



Robert Korhonen

Ohjeistus PLS-CADD:n käyttöön voimajohtoprofiilin suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

3.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Robert Korhonen
Otsikko:	Ohjeistus PLS-CADD:n käyttöön voimajohtoprofiilin suunnittelussa
Sivumäärä:	48 sivua
Aika:	3.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Suunnittelupäällikkö Toni Aalto Lehtori Kai Virta

Insinööritöön päämääränä oli opastaa Eltel Networks Oy:n suunnittelijoita operoimaan PLS-CADD-sähkösuunnitteluohjelmaa 110 kV:n ja 400 kV:n voimajohtojen suunnittelua, erityisesti voimajohtoprofiilien suunnittelua varten. Toimenpiteelle tarvittiin tarkempi ohje, jonka takia tämä työ on tehty. Uusien suunnittelijoiden saapuminen työympäristöön herätti tarpeen luoda yhteinen ohje, joka edesauttaisi suunnittelijoiden työskentelyä voimajohtojen suunnittelutehtävissä sekä ehkäisisi mahdollista kuormitusta perehdyttäjille. Työtä kirjoitettiin alan suunnittelijan koulutuksen ja kokemuksen perusteella. Työ muotoutui suurimmaksi osaksi harjoitustyön pohjalta, josta johdetusta työohjeesta tehtiin hienosäätöjä varsinaisen projektin parissa.

Työssä käytiin läpi voimajohdon profiilin tekoon vaadittavat eri työvaiheet, jotka mahdollistivat johtoprofiilin toimivuuden sekä tarkat tiedot profiilissa. Profiilissa näytettiin sähköjohdon pituusleikkaus sivusta katsottuna, varoetäisyydet voimajohtostandardien perusteella, karttatiedot, mahdolliset varoetäisyyksien ylitykset sekä nimiketiedot kehyksissä. Profiilia tarvitsivat eri johdon omistajat sekä siihen liittyvät urakoitsijat.

Työstä syntyi laaja sekä yksityiskohtainen työohje, joka antoi vakaan tietotaidon suunnitteluohjelman käyttöön sähkönsiirron yleissuunnittelussa. Työ suunniteltiin niin, että siitä hyötyivät sekä alalla kokeneet että ne, joilla ei ollut aiempaa kokemusta. Työohje pyrittiin räätälöimään mahdollisimman helposti lähestyttäväksi, jotta suunnittelija voi työskennellä projektinsa parissa täysin omatoimisesti sen avulla.

Avainsanat: PLS-CADD, profiili, suunnittelu, voimajohto

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Robert Korhonen
Title: Guidance on the use of PLS-CADD for transmission line profile design
Number of Pages: 48 pages
Date: 3 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and automation engineering
Professional Major: Automation engineering
Supervisors: Toni Aalto, Design manager
Kai Virta, Senior Lecturer

The aim of the thesis study is to guide the designers of Eltel Networks Oy to operate the PLS-CADD power design software for the design of 110 kV and 400 kV transmission lines, especially for the design of transmission line profiles. A more detailed instruction was needed for this operation, which is why this work was carried out. The arrival of new designers in the working environment raised the need for a common guideline to facilitate the work of designers in transmission line design tasks and to prevent possible stress for the trainers. The work was written on the basis of the training and experience of the planners in the field. The work was largely shaped by an exercise, from which the derived work instruction was fine-tuned during the actual project.

The work went through the various steps required to create a transmission line profile, which enabled the functionality of the line profile and the precise details in the profile. The profile showed the longitudinal section of the power line as seen from the side, the safety distances based on the transmission line standards, the map data, any overruns of the safety distances and the name information in the frames. The profile was needed by the various line owners and associated contractors.

The work resulted in an extensive and detailed working manual, which provides a solid knowledge base for the use of the design software in the overall design of electricity transmission. The work was designed to benefit both those experienced in the field and those with no previous experience. The workbook was tailored to be as accessible as possible, so that the designer could work on the project with full autonomy.

Keywords: PLS-CADD, profile, design, transmission line

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Datahankinta ja valmistelu	2
2.1	Ohjelman käynnistys	2
2.2	Perusasetukset	3
2.3	Attachment manager	4
2.4	Kartoitusaineiston tuonti	5
2.4.1	Aineiston koordinaatisto	6
2.4.2	Projektin koordinaatisto	8
2.5	Lajikoodien lataaminen ja muokkaaminen	8
2.6	Criteria files	10
3	Maaston määrittelyt	11
3.1	PI-pisteet	11
3.1.1	Kartoituspisteiden tuonnin määrittely	11
3.1.2	PI-pisteiden asettaminen	13
3.2	Laserkeilausaineisto	16
3.2.1	Laserkeilausaineiston lataaminen	16
3.2.2	Laserkeilausaineiston määrittely	17
3.3	PPS-asetukset	19
3.4	TIN-Järjestelmä	21
3.4.1	TIN:n rakentaminen	21
3.4.2	Interpolated points	22
3.5	WMS/WMTS	24
4	Pylväiden ominaistietojen muokkaus	25
4.1	Pylväiden määrittely	25
4.2	Structure data editor	26
4.3	P.I. report	28
5	Johtimen veto	30
5.1	Johtimien määrittely	30
5.2	Johdinlinjan asetukset	33

5.3	Pylväiden määritykset profiilinäkymässä	35
5.3.1	Pylvään asento ja yleistiedot	35
5.3.2	Pylväiden kopiointi ja poisto	36
5.3.3	Pylväiden kohdistaminen lajikoodipisteisiin	38
6	Pylväsluettelo ja profiili	41
6.1	XML-tiedoston vieminen makrotyökalulle	41
6.2	Makron määritykset pylväsluetteloja varten	43
6.3	Pylväsprofiilin hienosäätö	44
7	Yhteenveto	46
	Lähteet	48

Lyhenteet

- PI: *Point of Inflection*. Käänne­piste, joka sijoittuu halutun lajikoodin mukaisesti. Näiden pisteiden avulla voidaan määritellä voimajohtopylväille paikat.
- P.I. report: *Point of Inflection report*. Käänne­pisteiden raportti, joka kertoo käänne­pisteiden erilaisia tietoja. Raportilla voidaan havaita käänne­pisteiden täsmäsi­joitukset pylväille.
- PLS-CADD: *Power Line Systems-Computer Aided Design and Drafting*. Tietokoneoh­jelma voimajohtolinjojen tarkkaan yleissuunnitteluun.
- PPS: *Plan & Profile Sheets*. Näkymät, joissa näytetään voimajohdon eri tiedot visuaalisesti. Profiilinäkymässä voimajohto näkyy kokonaisena raken­teena. Sheets-näkymässä voimajohto on pilkottu osiin. Tämän lisäksi nä­kyvät kehystiedot sekä satelliittikarttanäkymä.
- TIN: *Triangulated Irregular Network*. Pintamalli maastosta, joka näkyy värillisinä kolmioina muodostaen kolmiulotteisen verkostomallin.
- WMS: *Virtual mapping service*. Palvelu, joka renderöi räätälöityjä karttoja. Se so­veltuu enimmäkseen dynaamisen datan tai räätälöityjen karttojen käsitte­lyyn.
- WMTS: *Web map tile service*. Palvelu, joka tarjoaa WMS:n lisäksi skaalautuvuutta ja joustavuutta karttalaattojen räätälöintiin tietyissä mittakaavoissa sekä alueissa.

1 Johdanto

Tämä insinööri työ laadittiin Eltel Networks Oy:n toimesta ja siinä käsitellään käyttöohjetta voimajohtojen kartta- ja pituusleikkauspiirrustuksen toteuttamiseen. Kartta- ja pituusleikkauspiirrustuksesta käytetään yleisesti lyhyempää nimeä profiili. Eltel tunnetaan strategisena rakennuttajana kestäväälle ja kannattavalle kasvulle tuulivoiman, aurinkosähkön, akkuvarastojen ja sähköisen liikenteen parissa [1, s. 49].

PLS-CADD on erikoistunut CAD-ohjelma, joka mahdollistaa voimajohtojen suunnittelun tietokonealustalla. Ohjelmalla optimoidaan voimajohtojen rakennetta ja suorituskykyä, kun halutaan mallintaa, suunnitella tai analysoida sähköverkkoa.

Ohjeistus PLS-CADD:n käyttöön voimajohtoprofiilin suunnittelussa on tärkeä, sillä sen kautta suunnittelija oppii käyttämään voimajohdon suunnitteluohjelmaa sekä havainnoimaan mahdolliset esteet johdon rakentamiselle. Aikaisempaa ohjetta firmassa ei ollut, joten tämä ohje auttaa uusia suunnittelijoita perehtymään nopeammin ja helpommin ohjelman käyttöön. Työ on toteutettu vastamaan suunnittelijoiden tuleviin haasteisiin.

Työn menetelmänä käytettiin käyttöohjemallia, jotta suunnittelija voi edetä projekteissaan järjestelmällisesti ja välttämään mahdollisia virheitä. Asiakkaana toimi testiasiakas, jotta ohjetta voidaan käyttää apuna tulevien asiakkaiden laati-
missa projekteissa sujuvasti. Käytännössä työohje toimii myös muistuttavana koulutuksena, johon suunnittelija voi palata tarvitessaan tarkennuksia uusiin ja vanhoihin PLS-CADD-projekteihin.

Työn suunnitelmana oli harjoitusprojektin läpikäyminen koulutetun työntekijän ohjaamana. Työllä halutaan tavoittaa voimajohdon suunnittelijat, jotka haluavat syventää omaa PLS-CADD-tietotaito-osaamistaan.

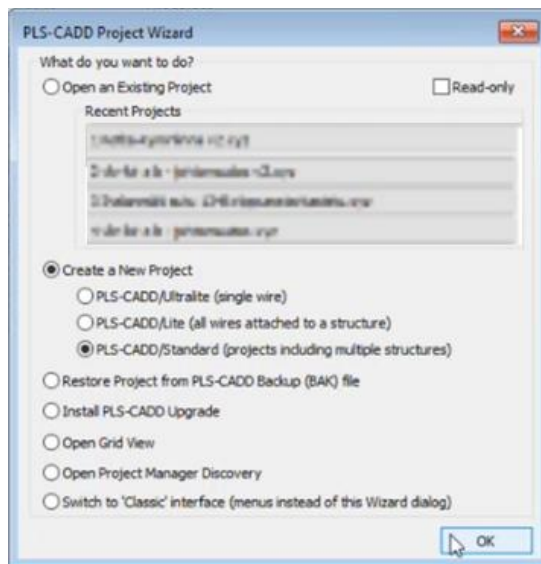
2 Datahankinta ja valmistelu

Työ lähtee yleensä liikkeelle aloituspalaverista, jossa määritellään projektin tavoitteet ja aikataulut. Tarvittavat lähtötiedot saadaan suunnittelutiimin kartoittajilta. Lisäksi asiakas kertoo omat vaatimuksensa projektia varten.

Koska PLS-CADD on erittäin raskas ohjelma, vaatii se tietokoneen keskusmuistilta korkeaa nopeutta sekä prosessorin taajuutta. Suurien suorituskykyvaatimusten takia projektia työstäessä PLS-CADD:llä on suotavaa välillä tallentaa työ painamalla *Save*-valintaa projekti-ikkunan vasemmassa ylänurkassa, jotta tehtävät muutokset säilyvät mahdollisten kaatumisten varalta.

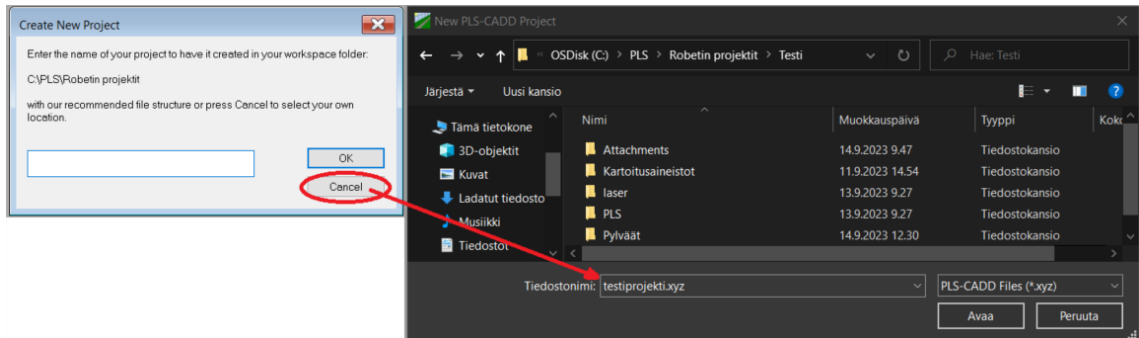
2.1 Ohjelman käynnistys

Avaamalla PLS-CADD ohjelma pyytää suoritettavaa toimenpidettä. Valitsemalla kohdat *Create a New Project* ja *PLS-CADD/Standard* luodaan uusi projekti (kuva 1).



Kuva 1. Projektin aloitusikkuna

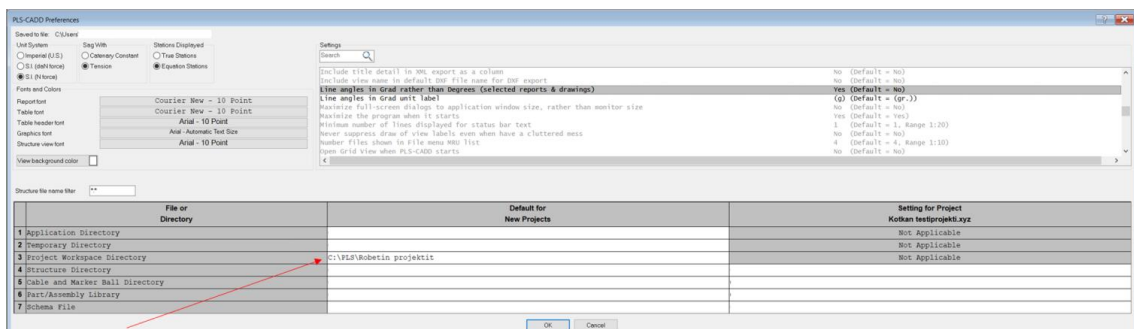
Nimetessä uutta projektia pitää huomioida polku, johon projekti tallentuu. Polun ollessa väärä se vaihdetaan valitsemalla *Cancel* (kuva 2).



Kuva 2. Polun valintaikkunat

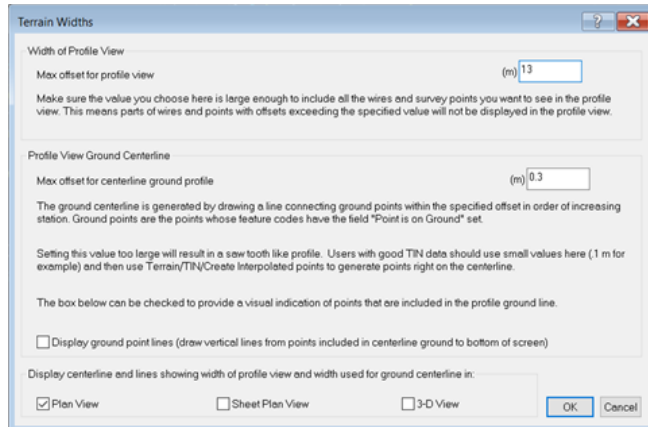
2.2 Perusasetukset

Saamalla oikeat hakemistot piirretyille kohteille sekä määrittämissä täytyy valita kohta *File/ Preferences*. Kolmannella rivillä osoitetaan uuden projektin tallennettu sijainti. Tämä voidaan vaihtaa kaksoisklikkaamalla sitä. Yksittäisen projektin jokainen eri asetussijainti on tärkeää huomioida, jotta mallitiedostot eivät päivity sekaisin muutettavien tietojen kanssa. Tätä varten on tärkeää luoda sille uudet omat kansiot. Tekstilaatikossa kuvan mukaisesti tummennetuissa kohdissa *Line angles in grad...* vaihdetaan arvot samoiksi kuin kuvassa tuplaklikkaamalla niitä (kuva 3).



Kuva 3. PLS-CADD:n ominaisuusikkuna

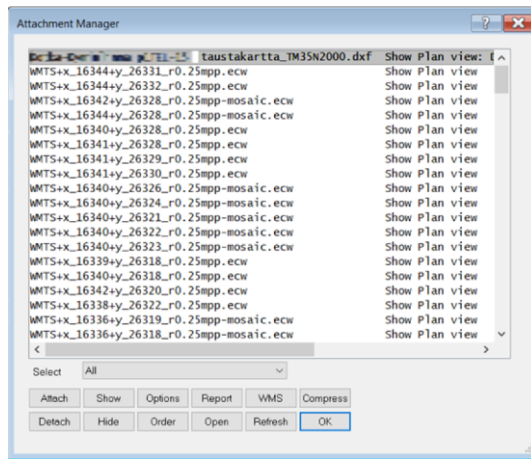
Suunnittelussa huomioitavien pisteiden ja kartoitusviivojen etäisyys keskilinjasta määritellään *Terrain Widths* -ikkunassa. Nämä voidaan muokata klikkaamalla *Terrain/ Terrain Widths*. Ikkunassa (kuva 4) pääsee muokkaamaan näkymien alueita. Johtoauekan leveydeksi valitaan 13 metriä, joka on yleisin 110 kV:n johdoilla. Profiilin keskiviivan heitto asetetaan 0,3 metrin arvoksi, kun käytössä on maaston laserkeilausaineisto. Painettaessa OK-näppäintä muutosten ollessa valmiita saadaan viivat suoriksi.



Kuva 4. Terrain widths -näkyvä

2.3 Attachment manager

Työkalulla *Attachment manager* (kuva 5) tuodaan dxf- ja raster-tiedostoja haluttuun projektiin. Tiedostot voivat olla esimerkiksi erilaisia karttoja tai maastokuvia. Työkalun avulla voidaan myös piilottaa ja tarkastella tiettyjä aineistoja. Aineistoja valittaessa on tärkeää valintojen välissä painaa kohtaa *Select/ none*, ettei valinnaksi jää aikaisemmat aineistot.

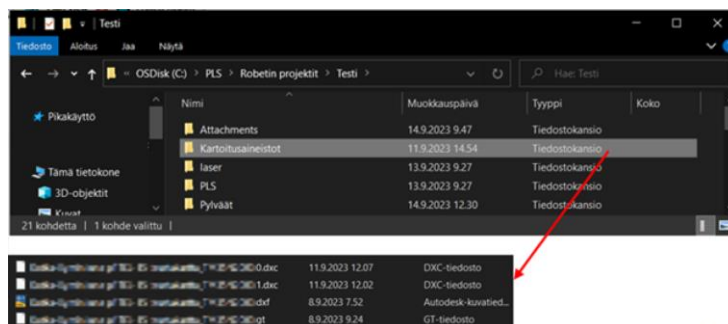


Kuva 5. Attachment Manager -ikkuna

Attachment manager aktivoidaan näkyväksi lisäämällä työkaluvalikko painamalla kohtaa *View/ Toolbars/ Custom Toolbars/ Custom Toolbar 1*. Näin työkaluvalikko on helposti saatavilla aina, kun sitä tarvitsee.

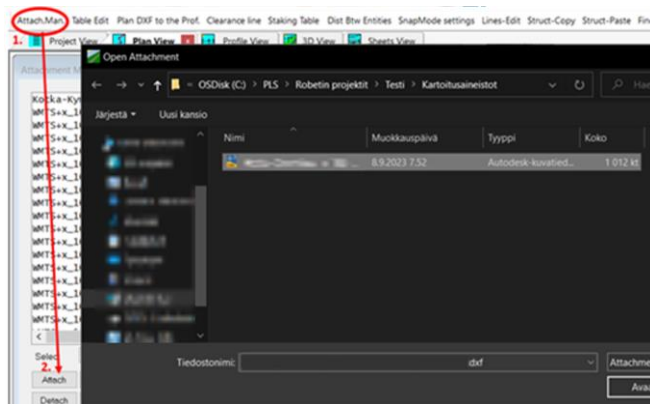
2.4 Kartoitusaineiston tuonti

Koordinaatistossa oleva viivatiedosto, esimerkiksi esisuunnittelusta tullut reitti-
viiva, saadaan kohdistettua oikeisiin koordinaatteihin lisäämällä se aineistona
projektitkansion juureen. Hahmotuksen helpottamiseksi kartoitusaineistolle voi
halutessa tehdä oman kansion, kuten ikkunassa (kuva 6) on tehty.



Kuva 6. Kartoitusaineiston sijoitus PLS-kansioon

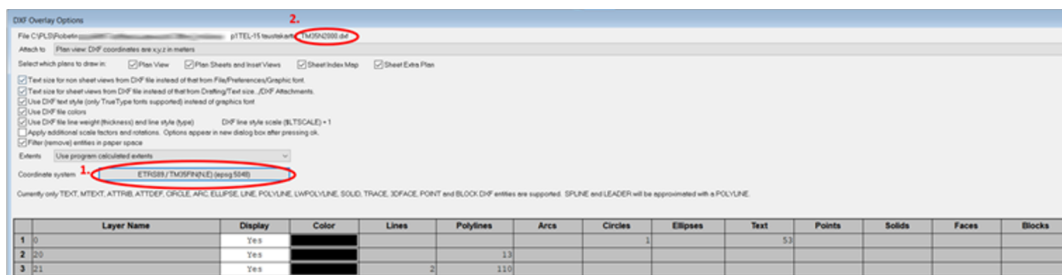
Attachment manager/ Attach -toiminnolla voidaan tuoda kartoittajan luoma tiedosto PLS-CADD:iin (kuva 7). Esisuunnittelussa tähän tiedostoon on jo luotu yleensä paljon dataa valmiiksi, mikä helpottaa yleissuunnittelua projektissa.



Kuva 7. Attachment Managerin Attach-toiminto

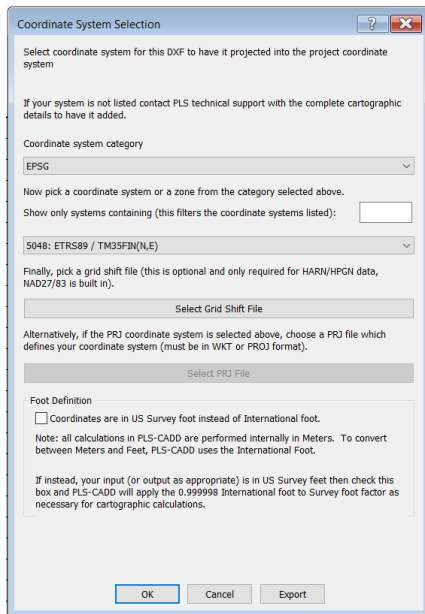
2.4.1 Aineiston koordinaatisto

Avattaessa edellinen tiedosto tulee näkyviin uusi ikkuna *DXF Overlay options*. Ikkunassa voi muokata kartta-aineiston asetuksia. Tarvittaessa *Layer Name* sarakkeen mukaan voi piilottaa haluamia tasoja, jotka tiedetään piilotettaviksi suunnitelman mukaiseksi. Lähtökohtaisesti tässä projektissa asetuksia ei tarvitse muuttaa. Painamalla *Coordinate system* -tekstin oikealla puolella olevaa laatikkoa voi lisätä halutun koordinaattijärjestelmän (kuva 8).



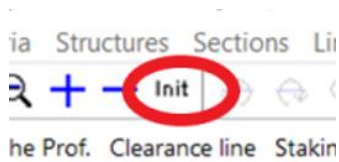
Kuva 8. Kartta-aineiston asetukset-ikkuna

Kartoittajilta saadusta tiedostosta koordinaatistojärjestelmän saa selville yleensä tiedostonimen lopusta. TM35 ja N2000 viittaavat koordinaatti- ja korkeusjärjestelmään, jotka löytyvät lisäämällä koordinaattijärjestelmän kategoriaksi *EPSG*. Filtrikerenttään kirjoittaessa "fin" avautuu Suomen koordinaatistot näkyviin, jolloin valinta *5048: ETRS89 / TM35FIN (N, E)* täsmää tiedoston koordinaattijärjestelmän kanssa (kuva 9).



Kuva 9. Aineiston koordinaattijärjestelmän valintaikkuna

OK-painiketta klikkaamalla jokaisessa edellisessä ikkunassa ja ylävalikon *Init*-laatikkoa (kuva 10) painamalla saadaan viiva-aineisto näkyviin *Plan View*-näkylässä.



Kuva 10. Init-painike

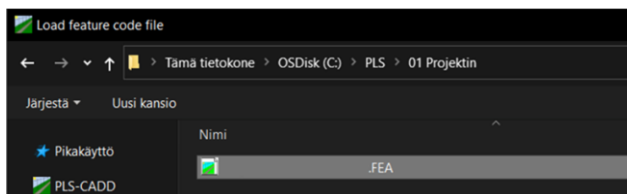
2.4.2 Projektin koordinaatisto

Projektille pitää määrittää myös oma koordinaattijärjestelmä. Tällä kertaa tämä on sama kuin aineistolla. Toimenpide tehdään *Terrain/ Coordinate system/ Define*. Tiedostaen aineiston olevan samaa koordinaatistotyyliä kuin projektin eli TM35 projektille laitetaan samat koordinaatistotiedot (kuva 9).

Koordinaatiston näkyminen oikein *Plan view* -näkyvässä se voidaan tarkastaa painamalla rullanäppäimestä valikko auki, josta painetaan laatikkoa *View this location in Google Maps*. Toimenpiteen seurauksena kyseinen koordinaattikohta aukeaa Google Mapsissa.

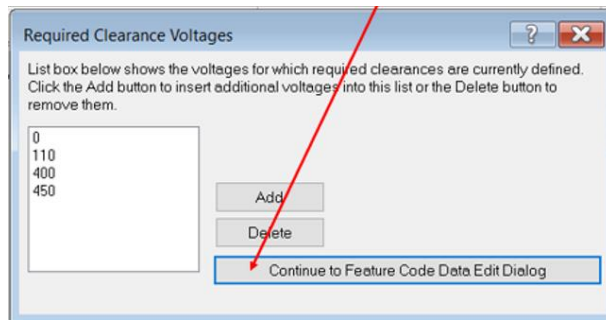
2.5 Lajikoodien lataaminen ja muokkaaminen

Projektissa näkyvät pisteet ja symbolit ovat jokainen yhtä tiettyä koodiryhmää eli erilaisia lajikodeja. Näiden määrittäminen vaatii niiden alkutiedoston lataamisen ensin projektiin. Lajikoodit voidaan ladata projektille *klikkaamalla Terrain/ Feature Code Data/ Load FEA File*. Tiedostoksi valitaan FEA-tyyppinen tiedosto (kuva 11).



Kuva 11. Lajikoodien tiedoston lataamisen polku projektiin

Lajikoodien ladattua projektiin voidaan niitä muokata painamalla *Terrain/ Feature Code/ Edit*. Avautuvassa ikkunassa painamalla *Continue to Feature Code Data Edit Dialog*laatikkoa aukeaa lajikoodien muokkausikkuna (kuva 12).



Kuva 12. Lajikoodien muokkaamiseen tarvittava painikeikkuna

Kartoituskoodeissa lukee aina tietyn koodin nimi sarakkeessa *Feature Description*. Taulukko tyypillisesti "elää" aika ajoin, jos projektissa näkyy uusia numeroita, joita ei tässä taulukossa näy. Taulukkoon voi tarvittaessa määrittää puuttuvien koodien tietoja, esimerkiksi profiilin ja kartan symboleja. Lajikoodien eri saraketietoja voidaan muokata muokkausikkunassa tuplaklikkaamalla niitä. *Active*- ja *Inactive XYZ Point Count* -otsikkosarakkeet oikealla laidalla edustavat tietyn tason ladattujen pisteiden lukumäärää aktiivisena tai passiivisena (kuva 13).

Feat. Code	Feature Description	Prof Symbol	Plan Symbol	Line From Feature Top To Bottom	Aerial Obstacle	Point is on Ground	Req Vert Clear 9kV (m)	Req Horiz Clear 9kV (m)	Req Vert Clear 110kV (m)	Req Horiz Clear 110kV (m)	Req Vert Clear 400kV (m)	Req Horiz Clear 400kV (m)	Req Vert Clear 450kV (m)	Req Horiz Clear 450kV (m)	Required Clearance Str. Base/Day to Spotting Constraint (m)	Prof Label Feature code, Feature des., X,Y,S,O,H,Z,2+H, Point des. Comment	Plan Label Feature code, Feature des., X,Y,S,O,H,Z,2+H, Point des. Comment	Active XYZ Point Count	Inactive XYZ Point Count
1	0																	0	0
2	1																	0	0
3	1																	0	0
4	14																	0	0

Kuva 13. Lajikoodien muokausikkuna

Yleisimpiin tasoihin eli 0 kV, 110 kV ja 400 kV laitetaan arvot standardien SFS-EN 50341-1:2014 ja SFS-EN 50341-2-7:2015 mukaisesti sekä asiakkaan minimaatimusten mukaan.

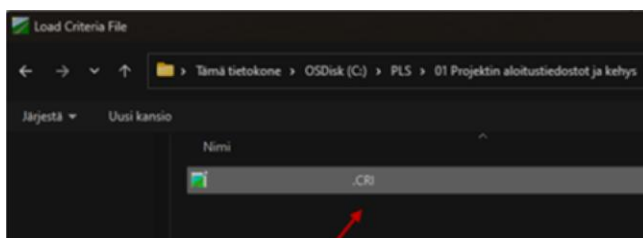
Taulukko 1 Lajikoodien muokkausnäkyvän sarakeotsikon selitteet

Sarakeotsikon nimi	Selite
Line from feature top to bottom	Viivan piirto ilmassa olevalle kohteelle ylhäältä alaspäin
Aerial Obstacle	Ilmastollinen este johdon kannalta
Point is on ground	Piste maanpinnassa

Taulukossa 1 olevat sarakeotsikot kertovat lajikoodien sijoituksesta *yes/no*-vastauksella. FINGRID:in turvamarginaalit ovat standardeihin nähden isommat, joten heidän hankkeissaan käytetään omia spesifioituja arvoja.

2.6 Criteria files

Voimajohdon profiilia suunnitellessa on tärkeää ottaa huomioon erilaiset sääilmiöt. Säätilatiedostot ladataan klikkaamalla *Criteria/ Load CRI File*.



Kuva 14. Criteria files -tiedostosijainti

Klikkaamalla *Criteria/ Weather* avautuu *Weather cases* -ikkuna (kuva 15). Sääominaisuuksia profiilissa voidaan muokata *Weather Cases* -ikkunassa, kun

kaksoisnapsauttaa haluttua palkkia. Jääkuorma on huomioitu erilaisilla yhdistelmäkertoimilla, eli *CF*-sarakkeilla. Standardin SFS-EN 50341-2-7 kohdan 4.13/FI.2a mukaan yhdistelmäkerroin pitää olla välillä 1–3. Projekteissa, joissa jääkuorman yhdistelmäkerrointa ei ole kerrottu, käytetään jääkuormaa, joka on minimissään 20 N/m.

Description	Air Density Factor (kg/m³) (Pa/(m/s)²)	Wind Velocity (m/s)	Wind Pressure (Pa)	Wire Ice Thickness (cm)	Wire Ice Density (N/m³)	Wire Ice Load (N/m)	Wire Temp. (deg C)	Ambient Temp. (deg C)	Weather Load Factor	NESC Constant (N/m)	Wire Wind Height Adjust Model	Wire Gust Response Factor
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

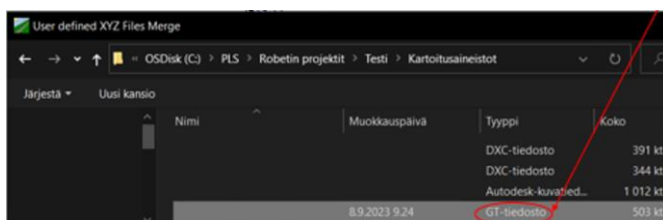
Kuva 15. Weather Cases -ikkuna

3 Maaston määrittäykset

3.1 PI-pisteet

3.1.1 Kartoituspisteiden tuonnin määrittäminen

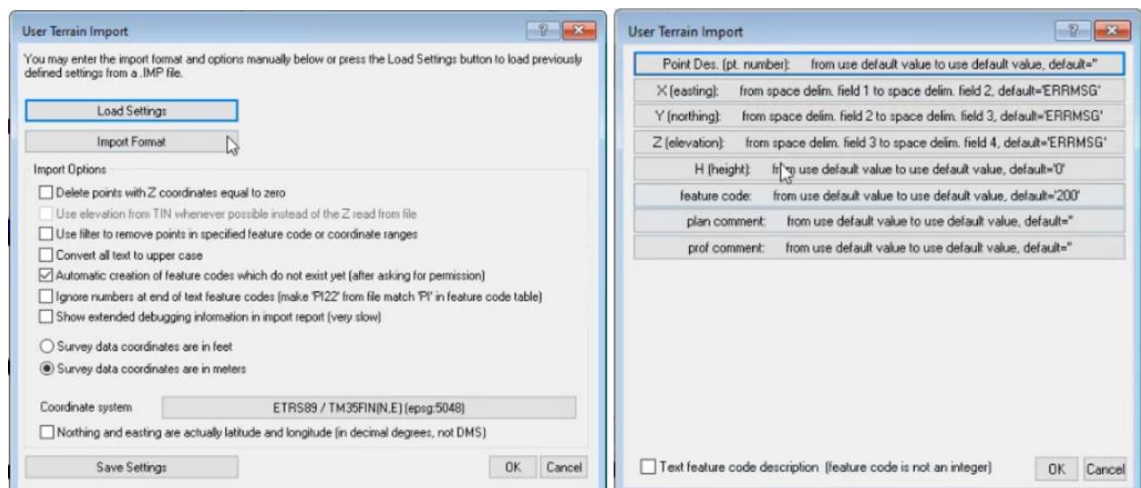
Reitin luominen johdolle vaatii kartoitusaineiston mukana ladattujen pisteiden yhdistämisen. Nämä ladataan klikkaamalla *Terrain/ Edit/ Merge Points From External File*. Tiedostoikkunan avautuessa painetaan laatikkoa *Merge XYZ Points from User Defined XYZ Files*. Tiedostonäkymästä pitää valita tarvittava GT-tiedosto (kuva 16).



Kuva 16. GT-tiedoston sijainti lataamista varten

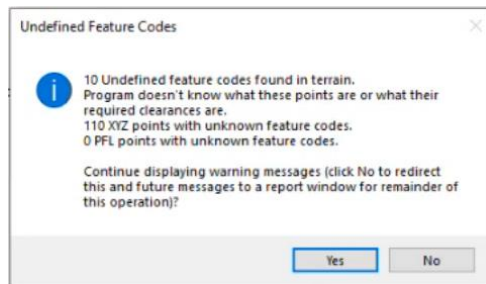
Maaston tuonnin määrittystä varten tarvitaan tiedostolukuasetukset kohdilleen painamalla *Import Format* -laatikkoa. Koordinaatit ja lajikoodit ovat tärkeitä tietoja tämän osion kannalta. Koordinaateilla ja lajikoodeilla käytetään *nth space delimited field* -asetusta. X-koordinaatille asetetaan *From*-arvoksi 6 ja *To*-arvoksi 7. Y-koordinaatille asetetaan *From*-arvoksi 5 ja *To*-arvoksi 6. Z-koordinaatille asetetaan *From*-arvoksi 7 ja *To*-arvoksi 8. Lajikoodien määrittyskohdassa käytetään valikkoarvona samaa arvoa kuin koordinaateilla eli *nth space delimited field* (kuva 17) sekä asetetaan *From*-arvoksi 3 ja *To*-arvoksi 4.

Kun *Import*-asetukset ovat valmiit, niin ne voidaan tallentaa tulevia projekteja varten *Save Settings* -näppäintä painamalla. Tallennussijainti laitetaan kuuluvan projektin alle.



Kuva 17. Kartoituspisteiden tuonnin määrittysikkunat

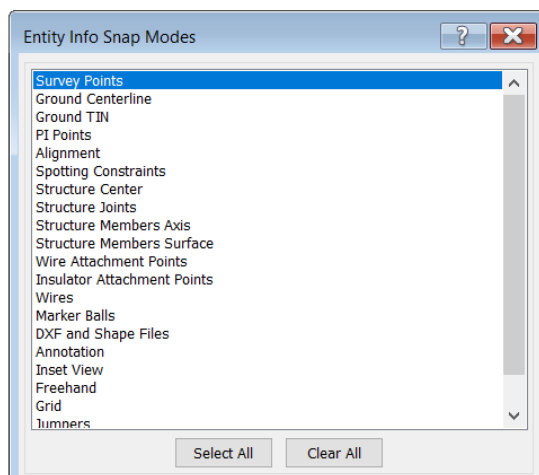
Terrain Import:in suoriuduttua saattaa avautua esille varoitusikkuna (kuva 18) määrittämättömistä lajikoodeista. Nämä voi tarvittaessa lisätä lajikoodien muokausikkunassa (kuva 13).



Kuva 18. Lajikoodien varoitusikkuna

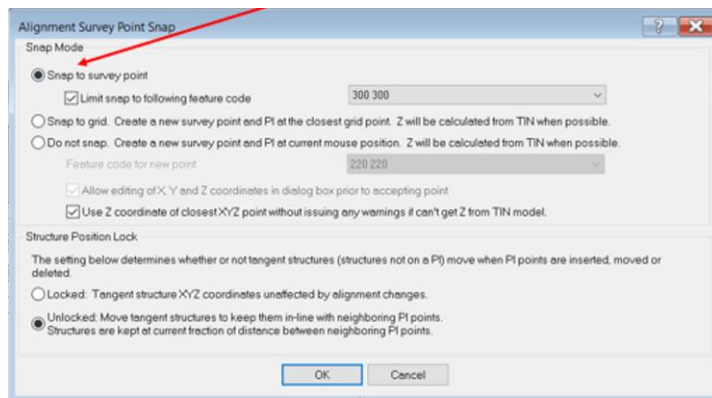
3.1.2 PI-pisteiden asettaminen

Kursorin valinta oikeisiin pisteisiin vaatii *snap*-ominaisuuden säätämisen oikein. *Plan View*-näkyvässä painamalla tyhjään kohtaan hiiren vasenta näppäintä, aukeaa valikko, josta painetaan *Change Snap Settings* -painiketta. *Snap*-luettelosta tarvitsemme *Survey Points* -valinnan (kuva 19).



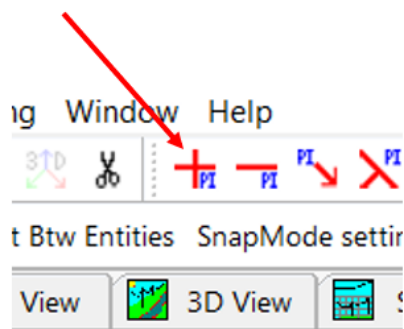
Kuva 19. Snap-valintaluettelo

Tiettyyn haluttuun pisteeseen tarttuminen vaatii *Survey Point Snap* asetuksen määrittämisen. Määrittäykset muokataan kohdassa *Terrain/ Alignment/ Survey Point Snap*. Ikkunan avautuessa tehdään kuvan mukaiset muutokset (kuva 20).



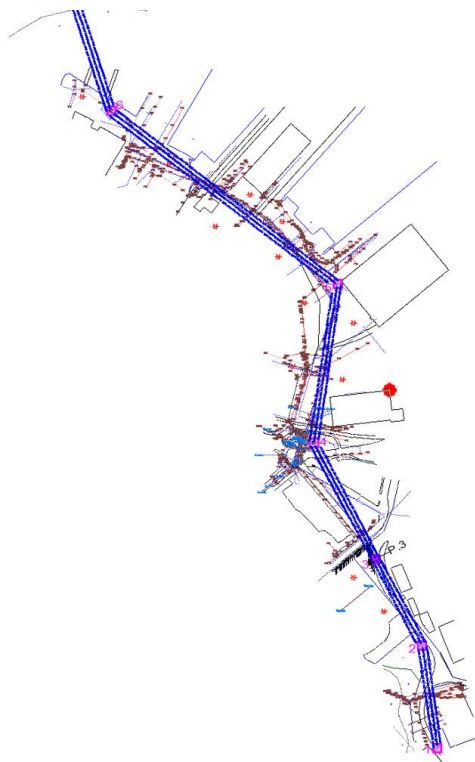
Kuva 20. Survey Point Snap -määrittysikkuna

PI-pisteiden asettamiseksi valitaan painike *Add PI*-ylätyökaluvalikosta (kuva 21). Hiiri tunnistaa tällöin ainoastaan asetetun koodipisteen numerolla 300.



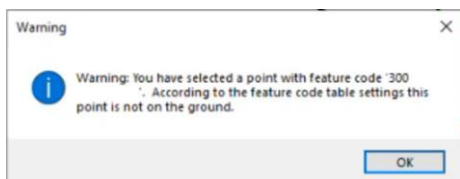
Kuva 21. PI-piste-työkalupainike

PI-pisteitä sijoitetaan pienimmästä pylväsnumerosta alkaen, ellei toisin mainita. Pisteitä sijoitetaan järjestyksessä yksitellen, joista muodostuu voimajohdon reitti (kuva 22).



Kuva 22. PI-pisteiden muodostama linja

Pisteitä asettaessa aukeaa varoitusikkuna (kuva 23), joka varoittaa, ettei piste ole maan pinnalla. Virheilmoitus aukeaa näkyviin, koska lajikoodi taulukossa on merkitty, että piste ei ole maassa.



Kuva 23. Lajikoodin 300 aiheuttama varoitusikkuna

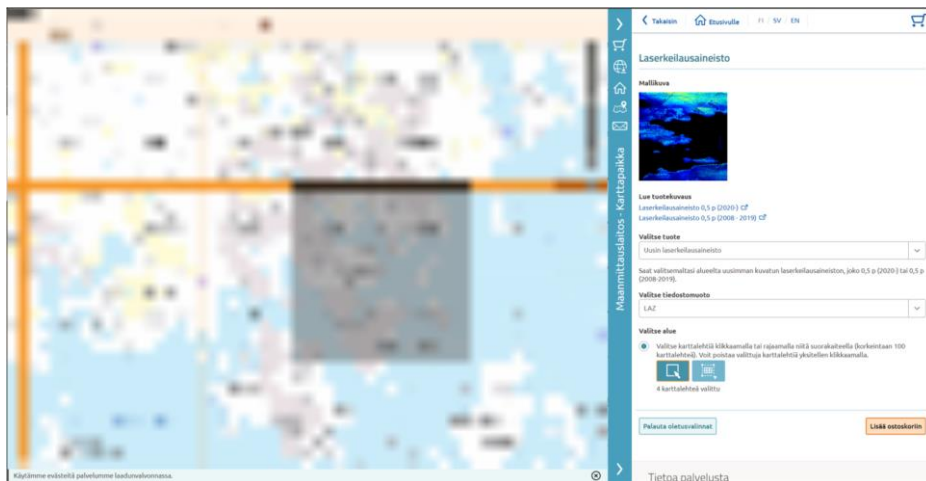
Asettaessa uusia PI-pisteitä on tärkeää vaihtaa *Survey Point Snap* -määritysikunassa (kuva 20) asetus *Do not snap* ja valittu lajikoodi 220. Vanhojen pylväiden PI-pisteille käytetään lajikoodia 300.

Erittäin pitkien linjojen, eli n.100–200:n voimajohtopylvään muodostamia johtoja varten kannattaa käyttää automaattista PI-pisteiden sijoitustyökalua. Työkalu löytyy klikkaamalla *Terrain/ Alignment/ Automatic Alignment*. Lajikoodina käytetään samaa 300 koodia, jotta työkalu löytää oikeat kohdat PI-pisteen sijoitusta varten.

3.2 Laserkeilausaineisto

3.2.1 Laserkeilausaineiston lataaminen

Maanmittauslaitos tarjoaa PLS-CADD:iin laserkeilausaineiston, joka tulee olemaan suuri osa projektia. Aineiston voi ladata maanmittauslaitoksen nettisivulta [Karttapaikka - Maanmittauslaitos](#). Klikkaamalla oikealta laidalta kohtaa *Lataa paikkatietoaineistoja/ Laserkeilausaineisto* pääsee valitsemaan alueen 3x3 km per valinta. Vallinnan jälkeen laitetaan kuvan mukaiset määrittymiset ja siirrytään kassalle (kuva 24). Lataaminen on ilmaista, ja se saapuu suoraan sivustolle kirjoitettuun sähköpostiin. Aineistotiedostot kannattaa siirtää heti projektikansion sisälle.



Kuva 24. Maanmittauslaitoksen nettisivu

3.2.2 Laserkeilausaineiston määrittäminen

Aineiston näkyminen projektissa edellyttää sen latausta ja muokkaamista. Toimenpiteeseen pääsee klikkaamalla *Terrain/ Edit/ Merge points from external file/ Merge points from LAS/LAZ Files*, jonka jälkeen valitaan halutut laserkeilausaineistot. Määrittämissivulla tehdään ikkunan (kuva 25) mukaiset muutokset, sekä *Import Points In this Class* -sarakkeen kaikkiin arvoihin sijoitetaan arvo *No* paitsi riville *3 Ground*. Näin haluttu maanpinnan aineisto tulee projektille oikein. Nämä asetukset voi halutessaan tallentaa painamalla määrittämissivulla *Save Settings* -näppäintä (kuva 25).

LAS File	Number Points	Min X (m)	Min Y (m)	Min Z (m)	Max X (m)	Max Y (m)	Max Z (m)	Originator	File Source ID	Collection Date	Coordinate System
L4344C1.laz	4572763	494000.02	6702000.00	-8.14	496999.99	6704999.99	76.24	las2las64 (version 210330)	LAStools (c) by rapidlasso GmbH	13.10.2021	WKT: +proj=tmec
L4344C2.laz	5061521	494000.04	6705000.01	-8.13	496999.99	6707999.99	91.57	las2las64 (version 210330)	LAStools (c) by rapidlasso GmbH	13.10.2021	WKT: +proj=tmec
L4344C3.laz	4063534	497000.23	6702000.03	-8.25	499999.99	6704999.99	141.46	las2las64 (version 210330)	LAStools (c) by rapidlasso GmbH	13.10.2021	WKT: +proj=tmec
L4344C4.laz	4558187	497000.13	6705000.00	-8.84	499999.99	6707999.99	135.32	las2las64 (version 210330)	LAStools (c) by rapidlasso GmbH	13.10.2021	WKT: +proj=tmec

Total number of LAS points to import: 18256505 (requires 975 MB of memory)
 Total number of XYZ points already in memory: 225366 (requires 12 MB of memory)
 Size of memory block needed to load LAS>XYZ points: 987 MB
 Size of largest available memory block: 131828176 MB
 Detected coordinate system for files: 'WKT: +proj=tmec +lat_0=0.000000000 +lon_0=27.000000000 +k=0.9999600 +x_0=500000.000 +y_0=0.000 +ellps=GRS80 +units=m '

ASPRS Standard Lidar Class	Import Points in this Class
1 0 Created, never classified	No
2 1 Unclassified	No
3 2 Ground	Yes
4 3 Low Vegetation	No
5 4 Medium Vegetation	No
6 5 High Vegetation	No
7 6 Building	No
8 7 Low Point (Noise)	No
9 8 Model Key-Point (Mass Point)	No
10 9 Water	No
11 10 Wall	No
12 11 Road Surface	No
13 12 Overlap Points	No
14 13 Wire - Guard (Shield)	No

Kuva 25. Laserkeilausaineiston määrittäminen

Turhien pisteiden välttämiseksi on tärkeää suodattaa ladattu aineisto, jotta ohjelman käyttö sujuisi sulavasti jatkossa. *Use point filter...* ruksattuna latausikkunassa aukaisee suodatusikkunan, jolla hallitaan turhien pisteiden muodostumista projektiin. Määrittämisen jälkeen tehdään suodatusikkunan (kuva 26) mukaiset muutokset. *PFL extents* -laatikon valinnat suodattavat importoitavat pisteet halutulle leveydelle ja pituudelle johdon "station" lukemien mukaisesti. Nämä toimenpiteet muodostavat kuvan (kuva 28) pisteaineiston *Plan View* -näkyään.



Kuva 26. Laserkeilausaineiston suodatusikkuna.

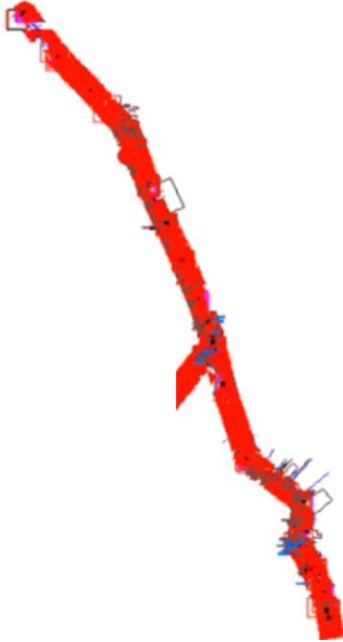
Lisättävillä pisteillä määritetty koodi 76 pitää vielä lajikoodien muokkausikkunassa (kuva 13) määrittää näkyväksi. Tähän riittää, kun laittaa koodin 76 *plan symbol* sarakkeeseen punaisen pisteen (kuva 27).



Kuva 27. Koodin 76 Plan symbol -määrityskohta

Importoidut pisteet näkyvät punaisena pistesarjana johtoreitin mukaisesti (kuva 28). Tämä voidaan poistaa *DEL by fence* -työkalulla. Valittu kohde poistetaan klikkaamalla ensin työkaluvalikosta *DEL by fence* -laatikkoa ja valitsemalla

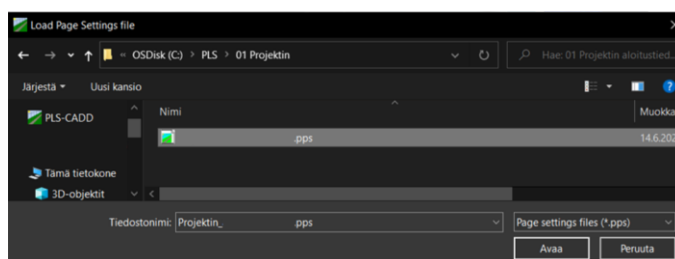
halutut pisteet, jonka jälkeen painetaan Enter-näppäimistöä. Hahmottamisen jälkeen lajikoodi 76 voidaan muokata takaisin läpinäkyväksi lajikoodien määrittämissä (kuva 13).



Kuva 28. Laserkeilausaineiston profiilipisteet punaisena

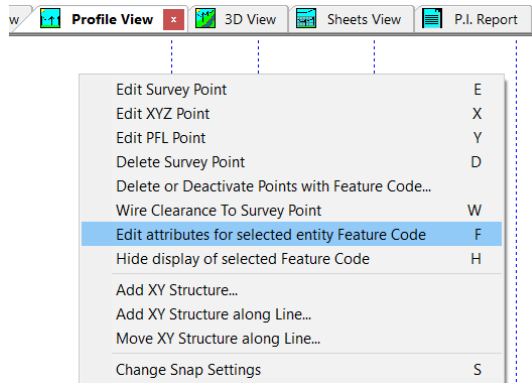
3.3 PPS-asetukset

PPS-asetukset määrittävät *Sheets View* -näytteen. Ne ladataan klikkaamalla kohtaa *Drafting/ Load PPS*. Tarvittu tiedosto ladetaan projektin pohjatiedoston sijainnista ikkunan mukaisesti (kuva 29).



Kuva 29. PPS-asetusten latauslokaatio

Lajikoodien näkyminen profiilissa edellyttää niiden muokkaamista lajikooditaulukossa. *Profile View* -näkyvässä vasemmalla hiiren painikkeella saa ominaisuusvalikon auki, josta valitaan *Edit attributes for selected entity Feature Code* (kuva 30).



Kuva 30. Polku profiilin lajikoodien muokkausikkunaan

Riveillä 78–82 sarakekohdat *Point Is On Ground* muokataan arvoksi ”No” *Fill*-toiminnolla. Näin vältetään kaikki ne pisteet, joiden ei haluta näkyvän maanpinnan muodossa profiilinäkymässä. Nämä sotkisivat maanpinnan muodon ja näkyisivät epämääräisesti *Profile View* -näkyvässä.

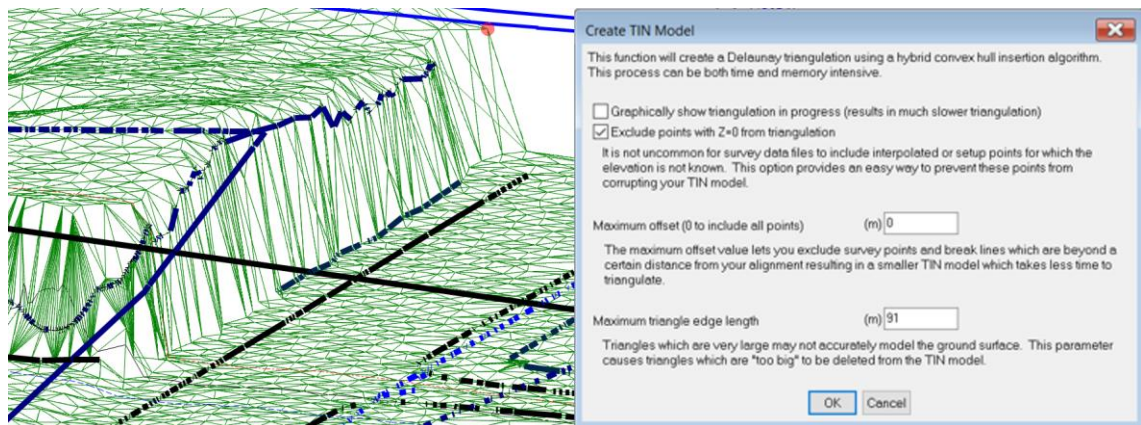
Feat. Code	Feature Description	Prof Symbol	Plan Symbol	Line From Feature Top To Bottom	Aerial Obstacle	Point Is on Ground	Req Vert Clear OKV (m)	Req Horiz Clear OKV (m)
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78					No	No	Yes	
79					No	No	Yes	
80					No	No	Yes	
81					No	No	Yes	
82					No	No	Yes	

Kuva 31. Profiilin lajikooditaulukko

3.4 TIN-Järjestelmä

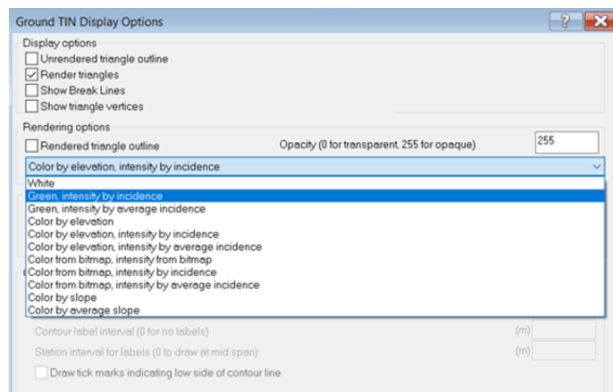
3.4.1 TIN:n rakentaminen

TIN-mallia voidaan hyödyntää, kun halutaan tarkempia keskilinoja ja sivuprofiileja. TIN-verkko koostuu XYZ-koordinaattipisteiden kautta muodostuvasta epä-säännöllisestä kolmioidusta verkkomallista, jossa kolmiot toimivat maaston pisteet huippuinaan. TIN-verkon luomiseen pääsee klikkaamalla kohtaa *Terrain/ TIN/ Create TIN*. Malli-ikkunassa asetetaan perusasetukset sen (kuva 32) mukaisesti.



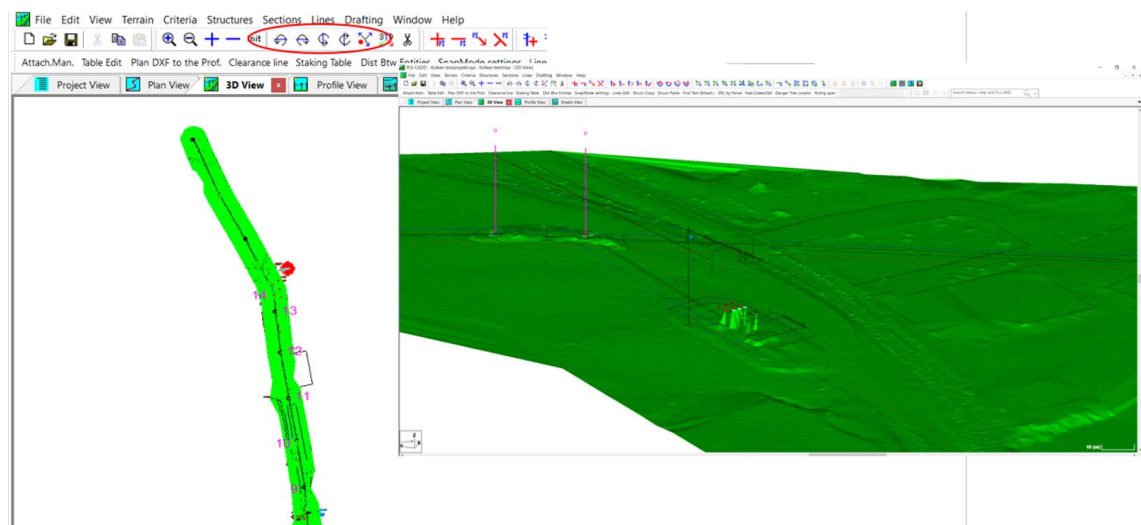
Kuva 32. TIN-verkosto ja malli-ikkuna

Tarkemmat TIN-näyttöasetukset voidaan vaihtaa klikkaamalla *Terrain/ TIN/ Display Options*. Ikkunan (kuva 33) asetuksilla TIN-verkkoon muodostuu kolmiottain 3D-kuvio sekä vihreä väri. Asetuksia saa muokata vapaasti oman mielen mukaisesti.



Kuva 33. TIN-näkyvyyden asetukset

Asetuksien jälkeen luotua TIN-verkkoa voi tutkia pysty- sekä sivusuunnassa ikkunan (kuva 34) ympyröidyillä työkaluilla. TIN-Verkko antaa tarkemman hahmottamisen maaston eri tasoista. Tätä työkalua voi hyödyntää, kun halutaan tarkastella esimerkiksi maaston jyrkänteitä suunnittelussa.

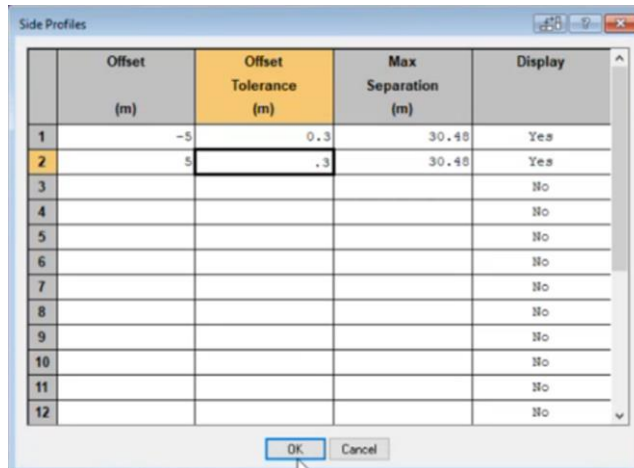


Kuva 34. TIN-verkko johdon mukaisesti ja tarkempi havainnointikuva

3.4.2 Interpolated points

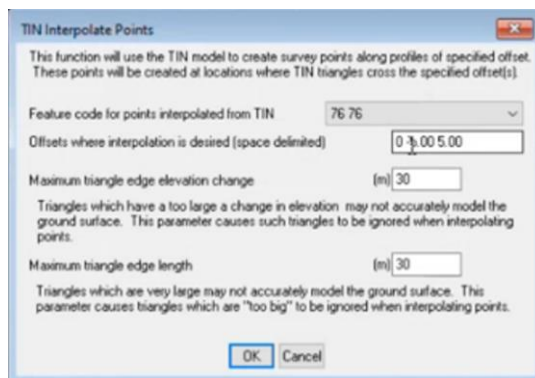
Interpoloidut pisteet ovat lisäpisteitä, jotka ovat TIN-mallissa kolmioiden sivuissa ja ne parantavat näin maaston pinnan hahmottamista sekä keskilinjan generoimista. Interpoloidut pisteet vaativat sivuprofiilien määrittämisen. Määrittäessään

pääsee painamalla *Terrain/ Side Profiles. Display*-sarakkeet muutetaan *Yes* arvoiksi, jotta käyrät näkyvät visuaalisesti *Profile View* -näkyvässä. Sivuprofiilit tehdään yleensä laitavaiheiden alta. Tätä varten halutaan määrittää +30 sentin levyiset alueet, jotka kulkevat keskilinjasta 5 metriä vasemmalle sekä oikealle.



Kuva 35. Sivuprofiilin määrittämiskokkeuden asetukset

Interpoloidut pisteet saadaan asetettua valitsemalla kohta *Terrain/ TIN /Create Interpolated Points*. Määrittämiskokkeudessa oleviin asetuksiin ei tarvitse koskea. Näillä asetuksilla ohjelma luo interpoloidut pisteet nolnaan eli keskilinjaan sekä sivuprofiilien mukaisesti viiden metrin linjaväleille.

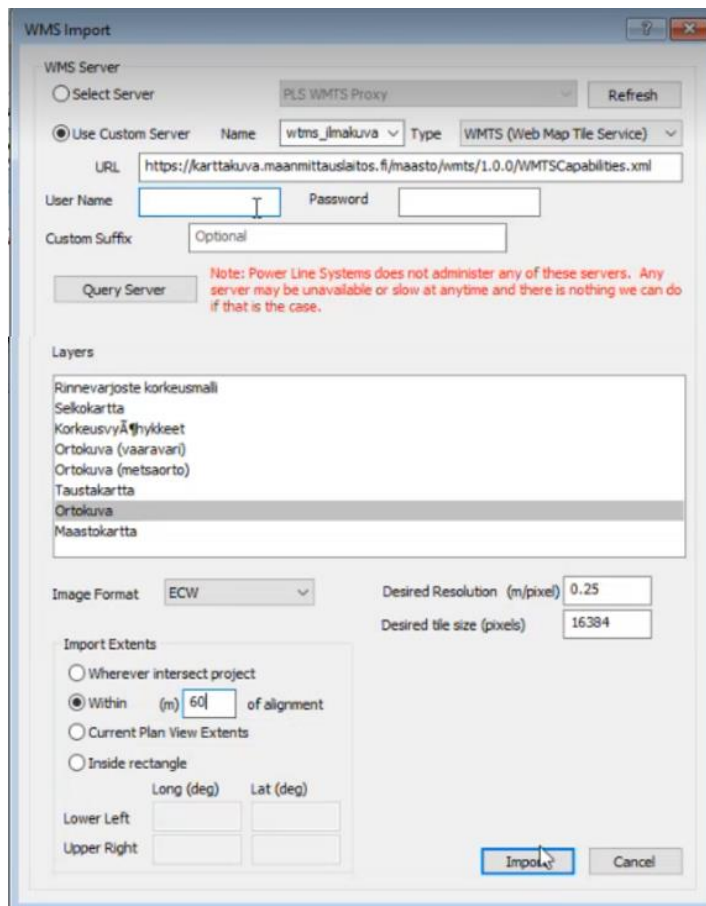


Kuva 36. Interpoloitujen pisteiden määrittämiskokkeuden asetukset

Interpoloidut pisteet voi nyt löytää *Profile view* -ikkunasta. *Profile view* -ikkunan saa esille klikkaamalla *Windows/ New Window/ Profile View*. Dxf-pisteiden näkyminen *Profile View* -näkyvässä edellyttää *Plan to the Prof* -palkin painamista, joka löytyy samasta työkalupalkista *Attachment managerin* paikalla. Profiilissa punainen pistekatkoviiva on vasen sivuprofiili ja sininen katkoviiva on oikea sivuprofiili. Nämä viivat kuvastavat maanpinnan kaltevuutta suhteessa johdon keskilinjaan johdon kummallakin puolella. Mitä jyrkempi maasto viivalla on, sitä vaikeampi on sijoittaa pylväitä maastoon.

3.5 WMS/WMTS

Projektille voidaan ladata maanmittauslaitoksen kautta kartta- sekä ilmakeku aineistoja suoraan palvelimelta. Tämä voidaan tehdä vasta, kun projektille on luotu määritettyjä PI-pisteitä, mihin aineisto pystytään kohdistamaan. Karttatietojen hakemistoikkunaan pääsee *Attachment Managerista* (kuva 5) klikkaamalla *WMS*-painiketta. Karttatietojen tuontipalvelusta löytyy maailmanlaajuisia karttatietokantoja. Avautuneeseen määrittelyikkunaan tehdään ikkunan (kuva 37) mukaiset palvelinmuutokset ja organisaation myöntämät kirjautumistunnukset. Tämän jälkeen klikataan *Query server* -näppäintä.



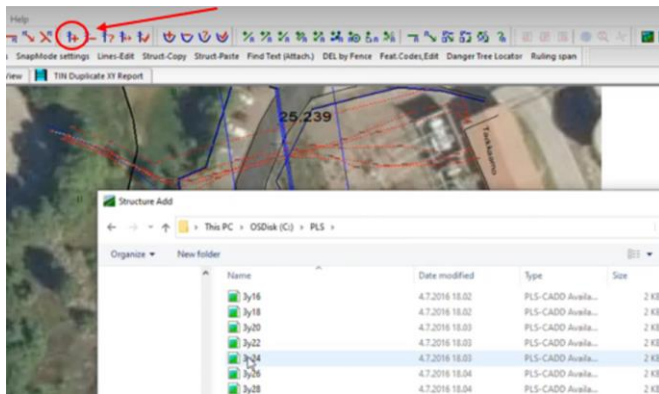
Kuva 37. Kartta-aineistojen lataamisen määrittämiskuvana

Hakemisen jälkeen tehdään loput ikkunan (kuva 37) mukaiset muutokset, jotta aineisto on johdolla oikein. Muutoksien poisjättäminen saattaa aiheuttaa karttakuvien näkymisen huonolla skaalalla tai täysin virheellisenä. Maastokartta-aineisto kannattaa myös ladata omaan "wmts_maastokartta"-hakemistoon.

4 Pylväiden ominaistietojen muokkaus

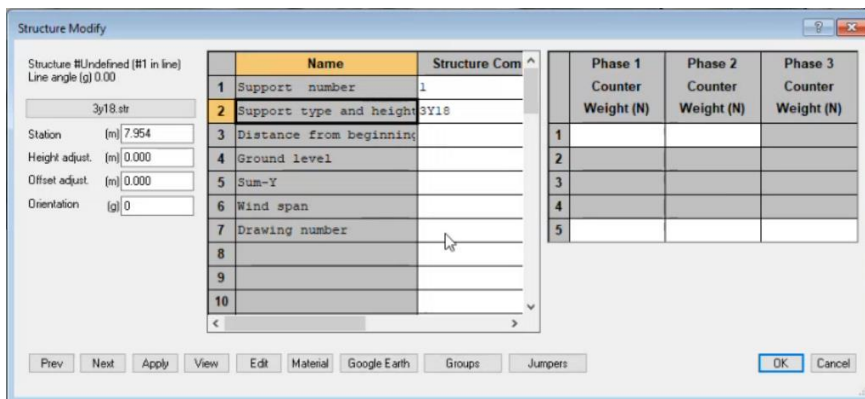
4.1 Pylväiden määrittäminen

Pylväitä voidaan asettaa työkalulla *Structure add*, joka löytyy ylävalikosta (kuva 38). Hiirellä klikattaessa kohdistettuja pylväskohtia voidaan asettaa pylväsraakenne kohdalle. Tiedostona pylväsrakennetta varten käytetään projektin ominaispylvästyyppeä. Kiintopisteinä käytetään PI-pistepaikkoja.



Kuva 38. Structure add -painike ympyröitynä ja tiedostosijainti pylväälle

Structure modify -ikkunan (kuva 39) aukaistuessa on hyvä laittaa pylväälle tiedoksi sen numero, tyyppi ja korkeus. *Station* tarkoittaa etäisyyttä johdon alusta tietylle pylväälle. *Height adjustment* tarkoittaa perustuskorkeuden säätämistä korkeussuunnassa, eli tällä asetetaan pylväs oikealle perustustasokorkeudelle. *Offset adjustment* on pylvään sijainnin säätö sivusuunnassa. Puuttuvat tiedot täyttyvät automaattisesti myöhemmin *Staking tablen* kautta Excelin avulla.



Kuva 39. Structure Modify -ikkuna

4.2 Structure data editor

Structure Modify -ikkunassa (kuva 39) olevasta *Edit*-painikkeesta aukeaa *Structure Data Editor* -ikkuna (kuva 40). *Structure Data Editor* -ikkunassa *Description*-sarakeessa lukee järjestyksessä vasemmalta oikealle pylvään numero,

tyyppi ja korkeus. *Description*-kohdan pylväsnumerotiedon jälkeisessä sulkujen sisällä oleva merkkijono on yleiskuvanumero. Excel-pylväsluettelomakro osaa hakea tämän merkkijonon sulkujen sisältä ja sijoittaa sen pylväsluetteloon oikeaan sarakkeeseen.

Sarakkeessa "Set" numerot 1-4 kuuluvat ukkosjohtimille ja numerosta 5 eteenpäin kohdat kuuluvat virtajohtimille. Miinusarvot ukkospukille tarkoittavat sen sijainnin olevan pylvään vasemmalla puolella ja positiivinen oikealla. Tämän voi hahmottaa klikkaamalla *Structure data editor* -ikkunan oikeassa ylänurkassa olevasta ruudusta. Avautuvassa ikkunassa näkyy vaiheet ukkosjohtimilla eli *phases*. *Dead end set* tarkoittaa asetusta, onko kyseessä kiristyspylväs. *Set description* -laatikkoon voi tarvittaessa kirjoittaa muistiinpanoja liittyen johtimeen, esimerkiksi pylvään korkeuden. Tarvittavien muutosten jälkeen pylvään voi tallentaa *Save As* tai *Multiple Save* -painikkeella projektin omaan kansioon.

The screenshot shows the 'Structure Data Editor' window. At the top, there are input fields for 'Structure file name' (C:\PLS), 'Description', 'Height (ground to top of structure)' (18.00 m), 'Embedded length (for report purposes only)' (2.44 m), and 'Lowest wire attachment point height above ground' (18.00 m). Below these is a table with 12 columns: Set #, Phase #, Dead End Set, Set Description, Insulator Type, Insul. Weight (N), Insul. Wind Area (cm²), Insul. Length (m), Attach. Trans. Offset (m), Attach. Dist. Below Top (m), Attach. Longit. Offset (m), and Min. Req. Vertical Load (uplift) (N). The table contains 5 rows of data. At the bottom, there are buttons for 'Struct Strength', 'Material', 'Multiple Save', 'Save As', 'OK', and 'Cancel'.

Set #	Phase #	Dead End Set	Set Description	Insulator Type	Insul. Weight (N)	Insul. Wind Area (cm²)	Insul. Length (m)	Attach. Trans. Offset (m)	Attach. Dist. Below Top (m)	Attach. Longit. Offset (m)	Min. Req. Vertical Load (uplift) (N)
1	1	1 Yes	SW	Strain	44.48		0.08	-3.63			No Limit
2	1	2 NA	NA	Strain	44.48		0.08	3.63			No Limit
3	5	1 Yes	Trans	Strain	1000.00	1.00	2.20	-5.36			No Limit
4	5	2 NA	NA	Strain	1000.00	1.00	2.20				No Limit
5	5	3 NA	NA	Strain	1000.00	1.00	2.20	5.36			No Limit

Kuva 40. Structure data editor -ikkuna

Multiple Save -ikkunassa voi määrittää haluaman korkeuksien lukumäärän sen ensimmäiseen kenttään (kuva 41). Tämän lukumäärän perusteella voi määrittää seuraavat arvot eli alhaisimman korkeuden ja korkeuseron. *Actual Structure Height Above Ground* arvot pitää täsmätä ylempien arvojen kanssa, jotta tiedostonimessä näkyy samat ja oikeat tiedot. *Embedded length* -arvot eli upotussyvytydet ovat tässä projektissa irrelevantteja, koska niitä käytetään 20 kV:n suunnittelussa, joten ne voi pyyhkiä tyhjäksi.

Kuva 41. Multiple Save -ikkuna

4.3 P.I. report

PI-pisteiden ja eri pylväsrakenteiden keskittäminen samaan kohtaan tapahtuu *P.I. Reportin* tiedoilla ja *Staking Table* -työkalulla. Polku näkymään löytyy klikkaamalla *Terrain/ Alignment/ P.I. Report*. Sivusta halutaan ne pylväät tietoon, jotka on projektiin sijoitettu. Tässä projektissa *P.I. Report*:in sivussa neljä ensimmäistä kohtaa sisältävät asetetun rakennuskohdan suhteessa PI-pisteisiin lähimpänä.

P.I. Report				
PI No.	Label	Closest Survey Point Des.	Closest Structure	Stationing to Closest Structure (m)
1			1	5.000
2			2	-6.070
3		ALIGN	3	6.494
4			4	-10.276
5			4	-211.773
6			4	-569.351

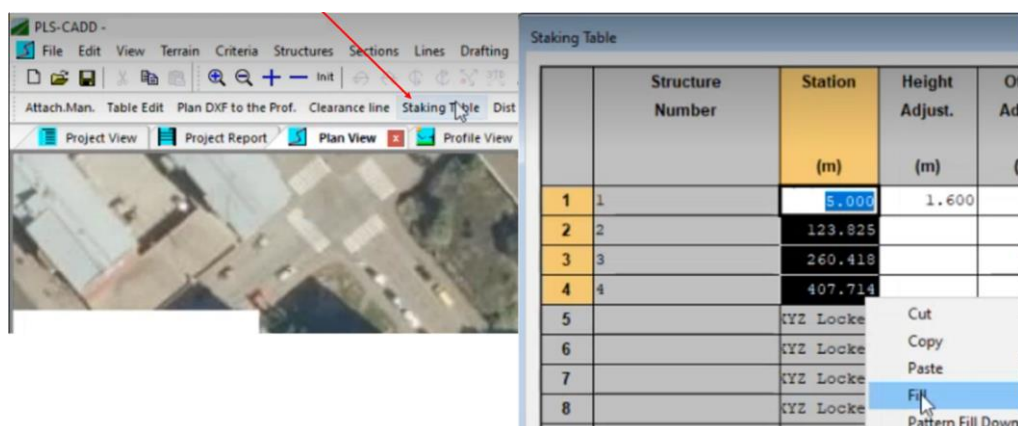
Kuva 42. PI-report-lukemia

Hiiren oikealla saa vetovalikon auki, josta halutaan klikata laatikkoa *Table View P.I. Report. Table View* -näkyssä (kuva 43) halutaan kopioida ne neljä arvoa *Station*-sarakkeesta, jotka tarkistettiin äskeisessä *P.I. Report* -sivussa.

	Station (m)	Line Angle (g)	Azimuth Ahead (g)
134		0.0000	
676	129.895	-21.3948	
741	253.924	-0.0000	
956	417.990	40.2451	
719	619.4		
516	977.0		

Kuva 43. Table View -näky P.I. Reportista

Kopioidut arvot liitetään *Staking table* -ikkunassa. *Staking Table* -ikkunaan pääsee kustomoidusta työkalupalkista klikkaamalla kohtaa *Staking table* (kuva 44). Halutut *station*-sarakkeet maalataan ja hiiren oikealla näppäimellä vetovalikosta valitaan *Fill*-palkki, jotta kopioidut arvot sijoittuvat näihin kohtiin. Toimenpiteiden jälkeen painetaan OK-näppäintä, jonka seurauksena pylväät sijoittuvat oikeisiin paikkoihin. Tämän voi vielä tarkistaa *P.I. Report* -sivusta uudelleen tai visuaalisesti *Profile View* -näkyästä.

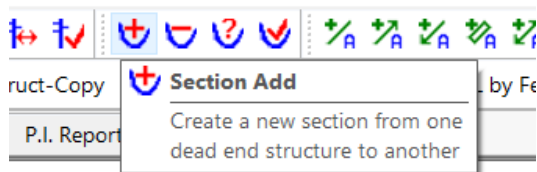


Kuva 44. Staking table -painike ja täyttöalue arvoille

5 Johtimen veto

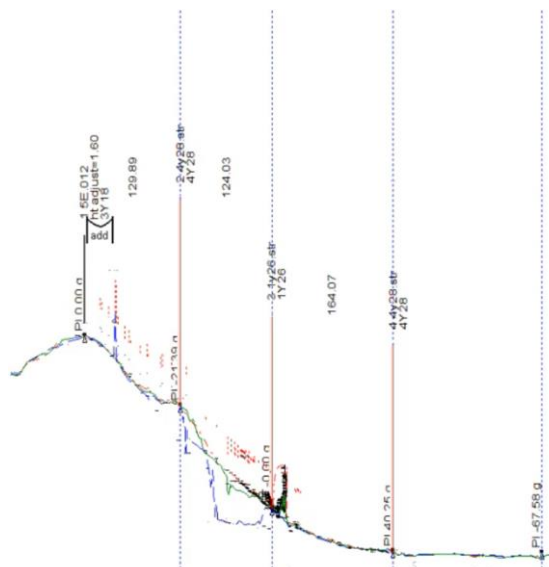
5.1 Johtimien määrittys

Ensimmäiset johtimet sijoitetaan pylvälle ylälaidasta klikkaamalla *Section Add* -painiketta (kuva 45). Toimenpiteen myötä hiiren tilalle vaihtuu johtimen näköinen symboli.



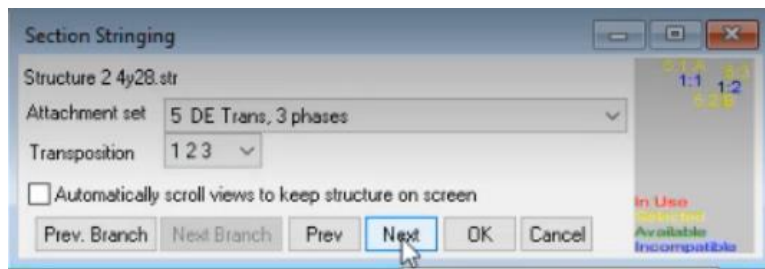
Kuva 45. Section Add -painike

Johdin sijoitetaan klikkaamalla seuraavaksi kohtaa, mihin halutaan se laittaa (kuva 46). Yleensä johtimen veto halutaan aloittaa järjestyksessä vasemmalta oikealle.



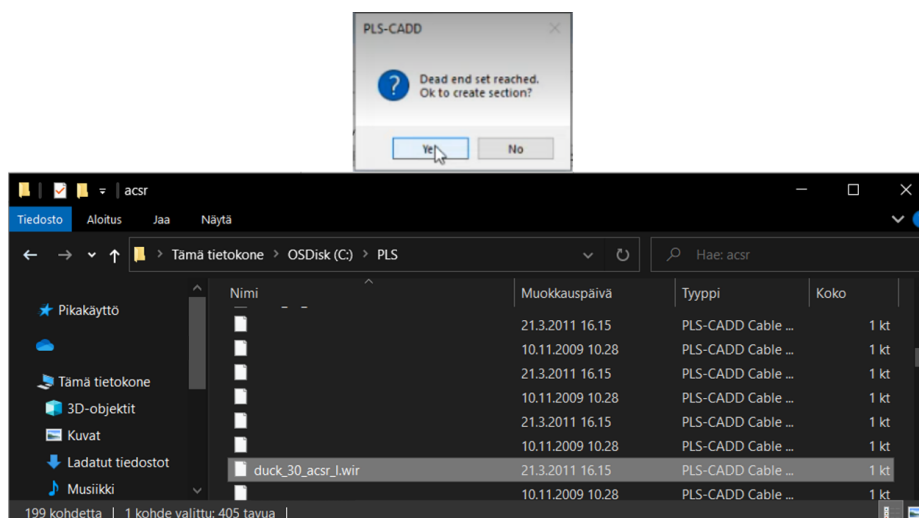
Kuva 46. Johtimen sijoitus Profile View -näkyssä

Johtimen määrittämisen aukaistaessa voi vaihtaa johtimeen liittyviä asetuksia (kuva 47). *Attachment Set*-kohdassa voidaan määrittää, vedetäänkö ukkosjohtimia vai vaihejohtimia kyseisessä kohdassa. Yleensä profiiliin ei lisätä ukkosjohtimia, ellei haluta tutkia johtimien ja ukkosjohtimien varoetäisyyksiä. *Transposition*-palkissa voi määrittää vaihejärjestyksen. Ikkunan asetusten ollessa valmiit painetaan Next-palkkia.



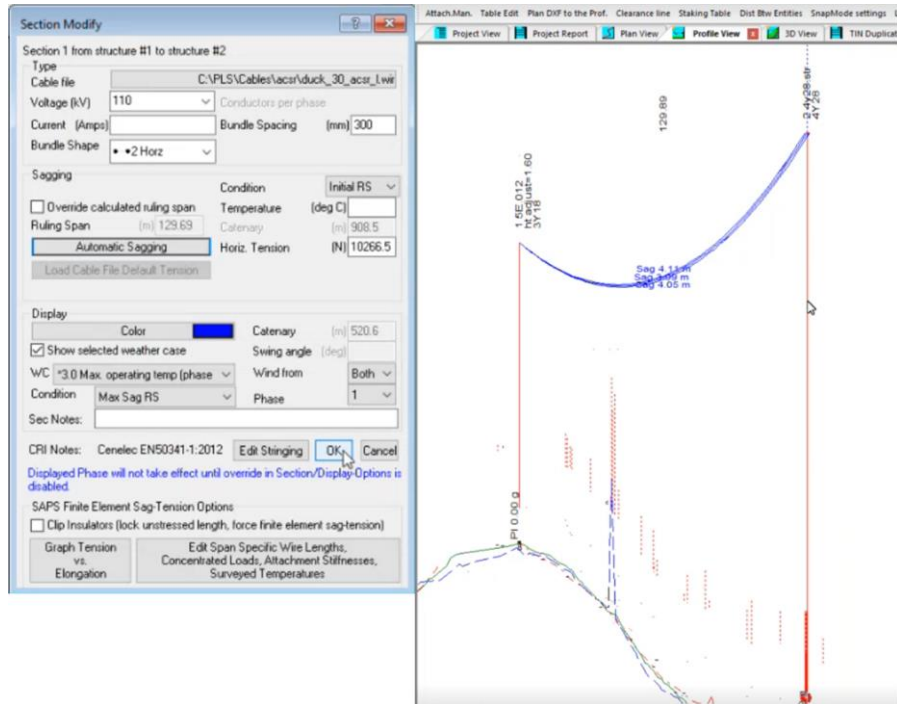
Kuva 47. Johtimen määrittämiskokona

PLS-CADD-ohjelman havaitessa kyseisen pylvään olevan kiristäjäpylväs, aukeaa ilmoitusikkuna. Ikkunassa PLS-CADD kysyy käyttäjältä, sijoitetaanko kiristysväli. Painettaessa Yes-painiketta aukeaa tiedostoikkuna johdinta varten (kuva 48). Telineeltä alkaen ensimmäisen jänteen olevan erittäin lyhyt, valitaan puolikireä Duck-johdin eli 30.



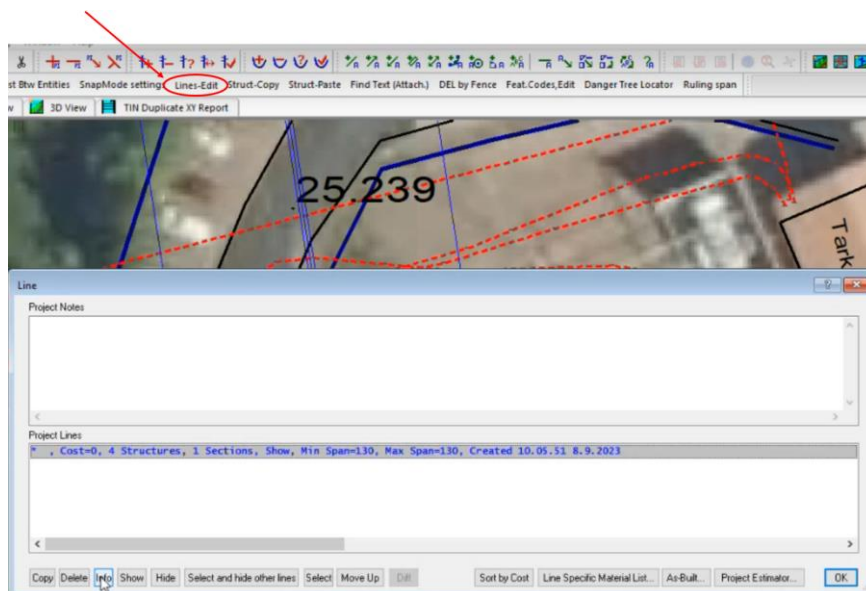
Kuva 48. Kiristysvälin päätepisteen ilmoitusikkuna ja tiedostovalintaikkuna johdinta varten

Tiedostovalinnan jälkeen aukeaa vaihemuokkausikkuna (kuva 49). Jännitteeksi valitaan 110 kV. Osajohtimien määräksi tulee 2. *Show selected weather case* -ruutu valitaan aktiiviseksi, jotta voidaan osoittaa, missä säätilassa se näytetään. Yleisimmin säätilana näytetään *3.0 Max. operating temp.* Tilaksi valitaan *Max Sag RS*, joka näyttää suurimman riippuman kyseisessä säätilassa. *Automatic Sagging*-painiketta klikatessa saadaan valittu johdin kiristettyä. Lopuksi klikatessa OK-näppäintä saadaan johdin riippumaan oikein *Profile View* -näkyymään.



Kuva 49. Vaihemuokkausikkuna ja johtimen riippuma *Profile View* -näkyymässä

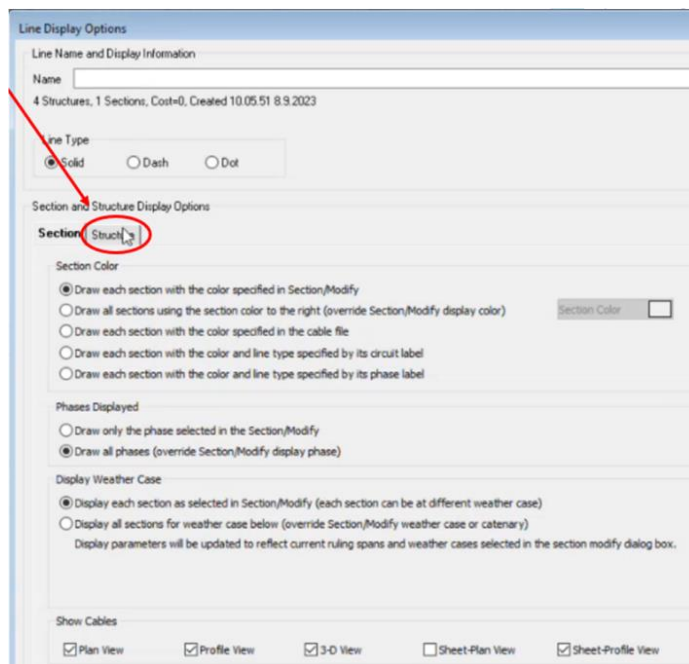
Johtimen näkyminen *Plan View* -näkyymässä saadaan klikkaamalla ylätyökalu-palkista *Lines-Edit* -painiketta (kuva 50). Projektiiin voi sisältyä useampia eri voimajohtoja, jolloin *Line*-ikkunassa kukin voimajohto näkyy omana rivinä. Aina aktiivisen voimajohdon voi valita tässä ikkunassa. Info-näppäintä klikatessa pääsee johdon näyttöasetuksiin.



Kuva 50. Lines-Edit-painike ja Line-ikkuna

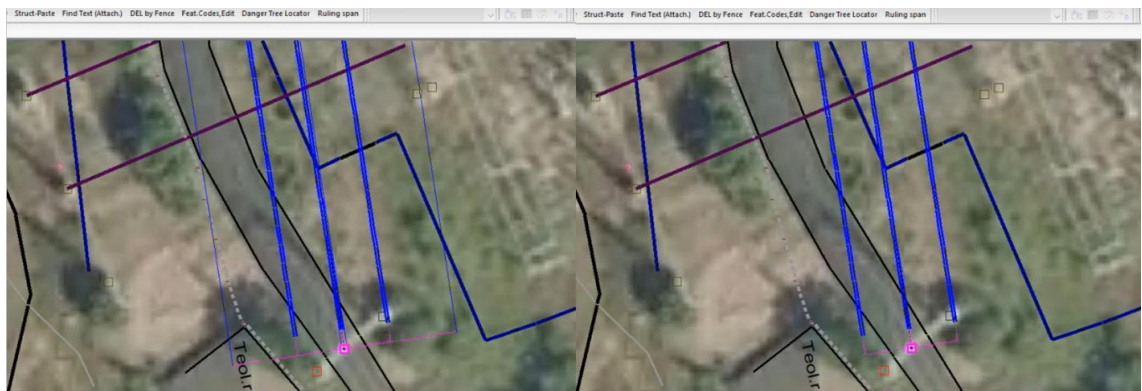
5.2 Johdinlinjan asetukset

Johdon näyttöasetusikkunassa annetaan ensiksi johdolle nimi, eli esimerkiksi Kotkan testilinja. Viivatyyppiä valitaan yleensä *Solid*-vaihtoehto. Johtimen väri-asetukseksi valitaan ensimmäinen vaihtoehto. Kaapeleiden näkyvyys valitaan klikkaamalla *Plan View*-ruutua vasemmassa alanurkassa näyttöasetusikkunassa. Sama valinta tehdään ikkunan (kuva 51) ympyröidyssä *Structure*-palkissa. *Structure Symbols* -kohdassa *Structure Center* -sarakkeen *Sheet-Profile View* -ruutuun sijoitetaan koodi "30 000".



Kuva 51. Johdon näkyvyyden asetukset-ikkuna ja Structure-palkin paikka

Nyt *Plan View* -näkyvässä ovat pylväkset, johtimet sekä keskellä olevat siniset keskilinjaviivat (kuva 52), jotka asetettiin aikaisemmin *Terrain Widths* -ikkunassa. Tämän ulkopuolella ovat 13 metriset keskilinjain molemminpuoliset etäisyydet. Nämä saa tarvittaessa pois klikkaamalla ruksi pois *Plan View* ruudusta *Terrain Width* -ikkunassa (kuva 4).

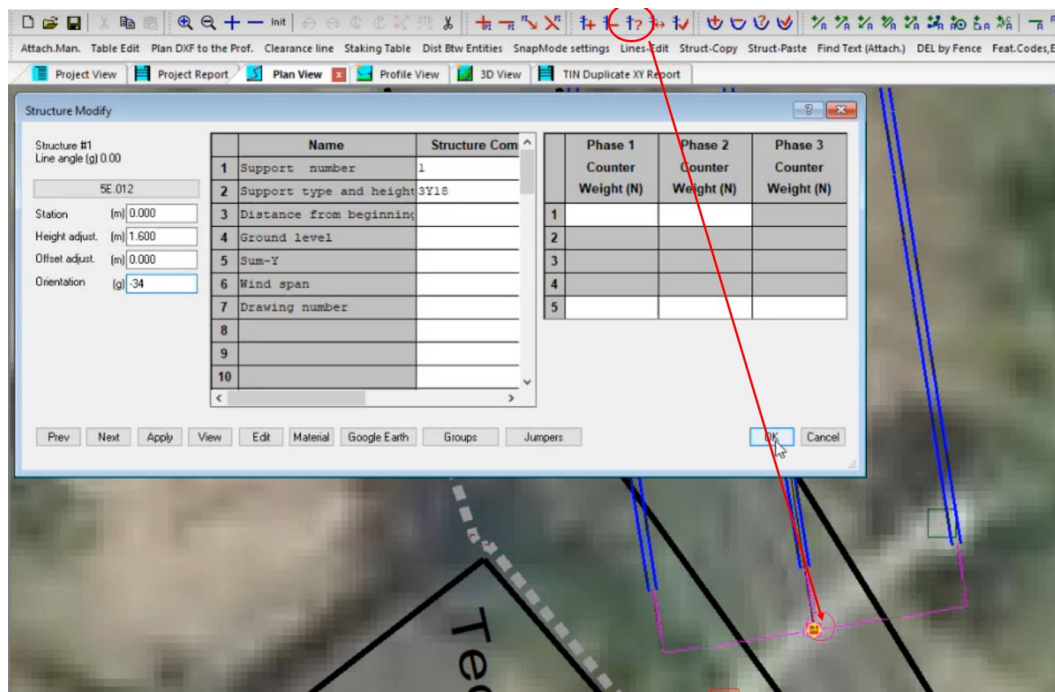


Kuva 52. Ulkopuolisten viivojen eroavaisuudet ennen ja jälkeen muutosten

5.3 Pylväiden määritykset profiilinäkymässä

5.3.1 Pylvään asento ja yleistiedot

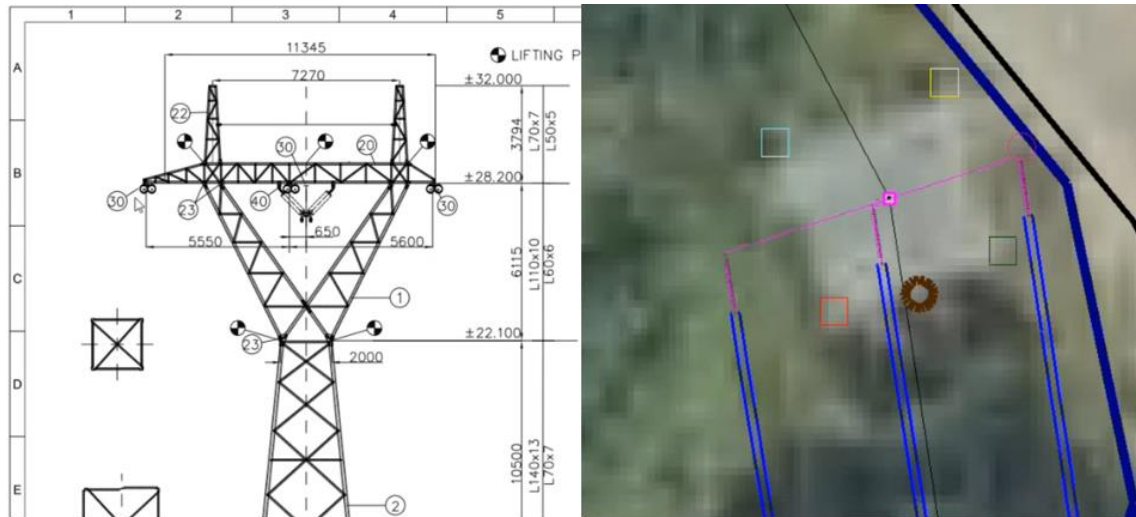
Ensimmäisen pylvään asettaminen oikeaan kulmaan edellyttää *Structure Modify* -työkalun käyttöä. Tämä löytyy kuvan (53) ympyröidystä kohdasta. Työkalu aktiivitena voidaan klikata muokattavaa pylvästä. *Structure modify* -ikkunassa asetetaan *Orientation*-kohtaan tiedetty kulma gooneissa, joka on tässä tapauksessa -34. Seuraavaksi klikataan OK-näppäintä, jonka seurauksena huomataan voimaan tulleet muutokset.



Kuva 53. Structure modify -työkalun sijainti ympyröity, muokattavan pylvään sijainti nuolella ja Structure modify -ikkuna

Seuraavat pylväät menevät PI-linjan kulmanpuolittajan mukaisesti automaattisesti. Tämä pitää ottaa huomioon johtonäkymässä oikein, sillä kulman pitää kääntyä oikealle päin. Tällä hetkellä PLS-CADD on pistänyt pylvään keskivaiheen vasemmalle päin. *Structure Modify* -työkalulla voidaan kääntää pylväs 180 astetta, eli arvoksi 200 goonia (kuva 53). Tämä kannattaa ottaa huomioon, kun

lähtee tekemään vaihemäärityksiä seuraaville johdoille vaihemääritysikkunassa (kuva 49). Vaiheiden järjestys muuttuu 4Y-pylvään kohdalla "3 2 1" -arvoon keskivaiheen suunnan takia. *Next*-painiketta valitsemalla ikkunassa (kuva 47) seuraavaa johtoa varten valitaan johtimet täyden kiristyksen perusteella, esim. "duck_acsr".

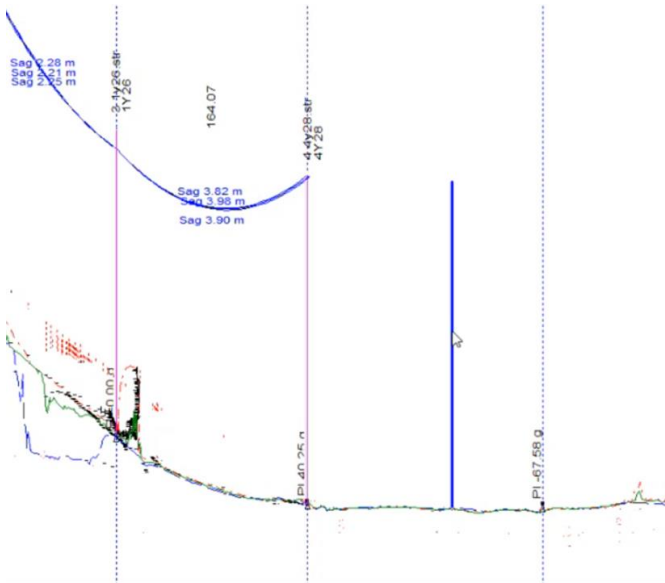


Kuva 54. 4Y-pylvään piirustus ja korjattavan pylvään asento aluksi Plan View -näkyssä

5.3.2 Pylväiden kopiointi ja poisto

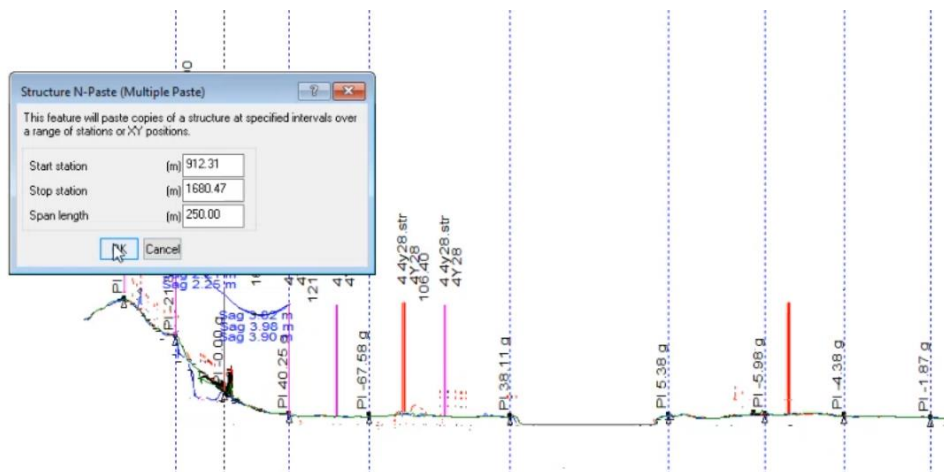
Pylväitä voidaan kopioida nopeasti *Profile View*-näkyssä valitsemalla *Structures/ Copy*-palkki. Copy ominaisuus valittuna voidaan valita kopioitava pylväs ja kopioida niitä lisää yksitellen klikkaamalla haluttuun paikkaan (kuva 55).

Structures/ Paste -palkkia klikkaamalla voidaan asettaa manuaalisesti lisää pylväitä.



Kuva 55. Profile View -näkymässä pylväiden kopiointi

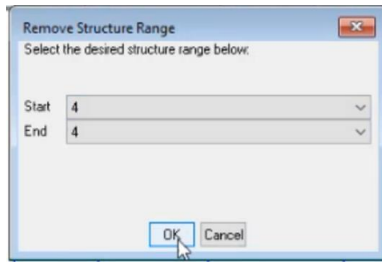
Automaattinen pylväiden sijoitus onnistuu *Structures/ Automatic spotting/ N Paste* -laatikko. Ensin voidaan klikata profiiliin ensimmäisen liitetyn pylvään paikka ja toiseksi viimeisen pylvään paikka. *Multiple paste* -ikkunan (kuva 56) avautuessa tulee tiedot näiden sijainneista ja valittu etäisyys jänteillä.



Kuva 56. Multiple paste -työkalun määrittämissikkuna

Ikkunassa (kuva 38) *Structure add* -painikkeen vieressä olevalla *Structure delete* -painikkeella voidaan klikatessa poistaa yksittäisiä pylväitä *Profile View* -

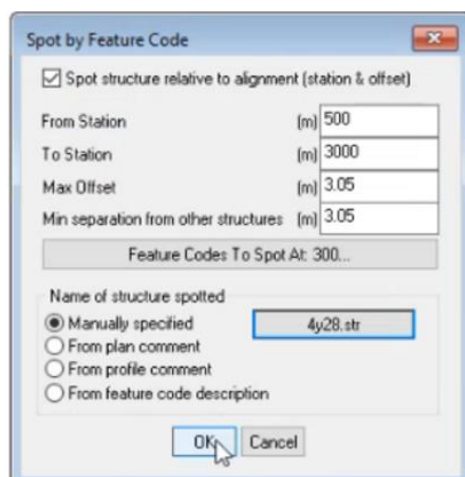
näkymässä. *Structures/ Remove Range* -työkalulla voidaan poistaa monia pylväitä kerralla valitsemalla poistettava väli *Remove Range* -ikkunassa (kuva 57).



Kuva 57. Remove Range -ikkuna

5.3.3 Pylväiden kohdistaminen lajikoodipisteisiin

Pylväitä voidaan sijoittaa kaikkiin lajikoodipisteisiin *Spot by feature code* -työkalulla (kuva 58). Klikkaamalla kohtaa *Structures/ Automatic Spotting/ Spot at Feature codes...* pääsee ikkunaan, jossa voi määrittää tietyn lajikoodin, mihin pylväät luodaan sekä etäisyysvälin sijoitettaville pylväille. Pylvään rakennetiedoston saa myös sijoitettua kohdan "STICK 000" tilalle. OK-laatikkoa painaessa syntyy pylväitä, joista saadaan heti raportti-ikkuna.



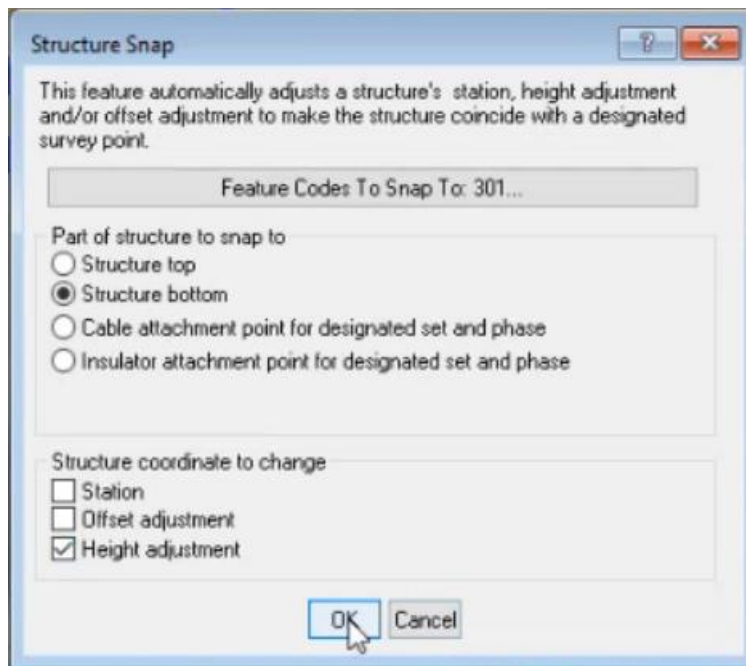
Kuva 58. Spot by feature code -polku ja ikkuna

Johtimia voidaan tehdä massatäyttönä useita kerralla, jos johtimia haluaa sijoittaa samoilla tiedoilla nopeasti vaivatta. Toimenpide vaatii ensiksi kaikkien puuttuvien johtimien sijoittamisen oletustiedoilla. Navigoimalla kohtaan *Sections/ Table* aukeaa *Section Table* -ikkuna (kuva 59). *Copy/Fill*-komennolla voidaan korvata oletusjohdot oikealla johtotiedolla. Riippumat jäävät tämän toimenpiteen jälkeen erittäin löysiksi, mutta valitsemalla *Command To Apply* -sarakkeen soluihin valinta *AutoSag* sekä klikkaamalla *Apply*-laatikkoa riippumat korjaantuvat.

Sec #	Start Str #	End Str #	Rul. ing Span (m)	Insul. Clip-ped	Sec Notes	Cable File Name	Vol. tage (KV)	Current (Amps)	Bundle Shape	Bundle Spacing (mm)	Wires Per Phase	Sag Cond. ition	Sag Temp. (deg C)	Sag Horiz. Ten. (N)	Display Weather Case	Display Cond. ition	Disp. Wind From	Disp. Phase	Disp. Color	Command To Apply	
1	1	115	215	130		0_acsr_1_wld	110	2	Horz	300	NA	2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	2	215	415	140		uct_acsr_wld	110	2	Horz	300	NA	2	100	100	100	100	100	100	100	100	AutoSag
3	3	415	10	200		38fav	110				NA	2	100	100	100	100	100	100	100	100	AutoSag
4	4	10	10	350		38fav	110				NA	2	100	100	100	100	100	100	100	100	AutoSag
5	5	10	10	400		38fav	110				NA	2	100	100	100	100	100	100	100	100	AutoSag

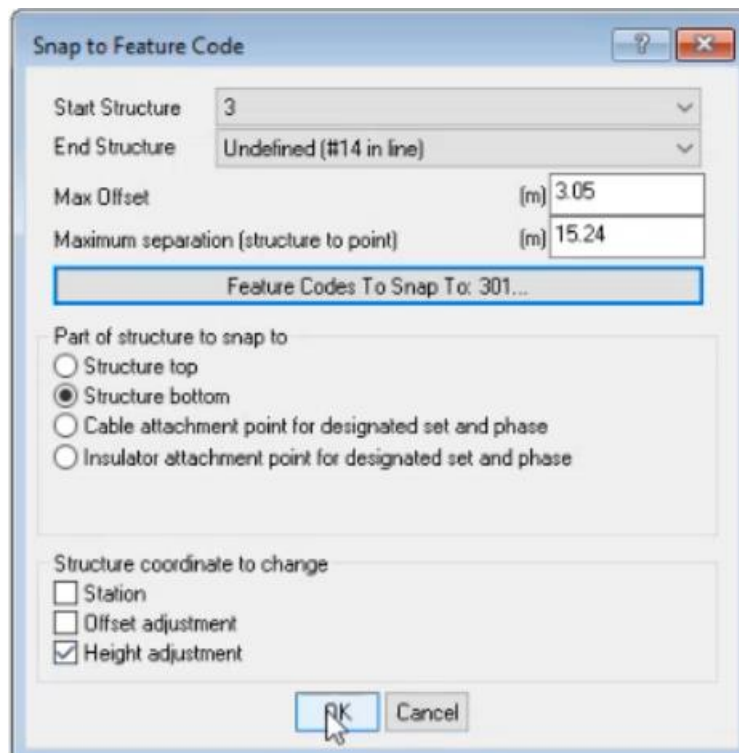
Kuva 59. Section Table -ikkuna

Profiilitulostusikkuna eli *Sheets View* -ikkunan saa auki klikkaamalla *Window/ New Window/ Sheets View*. Pylväsrakenteiden viivat saadaan näkyviin *Line*-ikkunassa (kuva 51) ruksaamalla laatikko *Plan View*, joka löytyy kohdasta *Lines-Edit/ Info/ Structure/ Sheet-Plan View*. Pylvään perustuskorkeuden korjaaminen oikeaan paikkaan ja näkyminen *Sheets View* -näkyvässä voidaan tehdä yksitelten kohdasta *Structures/ Move/ On Snap*. Ikkunan (kuva 60) mukaiset asetukset tulee olla asetettuna, jotta työkalulla voidaan manuaalisesti klikata pylväskohtia, joissa halutaan muutettavan sen perustuskorkeutta. Perustuskorkeus halutaan määrittää lajikoodin "301" mukaan.



Kuva 60. Structure Snap -ikkuna

Suuremmissa projekteissa, joissa on monia kymmeniä pylväitä, voidaan pylväskorkeuden asetus tehdä automaattisesti kohdasta *Structures/ Automatic Spotting/ Snap Station and Height to Feature Code*. Valitaan pylväsväli ja tehdään muut kuvan mukaiset muutokset *Snap to Feature Code* -ikkunaan (kuva 61) ja painetaan OK. Toimenpiteestä syntyy *Project Report* -ikkuna, joka kertoo mahdollisesti epäonnistuneet toimenpiteet. Näin tapahtuessa nämä kohdat korjataan manuaalisesti aiemmin mainitulla yksittäisellä menetelmällä (kuva 58). Asetetut pylväskorkeussäädöt voi tarkastaa *Staking Table* -ikkunasta *Height Adjust.* -sarakkeelta.



Kuva 61. Snap To Feature Code -ikkuna

6 Pylväsluettelo ja profiili

PLS-CADD-projektin ollessa valmis pylvässijoittelun osalta. Siitä luodaan viimeiseksi pylväsluettelo, joka avautuu Microsoft Excel -tiedostomuotoon. Pylväsluettelo annetaan projektin asiakkaalle, josta hän löytää tarvittavat tiedot voimajohtosta.

6.1 XML-tiedoston vieminen makrotyökalulle

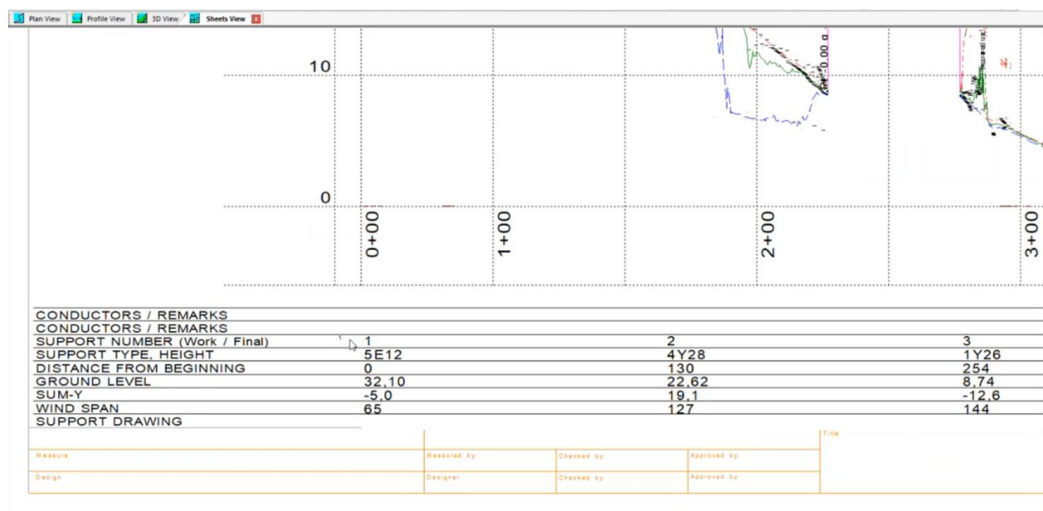
Pylväsluettelon muodostaminen aloitetaan navigoimalla *Staking Table* -ikkunaan. *Staking Table*ssa halutaan valita koko sarakealue ja tämän jälkeen oikeaklikkaamalla aluetta valitaan palkki *XML Export* (kuva 62). XML-tiedoston voi tämän toimenpiteen jälkeen tallentaa haluamaan projektikansioon, ja se kannattaa nimetä sen suunnittelutunnuksen mukaan.

Structure Specific Material	Counter Weights (N)	Automatic Structure Group Membership	Manual Structure Group Membership	Support number	Support type and height	Distance from beginning	Ground level	Sum.Y	Wind span	Drawing number
1	Edit...	'All', 'Has DE		1	5E12	0	32,10	-5,0	65	127
2	Edit...	'All', 'Has DE		2	4Y28	130	22,62	19,1	127	144
3	Edit...	'All', 'Has DE		3	1Y26	254	8,74	-12,6	144	183
4	Edit...	'All', 'Has DE		4	4Y28	418	2,73	-1,1	183	209
5	Edit...	'All', 'Has DE		5	4Y28	619	2,02	-0,4	209	379
6	Edit...	'All', 'Has DE		6	4Y28	977	2,07	-0,2	379	322
7	Edit...	'All', 'Has DE		7	4Y28	1377	2,78	0,0	322	222
8	Edit...	'All', 'Has DE		8	4Y28	1621	3,30	0,6	222	209
9	Edit...	'All', 'Has DE		9	4Y28	1821	2,58	1,5	209	146
10	Edit...	'All', 'Has DE		10	1Y26	2040	2,18	-1,7	146	50
11	Edit...	'All', 'Has DE		11	1Y26	2239	1,83	-0,6	50	
12	Edit...	'All', 'Has DE		12	1Y26	2457	2,65	0,3	204	
13	Edit...	'All', 'Has DE		13	1Y26	2648	2,73	-1,8	146	
14	Edit...	'All', 'Has DE		14	4Y28	2749	2,19	1,4	50	

Kuva 65. Tietojen kopiointi Excelistä Staking Tableen

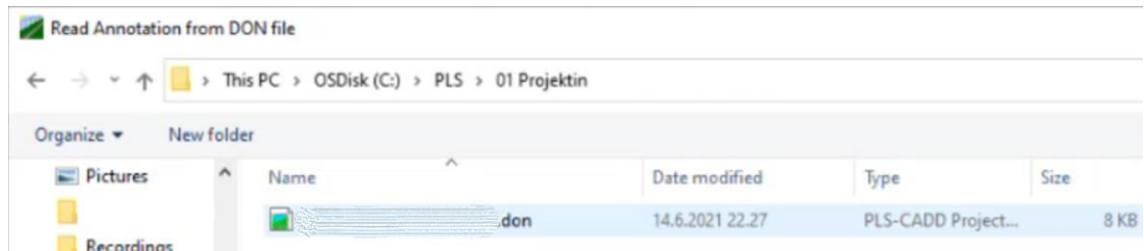
6.3 Pylväsprofiilin hienosäätö

Sheets-profiililta puuttuu vielä johdintiedot, kehykset sekä sen nimiötiedot. Kehykset täytyy kopioida omaan projektin kehykset kansioon PLS-kansiosta. Seuraavaksi kopioitu tiedosto avataan *Sheets*-näkyvän edessä *Attachment Manager/ Attach*-toiminnolla. Toimintaikkunoissa painetaan OK-näppäintä. Näin syntyy kehykset *Sheets*-profiilin alaosanäkymään (kuva 66).



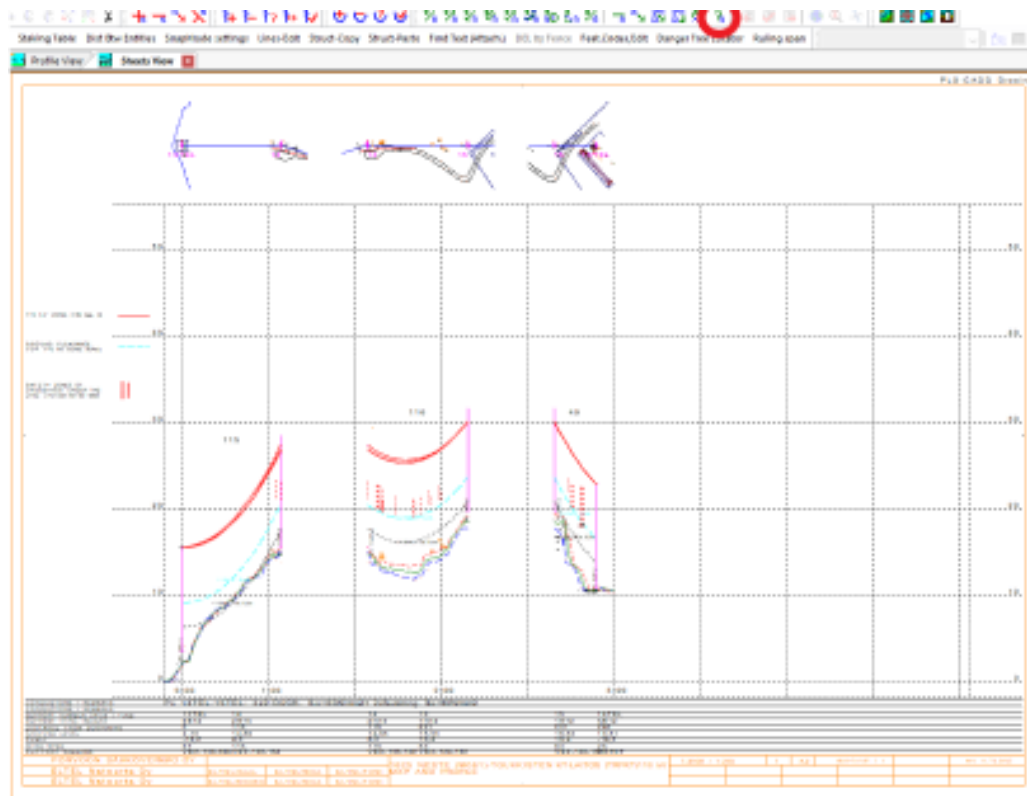
Kuva 66. Kehykset pylväsprofiilinäkymään

Kehyksien tyhjiin kirjoitusarakkeisiin ladataan pohjatiedot, joita muokataan tarvittavilta osin projektikohtaisesti. Pohjatiedot saadaan klikkaamalla *Drafting/ Lines and Annotations/ Merge in Annotation from another project*.



Kuva 67. Pohjatiedot (.don) kehyksiä varten

Projektin Sheets-profiilin (kuva 68) loppuviilaukseksi poistetaan ylimääräiset värikoodit sekä asetetaan oikeat tiedot pohjatietojen tilalle. Pohjatietoja voidaan muokata ikkunan (kuva 68) yläpalkin ympyröidyillä *Annotation edit* -painikkeella klikkaamalla muokattavaa saraketta alaosastolta. Profiilissa ei saa näkyä rasterikuvat, ainoastaan kartoittajan aineisto. Tämän voi vaihtaa *Attachment managerista* valitsemalla oikeat karttatiedostot näkyviksi.



Kuva 68. Pylväsprofiili Sheets-näkymässä

7 Yhteenveto

PLS-CADD:n käyttöohjeen päätavoitteena oli opettaa voimajohtosuunnitteluohjelman käyttöä ja luomaan rakenteen, joka edesauttaa suunnittelijoita projekteissa. Ohje tuli valmiiksi, ja se otettiin heti käyttöön suunnittelijoiden keskuudessa Eltelillä. Työlle oli jo aiemmin kysyntää ja tarvetta suunnittelijoiden keskuudessa, joten se oli erittäin haluttu ohje.

Suunnitteluohjelma PLS-CADD saa jatkuvasti uusia päivityksiä, joissa voi olla parannuksia tai uusia ominaisuuksia. Päivityksien ei pitäisi vaikuttaa dramaattisesti tämän insinööriyön toimivuuteen, ellei ohjelmaan lisätä uusia kriittisiä ominaisuuksia, jotka olisivat pakollisia tiettyjen ominaisuuksien toimivuuden kannalta.

Jatkotoimenpiteenä tästä ohjeesta olisi voinut tehdä vielä laajemmän ohjeen, jossa olisi kerrottu profiilin kehysten muokkaamisesta sekä dxf-tiedostojen

läpikäyntiä MicroStationissa. Nämä lisäohjeet olisivat kuitenkin hieman irrelevantteja työn aiheeseen nähden ja vaatisivat erikseen MicroStation-koulutuksen, joka olisi erittäin laaja ja työläs.

Suunnitteluohjelman ohjeen ansiosta tulevaisuuden mahdollisia työtunteja PLS-CADD-ohjelman perehdyttämiseen saatiin vähennettyä sekä mahdollisia puutteita ja virheitä tuleviin projekteihin. Työn jättäminen tekemättömäksi olisi aiheuttanut vaikeuksia tulkita ohjelman toimivuutta sekä kustantanut ylimääräisiä kuluja ulkopuolisen koulutuksen takia.

Lähteet

- 1 Strategia ja visio. Verkkoaineisto. Eltel Networks. <<https://www.eltel-networks.fi/Etel/strategia-ja-visio/>>. Luettu 9.8.2023.
- 2 PLS-CADD. Verkkoaineisto. Power Line Systems. <<https://www.power-linesystems.com/plscadd>>. Luettu 16.8.2023.
- 3 PLS-CADD Manual. 2022. Lisenssikohtainen manuaali. Power Line Systems. Luettu 1.9.2023.
- 4 Aalto, Toni. 2023. Suunnittelupäällikkö, Eltel Networks Oy, Espoo. Koulutus 07.09.2023.
- 5 Aalto, Toni. 2023. Suunnittelupäällikkö, Eltel Networks Oy, Espoo. Koulutus 14.09.2023.
- 6 Aalto, Toni. 2023. Suunnittelupäällikkö, Eltel Networks Oy, Espoo. Koulutus 21.09.2023.
- 7 An Introduction to Web Mapping Services (WMS). 2024. Verkkoaineisto. GISGeography. <<https://gisgeography.com/web-mapping-services-wms/>>. Päivitetty 6.1.2024. Luettu 10.1.2024.
- 8 Plan & Profile Sheets Files. 2020. Verkkoaineisto. Power Line Systems. <[P&P Sheets Files Page \(powline.com\)](https://www.powline.com/P&P_Sheets_Files_Page)> Luettu 17.1.2024.