

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

TIETOMALLINNUKSEN KÄYT- TÖÖNOTTO SÄHKÖASEMA- SUUNNITTELUSSA

Revit- ja MagiCAD-ohjelmistoja käyttäen

TEKIJÄ

Miska Siekinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn tekijä Miska Siekkinen		
Työn nimi Tietomallinnuksen käyttöönotto sähköasemasuunnittelussa Revit- ja MagiCAD-ohjelmistoja käyttäen		
Päiväys	9.12.2025	58/1
Yhteistyötaho Caverion Suomi Oy		
<p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin tietomallinnusprosessin käyttöönottoa Revit- ja MagiCAD-ympäristöissä yhteistyötahon sähköasemayksikössä. Työssä kuvattiin, miten mallipohjainen suunnittelu voitiin ottaa käyttöön osana yrityksen omaa suunnitteluprosessia ja mitä vaiheita sen onnistunut toteutus edellytti. Tarkastelun kohteena olivat erityisesti ohjelmistojen käytön opettelu, mallinnusympäristön rakentaminen sekä ohjeistuksen ja koulutuksen merkitys uuden toimintamallin jalkauttamisessa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää mallipohjaisen suunnittelun toimintamalli, joka tuki sähköasemaprojektien suunnittelua ja vastasi tilaajien kasvaviin BIM-vaatimuksiin. Tarkoituksena oli laatia yritykselle ohjeistus, jonka avulla mallipohjainen suunnittelu voitiin ottaa käyttöön hallitusti ja yhtenäisillä menettelytavoilla. Työssä yhdistettiin teoreettinen taustatieto ja käytännön soveltaminen yrityksen sisäisessä toimintaympäristössä.</p> <p>Työn tuloksena syntyi sähköasemasuunnitteluun sovitettu yritysکوhtainen ohje tietomallinnuksen käyttöönotosta. Ohjeen ensimmäinen versio testattiin käytännön projektissa, ja sen pohjalta määritettiin kehitystoimet seuraavaa revisiota varten. Työn yhteydessä laadittiin myös suunnitelma mallinnuksen peruskoulutuksesta ja mallinnusympäristön viimeistelystä, joiden avulla prosessin laajentaminen koko organisaatioon voitiin toteuttaa vaiheittain ja hallitusti.</p> <p>Työn tuloksena saatiin yritykselle konkreettinen lähtökohta mallipohjaisen suunnittelun kehittämiseksi. Sen avulla tietomallinnusprosessin käyttöönottoa voitiin jatkaa sisäisesti ilman ulkopuolista konsultointia. Tulevaisuudessa työ toimii perustana ohjeistuksen jatkuvalla kehittämiselle, koulutusten järjestämiselle ja mallipohjaisen suunnittelun vakiinnuttamiselle osaksi yrityksen normaalia sähköasemasuunnitteluprosessia.</p>		
Avainsanat Tietomallinnus, Revit, MagiCAD, 3D-mallinnus, Sähköasema		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tausta.....	6
1.2	Opinnäytetyön lähtökohdat ja kuvaus	7
1.3	Opinnäytetyön tavoite.....	8
1.4	Työn rajaus.....	8
2	TOIMEKSIANTAJA.....	10
2.1	Assemblin Caverion Group	10
2.2	Caverion	11
3	SÄHKÖASEMA	12
3.1	Yleistä sähköasemasta	12
3.2	Sähköaseman rakenne	14
3.2.1	Kiskojärjestelmät.....	15
3.2.2	Kaasueristetty kojeisto (GIS)	17
3.2.3	Tehomuuntaja	18
3.2.4	Ensiöpiirilaitteet.....	20
3.2.5	Keskijännitekojeisto	21
3.2.6	Apusähköjärjestelmä ja suojaus	22
3.2.7	Maadoitus ja potentiaalintasaus	25
3.2.8	Kaapelireitit	26
3.3	Sähköasemaprojektit.....	27
3.3.1	Saneeraushanke.....	29
3.3.2	Green field -hankkeet.....	29
3.4	Sähköaseman suunnitteluprosessi	30
3.4.1	Kaavoitus, maankäyttö ja lupa-asiat	31
3.4.2	Yleissuunnittelu ja tarvekartoitus	32
3.4.3	Esi- ja pääsuunnittelu.....	32
3.4.4	Sähköasemasuunnittelun suunnittelualat	33
3.5	Tietomallinnuksen rooli suunnitteluprosessissa	34
4	TIETOMALLINNUS	36
4.1	Yleistä tietomallinnuksesta.....	36
4.2	Tietomallinnuksen peruseriaatteet	37
4.3	Elinkaari.....	37

4.4	Hyödyt ja haasteet.....	38
4.5	Tietomallinnus sähkösuunnittelussa	38
4.6	Tietomallinnusta ohjaavat tekijät	39
4.7	Autodesk Revit	40
4.8	MagiCAD for Revit.....	41
5	TYÖN TOTEUTUS	43
5.1	Menetelmät.....	43
5.2	Lähtötietojen kerääminen	44
5.3	Käyttöohjeen ensimmäinen versio	45
5.4	Ohjeen käyttöönotto	48
5.5	Palautteen kerääminen ja jatkotoimenpiteet	49
6	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	51
6.1	Työn onnistuminen ja merkitys.....	51
6.2	Tuloksien luotettavuus.....	52
6.3	Käyttöohjeen kehittäminen	53
6.4	Oman oppimisen arviointi.....	55
	LÄHTEET	56
	LIITE 1:	59

KUVALUETTELO

KUVA 1.	BIM-kuvakaappaus Revitin esimerkkiprojektista	7
KUVA 2.	Geometriset ja tekniset tiedot Revitin esimerkkiprojektissa	8
KUVA 3.	Assemblin Caverion Group:in toimipisteet (Caverion Suomi Oy 2025).....	10
KUVA 4.	Fingridin sähköasema (Fingrid 2023)	12
KUVA 5.	Esimerkki sähköaseman sijoittumisesta verkkoon (Järvi-Suomen Energia 2023)	13
KUVA 6.	Sähköaseman liittyminen verkkoon (muokattu lähteestä ABB 2000).....	14
KUVA 7.	Yksikiskojärjestelmä (muokattu lähteestä ABB 2000)	15
KUVA 8.	Kisko-apukiskojärjestelmä (ABB 2000)	16
KUVA 9.	Kaksikiskojärjestelmä (ABB 2000).....	16
KUVA 10.	Kaksoiskatkaisijajärjestelmä (Duplex) (ABB 2000).....	17
KUVA 11.	110 kV GIS-kojeisto Iloharjun sähköasemalla Kuopiossa (Ases 2024).....	18
KUVA 12.	110/20 kV tehomuuntaja muuntajabunkkerissa. (Multirel 2020)	19
KUVA 13.	Erotin, virtamuuntaja ja katkaisija (muokattu lähteestä Määttä, 2009)	20
KUVA 14.	ABB UniGear ZS1 -keskijännitekojeisto (ABB 2025).....	21

KUVA 15. Tasasuuntaajat/laturit (Tähtinen, 2015).....	22
KUVA 16. Apusähköjärjestelmän akusto (Tähtinen, 2015)	23
KUVA 17. Tasasähkökeskus (Tähtinen, 2015).....	24
KUVA 18. Siemens Siprotec -suojarele (Siemens 2025)	24
KUVA 19. Sähköaseman maadoitusverkko (DV Power 2021).....	25
KUVA 20. Kaapelihylly (Legrand 2025)	26
KUVA 21. Sähköasemaprojektin yleisiä suuntaviivoja	27
KUVA 22. Sähköaseman suunnittelun vaiheet.....	30
KUVA 23. BIM-kuvakaappaus Revitin esimerkkiprojektista	36
KUVA 24. Prosessikaavio käytettävistä työmenetelmistä	44
KUVA 25. Käyttöohjeen sisällysluettelo.....	46
KUVA 26. Hahmotelma uuden ohjerevision rakenteesta	53

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Sähköasemarakentaminen on viime vuosina lisääntynyt Suomessa merkittävästi. Taustalla vaikuttavat erityisesti energiantuotannon rakennemuutos, sähkönkulutuksen kasvu sekä jakeluverkon uudistamistarpeet. Sähkön siirto- ja jakeluinfrastruktuurin kehittäminen on erityisen tärkeä osa energiamurrosta, jossa uusiutuvat energialähteet, kuten tuuli- ja aurinkovoima, integroidaan osaksi kansallista sähköverkkoa. Näiden tuotantomuotojen vaihtelevuus ja alueellinen hajautuneisuus edellyttävät uusien sähköasemien rakentamista ja vanhojen asemien perusparannuksia, jotta sähkönsiirto pysyy luotettavana ja turvallisena. (Fingrid 2023.)

Suomessa sähköverkkojen kehitystyötä ohjaavat tekniset vaatimukset, ympäristö- ja turvallisuusnäkökulmat sekä viranomaismääräykset. Sähköasemat ovat kriittisiä osia sähkönjakelujärjestelmässä, ja niiden suunnittelussa ensiarvoisen tärkeitä asioita ovat järjestelmän toimintavarmuus, kunnossapidettävyyden ja turvallisuus. Lisäksi rakennushankkeisiin liittyvät kustannus- ja aikataulupaineet edellyttävät entistä tehokkaampaa suunnitteluprosessia ja tiedonhallintaa eri sidosryhmien välillä.

Sähköasemainvestoinnit muodostavat merkittävän osan sekä kanta-, alue-, että jakeluverkkoyhtiöiden kokonaisinvestoinneista. Kantaverkkoyhtiö Fingridin osalta sähköasemat liittyvät laajoihin siirtoverkkohankkeisiin, joiden tavoitteena on vahvistaa siirtokapasiteettia ja parantaa sähkön toimitusvarmuutta. Näissä hankkeissa yksittäisen sähköaseman kustannukset voivat olla useita miljoonia euroja, ja investointien kokonaisarvo nousee vuosittain satoihin miljooniin. Jakeluverkkoyhtiöiden näkökulmasta sähköasemien merkitys on yhtä keskeinen, vaikka investointien mittakaava on usein pienempi. Jakeluverkkoyhtiöille sähköasemien uusiminen ja rakentaminen on kuitenkin strateginen päätös, joka vaikuttaa suoraan verkon toimintavarmuuteen, häviöihin, käyttöikään ja muuhun jakeluverkon rakenteeseen. (Järvi-Suomen Energia 2024.)

Sähköasemien toteutus on monivaiheinen prosessi, joka edellyttää huolellista suunnittelua, dokumentointia ja eri sidosryhmien välistä yhteistyötä. Koska sähköasemat ovat pitkäikäisiä ja kriittisiä osia sähköverkossa, suunnitteluratkaisuihin panostaminen on keskeistä koko verkon elinkaaren hallinnan ja toimintavarmuuden kannalta.

Viime vuosina digitalisaatio on muuttanut myös sähköasemien suunnittelua ja toteutusta. Perinteiset piirustus- ja dokumentointimenetelmät ovat siirtymässä kohti mallipohjaista ja tietosisältöön perustuvaa suunnittelua, jossa keskeistä on tiedonhallinnan laatu ja eri järjestelmien yhteensovittaminen (Siivonen, 2018). Seuraavassa luvussa tarkastellaan tarkemmin, miten tietomallinnus (BIM) tukee sähköasemien suunnitteluprosessia ja millaisia mahdollisuuksia se tarjoaa hankkeiden kehittämiseksi.

1.2 Opinnäytetyön lähtökohdat ja kuvaus

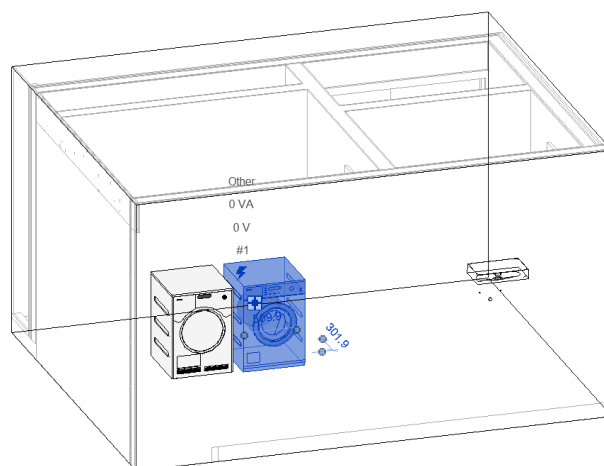
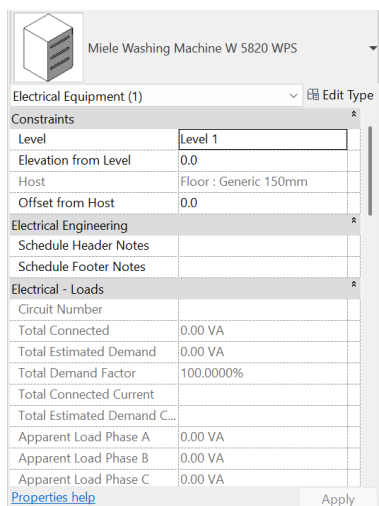
Digitalisaatio on muuttanut rakennus- ja teollisuushankkeiden suunnittelu- ja toteutustapoja (Siivonen, 2018). Perinteisesti sähköasemien suunnittelu ja dokumentointi ovat perustuneet 2D-piirustuksiin sekä erillisiin teknisiin luetteloihin ja kaavioihin. Perinteisestä kaksiulotteisista piirustuksista on pikkuhiljaa siirrytty kolmiulotteiseen mallintamiseen, jossa tietoa tuotetaan ja hallitaan koko hankkeen elinkaaren ajan. Mallipohjaisen suunnittelun perustana toimii tietomallinnus (Building Information Modeling, BIM, kuva 1). Se kokoaa suunnittelu-, rakennus- ja ylläpitotiedot yhteen digitaaliseen malliin, jota voidaan käyttää teknisenä työkaluna ja viestintävälineenä hankkeen eri osapuolten välillä (Siivonen, 2018).



KUVA 1. BIM-kuvakaappaus Revitin esimerkkiprojektista

Tietomallinnusta hyödynnetään sähkötekniisessä suunnittelussa erityisesti projekteissa, joissa on useita teknisiä osa-alueita. Esimerkkinä sähköasemat, joiden suunnittelu edellyttää useiden järjestelmien yhteensovittamista. Yhteensovitettaviin järjestelmiin kuuluvat muun muassa suurjännitetekniikka, suojaus- ja ohjausautomaatio, talosähkötekniikka, rakennetekniikka, LVI-järjestelmät ja infratekniikka. Mallipohjainen lähestymistapa tukee kokonaisuuden hallintaa, selkeyttää suunnitteluprosessia ja vähentää yhteentörmäyksiä eri toimialojen tekniikan välillä. Se helpottaa myös sähköaseman ylläpitoa, koska kaikki tieto löytyy samasta tiedostosta.

Suomessa mallintamista ohjaavat Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012). Ne muodostavat kansallisen ohjeistuksen erityisesti talotekniikan suunnittelulle. Ohjeiden (Rakennustietosäätiö RTS 2012) mukaan malleissa tulee olla sekä geometrinen että tekninen tieto, kuten alla olevassa kuvassa 2 on havainnollistettu. Geometrinen tieto pitää sisällään objektin muodot ja sijainnin todellisine mittoineen ja tekninen tieto kertoo objektin tekniset ominaisuudet, kuten laitteen valmistajan sekä mallin. Lisäksi eri toimialojen mallien yhteensopivuus on varmistettava esimerkiksi standardisoidun Industry Foundation Classes (IFC) -formaatin avulla (Rakennustietosäätiö RTS 2012). Rakennus- ja LVI-aloilla nämä käytännöt ovat melko vakiintuneita, mutta sähköalan osalta kehitystyö on vielä kesken. Tästä syystä on tarvetta määritellä selkeitä toimintatapoja, jotka soveltuvat sähkötekniisiin suunnitteluprosesseihin.



KUVA 2. Geometriset ja tekniset tiedot Revitin esimerkkiprojektissa

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tietomallinnuksen käyttöönottoa sähköasemien suunnittelussa hyödyntäen Revit- ja MagiCAD-ohjelmistoja. Revit valittiin pääasialliseksi mallinnusohjelmaksi kahdesta syystä: ensinnäkin eräs merkittävä rakennuttaja edellyttää suunnitelmien tuottamista Revit-formaatissa, ja toisaalta ohjelmiston monipuoliset mallinnusominaisuudet tukevat sähköasemasuunnittelun vaatimuksia. MagiCAD for AutoCAD oli useille suunnittelijoille ennestään tuttu työkalu, minkä vuoksi MagiCAD for Revit valikoitui täydentämään Revitin toiminnallisuuksia ja helpottamaan siirtymistä mallipohjaiseen suunnitteluun. Opinnäytetyön tilaajana toimii Caverion Suomi Oy:n sähköasemayksikkö, jonka tavoitteena on kehittää suunnittelukäytäntöjään tilaajien BIM-vaatimusten mukaisiksi.

1.3 Opinnäytetyön tavoite

Työn tarkoituksena on laatia sähköasemasuunnitteluun yritysکوhtainen ohjeistus tietomallinnuksen käyttöönotosta Revit–MagiCAD-ympäristössä. Tavoitteena on kehittää mallipohjaisen suunnittelun toimintamalli, joka selkeyttää sähköasemien suunnitteluprosessia ja vastaa tilaajien kasvaviin BIM-vaatimuksiin.

Opinnäytetyö on kehittämishanke, jossa yhdistyvät teoriapohja ja käytännön soveltaminen yrityksen sisällä. Tuloksena syntyy yrityksen oma ohjeistus tietomallinnuksen hyödyntämisestä sähköasemien suunnittelussa.

1.4 Työn rajaus

Tietomallinnus on laaja aihekokonaisuus, jota sovelletaan sähkötekniikan lisäksi muun muassa rakennus-, talotekniikka- ja infratoimialoilla. Tässä työssä tarkastelun kohteena on kuitenkin nimenomaan sähkötekniinen mallintaminen ja sen käyttöönotto sähköasemasuunnittelussa. Työ rajataan yleistä teoriaasiota lukuun ottamatta käsittelemään ainoastaan Revit- ja MagiCAD for Revit -ohjelmistojen käyttöä sähkötekniikan tietomallin tuottamisessa ja hallinnassa.

Työhön sisältyy myös yksityiskohtaisen mallinnusohjeen laatiminen ja sen käyttöönoton kouluttaminen yrityksen suunnittelijoille. Tämä ohjeistus sisältää Revit- ja MagiCAD-mallinnuksen käytännön

vaiheita ja projektikohtaisia toimintamalleja, mutta kyseinen osuus on tarkoitettu ainoastaan yrityksen sisäiseen käyttöön, eikä sitä käsitellä julkisessa raportissa yksityiskohtaisesti.

Raportin osuudessa keskitytään sen sijaan kuvaamaan opetus- ja käyttöönottoprosessin etenemistä, havaittuja haasteita ja kehitysehdotuksia sekä tietomallinnuksen hyötyjä ja vaikutuksia suunnitteluprosessin näkökulmasta. Lisäksi tarkastellaan sähköasematekniikan sekä mallipohjaisen suunnittelun teoriaa ja periaatteita.

Työn ulkopuolelle rajataan mallinnuksen yksityiskohtaiset tekniset ohjeet sekä yrityskohtaiset tietosäällöt. Näitä ei käsitellä raportissa tarkasti, vaan ne tukevat taustalla työn käytännön toteutusta ja tulosten arviointia.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Assemblin Caverion Group

Caverion Suomi Oy on osa kansainvälistä Assemblin Caverion Group-konsernia, joka muodostui, kun ruotsalainen Assemblin ja suomalainen Caverion yhdistyivät. Assemblin Caverion Group toimii talotekniikan ja teollisuuden palvelualalla, eli konserni suunnittelee, asentaa ja ylläpitää rakennusten sekä teollisuuslaitosten teknisiä järjestelmiä. (Caverion Oyj 2024.) Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty konsernin toimipisteet eri puolilla Eurooppaa.



KUVA 3. Assemblin Caverion Group:in toimipisteet (Caverion Suomi Oy 2025)

Assemblin Caverion Group:illa on 215 omaa toimipistettä sekä satoja asiakkaiden toimipisteitä yhteensä yhdeksässä eri maassa. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2024 noin 42 miljardia Ruotsin kruunua, eli joulukuun 2024 valuuttakurssilla noin 3,7 miljardia euroa. Konserni työllisti vuoden 2024 lopussa 21000 työntekijää ja palveli 76900 eri asiakasta. (Assemblin Caverion Group 2025.)

2.2 Caverion

Caverion Oyj perustettiin kesäkuussa 2013 kiinteistö- ja teollisuuspalveluiden irtaannuttua YIT:stä itsenäiseksi konserniksi (Caverion Oyj 2013). Caverion Oyj vaikutti vuonna 2023 kymmenessä eri maassa 15000 ammattilaisen voimin ja yrityksen liikevaihto oli 2,5 miljardia euroa (Caverion Oyj 2024). Caverion Oyj:n pääkonttori sijaitsee Vantaalla.

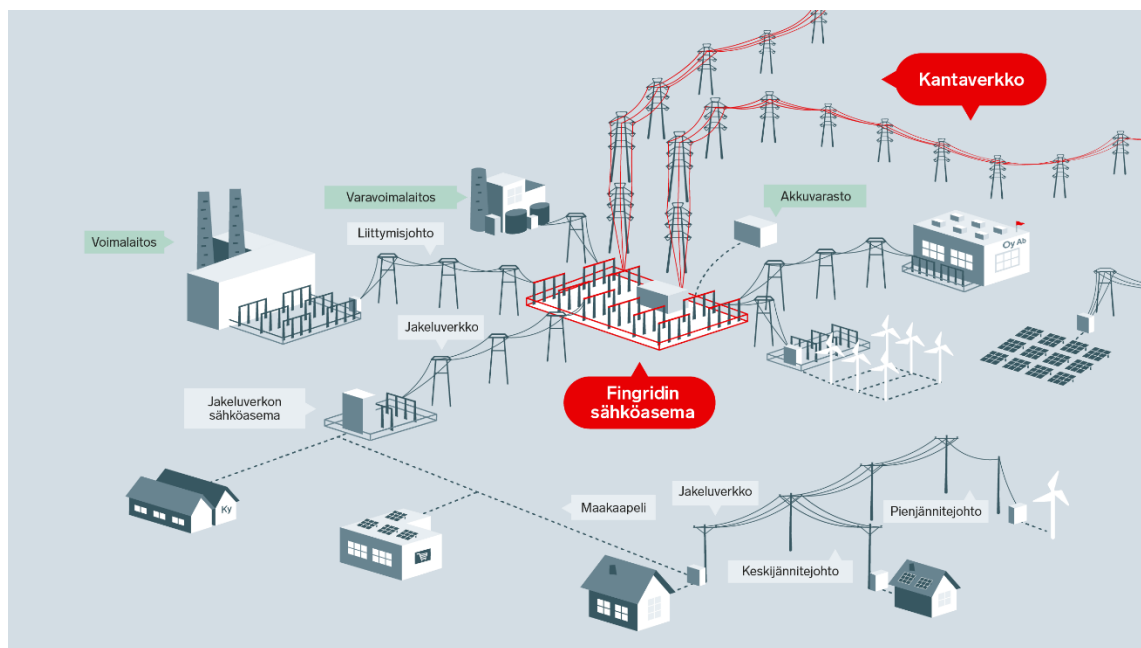
Caverionin liiketoiminta jakautui ennen Suomen osalta kahteen eri segmentissä toimivaan tytäryhtiöön: Caverion Suomi Oy ja Caverion Industria Oy. Caverion Suomi Oy keskittyi talotekniikkaan ja kiinteistöpalveluihin, kun Caverion Industria Oy toimi teollisuuden kunnossapidon ja projektipalveluiden parissa. Nämä kaksi tytäryhtiötä fuusioituvat vuosien 2024–2025 vaihteessa yhdeksi Caverion Suomi Oy:ksi. (Caverion Suomi Oy 2025.)

Caverion Suomi Oy taas jakautuu moneen eri toimintayksikköön, joista Sähköasemaprojektit on tämän opinnäytetyön tilaaja. Sähköasemaprojektit-yksiköllä on Suomessa kolme eri toimipistettä: Vantaa, Turku ja Kuopio. Suomen yksikkö tekee projekteissa tiivistä yhteistyötä Virolaisen tytäryhtiö Caverion Power OÜ:n kanssa.

3 SÄHKÖASEMA

3.1 Yleistä sähköasemasta

Sähköasema on sähköverkon kriittinen solmukohta, jossa sähköä siirretään, jaetaan ja muunnetaan eri jännitetasoille verkon rakenteen ja käyttötarkoituksen mukaisesti. Sähköaseman päätehtävänä on mahdollistaa sähkön siirto verkon eri osien välillä sekä varmistaa sähkönjakelun jatkuvuus ja turvallisuus. Asema voi toimia joko muuntoasemana, kytkinlaitoksena tai näiden yhdistelmänä, ja sen tarkka rooli määräytyy verkon jännitetason ja käyttötarpeen perusteella (Pusa, 2020). Näin sähköasema muodostaa keskeisen osan sähköjärjestelmän toimintaa ja sen luotettavuutta. Alla olevassa kuvassa 4 näkyy Fingridin tuottama yleiskuva sähköaseman sijoittumisesta sähköverkkoon.



KUVA 4. Fingridin sähköasema (Fingrid 2023)

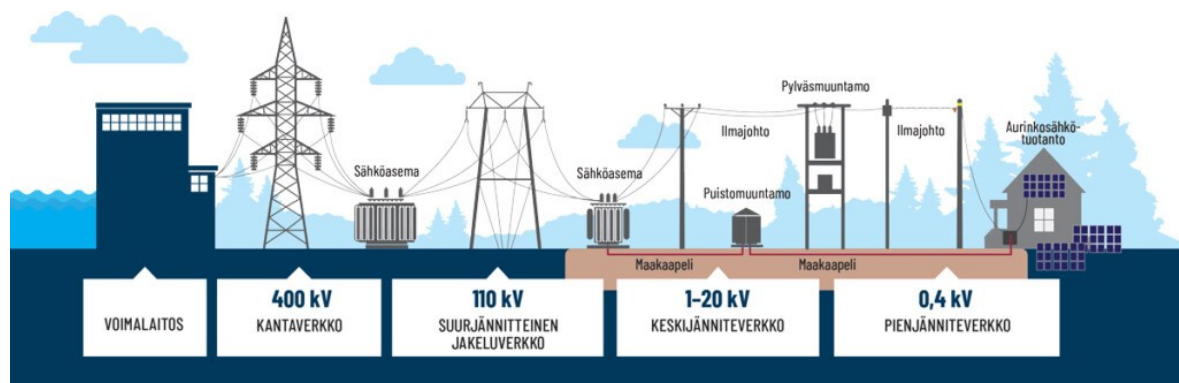
Kaikki kantaverkon sähköasemat ovat Fingridin omistuksessa, eli Fingrid vastaa myös niiden ylläpidosta ja verkkoon liittymisten hallinnasta. Näihin asemiin liittyvät tavallisesti suuret voimalaitokset, teolliset käyttäjät ja alueelliset jakeluverkot, joista sähkö kulkee edelleen paikallisille toimijoille. (Fingrid n.d.)

Jakeluverkon sähköasemista vastaa kyseisen alueen verkonhaltija. Näiden asemien tehtävä on siirtää sähköä kantaverkosta ja voimalaitoksilta jakeluverkkoihin ja suurkuluttajille. Ne muodostavat käytännössä sillan paikallisen sähköverkon ja kulutuspisteiden välille. (Energiaavirasto n.d.)

Toiminnallisesti sähköasemat jaetaan kahteen päätyyppiin: muuntoasemiin (kuva 6) ja kytkinlaitoksiin (Pusa, 2020). Muuntoasemilla sähkö muunnetaan muuntajien avulla sopivaan jännitetasoon, esimerkiksi 400/110/20 kV. Kytkeinlaitoksessa liitetään saman jännitetason johdot toisiinsa ilman muuntamista, eli kytkinlaitoksella ei ole päämuuntajia (kuva 11), eikä muuntajiin liittyvää suojausjärjestelmää. Monilla asemilla nämä toiminnot yhdistyvät: sama rakenne voi sisältää sekä muunto- että kytkinosat. Rakenteellisesti asemat voivat olla joko ulkotiloihin rakennettuja tai suljettuja GIS-asemia

(Gas Insulated Switchgear), riippuen kytkinlaitteiston tyypistä ja tilankäytön vaatimuksista (AFRY n.d.).

Myös tuotantolaitoksilla ja suuremmilla teollisuuslaitoksilla on usein omat sähköasemansa. Esimerkiksi tuulivoimapuistojen yhteydessä sähköä muunnetaan korkeampaan jännitteeseen, jotta se voidaan syöttää keskijännite- tai suurjänniteverkkoon. Teollisuuslaitoksissa oma asema mahdollistaa suoran liitoksen suurjänniteverkkoon. (Mäenpää, 2013.) Seuraavassa kuvassa on esimerkki sähköverkon rakenteesta ja sähköasemien roolista verkossa.

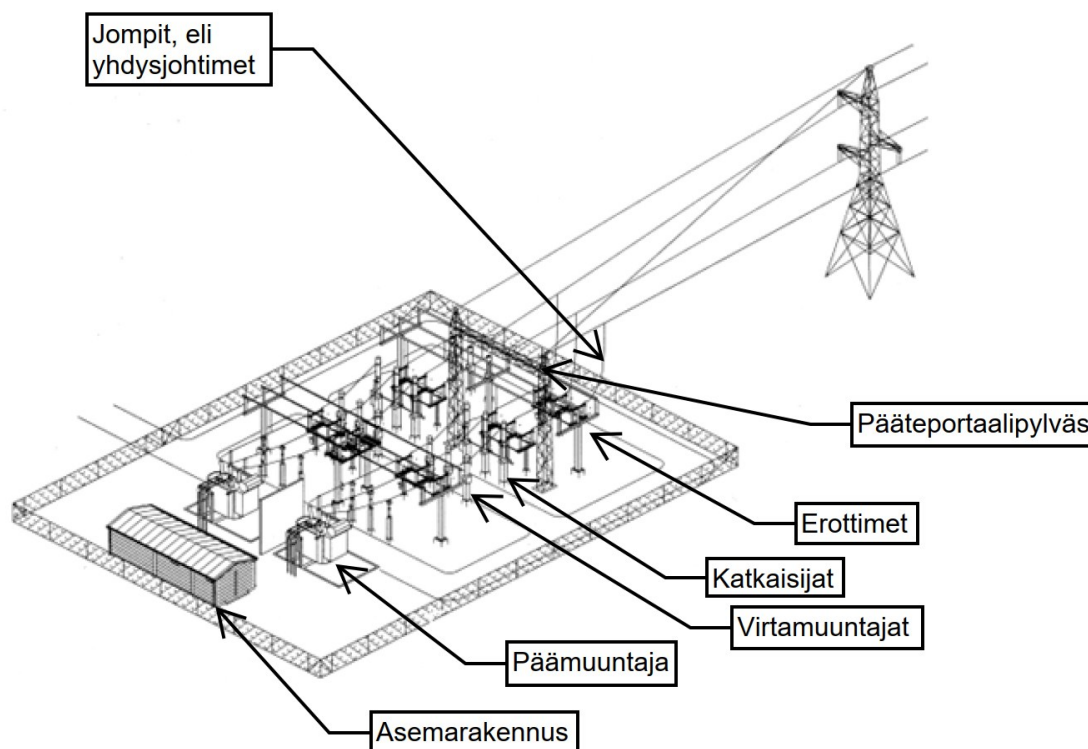


KUVA 5. Esimerkki sähköaseman sijoittumisesta verkkoon (Järvi-Suomen Energia 2023)

Kuvassa 5 on esitetty yksinkertaistettu malli sähköasemien sijoittumisesta verkkoon. Esimerkiksi 400/110 kV ja 110/20 kV muutokset voivat tapahtua erillisillä asemilla tai samalla asemalla. Ratkaisu riippuu verkon rakenteesta ja alueellisista tarpeista.

3.2 Sähköaseman rakenne

Kuvassa 6 on esitetty esimerkinomaisesti 110/20 kV sähköasema. Kyseessä on muuntoasema, jossa on ulkokytkinkenttä ja kaksi päämuuntajaa. Sähköaseman osat käsitellään tarkemmin seuraavissa osissa.



KUVA 6. Sähköaseman liittyminen verkkoon (muokattu lähteestä ABB 2000)

Sähköaseman päätehtävä on muuntaa suurjänniteverkon, esimerkiksi 110 kilovoltin jännite 20 kilovoltiin, joka soveltuu keskijänniteverkon käyttöön. Asemalle voi liittyä useita 110 kV:n siirtolinjoja, jolloin asema toimii myös sähkönsiirron solmukohtana eri verkko-osien välillä. (Fingrid n.d.)

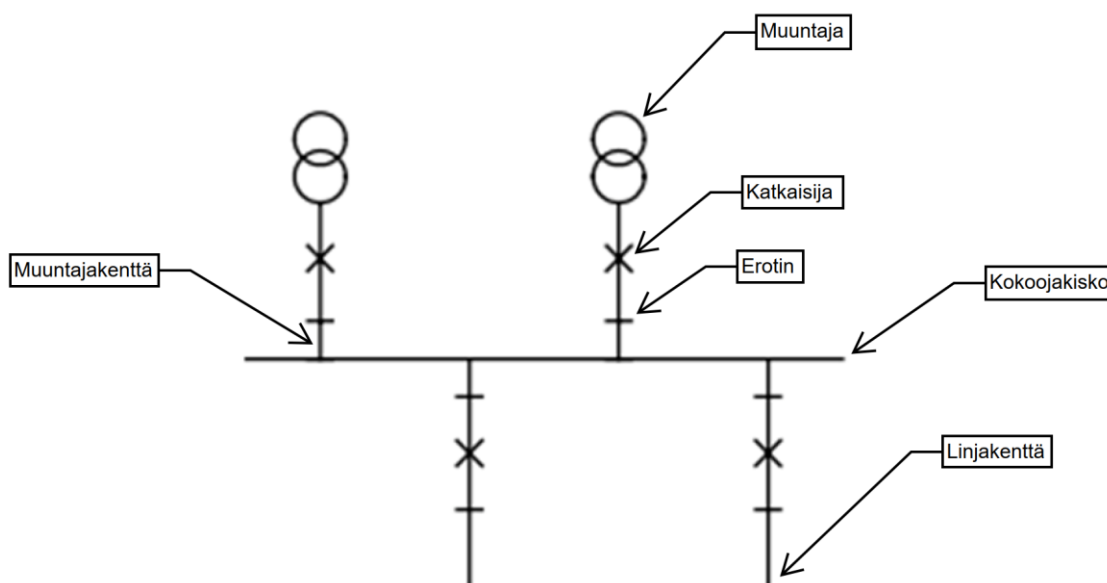
Sähkön kulkua sähköaseman läpi voidaan kuvan 6 aseman tapauksessa kuvata seuraavasti. Sähkö saapuu asemalle 110 kV:n ilmajohtona, joka päättyy pääteportaaliympylvälle. Johto kytketään kokoojakiskoon jomppien (yhdysohjatimet) avulla, ja kisko yhdistää aseman eri kentät toisiinsa. Sähkö kulkee muuntajalle useiden laitteiden (kuva 12), kuten erottimen, katkaisijan, virtamuuntajien ja ylijännitesuojien kautta. Muuntaja muuntaa jännitteen 20 kilovoltiin, minkä jälkeen sähkö siirretään maakaapelia pitkin asemarakennuksessa sijaitseville keskijännitekojeistoille. Kojeistot on yhdistetty toisiinsa kiskostolla, joka johtaa sähkön edelleen lähtökentöille ja sieltä maakaapeleita pitkin jakeluverkkoon.

3.2.1 Kiskojärjestelmät

Sähköasemilla voidaan käyttää useita erilaisia pääkiskojärjestelmiä, joista yleisiä ovat esimerkiksi:

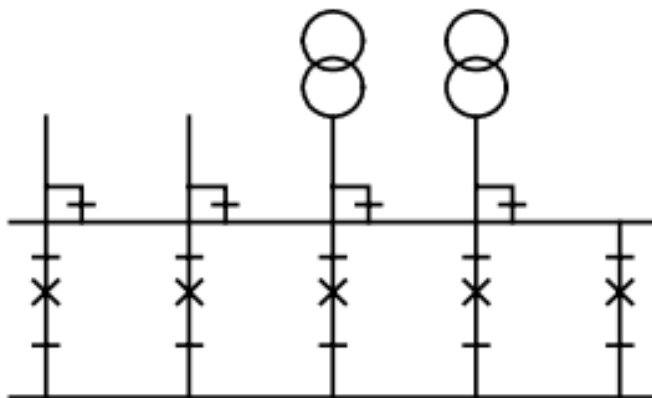
- yksikiskojärjestelmä
- kisko-apukiskojärjestelmä
- kaksikiskojärjestelmä
- kaksoiskatkaisijajärjestelmä (Duplex). (ABB 2000.)

Kiskojärjestelmien erot perustuvat niiden rakenteellisiin ratkaisuihin, joista puolestaan seuraa eroja toimintavarmuudessa, huollettavuudessa, vikojen hallinnassa ja kustannuksissa. Kuvassa 7 on esitetty yksikiskojärjestelmä.



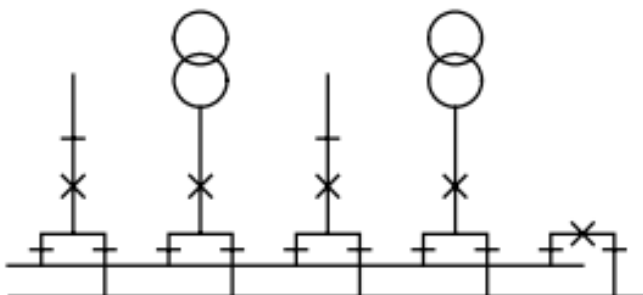
KUVA 7. Yksikiskojärjestelmä (muokattu lähteestä ABB 2000)

Yksikiskojärjestelmän etuina ovat yksinkertainen rakenne, alhaiset kustannukset ja helppo käyttö. Oikein suunniteltuna kisko voidaan erottaa ja huoltaa käytön aikana, jos linja- ja muuntajakenttien sijoittelu on tehty tarkoituksenmukaisesti. Haittapuolena on kuitenkin rajoitetut kytkentämahdollisuudet: vika kiskossa tai katkaisijassa aiheuttaa välittömästi käyttökeskeytyksen. Yksikiskojärjestelmä on yksinkertaisin mahdollinen kiskorakenne ja usein on tarkoituksenmukaista käyttää monipuolisempaa kiskorakennetta. (ABB 2000.) Kuvassa 8 on esitetty kisko-apukiskojärjestelmän rakenne. Se tuo pääkiskon lisäksi käyttöön toisen kiskon, johon liitytään erottimilla.



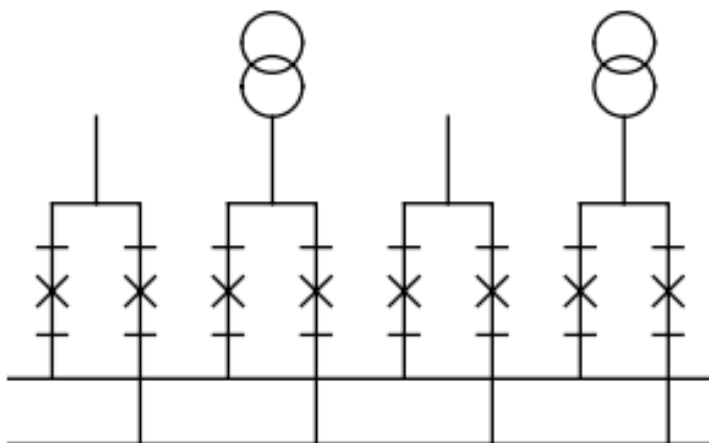
KUVA 8. Kisko-apukiskojärjestelmä (ABB 2000)

Kisko–apukiskojärjestelmässä on yksikiskojärjestelmää paremmat laajennusmahdollisuudet ja mahdollisuus huoltaa katkaisijoita ilman keskeytystä. Jos kiskokatkaisijaa ei ole, voidaan joutua kytke-
mään kaksi syöttöä samalle katkaisijalle. Vika pääkiskossa aiheuttaa edelleen keskeytyksen. (ABB 2000.) Seuraava monipuolisempi kiskorakenne on kuvan 9 kaksikiskojärjestelmä.



KUVA 9. Kaksikiskojärjestelmä (ABB 2000)

Kaksikiskojärjestelmä mahdollistaa syöttöjen ja kuormien ryhmittelyn sekä kytkentöjen tekemisen käytön aikana. Toisen kiskon voi tehdä jännitteettömäksi huoltotöitä varten, mutta katkaisijan huolto vaatii edelleen kentän irrottamista jännitteestä. (ABB 2000.) Kriittisillä asemilla voi olla tarpeen vielä tätäkin käyttövarmempaan ja monipuolisempaan ratkaisuun, joka on kuvassa 10 esitetty kaksoiskat-
kaisijajärjestelmä.



KUVA 10. Kaksoiskatkaisijajärjestelmä (Duplex) (ABB 2000)

Kaksoiskatkaisijajärjestelmä (Duplex) on erittäin käyttövarma ratkaisu, sillä vika yhdessä kiskossa ei aiheuta katkosta, ja mikä tahansa katkaisija voidaan ottaa huoltoon ilman keskeytystä. Haittana on kuitenkin monimutkaisuus ja korkea hinta. (ABB 2000.) Lisäksi suojauksen ja automaation toteutus on vaativampi, mutta tämä ei ole ongelma asemilla, joissa käytetään tyyppisuunnitelmia. Tyyppisuunnitelma tarkoittaa valmiiksi laadittua suunnitelmaa tai malliratkaisua, jota voidaan käyttää toistuvasti samankaltaisissa kohteissa. Sähkösaman kohdalla tyyppisuunnitelma voi sisältää esimerkiksi vakioratkaisut kojeiston tai kytkinlaitoksen rakenteelle, kytkentäkaavioille ja asennustavoille. Niiden avulla suunnittelua voidaan nopeuttaa, varmistaa yhdenmukaiset tekniset ratkaisut ja vähentää virhemahdollisuuksia.

3.2.2 Kaasueristetty kojeisto (GIS)

Kaasueristetyt kojeistot (GIS) ovat ilmaeristeisiä kojeistoja kompaktimpi ratkaisu, jossa korkeajännitekomponentit, kuten katkaisijat, erottimet, kuormankatkaisijat ja virtakiskot, on suljettu metalliseen kaasusäiliöön. Rakenteessa käytetään yleensä eristekaasuna rikkidioksidia (SF_6) tai sen vaihtoehtoja, mikä mahdollistaa pienemmän tilantarpeen ja vähentää huollon tarvetta. GIS-kojeistoja hyödynnetään erityisesti kohteissa, joissa asennustila on rajallinen tai ympäristöolosuhteet haastavat ilmaeristeisten kojeistojen käytön, kuten kaupunkialueilla, metrotunneleissa ja teollisuusympäristöissä. Ilmaeristeisen (AIS) ja kaasueristeisen (GIS) kojeiston valinta perustuu käyttökohteen vaatimuksiin, kustannuksiin, käytettävissä olevaan tilaan sekä ympäristöolosuhteisiin. (ABB n.d.)

Kuvassa 11 on esimerkki Kuopion Iloharjun sähköasemalla käytetystä 110 kV kaasueristetystä kojeistosta.



KUVA 11. 110 kV GIS-kojeisto Ilohajun sähköasemalla Kuopiossa (Ases 2024)

GIS-kojeiston rakenne koostuu useista erillisistä osastoista, jotka on varustettu kaasutiiviillä läpiviennillä ja mekaanisesti eristetyillä kytkelementeillä. Jokainen osasto on suunniteltu kestäämään suuria jännitteitä ja paineita sekä mahdollistamaan turvallisen käytön ja huollon. Rakenteen suljettu luonne suojaa komponentteja pölyltä, kosteudelta ja ulkoisilta epäpuhtauksilta, mikä vähentää huollon tarvetta ja pidentää käyttöikä. (Manninen, 2024.)

Kaasueristetyn kojeiston suurimpia etuja ovat sen pieni tilantarve, korkea turvallisuustaso ja vähäinen ympäristöolosuhteiden vaikutus. Lisäksi GIS-ratkaisut soveltuvat hyvin sisäasennuksiin ja kohteisiin, joissa käytettävissä oleva tila on rajallinen tai asennusympäristö poikkeuksellisen vaativa. Haittapuolina voidaan mainita suurempi alkuinvestointi sekä SF₆-kaasun käytöstä aiheutuvat ympäristövaikutukset, joita on kuitenkin pyritty vähentämään uusilla kaasuseoksilla ja kierrätysjärjestelmillä. (Manninen, 2024.)

3.2.3 Tehomuuntaja

Tehomuuntajat (kuva 12) määrittävät pitkälti, mitä jännitetasoja asema käsittelee. Kantaverkon sähköasemilla on yleensä 400/110 kV tai 110/20 kV muuntajia tai näiden yhdistelmiä. Tehomuuntaja muuntaa jännitteen siirtotasolta jakelutasolle tai päinvastoin. Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, jossa vaihtosähkö saa aikaan magneettivuon ensiökäämissä ja indusoi toisiokäämiin jännitteen, jonka suuruus määräytyy käämien välisen kierrosluvun suhteesta (Schneider Electric n.d.).

Rakenteeltaan tehomuuntaja koostuu magneettisydäimestä, ensiö- ja toisiokäämeistä, eristejärjestelmästä sekä jäähdytys- ja suojauslaitteista. Suurjännitemuuntajissa käytetään yleisesti öljyeristystä, jossa öljy toimii sekä jäähdytysaineena että eristeenä. Öljykierrolla ja jäähdytysjärjestelmällä varmistetaan, että muuntajan lämpötila pysyy käytön aikana sallituissa rajoissa, mikä pidentää sen käyt-

töikää ja vähentää huoltotarvetta. (Meta Power Solutions n.d.) Muuntajat varustetaan myös suojarie-
leillä ja valvontalaitteilla, jotka havaitsevat vikatilanteet, kuten ylikuumentumisen tai eristysvian, ja
estävät vaurioiden laajenemisen.

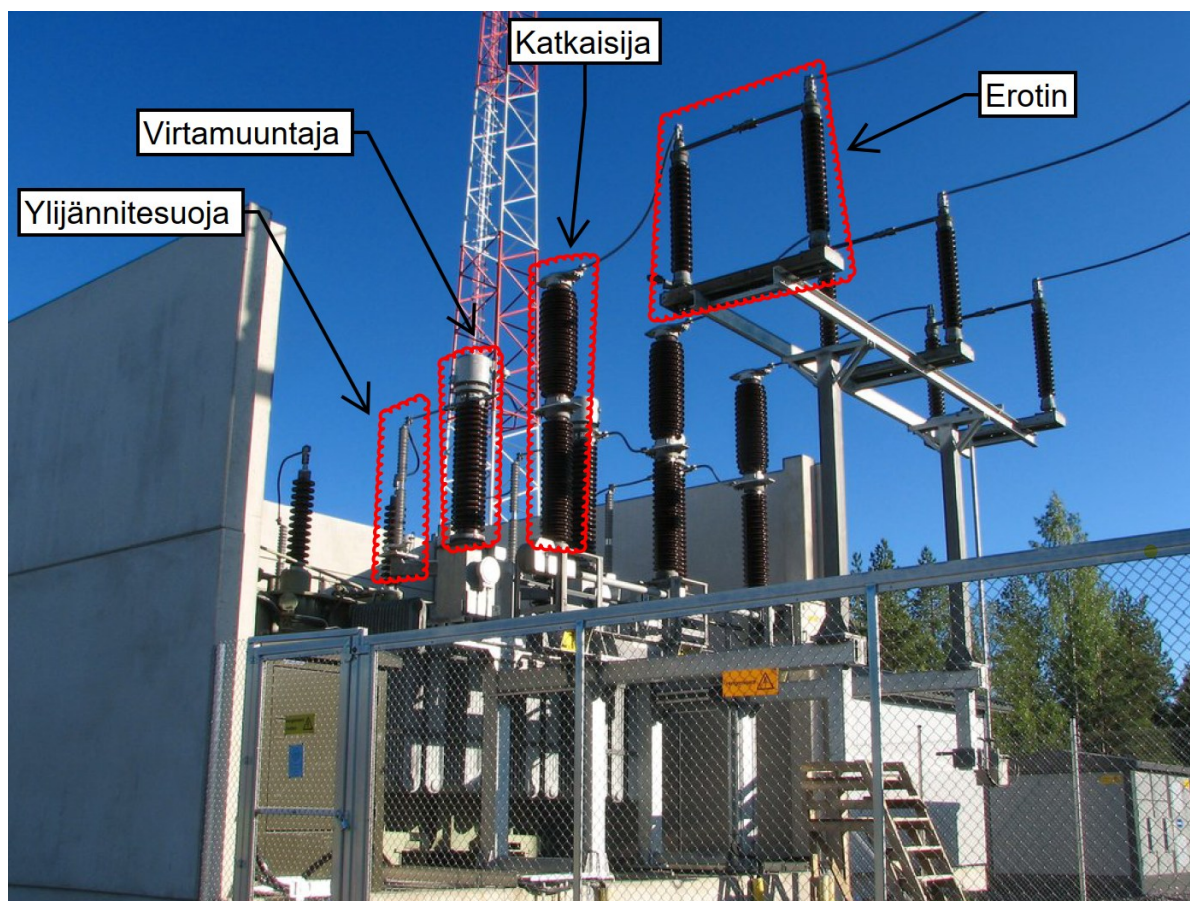


KUVA 12. 110/20 kV tehomuuntaja muuntajabunkkerissa. (Multirel 2020)

Suunnittelussa pääasiallinen huomio kohdistuu sähköturvallisuuteen, häviöiden hallintaan ja mekaa-
niseen kuormitukseen. Mallinnuksessa muuntaja kuvataan tarkasti, koska sen koko ja liitännävaati-
mukset vaikuttavat suoraan tilankäyttöön. Suuret tehomuuntajat sijoitetaan tavallisesti turvallisuuden
vuoksi betoniseen muuntajabunkkeriin, jossa on vuotokaukalo mahdollisten öljyvetojen hallintaa
varten.

3.2.4 Ensiöpiirilaitteet

Sähköaseman ensiöpiirilaitteet muodostavat järjestelmän, jonka avulla verkon eri osia voidaan erottaa, kytkeä tai suojata käyttötilanteen mukaan. Nämä laitteet mahdollistavat sähkönsiirron hallinnan, vikatilanteiden rajaamisen sekä turvalliset huolto- ja käyttökytkennät. Kuvassa 13 esitellään ensiöpiirin keskeiset komponentit: erotin, katkaisija, virtamuuntaja ja ylijännitesuoja oikealta vasemmalle päin syöttösuunnan mukaisesti 110 kV ulkokentällä.



KUVA 13. Erotin, virtamuuntaja ja katkaisija (muokattu lähteestä Määttä, 2009)

Erotin varmistaa laitteiston jännitteettömyyden, mutta ei ole tarkoitettu kuormitusvirran katkaisuun, vaan sitä käytetään, kun virtapiiri on ensin katkaistu katkaisijalla. Erottimen mekaaninen asento toimii näkyvänä turvavarmistuksena. (Mustonen, 2021.) Erottimien sijoittelu määrittää, miten kenttä rakentuu ja miten sähkö voidaan reitittää.

Katkaisija katkaisee tai yhdistää virtapiirin, myös vikatilanteissa. Se voi avata piirin esimerkiksi oikosulun sattuessa. Käytössä on muun muassa SF₆- ja tyhjiökatkaisijoita, ja valinta riippuu käyttöympäristöstä ja jännitetasosta. SF₆-kaasu on kuitenkin ilmastolle haitallinen kasvihuonekaasu ja se kielletään EU:ssa kokonaan vuoteen 2031 mennessä. Kielto ajaa laitevalmistajia kehittämään entistä innovatiivisempia korvaavia tuotteita, jotka ovat SF₆-tuotteita ympäristöystävällisempiä. (Sähkönsiirto – SIL ry 2024.)

Mittamuuntajat mahdollistavat järjestelmän mittauksen ja suojauksen. Virtamuuntaja mittaa sen läpi kulkevan virran ja muuntaa sen pienempään, suojarielelle sopivaan arvoon. Jännitemuuntaja tekee

vastaavan jännitteen osalta. Näiden sijoittelu ja mittatarkkuus vaikuttavat suoraan automaation ja suojausten toimintaan. Tietomallissa mittamuuntajat yhdistetään usein kenttäkohtaisiin objekteihin, jolloin niihin liittyvä tieto pysyy koottuna. Yleensä mittamuuntajat asennetaan niin, että virtamuuntajat asennetaan jokaisen kentän kaikille vaiheille ja jännitemuuntajat jokaiselle kiskolle.

Ylijännitesuoja on laite, joka suojaa sähköaseman laitteistoa salamaniskujen ja kytkentätilanteiden aiheuttamilta ylijännitteiltä. Se toimii purkamalla ylimääräisen energian maahan ennen kuin jännite ehtii vahingoittaa eristystä tai laitteita. Ylijännitesuojan käyttö on välttämätöntä erityisesti suurjänniteverkoissa, joissa ylijännitteet voivat aiheuttaa vakavia laiterikkoja ja käyttökatkoja.

3.2.5 Keskijännitekojeisto

Keskijännitekojeisto (kuva 14) toimii rajapintana tehomuuntajan toisiopuolen ja jakeluverkon välillä. Kojeiston tehtävänä on mahdollistaa sähkön turvallinen kytkeminen ja katkaiseminen erilaisissa verkon käyttötilanteissa sekä suojata laitteita ja verkkoa sähköisiltä vioilta, varmistaen sähkönjakelun jatkuvuuden myös vikatilanteissa.



KUVA 14. ABB UniGear ZS1 -keskijännitekojeisto (ABB 2025)

Keskijännitekojeistot voidaan toteuttaa usealla eri tavalla rakenteen, eristystavan ja käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimpiä ratkaisuja ovat ilmaeristeiset, kaasueristeiset ja tyhjiökatkaisuperiaatteella toimivat kojeistot. Ilmaeristeisiä kojeistoja käytetään usein pienemmissä kohteissa, joissa tilaa on riittävästi ja huolto on helposti järjestettävissä. Kaasueristeiset kojeistot (GIS) tarjoavat kompaktin rakenteen ja korkean käyttövarmuuden, minkä vuoksi niitä käytetään pienillä sähköasemilla, etenkin kaupunkiympäristöissä. Tyhjiökatkaisijoihin perustuvat kojeistot puolestaan yleistyvät SF6-vapaina vaihtoehtoina niiden ympäristöystävällisyyden ja tulevan SF6-kiellon myötä, joka astuu voimaan keskijännitteen osalta jo vuonna 2026. Esimerkiksi Schneider Electric on kehittänyt uuden RM AirSeT-kojeiston korvaamaan SF6-kojeistoja. (Schneider Electric 2024.)

Kojeistot koostuvat tyypillisesti useista kennoista, jotka sisältävät katkaisijan, erottimen, maadoitus-erottimen, virtamuuntajat, jännitemuuntajat sekä suojaroleisiin kytketyt mittauspiirit (Erkheikki, 2015). Jokainen kenno muodostaa oman sähkönsyöttö- tai lähtöyksikkönsä, jota voidaan ohjata ja suojata erikseen. Nykyisin kojeistot varustetaan usein myös digitaaliseen ohjaukseen ja valvontaan soveltuvilla liitännöillä, mikä mahdollistaa osana älyverkkoratkaisuja reaaliaikaisen mittaamisen, kunnonvalvonnan ja etäohjauksen. Keskijännitekojeistot sijaitsevat yleisesti asemarakennuksen sisällä.

3.2.6 Apusähköjärjestelmä ja suojaus

Apusähköjärjestelmä on sähköaseman toiminnan kannalta olennainen järjestelmä, joka varmistaa aseman laitteiden, automaation sekä ohjaus- ja suojausjärjestelmien sähkönsaannin kaikissa tilanteissa. Järjestelmä syöttää sähköä aseman omaan käyttöön, kuten valaistukseen, ohjauspiireihin, suojaroleistuksiin, katkaisijan moottoreille, jäähdytyslaitteisiin sekä tiedonsiirto- ja valvontalaitteisiin (Erkheikki, 2015).

Apusähköjärjestelmä muodostuu tyypillisesti tasasähkö- ja vaihtosähköjärjestelmistä. Tasasähköjärjestelmä (yleensä 110 VDC 110 kV asemalla tai 220 VDC 400 kV asemalla) tuottaa sähköä automaation, ohjauksen ja suojauksen tarpeisiin, ja se on yleensä akuston ja tasasuuntaajan (kuva 15) varassa toimiva itsenäinen redundanttinen järjestelmä. (Erkheikki, 2015.)



KUVA 15. Tasasuuntaajat/laturit (Tähtinen, 2015)

Redundanttinen järjestelmä tarkoittaa järjestelmää, jossa sen osat on tarkoituksella monistettu tai varmistettu siten, että yhden osan vikaantuminen ei estä järjestelmän toimintaa. Toisin sanoen järjestelmässä on varajärjestelmä tai rinnakkainen rakenne, joka ottaa tehtävän hoitaakseen, jos pääkomponentti pettää.

Akkujen (kuva 16) avulla varmistetaan, että aseman tärkeät toiminnot, kuten katkaisijoiden ohjaukset ja suojalaitteet, pysyvät toiminnassa myös sähkökatkon aikana.



KUVA 16. Apusähköjärjestelmän akusto (Tähtinen, 2015)

Vaihtosähköjärjestelmä puolestaan syöttää sähköä aseman apulaitteille, kuten valaistukselle, lämmitykselle ja ilmanvaihdolle. Sitä varten asemilla on useampi syöttö, joka voi olla peräisin joko jakeluverkosta, omalta muuntajalta tai varavoimageneraattorilta. Apusähköjärjestelmä voidaan kytkeä myös automaattisesti varalähteeseen, jos pääsyöttö katkeaa. (Erkheikki, 2015.)

Apusähköjärjestelmän suunnittelussa tärkeintä on luotettavuus, selektiivisyys ja turvallisuus. Järjestelmä on yleensä jaettu useisiin erillisiin syöttöihin, jotta yhden komponentin vika ei lamautta koko asemaa. Lisäksi apusähkökeskukset (kuva 17) ja akustot sijoitetaan erillisiin, palo- ja räjähdysuojattuihin tiloihin, joissa lämpötila ja ilmanvaihto on tarkasti hallittu.



KUVA 17. Tasasähkökeskus (Tähtinen, 2015)

Suojareleet (kuva 18) tunnistavat häiriöt, kuten oikosulut, ylikuormat ja maasulut, ja ohjaavat katkaisijoita katkaisemaan yhteyden vialliselle osuudelle. Automatiikka voi myös palauttaa sähkönsyötön jälleenkytkennällä, jos kyseessä on hetkellinen vika. Suojajärjestelmä on integroitu aseman ohjaukseen, johon kuuluu myös tiedonsiirto ja kaukokäyttö. Näin asemaa voidaan seurata ja ohjata keskitetysti ja tilannetieto pysyy ajan tasalla. Suojareleet saavat sähkösyöttönsä apusähköjärjestelmästä ja mittauksiedot mittamuuntajilta.

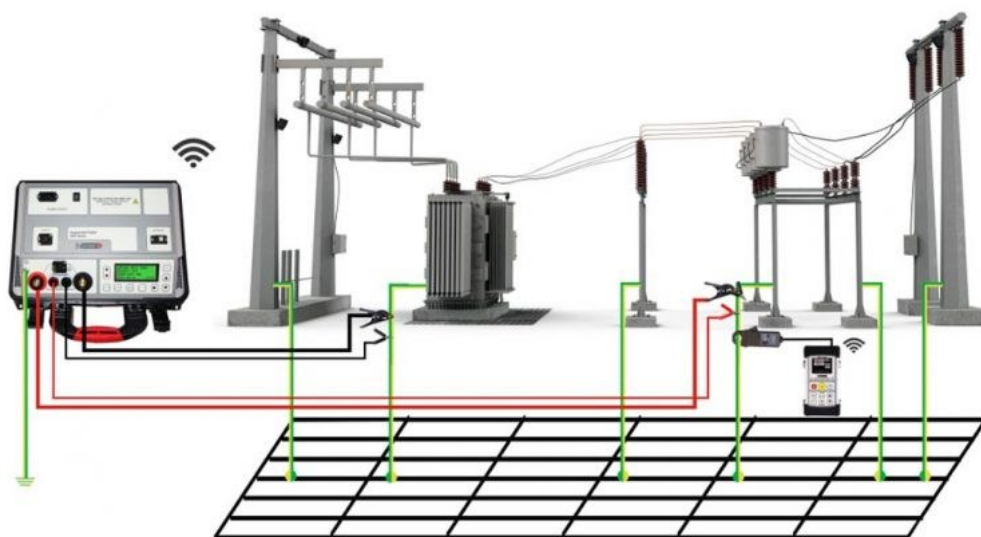


KUVA 18. Siemens Siprotec -suojarele (Siemens 2025)

Tietomallinnuksen näkökulmasta apusähköjärjestelmä liittyy erityisesti kaapelointien, kojeistojen ja laitetilojen mallintamiseen. Malliin voidaan sisällyttää akustojen sijoitus, tasasuuntaajat, apusähkökeskukset sekä varavoiman liittynät. Näin varmistetaan, että apusähköjärjestelmä on huomioitu suunnittelun kokonaisuudessa tilavarauksineen ja turvallisuusvaatimuksineen.

3.2.7 Maadoitus ja potentiaalintasaus

Maadoitus ja potentiaalintasaus ovat tärkeä osa sähköaseman turvallisuutta. Niiden tarkoituksena on johtaa vikatilanteissa syntyvät vikavirrat hallitusti maahan siten, ettei vaarallisia kosketus- tai askeljännitteitä pääse muodostumaan. Toimiva maadoitus suojaa ihmisiä ja laitteita vaurioilta sekä pienentää sähkömagneettisten häiriöiden vaikutusta ohjaus- ja suojapiireihin. Toteutus perustuu maahan upotettuihin kuparijohtimiin, maadoitusverkkoon (kuva 19) ja potentiaalintasaukseen. (Nuolioja, 2020.)



KUVA 19. Sähköaseman maadoitusverkko (DV Power 2021)

Kaikki aseman johtavat osat kuuluvat potentiaalintasauksen piiriin, eli kaikki johtavat osat kytetään koko asema-alueen kattavaan maadoitusverkkoon (Nuolioja, 2020). Potentiaalintasauksen periaatteenä on se, että asema-alueen jännite voi hyvin olla nollasta poikkeava, mutta missään kohdassa asemaa ei saa esiintyä vaarallista potentiaalieroja, joka voi johtaa sähköiskuun. Asema-alue sidotaan siis kokonaisuudessaan samaan potentiaaliin potentiaalintasauksen avulla.

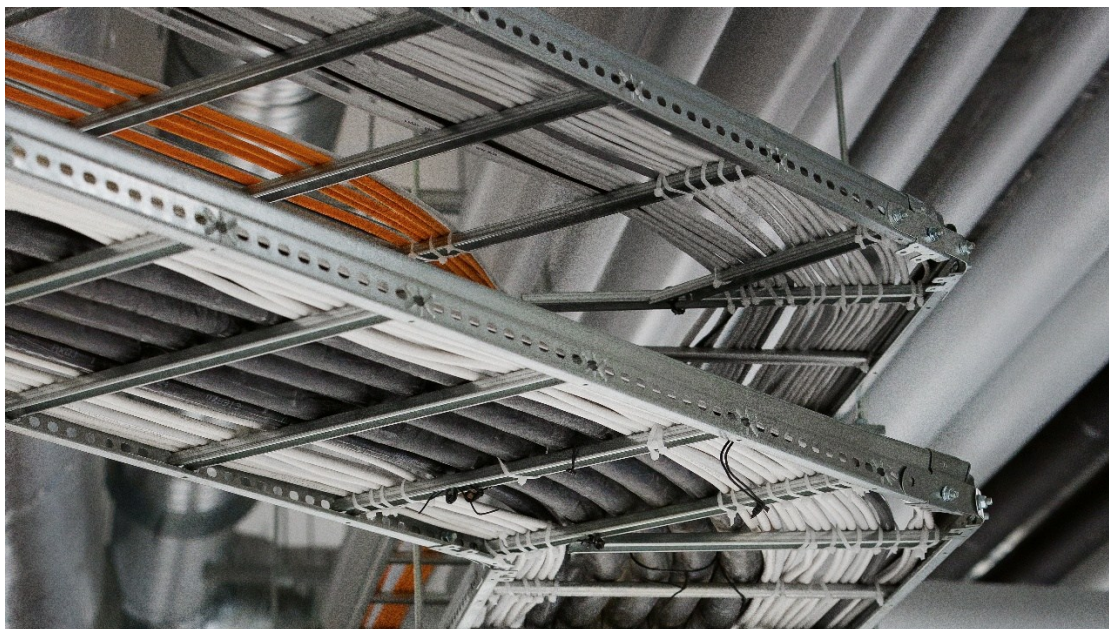
Mallinnuksessa maadoitus esitetään usein yksinkertaistetusti, mutta reittien ja liitännöjen tarkkuus on tärkeää varmistaa maadoitussuunnittelulla, johon sisältyy maadoituslaskelmat. Tämä varmistaa sähköisen jatkuvuuden.

3.2.8 Kaapelireitit

Sähköaseman kaapelointi muodostaa merkittävän osan koko laitoksen sähköasennuksista. Kaapelireitit suunnitellaan siten, että ne mahdollistavat turvallisen helposti asennettavan ja huollettavan kokonaisuuden, joka täyttää sekä tekniset että ympäristölliset vaatimukset. Suunnittelussa otetaan huomioon kaapelien virrankesto, jännitetaso, lämmönnousu, suojaus, mekaaninen rasitus ja asennusolosuhteet.

Sähköasemilla kaapelireitit kulkevat usein laitetilojen, kaapelikanavien, hyllyjärjestelmien (kuva 20) ja kaapelikaivojen kautta. Reittien sijoittelu on tärkeää sekä sähköturvallisuuden että tilankäytön kannalta. Kaapelihyllyjen ja johtokanavien suunnittelussa huomioidaan erityisesti erotus eri järjestelmien, kuten ohjaus-, suojaus- ja voimakaapelien välillä, jotta sähkömagneettiset häiriöt pysyvät hallinnassa. Lisäksi reitit suunnitellaan niin, että huoltotyöt ja mahdolliset lisäkaapeloinnit voidaan toteuttaa ilman suuria muutoksia. Kaapelointien reititys liittyy läheisesti myös maanrakennukseen, rakenteellisiin tiloihin ja laitetasojen korkeuksiin, minkä vuoksi sen koordinointi eri suunnittelualojen välillä on olennainen osa onnistunutta toteutusta.

Kaapelireittien toteutustapa riippuu usein asematyypistä ja ympäristöstä. Sisäasennuksissa käytetään yleisesti teräksisiä hyllyjärjestelmiä, kun taas ulkona reitit viedään kaapelikanaviin tai maahan upotettuihin suojaputkiin. Jokaisen reitin mitoituksessa ja tuennassa huomioidaan kaapelien paino, lämpökuormitus ja mekaaninen suojaus. Kaapelien tunnistet, merkinnät ja dokumentointi ovat tärkeä osa asennuksen laadunvarmistusta ja myöhempää kunnossapitoa.



KUVA 20. Kaapelihylly (Legrand 2025)

Mallintamalla kaapelihyllyt, nousut ja kanavat kolmiulotteisesti voidaan varmistaa, että ne mahtuvat suunniteltuihin tiloihin ja toimivat rakenteellisesti sekä sähkötekniisesti oikein. Tietomalli mahdollistaa tarkat mitoitukset, korkeustasojen hallinnan ja törmäystarkastelut jo suunnitteluvaiheessa, mikä vähentää virheitä ja muutostöitä rakentamisen aikana.

Revit- ja MagiCAD-ohjelmistoilla tehtävässä mallinnuksessa kaapelireitit rakennetaan komponentti-kirjastoihin perustuen, jolloin hyllyjen leveydet, materiaalit ja kannakkeet ovat yhtenäisiä eri projekteissa. Mallista saadaan tuotettua myös määrätietoja ja asennuskuvia, jotka helpottavat hankintaa ja toteutusta. Mallinnuksen avulla voidaan tarkastella reittien yhteensopivuutta muiden suunnitteluolojen, kuten rakennus- ja LVI-järjestelmien kanssa, mikä helpottaa eri toimijoiden välistä koordinaointia.

Tietomallinnuksen etuna on myös sen elinkaaren aikainen hyödynnettävyys. Kaapelireittimalli toimii osana sähköaseman digitaalista dokumentaatiota, josta voidaan myöhemmin tarkistaa reittien sijainnit ja kapasiteetit.

3.3 Sähköasemaprojektit

Sähköasemaprojektin sisältö ja eteneminen määräytyvät pitkälti projektin tyypin mukaan. Sähköasemia toteutetaan sekä uudisrakennuskohteina (green field -hankkeina) että olemassa olevien asemien saneerauksina ja laajennuksina. Vaikka molempien projektien päävaiheet – suunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto ja dokumentointi – ovat periaatteessa samat, projektin luonne vaikuttaa merkittävästi sekä suunnittelu- että rakennusvaiheen toteutukseen. Kuvassa 21 on esitetty projektin tyyppiä ohjaavia tekijöitä.



KUVA 21. Sähköasemaprojektin yleisiä suuntaviivoja

Uuden aseman rakentaminen voidaan aloittaa tyhjältä tontilta ilman käytössä olevia sähkölaitteistoja, mikä tekee toteutuksesta hallitumpaa ja turvallisempaa. Jännitetyöt ja käyttökeskeytykset ajoittuvat tällöin vasta projektin loppuvaiheeseen. Saneeraus- ja laajennushankkeissa sen sijaan työ tehdään käytössä olevalla asemalla, jolloin aikataulusuunnitelma ja työjärjestys on suunniteltava huolellisesti, jotta sähkönjakeluun aiheutuu mahdollisimman vähän keskeytyksiä. Tämä edellyttää vaiheittaista toteutusta ja tiivistä yhteistyötä käyttökeskuksen kanssa.

Projektin toteutukseen vaikuttavat myös sijainti ja maaperäolosuhteet. Aseman rakentaminen avoimelle maaseutualueelle poikkeaa huomattavasti kaupunkitontista, jossa on otettava huomioon kaavamääräykset, melu, maisemointi ja rajoitettu tila. Maaperän laatu vaikuttaa rakenteiden kantavuuteen ja maadoitusjärjestelmän toteutukseen: pehmeikkö- ja suopohjille tarvitaan usein paalutuksia ja vahvistettuja perustuksia, kun taas kallioalueilla maadoitus on teknisesti haastavampaa heikon kosketusresistanssin vuoksi.

Sähköaseman suunnittelun on lisäksi täytettävä tilaajan nykyiset ja tulevat tehontarpeet. Asema mitoitetaan siten, että tulevia laajennuksia voidaan toteuttaa, mutta ylimitoitusta tulee välttää kustannusten hallitsemiseksi. Mitoitusvirrat määrittävät komponenttien, kytkinlaitteiden ja kaapelien valinnan, kun taas eristystasot riippuvat käytettävästä jännitetasosta ja asematyypistä. Esimerkiksi ilmaeristeinen kytkinlaitos vaatii enemmän tilaa kuin kaasueristeinen GIS-asema, mutta sen huolto on usein yksinkertaisempaa.

Sähköasemaprojektit ovat jakeluverkkoyhtiöille ja muille verkonhaltijoille merkittäviä investointeja, jotka määrittävät pitkälti sähköverkon rakenteen ja topologian. Uuden sähköaseman sijainti, kapasiteetti ja kytkentäratkaisut vaikuttavat siihen, miten kuormitukset jakautuvat ja millaisia liityntöjä verkoon voidaan tulevaisuudessa toteuttaa. Tämän vuoksi sähköasemien suunnittelu ja toteutus ovat strategisia päätöksiä, joilla on vaikutuksia vuosikymmenien päähän. (Mustonen, 2021.)

Päätös toteutustavasta, eli tehdäänkö saneeraus vai green field -hanke, perustuu useiden tekijöiden yhteisvaikutukseen. Mikäli olemassa oleva asema on rakenteellisesti hyvässä kunnossa ja sen sijainti tukee verkon nykyisiä ja tulevia tarpeita, saneeraus on yleensä kustannustehokkain vaihtoehto. Jos taas aseman sijainti ei enää vastaa verkon kehityssuunnitelmia tai alueen sähkönkulutus on kasvanut merkittävästi, green field -hanke voi olla perustellumpi ratkaisu.

Valintaan vaikuttavat lisäksi ympäristökijät, maankäyttö, sähköverkon topologiset rajoitteet sekä elinkaarialoudelliset näkökulmat. Uusi asema mahdollistaa modernien kojeistojen, suojausjärjestelmien ja automaation käyttöönoton ilman vanhojen rakenteiden asettamia rajoituksia. Toisaalta saneerauksessa voidaan hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria ja pienentää investointikustannuksia, kunhan turvallisuus ja käyttövarmuus voidaan varmistaa. Päätöstä ohjaa kokonaisuoptimointi: tavoitteena on löytää ratkaisu, joka tarjoaa parhaan tasapainon teknisen suorituskyvyn, kustannusten ja verkon kehitystavoitteiden välillä.

Tietomallinnus tukee päätöksentekoa sekä projektin suunnittelu- ja toteutusvaiheita. Mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa eri vaihtoehtojen vertailun, törmäystarkastelut, tilavarauksien arvioinnin sekä verkon laajennusmahdollisuuksien simuloinnin jo ennen rakentamisen aloittamista. Näin tietomalli toimii päätöksenteon työkaluna ja varmistaa, että valittu toteutustapa on sekä teknisesti että taloudellisesti perusteltu.

3.3.1 Saneeraushanke

Saneeraushankkeella tarkoitetaan olemassa olevan sähköaseman tai sen osien uudistamista, peruskorjausta tai teknistä modernisointia siten, että aseman käyttövarmuus, turvallisuus ja toiminnallinen tehokkuus paranevat. Tarve saneeraukselle syntyy yleensä usean tekijän yhteisvaikutuksesta. Suurimpia syitä ovat laitteiden ja järjestelmien ikääntyminen, kasvaneet sähkönsiirtotarpeet, muutokset verkon rakenteessa sekä teknologinen vanheneminen. Myös sähköturvallisuusmääräysten ja standardien päivitykset voivat edellyttää järjestelmien uudistamista.

Sähköasemat suunnitellaan tyypillisesti noin 40 vuoden tekniselle elinkaarelle, mutta esimerkiksi suuret järjestelmämuuntajat voivat säännöllisen kunnossapidon ansiosta palvella verkossa huomattavasti pidempään, jopa 80 vuoden ajan (Fingrid 2022). Vikaantumisherkkyyden lisääntyessä kunnossapidon kustannukset kasvavat ja käyttökatkojen riski nousee. Tällöin saneeraus voi olla taloudellisesti perusteltu vaihtoehto jatkuvien huoltojen sijaan.

Saneeraushankkeen sisältö vaihtelee kohteen laajuuden ja kunnan mukaan. Usein hanke alkaa kuntokartoituksella ja tarveselvityksellä, joissa arvioidaan olemassa olevien laitteiden ja rakenteiden tekninen tila sekä määritetään uusittavat osat. Tämän jälkeen laaditaan suunnitelmat uusille laitteille, kytkentäkaavioille, automaatiojärjestelmille ja dokumentaatiolle. Saneeraukseen voi kuulua vanhojen kojeistojen purku, uusien kojeiden ja suojausjärjestelmien asennus, kaapelointien uusiminen sekä ohjaus- ja valvontajärjestelmän päivitys.

Saneeraushankkeessa on kiinnitettävä erityistä huomiota käyttökatkosten hallintaan ja turvalliseen työskentelyyn. Työt on aikataulutettava siten, että sähköaseman toiminta voidaan turvata mahdollisimman vähillä keskeytyksillä. Työvaiheiden yhteensovittaminen edellyttää huolellista suunnittelua, etenkin jos osa laitteista jää käyttöön työn ajaksi. Lisäksi on varmistettava, että uudet komponentit ja ohjelmistot ovat yhteensopivia jäljelle jäävien järjestelmien kanssa.

Taloudellisesta näkökulmasta merkittäviä tekijöitä ovat investointikustannukset, elinkaarikustannusten kehitys sekä mahdolliset energiatehokkuus- ja kunnossapitosäästöt. Hyvin suunniteltu saneeraus voi pidentää aseman käyttöikää useilla vuosikymmenillä ja parantaa sähkönjakelun toimitusvarmuutta.

3.3.2 Green field -hankkeet

Green field -hankkeella tarkoitetaan täysin uuden sähköaseman rakentamista alueelle, jossa ei ole aiempaa vastaavaa infrastruktuuria. Toisin kuin saneeraushankkeessa, lähtökohtana ei ole olemassa olevan aseman modernisointi vaan kokonaan uuden järjestelmän suunnittelu ja toteutus. Tällainen hanke käynnistyy usein sähkönjakelun kapasiteettitarpeen kasvaessa, uuden teollisuusalueen rakentamisen yhteydessä tai sähköverkon rakenteellisten muutosten seurauksena. Green field -projekti tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää uusinta teknologiaa ja suunnitella sähköasema optimaalisesti nykyisten ja tulevien kuormitusvaatimusten mukaiseksi.

Hankkeen alkuvaiheessa tehdään esiselvitys, jossa tarkastellaan sähköverkon tarpeita, maantieteellisiä olosuhteita, maankäyttöä, liityntäpisteitä ja ympäristövaikutuksia. Tämän pohjalta määritetään aseman sijainti, jännitetaso, kapasiteetti ja pääasialliset kytkentäratkaisut. Suunnittelussa korostuvat toimintavarmuus, turvallisuus, huollettavuus ja tulevaisuuden laajennettavuus. Green field -hanke

mahdollistaa modernien komponenttien ja automaatiojärjestelmien integroinnin ilman vanhojen järjestelmien rajoituksia, mikä helpottaa teknistä toteutusta ja parantaa toimintavarmuutta.

Rakentamisvaiheessa työvaiheita ovat maanrakennustyöt, perustusten ja kojeistorakennusten rakentaminen, kojeistojen ja muuntajien asennus, kaapelointi sekä ohjaus- ja valvontajärjestelmien käyttöönotto. Aseman toteutusvaiheessa korostuvat projektinhallinta, aikataulus ja turvallisuus, sillä hankkeet ovat usein laajoja ja useiden urakoitsijoiden yhteisiä toteutuksia. Lisäksi viranomaisluvat, ympäristövaikutusten arviointi ja työmaan turvallisuusohjeiden noudattaminen ovat olennainen osa kokonaisuutta.

Green field -hankkeiden etuna on mahdollisuus optimoida koko aseman arkkitehtuuri ja järjestelmä-rakenne ilman vanhojen rakenteiden tai kaapelointien rajoitteita. Tällöin suunnitteluratkaisut voidaan tehdä energiatehokkuuden, tilankäytön ja tulevien laajennusmahdollisuuksien kannalta parhaalla tavalla. Investoinnin alkuvaiheen kustannukset voivat olla korkeammat kuin saneerauksessa, mutta käyttövarmuuden ja kunnossapidon näkökulmasta elinkaarikustannukset jäävät usein pienemmiksi.

3.4 Sähköaseman suunnitteluprosessi

Sähköasemasuunnittelija vastaa sähköasemien suunnittelusta ja toteutuksen valmistelusta siten, että ratkaisut tukevat sähköverkonhaltijan pitkän aikavälin kehittämissuunnitelmia. Suunnittelu kattaa tekniset, taloudelliset ja hallinnolliset näkökulmat aina kaavoituksesta ja lupamenettelyistä sähköaseman tekniseen toteutukseen. Työ tehdään tiiviissä yhteistyössä tilaajan, viranomaisten ja muiden suunnittelualojen edustajien kanssa. Kuvassa 22 on esitetty suunnitteluun liittyviä tehtäviä suunnitteluvaiheittain.

Yleiset sähköaseman suunnitteluun liittyvät tehtävät	Yleissuunnittelu	Esisuunnittelu	Pääsuunnittelu
<ul style="list-style-type: none"> • Kaavoitus • Lupa-asioiden selvittäminen • Tiestö ja vesi- sekä viemäri liittymät 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarpeen ja ennusteiden pohjalta tehtävä lähtökohta 	<ul style="list-style-type: none"> • Yleissuunnittelua yksityiskohtaisempi vaihe • Komponenttien valinta ja tilaukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Yksityiskohtaiset suunnitelmat • Luodaan perusta rakentamiselle ja asennuksille • Maanrakennussuunnittelu • Sähkösuunnittelu, joka jakautuu ensiö- ja toisiosuunnitteluun

KUVA 22. Sähköaseman suunnittelun vaiheet

Tämä ei tarkoita sitä, että yksi suunnittelija tekee kaikki nämä asiat, vaan suunnitteluprosessiin osallistuu useita suunnittelijoita eri organisaatioista. Yleisesti suunnitteluvastuut jakautuvat sähkö-, automaatio-, rakennus-, LVI- ja infrasuunnittelijoihin sekä projektinjohdon ja valvonnan asiantuntijoihin. Osa suunnittelutehtävistä, kuten yleissuunnittelu, hoidetaan usein jo työn tilaajan toimesta. Sähköasemasuunnittelun tehtäväjaosta kerrotaan tarkemmin seuraavissa osissa.

Suunnitteluprosessin tärkein tavoite on varmistaa, että asema toimii osana sähköverkkoa turvallisesti, luotettavasti ja kustannustehokkaasti koko elinkaarensa ajan. Tämän vuoksi suunnittelussa

otetaan huomioon sekä nykyiset käyttötilanteet että tulevat laajennusmahdollisuudet. Aseman rakenteet ja kojeistot mitoitetaan niin, että kuormituksen kasvaessa kapasiteettia voidaan lisätä ilman merkittäviä muutostöitä. Samalla on varmistettava, että käyttö- ja huoltotoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti ja että työtilat täyttävät sähköasemastandardien mukaiset etäisyys- ja turvallisuusvaatimukset.

Mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa eri suunnittelualojen työn yhteensovittamisen ja asemarakenteiden tarkastelun kolmiulotteisesti. Kun aseman rakenteet, kuten kojeistot ja kaapeloinnit mallinetaan, voidaan varmistaa laitetilojen mitoitus, kaapelireittien toimivuus sekä huoltotilojen saavutettavuus jo ennen rakentamisen aloittamista. Lisäksi tietomalli päivittyy automaattisesti muutosten yhteydessä, joten kaikki suunnittelualat pääsevät aina käsiksi suunnitelman uusimpaan versioon.

Suunnitteluprosessiin kuuluu myös tiivis yhteistyö tilaajan kanssa. Suunnitteluratkaisuja tarkastellaan vaiheittain, ja päätökset tehdään yhteistyössä tilaajan edustajien ja verkon käytöstä vastaavien asiantuntijoiden kanssa. Näin varmistetaan, että ratkaisut ovat yhteensopivia tilaajan vaatimusten kanssa.

3.4.1 Kaavoitus, maankäyttö ja lupa-asiat

Kaavoitus tarkoittaa alueiden käytön suunnittelua ja ohjausta. Sähköaseman rakentaminen edellyttää, että alue on asemakaavassa tai yleiskaavassa määritelty teknisen huollon alueeksi tai että alueelle voidaan laatia erillinen kaavamuuotos. Kaavoitusprosessi on yleensä kunnan tai kaupungin vastuulla, mutta sen käynnistämisestä ja edistämisestä vastaa useimmiten sähköverkonhaltija tai hankkeen tilaaja. Kaavoituksen yhteydessä arvioidaan myös ympäristövaikutukset, maisemointi, melu, liikennejärjestelyt ja alueen sähkönsyötön tarpeet.

Maankäyttö liittyy maanomistukseen, aluevarauksiin ja sopimukseen. Ennen rakentamisen aloittamista on varmistettava, että sähköasemalle on käytettävissä riittävän kokoinen ja teknisesti soveltuva tontti. Sähköaseman sijainti valitaan usein teknisten kriteerien, kuten liityntäpisteen, maadoitusolosuhteiden ja rakentamiskelpoisuuden perusteella, mutta myös taloudelliset ja ympäristölliset näkökohdat otetaan huomioon. Maankäyttöön liittyvät selvitykset, kuten kiinteistökaupat, lunastukset tai vuokrasopimukset, ovat tyypillisesti tilaajan tai verkkoyhtiön vastuulla.

Lupa-asioihin kuuluu joukko viranomaismenettelyjä, jotka varmistavat, että rakentaminen ja käyttö tapahtuvat lakien ja asetusten mukaisesti. Keskeisimpiä lupia ovat rakennuslupa, ympäristölupa ja mahdollinen sähkömarkkinalain mukainen ilmoitusmenettely. Rakennuslupaa haetaan yleensä kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta, ja hakemukseen liitetään tarvittavat suunnitelmat, kuten asemapiirros, pohjaratkaisut ja rakennesuunnitelmat. Ympäristölupa voi olla tarpeen esimerkiksi silloin, kun sähköaseman rakentaminen vaikuttaa pohjavesialueeseen tai luonnonsuojelualueeseen.

Varsinainen vastuu kaavoituksen, maankäytön ja lupamenettelyiden etenemisestä on kuitenkin tilaajalla tai verkkoyhtiön edustajalla, usein projektipäälliköllä tai erikseen nimetyllä maankäyttöasiantuntijalla.

3.4.2 Yleissuunnittelu ja tarvekartoitus

Yleissuunnittelu ja tarvekartoitus muodostavat sähköasemaprojektin alkuvaiheen, jossa määritetään hankkeen tekniset ja toiminnalliset perusratkaisut sekä lähtöoletukset toteutusta varten. Näiden vaiheiden tavoitteena on selvittää, miksi asemaa tarvitaan, millaisia kapasiteetti- ja luotettavuusvaatimuksia sille asetetaan ja millä periaatteilla se kannattaa toteuttaa. Tarvekartoitus toimii perustana kaikille myöhemmille suunnitteluvaiheille ja sen tulosten pohjalta päätetään, onko kyseessä uuden aseman rakentaminen vai olemassa olevan aseman saneeraus tai laajennus.

Tarvekartoituksessa arvioidaan sähköverkon nykyinen ja tuleva kuormitus sekä verkon rakenteelliset heikkoudet. Tarkastelu perustuu yleensä verkkotason laskentaan ja simulointeihin, joissa analysoidaan jännitteen alenemat, oikosulkuvirrat ja siirtokapasiteetit eri kuormitustilanteissa. Näiden analyysien avulla tunnistetaan ne verkon osat, jotka edellyttävät vahvistamista tai uuden sähköaseman perustamista. Tarve voi syntyä myös toimitusvarmuusvaatimuksista, kasvavasta sähkönkulutuksesta tai verkon rakenteellisista muutoksista.

Yleissuunnitteluvaiheessa määritellään aseman sijainti, liityntäpisteet ja alustavat tekniset ratkaisut. Tyypillisesti suunnittelija laatii alustavan kytkentäkaavion, joka kuvaa aseman perusrakenteen ja liitynnät muihin verkon osiin. Tässä vaiheessa päätetään myös jännitetaso, kojeistotyyppi (esimerkiksi ilmaeristeinen AIS tai kaasueristeinen GIS), muuntajakapasiteetit sekä alustavat suojausperiaatteet. Lisäksi arvioidaan tarvittavat tilavaraukset rakennuksille, kojeistoille ja kaapeloinneille sekä suunnitellaan mahdolliset laajennusvaraukset tulevaisuutta varten.

Käytännössä yleissuunnittelun ja tarvekartoituksen toteuttaa useimmiten hankkeen tilaaja tai sähköverkonhaltija itse, usein ulkopuolisen suunnittelukonsultin tuella. Tämän vaiheen tuotoksena syntyy yleissuunnitelma ja tekninen määrittelyaineisto, joka toimii tarjouspyynnön ja urakkakilpailutuksen perustana. Urakoitsijat laativat tarjouksensa näiden suunnitelmien pohjalta, ja valittu toimittaja vastaa myöhemmässä vaiheessa toteutussuunnittelusta sekä rakentamisesta.

Yleissuunnitteluun kuuluu myös kustannusarvion laatiminen ja eri vaihtoehtojen vertailu. Usein tarkastellaan useampaa toteutusmallia, kuten vaihtoehtoisia sijainteja, kojeistotyyppejä tai maadoitusratkaisuja. Näiden elinkaarikustannuksia ja teknisiä hyötyjä arvioidaan tilaajan kanssa, jotta lopullinen ratkaisu tukee verkon pitkän aikavälin kehittämisstrategiaa ja on taloudellisesti perusteltu.

3.4.3 Esi- ja pääsuunnittelu

Esi- ja pääsuunnittelu muodostavat sähköasemaprojektin toteutussuunnitteluvaiheen, joka alkaa urakoitsijan valinnan ja sopimuksen solmimisen jälkeen. Tässä vaiheessa suunnittelu siirtyy tilaajan määrittelyistä urakoitsijan vastuulle, ja tavoitteena on laatia yksityiskohtaiset suunnitelmat aseman rakentamista, asennuksia ja käyttöönottoa varten.

Vaikka esisuunnittelu ja pääsuunnittelu nähdään usein erillisinä vaiheina, niiden välinen raja on käytännössä joustava. Esisuunnittelu luo teknisen rungon ja periaateratkaisut, kun taas pääsuunnittelu tarkentaa nämä toteutustasolle. Usein näitä vaiheita tehdään osittain rinnakkain, ja suunnitelmat tarkentuvat sitä mukaa, kun urakoitsija, tilaaja ja suunnittelijat käyvät läpi toteutuksen yksityiskohtia.

Kun tarjouskilpailu on päättynyt ja urakoitsija valittu, siirrytään sopimusvaiheeseen, jossa sovitaan tarkemmin suunnittelun ja toteutuksen vastuunjaosta. Tilaaja määrittää hankekuvauksessa yleisellä

tasolla mitä asemalta vaaditaan ja urakoitsijan tehtävänä on laatia pääsuunnitelmat hankekuvauksen pohjalta. Tässä vaiheessa suunnittelun painopiste siirtyy yksityiskohtaiseen toteutukseen, ja kaikki tekniset ratkaisut määritetään tarkasti.

Pääsuunnitteluun kuuluu muun muassa kojeistojen, muuntajien ja kaapelointien mitoitus, komponenttivalinnat, maadoitus- ja potentiaalintasausratkaisut sekä ohjaus- ja suojausjärjestelmien yksityiskohtainen suunnittelu. Lisäksi laaditaan kaikki rakentamisen, asennuksen ja käyttöönoton kannalta tarvittavat dokumentit: kaaviot, kaapeliluettelot, layoutit, asennuspiirustukset ja kaapelireittisuunnitelmat.

Joillakin rakennuttajilla on käytössään tyyppisuunnitelmat, joiden pohjalta pääsuunnitelmat tehdään. Tyyppisuunnitelmilla tarkoitetaan valmiiksi määriteltyjä ja testattuja suunnitteluratkaisuja, joita käytetään toistuvissa sähköasemaprojekteissa yhtenäisten ja kustannustehokkaiden toteutusten varmistamiseksi. Jakeluverkkoyhtiöillä ja kantaverkonhaltijoilla on usein omat tyyppisuunnitelmansa, jotka sisältävät vakioratkaisuja esimerkiksi kojeistoille, kytkentäperiaatteille, maadoituksille ja ohjausjärjestelmille. Näiden avulla voidaan nopeuttaa suunnittelua ja varmistaa, että asemien rakenne, laitteistot ja suojausperiaatteet ovat keskenään yhteensopivia. Tyyppisuunnitelmien käyttö vähentää suunnitteluvirheiden riskiä ja yksinkertaistaa käyttöönottoa sekä kunnossapitoa. Urakoitsijat ja suunnittelijat sovittavat yksittäisen hankkeen ratkaisut tilaajan tyyppisuunnitelmien mukaisiksi, ellei erityisistä teknisistä syistä poikkeamiseen ole tarvetta.

Kun pääsuunnitelmat on hyväksytty, niitä käytetään rakentamisen ja asennusten ohjeistuksena. Mahdolliset muutokset työmaalla päivitetään suunnitelmiin, jotta lopullinen dokumentaatio vastaa todellista toteutusta. Valmiit suunnitelmat ja piirustukset muodostavat osan aseman loppudokumentaatiosta, jota käytetään käyttöönottotarkastuksissa ja myöhemmässä kunnossapidossa. Projektin loppuvaiheessa dokumentaation paikkansa pitävyys tarkastetaan vielä asemalla ja tehdään viimeiset korjaukset ennen palautusta. Tämä niin sanottu loppukuvavaihe kuuluu sähköasemasuunnittelijan tehtäviin.

3.4.4 Sähköasemasuunnittelun suunnittelualat

Sähkösuunnittelu voidaan jakaa pääpiirteissään vielä ensiö- ja toisiosuunnitteluun, jotka eroavat toisistaan sekä sisällöltään että näkökulmaltaan, mutta muodostavat yhdessä sähköaseman teknisen kokonaisuuden perustan.

Ensiösuunnittelu kattaa aseman pääpiirien ja suurjännitejärjestelmien suunnittelun. Siihen sisältyvät muun muassa kojeistojen, muuntajien, erottimien, katkaisijoiden, virtamuuntajien ja jännitemuuntajien sijoittelu, mitoitus ja kytkentäperiaatteet. Ensiösuunnittelija määrittää yleensä myös maadoitusjärjestelmän, kiskostot, kaapelireitit ja mekaaniset rakenteet, jotka liittyvät suoraan keski- ja suurjännitteisen sähköenergian siirtoon. Tavoitteena on varmistaa sähköturvallisuus, luotettava käyttö ja kunnossapidon helppous kaikissa kuormitus- ja vikatilanteissa. Suunnittelussa hyödynnetään usein 3D-mallinnusta, jonka avulla varmistetaan riittävät turvaetäisyydet ja huoltotilat sekä laitteiden oikea sijoittelu.

Toisiosuunnittelu puolestaan keskittyy sähköaseman ohjaus-, suojaus-, automaatio- ja tiedonsiirtojärjestelmiin. Toisiosuunnittelija vastaa siitä, että aseman suojausjärjestelmät, ohjauslogiikka ja kaukokäyttö toimivat luotettavasti ja ovat yhteensopivia verkon käyttökeskuksen järjestelmien

kanssa. Työhön sisältyy muun muassa suojapiirien ja ohjauskaavioiden suunnittelu sekä kaapelointien määrittely. Lisäksi toisiosuunnittelija laatii kytkentä- ja toimintakaavioita, joiden perusteella asennukset ja käyttöönotto voidaan suorittaa turvallisesti ja järjestelmällisesti. Toisiosuunnittelija vastaa hyvin pitkälti kaikista pien- ja pienoisjännitteisistä tasa- ja vaihtosähköjärjestelmistä.

Ensiö- ja toisiosuunnittelu kulkevat rinnakkain ja vaikuttavat vahvasti toisiinsa. Esimerkiksi kojeistotyyppi ja laitesijoittelu ensiöpuolella määrittävät suojaus- ja ohjausjärjestelmien rakenteen ja sijoituksen. Tämän vuoksi suunnittelijoiden välinen tiedonvaihto ja yhteistyö ovat ratkaisevassa asemassa. Tietomallinnus tukee tätä yhteistyötä tarjoamalla yhteisen alustan, jossa muutokset päivittyvät reaaliaikaisesti eri suunnittelualueille.

Lisäksi sähkösuunnittelijan tehtäviin kuuluu viranomaisvaatimusten ja standardien huomioon ottaminen. Suunnittelussa noudatetaan muun muassa sähköturvallisuuslakia, lukuisia standardeja sekä verkkoyhtiöiden ja kantaverkonhaltijan teknisiä ohjeita. Näiden määräysten tuntemus on välttämätöntä, jotta suunnitelmat täyttävät sekä tekniset että turvallisuusvaatimukset.

3.5 Tietomallinnuksen rooli suunnitteluprosessissa

Tietomallinnus liitetään kiinteästi sähköasemien suunnitteluprosessiin. Se otetaan käyttöön jo projektin alkuvaiheessa ja kulkee mukana koko hankkeen ajan. Mallipohjainen työskentely tukee eri suunnitteluvaiheita yleissuunnittelusta rakentamiseen ja käyttöönottoon sekä edelleen kunnossapitoon.

Tietomallia voidaan hyödyntää jo esisuunnitteluvaiheessa, esimerkiksi aseman sijainnin arvioinnissa ja rakennusteknisten reunaehtojen hahmottamisessa. Alustava mallinnus auttaa aseman tilavarauksien ja laitesijoittelun hahmottelussa. Visuaalinen malli tukee päätöksentekoa erityisesti silloin, kun vertaillaan eri vaihtoehtoja tilaajan ja sidosryhmien kanssa.

Esisuunnittelussa mallista voi olla hyötyä myös maadoitusverkon alustavassa hahmottamisessa ja kaapelireittien luonnostelussa. Tässä vaiheessa tarkkuus ei ole vielä pääosassa, mutta karkea malli helpottaa kustannusarvioita ja auttaa jäsentämään hankkeen kokonaisuutta.

Perus- ja toteutussuunnittelussa tietomallinnus otetaan laajasti käyttöön. Malli toimii yhteisenä alustana, johon eri suunnittelualat, kuten sähkö-, rakennus-, infra-, LVI- ja automaatiosuunnittelijat tuottavat sisältöä. Sähkösuunnittelun osalta malliin sisältyy muun muassa:

- kojeistojen, muuntajien ja katkaisijoiden sijainnit ja tilavaraukset
- kaapeloinnit ja maadoitukset
- tilojen väliset yhteydet
- tekniset laitetiedot, kuten tehot, jännitetasot ja suojausasetukset.

Tietomallin avulla voidaan tarkistaa tilavarauksia ja tehdä yhteensopivuustarkasteluja. Näin voidaan havaita mahdolliset ristiriidat jo ennen toteutusta. Samasta mallista saadaan tarvittaessa piirustuksia, määräluetteloita ja raportteja, mikä yksinkertaistaa dokumentointia ja pienentää virheriskiä.

Rakennusvaiheessa malli palvelee työmaan koordinoinnissa ja asennustöiden ohjauksessa. Digitaalisen mallin avulla asentajat voivat tarkentaa laitteiden ja kaapelointien sijainteja sekä suunniteltua asennustapaa ilman erillistä dokumenttien tulkintaa. Tämä vähentää väärinkäsityksiä ja nopeuttaa työtä.

Käyttöönnotossa malli tarjoaa ajantasaisen kuvan sähköaseman rakenteesta ja teknisistä tiedoista. Tätä voidaan hyödyntää tarkastuksissa, testauksessa ja dokumentoinnissa.

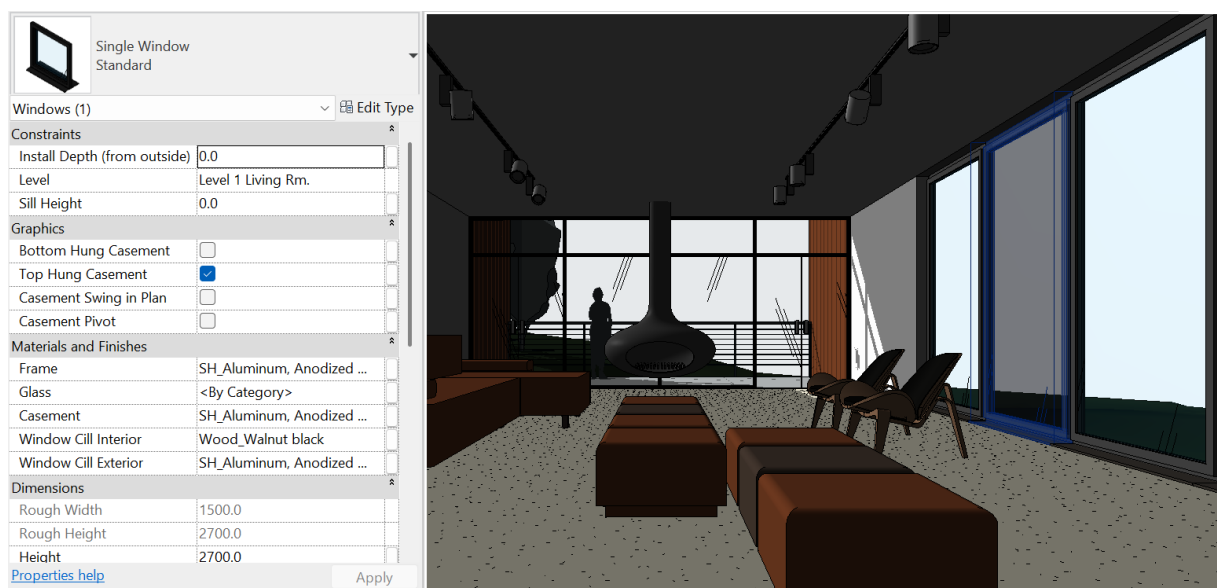
Valmis tietomalli toimii aseman koko elinkaaren ajan tiedonhallinnan välineenä. Mallin kautta voidaan seurata huoltohistoriaa, suunnitella muutoksia ja valmistella laajennuksia. Kun tietosisältö pidetään ajan tasalla, malli tukee kunnossapitoa ja investointisuunnittelua pitkällä aikavälillä.

4 TIETOMALLINNUS

4.1 Yleistä tietomallinnuksesta

Tietomallinnus (Building Information Modeling, BIM) on menetelmä, jossa rakennuksen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet esitetään digitaalisessa muodossa (Nordic BIM Group n.d.). Tietomalli on ikään kuin tietovarasto yhdessä mallitiedostossa, jota eri suunnittelualat, kuten arkkitehdit, rakennesuunnittelijat ja talotekniikan suunnittelijat, voivat hyödyntää suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon eri vaiheissa. Sen avulla voidaan hallita rakennushankkeen tietoja koko elinkaaren ajan yhtenäisesti ja ajantasaisesti sekä välttää huonosta tiedonkulusta johtuvat ristiriidat eri toimialojen välillä.

Tietomallinnuksen ydinajatus perustuu siihen, että rakennuksesta muodostetaan kolmiulotteinen digitaalinen malli (kuva 23), johon liitetään 3D-geometrian lisäksi yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi rakenteista, materiaaleista, laitteista ja järjestelmistä. Näin mallista tulee enemmän kuin pelkkä geometria, se sisältää myös tietoa, jota voidaan hyödyntää päätöksenteossa, kustannuslaskennassa ja kunnossapidon suunnittelussa.



KUVA 23. BIM-kuvakaappaus Revitin esimerkkiprojektista

Tietomallinnuksen kehittyminen on muuttanut suunnitteluprosessien toimintatapoja. Perinteinen 2D-pohjainen suunnittelu ainoana suunnittelumuotona on korvautumassa mallipohjaisella yhteistyöllä, jossa tiedonsiirto ja eri suunnittelualojen välinen yhteensovittaminen toimivat sulavammin, koska muutokset ja niiden vaikutukset ovat nähtävissä selvästi. Tietomallinnuksen avulla virheiden ja ristiriitojen havaitseminen voidaan tehdä jo suunnitteluvaiheessa, mikä vähentää yllättävien muutostöiden määrää.

Rakennusalan digitalisaatio, rakennuttajien vaatimukset ja viranomaisten tietomallivaatimukset ovat lisänneet tietomallinnuksen merkitystä myös sähköteknisessä suunnittelussa. Erityisesti sähköasemien ja muiden teknisesti vaativien kohteiden suunnittelussa tietomallinnus mahdollistaa entistä tarkemman koordinaation eri järjestelmien välillä ja helpottaa ylläpitoon liittyvän tiedon hallintaa.

4.2 Tietomallinnuksen peruseriaatteen

Tietomallinnuksen peruseriaatteenä on keskittää rakentamisen ja suunnittelun tieto yhteen digitaaliseen malliin. Malli toimii yhteisenä tietolähteenä kaikille hankkeen osapuolille, mikä vähentää päällekkäistä työtä ja helpottaa tiedonhallintaa. Tietomalli ei ole pelkkä kolmiulotteinen kuva, vaan siihen liitetään yksityiskohtaista tietoa rakenteiden ominaisuuksista, järjestelmistä, materiaaleista sekä mahdollisesti myös aikatauluista, käynnissä olevista työvaiheista ja kustannuksista.

Mallinnuksessa käytetään objektipohjaista toimintatapaa, jossa jokainen malliin lisätty komponentti on älykäs objekti. Esimerkiksi säteilylämmitin sisältää sijainnin ja mittojen lisäksi tietoja valmistajasta, tehosta, liitännätiedoista ja muista teknisistä ominaisuuksista. Näin mallista muodostuu tietopankki, jota voidaan hyödyntää suunnittelussa, rakentamisessa ja myöhemmin ylläpidossa.

Tietomallien hyödyntäminen edellyttää, että eri suunnittelualojen ohjelmistot pystyvät vaihtamaan tietoa keskenään. Tätä varten toimialojen väliseen tiedonsiirtoon käytetään avoimia tiedonsiirtoformaatteja, kuten IFC (Industry Foundation Classes), joiden avulla mallin tietosisältö säilyy eri järjestelmien välillä (Rakennustietosäätö RTS 2012). Avoimet standardit ovat tärkeitä projekteissa, joissa ohjelmistot ja suunnittelumenetelmät vaihtelevat. Vaihtoehtoisesti projektin alkuvaiheessa voidaan sopia kaikkien toimijoiden kesken projektissa käytettävästä ohjelmasta, jos halutaan käyttää jonkin mallinnusohjelman IFC:stä poikkeavaa natiiviformaattia.

Tietomallinnuksen käyttö vaatii myös selkeitä sääntöjä ja vastuunjakoja toimiakseen sujuvasti. Projektin alussa määritellään, kuka/ketkä ylläpitävät mallia, millä tarkkuustasolla (Detail level) se tehdään ja mitä tietoja siihen sisällytetään. Näitä käytäntöjä kuvataan tietomallinnussuunnitelmassa (BIM Execution Plan, BEP), joka ohjaa mallinnustyötä ja tiedonhallintaa projektin eri vaiheissa.

4.3 Elinkaari

Tietomallinnuksen idea on, että mallia voidaan hyödyntää rakennuksen/hankkeen koko elinkaaren ajan. Mallia ei tehdä pelkästään suunnitteluvaihetta varten, vaan se toimii tietolähteenä myös rakentamisen, käyttöönoton ja ylläpidon aikana. Kun tieto kootaan yhteen paikkaan, sen ajantasaisuus ja luotettavuus paranevat, mikä helpottaa myöhempiä muutoksia, kuten esimerkiksi saneeraushankkeen suunnittelua.

Suunnitteluvaiheessa mallista tuotetaan lähtötietoja esimerkiksi määrälaskentaan ja törmäystarkasteluihin. Rakentamisvaiheessa mallia käytetään työmaan ohjauksessa ja aikataulutuksessa. Siihen voidaan liittää toteumatietoja, kuten jo asennettujen laitteiden ja materiaalien tarkat sijainnit. Käyttövaiheessa sama malli toimii kiinteistönhallinnan työkaluna, jolloin se tarjoaa tietoa huollon, tarkastusten ja mahdollisten muutostöiden suunnitteluun.

Tietomallin jatkuva hyödyntäminen edellyttää, että sen tietosisältö pysyy ajan tasalla. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakennuksen rakenteisiin, järjestelmiin tai laitteisiin tehtävät muutokset tehdään myös malliin. Kun malli vastaa todellista tilannetta, sitä voidaan käyttää luotettavasti lähtötietona esimerkiksi kunnossapidon suunnittelussa, laiteusintojen harkinnassa ja järjestelmien kehittämisessä.

Elinkaarimallinnus tuo lisäarvoa erityisesti vaativissa teknisissä kohteissa, kuten sähköasemissa, joissa järjestelmien määrä ja keskinäiset riippuvuudet ovat laajoja. Kun tieto on mallissa keskitetysti ja visuaalisessa muodossa, se tukee paremmin ylläpitoa koko laitoksen käyttöänsä ajan.

4.4 Hyödyt ja haasteet

Tietomallinnuksen käyttöönotto tuo projekteihin useita hyötyjä. Suurin etu on tiedon keskittäminen ja mallin tarjoama kokonaiskuva hankkeesta. Kun eri suunnittelualojen tiedot yhdistetään samaan malliin, ristiriidat ja yhteensovitusongelmat voidaan havaita jo varhaisessa vaiheessa ja korjata suunnitelmia muuttamalla. 2D-piirustuksien aikakaudella ristiriidat havaittiin usein vasta asennusvaiheessa, mikä johti yleensä siihen, että suunnitelmia jouduttiin muokkaamaan kiireellä ja pahimmassa tapauksessa jouduttiin tilamaan isolla summalla uusia komponentteja. Tästä syystä tietomalli parantaa suunnittelun laatua ja vähentää virheistä aiheutuvia kustannuksia.

Tietomalli mahdollistaa myös tehokkaamman yhteistyön eri osapuolten välillä. Suunnittelijat, urakoitsijat ja tilaaja voivat tarkastella samaa mallia ja arvioida ratkaisujen vaikutuksia visuaalisesti, jopa toimistolta käsin. Tämä nopeuttaa päätöksentekoa ja helpottaa kommunikointia, varsinkin monimutkaisissa kohteissa. Lisäksi mallin pohjalta voidaan tuottaa määrälaskentoja ja dokumentteja suoraan, mikä vähentää manuaalista laskentaa ja parantaa tiedon tarkkuutta.

Haasteita syntyy erityisesti mallinnuskäytäntöjen yhdenmukaistamisessa ja tiedonsiirrossa eri ohjelmistojen välillä. Eri toimijoiden käyttämät ohjelmistot eivät aina tue samoja tiedostoformaatteja tai mallinnustasoja, mikä johtaa usein tietohäviöihin. Tätä varten on olemassa avoin IFC-formaatti, mutta vaikka se paranee jatkuvasti, on siinäkin vielä puutteensa. Lisäksi tietomallinnus vaatii suunnittelijoilta uudenlaista osaamista ja projektien alkuvaiheessa enemmän resursseja mallien hallintaan ja koordinointiin.

Toinen yleinen haaste liittyy tiedonhallintaan ja vastuunjakoon. Jos mallia päivittää useampi osapuoli ilman selkeitä rooleja ja ohjeita, sen tietosisältö voi muuttua sekavaksi, sijainnit voivat muuttua ja tietoja voi kadota. Siksi onnistunut tietomallinnus perustuu sovittuihin toimintatapoihin, käytäntöihin ja riittävään koulutukseen. Kun nämä asiat ovat kunnossa, tietomallinnuksesta saadaan todellista hyötyä niin suunnittelulle kuin rakennuksen myöhemmälle käytölle.

4.5 Tietomallinnus sähkösuunnittelussa

Sähkösuunnittelu tehtiin pitkään pelkästään kaksiulotteisessa muodossa, yleensä 2D-piirustuksina CAD-ohjelmilla. Tällöin suunnittelija tuottaa piirustuksia erillisinä dokumentteina, kuten tasokuvina, kaavioina ja johdotuskuvina. Piirustukset sisältävät tarvittavat tiedot asennuksista ja laitteista, mutta ne eivät muodosta yhtenäistä kokonaisuutta. Suunnitelmien yhteensovittaminen muiden suunnittelualojen, kuten rakennesuunnittelun ja LVI-tekniikan kanssa, on silloin manuaalista ja virhealtista. Myös muutosten hallinta on työläämpää, koska yhden piirustuksen päivitys ei automaattisesti päivity muihin dokumentteihin.

Kolmiulotteinen suunnittelu on muuttanut tätä toimintatapaa. 3D-mallinnuksessa sähköjärjestelmät mallinnetaan tilallisesti, jolloin niiden sijainnit ja yhteydet muihin rakenteisiin ja järjestelmiin voidaan tarkistaa suoraan mallista. Tämä helpottaa esimerkiksi reititysten suunnittelua, törmäystarkasteluja ja kaapelireittien optimointia. Samalla suunnitelmien visuaalisuus paranee, mikä helpottaa myös muiden osapuolten, kuten tilaajan ja urakoitsijoiden, ymmärrystä kokonaisuudesta.

Tietomallinnuksen käyttöönotto vie sähkötekni- sen 3D-mallinnuksen vielä pidemmälle. Malli ei sisällä ainoastaan geometriaa, vaan siihen liitetään myös teknisiä tietoja, kuten kaapelityyppejä, kuormituk- sia, jännitetietoja ja laiteominaisuuksia. Näin sähkömalli toimii suunnittelun välineenä ja samalla tie- tovarastona, jota voidaan hyödyntää rakentamisessa, koestamisessa ja myöhemmin ylläpidossa.

Jotkut mallinnusohjelmat (esim. Revit + MagiCAD) mahdollistavat myös esimerkiksi keskuksien pää- ja piirikaavioiden sisällyttämisen suoraan malliin, jolloin tiedot ovat käyttäjän luettavissa keskuksen kautta.

Sähkötekniikan näkökulmasta tietomallinnuksen merkitys korostuu entisestään monimutkaisissa ja tilallisesti ahtaissa projekteissa, joissa eri järjestelmät limittyvät tiiviisti toisiinsa. Kun tiedot ovat sa- massa mallissa ja päivittyvät automaattisesti, suunnitelmien luotettavuus ja toteutuksen tarkkuus paranevat huomattavasti.

Tietomallinnukseen on sähkösuunnittelun näkökulmasta käytettävissä useita eri ohjelmistoja, joiden toimintaperiaatteet ja tietomallinnuksen taso vaihtelevat. Osa ohjelmista perustuu perinteiseen CAD- pohjaiseen suunnitteluun, jossa piirustusaineistosta voidaan muodostaa tietomalli, kun taas toiset ohjelmistot on suunniteltu alusta alkaen varsinaiseen kolmiulotteiseen mallintamiseen ja tietosisällön hallintaan. CAD-pohjaisia suunnitteluympäristöjä ovat esimerkiksi AutoCAD, MicroStation ja Cadma- tic, kun taas varsinaista mallinnusta tukevia ohjelmistoja edustavat Revit sekä siihen liitettävä Magi- CAD for Revit -lisäosa. Ohjelmistojen erot liittyvät erityisesti siihen, kuinka kattavasti ne tukevat kol- miulotteista mallinnusta, komponenttien tietosisältöä ja mallien yhteensopivuutta muiden suunnittelu- alojen kanssa.

Tässä työssä tietomallinnuksen käyttö perustuu Revit- ja MagiCAD for Revit-ohjelmistojen yhdistel- mään, joka valikoitui käyttöön niiden monipuolisuuden ja yhteensopivuuden vuoksi. Revit toimii mal- linnusalustana, johon rakennetaan sähköasemien kolmiulotteinen malli, ja MagiCAD laajentaa sitä sähköalan suunnittelutyökaluilla ja komponenttikirjastoilla. Lisäksi useissa projekteissa tilaajat voivat edellyttää Revit–MagiCAD-ympäristön käyttöä, sillä se mahdollistaa mallien tuottamisen yleisesti käytetyssä muodossa ja tukee YTV2012:n mukaisia tiedonsiirto- ja yhteensopivuusvaatimuksia.

4.6 Tietomallinnusta ohjaavat tekijät

Tietomallinnuksen käyttöä ohjaavat erilaiset standardit, ohjeistukset ja yhteiset toimintamallit, joiden tarkoituksena on varmistaa tiedon yhdenmukaisuus ja mallien yhteentoimivuus eri osapuolten välillä. Ilman selkeitä ohjaavia periaatteita mallinnustapa jäisi helposti projektikohtaiseksi, mikä vaikeuttaisi tietojen siirtoa ja yhteistyötä eri toimijoiden välillä.

Suomessa sähkösuunnittelun tietomallinnusta ohjaa Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012), jossa määritetään mallinnuksen periaatteet ja tietosisältövaatimukset myös sähköjärjestelmille. Oh- jeistuksen mukaan sähkösuunnittelun tietomallien tulee esimerkiksi sisältää kaikki olennaiset kom- ponentit oikeilla mitoilla ja sijainneilla, ja mallien tietosisältö tulee kuvata projektikohtaisessa tieto- malliselostuksessa. YTV2012 korostaa myös tiedonsiirron yhteen toimivuutta, erityisesti IFC-formaa- tin käyttöä, jotta mallit ovat siirrettävissä eri ohjelmistojen ja toimijoiden välillä (Rakennustietosäätiö RTS 2012).

Projektitasolla tietomallinnuksen toimintaa ohjaa yleensä tietomallinnussuunnitelma (BIM Execution Plan, BEP). Se määrittää hankekohtaisesti, miten mallinnus toteutetaan, mitä ohjelmistoja käytetään, kuka vastaa tiedon tuottamisesta ja millä tarkkuudella eri osat mallinnetaan. Hyvin laadittu tietomallinnussuunnitelma varmistaa, että kaikki osapuolet toimivat yhteisten tavoitteiden mukaisesti ja että mallien tietosisältö pysyy hallittuna koko hankkeen ajan.

Sähkösuunnittelun kannalta nämä ohjaavat tekijät auttavat varmistamaan, että mallien rakenteet, nimikkeistöt ja tietokentät ovat yhtenäisiä. Tämä on edellytys sille, että mallit voidaan yhdistää muiden suunnittelualojen malleihin ilman tietojen menettämistä ja että mallia voidaan hyödyntää myös rakentamisen ja ylläpidon vaiheissa.

4.7 Autodesk Revit

Autodesk Revit on yhdysvaltalaisen Autodesk Inc.:n kehittämä tietomallinnusohjelmisto rakennusalan suunnitteluun. Se on yksi yleisimmistä käytetyistä BIM-työkaluista arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelussa. Ohjelman perusajatus on, että kaikki suunnittelualat voivat työskennellä samassa kolmiulotteisessa mallissa, jossa tieto on rakenteellisesti ja loogisesti yhteydessä toisiinsa. (NTI Group n.d.)

Revit soveltuu rakennuksen koko tietomallin hallintaan suunnittelusta toteutukseen. Sähkösuunnittelussa sitä käytetään erityisesti kaapelireittien, keskuksien, laitekaappien ja taloteknisten laitteiden mallintamiseen sekä muiden suunnittelualojen mallien yhteensovittamiseen. Revit mahdollistaa myös erilaisten raporttien ja määrälaskentojen automaattisen tuottamisen mallin tietosisällöstä, mikä vähentää manuaalista työtä ja virhemahdollisuuksia.

Revit on suunnattu rakennusalan suunnittelijoille ja mallikoordinaattoreille, jotka työskentelevät tietomallipohjaisissa projekteissa. Sen laaja käyttö perustuu siihen, että se mahdollistaa eri suunnittelualojen mallien yhdistämisen samaan ympäristöön ja tukee tietomallinnuksen pääperiaatteita: tiedon keskittämistä, yhtenäisyyttä ja ajantasaisuutta (NTI Group n.d.).

Markkinoilla on useita tietomallinnusohjelmistoja, joista yleisimpiä ovat Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Tekla Structures, Bentley OpenBuildings Designer ja Vectorworks. Kaikkien ohjelmien perusperiaate on sama, mallipohjainen suunnittelu ja tiedonhallinta, mutta niiden vahvuudet painotuvat eri suunnittelualoille ja käyttötarkoituksiin.

Interscale (Interscale 2025) on tehnyt artikkelin, jossa se vertailee kahden tunnetun BIM-ohjelmiston, Autodesk Revitin ja Graphisoft ArchiCADin, ominaisuuksia, käyttökokemusta ja soveltuvuutta eri suunnittelualoille. Molemmat ohjelmistot ovat laajasti käytettyjä rakennusalan tietomallinnuksessa, mutta niiden lähestymistavat suunnitteluun eroavat toisistaan. Tiivistetään alla artikkelin pääkohdat.

Revit tarjoaa paremman tuen monialaisille projekteille, koska se integroi arkkitehti-, rakenne-, sähkö- ja LVI-suunnittelun samaan ympäristöön. Tämä tekee siitä sopivamman ohjelman laajoihin ja teknisesti vaativiin hankkeisiin. ArchiCAD soveltuu erinomaisesti arkkitehtoniseen suunnitteluun, mutta sen rakennesuunnittelu- ja järjestelmäintegraatiot ovat rajallisempia ilman erillisiä lisäosia. (Interscale 2025.)

Revitin Worksharing-toiminto mahdollistaa useiden käyttäjien samanaikaisen työskentelyn samassa mallissa, mikä tukee suuria tiimejä ja reaaliaikaista yhteistyötä. ArchiCADin Teamwork-ominaisuus toimii hyvin pienemmissä tiimeissä, mutta suurissa projekteissa Revitin keskitetty tiedonhallinta

(Central Model) on vakaampi ja helpompi hallita. Revitin vahvuutena mainitaan myös sen laaja yhteensopivuus muiden Autodeskin sovellusten, kuten AutoCADin, Civil 3D:n ja Navisworksin kanssa. (Interscale 2025.)

Revitillä on laaja lisäosa- ja kehitysekosysteemi, joka kattaa eri toimialojen tarpeet. Esimerkiksi MagiCAD for Revit laajentaa sen ominaisuudet talotekniikan ja sähkösuunnittelun puolelle. ArchiCAD tukee IFC-pohjaista tiedonsiirtoa erinomaisesti ja on yhteensopiva useiden muiden BIM-järjestelmien kanssa, mutta sen lisäosavalikoima on suppeampi. (Interscale 2025.)

ArchiCAD on kevyempi ja vaatii vähemmän laitteistoresursseja. Se on usein kustannustehokkaampi pienille ja keskisuurille toimijoille. Revit on raskaampi ja lisenssihinnaltaan korkeampi, mutta se tarjoaa enemmän toimintoja suurille, monialaisille organisaatioille ja projekteille. (Interscale 2025.)

Artikkelista (Interscale 2025) voidaan päätellä yhteenvetona, että ArchiCAD on ihanteellinen arkkitehdeille, jotka etsivät suunnittelun vapautta ja yksinkertaisuutta, kun taas Revit loistaa suurissa, monialaisissa projekteissa, jotka vaativat koordinoitua ja yksityiskohtaista tiedonhallintaa.

Tecture (Tecture 2024) on tehnyt artikkelin, jossa listataan Revitin vahvuuksia ja heikkouksia. Revitin etuina mainitaan sen saumaton yhteensopivuus muiden Autodeskin sovellusten kanssa, laaja valikoima valmiita mallipohjia sekä soveltuvuus projektinhallintaan. Haittapuolina ovat ohjelmiston korkea laitteistovaatimus, käyttäjäkohtainen vuositilaus sekä tarve luoda ja ylläpitää omia objektikirjastoja.

Revitistä voidaan todeta satojen tuntien käyttökokemuksen jälkeen, että artikkeleiden kertomukset pitävät pitkälti paikkansa. Revit on monimutkainen ohjelma, jonka kokonaisvaltaiseen opetteluun menee paljon aikaa, mutta kun sen oppii, se on todella sulava ja looginen käyttää.

4.8 MagiCAD for Revit

MagiCAD for Revit on Revit-ohjelmiston laajennus, joka on suunniteltu erityisesti taloteknisten järjestelmien (Mechanical, Electrical and Plumbing, MEP) suunnitteluun (MagiCAD Group n.d.).

Revit tarjoaa tietomallin ja sen hallinnan, mutta MagiCAD tuo siihen ammattikohtaiset työkalut ja komponenttikirjastot, joiden avulla voidaan mallintaa sähköjärjestelmät teknisesti oikein. Ilman MagiCAD-laajennusta Revitin sähköominaisuudet ovat rajalliset, joten ohjelmistojen yhdistelmä on suunnittelussa käytännössä välttämätön.

MagiCADin avulla käyttäjä voi mallintaa ja hallita sähköjärjestelmiä tietomallissa siten, että objekteilla on sähkötekniset ominaisuudet (esimerkiksi jännite, virta, kuormitus ja kaapelityyppi).

Sähkösuunnittelussa MagiCAD for Revit mahdollistaa esimerkiksi:

- sähköjärjestelmien mallintamisen (valaistus, pistorasiat, jakokeskukset, kaapelireitit, potentiaalintasaus jne.)
- järjestelmäkaavioiden luomisen ja linkityksen malliin
- kuormitus- ja oikosulku-laskennat suoraan mallin datan perusteella
- tarkat komponenttivalinnat laajasta tuotevalmistajien tietokannasta (MagiCAD Cloud)
- reaaliaikaisen virheentarkistuksen ja törmäysten hallinnan muiden suunnittelualojen kanssa.

Näiden toimintojen ansiosta MagiCAD tekee Revitin tietomallista sähköteknisesti älykkään ja käyttökelpoisen.

MagiCAD toimii Revitin sisällä, eikä sen käyttö muuta Revitin perusrakennetta. Malli tallennetaan edelleen Revitin omassa .RVT-muodossa, ja MagiCAD tallentaa järjestelmäkohtaiset tiedot sen sisälle.

MagiCAD-projektit käyttävät lisäksi omia asetustiedostojaan, joihin tallentuvat muun muassa sähkölaitteiden tyyppitiedot (dataset), kirjastopolut ja laskenta-asetukset. Näiden avulla eri projektien asetukset pysyvät yhtenäisinä.

5 TYÖN TOTEUTUS

5.1 Menetelmät

Työn tavoitteena on ottaa tietomallinnusprosessi käyttöön asiakasyrityksen sähköasemasuunnittelussa. Tietomallinnuksen käyttöönotto edellyttää ohjelmisto-osaamisen kehittämistä sekä yhtenäisten toimintatapojen määrittämistä, jotta mallipohjainen suunnittelu voidaan integroida osaksi yrityksen normaalia suunnitteluprosessia. Käyttöönottoon on useita eri lähestymistapoja, jotka eroavat toisistaan vaadittavan resurssin, kustannusten ja hallittavuuden osalta.

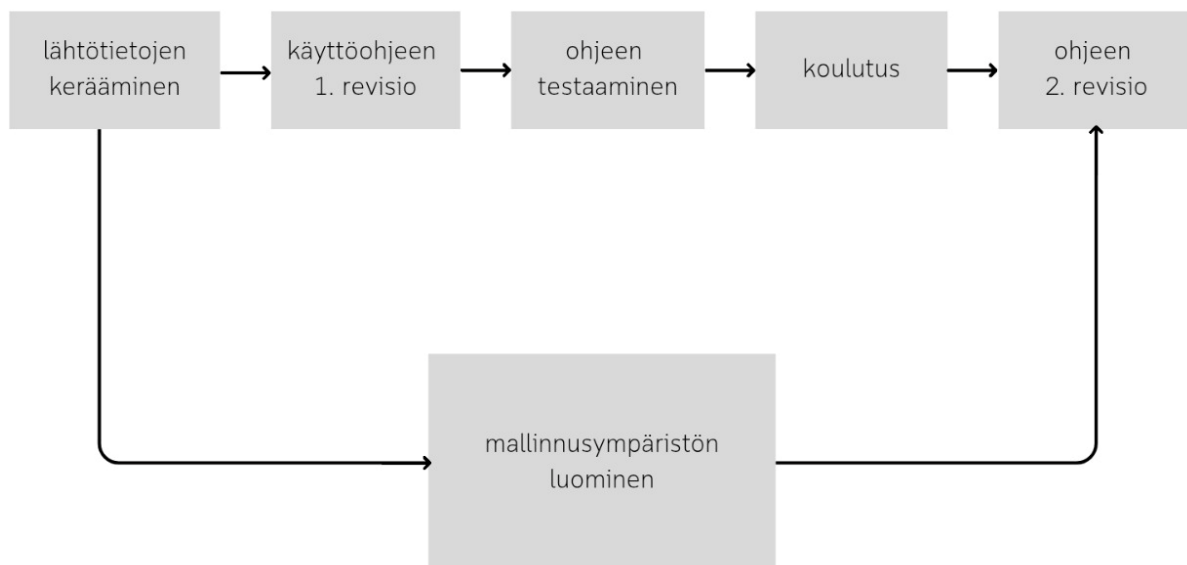
Yksi vaihtoehto olisi antaa suunnittelijoiden opetella tietomallinnusohjelmistojen, kuten Revitin ja MagiCADin, käyttö itsenäisesti. Tämä menetelmä on kustannuksiltaan edullinen, mutta sen heikkoutena on oppimisen hitaus ja hajanaisuus. Käytännön kokemusten perusteella oppiminen vei huomattavan paljon aikaa, ennen kuin ohjelmia pystyttiin käyttämään sujuvasti osana päivittäistä suunnittelutyötä edes perustasolla. Lisäksi riskinä on ohjelmistojen epätasainen hallinta eri suunnittelijoiden kesken.

Toinen vaihtoehto olisi hankkia koulutus suoraan ohjelmistovalmistajalta tai sen valtuuttamalta koulutuskumppanilta. Tällöin koulutussisältö on teknisesti kattava ja ohjelmiston mukainen, mutta se ei välttämättä huomioi yrityksen omia prosesseja tai sähköasemasuunnittelun erityispiirteitä. Lisäksi tämä vaihtoehto maksaa jo koulutustilaisuuden muodossa tuhansia euroa, eikä suunnittelijoilla olisi käytössään kattavaa sähköasemasuunnitteluun perustuvaa materiaalia jatkuvaa oppimista varten.

Kolmantena vaihtoehtona olisi järjestää yrityksen sisäinen koulutus ilman laajempaa dokumentaatiota. Tällöin tiedon siirto jäisi pitkälti koulutustilaisuuden varaan, eikä opittuja toimintatapoja välttämättä saataisi vakiinnutettua. Koulutus pitäisi järjestää aina uudestaan, kun yritykseen tulee uusia työntekijöitä ja aikaa menisi paljon perustoimintojen kertaamiseen.

Tässä työssä valittu menetelmä yhdistää eri lähestymistapojen vahvuuksia. Yritykselle laaditaan oma sisäinen ohje tietomallinnuksen käyttöön sähköasemaprojekteissa, ja sen pohjalta järjestetään yrityksen oma sisäinen koulutus. Näin varmistetaan, että tietomallinnuksen periaatteet, ohjelmistojen käyttö ja suunnitteluprosessin vaiheet kuvataan juuri yrityksen toimintatapoihin ja asiakasvaatimuksiin sopivalla tavalla. Sisäinen ohje toimii jatkossa sekä koulutusmateriaalina uusille työntekijöille että käytännön tukena projektien toteutuksessa. Ohjeistus päivittyy jatkuvasti tarpeen mukaan ja ylläpitokoulutuksia voidaan järjestää tarpeen mukaan esimerkiksi kerran vuodessa.

Työ toteutetaan kuvan 24 mukaisesti niin, että ensin kerätään yrityksen mallinnuksesta kiinnostuneilta suunnittelijoilta lähtötiedot heidän ohjelmisto- ja mallinnusosaamisestaan. Näiden lähtötietojen perusteella räätälöidään suunnittelijoiden kokemusta vastaava ohje, jonka avulla mallinnukseen tutustuminen on mielekästä aloittaa.



KUVA 24. Prosessikaavio käytettävistä työmenetelmistä

Ohje annetaan suunnittelijoiden käyttöön, jotta he voivat arvioida ohjeen soveltuvuutta sellaisen henkilön näkökulmasta, jolla ei ole ennestään kokemusta mallinnustyöstä. Ohjeen testaamisen jälkeen suunnittelijoille annetaan vielä yhden-kahden päivän koulutus mallinnukseen, jossa varmistetaan realistiset mahdollisuudet aloittaa mallinnustyöt oikeiden projektien parissa.

Ohjeesta tehdään 2. revisio suunnittelijoilta saadun palautteen perusteella ja tästä eteenpäin ohjetta päivitetään aina tarpeen mukaan. Työn ohessa luodaan yrityksen sisäinen mallinnusympäristö, joka pitää sisällään esimerkiksi objektikirjastot, templatet ja datasetit.

Lopuksi arvioidaan itsenäisesti, miten mallinnuksen käyttöönotto onnistui ja olisiko jotain voinut tehdä paremmin.

5.2 Lähtötietojen kerääminen

Lähtötietojen keräämiseen käytettiin keskustelujen lisäksi suunnittelijoiden esihenkilön ja tämän työn ohjaajan Erkki Pusan luomaa osaamismatriisia (taulukko 1).

Taulukko 1. Osaamismatriisi (muokattu lähteestä Pusa, 2025)

Competence matrix	Suunnittelija 1	Suunnittelija 2	Suunnittelija 3	Suunnittelija 4	Suunnittelija 5	Suunnittelija 6	Suunnittelija 7	Suunnittelija 8	Suunnittelija 9	Miska Siekkinen	Suunnittelija 11	
Sovellukset:												Applications:
AutoCad	X	X		X	X	X			X	X	X	AutoCad
MicroStation	X			X					X	X	X	MicroStation
Trimble Tekla		X			X							Trimble Tekla
E3	X			X					X	X	X	E3
Cadmatic											X	Cadmatic
Revit				X						X	X	Revit
Elek HV Cable	X								X			Elek HV Cable
Falcony	X				X	X					X	Falcony
Merkinnät em. taulukkoon:	X											Can manage the entirety
Markings to the table:	X											Need for training
												No skill

Taulukossa 1 on yrityksen Suomen suunnittelijoiden osaamismatriisi, josta on poistettu muiden suunnittelijoiden nimet ja tämän työn kannalta epäolennaiset osiot. Taulukossa vihreä x tarkoittaa, että suunnittelija hallitsee ko. ohjelmiston ja musta x tarkoittaa, että suunnittelijalla olisi tarve osata tämä ohjelma. Tyhjä ruutu tarkoittaa, että suunnittelijalla ei ole osaamista, eikä halua/tarvetta opetella sitä.

Listalla olevista ohjelmistoista Revitin lisäksi ainoa rehellinen mallinnusohjelma on Trimble Tekla. Teklan hallitsee yrityksessä kaksi suunnittelijaa, joten yksikössä on mallinnuskokemusta. Teklan käyttäjät toimivat kuitenkin sähkötekniikasta poikkeavalla toimialalla, joten he eivät koe tarvetta Revitin opettelulle.

Revitin opettelusta kiinnostuneita suunnittelijoita on Suomen Caverionin puolella kaksi, eikä heistä kumpikaan ole käytyjen keskustelujen perusteella käyttänyt mallinnusohjelmia kuin korkeintaan opiskeluaikoinaan. Näin ollen, lähtökohtana on tarve räätälöidä käyttöohje sellaisia henkilöitä varten, joilla ei ole lainkaan mallinnuskokemusta. Tästä syystä ohjeeseen sisällytetään vaiheittaisten ohjeiden lisäksi johdantona mallinnuksen teoriaa ja keskeisiä eroja verrattuna perinteiseen 2D-piirtämiseen.

5.3 Käyttöohjeen ensimmäinen versio

Käyttöohje lähdettiin luomaan täysin tyhjästä sellaiselle kohderyhmälle, joka ei ole ennen käyttänyt mallinnusohjelmia. Tässä täytyy kiinnittää huomiota aihepiiriin liittyvään perusteoriaan ja mallinnuksen perusteisiin. Käyttöohjeen sisältö on suurilta osin salassa pidettävä, joten sen sisältöä ei voida avata kokonaisuudessaan. Ohjeesta on kuitenkin poimittu tähän raporttiin otteita, jotta lukijan olisi mahdollista muodostaa mielikuva sen pääsisällöistä ja rakenteesta.

Sisällys

1.	Johdanto.....	5
1.1	Autodesk Revit	5
1.1.1	Revitin tukemat tiedostomuodot.....	7
1.2	MagiCAD for Revit	9
2.	Ennen projektin aloittamista	10
2.1	Ohjelmistoversiot (tärkeä, lue tämä)	10
2.2	Ohjelmistojen käyttöönotto	10
2.2.1	Revit	11
2.2.2	MagiCAD.....	12
2.3	Yleiset käsitteet.....	15
2.4	Vakiopikanäppäimet	17
3.	Mallin tarkasteleminen.....	19
3.1	Linkitettyjen mallien tarkastelu.....	21
4.	Mallin käsitteleminen.....	23
4.1	Mallinnuksen ja piirtämisen erot.....	23
4.2	Mallin luominen.....	24
4.2.1	Mallin muokkaaminen ja ylläpito	25
5.	Export-toiminnot.....	26
6.	Yksityiskohtaiset ohjeet	29
6.1	Revit-käyttöliittymä	29
6.1.1	Näkymät.....	32
6.2	MagiCAD-käyttöliittymä.....	38
6.3	Projektin aloittaminen.....	43
6.4	Family-objektit (mallinnusesimerkki).....	51
6.5	Objektien lisääminen malliin	60
7.	Kehitysehdotukset.....	63

KUVA 25. Käyttöohjeen sisällysluettelo

Kuvassa 25 on esitetty ohjeen sisällysluettelo, jossa ei ole näkyvässä mitään luottamuksellista.

Ohjeen **1. luku** on pyhitetty johdannolle ja ohjelmistojen teorialle. Nämä sisältävät hyvin pitkälti sel-
laisia sisältöjä, joita tämänkin työn teoriaosassa on käsitelty.

2. luku pitää sisällään ohjelmistojen käyttöönoton, yleiset käsitteet ja vakiopikanäppäimet mallinnuk-
sen nopeuttamista varten. Eräs keskeinen lukuun liittyvä huomio on kohdassa 2.1:

Kaikkien projektin osapuolten on käytettävä samaa Autodesk Revit-
ja MagiCAD-ohjelmistoversiota. Eri versiot (2023, 2024, 2025 jne.)
eivät ole taaksepäin yhteensopivia keskenään, eli esimerkiksi 2025
versiolla tehtyä projektia ei pysty avaamaan 2024 versiolla. Uudem-
malla versiolla pystyy avaamaan vanhemman version, mutta tällöin
projektin versio muuttuu uudempaan versioon ja tallennettaessa siitä
tulee yhteensopimaton vanhemman version kanssa. Saman version
sisällä olevat päivitysversiot kuitenkin ovat yhteensopivia, eli esimer-
kiksi 2025.1 ja 2025.2 toimivat keskenään, kunhan pidetään huoli,
että pääversio on sama. (Siekinen, 2025)

Tämä on työmäärän näkökulmasta erittäin tärkeä sisäistä. Mikäli joku aloittaa suunnittelun tuo-
reemmalla Revit-versiolla kuin on sovittu, kaikki tehty työ on käytännössä hukkaan heitettyä, koska

suunnittelu on aloitettava uudestaan oikealla versiolla. Revit-projektia ei ole mahdollista siirtää vanhempaan versioon niin, että kaikki tieto ja parametrisuus säilyy. Samassa kohdassa on tuotu esille myös asiaan liittyvä huomautus:

Sama koskee kaikkia Revitin tiedostomuotoja, eli edes Templatet tai Familyt, eivät ole taaksepäin yhteensopivia. Jos siis esimerkiksi DC-keskus mallinnetaan 2025 versiolla, sitä ei saa auki 2024 versiolla. Jopa piirustusraamit kuuluvat tähän kategoriaan. Ainoa ns. kiertoreitti on viedä projekti uudemmassa Revit-versiossa IFC-muotoon, tuoda se näin vanhempaan versioon ja tallentaa RVT-muotoon. Tämä tapa kuitenkin hukkaa kaiken parametrisuuden, suurimman osan objektien tietoista ja osan geometriasta sekä materiaaleista. Objekteilla ei tämän jälkeen ole kaikkia tietoja ja ne todennäköisesti näyttäisivät erilaisilta. Tätä tapaa täytyy välttää ja se on mahdollista aloittamalla projekti oikealla Revit- versiolla. (Siekinen, 2025)

3. luku käsittelee mallin tarkastelemista ja **4. luku** mallin käsittelemistä. Nämä on eriytetty siksi, koska yrityksessä on henkilöitä, joiden ei koskaan tarvitse mallintaa tai muokata malleja, vaan he pelkästään tarkastelevat mallia ja ottavat sieltä tietoja. Tästä syystä on käyttäjäystävällisempää tehdä näille henkilöille ohjeeseen oma luku, joka keskittyy vain mallin tarkasteluun ja jättää ulkopuolelle kaiken, mikä liittyy itse mallinnuksen valmisteluun. Tämä on todettu ohjeessa seuraavasti:

Kaikilla käyttäjillä ei välttämättä ole tarvetta luoda tai muokata malleja. Tässä kappaleessa opastetaan, miten mallia voidaan tarkastella turvallisesti ilman riskiä vahinkomuutoksista. Mallin tarkasteluun tarvitaan ainoastaan projektissa käytetty Revit-versio ja tarvittavat mallitiedostot (.RVT tai .IFC). MagiCADia ei tarvita pelkkään tarkasteluun. Tarkastelun perusperiaate on, että varsinaisia mallitiedostoja ei koskaan avata suoraan, vaan niistä tehdään omat paikalliset kopiot. Näin vältetään tilanteet, joissa päämalliin tallentuu muutoksia vahingossa. (Siekinen, 2025)

3. luvussa käydään lisäksi läpi mallin tarkasteleminen vaihe vaiheelta, jotta se olisi helppoa, myös aloittelijalle. **4. luku** jatkaa mallin luomisen ja vaihe-vaiheelta tapahtuvan käsittelyn osalta. Tähän yhteyteen tuotu muistutuksena esimerkiksi seuraava tietomallipohjaiseen mallinnukseen liittyvä huomio:

Perinteinen CAD-suunnittelu perustuu 2D-piirustuksiin, joissa viivat ja symbolit muodostavat piirrosdokumentin. Tietomallinnuksessa taas ei "piirretä", vaan rakennetaan digitaalinen kolmiulotteinen rakennus tai asema, jossa jokainen komponentti on tietokohde. Se tietää, mikä se on, missä se sijaitsee ja mitä se sisältää. Esimerkiksi pistorasia ei ole mallissa vain piirrettynä symbolina, vaan se sisältää ominaisuuksia, kuten jännitteen, kuormituksen, järjestelmän ja kytkentätiedot. Tämä ero tekee mallinnuksesta huomattavasti tarkempaa, mutta myös vaativampaa: jokainen toiminto vaikuttaa suoraan mallin rakenteeseen ja tietosisältöön.

Tärkein ymmärrettävä eroavaisuus on, että mallinnuksessa ei tehdä monta erillistä toisistaan riippumatonta piirustuslehteä, vaan yksi malli, jota tarkastellaan eri kulumista. Jos siis siirrät esim. pistorasiaa tasokuvassa, se siirtyy myös 3D-näkymässä ja lämmittimien tasokuvassa. (Siekinen, 2025)

Tämä on keskeinen 2D- ja 3D-mallintamisen eroavaisuus. Luvun lopussa muistutetaan vielä tietomallipohjaisesta rakenteesta seuraavasti:

Muokkauksia tehdessä on tärkeää ymmärtää, että malli ei ole staattinen piirrosdokumentti, vaan tietokanta. Jokainen muutos tallentuu mallin tietosisältöön ja vaikuttaa sen kautta raportteihin, kaavioihin ja laskentoihin. Jos projekti on usean käyttäjän yhteinen, kaikki muokkaukset tehdään Workshring-ympäristössä, jossa mallin keskitiedosto tallennetaan palvelimelle ja jokainen käyttäjä työskentelee omassa paikallisessa kopiossaan. Synkronointi (Synchronize with Central) pitää mallin ajan tasalla ja estää päällekkäiset muutokset. (Siekkinen, 2025)

Tämä on sinällään vain eräs yksityiskohta muiden joukossa, mutta voi tyypillisesti jäädä esim. tasokuvia luodessa helposti huomioimatta.

5. luvussa käsitellään vienti (export) ja tulostus (print) toimintoja. Luvun tavoitteena on esitellä, miten mallista tuotetaan erilaisia lähtöaineistoja, kuten piirustuksia, dokumentteja ja kuvia, jotka tukevat suunnittelun eri vaiheita. Toiminnot ovat keskeisiä erityisesti silloin, kun mallinnustietoa siirretään muiden suunnittelualojen tai tilaajan järjestelmiin. Luvussa kuvataan vaiheittain, miten vienti- ja tulostusasetukset määritetään tehokkaasti sekä miten varmistetaan, että tulosteisiin sisällytetään vain oleelliset ja ajantasaiset tiedot. Lisäksi tarkastellaan, miten oikeilla asetuksilla voidaan parantaa dokumentoinnin yhtenäisyyttä ja vähentää virhemahdollisuuksia.

6. luvussa esitellään ohjelmistojen käyttöliittymää, yleisiä toimintoja ja mallinnuksen vaiheita kuvien avulla mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Näihin kohtiin viitataan ristiviitteillä luvuissa 3 ja 4, jotta kuvallisia ohjeita ei tarvinnut kirjoittaa kahteen eri kappaleeseen. 6. luku on odotusarvoisesti eniten käytetty ohjeen luku, koska sen perusteella on tavoitteena oppia toimintojen käyttöä ja kehittää ongelmanratkaisukykyä.

7. lukuun on koottu sekä ohjeen, että toimintaympäristön kehitysehdotukset ja työn alla olevien kehityskohteiden tilanne. Tätä päivitetään aina ohjeen uudessa revisiossa, jotta kehitysehdotukset eivät jää huomioimatta.

5.4 Ohjeen käyttöönotto

Ohjeen käyttöönotto aloitettiin 23.10.2025 lähettämällä ohje yhden suunnittelijan käyttöön, jolla ei ollut ennestään kokemusta mallintamisesta. Tarkoituksena oli testata ohjetta todellisessa sähköasemaprojektissa ja arvioida sen soveltuvuutta käytännön suunnittelutyöhön. Testaava suunnittelija käytti ohjetta mallien tarkasteluun ja muokkaamiseen ja kirjasi järjestelmällisesti ylös havainnot ja kehitysehdotukset, jotka koskevat esimerkiksi ohjeen selkeyttä, sisällön kattavuutta ja ohjelmistokohdaisia menettelyjä.

Käyttöönotto rajattiin aluksi yhteen suunnittelijaan, jotta prosessia voitiin hallita tehokkaasti ja seurata muutostarpeita ilman laajaa koordinoitua. Mikäli ohje olisi lähetetty samanaikaisesti useammalle suunnittelijalle, aikataulujen yhteensovittaminen olisi ollut haastavaa, sillä eri projekteissa työskentelevien suunnittelijoiden olisi pitänyt irrottautua omista tehtävistään ohjeen testausta varten. Rajatun pilotoinnin avulla varmistettiin, että palaute on keskittynyttä, jatkuvaa ja helposti hyödynnettävissä ohjeen jatkokehityksessä. Tehty valinta sisältää kuitenkin riskin. Näin toimien ohjeen testaus

perustuu vain yhden suunnittelijan kokemukseen, eikä saatu palaute välttämättä kata kaikkia mahdollisia käyttötapoja tai eritasoisten käyttäjien näkökulmia. Otanta on siten pieni, eikä sen avulla voida vielä varmistaa ohjeen toimivuutta laajasti eri suunnittelutilanteissa. Tämä on kuitenkin tietoinen valinta, joka johtuu sekä henkilöstön työtehtävien resursoinnista, tämän työn aikataulutavoit- teista sekä halusta saattaa ohje aluksi käyttökelpoiselle laatutasolle ennen laajempaa testausta use- amman käyttäjän kanssa.

Testausvaiheen jälkeen ohjetta tarkennetaan saadun palautteen perusteella, kun yrityksen tietomal- linnusympäristö on ensin viimeistely. Mallinnusympäristön viimeistely on suunniteltu vuoden 2026 alkupuolelle. Päivitystyössä huomioidaan erityisesti ne kohdat, joissa ohjeen sisältö ei vastaa käy- tännön tarpeita tai joissa mallinnusprosessin vaiheet kaipaavat täsmällisempää ohjeistusta. Tavoit- teena on pitää ohjeistus myös napakkana, jotta sen käyttö on tehokasta. Samalla suunnittelijoille järjestettävän koulutuksen sisältöä kehitetään saadun palautteen perusteella, jotta koulutus tukee mahdollisimman hyvin käytännön työskentelyä ja ohjelmistojen hallintaa.

5.5 Palautteen kerääminen ja jatkotoimenpiteet

Ohjeesta kerättiin palautetta pitämällä palaveri ohjetta testanneen suunnittelijan kanssa. Keskuste- lun tavoitteena oli saada suoraa ja käytännönläheistä palautetta ohjeen rakenteesta, sisällöstä ja käytettävyydestä todellisessa projektityössä.

Ensimmäinen palaute liittyi ohjeen laajuuteen. Ohjeen 63 sivun mittaista kokonaisuutta pidettiin ensi- vaikutelmaltaan raskaana, mikä voi herättää mielikuvan siitä, että tietomallintamisen käyttöönotto on monimutkainen ja aikaa vievä prosessi. Tämän havaittiin voivan heikentää suunnittelijoiden motivaat- iota perehtyä ohjeeseen, vaikka sen sisältö olisikin pääosin hyödyllistä, tarpeellista ja jopa välttämä- töntä.

Toinen keskeinen palaute koski ohjeen julkaisuajankohtaa suhteessa yrityksen mallinnusympäristön kehitykseen. Ohje otettiin käyttöön vaiheessa, jossa yrityksellä ei vielä ollut omaa Revit-templatea, MagiCAD-datasettiä eikä verkkolevyllä sijaitsevaa yhteistä komponenttikirjastoa. Vaikka ohjeessa on mainittu näiden elementtien olevan kehitteillä, todettiin, että ohjeen hyödyntäminen olisi huomatta- vasti sujuvampaa, jos nämä perusrakenteet olisivat valmiina. Näin ohjeen esittämät toimintatavat ja käytännön esimerkit voisi liittää suoraan yrityksen omaan mallinnusympäristöön.

Lisäksi ohjeen ensimmäisessä versiossa havaittiin sisältöä, joka on suunnattu jo kokeneemmille käyttäjille. Aloittelijalle osa ohjeen menettelyistä ja asetuksista voi olla tarpeettoman yksityiskoh- taista. Jatkokehityksessä onkin tarkoitus selkeyttää ohjeen rakennetta siten, että se tukee eri osaa- mistasoilla olevia käyttäjiä. Käyttöönoton alkuvaiheessa korostetaan perusasioita, ja laajemmat toi- minnot käsitellään myöhemmässä vaiheessa, kun mallinnusosaaminen on vakiintunut.

Yleisarviona ohjetta pidettiin hyvänä ja käyttökelpoisena työkaluna, joka tukee sähköasemasuunnit- telun mallipohjaista työskentelyä ja se auttaa alkuun ohjelmistojen käytössä. Palautteen perusteella sen hyödyntämistä tehostaisi kuitenkin peruskurssin kaltainen koulutus, jossa suunnittelijat näkisivät ohjelmiston perustoimintoja käytännössä ja voisivat samalla rakentaa oman mallinnusprosessinsa (“workflow”) näiden esimerkkien pohjalta. Todettiin, että pelkästään ohjetta lukemalla mallintamista ei opi, vaan oppimisprosessi vaatii tuekseen peruskoulutuksen ja ohjelmiston käyttötunteja, tai vaih- teoisesti valtavan määrän käyttötunteja ja niin sanotusti oppimista kantapäähän kautta.

Palautteen perusteella seuraavat vaiheet keskittyvät ohjeen käytön vakiinnuttamiseen ja sen hyödyntämiseen koulutuksen pohjana.

1. Suunnittelijoille järjestetään mallinnuksen peruskurssi, jonka avulla varmistetaan, että kaikki osallistujat hallitsevat ohjelmistojen perustoiminnot ennen ohjeen laajempaa käyttöönottoa. Koulutus toteutetaan yrityksen sisäisesti, ja sen sisältö rakennetaan siten, että se tukee ohjeen rakennetta ja sen kuvaamia työvaiheita. Näin koulutus ja ohje muodostavat toisiaan täydentävän kokonaisuuden.
2. Mallinnympäristön kehitystä jatketaan samanaikaisesti siten, että yrityksen oma Revit-template, MagiCAD-datasetti ja yhteinen komponenttikirjasto otetaan käyttöön ennen ohjeen seuraavaa revisiota. Näiden perustyökalujen valmistuminen on edellytys sille, että ohjeen menettelytavat voidaan siirtää tehokkaasti käytäntöön. Kun mallinnympäristö on valmis, ohje voidaan päivittää vastaamaan täysin yrityksen omia standardeja ja tietorakenteita.
3. Seuraavassa vaiheessa ohjeen käyttö laajennetaan koskemaan useampia suunnittelijoita. Tämä vaihe toimii käytännön pilottina, jossa testataan ohjeen toimivuutta erilaisissa projektityypeissä ja käyttäjäprofiileissa. Palautetta kerätään tässä vaiheessa sekä yksilö- että ryhmäkeskusteluina, jotta voidaan tunnistaa sekä yleiset että käyttäjäkohtaiset haasteet.
4. Lopuksi tavoitteena on liittää ohje osaksi yrityksen vakioitua suunnitteluprosessia. Tämä tarkoittaa, että ohje toimii jatkossa sekä koulutusmateriaalina uusille työntekijöille että viiteasiakirjana sähköasemaprojektien suunnittelun mallipohjaisessa toteutuksessa.
5. Käyttöönoton edistymistä seurataan erillisellä arviointikierroksella noin puolen vuoden kuluttua koulutuksen järjestämisestä, jolloin voidaan arvioida ohjeen vaikutusta suunnittelun sujuvuuteen ja tiedonhallinnan laatuun.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

6.1 Työn onnistuminen ja merkitys

Työn päätavoitteena oli laatia sähköasemasuunnitteluun yrityskohtainen ohjeistus tietomallinnuksen käyttöönotosta Revit–MagiCAD-ympäristössä sekä luoda toimintamalli, jonka avulla mallipohjainen suunnittelu voidaan integroida osaksi yrityksen normaalia suunnitteluprosessia. Työ saavutti tämän tavoitteen perusmuodossaan. Yritykselle laadittiin oma, sähköasemaprojekteihin sovitettu tietomallinnusohje, jota voidaan käyttää sekä koulutusmateriaalina että sisäisenä ohjeistuksena mallipohjaisen suunnittelun käyttöönotossa. Työ loi pohjan prosessille, jota voidaan jatkokehittää ja laajentaa tulevaisuudessa.

Kokonaisuutena työ onnistui siinä, että se jäsensi mallipohjaisen suunnittelun käyttöönoton yrityksen näkökulmasta hallittavaan muotoon. Tietomallinnuksen käsitteet, ohjelmistojen roolit ja käyttöönoton vaiheet on kuvattu yrityksen tarpeisiin sovitetusti, ja ohjeen ensimmäinen versio toimii konkreettisenä lähtökohtana sisäisen koulutuksen ja toimintatapojen kehittämiseksi. Lisäksi työn aikana muodostui selkeä näkemys siitä, millaisia valmiuksia ja resursseja mallipohjainen suunnittelu edellyttää, mikä on yrityksen kannalta vähintään yhtä tärkeää kuin itse ohjeistus.

Työtä voidaan kuitenkin arvioida myös kriittisesti. Keskeisin puute on työn rajallinen aikataulu suhteessa sen tavoitteisiin. Tietomallinnusprosessin kokonaisvaltainen käyttöönotto ei ole lyhyen aikavälin hanke, vaan laaja kehitysprosessi, joka vaatii aikaa, sitoutumista ja vaiheittaista etenemistä. Opinnäytetyön aikataulu, joka oli tässä tapauksessa vain pari kuukautta, ei mahdollistanut prosessin täysimittaista toteuttamista päivätyön ohella. Käyttöönotto jäi kesken siinä vaiheessa, jossa ohjeen testaus ja mallinnusympäristön rakentaminen olivat vielä kesken. Tämä rajoitti mahdollisuuksia arvioida työn todellista vaikuttavuutta käytännön projekteissa.

Toinen kriittinen havainto liittyy ohjeen testaamiseen. Ensimmäinen versio testattiin vain yhdellä suunnittelijalla, jolla oli vahva tekninen tausta ja laaja kokemus sähköasemasuunnittelusta. Tämä oli perusteltu ratkaisu pilotointivaiheessa, mutta se kavensi palautteen näkökulmaa. Ohjeen soveltavuutta eri kokemustasoilla oleville käyttäjille ei voitu arvioida, mikä heikentää tulosten yleistettävyyttä. Myös ohjeen pituus ja teoreettinen sisältö osoittautuivat haasteeksi: 63-sivuinen ohje loi mielikuvan monimutkaisesta ja raskaasta prosessista, mikä saattaa vaikeuttaa sen käytännön omaksumista.

Työssä olisi voitu kiinnittää enemmän huomiota myös yrityksen mallinnusympäristön valmiusasteeseen. Ohje julkaistiin vaiheessa, jossa yrityksellä ei vielä ollut käytössä omaa Revit-templataa, MagiCAD-datasettiä, eikä yhteistä kirjastoa. Tämä heikensi ohjeen käytettävyyttä, koska sen sisältöä ei voitu sitoa suoraan käytännön työympäristöön. Käyttöönoton kannalta olisi ollut hyödyllistä, että nämä perustyökalut olisivat olleet olemassa ennen ohjeen testausta. Tällöin olisi ollut mahdollista arvioida ohjeen toimivuutta aidossa ympäristössä ja kerätä palautetta sen soveltamisesta todellisiin projekteihin.

Vaikka työn laajuus ja aikataulu rajoittivat saavutettavia tuloksia, sen merkitys yritykselle on silti merkittävä. Työn tuloksena syntyi ensimmäinen, yrityksen omiin prosesseihin räätälöity tietomallinnusohje, joka mahdollistaa mallipohjaisen suunnittelun käyttöönoton ilman ulkopuolista konsultointia. Tämä on konkreettinen askel kohti nykyaikaista, BIM-vaatimukset täyttävää suunnittelutoimintaa.

Työn aikana muodostetut toimintamallit ja kehitysehdotukset toimivat jatkossa perustana prosessin laajentamiselle ja yhtenäistämiseksi.

Kriittisestä näkökulmasta tarkasteltuna työ oli enemmän valmisteluvaihe kuin lopullinen käyttöönottohanke. Siitä huolimatta sen arvo on merkittävä, koska se loi rakenteen ja suunnan kehitystyölle, joka muutoin jäisi helposti hajanaiseksi. Opinnäytetyö osoitti, että tietomallinnuksen jalkauttaminen sähköasemasuunnitteluun on monivaiheinen prosessi, jossa teknisten ratkaisujen ohella korostuvat koulutus, toimintatapojen yhtenäistäminen ja jatkuva kehittäminen. Työn todellinen merkitys tulee esiin tulevaisuudessa, kun sen pohjalta laadittu ohje otetaan käyttöön laajemmin ja sen vaikutus suunnittelun tehokkuuteen ja laatuun voidaan arvioida käytännössä.

6.2 Tuloksien luotettavuus

Tämän työn toteuttamisen yhteydessä ohje laadittiin tyhjältä pöydältä ja sitä testattiin vain yhdellä suunnittelijalla. Tämä rajoittaa tulosten yleistettävyyttä. Yksittäisen käyttäjän palaute antaa arvokasta tietoa ohjeen toimivuudesta ja käytettävyydestä, mutta sen perusteella ei voida tehdä kattavia johtopäätöksiä siitä, miten ohje soveltuu eri kokemustasoilla oleville suunnittelijoille tai millaisia haasteita laajempi käyttöönotto voisi tuoda mukanaan. Otanta on siis pieni ja tulokset kuvaavat ensisijaisesti pilottivaiheen onnistumista.

Testaajana toiminut suunnittelija on kuitenkin kokenut sähköasemien suunnittelija ja tuntee hyvin eri suunnitteluohjelmistojen toimintaperiaatteet, vaikka ei ole aiemmin käyttänyt tietomallinnusohjelmistoja. Tämä tausta vaikutti positiivisesti ohjeen arviointiin, sillä hän pystyi tarkastelemaan mallinnusta sähköasemasuunnittelun näkökulmasta ja tunnistamaan ne kohdat, joissa ohje tukee tai vaikeuttaa käytännön työtä. Samalla kokemus useista muista ohjelmistoista auttoi arvioimaan ohjeen loogisuutta ja sen suhdetta tavanomaiseen suunnitteluprosessiin.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa kuitenkin se, että testaajan oppimiskäyrä ja havainnot eivät välttämättä vastaa vähemmän kokeneen suunnittelijan kokemusta. Kokeneen käyttäjän on helpompi omaksua uusia toimintatapoja ja arvioida niitä kriittisesti, kun taas aloittelija voisi kohdata erilaisia haasteita esimerkiksi ohjelmiston käyttöliittymän tai mallinnuslogiikan ymmärtämisessä. Näin ollen ohjeen käytettävyyttä eri käyttäjäryhmien näkökulmasta voidaan arvioida luotettavammin vasta myöhemmissä vaiheissa, kun testaus laajennetaan useampiin, varsinkin vähemmän mallinnuskokemusta omaaviin suunnittelijoihin.

Lisäksi on huomioitava, että työn varsinainen tavoite ei ollut yksinomaan ohjeen laatiminen. Tavoitteena oli kokonaisen tietomallinnusprosessin käyttöönotto yrityksen sähköasemasuunnittelussa. Tämä prosessi on vielä osittain kesken, ja ohjeen testaus muodostaa siitä vain yhden vaiheen. Luotettavuutta heikentävänä tekijänä voidaan siten pitää sitä, että arviointi perustuu keskeneräiseen tilanteeseen, jossa mallinnusympäristö ja siihen liittyvät työkalut eivät ole vielä täysin valmiita.

Myös työn aikataulu vaikutti luotettavuuteen. Kokonaisvaltainen tietomallinnusprosessin käyttöönotto vaatii huomattavasti enemmän aikaa kuin mitä opinnäytetyön puitteissa oli käytettävissä. Jotta prosessi voitaisiin toteuttaa ja arvioida kattavasti, realistinen aikajänne olisi vähintään vuoden mittainen. Tiukka aikataulu rajasi käytännön testausta ja palautteen keruuta, minkä vuoksi työn tulokset kuvaavat enemmän valmisteluvaihetta kuin täysin käyttöönotettua järjestelmää.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tässä vaiheessa saadut tulokset ovat suuntaa-antavia ja tukevat ohjeen sekä prosessin jatkokehitystä, mutta eivät vielä yksinään riitä osoittamaan kokonaisuuden toimivuutta laajassa käytössä. Pilotoinnin tuloksia voidaan kuitenkin pitää luotettavina siinä kontekstissa, jossa ne on kerätty, eli kokeneen suunnittelijan suorittamassa käytännön testissä todellisessa projektissa ja työtä tullaan jatkamaan suunnitellun mukaisesti.

6.3 Käyttöohjeen kehittäminen

Ohjeen seuraavaa revisiota varten sen rakennetta ja sisältöä kehitetään saadun palautteen perusteella. Tavoitteena on tiivistää ohjeesta selkeämpi ja helpommin omaksuttava kokonaisuus. Tämä toteutetaan karsimalla käytännön kannalta osin epäolennaisia teoriaa ja yhdistämällä sellaisia osioita, joiden sisältöjä voidaan käsitellä yhtenäisesti. Tarkoituksena on, että ohje keskittyy nimenomaan niihin asioihin, joita suunnittelija tarvitsee mallipohjaisen työn aloittamiseen ja käytännön toteutukseen. Alla olevassa kuvassa 26 on hahmotelma uuden ohjerevision rakenteesta.

Osa I – Perusohje

1 JOHDANTO.....	.....
1.1 Tietomallinnuksen tarkoitus sähköasemasuunnittelussa .....	.....
1.2 Ohjeen käyttö ja rakenne .....	.....
1.3 Käytettävät ohjelmistot ja työkalut .....	.....
–Autodesk Revit .....	.....
–MagiCAD for Revit .....	.....
2 MALLINNUSYMPÄRISTÖN VALMISTELU .....	.....
2.1 Ohjelmistoversiot ja asennus (tärkeä) .....	.....
2.2 Yrityksen mallinnusympäristö ja kirjastot .....	.....
2.3 Yleiset käsitteet ja käytännöt.....	.....
–Mallin rakenne .....	.....
–Pikanäppäimet ja käyttölogiikka .....	.....
3 PERUSTAIKOT MALLINNUKSESSA .....	.....
3.1 Revitin ja MagiCADin käyttöliittymät .....	.....
3.2 Mallin perustaminen ja asetukset.....	.....
3.3 Objektien lisääminen malliin.....	.....
3.4 Näkymät ja projektin tallennus .....	.....
4 MALLIN HALLINTA JA TARKASTELU .....	.....
4.1 Linkitetyt mallit ja tiedostorakenne.....	.....
4.2 Mallin tarkastelu ja perustoiminnot .....	.....
4.3 Export-toiminnot ja tiedonvaihto.....	.....
5 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI: PROJEKTIN ALOITUS .....	.....

OSA II – Syventävä ohje (kokeneemmille käyttäjille)

6 MALLIN MUOKKAAMINEN JA YLLÄPITO .....	.....
6.1 Mallin rakenne ja standardit .....	.....
6.2 Objektien hallinta ja Family-objektien luominen .....	.....
6.3 Mallien versiointi ja tietojen päivittäminen .....	.....
7 TEHOKAS TYÖSKENELY JA OPTIMOINTI.....	.....
7.1 Työkalujen ja asetusten räätälöinti .....	.....
7.2 Suorituskyvyn hallinta ja mallien optimointi.....	.....
7.3 Projektien yhteensopivuus ja yhteistyö muiden suunnitelualueiden kanssa .....	.....
8 MALLINNUSYMPÄRISTÖN YLLÄPITO JA KEHITTÄMINEN .....	.....
8.1 Yritysten omien templatejen ja datasettien päivitys .....	.....
8.2 Yhteisen kirjaston hallinta .....	.....
8.3 Dokumentoinnin ja versionhallinnan käytännöt.....	.....
9 JATKUVA KEHITTÄMINEN JA PALAUTEPROSESSI .....	.....
9.1 Käyttäjäpalautteen kerääminen .....	.....
9.2 Ohjeen revisiointi ja koulutusten suunnittelu.....	.....
9.3 Tulevat kehitysehdotukset.....	.....

KUVA 26. Hahmotelma uuden ohjerevision rakenteesta

Uuden käyttöohjeen rakenne pohjautuu ensimmäisen version sisältöön, mutta sitä on muokattu vastaamaan paremmin eritasoisten käyttäjien tarpeita ja mallipohjaisen suunnittelun etenemislogiikkaa. Ohjeen rakenne on jaettu kahteen pääosaan: Perusohjeeseen, joka on tarkoitettu aloittelijoille, sekä Syventävään ohjeeseen, joka palvelee kokeneempia käyttäjiä ja mallinnuksen kehittäjiä. Tällä jaolla pyritään siihen, että ohje olisi helposti lähestyttävä uusille käyttäjille, mutta samalla riittävän monipuolinen tukemaan myös jatkokehitystä ja syventävää osaamista.

Ensimmäisen version keskeinen runko on säilytetty, mutta sen sisäinen järjestys ja otsikointi on uudistettu. Johdantoon ja mallinnusympäristön valmisteluun liittyvät osiot on yhdistetty loogisemmiksi kokonaisuuksiksi, joissa ohjelmistoversiot, asetukset, kirjastot ja tietomallinnuksen peruskäsitteet muodostavat selkeän johdannon mallipohjaisen työn käynnistämiseksi. Myös käyttöliittymän ja perustoimintojen esittely on siirretty aiempaa varhaisempaan vaiheeseen, jotta se tukee paremmin käyttäjän pääsemistä sisään ohjelmiston logiikkaan ennen varsinaista mallin rakentamista. Näin ohje etenee nyt johdonmukaisesti ohjelmiston käyttöönotosta mallin perustamiseen ja sen hallintaan.

Uusia kokonaisuuksia on lisätty erityisesti kokeneiden käyttäjien tueksi. Syventävä ohje sisältää aiempaa tarkemmat ohjeet mallien ylläpidosta, Family-objektien käsittelystä, asetusten optimoinnista ja projektien yhteensopivuuden varmistamisesta. Lisäksi ohjeeseen on sisällytetty mallinnusympäristön ylläpitoa ja yrityksen omien templatejen sekä kirjastojen hallintaa käsitteleviä osioita, jotka olivat ensimmäisessä versiossa vielä vain viitteellisesti mukana. Uutena lukuna on lisätty myös Jatkuva kehittäminen ja palauteprosessi, joka kuvaa ohjeen päivitystarvetta ohjelmistojen, prosessien ja vaatimusten muuttuessa.

Kokonaisuudessaan uudistettu rakenne on aiempaa selkeämpi ja käytännönläheisempi. Se seuraa suunnitteluprosessin etenemistä ja tukee siten paremmin sekä koulutuksen että käytännön työn tarpeita. Uusi rakenne mahdollistaa osaamisen kehittämisen vaiheittain: ensin keskitytään mallinnuksen perusasioiden omaksumiseen ja yrityksen mallinnusympäristön käyttöönottoon, ja myöhemmissä vaiheissa syvennytään mallien ylläpitoon, tehokkaaseen työskentelyyn ja prosessien optimointiin. Näin ohje mukautuu yrityksen kehittyviin tarpeisiin ja henkilöstön osaamistason kasvuun.

Ennen seuraavan revisioversion laatimista yrityksen mallinnusympäristö kuitenkin saatetaan valmiiksi. Tämä tarkoittaa oman Revit-templaten, MagiCAD-datasetin ja yhteisen kirjaston käyttöönottoa, jotta ohje voidaan sitoa suoraan yrityksen käytäntöihin. Lisäksi järjestetään mallinnuksen peruskoulutus, jonka avulla suunnittelijoille muodostuu yhtenäinen käsitys tietomallinnuksen periaatteista ja ohjelmistojen käytöstä. Koulutus tukee myös tiedon jakamista organisaation sisällä, sillä sen jälkeen suunnittelijoilla on paremmat valmiudet auttaa uusia työntekijöitä mallinnustyön alkuvaiheissa.

Ohjetta tullaan kehittämään tarpeen mukaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ohjetta päivitetään aina, kun ohjelmistoversioissa, yrityksen mallinnuskäytännöissä tai asiakkaiden vaatimuksissa tapahtuu muutoksia. Tietomallinnusmenetelmät ja -työkalut kehittyvät jatkuvasti, joten ohjetta ei voida pitää koskaan täysin valmiina, vaan se on osa yrityksen jatkuvaa kehittämis- ja oppimisprosessia.

6.4 Oman oppimisen arviointi

Tämän työn tekeminen oli minulle ennen kaikkea ajatteluharjoitus, ei niinkään tekninen suoritus. En oppinut varsinaisesti uusia mallinnustaitoja tai ohjelmistojen käyttöä, sillä ne ovat kehittyneet jo työelämän kautta osaksi arkea. Sen sijaan työ pakotti tarkastelemaan mallinnusprosessia ulkopuolisemmin ja objektiivisemmin sekä pohtimaan, mitä kaikkea vaaditaan, ennen kuin uusi työskentelytapa todella toimii osana yrityksen arkea.

Ymmärsin työn aikana, että prosessin käyttöönotto on paljon enemmän kuin ohjelmiston opettelua tai ohjeen kirjoittamista. Se on pitkä ja monivaiheinen kokonaisuus, jossa pitää ottaa huomioon osaaminen, ajattelutavat, aikataulut, asenteet ja resurssit. Opin arvostamaan sitä, miten monimutkaista uuden toimintamallin juurruttaminen todellisuudessa on, etenkin kun samalla täytyy pitää kiinni yrityksen normaaleista projekteista ja aikatauluista.

Vaikka työn tavoitteena oli nimenomaan ohjelmistojen ja tietomallinnuksen oppiminen, huomasin nopeasti, että pelkkä ohjelmien hallinta ei vielä tarkoita todellista ymmärrystä mallintamisesta. Työ pakotti perehtymään siihen, mitä mallipohjainen suunnittelu oikeastaan tarkoittaa ja miten eri työkalut tukevat toisiaan kokonaisprosessissa. Opin hahmottamaan mallinnuksen periaatteita syvemmällä tasolla: miksi tietyt vaiheet tehdään tietyssä järjestyksessä ja miten tietoa tulisi käsitellä, jotta malli palvelee koko projektia, ei vain yhtä suunnittelijaa. Tämä auttoi ymmärtämään eron ohjelmiston käyttämisen ja mallinnuksen ymmärtämisen välillä ja kuinka tärkeää on molempien tasapaino.

Opin myös, että omien ideoiden puolustaminen ja niiden kriittinen tarkastelu voivat kulkea rinnakkain. Työn edetessä moni asia ei sujunut niin suoraviivaisesti kuin olin aluksi ajatellut, mikä oli ajoittain turhauttavaa. Juuri tämä kuitenkin osoittautui yhdeksi tärkeimmistä opeista: kuinka tärkeää on tarkastella omaa työtään ulkopuolisen silmin, ottaa vastaan palautetta ja hyväksyä keskeneräisyyttä osaksi oppimisprosessia.

Kokonaisuutena tämä työ kehitti kykyäni ajatella laajemmin ja pitkäjänteisemmin. Opin näkemään oman alani työkulut osana suurempaa kokonaisuutta ja ymmärtämään, miksi muutos ei koskaan tapahdu hetkessä. Jos jotain jäi erityisesti mieleen, niin se, että todellinen oppiminen ei tapahdu silloin, kun kaikki menee suunnitelmien mukaan, vaan silloin, kun joutuu pysähtymään ja miettimään, miksi asiat eivät menneet niin.

LÄHTEET

Työssä on käytetty tekoälyä seuraavasti: ChatGPT 2025. OpenAI. GPT-5. Käytetty kielentarkistukseen sekä rakenteen yhtenäistämiseen, marraskuu 2025. <https://chat.openai.com>

ABB 2000. TTT-käsikirja 2000-07. Verkkajulkaisu.
https://heikkilaakso.com/opetus/abb/130_0007.pdf. Viitattu 23.10.2025.

ABB 2025. UniGear ZS1-tuotevalikoima: ABB. Verkkajulkaisu.
<https://new.abb.com/medium-voltage/fi/keskijannitekojeistot/ilmaeristeiset-kojeistot/iec-and-other-standards/unigear-zs1-tuotevalikoima>. Viitattu 24.10.2025.

ABB n.d. Kaasueristeiset kojeistot. Verkkajulkaisu. <https://new.abb.com/medium-voltage/fi/keskijannitekojeistot/kaasueristeiset-kojeistot>. Viitattu 24.11.2025.

AFRY n.d. Suunnittelutoimeksiantoja Fingridin sähköasemille. Verkkajulkaisu. <https://afry.com/fi-fi/projektit/suunnittelutoimeksiantoja-fingridin-sahkoasemille>. Viitattu 2.12.2025.

Ases 2024. Ases ja Siemens Energy Oy yhteistyössä: korkeajännitteisten kojeistojen modernisointia. Verkkajulkaisu.
<https://www.ases.fi/blogi/ases-ja-siemens-energy-oy-yhteistyossa>. Viitattu 24.11.2025.

Assemblin Caverion Group 2025. Assemblin Caverion Group Q4 2024 - Investor presentation. Verkkajulkaisu.
<https://www.assemblincaverion.com/globalassets/investors/financial-reports/interim-reports/2024/q4-2024-investor-presentation.pdf>. Viitattu 23.10.2025.

Assemblin Caverion Group 2025. News: Assemblin Caverion Group. Verkkajulkaisu.
<https://www.assemblincaverion.com/news/2025/assemblin-caverion-groups-2024-full-year-financial-information-2024-was-a-year-of-successful-integration-capturing-synergies-and-continued-improved-profitability/>. Viitattu 23.10.2025.

Caverion Oyj 2013. Historia: Caverion Oyj. Verkkajulkaisu. <https://www.caverion.fi/tietoa-meista/tarinamme>. Viitattu 2.12.2025.

Caverion Oyj 2024. Vuosikatsaus 2023: Caverion Oyj. Verkkajulkaisu.
<https://www.caverion.fi/globalassets/investors/fi/annual-review/2023/caverion-vuosikatsaus-2023.pdf>. Viitattu 23.10.2025.

Caverion Oyj 2024. Sijoittajauutinen: Caverion Oyj. Verkkajulkaisu.
<https://www.caverion.fi/media/tiedotteet/2024/caverionin-ja-assemblinin-yhdistyminen-on-saatu-paatokseen>. Viitattu 2.12.2025.

Caverion Suomi Oy 2025. Lehdistö tiedote: Caverion Suomi Oy. Verkkajulkaisu.
<https://www.caverion.fi/media/tiedotteet/2025/caverion-fuusioi-yhtiinsa-suomessa--teknisten-palvelujen-markkinajohtaja-tyollistaa-yli-5-000-ammattilaista-ympari-maan>. Viitattu 2.12.2025.

Caverion Suomi Oy 2025. Tietoa meistä: Caverion Suomi Oy. Verkkajulkaisu.
<https://www.caverion.fi/tietoa-meista/>. Viitattu 23.10.2025.

DV Power 2021. Power Substation Grounding Continuity and Integrity Testing: DV Power. Verkkajulkaisu.
<https://www.dv-power.com/power-substation-grounding-continuity-integrity-testing/>. Viitattu 24.10.2025.

Energiavirasto n.d. Verkkotoiminnan luvanvaraisuus. Verkkajulkaisu.
<https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-luvanvaraisuus>. Viitattu 24.11.2025.

Erkheikki, A. 2015. Keskijännitekojeiston tuotteistaminen. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma. Lapin AMK.

- https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/102751/Opinnaytetyo_Antti_Erkheikki.pdf?sequence=1. Viitattu 3.12.2025.
- Fingrid 2019. Orimattilan sähköaseman rakentaminen: Fingrid. Verkkojulkaisu. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/rakentaminen/arkisto/orimattilan-sahkoaseman-rakentaminen/>. Viitattu 24.10.2025.
- Fingrid 2022. Sähköasemien ennätysmäinen investointiaalto. Verkkojulkaisu. <https://www.fingridlehti.fi/sahkoasemien-ennatysmainen-investointiaalto>. Viitattu 3.12.2025.
- Fingrid 2023. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024–2033: Fingrid. Verkkojulkaisu. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/fingrid_kehittamissuunnitelma_2024-2033.pdf. Viitattu 18.11.2025.
- Fingrid 2023. Tietoa Fingridistä: Fingrid. Verkkojulkaisu. <https://www.fingrid.fi/yhtio/kuluttajatietoa/?tag=9389&pageSize=5&page=1&-language=fi>. Viitattu 23.10.2025.
- Fingrid n.d. Suomen sähköjärjestelmä. Verkkojulkaisu. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/suomen-sahkojarjestelma>. Viitattu 24.11.2025.
- Fingrid n.d. Sähköasemat. Verkkojulkaisu. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/sahkoasemat/>. Viitattu 2.12.2025.
- Interscale 2025. Revit vs ArchiCAD: Interscale. Verkkojulkaisu. <https://interscale.com.au/blog/revit-vs-archicad/>. Viitattu 24.10.2025.
- Järvi-Suomen Energia 2023. Ajankohtaista: Järvi-Suomen Energia. Verkkojulkaisu. <https://www.jseoy.fi/ajankohtaista/tiedatko-miten-sahko-kulkee-nain-tunnistat-erilaiset-sahkolinjat/#efefb85e>. Viitattu 23.10.2025.
- Järvi-Suomen Energia 2024. Jakeluverkon kehittämissuunnitelma. Verkkojulkaisu. https://www.jseoy.fi/wp-content/uploads/2025/01/jakeluverkon-kehittamissuunnitelma_jarvi-suomen-energia-oy_2024_julkinen_paivitetty-1.11.2024.pdf. Viitattu 2.12.2025.
- Legrand 2025. Palonkestävät johtotiejärjestelmät: Legrand. Verkkojulkaisu. <https://www.legrand.fi/fi/ratkaisut/johtotiejarjestelmat/palonkestavyys>. Viitattu 24.10.2025.
- MagiCAD Group n.d. MEP-design. Verkkojulkaisu. <https://www.magicad.com/mep-design>. Viitattu 3.12.2025.
- Manninen, T. 2024. 110 kV:n GIS-sähköaseman käyttöönottomittaukset. Opinnäytetyö. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/878540/Manninen_Toni.pdf?isAllowed=y&sequence=2. Viitattu 2.12.2025.
- Meta Power Solutions n.d. Power Transformer Components. Verkkojulkaisu. <https://metapowersolutions.com/power-transformer-components-2>. Viitattu 2.12.2025.
- Multirel 2020. Uutiset: Multirel. Verkkojulkaisu. <https://multirel.fi/uutiset/kymenlaakson-sahkoverkko-ja-multirel-oy-yhteistyohon-muuntajahankinnoissa/>. Viitattu 24.10.2025.
- Mustonen, J. 2021. Alueverkon ja sähköasemien pitkän tähtäimen suunnitelma. Diplomityö. Informaatioteknologian ja viestinnän tutkinto-ohjelma. Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/136023/MustonenJoonas.pdf?sequence=2&>. Viitattu 3.12.2025.
- Mäenpää, T. 2013. Tuulipuistojen kompaktit sähköasemat. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59274/Maenpaa_Timo.pdf;jsessionid=2E6E16CFE91CD952A7B210A20E33BA3C?sequence=1. Viitattu 2.12.2025.

Määttä, J. 2009. Suuria seisovia pylviäitä. Verkkojulkaisu.
<https://calm.iki.fi/tolpat/kuva/6000>. Viitattu 18.11.2025.

Nordic BIM Group n.d. BIM eilen, tänään, huomenna. Verkkojulkaisu.
<https://www.nordicbim.com/fi/bim-eilen-tanaan-huomenna>. Viitattu 3.12.2025.

NTI Group n.d. Revit. Verkkojulkaisu. <https://www.nti-group.com/fi/tuotteet/autodesk-ohjelmistot/revit>. Viitattu 3.12.2025.

Nuolioja, J. 2020. Ohje teollisuuskohteiden maadoitusten suunnitteluun. Opinnäytetyö. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/324486/Nuolioja_Jaakko.pdf?sequence=2. Viitattu 3.12.2025.

Pusa, E. 2020. Jakeluverkkoyhtiön sähköasemahankinnan kojeistomäärityt. Diplomityö. Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto (LUT).
https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/161136/Diplomityo_Pusa_Erkki.pdf?sequence=1. Viitattu 2.12.2025.

Pusa, E. 2025. Suunnittelijoiden osaamismatriisi, Turku: Caverion Suomi Oy. Viitattu 24.10.2025.

Rakennustietosäätiö RTS 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4: Talotekninen suunnittelu (COBIM), Helsinki: Rakennustietosäätiö. Viitattu 23.10.2025.

Schneider Electric 2024. Helen Sähköverkko ja Schneider Electric kirittävät haitallisen SF6-kaasun korvaamista uudella teknologialla: Schneider Electric. Verkkojulkaisu.
<https://www.se.com/fi/fi/about-us/newsroom/news/press-releases/helen-s%C3%A4hk%C3%B6verkko-ja-schneider-electric-kiritt%C3%A4v%C3%A4t-haitallisen-sf6-kaasun-korvaamista-uudella-teknologialla-664c558925ddac8d99015475>. Viitattu 8.11.2025.

Schneider Electric n.d. Power Transformers: Understanding Its Types, Working Principles & Features. Verkkojulkaisu. <https://eshop.se.com/in/blog/post/power-transformers-understanding-its-types-working-principles-features.html?srsId=AfmBOoq1iPjqvj23G8xNc3e-QHcEOvjsTIWOqb7h3K6m4uc34nrZ9YtC>. Viitattu 24.11.2025.

Siekkinen, M. 2025. Revit- ja MagiCAD-käyttöohje, Kuopio: s.n. Viitattu 24.10.2025.

Siemens 2025. Siprotec 5: Siemens. Verkkojulkaisu.
<https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/siprotec-5.html>. Viitattu 24.10.2025.

Siivonen, J. 2018. Sähköjakeluverkon tietomallipohjaisen suunnitelun suuntaviivat. Diplomityö. Tietotekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto.
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26521/Siivonen.pdf;jsessionid=C9CD550BA061549365F3A305BC669425?sequence=4>. Viitattu 2.12.2025.

Sähköinsinöörit – SIL ry 2024. Helen Sähköverkko ja Schneider Electric kirittävät haitallisen SF6-kaasun korvaamista uudella teknologialla. Verkkojulkaisu. <https://www.sil.fi/uutiset/helen-sahkoverkko-ja-schneider-electric-kirittavat-haitallisen-sf6-kaasun-korvaamista-uudella-teknologialla>. Viitattu 3.12.2025.

Techure 2024. BIM Software Comparison: Techure. Verkkojulkaisu.
<https://www.techure.global/blog/bim-software-comparison>. Viitattu 24.10.2025.

Tähtinen, J. 2015. Sähköaseman tasasähkökeskusten mitoitus ja valinta. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015060212028>. Viitattu 24.10.2025.

LIITE 1: