPELIN KOKO		SUPPLY CABLE SIZE
	KOTELON SIJAINTI		TERMINAL BOX LOCATION
	KOTELON JOHDOTUSPIIRUSTUS (TEHO)		TERMINAL BOX WIRING DIAGRAM
	KOTELON JOHDOTUSPIIRUSTUS (OHJAUS)		CONTROL BOX WIRING DIAGRAM
	ISOMETRIPIIRUSTUS NRO.		ISOMETRIC DOCUMENT NR
	ISOMETRIPIIRUSTUS NRO. LEHDET		ISOMETRIC DOCUMENT NR SHEETS
	ALUE KOORDINAATIT		AREA COORDINATES
	HUOMAUTUS		REMARKS
	MUUT		REV

Sähkösaattoisometri

Asennuspiirustukset piiristä eli sähkösaattoisometrit tehdään putki-isometrien pohjalle. ST-ohjeisto 11 esittää sähkösaattoisometreissä esitettävät tiedot seuraavasti:

- Lämpökaapelin asennus kohteessa
- Tarvittaessa asennusmitoitus
- Kytkeäntä- ja muiden rasioiden sijoitus
- Termostaattien sijoitus
- Kaapelinumerointi
- Ryhmätunnus
- Piirin sijainti mitoitettuna jostakin kiintopisteestä
- erityishuomautukset

[14, s. 21.]

IEEE:n ohjeistuksessa on esitetty sähkösaattoisometritietojen koostuvan tarvittavista sähkösaattoisometripiirustuksista ja suunnittelutiedoista, jotka koostuvat edellä esitettyjen dokumenttien tiedoista [15, s. 45-46]. NES:n sähkösaattoisometri on esitetty liitteessä 3 ja sähkösaattoisometrisä käytetyt piirrosmerkit liitteessä 4.

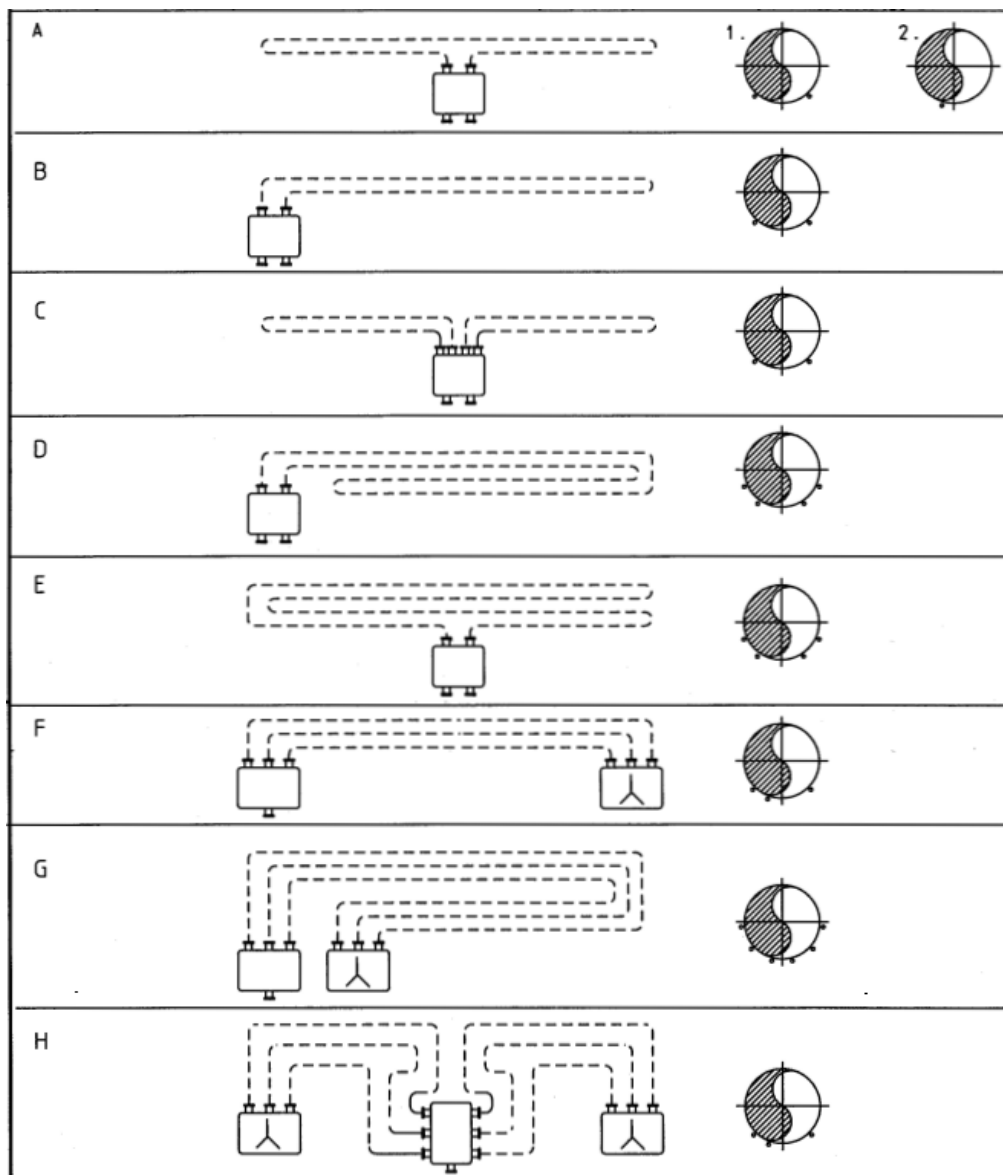
5.2 NES suunnitteluperiaatteet

Sähkösaattosuunnittelu koostuu useammasta suunnitteluvaiheesta. Eri vaiheita on esiselvitys-, perus- ja toteutussuunnittelu. Sähkösaattosuunnitteluprojektissa aikajänne voi muodostua pitkäksi, mikäli kaikki suunnitteluvaiheet käydään läpi. [8, s. 4.]

Sähkösaattotyyppjä eli -lähtöjä on erilaisia mutta karkeasti ne voidaan jakaa ympäristön lämpötilan mukaan säädettyihin , yksikkösäädettyihin ja säätämättömiin lähtöihin. Ympäristönlämpötilan mukaan säädettyjen ohjaus toimii tavallisesti keskusohjauksella ja lähdön kaapelointia voidaan ketjuttaa, jolloin yhdellä lähdöllä saadaan katettua laajemmat lämmitystarpeet. Ketjutuksella tarkoitetaan kaapelointia kenttäkoteloilta jakorasiolle ja mahdollisesti siitä eteenpäin. Yksikkösäädetyt eli lämmityskohteen lämpötilan mukaan ohjatut lähdöt tarvitsevat oman ohjausjärjestelmän tai vaihtoehtoisesti oman yksikkösäätimen lähtöä kohden. Yksikkösäädetyt lähdöt päättyvät normaalisti ensimmäiselle jakorasiolle. Säätämättömien käyttö soveltuu pääasiassa vain päävirta-

termostaattien kanssa, esimerkiksi instrumenttisuojakaappi, mikä sisältää oman päävir-
tatermostaatin. [8, s. 7-9.]

Sähkösaattojen lämmityspiirillä tarkoitetaan syöttöpisterasiaan tai jakorasiasaan kytkettyä
lämpökaapelia. Piiriin voi kuulua myös kylmäkaapeli, jatkot ja päätteet. On määritelty,
että samalla lämmityspiirillä ei saa lämmittää eri järjestelmään tai eri tiloihin kuuluvia
lämmityskohteita. Esimerkiksi lämmitettävän putken jatkuessa seinän läpi, tulee seinän
putkiosuus ja ulkoputki lämmittää eri piirillä kuin sisäputki. [7, s. 8, 17-18.] Kuvassa 4
on esitetty asennuspiirustus lämpökaapelin ryhmitysperiaatteesta.



Kuva 4. Lämpökaapelin ryhmitysperiaatteet [9, s.14].

Sähkösaattotarpeet kohdistuvat suurimmilta osin prosessiputkien sulanapito ja lämpötilan ylläpito saattotarpeisiin. Muita sähkösaattettavia kohteita ovat muun muassa venttiilit, putkikannakkeet, palovesiputkistot, säiliöt ja laitteet, lämmönvaihtimet, instrumentit, instrumenttisuojakaapit, impulssiputket, pintamittauskojeet, painemittarit ja pumput sekä maastolaatat. [8, s. 13, 15-18; 7, s 15.] Liitteessä 5 on esitetty PI-kaavio sähkösaattosuunnittelukommentein.

Prosessi- ja instrumenttisuunnittelualat luokittelevat sähkölämmitykset vaaditun toimintavarmuuden mukaan seuraavasti; Lämmityksen puuttuminen ei aiheuta välitöntä häiriötä tai häiriö voidaan helposti estää, lämmityksen puuttuminen aiheuttaa välittömästi häiriön sekä lämmityksen toimimattomuus aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa välittömän vaaratilanteen. [7, s, 10.]

Sähkösaattosuunnitelmien dokumentointi tulee tehdä mahdollisimman vakioidulla tavalla. Dokumentoinnin helpottamiseksi on tehty tyyppipiirustussarjat, mikä käsittää virtapiiri- ja johdotuskaaviot, ohjauskeskusten piirustussarjat, kenttäkoteloiden ja niiden asennustelineiden piirustussarjat, antureiden piirustussarjat, sähkölämmitystaulukko pohjat (liite 6), sähkösaattoisometrien piirrosmerkit (liite 4), vikavirtakytkinkeskuksen ryhmitys- ja kaapelointipiirustukset, lämmityssäätimien asettelukortit ja tiedonsiirtomakkeet ohjausjärjestelmään. Dokumenttien luovutuspiirustukset (AS BUILT) tehdään tilaajalle asentajaurakoitsijan toimittamien punakynäpiirustuksien perusteella, joiden pohjana ovat suunnittelun tekemät projektipiirustukset. [8, s. 20-21, 23].

5.3 Sähkösaattosuunnittelun vaiheet

Esi- ja selvityssuunnittelu

Esi- ja selvityssuunnittelu tähtää kustannusarvion tekemiseen. Kustannuksia varten arvioidaan projektin sähkösaattotarpeet. Lähtötietoina on PI-kaaviot, putkiluettelot tai taulukot ja laiteluettelot. Kustannusarvio koostuu muuntamotilojen, kojeistojen, kenttäkaapeleiden ja sähkösaattomateriaalien tarpeista. [8, s. 4.]

Perussuunnitteluvaihe

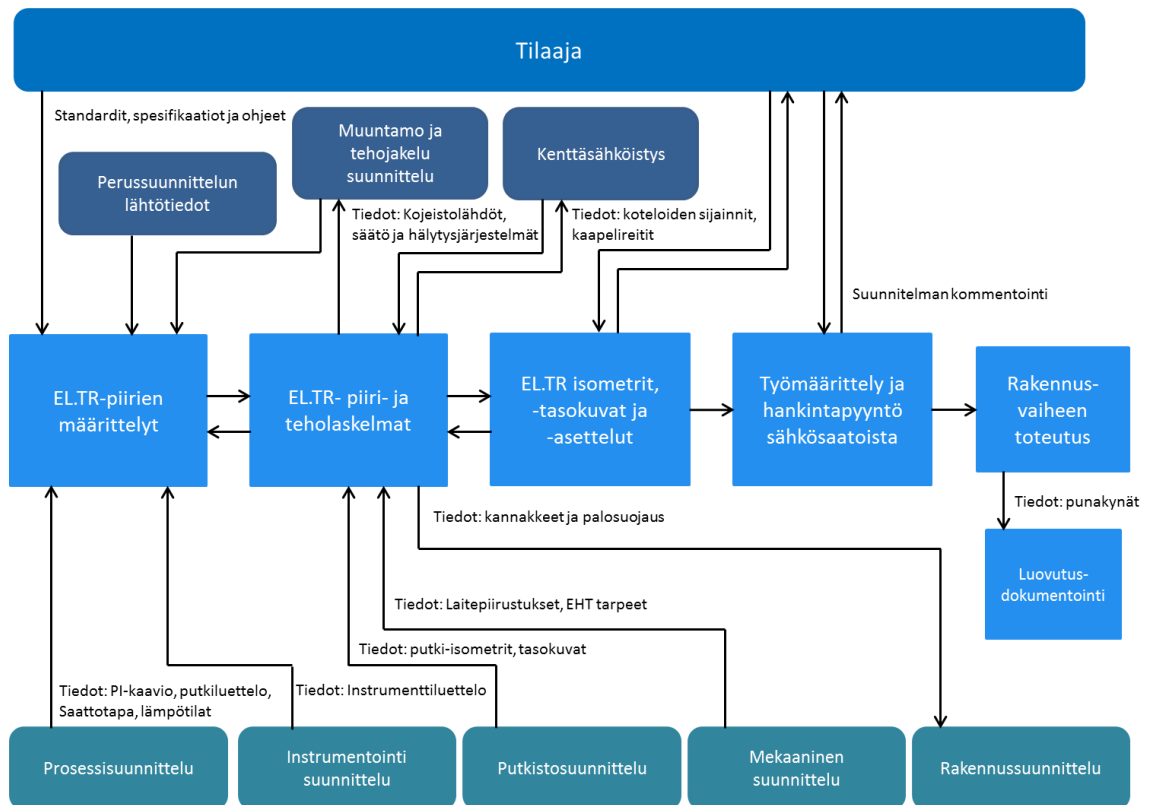
Perussuunnittelu tähtää järjestelmä hankintojen valmisteluun ja muuntamon ja kentän yhteensovittamiseen [8, s. 4]. Perussuunnitteluvaiheessa selvitetään alustavasti; säh-

kösaattotarpeet, laitemäärät, putkilinjojen lukumäärät, -pituudet, -koot ja -saattolämpötilat, instrumenttien ja instrumenttikaappien lukumäärät sekä saatettavat näytteenottolinjat. Sähkösaattojen tarpeita varten tulee selvittää lämmityksen ohjaustapa. Onko lämmitystapa ympäristön mukaan vai piirikohtaisesti ohjattava sekä niiden määrät. [11, s. 10-13.]

Lisäksi selvitetään kaapelointireittiin liittyvät tarpeet. Kustannusarvioon lasketaan uudet hyllyt ja rakennettavat tai avattavat maa- ja betonikaapelikanavat. Projekteissa on myös mahdollista tehdä tilavarauksia muuntamoiden kojeistoihin.

Toteutussuunnitteluvaihe

Toteutussuunnittelu sisältää hankintasuunnittelun, muuntamosuunnittelun ja kenttäsuunnittelun. Hankintasuunnitteluun kuuluu tarvittavien materiaalien ja töiden hankinta. Hankinnoista ja töistä tehdään tarpeen mukaan hankinta- ja työmääritykset, joiden mukaan hankinnat ja työt tehdään. Muuntamosuunnitteluun kuuluu kojeistohankintojen ja tilavarauksien lisäksi tarvittavien dokumenttien luomiset ja päivitykset. Muuntamodokumentteja on eri virtapiiri- ja johdotuskaaviot (VPJK), kaapeliluettelot, kytkentätyömääritykset, kilpiluetelot ja sähkösaattotiedonsiirtotarpeet ohjausjärjestelmään. Kenttäsuunnitteluun kuuluu kenttäkoteloiden ja sähkösaattorasioiden sijoitussuunnittelu sekä kaapelireittien-, kenttäkaapeleiden- ja maadoitusten suunnittelu. [8, s. 5-6] Toteutussuunnittelun prosessikaavio on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Toteutus suunnittelun prosessikaavio.

5.4 Sähkösaattosuunnittelun työkalut

SÄLÄ-tietokanta on sähkösaattolämmitystietojen hallintaohjelma. SÄLÄ-tietokanta on toteutettu NES sähkösaattosuunnittelutyön tueksi ja se on Access-pohjainen tietokantasovellus sähkösaattojen lähtötietojen ylläpitämiseen ja suunnittelun avustamiseen. SÄLÄ-ohjelman avulla voidaan laskea ja mitoittaa sähkösaattopiirit (kuva 6) sekä generoida ja revisioida tarvittavat sähkölämmitystaulukot (liite 6).

SÄLÄ-tietokannasta saadaan myös ajettua raporteja ja luetteloita joita tarvitaan esimerkiksi koestuksia varten tai toimitetaan asiakkaan tarpeisiin. Sähkösaattojen laskentaan voidaan myös hyödyntää palvelutoimittajien ohjelmia. Nämä ohjelmat sisältävät tiedot vain palvelutoimittajan omista kaapeleista ja näin ollen rajoittavat laskentamahdollisuuksia. [8, s. 23-24; 16, s.8.]

Welcome Piirin laskenta Dokumentit Taulukkonäky Kyselyt Taulukot Asetukset

101 E5124.9 1A 1 *** PÄÄLAITEPIIRI ***

Peru Tarkista piiri Laske piiri Kopioi piiri ...

Sähkötunnus: 101 E5124.9 1A 1 Projekt: PRO1013 Laskennan esto

Saattokohde: Lahtötieto Putki Rev.:

Putkitunnus: FG 6107 Halk. [mm]: 60 λ [W/mC]: 0,04 Lämmitystapa: 10C: 25 W/m

Laitenimi: Pituus [m]: 1,5 Vahv. [mm]: 50 ITSESÄÄTYVÄ Lämmityskaapeli Tyypin: RAYCHEM 8XTV2-CT

Aine, tuote: Kriittisyys: NC Suunn.: 110 Ph [W/m]: 11,8 Lk[lask.] (käsi) 1/3 x Lk [m] Resist. [ohm/m]:

PI -diag.:

Isometri: ELT123 1 Alue: 5297 Ulko(min.): -36 lämp. IEC:

Aseenn.Piiri: Yks. HVV4 T-luokka: T3 Tyco [C]: Kannakkeet: 3-v. kpl 3-v.

Dokumentti: NP3-2XXXX XXXX Vast.lotto (pvm): SS/TS: T5 Tyco TraceCalc Asennusvara [m]: 0,5 U [V]: 230

Viitepiirustus: Term.säätö: 10 Elset alahäl. Jakorasias:

Suunn. Rev. Rev. Info Muutettu (id): Term.rajoit: 180 Elset ylahäl.

Status: AFC Huom: Muutettu (pvm): Info: L. Anturi: Mek.Term.

MCPkigNo, Date:

Lämmityskaapelit Putki (EKI) Putki (PDS) Instru (IKS) Laite (EKI)

ID	Laji	Tuoteryhmä	Merkki	Tyyppi	Reprokoodi	Suosi	Rm	Pk	Pkm	Pkm2	Tk2	Pkm100	Tk1
101	ITSESÄÄTYVÄ	Raychem	RAYCHEM	4XTV2-CT	MB7436	<input checked="" type="checkbox"/>			12			4	120
102	ITSESÄÄTYVÄ	Raychem	RAYCHEM	8XTV2-CT	MB7450	<input checked="" type="checkbox"/>			25			11	120
103	ITSESÄÄTYVÄ	Raychem	RAYCHEM	12XTV2-CT	MB7454	<input checked="" type="checkbox"/>			38			17	120

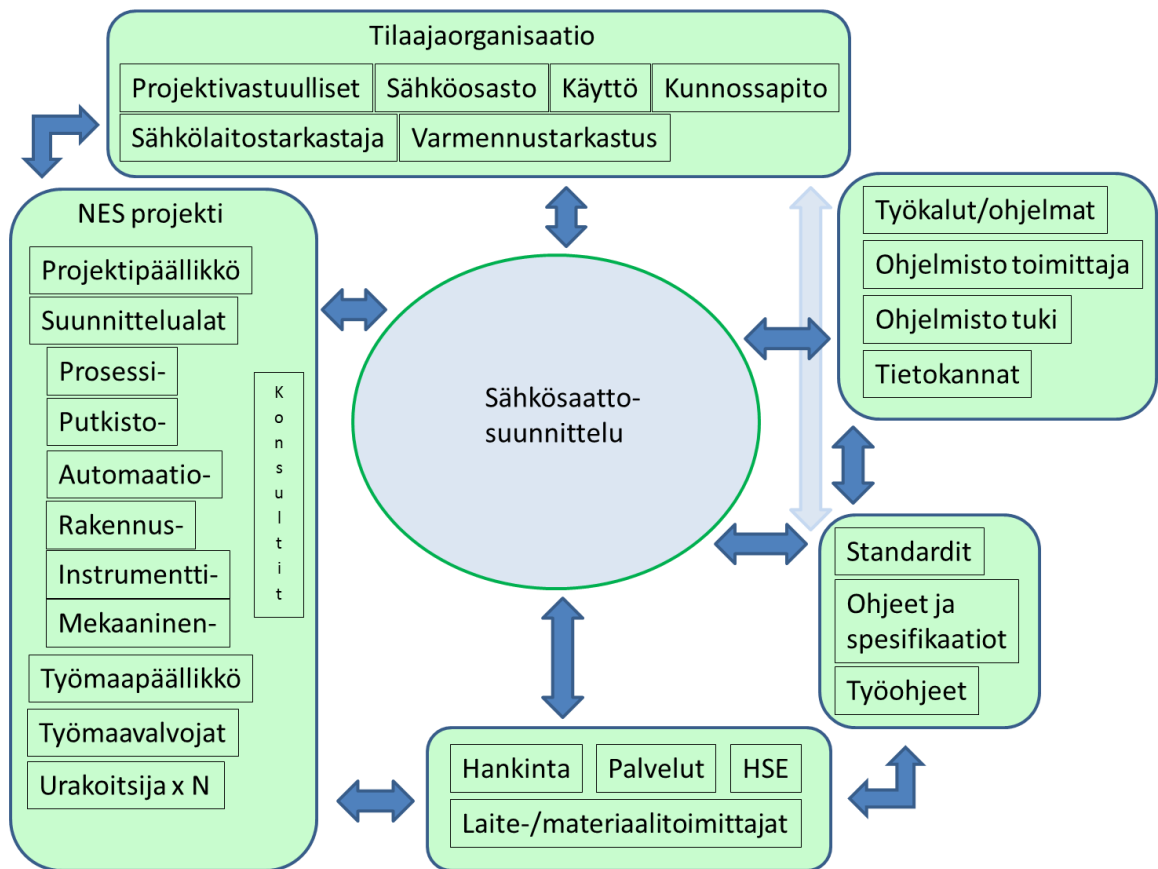
Kuva 6. SÄLÄ-piirilaskentatiedot.

Sähkösuunnittelu piirtää ja muokkaa dokumentteja 2D-ohjelmilla Microstation ja AutoCAD. Suunnittelu saa lähtötiedot ja toimittaa loppudokumentit arkistoitavaksi muun muassa sähkösaattoisometriä, sähkölämmitystaulukoiden ja sijoituskuvioiden osalta 2D-tiedostoformaatissa. Tiedostojen formaatti muutoksiin käytetään muunnosohjelmaa, esimerkiksi PDS 3D-järjestelmällä mallinnetut putkilinjojen putki-isometrit saadaan i01-tiedostoformaatissa ja muutetaan ohjelman avulla Microstation dgn-tiedostoformaatiksi. Muunnosohjelman avulla putki-isometriä dokumenttikohdattaisiin tiedot saadaan tyhjenettyä ja putki-isometriä päivitettyä sähkösaattoisometriä vastaavaksi. Muunnosohjelmalla dgn-tiedostot muutetaan tarvittaessa AutoCAD dwg-formaatiksi. Smart 3D-järjestelmästä tiedostot saadaan dwg-formaatissa. [12.]

5.5 Sähkösaattosuunnittelun nykytila

Jalostamoalueen projektit kohdistuvat usein jonkun laitteen tai säiliön uusintaan tämän lähentyessä elinkaari-ään loppua. Tällöin sähkösuunnittelu ja muut suunnittelualat saavat toimeksiannon projektilta suunnitteluvaiheen aloitukselle. Projektiin kuuluvien eri suunnittelualojen kanssa on tärkeää tehdä yhteistyötä, jotta saavutetaan haluttu lopputulos. Sähkösaattosuunnittelulle on olennaisen tärkeää saada prosessi-, putki- ja instrumentointisuunnittelusta lähtötiedot uusittavista putkista ja laitteista sekä niiden lämmitystarpeista. Tämän jälkeen voidaan aloittaa tarkempi putki- tai laitekohtainen sähkösuunnittelu.

kösaattosuunnittelu. Kuvassa 6 on havainnollistettu sähkösaattosuunnittelun rajapinnat.



Kuva 6. Sähkösaattosuunnittelun rajapinnat

Sähkösaattosuunnittelu tapahtuu pitkälti putki ja instrumentti -kaaviota (PI-kaavio), putkiluetteloa (liite 2) ja putki-isometrien (liite 7) lähtötietoja hyödyntäen [12]. Prosessisuunnittelu toimittaa PI-kaavion (liite 5) ja putkiluettelon. Putkistosuunnittelulta saadaan putki-isometripiirustuskuvat putkilinjoista (liite 1). Putkisuunnittelun lähtötiedot pitävät sisällään muutokset putkistoihin, uusittavat putket, uudet putket ja purettavat putket. Lähtötietoihin sisältyvät tiedot putkien tunnuksista ja pituuksista. Instrumenttisuunnittelulta saadaan lähtötiedot laitteille kuten näkölasi, pintalähetin ja painemittari sekä impulssiputkille tarvittavista sähkösaatoista ja niiden lämmitystarpeista. [7, s. 14-15; 12.]

PI-kaavio visualisoi järjestelmän prosessia ja sitä hyödynnetään ensivaiheessa yhdessä putkiluettelosta saatavien tietojen perusteella sähkösaattosuunnitelmien tekemiseen. Putkiluettelosta saadaan putkilinjakohtaisia tietoja kuten virtaavamateriaali, kriittisyys ja lämpötilat, jotka sähkösaattosuunnittelua varten tarvitaan. Putki-isometrit saa-

daan usein projektin myöhäisemmässä vaiheessa ja niistä nähdään tarkemmin putkistoon liittyviä tietoja kuten putkisuunnittelijan merkintä putkisto-osuuden sähkösaatolle, putkien pituudet, venttiilien ja kannakkeiden määrät sekä lämpötila-arvot, suunnitteluylä- ja käyttölämpötila. Tietojen oikeellisuuden osalta arvohierarkiajärjestys on PI-kaavio, putkiluettelo ja putki-isometrit. [12.]

Sähkösaattoisometri (liite 3) tehdään putki-isometrin pohjalta omaksi tiedostoksi, johon tehdään tarvittavat sähkösaattomerkinnot. Sähkösaattoisometriin sähkösaattomerkinnot ovat muun muassa tunnuksot, syöttöpisterasiat, syöttöpisterasialta lähtevät sähkösaattokaapeloinnit, sähkösaattopiirin kaapelien määrät ja kaapelointien loppupäätteet, säätö- ja rajoitusanturit sekä viittaukset kuten sähkölämmitystaulukon tunnus. Sähkölämmitystaulukossa on esitetty sähkösaattoasennusten kannalta tarvittavat putki- ja sähkösaattotiedot. Sähkölämmitystaulukon sähkösaattopiirien tietoja päivitetään tarvittaessa SÄLÄ-tietokannasta saatavilla tiedoilla. [12.]

Sähkösaattosuunnittelu tuottaa projektille toteutusvaiheessa ennen työaloitusta työmäärittelyn, sähköisometrit ja sähkölämmitystaulukot sekä muut dokumentit kuten kaapelinvetoluettelot, sijoitus-, kaapelinreitti- ja aluutilaluokituspiirustukset. Työmäärittelyssä esitetään työkohteen laajuus, noudatettavat määräykset, ympäristöolosuhteet, asennukset, muut suunnitelmassa huomioitavat asiat ja liite dokumentit. Sähkösaattoasennuksia varten asennusurakoitsijalle tulostetaan työhön liittyvät dokumentit ja piirustukset. Asennusurakoitsijat tekevät suunnittelusta poikkeavat punakynämerkinnät dokumentteihin ja piirustuksiin sekä toimittavat asennusten valmistuttua piirustukset loppudokumentointia varten.

Sähkösaattosuunnittelun haasteet

Projektien aikataulut voivat olla haasteellisia. Pääosin projektit ovat tarkoin aikataulutettu ja käynnistyvät koska prosessin laite tai osa lähenee elinkaarensa loppua. Lähtötilanne voi olla, että jotain laitteita tai putkia on vahingoittunut ja kunnossapitokorjausta ei pystytä tekemään kuten on aikaisemmin ollut tai laitteet halutaan uusia, kuitenkin tuotantoprosessi tulee saada mahdollisimman pian takaisin käyttöön. Eri suunnittelualoilta saatavien lähtötietojen saaminen tuottaa usein haasteita aikatauluun. Lähtötietojen saaminen tulee huomioida projektin aikataulussa, jotta sähkösuunnittelulle jää tarpeeksi suunnittelu-aikaa. Sähkösuunnittelun pitääkin olla aktiivinen ja tiedustella lähtötietoja, mutta kuitenkin aloittaa suunnittelu ennen kuin on saanut lopullisia lähtötietoja

muilta suunnittelualoilta pysyäkseen projektin aikataulussa. Tästä seuraa usein, että kun muiden suunnittelualojen suunnitelmiin tulee vielä muutoksia, niin sähkösuunnittelu joutuu tekemään päivityksiä jo tehtyihin sähkösuunnitelmiin. [12.]

Dokumenttien hallinnointi on jalostamoalueen ylläpidossa oleellisen tärkeää. Dokumenttien määrä on valtava ja erilaisia ylläpidettäviä dokumentteja on paljon. Dokumenttien löytäminen on välillä haastavaa ja aikaa vievää ja niiden tiedot voivat olla osin puutteelliset tai vanhentuneet. Dokumenttien ajantasaisuus luo haasteita, kun jalostamoalueella on menossa useita päällekkäisiä projekteja eri projektitiloissa, kuten suunnittelussa, suunnitelmat odottavat toteutuspäätöstä, rakennusvaiheessa tai projekti on valmistunut mutta loppudokumentointi on kesken.

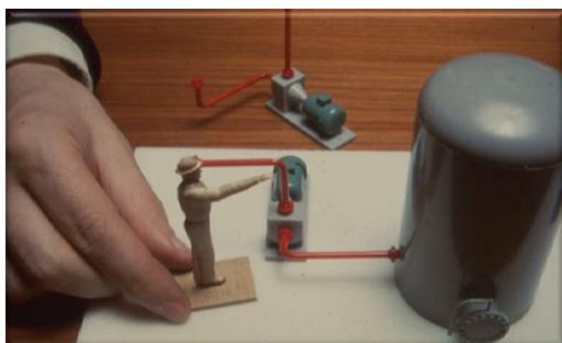
Projektien toteutuspäätöksen saaminen voi kestää ja suunnitelmat eivät toteudukaan siinä järjestyksessä kun ovat suunniteltu. Tällöin tilanne kentällä on saattanut muuttua tai vaihtoehtoisesti valmistuneiden projektien tietoja ei ole ehditty päivittämään tietokantaan. Sähkösaattojensuunnittelussa tämä on haasteellista muun muassa sähkösyöttöjen osalta. Sähkösuunnittelu on suunnitellut ja mahdollisesti varannut käytettävän tiettyjä sähkölähtöjä projektilla, mutta toteutusvaiheensuunnittelussa todetaan, että joku muu projekti on käyttänyt sähkölähdöt omiin tarpeisiin. Tällöin sähkösuunnittelu joutuu päivittämään projektin sähkösuunnitelman. Vapaita sähkölähtöjä voi joutua etsimään laajemmalti jalostamon prosessialueelta tai mahdollisesti rakentamaan muuntamolle uusia lähtöjä. Kenttäkäynneillä joudutaan usein varmistamaan lopullinen tietojen ajantasaisuus. Tärkeää on myös tehdä tiedonvaihtoa muiden alueelle kohdistuvien ja meneillä olevien projektien kanssa, jotta päällekkäisyyksiä ei suunnitelmissa syntyisi.

Sähkösuunnittelu laatii projektiin tarvittavat dokumentit joiden perusteella asennukset tehdään. Uuden laitoksen tai tuotantoprosessin osan tekemiseen hyödynnetään asiakkaan tyyppikuvia, jotka on laadittu määräysten mukaisesti ja joissa on esitetty hyväksi todettu toteutustapa. Tyyppikuvia päivitetään ohjeistusten ja toteutustavan muuttuessa yhdessä asiakkaan kanssa. Olemassa olevan laitoksen natiividokumentit lainataan projektiin päivityksiä varten dokumenttiarkistosta. Arkistosta lainattavat dokumentit voivat olla toisella projektilla lainassa. Tällöin pitää tietää ja huomioida toisen projektin vaikutukset toteutukseen ja dokumenttiin. Mikäli viimeisintä dokumenttia mahdollisimman muutoksineen ei ole saatavilla tai asennuksilla on kiire, tehdään dokumentista luonnostyökuva. Lopulliset AS BUILT-päivitykset dokumenttiin pitää tehdä viimeistään arkistoitavaan natiividokumenttiin. Dokumenttien päivityksestä voidaan erikseen sopia

6 NES:n 3D-suunnittelu

3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti. 3D-mallinnuksen tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman laadukkaita 2D-piirustuksia. [18, s. 17, 33.]

1980-luvulla 2D piirtäminen oli yleisin tehdassuunnittelu menetelmä. Toisinaan tehtiin myös 3D-mallinnusta kokoamalla tehdas pienoismallina (kuva 8). Vuonna 1987 NES hankki ensimmäisen 3D-järjestelmän tehdassuunnittelua varten. Tämän jälkeen 3D-suunnittelua on tehty eri järjestelmillä ja sen rooli laitossuunnittelutyökaluna on kasvanut. 3D-suunnittelun avulla saatiin säästöjä ajan ja kustannuksien osalta tavanomaisiin tapoihin verrattuina. [19, s. 2-3.]



Kuva 8. 2D- ja 3D mallintamisen historia [19, s. 3].

On todettu, että nykyisellään 3D-tehdassuunnittelu on tehokkain tapa toteuttaa tehdas- ja rakennesuunnittelua. Suurin osa dokumenteista saadaan generoitua mallista kuten putki-isometrit ja sijoituskuvat. Tehdassuunnittelu perustuu NES:llä useimmiten 3D-

mallinnukseen, jossa virtuaalitehdas luodaan 3D-järjestelmällä (kuva 9). Mallit simuloivat todellisuutta ja sisältävät muiden suunnittelualojen tietoja kuten esimerkiksi instrumentointi ja sähkö. Lisäksi apuna on 3D-katseluohjelma, jota voidaan hyödyntää suunnitteluprosessissa, rakennus vaiheessa ja kunnossapidon käyttötarkoituksiin sekä mallien katselmointiin. [20, s. 3-4.]



Kuva 9. 3D-mallinnettu virtuaalitehdas [19, s. 4].

6.1 Suunnitelmien 3D-mallikatselmoinnit

3D-katselmoinnit on jaettu kolmeen vaiheeseen, 30 %, 60 %, ja 90 % -katselmuksiin. Katselmuksilla varmistetaan suunnittelun työn oikeellisuus. Katselmuksia tehdään yhteistyössä eri suunnittelualojen sekä asiakkaan kanssa. 30 %-katselmuksien huomioitavat pääkohdat sähkösuunnittelun osalta ovat laitteistojen sijainnit, runkoputkilinjat, tilavaraukset tulevia laajennuksia varten sekä runkokaapelilinjat. 60 %-katselmuksien tarkoituksena on muun muassa vahvistaa putkisijoitukset. Katselmuksessa kaikki yli kahden tuuman putkilinjat tulee olla reititettyinä ja kaapelikanavat sekä runkokaapeli-

hyllyt esitettyinä. Muita huomioitavia katselmukseen sisältäviä asioita ovat sähkökeskukset, sähkösaattorasit, valaistusjärjestelmät, tehojakelukeskukset. 90 % - katselmuksien tarkoituksena on todentaa, että suunnittelu on tehty määritysten ja vaatimusten mukaan. Asiakas ja eri suunnittelualat näkevät suunnitelman mikä on lähdössä toteutukseen. Tässä vaiheessa kommentoinnista aiheutuva muutosten määrä tulisi olla vähäinen. [21, s. 4-6.]

6.2 NES:n 3D-järjestelmät

NES:llä on käytössään useampi eri 3D-järjestelmä joilla tehdään 3D-mallinnuksia. Eri 3D-järjestelmiä on käytetty eri jalostamoalueiden 3D-mallinnuksissa ja joiden 3D-malleja voidaan tarkastella yleisellä katselusovelluksella. NES:n käytössä olevat 3D-järjestelmät ovat Intergraph Smart 3D, Autodesk AutoCAD Plant 3D, Intergraph PDS 3D ja Aveva PDMS. Lisäksi Teklan 3D-järjestelmää hyödynnetään rakennuspuolen suunnittelussa. 3D-katseluohjelmassa on käytössä NavisWorks. [3; 20, s.6, 9.]

Intergraph PDS 3D

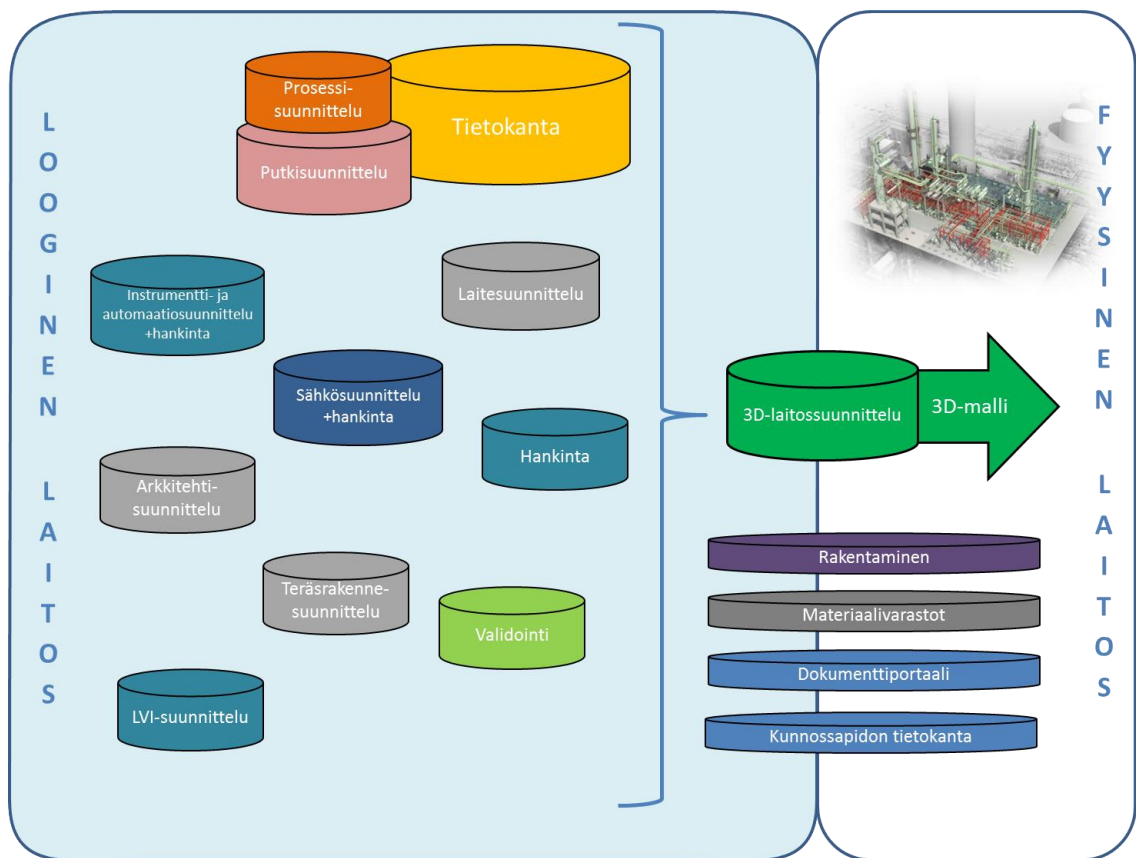
PDS-järjestelmä on Hexagon yrityksen yksi yleisimpiä tehdassuunnittelujärjestelmiä. PDS 3D-laitossuunnittelujärjestelmä on otettu käyttöön 1980-luvun lopulla. NES:n pääasiakkaiden ympäristöt on mallinnettu pääosin järjestelmään, jonka takia PDS 3D-järjestelmällä on vielä suuri rooli NES:n kartta- ja putkistosuunnittelussa. [19, s.3; 20, s.7.]

Intergraph Smart 3D Foundation

Smart 3D (S3D) on Hexagon yrityksen toimittama 3D-järjestelmä, joka tulee korvaamaan NES:n muut 3D-työkalut jollain aikavälillä [3]. Järjestelmässä ei ole grafiikkamalleja ja suunnittelutieto sijaitsee tietokannassa. Tietokannassa kuvatut komponentit esittävät oikeita laitososia kuten venttiileitä, putkia ja pumppuja. Komponentteihin sisältyy erilaista tietoa kuten 2D-taulukkotietoa, 3D-mallinnustietoja, kytkentätietoja, dokumentti- ja omistajuustietoja ynnä muita. Suunnittelutyöympäristö mahdollistaa eri suunnittelijoiden mallinnustöiden tarkastelua lähes reaaliajassa. [20, s.6.]

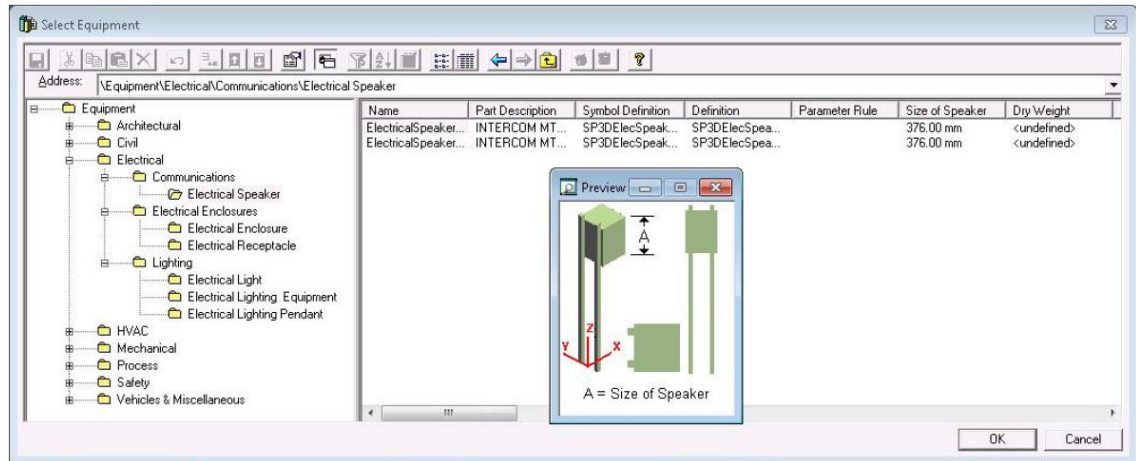
6.3 NES:n 3D-suunnittelun nykytila

NES:n suunnittelualueista rakennus- ja putkistosuunnittelut hyödyntävät laajimmin 3D-mallintamista. Rakennussuunnittelu 3D-mallintaa teräs- ja betonirakenteet. Putkistosuunnittelu 3D-mallintaa prosessialueen tuotantolinjat [21, s.2-4.]. 3D-järjestelmistä saadaan generoitua putki-isometrit, sijoituskuvat ja sieltä voidaan myös ajaa materiaali-listat sekä tiedot 3D-mallinnetuista komponenteista. Dokumenttien muokkausta tehdään 2D-työkaluja käyttäen. Kuvassa 10 on esitetty 3D-laitosmallisuunnittelun tuottamisen eri osa-alueet.



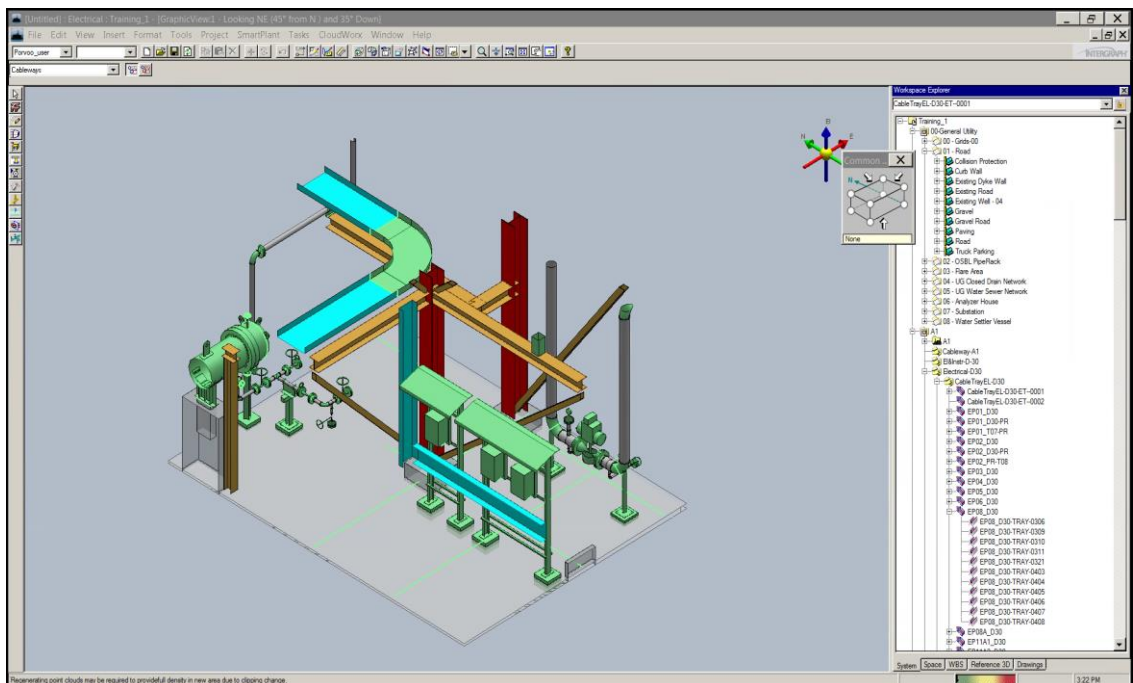
Kuva 10. 3D-laitosmallisuunnittelun osa-alueet [19, s. 8].

Sähkösuunnittelun 3D-mallinnusta hyödynnetään törmäystarkasteluun ja mallin kommentointiin. Isommissa projekteissa sähkösuunnittelu on 3D-mallintanut sähkökomponentit [22, s. 1-2]. Pienemmissä projekteissa rakennus- ja putkistosuunnittelut ovat myös mallintaneet sähkösuunnittelun tilaa vievät komponentit ja valaisimet [17]. S3D-tietokannan katalogit sisältävät sähkökomponentteja kuten kaiuttimet, valaistukset ja kotelot (kuva 11) [3; 23].



Kuva 11. S3D-kataloginäkymä [23, s. 8].

Sähkösuunnittelu 3D-mallinnettavia komponentteja ovat kaapeleiden runkoryhlyt, valaistus, tehoasennusten keskuskeskukset ja kotelot, maadoituskiskot sekä sähkölämmitysasennuksista kenttäkotelot, mutta ei sähkösaattorasioita [22, s. 1-2]. Kuvassa 12 on havainnollistettu 3D-mallinnettuja komponentteja.

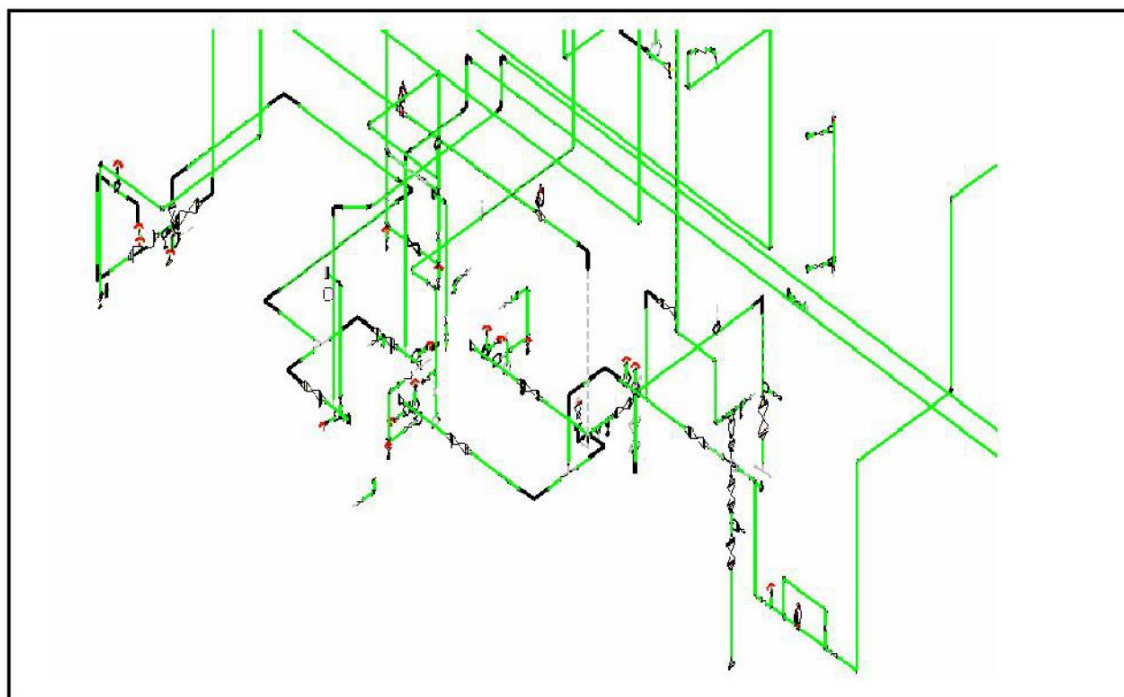


Kuva 12. Hylyt ja kotelot 3D-mallinnettuna

7 Sähkösaattosuunnittelun palvelutoimittajat

Tutkimusta varten haastateltiin sähkösaattosuunnittelun palvelutoimittajayrityksiä. Palveluiden toimittajilta saatiin yritysesittelyt, joissa esittelivät palveluita ja tuotteita NES sähkösuunnittelulle. Yritysesittelyissä palvelutoimittajat kuvasivat sähkösaattosuunnitteluprosessejaan ja järjestelmiään. Tässä esitettyjen palvelutoimittajien suunnitteluprosessissa käytettävät järjestelmät koostuvat 3D-ohjelmasta ja tietokannasta [24] tai 3D-järjestelmästä, laskentaohjelmasta ja hallinnointiohjelmasta [25].

Vuodesta 2006 lähtien ovat palvelutoimittajat alkaneet hyödyntämään sähkösaattosuunnittelussa 3D-järjestelmistä saatavia tietoja. Tilajayritys on toimittanut 3D-järjestelmän tietoja niin sanotussa neutraali-tiedostossa, IDF- (Isogen Data File) tai PCF-formaatissa (Piping Component File), josta on luettu tiedot palvelutoimittajan kehittämällä 3D-järjestelmällä [26]. 3D-järjestelmän avulla mallinnetaan putkilinjat neutraalitiedostosta saatujen tietojen perusteella ja sen avulla voidaan tarkastella esimerkiksi vain sähkösaatettuja putkilinjoja (kuva 13) huomioiden, että putkilinjoille on putkistosuunnittelu määrittänyt saattotavan. [24, 25.]



Kuva 13. 3D-mallinnus sähkösaatetuista putkilinjoista [27, s. 4]

3D-järjestelmään on mahdollista syöttää tiedot putkiluetteloista ja asiakkaan määrittämistä spesifikaatioista, jotka luodaan 3D-järjestelmään loogisten funktioiden avulla ja joista saadaan ilmoituksia, mikäli suunnitelmat ovat ristiriidassa spesifikaatioiden määrittysten kanssa [24]. Näitä määritelmiä ovat esimerkiksi etäisyydet eri komponenttien sekä komponenttien ja tasojen välillä. 3D-järjestelmän avulla tarkastellaan myös putkilinjoille tehtyjä muutoksia. Näin saadaan järjestelmästä raportti, mikäli sähkösaattavia putkilinjoja on tullut lisää, niissä on tapahtunut muutoksia tai putkilinja on poistettu [24; 25.]. 3D-ohjelman avulla voidaan tarkastella visuaalisesti 3D-mallinnettuja komponentteja eri rajauksin, hyötynä tästä on kaapelimitoituksen optimoinnit. 3D-järjestelmästä saadaan lämpökarttoja, jotka esittävät sähkökomponenttien keskittymät kartalle, jota voidaan hyödyntää lähimpien kenttäkoteloiden paikantamiseen ja uusien sijoitteluun. Tämä kuitenkin vaatii, että rakenteet ja putkihyllyt mallinnetaan. Tällöin jakorasioiden paikat, kaapelireitit ja kaapelit saadaan optimoitua ja säästetään turhien hyllyjen rakentamiselta. 3D-järjestelmään voidaan tuoda kaapelihyllytietoja DWG-formaatissa ja tilaluokka tiedot parantamaan turvallisuuden visuaalisuutta [24.].

Palvelutoimittajien järjestelmien avulla tuotetaan muun muassa sähkösaattoisometrit ja kaapeliluettelot automaattisesti generoiden. Sähkösaattoisometrillä tiedot sisältävät sähkölämmitystaulukon tiedot ja materiaaliluettelon (kuva 14). 3D-järjestelmän avulla sähkösaattosuunnittelu voidaan myös aloittaa aikaisemmin verraten perinteiseen 2D-piirustus pohjaiseen sähkösaattosuunnitteluun nähden, perustuen putkilinjojen muutosten helpompaan hallinnoitavuuteen. [24; 25.]

tyyppikuvien viittauksia laitekohtaisiin toteutus ratkaisuihin 3D-järjestelmästä generoitaviin sähkösaattoisometreihin, koska sähkösaattopiirustusmerkintöjä on erilaisia ja haastatteluiden perusteella nähtiin, että kaikkia merkintöjä ei voida generoimalla toteuttaa. [4; 29; 30.]

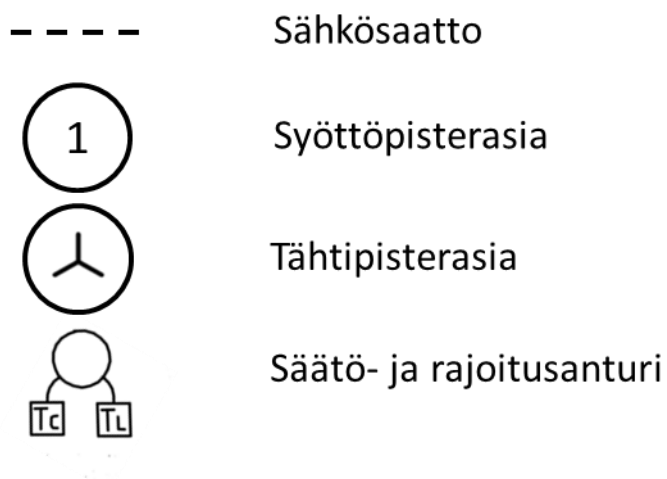
Sähkölämmitystaulukossa on esitetty sähkösaattopiirien asennuksissa tarvittavia tietoja. Sähkölämmitystaulukko generoidaan SÄLÄ-tietokannasta tai tietoja päivitetään taulukkoon käsin. Esimerkiksi palveluntoimittajat ovat yhdistäneet sähkölämmitystaulukon tiedot sähkösaattoisometriin (kuva 14) [24; 25]. Tutkittiin saadaanko sähkölämmitystaulukon tiedot sähkösaattoisometriin 3D-järjestelmästä generoimalla [4].

Tasokuvien päivityksiä sähkösaattorasioden (liite 8) ja maadoituskiskojen sijaintien osalta tehdään käsin. Haastatteluiden perusteella selvisi, että tasokuvat saadaan generoitua 3D-järjestelmästä ja niiden sisältö voidaan määrittää 3D-mallinnettujen komponenttien mukaan. [30.]

Laitteiden sijaintien paikantaminen jalostamoalueella voi olla aikaa vievää sekä suunnittelun, että tilaajan asentajien osalta. Tilaajan asentajat työskentelevät sähkösaattoihin liittyvissä vikatilanteissa. Yleisimpiä vikatilanteita ovat sähkösaattojärjestelmän hälytykset ja putkiosien jäätymiset. Vikatilanteen lähtötietona voi olla vain tunnus tai putken sijainti. Tällöin lisätietoja voi joutua etsimään järjestelmästä ja kentältä esimerkiksi muuntamolta löytyvistä sähkösaattotiedoista. Tilaajalla on käytössään 3D-katseluohjelma, mutta sitä ei täysin hyödynnetä tilaajan toimesta. Tutkittiin voidaanko 3D-mallista saatavia tietoja hyödyntää nopeampaan paikantamiseen esimerkiksi linkittämällä kohteen lähikuva sijainnista dokumentteihin. [29.] Tutkimuksessa selvisi, että dokumentteihin on mahdollista tehdä linkit 3D-mallinnetuihin sähkösaattokomponentteihin, joiden kautta avautuisi komponentin lähikuva 3D-malliin. 3D-mallin muutokset tulee huomioida linkkien päivityksissä. Mikäli linkitetty komponentti poistuu, niin linkki ei ole enää käytössä. Myös 3D-malliin voidaan tehdä linkityksiä dokumentteihin. [30; 31]

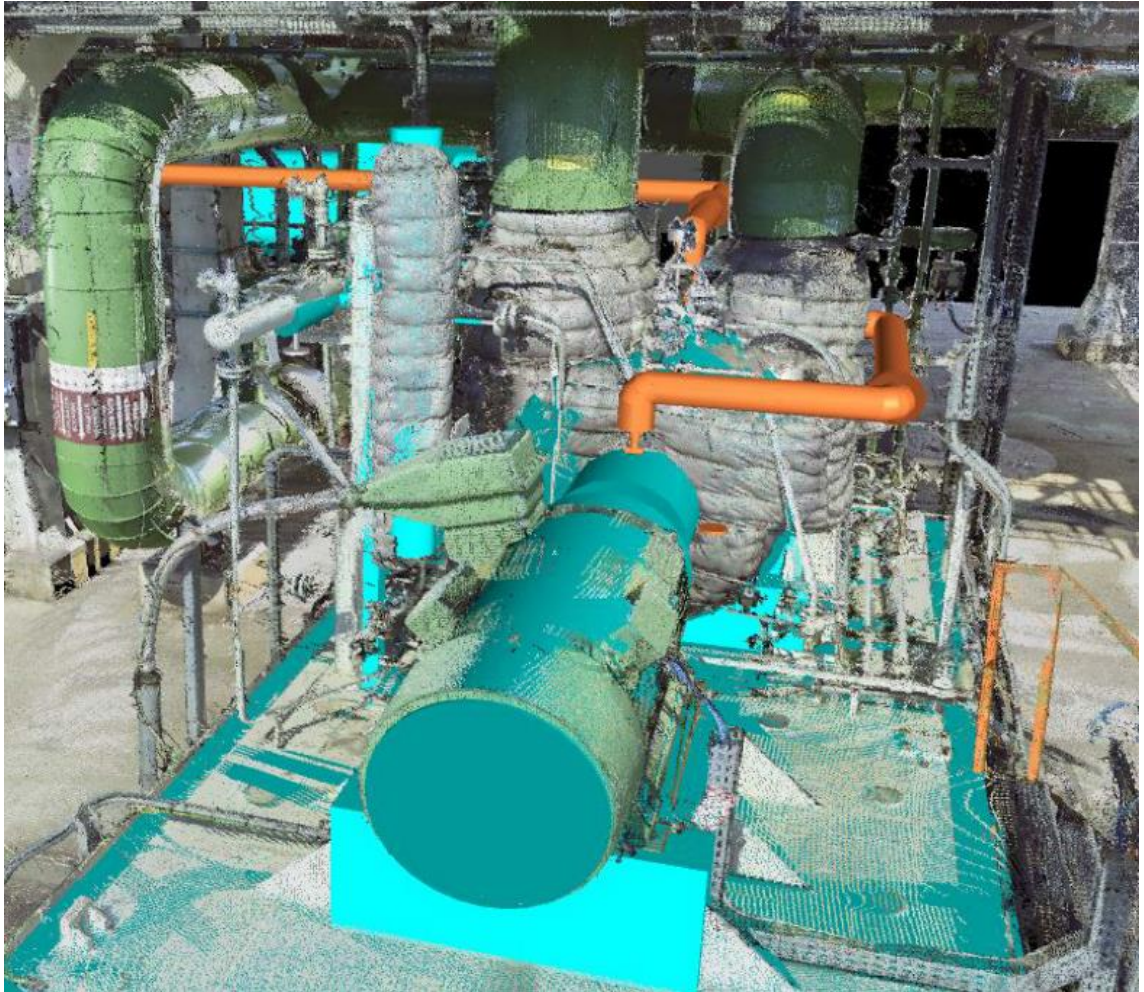
Projektien asiakaskatselmoinnit ja -luovutukset tehdään 2D-piirustusdokumenttejä käyttäen. 3D-mallinnetut sähkösaatot toisivat visuaalisuutta tarkasteluun esimerkiksi rajamalla luovutetut tai luovuttamattomat kohteet tarkasteltavasta 3D-mallista, tämä voisi selkeyttää ja nopeuttaa tarkastelua. Tutkittiin sähkökomponenttien 3D-mallintamista tarpeita. [29.]

Kuvassa 15 on esitetty sähkösaattoihin liittyviä komponentteja, joiden 3D-mallinnus tarvetta tutkittiin, muut sähkökomponentit ovat tarvemäärissään nykyisellään 3D-mallinnettu. Kaapeleiden osalta todettiin, että niiden 3D-mallinnusta ei nähdä nykyisellään tarpeelliseksi, vain kaapelin attribuuttitiedot tuotaisiin komponenteille. Analyysointirajojen tarpeita tulee selvittää jatkotutkimuksissa. [22, s. 1-2; 31]



Kuva 15. Tyypilliset sähkösaattojen piirrosmerkinnät sähkösaattoisometrissä

3D-laserkuvausta käytetään olemassa olevan laitoksen todellisen kenttätilanteen hahmottamiseen. Kuvausta verrataan 3D-mallin tietoihin (kuva 16). Tutkimuksessa nähtiin, että kuvauksia ei voida täysin hyödyntää olemassa olevien sähkösaattokomponenttien paikantamiseen, koska kuvauksissa rasiat jäävät muiden osien piiloon. [12.]



Kuva 16. 3D-laserkuvan ja 3D-mallin vertaaminen [19, s. 10].

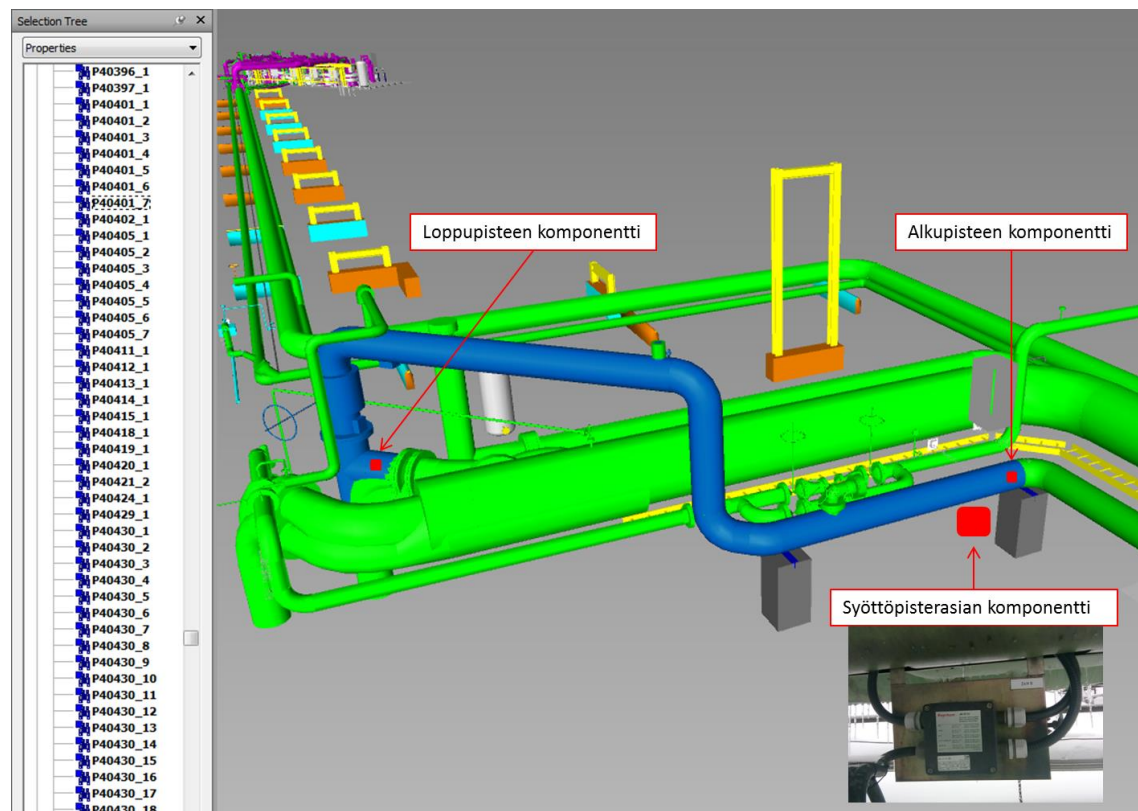
3D-järjestelmän kehitysselvitys

Tutkimuksen aikana haastateltiin NES:n 3D-järjestelmän asiantuntijoita. Haastatteluista selvinneiden 3D-järjestelmä tietojen perusteella nähtiin erillinen selvitystarve 3D-järjestelmän hyödyntämisestä ja kehittämisestä sähkösuunnittelun tarpeisiin. Haastatteluiden perusteella sähkösaattoisometrien automaattinen generointi oli teoriassa toteutettavissa sähkösaattojen 3D-mallinnuksella (kuva 17) ja tämän osalta järjestelmänkehitystä tuli tarkemmin selvittää. [31; 32; 33.]

Järjestelmäkehityksen selvityksessä olivat mukana NES:n 3D-työkaluista vastaavat järjestelmäasiantuntijat ja sähkösaattosuunnittelun asiantuntija. Järjestelmäkehityksen selvitys sovittiin toteuttavaksi S3D-järjestelmään [30.]. Selvityksessä hyödynnettiin myös S3D-järjestelmän Hexagon asiantuntijoita.

Tavoitteena oli selvittää miten sähkösaatot voidaan 3D-mallintaa ja sähköisometrit saada generoitua sekä mitkä ovat vaikutukset sähkösaattojen suunnitteluun. Tämän lisäksi selvitettiin muita mahdollisia hyötyjä 3D-järjestelmästä sähkösaattosuunnitteluun. Tarpeiden esityksessä haastatteluissa käytettiin apuna 3D-mallin havainne kuvaa, putki-isometriä ja sähköisometriä, joiden eroavaisuuksia korostettiin sekä aikaisemmista haastatteluista kerättyjä tietoja. Seuraavassa on esitettyä selvitystarpeiden pääkohdat:

- Sähkösaattojen 3D-mallintaminen
- Sähkösaattoisometriä ja sähkölämmitystaulukoiden automaattinen generointi
- Tietojen lataus 3D-tietokantaan ja -malliin
- Tietojen ajaminen 3D-tietokannasta
- Linkki tai lähikuva 3D-mallin komponentteihin



Kuva 17. Havainne kuva sähkösaattojen 3D-mallintamisen toteutusajatuksesta

3D-järjestelmän kehitysselvityksen tulokset

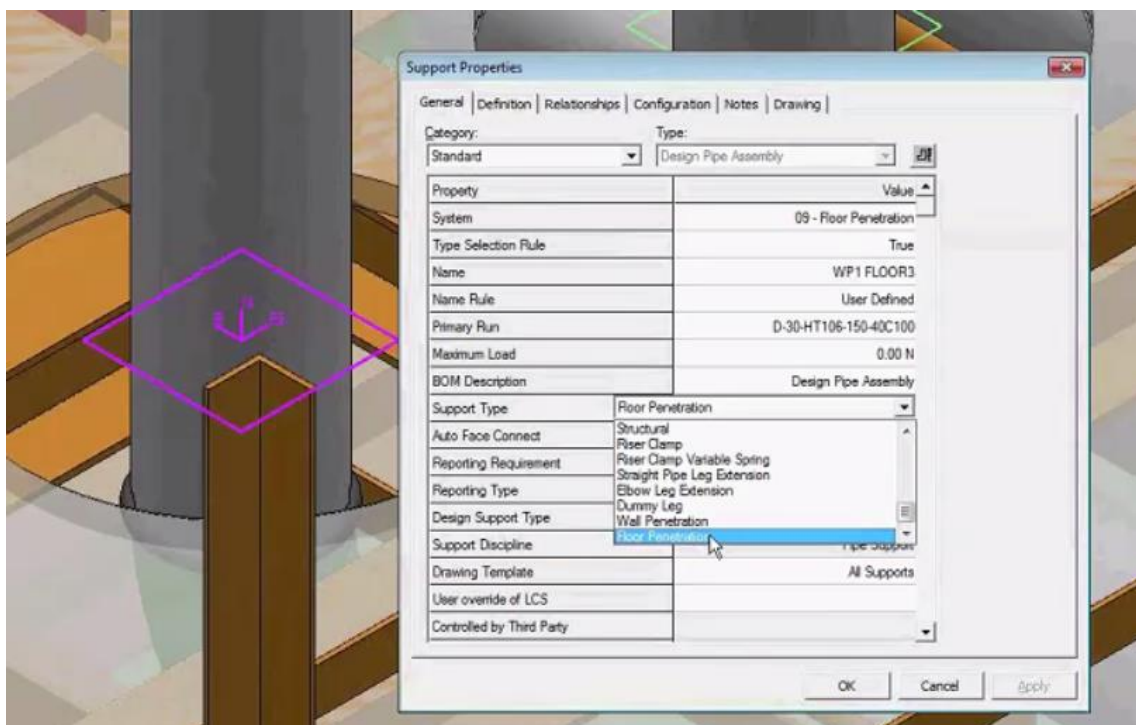
Järjestelmäkehitys saatiin tehtyä tietojen keruun ja toteutustavan teorian osalta. Järjestelmäkehityksen toteutusta ei saatu tutkimuksen aikana toteutettua. Toteutus vaatii lisäresursseja ja aikataulun sopimisen. Tämän seurauksena sähkösaattosuunnitelmien toteuttaminen 3D-järjestelmää hyödyntäen jäi tutkimuksessa testaamatta.

Järjestelmäkehityksen selvityksessä edettiin lähtötietoja analysoimalla, tarpeiden tarkastelulla ja teorioita testaten. S3D-järjestelmän testiympäristöksi valittiin Porvoon jalostamoalueen SDA-tuotantoympäristö, johon oli tarkoitus sähkökomponentit 3D-mallintaa. Selvityksessä sähkösaattokomponentteja ei fyysisesti 3D-mallinnettu. Tuotantoympäristöstä valittiin kaksi sähkösaattopiiriä 3D-mallintamista varten. Näiden esimerkkien perusteella selviteltiin 3D-mallinnus tarpeita.

- Esimerkki 1. ISO6572-C77631-2, tässä putki-isometrissä oli yksi sähkösaattoryhmä 97E71033.1A. Sähkösaattoisometri ELT6572-C77631-2 sisälsi syöttöpisterasian 97F71033 ja säätö- ja rajoitusanturit 97F81033.
- Esimerkki 2. ISO6571-P77253-3 ja ISO6571-P77253-4 (liite 7), näihin putki-isometreihin liittyi sähkösaattoryhmä 97E71006.1A. Sähkösaattoisometrit ELT6571-P77253-3 ja ELT6571-P77253-4 (liite 3) sisälsivät sähkösaattoryhmän syöttöpisterasian 97F71006, tähtipisterasian ja säätö- ja rajoitusanturit 97F81006.

Selvityksessä sähkösaattojen 3D-mallintaminen nähtiin mahdolliseksi luomalla sähkösaatolle komponentit 3D-malliin. Komponentit luotaisiin sähkösaattojen alkupisteelle ja loppupisteelle sekä muille 3D-malliin lisättäville sähkökomponenteille, kuten antureille, syöttö- ja tähtipisterasioille [30.]. Sähkösaattotarpeiden tarkentuessa, todettiin tarpeelliseksi olla yhteydessä 3D-järjestelmän tuottajayritykseen Hexagoniin. Hexagonilta tiedusteltiin S3D-järjestelmän ratkaisuja ja työkaluja sähkösaattojen 3D-mallintamiseen ja sähkösaattoisometriin luomiseen. Hexagon näki toteutukset mahdollisiksi Isogen-järjestelmää ja PCF-tiedostoa (kuva 20) hyödyntäen. Isogen-järjestelmää käytetään yhdessä S3D-järjestelmän kanssa ja sen avulla tuotetaan isometrit [34]. Sähkösaattokomponenttien 3D-mallintamisen ratkaisuksi Hexagon ehdotti komponenttia, joka ei riko putkilinjaa ja joka määritetään kannakkeena. Hexagonilla ei ollut tiedossa aikaisempia tai valmiita järjestelmän toteutusratkaisuja sähkösaattojen 3D-mallintamiseen ja sähkösaattoisometriin generointiin. [30; 35; 36.]

Selvityksen perusteella sähkösaattokomponenttien 3D-mallintaminen S3D-järjestelmään on toteutettavissa fyysisten komponenttien tai loogisten kannakkeiden avulla. Fyysiset komponentit voidaan yhdistää putkeen, tällöin komponenttiedot kulkevat putkitietojen mukana. Loogista kannaketta (kuva 18) käytetään 3D-mallintamisessa esimerkiksi putkikannakkeiden luomisessa. Vastaavalla tavalla kuin putkeen yhdistetyt komponentit, kannaketiedot ovat yhdistettynä putkeen ja kulkevat putkitietojen mukana. [37.] Tässä esitettyjen toteutusratkaisuiden avulla sähkösaatot voidaan määrittää 3D-malliin putkilinjan halutulle osalle ja generoinnin avulla saadaan sähkösaattoisometriin sähkösaattomerkinnot.



Kuva 18. Looginen kannake

Sähkösaattokomponenttien attribuuttikentät tulisi määrittää 3D-mallin tietokantaan tarvittavilta osin. Sähkösaattojen attribuuttikentät voidaan luoda esimerkiksi taulukon 1 tietojen mukaan. Tällöin 3D-mallista löytyisi samat kentät, mitä nykyisellään löytyy myös sähkölämmitystaulukoista. Mikäli sähkölämmitystaulukko generoitaisiin 3D-järjestelmää hyödyntäen, tulisi kenttien arvotiedot täydentää 3D-järjestelmän tietokantaan. Attribuuttikenttien nimeäminen tulisi tehdä S3D-järjestelmään englanniksi, koska järjestelmän kieli on englanti. Sähkölämmitystaulukon tiedot on mahdollista generoida sähkösaattoisometriin tai erilliselle lehdelle attribuuttitietoja hyödyntäen. [30.]

Jokaista sähkösaattoisometrin komponenttia varten tulee määrittää symbolit 3D-järjestelmään. Isogen-järjestelmän avulla sähkösaattoisometriin luodaan sähkökomponenteille symbolit sen määrityksien mukaisesti. Sähkösaattokomponenttien symbolien toteutukseen tulee käyttää niille määriteltyjä piirrosmerkkejä (kuva 15). [37.]

Järjestelmäkehitystä varten pitää 3D-järjestelmään määrittää käyttäjäkohtaiset asetukset, User Defined Property, mitkä viittaa komponenttiin tai loogisen kannakkeen symbolikoodilistaan. Jokaista symbolia kohden tulee tehdä 'symbol key'. Tämä määrittelee miten Isogen käsittelee tiedon PCF-tiedostosta. Symbol Key Editoriin tulee lisätä arvot, jotta järjestelmä voi tehdä komponentille halutun symbolin ja sähkösaattoisometri saadaan generoitua, eli tulostettua tarvittavilla tiedoilla. [37.]

Selvitykseen valituissa sähkösaattoisometri esimerkeissä oli putkilinjalla sähkösaatto esitetty useammalla katkoviivalla. Hexagon voi muokata Isogen-järjestelmän käsittelysääntöjä niin, että Isogen pystyy lukemaan PCF-tiedostosta attribuuttiarvon kuinka monin kerroin sähkösaattokaapeli on putkilinjalla ja generoimaan sen perusteella sähkösaattoja kuvaavat katkoviivojen määrät sähkösaattoisometriin. Sähkösaattoisometrissä esitetyt sähkösaattojen 180-asteen katkoviivakäännökset putkilinjaa takaisinpäin, ei ole toteutettavissa sähkösaattogeneroinnilla. 180-asteen katkoviivakäännös tulisi erikseen 3D-mallintaa komponentilla tai loogisella kannakkeella ja sille tulisi määrittää symboli (pysty- tai vaakasuuntainen katkoviiva). Tutkimuksessa todettiin, että sähkösaattojen katkoviivaesitys sähkösaattoisometrissä on riittävä yhdellä katkoviivalla esitettynä. Sähkösaattojen monin kerroin kaapelimäärä saadaan attribuuttiarvoista ja se on riittävä tieto. [37.]

Tietojen lataus 3D-tietokantaan tehdään Excel-tiedostoa hyödyntäen (kuva 18). Excel-tiedostolataukset mahdollistavat tietokannan tietojen massamuutokset. Tiedostossa on muun muassa esitettynä komponenttikohtainen oid, toisin sanoen GUID (Global Unique Identifier), jolla yksilöidään komponentti ja jonka avulla komponenttitietojen tallentaminen tietokantaan kohdennetaan. Kuvassa 19 on esimerkki kenttäkoteloiden tiedoista, jotka ovat Excel-tiedoston avulla viety 3D-tietokantaan. Komponentteja on mahdollista viedä 3D-malliin Excel-tiedostoa ja 3D-tietokantaa hyödyntäen, tällöin komponenttien tietoihin tulee sisältyä sijaintikoordinaatit. Esimerkiksi prosessilaitteita on viety 3D-malliin tiedoston avulla. PCF-tiedostoa ei ole käytetty 3D-tietokantaan tehtäviin tietojen

tallennuksiin. PCF-tiedosto pitää sisällään oid-tiedon, joten PCF-tiedoston hyödyntäminen 3D-tietokantatallennuksissa vaatii lisäselvitystä. [31; 37.]

	A	B	C	D	E	F
1	AAIN	UNamedItem	IIEquipment	IUAJunctionBox	IUAJunctionBox	IUAJunctionBox
2	oid	Name	Description	Type	CableNumber	CableDestination
3	oid	Name	Description	Type	Cable Number	Cable Destination
4	{00004E2E-0000-0000-DF71-A423BB5A3504}	=D30+00-XG02	DCS JB (AI/AO/DI/PI)	Exe	=D30+00-WG02	
5	{00004E2E-0000-0000-2D27-EA0B705A3F04}	=D30+00-XG03	DCS JB (AI/AO/DI/PI)	Exe	=D30+00-WG03	
6	{00004E2E-0000-0000-F426-EA0B705A3F04}	=D30+00-XG04	DCS JB (AI/AO/DI/PI)	Exd	=D30+00-WG04	
7	{00004E2E-0000-0000-E071-A423BB5A3504}	=D30+00-XG05	DCS JB (AI/AO/DI/PI)	Exe	=D30+00-WG05	
8	{00004E2E-0000-0000-7517-EA0B705A3F04}	=D30+00-XG06	DCS JB (AI/AO/DI/PI)	Exe	=D30+00-WG06	
9	{00004E2E-0000-0000-C73B-EA0B705A3F04}	=D30+00-XG07	DCS JB (AI/AO/DI/PI)	Exe	=D30+00-WG07	
10	{00004E2E-0000-0000-8C10-EA0B705A3F04}	=D30+00-XG08	ESD JB (DO)	Exe/solenoid	=D30+00-WG08	
11	{00004E2E-0000-0000-0B17-EA0B705A3F04}	=D30+00-XG09	ESD JB (AI/AO/DI/PI)	Exe	=D30+00-WG09	

Kuva 19. 3D-järjestelmään ajettavat Excel-tiedot

Tietojen ajaminen 3D-tietokannasta tehdään PCF-tiedostoa hyödyntäen [26]. PCF-tiedostoihin ajetaan tiedot 3D-tietokannasta halutun Work Breakdown Structure (WBS) hierarkian mukaan. PCF-tiedoston sisältö määräytyy WBS rakenteen mukaisista putki-linjojen tiedoista, joita ovat putkispesifikaatiomääritelmät, attribuutit ja komponenttikoh-taiset tiedot putkista, kannakkeista, hitsausaumoista, laipoista, instrumenteista, tiivis-teistä ja pulteista (kuva 20). PCF-tiedostossa siirretään tiedot ISOGEN-järjestelmään, joka luo isometrit (kuva 21). [37; 38, s.2-3.]

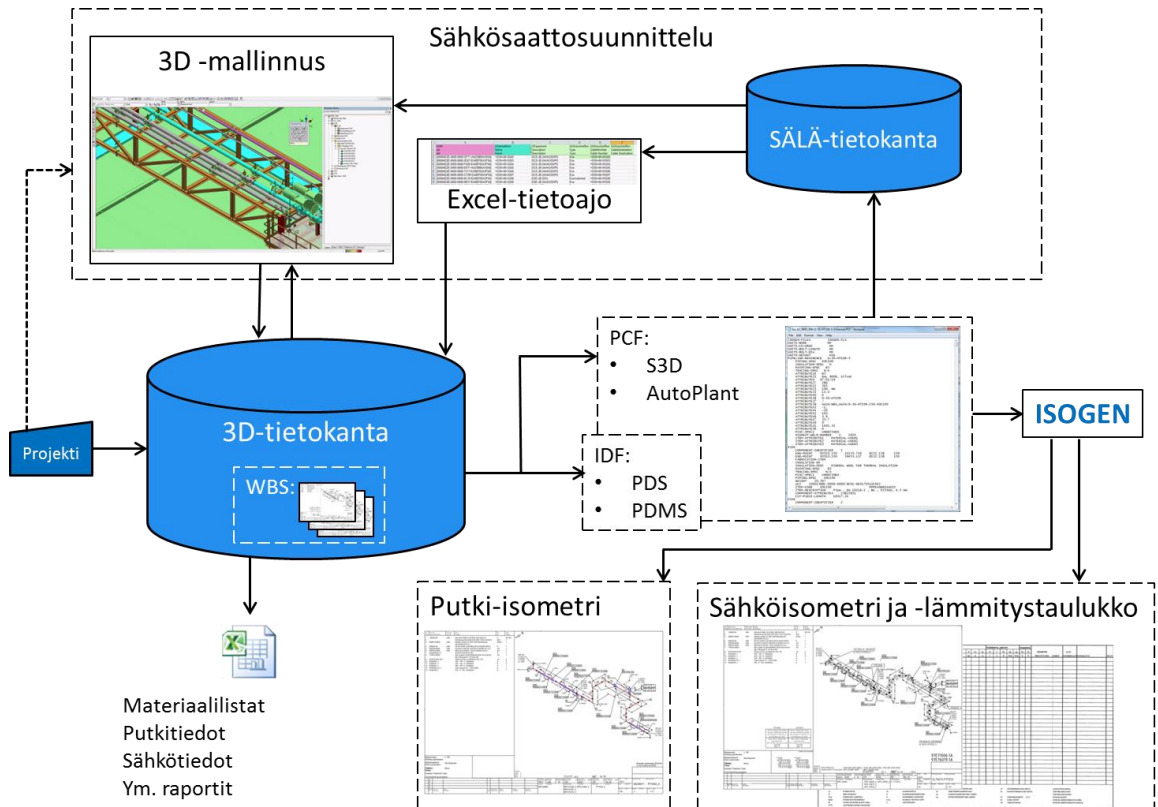

```

Iso_A2_WBS_RIN-D-30-HT106-5-Extracted.PCF - Notepad
File Edit Format View Help
ISOGEN-FILES          ISOGEN.FLS
UNITS-BORE           MM
UNITS-CO-ORDS        MM
UNITS-BOLT-LENGTH    MM
UNITS-BOLT-DIA       MM
UNITS-WEIGHT         KGS
PIPELINE-REFERENCE   D-30-HT106-5
PIPING-SPEC          40C100
INSULATION-SPEC      H
PAINTING-SPEC        B3
TRACING-SPEC         N/A
ATTRIBUTE24          B3
ATTRIBUTE25          RAL 9006, silver
ATTRIBUTE9           07/02/19
ATTRIBUTE27          280
ATTRIBUTE22          365
ATTRIBUTE23          100. mm
ATTRIBUTE33          13.0
ATTRIBUTE40          H
ATTRIBUTE38          D-30-HT106
ATTRIBUTE37          /
ATTRIBUTE39          AAIN/WBS_AAIN/D-30-HT106-150-40C100
ATTRIBUTE43          -1.
ATTRIBUTE44          -20
ATTRIBUTE45          103
ATTRIBUTE46          3.9
ATTRIBUTE47          35.7
ATTRIBUTE49          0
ATTRIBUTE21          1401.32
ATTRIBUTE36          H
MISC-SPEC1           UNDEFINED
HIGHEST-WELD-NUMBER 1 1024
ITEM-ATTRIBUTE1      MATERIAL-USER1
ITEM-ATTRIBUTE2      MATERIAL-USER2
ITEM-ATTRIBUTE3      MATERIAL-USER3
PIPE
COMPONENT-IDENTIFIER 1
END-POINT            93510.150 24155.746 8152.138 150
END-POINT            93510.150 39453.137 8152.138 150
FABRICATION-ITEM
INSULATION ON
INSULATION-SPEC      MINERAL WOOL FOR THERMAL INSULATION
PAINTING-SPEC        B3
TRACING-SPEC         N/A
MISC-SPEC1           UNDEFINED
PIPING-SPEC          40C100
WEIGHT              20.307
UCI                  {0001388C-0000-0000-9C01-6E01705A2C04}
ITEM-CODE            40C100 PPPEXABEEEXAZZ
ITEM-DESCRIPTION     Pipe , EN 10216-2 , BE , P235GH, 4.5 mm
COMPONENT-ATTRIBUTE4 I3825921
CUT-PIECE-LENGTH    16517.24
PIPE
COMPONENT-IDENTIFIER 2

```

Kuva 20. Esimerkki PCF-tiedoston tiedoista

WBS hierarkia muodostaa isometrien mukaisen lehtijaon. Putkiston komponentit ovat määritelty kuuluvan tietylle putki-isometrilehdelle, jotka ovat järjestelmässä kohdennettuna WBS-item ryhmällä. Isometrilehdet luodaan WBS objekteina ja isometriin kuuluvat komponentit voidaan valita halutusti. Tutkimuksessa todettiin, että sähkösaatoille tulisi luoda oma WBS hierarkia. Tällä tavoin saadaan sähkösaattoisometrit generoitua halutun jaon mukaisesti esimerkiksi sähkösaattopiirien mukaan. Tämä tarkoittaa, että sähkösaattoisometrien lehtijaot eivät kohdentuisi enää putki-isometrien lehtijakoihin. Sähkösaattoisometreissa voitaisiin esittää isompia kokonaisuuksia ja tällöin dokumenttien määrä vähenee. [37; 38, s.2-3.]



Kuva 21. 3D-suunnittelua hyödyntävä sähkösaattosuunnittelu

9 Yhteenveto

3D-järjestelmän hyödyntäminen sähkösaattosuunnittelussa selvitettiin tutkimuksessa teorioiden osalta. Tutkimuksen tuloksena 3D-järjestelmästä saadaan hyötyjä, joilla on sähkösaattosuunnittelun aikaan ja laatuun hyväksi havaittuja vaikutuksia. Tämän perusteella nähdään hyödylliseksi jatkotutkimus, jossa sähkösaattosuunnittelu toteutetaan 3D-järjestelmää hyödyntäen.

Jotta 3D-järjestelmää voidaan hyödyntää sähkösaattosuunnittelussa, tulee 3D-järjestelmään viedä sähkösaattosuunnittelun tietoja. Tutkimuksen perusteella sähkösaattojen tiedoista tulisi 3D-järjestelmään ja -malliin viedä vähintään sähkösaattopiirin tunnus, mistä saattopiiri alkaa ja mihin se loppuu, piirin rasiat kuten syöttöpiste-, tähtipiste- ja jakorasiat sekä anturit, jotta asennustyössä käytettyihin sähkösaattoisometreihin saataisiin yleisimmät piirrosmerkit ja sähkösaattoisometrieni generointi 3D-järjestelmästä olisi hyödyllistä. Kaikkia sähkösaattoisometreissä käytettyjä merkin-

töjä ei nähty kannattavaksi tai mahdolliseksi toteuttaa ilman suurempia 3D-järjestelmän muutoksia, joten generoimalla saadaan osittain yksinkertaistetut sähkösaattoisometrit. Tämän osalta nähtiin, että sähkösaattoisometrien 2D-piirustustyötä tulee jatkossakin tehdä tarkempien muutosten ja erikoismerkintöjen osalta. Erikoismerkinnöissä voitaisiin tapauskohtaisesti viitata tyyppikuviin.

Tietojen vieminen 3D-järjestelmään voidaan toteuttaa joko erillisellä tiedostoajolla tai 3D-mallintamisella (kuva 21). Tiedostoajossa tulee komponenteille muiden tarvittavien attribuuttitietojen lisäksi toimittaa koordinaattitiedot, jotta 3D-järjestelmä voi mallintaa komponentit. 3D-mallintamisessa komponentit sijoitetaan malliin järjestelmää käyttäen. Molemmissa tavoissa suunnittelijan tulee käyttää 3D-järjestelmää sähkösaattoisometri- en generoinnissa. Tiedostoajoissa suunnittelijan tulee hakea koordinaatit 3D-mallista tai katseluohjelmasta, tällöin 3D-mallin käyttö ja sen hyödyntäminen kokonaisuudessaan voi jäädä vähemmälle. Tästä voi myös seurata, että suunnittelijan 3D-järjestelmän käyttökynnys kasvaa ja siitä saatavia hyötyjä ei täysin hyödynnetä. Komponenttien 3D-mallintamisessa suunnittelija käyttää järjestelmää kokonaisvaltaisemmin. Tutkimuksessa nähdään, että molempia vaihtoehtoja kannattaa jatkotutkia.

Generoimalla sähkösaattoisometrit ja tyyppikuvien viittauksilla nähdään säästöjä ajan ja laadun suhteen 2D-piirtämiseen nähden. Dokumentteja voidaan käsitellä massana ja isometri- en merkinnät olisivat yhdenmukaiset. 2D-piirtäminen vähenee, mikä vähentää manuaalisen työn tarvetta ja virheitä.

Sähkösaattosuunnittelun palvelutoimittaja toteuttaa nykyisellään suunnitteluaan 3D-järjestelmästä saatavilla tiedoilla ja 3D-malliin suunnitteleamalla. Palvelutoimittaja toimittaa suunnitelmistaan sähkösaattoisometrit, joihin on myös sisällytetty sähkölämmitystaulukon tiedot. Komponenttien 3D-mallinnuksesta tietoja ei ole toimitettu. Tutkimuksessa selvisi, että PCF-tiedostossa tietoja ei voida toimittaa 3D-järjestelmään, koska PCF-tiedostossa ei ole nykyisellään tarvittavia attribuuttikenttiä. Palvelutoimittaja voi kuitenkin toimittaa erillisen 3D-tiedoston komponenttien sijoituksista [24; 39.]. Palvelutoimittajan tapa toteuttaa saattosuunnittelua 3D-järjestelmää hyödyntäen ja mahdollisuus toimittaa tietoja 3D-mallinnuksista, tukevat ajatusta 3D-järjestelmien hyödyntämiselle.

3D-järjestelmää hyödyntäen saadaan sähkösaattoisometri- en dokumenttimäärää vähennettyä. Sähkösaattoisometrit tehdään putki-isometritiedoston pohjalla ja niiden

määrä vastaa putki-isometrolehtien määrää. 3D-järjestelmän avulla sähkösaattoisometrien lehtijako voidaan itse määrittellä tarpeen esimerkiksi saattopiirien mukaan. Sähkölämmitystaulukot saadaan nykyisellään SÄLÄ-tietokannasta generoimalla, mutta myös 3D-järjestelmä mahdollistaa generoinnin, mikäli tarvittavat tiedot viedään 3D-tietokantaan. 3D-järjestelmä mahdollistaa sähkölämmitystaulukon yhdistämisen sähköisometriin tai erillisellä lehdellä. Materiaalilistat ja muut raportit saadaan 3D-järjestelmään mallinnetuista komponenteista ja komponenttien attribuuttitiedoista. 3D-järjestelmässä voidaan tehdä dokumenttien revisiointi generoitaville dokumenteille.

Tutkimuksessa nähtiin edelleen hyötyjä sähkösaattosuunnittelutyössä käytettävistä putki-isometreistä. Putki-isometreistä nähdään nopealla tarkastelulla tiettyjä tietoja kuten putkilinjojen mitat, venttiilien ja kannakkeiden määrät sekä lämpötilatietoja. 3D-mallissa putkilinjan komponentti tulee erikseen valita, jotta nähdään komponentille määritellyt tiedot. Toisaalta 3D-mallin käyttö mahdollistaa komponenttien visuaalisen tarkastelun ja rajauksien tekemisen mitä 3D-mallissa halutaan tarkastella, esimerkiksi vain putkilinjat joiden saattotavaksi on määritelty sähkösaatto.

3D-mallin komponentteja voidaan linkittää. Linkkejä olisi mahdollista sisällyttää dokumentteihin, joiden avulla kohteet pystyttäisiin paikantamaan nopeammin. Myös 3D-mallin komponentteihin voidaan linkittää dokumentteja, mikä vähentää dokumenttien etsimiseen käytettyä aikaa.

Tutkimuksessa nähtiin myös hyötyjä suunnittelualojen ja tilaajan väliseen yhteistyöhön. 3D-järjestelmässä olevia suunnitelmia voivat eri suunnittelualat tarkastella lähes reaaliajassa. Tietokannasta saadaan ajettua suunnitelmaraportti, josta voidaan tarkastella suunnitelmien muutoksia. Jotta tarkastelu ei olisi manuaalisyötä, tulisi tarkastelua varten tehdä ohjelma, joka vertaa aikaisempaa suunnitelmaa uudempaan. 3D-mallin tarkastelu lisää kokonaisvaltaista visualisuutta toteutuksesta, jota voidaan hyödyntää suunnittelussa ja katselmoinneissa.

Tutkimuksessa nähtiin, että sähkösaattosuunnittelu 3D-järjestelmää hyödyntäen on yksinkertaisempaa ja vähemmän työllistävä toteuttaa Greenfield-projektissa, jossa rakennetaan uutta laitosta kuin Brownfield-projektissa, jossa rakennetaan olemassa olevaan laitokseen. Brownfield-projektien 3D-mallinnus on voitu tehdä eri järjestelmillä, mitkä eivät mahdollista tutkimuksen 3D-järjestelmätarpeita. Lisäksi sähkösaatot ovat toteutettu sen ajan tarpeiden mukaan ja niiden selvittäminen voi olla aikaa vievää.

Tutkimus tehtiin S3D-järjestelmän osalta. Mikäli 3D-järjestelmä on joku muu, pitää kehitystarpeet sitä varten selvittää erikseen. S3D-järjestelmän kehitys, käyttöönotto ja koulutukset vievät aikaa ja tuovat kustannuksia. 3D-järjestelmää pitää kehittää sähkösaattosuunnittelun tarpeista. Kehitystyö ja koulutus voidaan suurimmalta osin tehdä sisäisesti 3D-järjestelmäasiantuntijoiden toimesta. Sähkösaattosuunnittelun tulee testata 3D-järjestelmän toiminnallisuuksia ja generoitavien sähkösaattoisometrien merkinnät tulee hyväksyttävä tilaajilla. Sähkösaattosuunnittelu lisää 3D-järjestelmän käyttäjien määrää, minkä takia tarvitaan lisää S3D-järjestelmälisenssejä.

Seuraavassa on esitetty vaiheet jatkotutkimukselle.

- Järjestelmäkehityksen resurssien ja aikataulun sopiminen
- S3D-järjestelmäkehitys
- Sähkösuunnittelun 3D-mallintamisen testaus
- Pilottiprojektin suunnittelu 3D-järjestelmää hyödyntäen

S3D-järjestelmäkehitystä varten tulee tehdä päätös, millä vaihtoehdoisella 3D-järjestelmän toteutusratkaisulla sähkösaatot yhdistetään putkilinjoihin. Jokainen edellä kuvattu vaihe tulee olla toteutettuna hyväksytysti, jotta lopullista muutoksen jalkautusta voidaan lähteä tekemään.

Tutkimuksen kesto ja luotettavuus

Tutkimuksen aloituksesta sovittiin kesällä 2018, jonka jälkeen aloitettiin aineistojen kartoitukset ja haastattelut eri yhteishenkilöiden kanssa. Syksyn ja talven 2018 aineistanalyysien ja haastatteluiden perusteella tutkimuksen järjestelmäkehitykselle nähtiin tarpeita, johon tuli sitouttaa lisäresursseja. Järjestelmäkehityksen selvitys aloitettiin alkuvuodesta 2019 ja selvitykseen meni noin 1,5 kuukautta. Selvityksen tuloksena oli teoria tiedot 3D-järjestelmän hyödyntämisestä sähkösaattojen suunnittelusta. Järjestelmäkehityksen toteutuksesta todettiin lisäresurssitarpeet, joiden vaikutus tämän tutkimusraportin valmistumiseen olisi ollut liian pitkä [37].

Tutkimukseen haastateltiin NES:n sähkösuunnittelu-, putkistosuunnittelu- ja 3D-järjestelmäasiantuntijoita sekä tilaajan sähköasiantuntijaa ja palvelutoimittajia. Tutkimus eteni yhteyshenkilöiltä saatujen tietojen perusteella haastateltavasta seuraavaan.

Tietoa saatiin sitä mukaan kun tutkimuksen tarpeet selvisivät työn edetessä. Haastattelut tehtiin palaveriin, puhelin- ja videopalaveriin. Osa videopalavereista nauhoitettiin. Haastatteluiden agenda oli toimitettu etukäteen ja haastateltavien mielipiteisiin ei yritetty vaikuttaa.

Tutkimusraportissa hyödynnetyistä aineistoista on esitetty vain tutkimukseen oleellisesti liittyviä asioita. Läpikäytyjä ja tutkimusraporttiin hyödynnettyjä dokumentteja olivat yrityksen sisäiset ohjeet ja määräykset, palvelutoimittajien Internet kotisivut, koulun tarjoamien E-aineistohakupalveluiden kautta saadut aineistot liittyen standardeihin ja konferenssijulkaisuihin sekä insinööriyöt sähkösaattoihin liittyen. Sähkösaattojen 3D-mallintamiseen ei löytynyt aikaisempia tutkimuksia. Tutkijan tavoitteena oli tehdä puolueeton tutkimus 3D-järjestelmän hyödyistä sähkösaattosuunnitteluun, jotka ovat tässä tutkimusraportissa esitetty teorioiden osalta.

Lähteet

- 1 Neste Engineering Solutions. 2019. Tietoa meistä. Verkkosivusto. <<https://www.neste.com/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys/neste-engineering-solutions>>. Luettu 30.3.2019
- 2 Neste Jacobs. 2016. Annual report 2015. Verkkodokumentti. <https://www.nestejacobs.com/wp-content/uploads/2017/06/NesteJacobs_Annual_report2015_210mm_280mm_LORES.pdf>. Luettu 17.9.2018
- 3 Söderling, Stefan. 2018. Associate, Layout and Piping, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Puhelinkeskustelu 6.7.2018
- 4 Suittio, Aki. 2018. Electrical Engineering Manager, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Sähköposti 18.9.2018.
- 5 Kuosmanen, Markku. 2018. Electrical Manager, Singapore Expansion Project, Neste, Italia. Puhelinkeskustelu 8.10.2018.
- 6 Tuomi Jouni. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Kustannusosakeyhtiö Tammi (2002). Kirja. Luettu 24.11.2018.
- 7 Neste. 2017. Sähköistyksen yleisspesifikaatio, sähkölämmitykset, N-108. Pdf-dokumentti. Luettu 19.7.2018.
- 8 Neste. 2018. WI367, Sähkösaattojen suunnittelu. Word-dokumentti. Luettu 18.7.2018.
- 9 Neste. 2017. NP4-6900, Sähkölämmitysten asennuspiirustus . Pdf-dokumentti. Luettu 24.7.2018.
- 10 Thorat, S., Mcqueen, G. & Luzunaris, P. 2014. The Role of Optimal Design and Application of Heat Tracing Systems to Improve the Energy Conservation in Petrochemical Facilities. E-artikkeli. <<https://ieeexplore-ieee.org.ezproxy.metropolia.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6651794>>. Luettu 16.3.2019.
- 11 Neste. 2018. CP192, Sähkösuunnittelun suunnitteluprosessi. Word-dokumentti. Luettu 1.10.2018.
- 12 Kannala, Juha. 2019. Senior Design Engineer, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Keskustelu 4.4.2019.
- 13 Neste. 2017. CR559, Sähköistyksen menettelytapaohje. Word-dokumentti. Luettu 1.10.2018.
- 14 Sähkötieto ry. 2007. ST-ohjeisto 11, Teollisuuden lämmityskaapelit, suunnittelu ja asennus. Sähköinfo Oy. Verkkodokumentti. <<https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.metropolia.fi/item/2356?search=teollisuuden%20lammityskaapelit>>. 20.8.2007. Luettu 15.3.2018.

- 15 IEEE. 2017. IEEE Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Industrial Applications. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Verkkodokumentti. <<https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.metropolia.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8118401>>. Luettu 16.3.2019.
- 16 Neste. 2018. WI1479 Electrical engineering general design tools. Word-dokumentti. Luettu 18.7.2018.
- 17 Suittio Aki. 2019. Electrical Engineering Manager, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Keskustelu 24.4.2019.
- 18 Tuhola, Esa & Viitanen, Kristiina. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tammertekniikka. Kirja. Luettu 26.12.2018.
- 19 Neste Jacobs. 2017. NJ PlantDesign Engineering environments 2017_03_06.pdf. Pdf-dokumentti. Luettu 4.7.2018.
- 20 Neste. 2018. WI1566 Layout and Piping Engineering general design tools. Word-dokumentti. Luettu 18.7.2018.
- 21 Neste. 2018. WI1149 3D modeling and 3 D modeling reviews. Word-dokumentti. Luettu 18.7.2018.
- 22 Neste. 2018. WI376 Smart Plant 3D suunnitteluohjelman käyttö sähkösuunnittelussa. Word-dokumentti. Luettu 18.7.2018.
- 23 Neste Jacobs. 2015. Neste Jacobs Smartplant 3D electrical. PDF-dokumentti. Luettu 11.7.2018.
- 24 Poutiainen, Veijo. 2019. Sales Manager. nVent, Hyvinkää. Palaverikeskustelu 27.3.2019.
- 25 Weijers, Mathon & Moerland, Ronald. 2019. Channel Manager Europe & Senior Technical Advisor Corporate Engineering, Thermon Europe, Alankomaat. Videokeskustelu 19.3.2019.
- 26 Intergraph. 2012. SmartPlant Spoolgen Plus, White Paper. Pdf-dokumentti. Luettu 3.4.2019.
- 27 Lindsay ym. 2007. Automating Trace Heating Designs from Plant 3-D Models. E-artikkeli. <<https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.metropolia.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4354005>>. Luettu 15.3.2019.
- 28 Laiho, Sampsa. 2019. Electrical Engineering Manager, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Puhelinkeskustelu ja sähköposti 20.3.2019.
- 29 Toivainen, Jarno. 2019. Sähköjärjestelmä-asiantuntija, Neste, Porvoo. Palaverikeskustelu 11.1.2019.

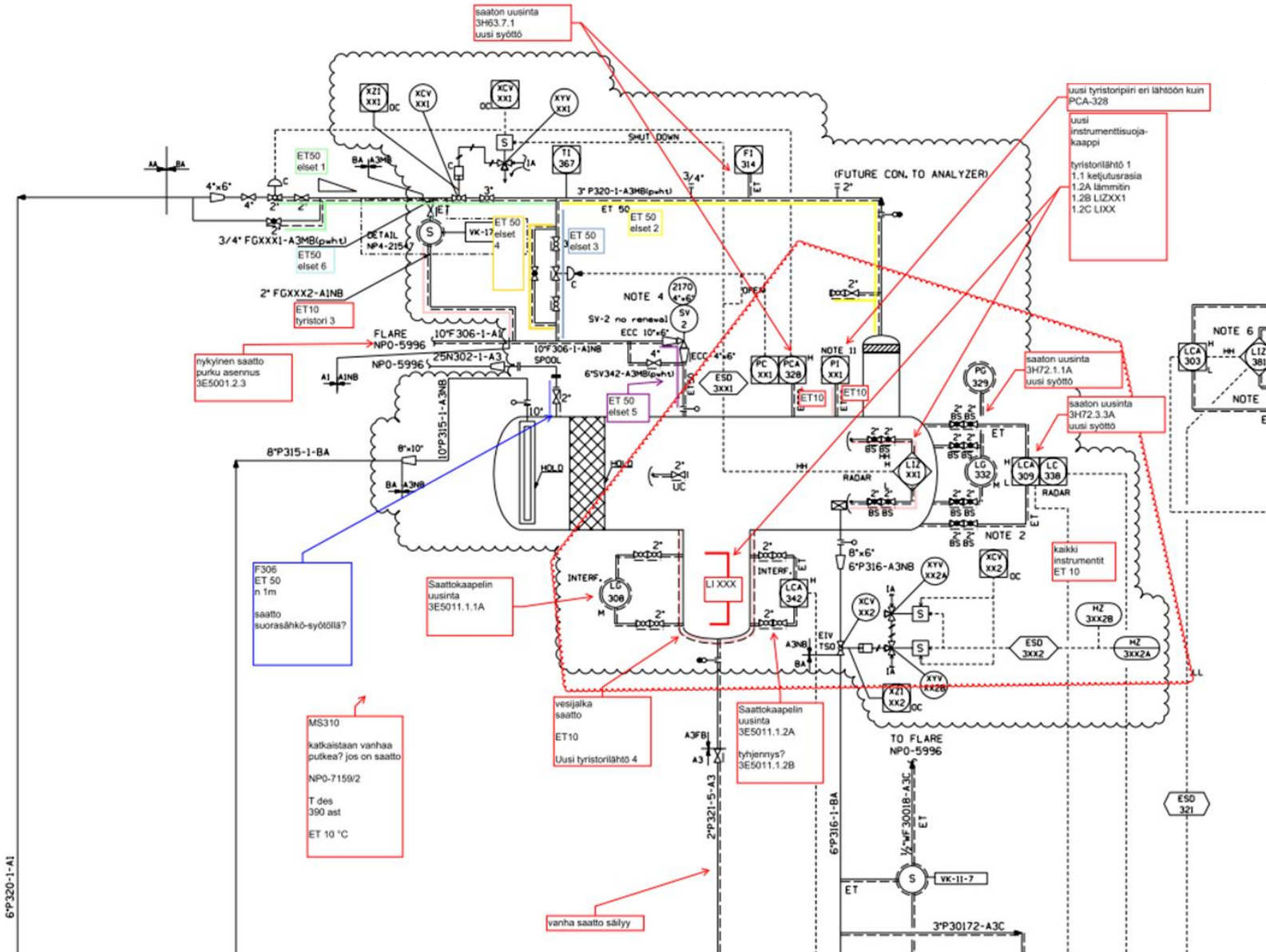
- 30 Lähde, H., Halme, J., Paulin, S. & Kannala, J. 2019. System Manager, System Manager, Associate & Senior Design Engineer, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Videopalaveri 13.2.2019.
- 31 Paulin, Seppo & Kannala, Juha. 2019. Associate & Senior Design Engineer, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Videopalaveri 23.1.2019.
- 32 Halme, Jouko. 2018. System Manager, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Puhelinkeskustelu 9.7.2018.
- 33 Paulin Seppo. 2018. Associate, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Videokeskustelu 9.10.2018.
- 34 Intergraph. 2019. Isogen. Verkkosivusto. <<http://www.intergraph.com/products/ppm/smartplant/isogen/default.aspx>>. Luettu 14.3.2019.
- 35 Whittle, David & Myalla, David. 2019. Senior Business Development Manager & Managing Director, Hexagon, Yhdistynyt kuningaskunta. Sähköposti 21.2.2019.
- 36 Berg, J., Gaonkar, N., Lähde, H., Halme, J., Paulin, S. & Kannala, J. 2019. Application Engineer, Senior Support Engineer, Intergraph, Tanska & Yhdysvallat, System Manager, System Manager, Associate & Senior Design Engineer, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Videopalaveri 4.3.2019.
- 37 Lähde, Heidi & Kannala, Juha. 2019. System Manager & Senior Design Engineer, Neste Engineering Solutions, Porvoo. Videopalaveri 1.4.2019.
- 38 Neste. 2018. Smartplant 3D isometric procedure, WI1120. Word-dokumentti. Luettu 18.7.2018.
- 39 Westerhuijs, Philip. 2019. nVent, Alankomaat. Sähköposti 22.3.2019.

1 (1)

PIPING SCHEDULE															Project Area		Doc No		Publish By		Info Date		Code		HX		Rev		Sh.		2(2)	
Line	Status	Nominal Size Spec	Spec Note	Fluid	From To	Operating Phase Density kg/m³	T / P °C	Design Temp/Pres Low High °C	Low High kPa(a)	Insul. Type mm	Tracing Type °C	Reliab Purp	Coating Test P - kPa(g)	PI-Diagram	PED Category Inspection class	Notes	Issued Appr.	Rev Date														
P 50201	Old	6" A3C		Light gasoline	6"P15725-A3C 6"P50201-A3MB	L 633	40 1100	-29 140	0 3300	H 50	EL.TR 10	C II	Painted	NP0-13550	HOLD																	
	New	6" A3MB		Light gasoline	6"P50201-A3C FA-515 //I	L 633	40 1100	-29 150	0 3000	H 60	EL.TR 10	NC I	Painted 7700	NP0-13550	CAT.3																	
P 50202	Old	6" A3C		Light gasoline	6"P50202-A3MB 6"P15725-A3C	L 633	40 1100	-29 140	0 3300	C 50	EL.TR 10	C II	Painted	NP0-13550	HOLD																	
	New	6" A3MB		Light gasoline	FA-515 //I 6"P50202-A3C	L 633	40 1100	-29 150	0 3300	C 50	EL.TR 10	C II	Painted 7700	NP0-13550	CAT.3																	
P 50203	Old	6" A3C		Light gasoline	6"P50203-A3MB SV-573	L 633	40 1100	-29 140	0 1960	C 50	EL.TR 10	C II	Painted	NP0-13550	HOLD																	
	New	6" A3MB		Light gasoline	FA-515 //I 6"P50203-A3C	L 633	40 1100	-29 150	0 1960	C 50	EL.TR 10	VC I	Painted 7700	NP0-13550	CAT.2																	
P 50204	Old	3" A1C		Light gasoline	3"P50204-A1MB U-13, HOLD	L 633	40 1100	-29 140	0 1600	C 50	EL.TR 10	C II	Painted	NP0-13550	HOLD																	
	New	3" A1MB		Light gasoline	3"P50204-A3MB 3"P50204-A1C	L 633	40 1100	-29 150	0 1600	C 50	EL.TR 10	C II	Painted 2900	NP0-13550	CAT.2																	
	New	3" A3MB		Light gasoline	6"P50201-A3MB 3"P50204-A1MB	L 633	40 1100	-29 150	0 3300	C 50	EL.TR 10	C II	Painted 7700	NP0-13550	CAT.2																	
P 50205	Old	2" A3C		Sour Water	2"P50205-A3MB	L 950	40 1100	-29 140	0 1960	C 50	EL.TR 30	C II	Painted	NP0-13550	HOLD																	
	New	2" A3MB		Sour Water	FA-515 //I 2"P50205-A3C	L 950	40 1100	-29 150	0 1960	C 50	EL.TR 30	C II	Painted 7700	NP0-13550	CAT.1																	

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27									
A	XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX		XXXE7XXXX									
B	SHEATH TEMPERATURE EXCEEDS THE AREA TEMPERATURE RATING (SFS-EN 60079-14 CHAPTER 5.3) IN ACCORDANCE WITH QD10137		PINTALÄMPÖTILA YLITTÄÄ LÄMPÖTILAN RAJA-ARVON (SFS-EN 60079-14 LUKU 5.3) QD10137 MUKAISESTI																							
C	CABLE SHEATH TEMPERATURE CALCULATED WITH TRACE CALC PRO 2 VERSION 2.0.7 XXX °C		KAAPELIN PINTALÄMPÖTILA ON LASKETTU TRACE CALC PRO 2 OHJELMAN VERSIOILLA 2.0.7 XXX °C																							
D	XXXE7XXXX		XXXE7XXXX																							
E	CIRCUIT DESIGNED BY USING STABILIZED DESIGN. MAXIMUM TEMPERATURE OF CIRCUIT CALCULATED WITH TRACE CALC PRO VERSION 2.0.7 XXX °C		PIIRI ON SUUNNITELTU KÄYTTÄEN TURVALLISEKSI MITOITUSTA. PIIRIN MAKSIMI LÄMPÖTILA ON LASKETTU TRACE CALC PRO 2 OHJELMAN VERSIOILLA 2.0.7 XXX °C																							
F	<p>WARNING! CHANGE OF CIRCUIT REQUIRES RE-CALCULATION</p>		<p>VAROITUS! PIIRIN MUUTTAMINEN EDELLYTTÄÄ UUELLEEN LASKENTAA</p>																							
G																										
H	<p>Operating temperature will not often exceed 120 °C. Maximum temporary temperature is under 215°C. Käyttölämpötila ei useasti nouse yli 120 °C. Maksimi lyhytaikainen lämpötila on alle 215°C.</p>																									
J	<p>Provide joint cont. on ELT6558-P71414_1 with 0,5m of heat insulating fabric/KAISKUVENTTIILI</p>																									
K	<p>Liittymiskohta ELT6558-P71414_1 täytyy varustaa lämmöneristävällä materiaalilla 0,5m matkalta.</p>																									
L	<p>PUTKEN JA LÄMMITYSKAAPELIN VÄLIIN ASENNETAAN ALUMIINIFOLIO PARANTAMAAN LÄMMÖNSIIRTYMISTÄ. USE ALUMINIUM FOIL BETWEEN PIPE AND HEAT TRACING CABLE FOR IMPROVE HEAT TRANSMISSION.</p>																									
M																										
N	<p>EXTRA CABLES Xm FOR CORIOLIS NP4-6900_53 YLIMÄÄRÄISTÄ KAAPELIA Xm CORIOLIKSELLE NP4-6900_53</p> <p>DETAIL DRAWING NP4-6900_56 DETALJI PIIRUSTUS NP4-6900_56</p> <p>EL.TR = 70°C EL.TR = 80°C</p> <p>XXXEXXXXX</p>																									
O	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%;"> Alue Area 3000 Laite Equipment MXXX Tunnus Code NT Alueperäinen suhde Original Scale 2 </td> <td style="width:50%;"> Otsikko Title SÄHKÖSAATTOISOMETRISSÄ KÄYTETYT PIIRROSMERKIT JA ATEX-POIKKEAMA MERKINNÄT </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Perustuskoodi Drawing Number NP3-43789 </td> </tr> <tr> <td> Muutos Revision 2 </td> <td> Lehti Sheet 2 </td> </tr> </table>																		Alue Area 3000 Laite Equipment MXXX Tunnus Code NT Alueperäinen suhde Original Scale 2	Otsikko Title SÄHKÖSAATTOISOMETRISSÄ KÄYTETYT PIIRROSMERKIT JA ATEX-POIKKEAMA MERKINNÄT	Perustuskoodi Drawing Number NP3-43789		Muutos Revision 2	Lehti Sheet 2		
Alue Area 3000 Laite Equipment MXXX Tunnus Code NT Alueperäinen suhde Original Scale 2	Otsikko Title SÄHKÖSAATTOISOMETRISSÄ KÄYTETYT PIIRROSMERKIT JA ATEX-POIKKEAMA MERKINNÄT																									
Perustuskoodi Drawing Number NP3-43789																										
Muutos Revision 2	Lehti Sheet 2																									
P	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:10%;">S</td> <td style="width:10%;">Muutos Rev.</td> <td style="width:10%;">pppkkkvvvvv adddyyyyy</td> <td style="width:10%;">Selitys Description</td> <td style="width:10%;">Työnnumero Job Number</td> <td style="width:10%;">Lähtö Issued by</td> <td style="width:10%;">Tarkastaja Checked by</td> <td style="width:10%;">Hyväksyjä Approved by</td> </tr> </table>																		S	Muutos Rev.	pppkkkvvvvv adddyyyyy	Selitys Description	Työnnumero Job Number	Lähtö Issued by	Tarkastaja Checked by	Hyväksyjä Approved by
S	Muutos Rev.	pppkkkvvvvv adddyyyyy	Selitys Description	Työnnumero Job Number	Lähtö Issued by	Tarkastaja Checked by	Hyväksyjä Approved by																			
Q																										
R																										

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
A		XXXXXXX		SÄHKÖLÄMMITYKSEN VIKAVIRTAKYTKINKESKUS														
B		XXXXXXX		SÄHKÖSAATON TUNNUS							XXXXE7XXXX-7XXXX							
C		TL		RAJOITUSTERMOSTAATTI							XXXXE5XXXX							
D		TC		SÄÄTÖTERMOSTAATTI							XXXXE6XXXX-6XXXX							
E		E		SÄHKÖSAATTORASIA							XXXXE7XXXX-7XXXX TC/TL							
F		XXXXXXX		SÄHKÖSAATON SYÖTTÖPISTE SYÖTTÖRASIA + TERMOSTAATTI														
G		JR		JAKORASIA														
H				TERMOSTAATTIEN KYTKENTÄKOTELO														
J				INSTRUMENTTIKAAPPI, LÄMMITIN, HAAROITUSRASIA														
K				KYTKENTÄRASIA														
L				TÄHTIPISTERASIA														
M		XXXXFXXXX		KAAPELITUNNUS														
N				KAAPELIHYLLY														
D				PYSTYHYLLY														
P				SUOJAPUTKI														
Q																		
R																		
-																		
s	Muutos Rev.	ppkk.vvvv pääw.yyyy	Selitys Description	Työnumero Job Number	Läsnäjä Issued by	Tarkastaja Checked by	Hyväksyjä Approved by	Alue-alue 3000	Etäalue Title	MXXX Tunnus Code	NT	SÄHKÖSAATTOISOMETRISSÄ KÄYTETYT PIIRROSMERKIT JA ATEX-POIKKEAMA MERKINNÄT	Piirustusnumero Drawing Number	NP3-43789	Muutos Revision	Lehti Sheet	1	3



6*P320-1-A1

vanha saatto säilyy

nykyinen saatto
purku asennus
3E5001.2.3

F306
ET 50
n 1m
saatto
suorasähkö-syötöllä?

MS310
katkaistaan vanhaa
putkea? jos on saatto
NPO-7159/2
T des
390 ast
ET 10 °C

Saattokaapelin
uusinta
3E5011.1.1A

vesijaka
saatto
ET 10
Uusi tyristorilähtö 4

Saattokaapelin
uusinta
3E5011.1.2A
yhjennys?
3E5011.1.2B

saaton uusinta
3H63.7.1
uusi syöttö

uusi tyristoripiiri eri lähtöön kuin
PCA-328
uusi instrumenttisuoja-
kaappi
tyristorilähtö 1
1.1 keijutusrasia
1.2A lämmitin
1.2B Li2XX1
1.2C LiXX

saaton uusinta
3H72.1.1A
uusi syöttö

saaton uusinta
3H72.3.3A
uusi syöttö

kaikki
instrumentit
ET 10

NOTE 6
LCA 303
LIZ 381
NOTE

1 (1)

