



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Aatu Nevala

MODUULIRAKENTEINEN SÄHKÖRAKENNUS

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Aatu Nevala
Opinnäytetyön nimi	Moduulirakenteinen sähkörakennus
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	55
Ohjaaja	Timo Männistö

Opinnäytetyön tarkoitus on toimia Nordic Electro Power Oy:n suunnittelijoiden apuna tulevissa sähkörakennuksia sisältävissä projekteissa. Työssä on keskitytty moduulirakenteisiin sähkörakennuksiin sekä niiden vaatimuksiin ja määräyksiin. Tehtävä oli kerätä vaatimukset ja määräykset yhteen paikkaan, josta ne ovat helposti saatavilla moduulirakenteista sähkörakennusta suunniteltaessa.

Työssä on käytetty materiaalina sähköalaa koskevia standardeja, ST-kortistojen ohjeita sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osia. Työn teoriaosa koostuu sähkörakennuksia koskevista rakenteellisista vaatimuksista ja sähköteknillisistä vaatimuksista.

Kaikki sähkötiloja koskevat vaatimukset ja määräykset koottiin yhteen paikkaan. Näin koottuna tiedonhaku ja työ nopeutuu sekä selkeytyy. Standardien muuttuessa kerättyjä vaatimuksia ja määräyksiä on jatkossa seurattava ja päivitettävä. Koottu tieto tulee tarkistaa säännöllisin väliajoin, jotta se on ajan tasalla sekä vaatimuksia ja määräyksiä vastaava.

Käytännön esimerkkinä työssä tutustutaan rakenteilla olevaan moduulirakenteiseen sähkörakennukseen. Tämän rakennuksen toteutuksessa huomioitiin tässä työssä esitellyt vaatimukset ja ohjeet.

ABSTRACT

Author	Aatu Nevala
Title	Modular Electrical Building
Year	2021
Language	Finnish
Pages	55
Name of Supervisor	Timo Männistö

The purpose of the thesis was to assist Nordic Electro Power Oy 's designers in future projects involving electrical buildings. The thesis focused on modular electrical buildings and their requirements and regulations. The task was to collect the requirements and regulations to one place where they are easily accessible when designing a modular electrical building.

The material used in the thesis was the standards concerning the electrical industry, instructions from ST card files and parts of the Finnish Building Code. The theoretical part of the thesis consists of the structural requirements for electrical buildings and the electrical requirements.

All requirements and regulations concerning modular electrical buildings were gathered into one place. This clarifies and speeds up working and the acquisition of information. The requirements and regulations collected in the course of changes in standards must be monitored and updated in the future. The information collected should be reviewed at regular intervals to ensure that it is up-to-date and complies with the requirements and regulations.

The thesis also introduces one modular electrical building under construction. The requirements and instructions presented in this thesis were considered in the implementation of this building.

Keywords	Electrical building, module structure, electric equipment room
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	NORDIC ELECTRO POWER	9
3	SÄHKÖRAKENNUKSEN RAKENTEELLISET VAATIMUKSET	10
	3.1 Sähkörakennuksen katto ja seinät	10
	3.2 Sähkörakennuksen ovet ja ikkunat	10
	3.3 Ilmastointi ja ilmanvaihto	13
	3.4 Paloturvallisuus.....	13
	3.5 Käyttöä ja huoltoa palvelevat tilat.....	14
	3.6 Rakennukseen sijoitettava muuntaja	15
	3.7 Sähkötilan lämmöneristys.....	17
	3.8 Ympäristön ja sijoituspaikan tuomat lisävaatimukset	18
4	SÄHKÖTILOJEN SÄHKÖTEKNISET VAATIMUKSET.....	20
	4.1 Valvomotila	20
	4.2 Sähkötila, joka sisältää kojeiston	21
	4.2.1 Kojesto, jonka jännite yli 1000 V	22
	4.2.2 Kojesto, jonka jännite alle 1000 V.....	23
	4.3 Sähkötila, jossa on muuntaja	24
	4.3.1 Tilantarve	24
	4.4 Sähkötilaa ja sen laitteistoja koskevat turvatoimenpiteet	28
	4.5 Sähkölaitteiston perussuojaus.....	28
	4.6 Sähkötilan merkinnät ja kilvet	29
5	MODUULIRAKENTEINEN SÄHKÖRAKENNUS	32
	5.1 Moduulirakenteisen sähkörakennuksen suunnittelu	33
	5.1.1 Sähkötilan layout-suunnittelu.....	34
	5.1.2 Sähkösuunnittelu	35

5.1.3	Kaapelihyllyt ja kaapelointi	35
5.1.4	Lämmitys ja valaistus	37
5.1.5	Poistumistievalaistus.....	38
5.1.6	Palovaroittimet tai paloilmoitinjärjestelmä.....	40
5.1.7	Pienjännitekeskukset	40
5.1.8	Yli 1000V kojeistot.....	41
5.1.9	Kuljetus.....	42
6	SÄHKÖTILA.....	43
6.1	Kuljetus	44
6.2	Kaapelihyllyt ja kaapelointi	45
6.3	Valaistus ja lämmitys	46
6.4	Pienjännitekeskukset	47
6.5	Muuntaja.....	48
6.6	Estokelaparistot	49
6.7	Paloilmoitinjärjestelmä	50
6.8	Ristikytkentäkaappi.....	51
7	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET	53

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Ovien sijoittelu sähkötilaan, jonka käytävän pituus on alle 10 m.	11
Kuva 2. Ovien sijoittelu yli 10 m pitkään, mutta alle 20 m pitkään sähkötilaan. ...	12
Kuva 3. Ovien sijoittelu yli 20 m pitkään sähkötilaan.	12
Kuva 4. Vähimmäismitat sähkötilalle, joissa suojaus toteutetaan suojuksilla tai koteloinnilla.	14
Kuva 5. Hoitokäytävän vähimmäisleveys 600 mm.	21
Kuva 6. Hoitokäytävien vähimmäisleveys, kun laitteiden ovet auki-asentoon lukittavia.	21
Kuva 7. Muuntamomalli A.	25
Kuva 8. Muuntamomalli B.	25
Kuva 9. Muuntamomalli C.	26
Kuva 10. Muuntamomalli D.....	26
Kuva 11. Vähimmäismittoja koteloimattomalle kuivamuuntajalle.	27
Kuva 12. Vähimmäismittoja koteloidulle kuivamuuntajalle.	27
Kuva13. Sähköalan varoituskilpiä.	29
Kuva 14. Sähköalan kieltokilpiä.	30
Kuva 15. Palosuojelukilvet.	30
Kuva 16. Ensiapu- ja pelastuskilvet sekä ensiapuohje.	31
Kuva 17. Layout-suunnittelu.	34
Kuva 18. Kaapelihyllyt, sähkötila.	36
Kuva 19. Kaapelihyllyt, kaapelitila.	36
Kuva 20. Valaistus ja lämmitys, sähkötila.	38
Kuva 21. Opastevalaisin eri kulkusuunnilla.	40
Kuva 22. Sähkörakennus.	43

Kuva 23. Pohjapiirustus sähkörakennuksesta.	44
Kuva 24. Sähkörakennuksen kuljetus.	45
Kuva 25. Sähkötilan valaistus ja lämmitys.	46
Kuva 26. Sähkönjakokeskus ja sähköpääkeskus.	47
Kuva 27. Kiskosilta muuntajalta sähköpääkeskukselle.	47
Kuva 28. Sähkötilaan sijoitettu 2,5 MVA koteloitu jakelumuuntaja.	48
Kuva 29. Estokelaparistot.	49
Kuva 30. Paloilmoitinjärjestelmä.	50
Kuva 31. Ristikytkentäkaappi.	51

Taulukko 1. Sisällä sijaitsevien muuntaja-asennusten vähimmäisvaatimukset. ... 16

Taulukko 2. Rakennustarvikkeiden paloluokitukset ja rakennusosan ilmoitettu paloluokka. 17

Taulukko 3. Vaipan osien lämmönläpäisykerroin ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot. 18

Taulukko 4. Rakennuksen erilaisten tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot. 18

Taulukko 5. Varoitusautojen tarve. 33

1 JOHDANTO

Sähkörakennukset ovat rakennuksia, jotka koostuvat yhdestä tai useammasta sähkötilasta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähkörakennuksia koskevia määräyksiä ja vaatimuksia. Nämä koostuvat sähkörakennuksia koskevista rakenteellisista vaatimuksista ja sähköteknisistä vaatimuksista. Kerätyt vaatimukset ja määräyksen kerättiin yhteen paikkaan, josta niitä voidaan kätevästi käyttää suunnittelun apuna tulevilla projekteilla.

Niiden pohjalta opinnäytetyön tehtävänä oli luoda malli sähkösuunnittelulle, jossa aiemmin kerätyt vaatimukset ja määräykset täyttyvät. Työssä käsiteltävä sähkörakennus rajattiin koskemaan moduulirakenteista sähkörakennusta. Moduulirakenteisen sähkörakennuksen käyttötarkoitus keskittyi erityisesti kojeisto-, muuntamo- ja valvomotiloihin.

Työn lopussa esitetään esimerkkikohta, joka antaa konkreettisen kuvan ja käsityksen moduulirakenteisesta sähkörakennuksesta.

2 NORDIC ELECTRO POWER

Nordic Electro Power eli NEP on sähköalan yritys, joka on perustettu vuonna 2016. Se sai alkunsa, kun Vaasan Sähköasennus Oy ja K.Verkkosähkötyöt Oy yhdistyivät. NEP:n työtehtäviin kuuluu teollisuuden sähkötyöt, asennukset sähköyhtiöille, liike-kiinteistöjen sähköistyksiä suunnittelua ja asennuksia sekä erilaiset aurinkosähköratkaisut. /1/

Teollisuuden sähkötyihin kuuluvat erilaiset sähköasennukset, kojeistoasennukset, automaatioasennukset ja mekaaniset asennukset. Kiinteistöpuolen sähkötyöt sisältävät suunnittelun, asennuksen ja käyttöönoton eri laajuisiin ja tasoisin kohteisiin, kuten kauppoihin, logistiikkahalleihin, kouluihin ja urheiluhalleihin. Aurinkosähköratkaisuihin kuuluvat tällä hetkellä aurinkopaneeliasennukset kiinteistöjen seiniin ja katoille. NEP tekee myös alihankintatöitä useille eri sähköyhtiöille. /1/

Yrityksen työmaat sijaitsevat pääsääntöisesti ympäri Suomea, mutta kasvavassa määrin myös ulkomailla. Pääkonttori sijaitsee Vaasassa, Silmukkatie 6. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä noin 40 työntekijää. /1/

3 SÄHKÖRAKENNUKSEN RAKENTEELLISET VAATIMUKSET

Standardeissa SFS 6001-7.5.2 ja SFS 6000-7-729 on annettu myös joitakin sähkötiloja koskevia rakennusteknisiä ohjeita.

Sähkötekniisten vaatimusten lisäksi sähkörakennuksessa on huomioitava rakennusmääräyksistä aiheutuvat vaatimukset rakennusten rakenteille ja niiden rakennusosille. /4-7/

3.1 Sähkörakennuksen katto ja seinät

Rakennuksen katon ja seinien materiaalit sekä asennustapa on valittava niin, että ne kestävät kaikki ympäristöolosuhteet. Katon on oltava sopivalla tavalla seinään kiinnitetty, jos kojeistotilan sisäkattoa käytetään myös paineen purkamiseen. Rakennuksen mekaanisen lujuuden on kestettävä kaikki laitteiston normaalikäytöstä aiheutuvat staattiset ja dynaamiset kuormitukset. Putki- ja johtojärjestelmien kulureitit eivät saa heikentää seinien rakenteellista kestävyyttä. Rakennuksen ulkoverhoilu ei saa olla ulkopuolelta purettavissa tai poistettavissa. /2/

3.2 Sähkörakennuksen ovet ja ikkunat

Sähkötiloihin ei yleensä asenneta ikkunoita, tai ainakin niitä pyritään välttämään. Sähkötilan ikkunoille on asetettu vaatimuksia, joista vähintään yhden seuraavista kohdista on täytyttävä:

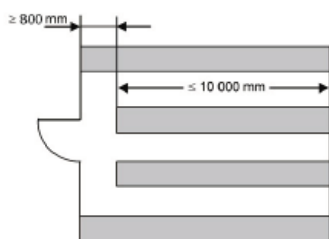
- valmistettava särkymättömästä materiaalista
- ikkunat on suojattava
- ikkunoiden alareuna on oltava vähintään 1,8 m korkeudella luokse päästävästä pinnasta
- rakennus ympäröitävä vähintään 2,0 m korkealla aidalla. /2/

Sähkötötilan ovet täytyy olla materiaaliltaan vaikeasti syttyviä tai rakennusta on ympäröitävä vähintään 2 m korkea aita. Sähkötötilan ulko-ovien on auettava ulospäin, sekä luvaton ja asiaton kulku on estettävä avaimella toimivilla lukoilla. Sähkötötilojen väliovia ei tarvitse varustaa lukoilla. /2/

Hätäuloskäyntien ovien täytyy olla avattavissa ilman avainta sisäpuolelta ulkopuolen lukosta huolimatta. Hätäuloskäyntien ovien on oltava vähintään 2000 mm korkeita ja vähintään 750 mm leveitä. /2/

Lisäksi on syytä ottaa huomioon rakennukseen asennettavien komponenttien mitat, jotta ne saadaan haalattua sisään rakennukseen ja tarvittaessa myös ulos rakennuksesta. Komponenttien mitoissa on huomioitava myös haalausvälineen, kuten esimerkiksi asennusputkien vaikutus pääkomponentin korkeuteen.

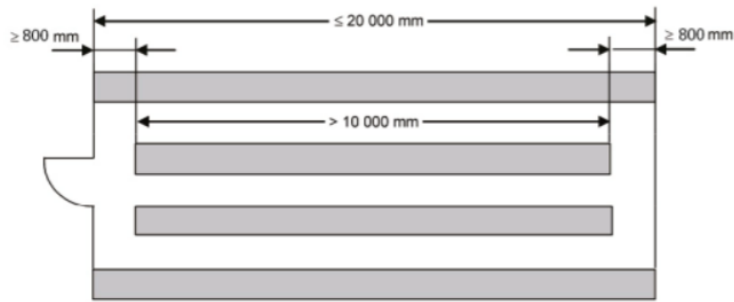
Sähkötötiloihin on järjestettävä helppo ja vaivaton kulku. Kulkumahdollisuuksien helppouteen vaikuttaa erityisesti käytävien pituus, joka on huomioitava ovien määrässä. Kuvissa 1-3 on esitetty ovien tarve eri tilanteissa. Alle 10 m pitkille sähkötötilan käytäville riittää, että kulku on järjestetty vain toisesta päästä. /3/



Kuva1. Ovien sijoittelu sähkötötilaan, jonka käytävän pituus on alle 10 m. /3/

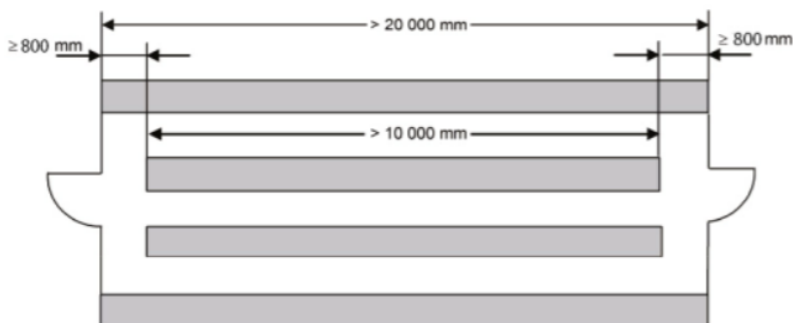
Yli 10 m pitkille käytäville on järjestettävä kulkumahdollisuus kumpaankin päähän. Kulkumahdollisuus toteutetaan yleensä jättämällä kumpaankin pätyyn vähintään

0,8 m tyhjää tilaa. Sähkötilan ollessa alle 20 m pitkä riittää, että sähkötilassa on vain yksi ovi. /3/



Kuva 2. Ovien sijoittelu yli 10 m pitkään, mutta alle 20 m pitkään sähkötilaan. /3/

Sähkötila vaatii toisen kulkuoven, kun sen kokonaispituus ylittää 20 m. Kulkumahdollisuus kumpaankin päähän suositellaan järjestettäväksi myös lyhyempiin sähkötiloihin, jos vain mahdollista. /3/



Kuva 3. Ovien sijoittelu yli 20 m pitkään sähkötilaan. /3/

3.3 Ilmastointi ja ilmanvaihto

Sähkötötilan huoneilman täytyy vastata sen käyttötarkoituksen vaatimaa tasoa. Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa turha kaapeleista ja kojeistoista johtuva hukkalämpö ja pitää huoneilma sopivana. Huoneilmaa säädetään sopivaksi jäähdyttämällä, lämmittämällä, kosteutta poistamalla, ilmanvaihdolla ja asianmukaisella rakennussuunnittelulla. Ilmanvaihdon tyyppi ja tarpeen määrä määräytyy sähkötötilan ja siellä olevien kojeiden mukaan. Sähkötötilan ilmanvaihto täytyy toteuttaa joko

- koneellisesti varustettuna tai luonnollisesti toimivalla ilmanvaihdolla
- jäähdyttävällä ilmastoinnilla. /2-3/

3.4 Paloturvallisuus

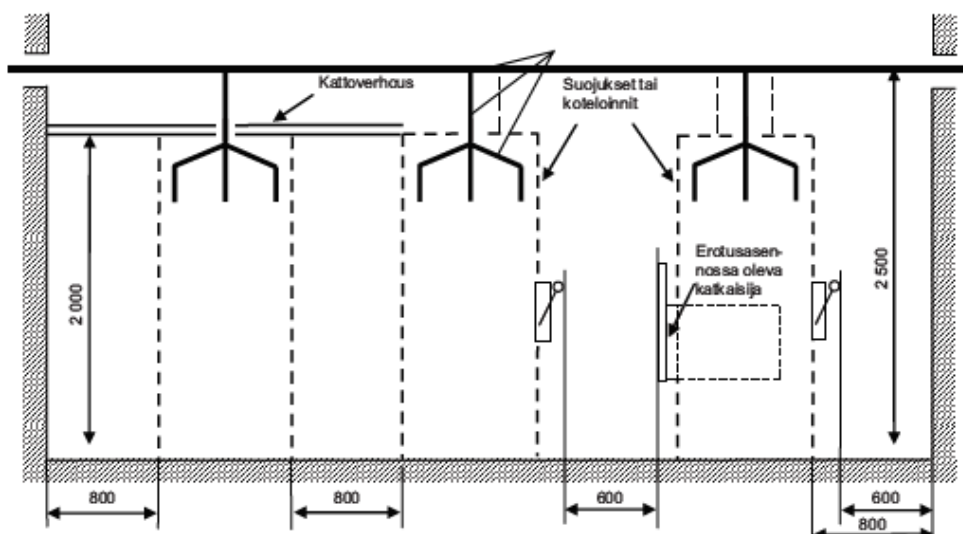
Sähkötötilojen paloturvallisuus perustuu pääasiassa Suomen rakentamismääräyskokoelman osiin E1 ja E7. Osassa E1 on annettu yleisiä määräyksiä ja ohjeita rakennusten paloturvallisuudesta. Ilmanvaihtolaitteistoja koskevat määräykset ja ohjeet on annettu puolestaan osassa E7. Rakennuksen paloturvallisuudelta vaaditaan, että

- palon sattuessa kantavat rakenteet kestävät niille annetun vähimmäisajan
 - palo ei aiheuta sortumisvaaraa
 - rakennuksesta poistuminen on turvattu
 - palon ja savun leviämistä rakennuksessa ja sen lähistöllä oleviin rakennuksiin on rajoitettu
 - pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.
- /4/

3.5 Käyttöä ja huoltoa palvelevat tilat

Käyttöä ja huoltoa palvelevia tiloja ovat mm. hoitokäytävät, kulkutiet ja poistumistiet. Standardeissa SFS 6001-7.5.4 on määritelty niille vähimmäismitat, jotka niiden on täytettävä.

Käytävien leveyden tulee olla vähintään 0,8 m ja se ei saa kaventua käytävälle ulottuvista laitteista. Sellaisia ovat esim. kiinteästi asennetut ohjaimet ja erotusasennossa olevat kojeistovaunut. Kytkinkahvojen ja erotusasennossa olevan katkaisijan välille tai kytkinkahvan ja seinän välille, on jätävä vähintään 0,6 m tilaa. Katoverhouksen alle on jätävä vähintään 2,0 m tilaa. Kuvassa 4 on esitetty vähimmäismittoja sähkötilalle, joka toteutetaan suojuksella tai koteloinnilla. /2/



Kuva 4. Vähimmäismitat sähkötilalle, joissa suojaus toteutetaan suojuksilla tai koteloinnilla. /3/

Poistumistien leveyden vähimmäismitaksi on määrätty 0,5 m, joka ei saa kaventua ulosvedettävistä osista tai avonaisista ovista. Poistumisteiden korkeuden on sisäkattojen, suojien tai koteloiden alapuolella oltava vähintään 2 m, pois lukien kaapelitilat. /2/

3.6 Rakennukseen sijoitettava muuntaja

Rakennukseen sijoitettava muuntaja tuo mukanaan seuraavia rakenteellisia ohjeita:

- sähkötilojen suoraan ulos aukeaville oville riittää, että ne eivät ole palonarasta materiaalista tehtyjä. Muuten ovien palonkestävyys on oltava vähintään 60 min
- ovien täytyy avautua ulospäin ja niissä on oltava vetimet, sekä varustettava kiinteällä avaimella avattavalla lukolla
- kytkentätöiden ajaksi ovi on voitava lukita auki asentoon
- muuntamon käyttöön vaikuttamattomia kaapeleita, kanavia ja putkia ei yleensä saa viedä muuntamotilaan
- ovien ja vastakkaisten seinien tuuletusaukot ovat sallittuja, jos ne ovat muuntajan toiminnan kannalta tarvittavia
- valaisimien sijoittelu niin, että huolto ja lamppujenvaihto onnistuu sähköturvallisuuslakien määräämissä puitteissa
- öljymuuntaja täytyy varustaa valuma-altaalla
- muuntamotilan tai sitä ympäröivän alueen suuri palokuorma kasvattaa rakenteiden palonkestävyysvaatimuksia. /5/

Sähkötilan sisällä olevien muuntajien paloturvallisuusvaatimukset määräytyvät niiden muuntajatyypin ja luokan mukaan.

Kuivamuuntajien suojaustoimenpiteet määräytyvät niiden paloluokkien F0 ja F1 perusteella. Luokassa F0 rakenteiden täytyy olla vähintään palonkestävyydeltään EI 60 ja luokan F1 pintojen on täytettävä vähintään luokan B-s1, d0 vaatimukset. Öljyeristeisillä muuntajilla suojaustoimenpiteet määräytyvät niiden nestemäärän mukaan. Nestemäärän kasvaessa paloluokitus kasvaa. Taulukossa 1 on esitetty sisällä sijaitsevien muuntaja-asennusten vähimmäisvaatimukset eri luokissa. Rakennustarvikkeiden luokat ja rakennusosan paloluokan muodostuminen on esitetty taulukossa 2. Luokan B rakennustarvikkeita ovat mm. kipsilevyt ja palosuojattu puu. /6/

Taulukko 1. Sisällä sijaitsevien muuntaja-asennusten vähimmäisvaatimukset. /6/

Muuntajatyypin	Luokka	Suojaustoimenpiteet
Öljyeristeiset muuntajat (O)	Nestemäärä	
	< 200 l	EI 60
	200 ... 1 000 l	EI 120 tai EI 60 ja automaattinen sammutuslaitteisto
	> 1 000 l	EI 240 tai EI 60 ja automaattinen sammutuslaitteisto
Vähemmän palonarat neste-eristeiset muuntajat (K)	Nimellisteho/maksimi jännite	
	(ei rajoitettu)	EI 60 tai EI 30 ja automaattinen sammutuslaitteisto
Kuivamuuntajat (A)	Paloluokka	
	F0	EI 60
	F1	Pintojen on täytettävä luokan B-s1,d0 vaatimukset
HUOM 1 Jos rakenteet ovat kantavia, niiden pitää täyttää sama aikavaatimus myös kantavuuden suhteen		
HUOM 2 Hartsieristeisten muuntajakäämitysten määräjoiin toistuvaan puhdistukseen on varattava riittävä tila, jotta ilman tai muuntajan pinnan likaantuminen ei aiheuta sähkövikoja ja palovaaraa.		

Taulukko 2. Rakennustarvikkeiden paloluokitukset ja rakennusosan ilmoitettu paloluokka.

RAKENNUSTARVIKKEIDEN PALOLUOKITUS		RAKENNUSOSAN PALOLUOKKA	
A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon	R	Kantavuus
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu	E	Tiiveys
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu	I	Eristävyys
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti	30	Palonkestävyys aika minuutteina
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä	60	
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä	120	
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty	240	
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä		
s2	Savuntuotto on vähäistä		
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia		
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny		
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti		
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia		

3.7 Sähkötilan lämmöneristys

Sähkötilan haluttu lämpötila asettaa tilalle ja tilan rakenteille vaatimuksia. Sähkötila on käyttötarkoituksen mukaan yleensä luokiteltu lämpimäksi-, puolilämpimäksi- tai jäähdytettäväksi kylmätilaksi.

Lämpimässä tilassa huonelämpötila lämmityskaudella on 17 °C tai sitä korkeampi. Puolilämpimässä tilassa huonelämpötila lämmityskaudella on 5-17°C välillä tai vaadittuun lämpötilaan riittää, että se olisi näissä rajoissa ilman tuotantoprosessin luovuttamaa lämpöä. Jäähdytettävässä kylmätilassa huonelämpötila pidetään lämmitin- ja jäähdytysjärjestelmän avulla alle 17 °C laitteiden luovuttamasta lämmöstä huolimatta. /7/

Rakenteiden ja niiden osien on täytettävä niille annetut lämmönläpäisykertoimet. Lämmönläpäisykerroin U saadaan, kun luku 1 jaetaan rakennusosan kokonaislämmön vastuksella ympäristöstä ympäristöön (R_T). Taulukossa 3 on esitetty vaipan osien lämmönläpäisykerroin ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot. Taulukossa 4 on esitetty rakennuksen erilaisten tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot. /7/

Taulukko 3. Vaipan osien lämmönläpäisykerroin ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot. /7/

Vaipan osien lämmönläpäisykerroin ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot		Vaipan osien lämmönläpäisykerroin ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot	
Lämmin- ja jäähdytettävä kylmätila		Puolilämmin tila	
Rakenneosa	Lämmön läpäisykerroin U yksikkö (W/m ² K)	Rakenneosa	Lämmön läpäisykerroin U yksikkö (W/m ² K)
Seinä	0,17	Seinä	0,26
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09	Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14
ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17	ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,26
maata vasten oleva rakennusosa	0,16	maata vasten oleva rakennusosa	0,24
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0	ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,4

Taulukko 4. Rakennuksen erilaisten tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykerroimien enimmäisarvot. /7/

Rakennuksen erilaisten tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykerroimien enimmäisarvot		Rakennuksen erilaisten tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykerroimien enimmäisarvot	
Tilan rajoituksessa puolilämpimään tilaan		Jäähdytettävän kylmän tilan ja muiden tilojen välisen seinän	
Rakenneosa	Lämmön läpäisykerroin U yksikkö (W/m ² K)	Rakenneosa	Lämmön läpäisykerroin U yksikkö (W/m ² K)
Seinä	0,60	Seinä	0,27
Välipohja	0,60	Välipohja	0,27
Ikkuna, ovi	2,80	Ikkuna, ovi	1,40

3.8 Ympäristön ja sijoituspaikan tuomat lisävaatimukset

Sijoituspaikan tuomiin vaikutuksiin vaikuttaa erityisesti muiden rakennusten läheisyys sekä ympäristön lämpötilan tuomat haasteet.

Sähkörakennuksien suunnittelussa täytyy huomioida myös pieneläimet, joita on varsinkin taajamien ulkopuolella. Pieneläinten, kuten lintujen, rottien ja hiirien pääsy sähkötilaan on estettävä oikeilla materiaalivalinnoilla, reikien tukkimisella,

riittäväällä lämmityksellä ja ilmanvaihdolla. Muuten niistä saattaa aiheutua sisäilma, uloste tai muita ongelmia.

Sijituspaikan likaisuus ja pölyisyys esim. kaivoksilla on myös huomioitava ainakin ilmanvaihdon näkökulmasta. Liiallinen pölyisyys ja likaisuus saattavat aiheuttaa sähkötilan laitteille ja kojeille ongelmia.

4 SÄHKÖTILOJEN SÄHKÖTEKNISET VAATIMUKSET

Yli 1000 V sähkörakennuksille ja sen rakenteille on annettu tarkat vaatimukset standardissa SFS 6001. Alle 1000V sähkötilojen osalta noudatetaan standardin SFS-6000-7-729 ohjeita.

Sähkötilaksi kutsutaan huonetta tai tilaa, joka on varattu sähköasennusten ja -laitteiden käyttöä varten. Sähkötilaan pääsevät vain ammattitaitoiset ja opastetut henkilöt tai muut heidän valvomana. /3/

Sähkörakennuksiin on mahdollista tehdä monenlaisia sähkötiloja, kuten valvomo-, kojeisto-, muuntamo- tai teletila. Sähkötilan nimi tulee usein sen sisällä olevista laitteista ja kojeista. Sähkötilan sähkölaitteita ovat esimerkiksi kojeistot, muuntajat, ohjaustaulut, pienjännitekeskukset, akustokaapit ja telelaitteet. Jokainen edellä mainituista sähkölaitteista tuo mukanaan omat vaatimuksensa sähkötilalle.

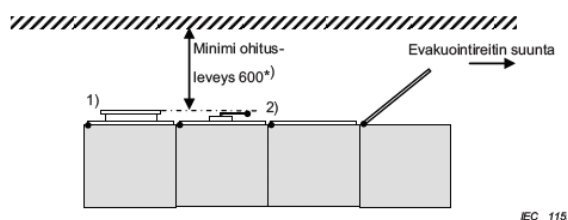
4.1 Valvomotila

Valvomotila on tila, josta ensisijaisesti sähkötilan valvonta ja ohjaus tapahtuu. Sinne sijoitettavia laitteita ovat esimerkiksi rele- ja ohjaustaulut, kaukokäyttölaitteet, mittaritelineet sekä tarvittavat omakäyttökeskukset, ohjaussähkölaitteet ja telejakamot. Valvomotiloja koskevat samat vaatimukset ja määräykset kuin muitakin alle 1000 V sähkötiloja. Kuitenkin valvomotilan laitteiden ja kojeiden jäädytykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

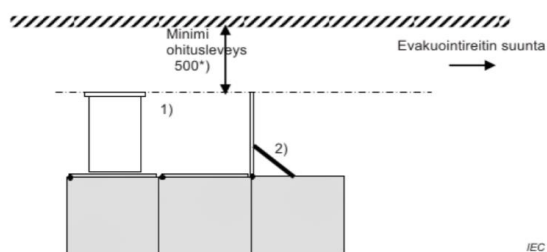
4.2 Sähkötila, joka sisältää kojeiston

Kojeistot ovat sähkön tuottamisessa, siirrossa, muuntamisessa ja muuttamisessa tarvittava laite. Kojeistot koostuvat kytkin-, suoja-, ohjaus- ja valvontalaitteista. Kojeistoja on pien-, keski- ja suurjännitteelle. Kojeistoja on eristystavaltaan ilma- ja kaasueristeisiä. Erityisesti kaasueristeisiä kojeistoja asentaessa on varmistettava, että asennusolosuhteet ovat puhtaat. /8/

Kojeistotilojen huolto- ja hoitokäytävälle on tärkeää, että työnteko, käyttöoiminta, hätätoiminta, hätätilanteessa poistuminen ja laitteiden liikuttaminen sujuu ongelmitta. Hoitokäytävän vähimmäisleveydeksi on määrätty 600 mm (**Kuva 5**). Poikkeuksena on, jos kojeistossa on auki-asentoon lukittavia ovia tai katkaisijoille ja laitteille, jotka huoltoon varten on ulosvedettävä kokonaan. Näissä tapauksissa vähimmäisleveydeksi on määrätty 500 mm, kuvan 6 mukaisesti. Kaikkien kojeistokennojen ja muiden laitteiden ovien on sulkeuduttava poistumissuuntaan. /3/



Kuva 5. Hoitokäytävän vähimmäisleveys 600 mm. /3/



Kuva 6. Hoitokäytävien vähimmäisleveys, kun Laitteiden ovet auki-asentoon lukittavia. /3/

4.2.1 Kojeisto, jonka jännite yli 1000 V

Keski- ja suurjännitekojeistot ovat laitteita, joiden jännite on yli 1000V. Niiden vaatimukset on annettu suurjänniteasennuksia koskevassa standardissa SFS6001. Standardissa on määrätty, että kojeisto on mitoitettava ja suunniteltava niin, että

- siitä ei aiheudu vaara ihmisille
- siitä ei aiheudu vahinkoa omaisuudelle
- kojeiston tyyppi ja paikalliset olosuhteet huomioidaan
- kojeisto on oltava selväpiirteinen, tarkoituksenmukainen ja olennaisiin osiin pääsy helppoa
- tulevaisuudessa tehtävät laajennukset huomioidaan. /2/

Vikatapauksissa kojeistoista aiheutuvan paineen purkuun käytetään purkauskanavaa. Se on suunniteltava ja asennettava niin, että henkilöstön turvallisuus ei vaarannu vikatilanteessa. Purkauskanava mitoitetaan oikeaksi kojeiston tyyppin ja oikosulkuvirran mukaan. /2/

Rakentamiseen ja huoltamiseen tarkoitettujen käytävien on oltava vähintään 0,5 m leveitä, sijaitessa kiinteäseinäisten koteloitujen laitteistojen takana. Suurjännitekojeistoja sisältävän sähkötilan uloskäynnit on järjestettävä siten, että poistumistien pituus ei ylitä 40 metriä, kun suurin mahdollinen käyttöjännite on yli 52 kV. Poistumistien pituus on rajattu 20 metriin, kun suurin mahdollinen käyttöjännite on alle 52 kV. /2/

Kojeistoissa, joissa ei ole pysyvästi asennettuja väliseiniä eri kennojen ja kenttien välissä, on käytettävä sopivia siirrettäviä eristäviä seiniä. Ne eivät saa koskettaa jännitteisiin osiin. Yleensä siirrettävät väliseinät tulevat kojeiston mukana irrallisena tehtaalta. /9/

4.2.2 Kojeisto, jonka jännite alle 1000 V

Pienjännitekojeistoksi kutsutaan yhdistelmää, joka koostuu yhdestä tai useammasta pienjännitekytkinlaitteesta ja niihin liittyvistä ohjaus-, mittaus-, merkinanto-, suoja- ja säätölaitteista sekä kaikista sisäisistä sähköisistä ja mekaanisista kytkennöistä ja rakenneosista. Pienjännitekojeistoja koskevat vaatimukset löytyvät pienjänniteasennukset standardista SFS6000-7-729, sekä IEC 61439-standardisarjan osissa 1 ja 2.

SFS 6000-standardi määrittelee pienjännitekeskuksille niiden käyttöolosuhteet, rakennevaatimukset, tekniset tunnusmerkit ja todentamisvaatimukset. Pienjännitekeskukseksi siinä on määritelty keskus, joka

- mitoitusjännitteeltään ei ylitä 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 V tasajännitettä
- on koteloitu tai koteloimaton
- on liikuteltava tai paikallaan pysyvä
- on tarkoitettu käytettäväksi sähköenergian tuottamiseen, siirtoon, jakeluun ja muuttamiseen sekä sähköenergiaa käytettävien laitteiden ohjaukseen
- ovat erityisille käyttöolosuhteille tarkoitettuja keskuksia, jotka täyttävät myös niille tarkoitetut omat erityisvaatimuksensa. /10/

Tämän työn pienjännitekeskukset ovat paikallaan pysyviä, koteloituja ja niitä käytetään pääsääntöisesti sähköenergian siirtoon ja jakeluun sähkörakennuksessa.

4.3 Sähkötila, jossa on muuntaja

Muuntajaa tarvitaan sähkötiloissa jännitetason muuntamiseen, oikosulkutehojen rajoittamiseen tai jännitteiden galvaaniseen erottamiseen. Muuntajatyyppeinä eniten käytetyimmät ovat öljyeristeiset muuntajat (O) ja kuivamuuntajat (A). /11/

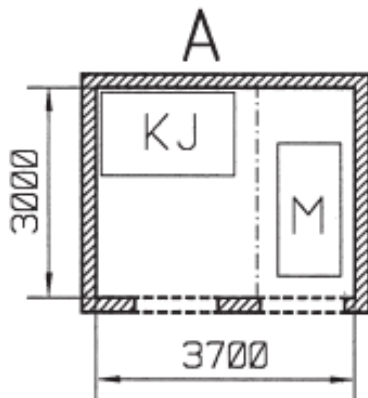
Kuivamuuntajissa eristeaineena toimii valuhartsia ja ilma. Kuivamuuntajien etuina voidaan pitää niiden pientä palokuormaa ja luokkien F1 ja F2 palonkestoa oikosulkuvalokaarta vastaan. /5/

Öljyeristeisissä muuntajissa eriste- ja jäähdytysaineena käytetään öljyä. Niiden etuina verrattuna kuivamuuntajiin on suurempi ylikuormitettavuus, suurempi käyttölämpötila, pienempi melutaso, edullisuus ja luotettavuus. Öljymuuntajien alle on sijoitettava valuma-allas tai öljykuoppa, jolla estetään muuntajan vuotessa eristysöljyn pääsy ympäristöön. /5/

4.3.1 Tilantarve

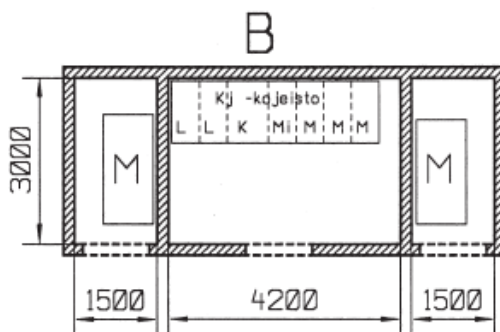
Muuntaja on yksi sähkötilan suurimmista yksittäisistä komponenteista. Niitä voi olla useampia samassa sähkötilassa. Muuntamon tilantarpeeseen vaikuttavat keski-jännitekojeiston koko, pienjännitekeskuksen sijainti sekä muuntajien koko ja määrä. Seuraavaksi esittelen neljä ST-kortin 53.11 mallia:

Mallissa A pienjännitekeskus on erillisessä tilassa (**Kuva 7.**). Muuntajan koko on rajoitettu, enintään 1600 kVA. Katkoviivalla esitettyä suojaseinää ei tarvita, jos muuntaja on kosketussuojattu. Suurjännitekojeistoon kuuluu kaksi liityntäkuormaerotinta, pääkytkimenä varokekuormaerotin ja ilmaeristeinen mittauskenno. /5/



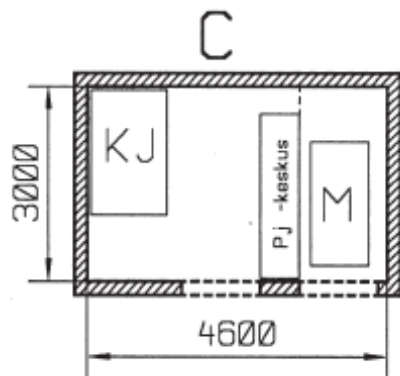
Kuva 7. Muuntamomalli A. /5/

Mallissa B on sijoitettu kaksi muuntajaa omiin palotiloihinsa (**Kuva 8.**). Muuntajien koko on rajattu mallin A mukaan 1600 kVA. Kojeistoon kuuluu kaksi liityntäkuormaerotinta, pääkatkaisija, mittauskenno ja kolme muuntajakennoa. /5/



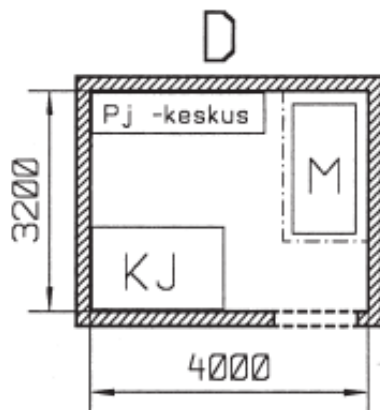
Kuva 8. Muuntamomalli B. /5/

Mallissa C muuntamoon on sijoitettu yksi muuntaja (**Kuva 9.**). Siinä muuntajan kanssa samassa tilassa on pienjännitekeskus, joka on lyhyen kiskosillan ja pienen hajamagneettikentän vuoksi asetettu mahdollisimman lähelle muuntajaa. Katkoviivalla esitetty suojaseinä on tarpeellinen, jos muuntaja ei ole kosketussuojattu. /5/



Kuva 9. Muuntamomalli C. /5/

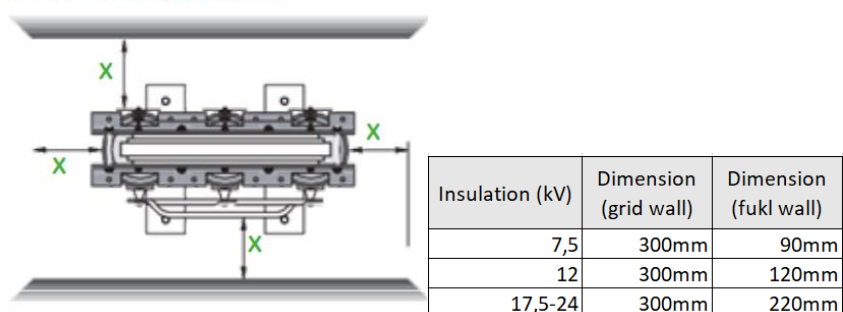
Mallissa D ovia on vain yksi, mutta pienjännitejohto on haasteellisempi asentaa kuin mallissa C (**Kuva 10.**). Myös muuntajan ja pienjännitekeskuksen pidempi etäisyys tuo mukanaan enemmän hajamagneettikenttiä. Suojaseinä on tarpeellinen, jos muuntaja ei ole kosketussuojattu. /5/



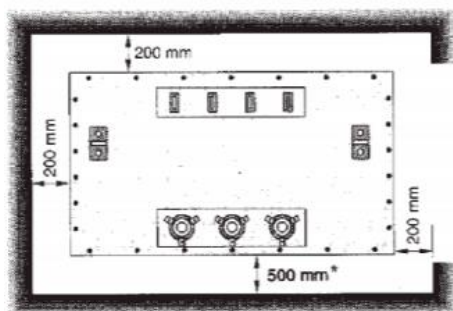
Kuva 10. Muuntamomalli D. /5/

Muuntamotilan tilantarpeeseen saa myös ohjeita eri valmistajien sivuilta, kuten Schneider Electric:ltä. Siellä on esitetty mm. kuivamuuntajalle vähimmäismittoja niiden eristyksen ja koteloinnin mukaan. Schneiderin mitoitusohjeen tapauksessa kotelointi on toteutettu IP 31 täyttävällä metallikotelolla. Koteloidun muuntajan on esitetty kuvassa 11 ja koteloitu kuvassa 12.

Minimum clearances required



Kuva 11. Vähimmäismittoja koteloidulle kuivamuuntajalle. /12/



Kuva 12. Vähimmäismittoja koteloidulle kuivamuuntajalle. /12/

4.4 Sähkötilaa ja sen laitteistoja koskevat turvatoimenpiteet

Sähkötilan laitteistojen rakenteet on suunniteltava niin, että käyttö- ja kunnossapitohenkilökunta voi liikkua tehtäviensä ja valtuuksien puitteissa jokaisessa laitteiston osassa ja tehdä työnsä tilanteen edellyttämällä tavalla. /9/

Jännitteisten osien lähellä tai jännitetyötä vaativat tehtävät, kuten kunnossapito-, valmistelu- ja korjaustyöt on suoritettava niin, että ne noudattavat kansallisia standardeja ja säädöksiä. Niissä on määritetty mm. sääntöjä, toimintatapoja ja työskentelyetäisyyksiä. /9/

4.5 Sähkölaitteiston perussuojaus

Suomessa sähkölaitteistojen perussuojaus toteutetaan yleensä eristyksellä tai koteloinnilla, joka on määrätty valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (1434/2016), liitteessä 1. Koteloinnin on oltava vähintään luokkien IPXXB tai IP2X mukaisia. Esteiden käyttäminen perussuojauksen osana on kielletty. Sähkötilojen suojukselle on kuitenkin sallittu muutamia lievennyksiä:

- perussuojaus täyttyy, kun jännitteisiä osia sijoitetaan vähintään 2,5 m korkeudelle kosketusetäisyyden ulkopuolelle
- muuntaja voidaan suojata myös ilman kattoa olevalla suojuksella, kun suojuksen korkeus on vähintään 2,3 m ja etäisyys suojuksen yläreunasta jännitteiseen osaan on suurempi kuin 0,2 m. /3/

4.6 Sähkötöiden merkinnät ja kilvet

Sähkötöiden on merkittävä näkyvästi ja selkeästi asianmukaisilla kilvilla. Kilpien tehtävänä on estää käyttövirheiden, inhimillisten erehdyksien ja tapaturmien syntyminen. Kilpien asennuksessa tärkeämpää on kilven näkyvyys kuin sen ulkonäkö. Kilpiä ovat mm. kieltö- ja varoituskilvet, palosuojelukilvet sekä ensiapu- ja pelastuskilvet. /2/

Sähkötöiden laitteiston tärkeät osat, kuten kiskojärjestelmät, kytkinlaitteet, kentät ja johtimet on merkittävä selkeillä ja helppolukuisilla merkeillä. Sähkötöiden ulkopuolelle ja sen sisäänkäyntioviin on merkittävä tilan tunnistetiedot ja tieto mahdollisista vaaratekijöistä. Ne on asennettava sopivalle korkeudelle, jotta ne ovat kaikkien havaittavissa. Muuntamotöiden oven ulkopuoli on varustettava kyltillä, jossa on sähköiskusta varoittava kulmanuoli ja teksti ”Hengenvaara”. Alapuolella kuvissa 13 ja 14 tyyppisimpiä sähkötöiden kieltö- ja varoituskilpiä. /2/



Kuva 13. Sähkötöiden varoituskilpiä. /13/



Kuva 14. Sähköalan kieltokilpiä. /13/

Palosuojelukilpiä on mm. sammuttimille, paloilmotuspainikkeille ja palohälytimille (**Kuva 15.**). Ne sijoitetaan lähelle kyseistä laitetta, jotta hätätilanteessa ne ovat helposti havaittavissa.



Kuva 15. Palosuojelukilvet. /13/

Ensiapu- ja pelastukilvet löytyvät yleensä rakennuksen sisältä (**Kuva 16.**). Ensiaputarvikekilpi on sijoitettu yleensä ensiaputaulun viereen, josta löytyy tarvittavat tarvikkeet ensiavun antamiseen. Henkilösuojaukseen opastavat ohjekilvet ovat tarkoitettu työmaalle saapuvan henkilön luettavaksi ja noudatettavaksi.



Kuva 16. Ensiapu- ja pelastuskilvet sekä ensiapuhje. /13-14/

Ensiaputaulussa tai sen läheisyydessä sijaitsevat myös ohjeet hätäensiavun antamiseen. Sähkötiloissa käytetään yleensä erityisesti sähkötapaturmille tarkoitettua ensiapuhjetta (**Kuva 16.**). Siinä on esitetty ensiapuhjeet suurjännite- ja pienjännitetapaturmiin sekä painelupuhalluselvytys. Ensiapuhjeet on hyvä käydä työyhteisössä tarkasti läpi. /14/

5 MODUULIRAKENTEINEN SÄHKÖRAKENNUS

Sähkötilan rakentaminen valmiiksi moduulirakenteiseksi sähkörakennukseksi tuotantolaitoksessa on nopeampaa ja kustannustehokkaampaa kuin rakentaa se suoraan kiinteäksi rakennukseksi paikan päällä. Sähkörakennukset ovat kooltaan yleensä suuria, jonka takia niitä ei voida kuljettaa asennuspaikalle ilman erityistä rakennetta. Kuljetuksen ja siirron mahdollistamiseksi vaihtoehtona on rakentaa sähkötila kuljetuksen mittojen mukaisina lohkoina. Tätä rakennetta kutsutaan moduulirakenteeksi.

Moduulirakenteinen sähkötila on yhdestä tai useammasta eri lohkoista koostuva sähkötila. Lohkot rakennetaan tuotantolaitoksessa mahdollisimman valmiiksi ja toimitetaan työmaalle. Moduulirakenne mahdollistaa sähkötilojen tekemisen eri paikassa kuin varsinainen sijoituspaikka olisi. Tämän johdosta työmaa-aika lyhenee ja mahdollistaisi esim. perustuksen ja sähkötilan tekemisen samanaikaisesti.

Työmaat sijaitsevat yleensä kaukana ja se aiheuttaa paljon matka- ja yöpymiskustannuksia. Moduulirakentamisessa sähkötilojen rakentamiseen tarvittavat osat, työkalut, haalaustarvikkeet yms. olisivat aina samoilla paikoilla ja lähellä rakennettavaa sähkötilaa. Sähkötiloja voi olla yrityksen pihassa useita, joita rakennetaan samaan aikaan.

5.1 Moduulirakenteisen sähkörakennuksen suunnittelu

Sähkötilaa suunniteltaessa on hyvä pitää mielessä rakennuksen sijoituspaikka. Sijoituspaikka vaikuttaa esimerkiksi kuljetuksen reittiin, lämmityksen tarpeeseen ja sähkötilan ilmatiiveysvaatimukseen.

Iso haaste moduulirakenteiselle sähkötilalle on sen suuri koko, joka asettaa kuljetukselle erikoisvaatimuksia. Sähkötilat kuljetetaan maanteitä pitkin erikoiskuljetuksena yrityksen pihasta työmaalle. Suomessa kuljetuksen korkeudelle, pituudelle ja leveydelle on asetettu enimmäismittoja (**Taulukko 5.**). Kustannussyistä moduulirakenteisen sähkörakennuksen kuljetuksen aikaisien lohkojen korkeus rajoitetaan enintään 5,0 m ja leveys enintään 3,5. Tällöin pystytään välttämään EKL-autot ja varoitusautot. Taulukossa 5 on esitetty varoitusautojen tarve erikoiskuljetuksissa. /15/

Taulukko 5. Varoitusautojen tarve. /15/

Varoitusautojen vähimmäismäärä erikoiskuljetuksessa						
Pituus (m)	Leveys (m)					
	enintään 3,00	yli 3,00	yli 3,50	yli 4,00	yli 5,00	yli 7,00
enintään 30,00			1	2	3	4
yli 30,00	*)	1	1	2	3	4
yli 35,00	1	2	2	3	3	4
yli 40,00	2	2	3	3	3	4
yli 45,00	2	3	3	3	3	4
yli 50,00	3	3	3	3	3	4

*) Varoitusautoa on käytettävä, jos kuljetuksen leveys on yli 2,60 metriä ja samalla pituus on yli 30,00 metriä.

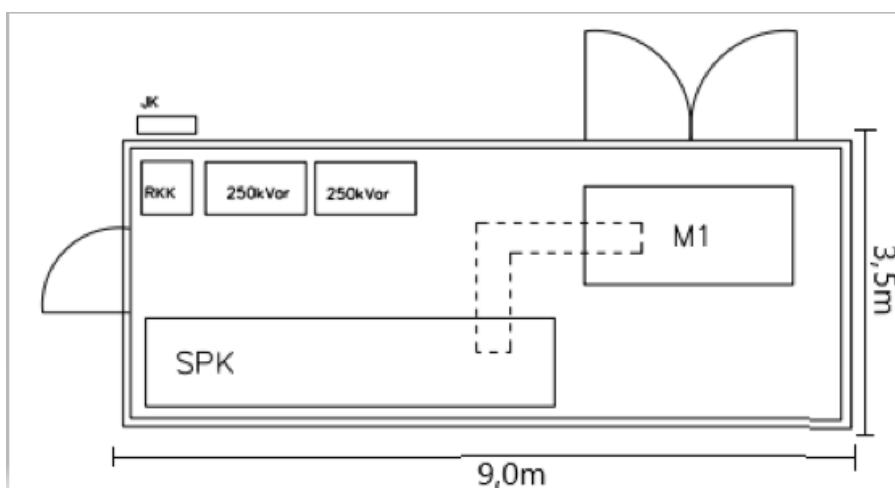
Moduulirakenteesta aiheutuvat sähkötilan kuljetuksenaikaiset katkoskohdat tulee huomioida sähkötilan sähkösuunnittelussa.

5.1.1 Sähkötilan layout-suunnittelu

Layout-suunnittelu tehdään annettujen lähtötietojen ja valittujen laitteiden perusteella.

Layout-suunnittelussa on päätarkoituksena tutkia ja suunnitella tarvittavat tilat, kojeet, laitteet sekä materiaalivalinnat. Siinä esitetään tilojen määrä, käyttötarkoitus ja laitteiden sekä kojeiden vaatima tilantarve. Kuvassa 17 on hyvä esimerkki tyypillisestä layout-piirustuksesta.

Hyvällä layout-suunnittelulla saadaan kaikki mahdollinen tila käytettyä mahdollisimman tehokkaasti ja varmistettua, että vaaditut turvaetäisyydet täyttyvät. Layout-suunnittelussa saadaan ongelmien ja virheiden määrää karsittua. Myös niiden korjaaminen tässä vaiheessa on vielä kustannuksiltaan edullista.



Kuva 17. Layout-suunnittelu.

5.1.2 Sähkösuunnittelu

Sähkötilan käyttötapa ja siihen tarvittavat laitteet luovat pohjan sähkösuunnittelulle. Laitteiden sijoittelu ja suunnittelu aloitetaan usein pääkomponenteista, kuten muuntajista, kojeistoista ja pienjännitekeskuksista. Ne vievät sähkötilasta suurimman tilan ja antavat suunnan kaapelihyllyjen, kaapeloinnin, valaistuksen ja lämmityksen suunnittelulle.

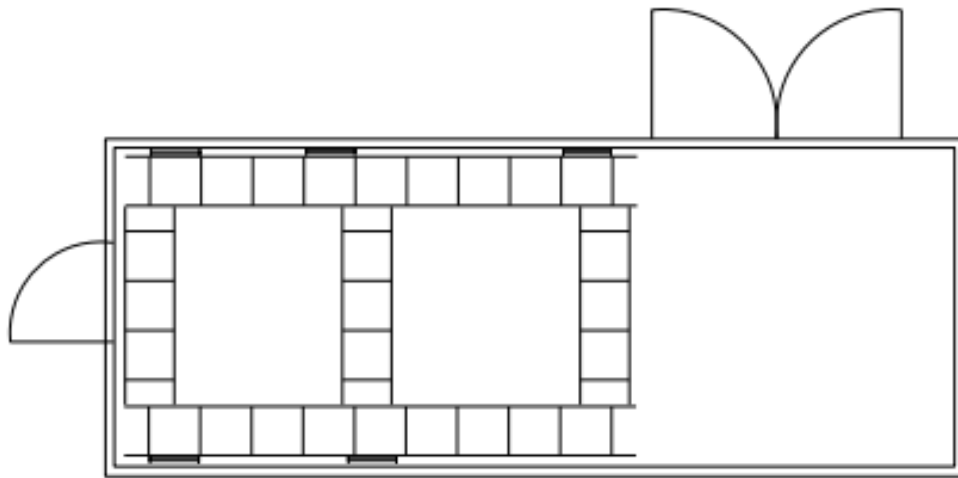
5.1.3 Kaapelihyllyt ja kaapelointi

Kaapelihyllyjen tarkoituksena on kannatella kaapeleita ja toimia reitteinä niille. Kaapelihyllyinä sähkötiloissa käytetään usein levy- tai tikashyllyä. Kaapelihyllyjen suunnittelussa on huomioitava

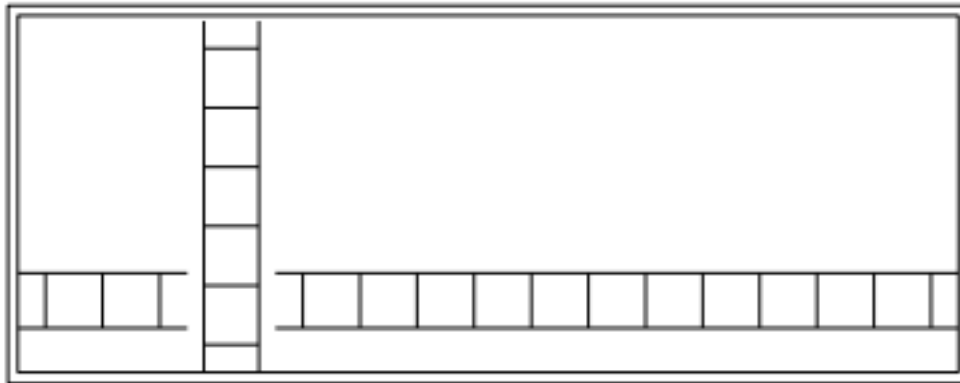
- hyllyjen reitit ja tarvittavat pystyhyllyt
- kaapelien määrä
- kuljetuksen aikaiset katkoskohdat
- läpiviennit
- hyllyjen riittävä kannakointi (kiinnitys).

Kaapelihyllylle on mitoitettava riittävästi tilaa, jotta kaapelit eivät lämpene liikaa sekä eri jännitealueet ja johtojärjestelmät pystytään pitämään erillään toisistaan.

Kaapelihyllyt on katkaistava aina kuljetuksenaikaisista katkoskohdista, osastoivien seinien läpivienneistä ja lattian läpivienneissä, jotta kuljetus ja palokatkot voidaan toteuttaa oikein. Kuvat 18 ja 19 ovat malli sähkötilan ja kaapelitilan kaapelihyllyjen suunnittelusta.



Kuva 18. Kaapelihyllyt, sähkötila.



Kuva 19. Kaapelihyllyt, kaapelitila.

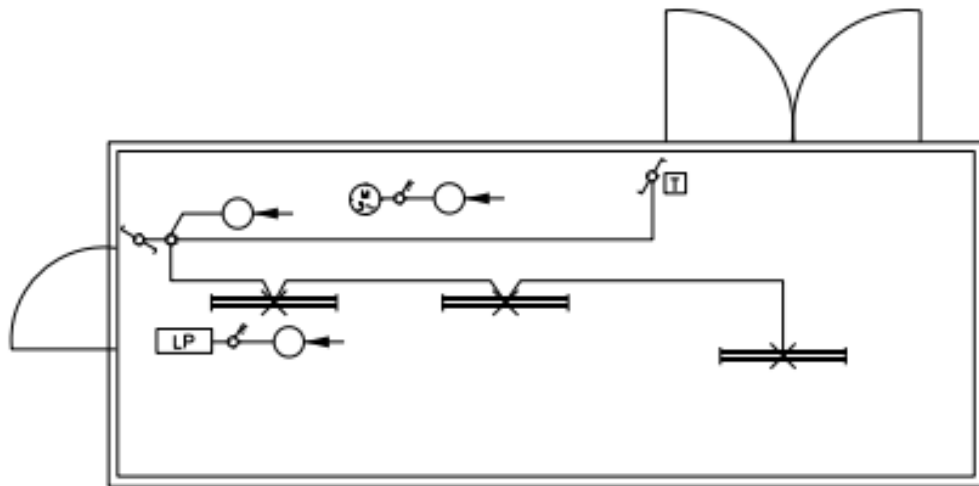
Mahdollisimman paljon sähkötilan kaapeleista suunnitellaan vedettäväksi jo ennen kuljetusta. Kuljetuskatkojen paikat ja määrä vaikuttavat suoraan siihen, että kaapelointi koostuu pysyvistä ja kesken jäävistä kaapeleista.

Pysyviä kaapeleita ovat kaapelit, joista kumpikin pää on kytketty pysyväksi asennukseksi. Kesken jäävistä kaapeleista jää usein toinen pää kytkemättä kuljetuskatkoksien takia. Irti jäävä kaapelin pää mitoitetaan riittäväksi sille tarkoitettuun keskukseen ja kääritään rullalle kuljetuskatoksen kohtaan. Tällöin asentaja saa työmaalla vain aukaista kaapelikiepin ja kääntää pään perille. Kiepillä olevat kaapelit on merkittävä erityisen tarkkaan, jotta merkit eivät pyyhkiydy tai irtoa kuljetuksen aikana pois. Kaapelin sidonta vaakahyllyyn tapahtuu nippusiteillä ja pystyhyllyihin kaarikiinnikkeillä.

5.1.4 Lämmitys ja valaistus

Sähkötilan lämmitys toteutetaan yleensä säteilylämmittimillä, sähköpattereilla tai ilmalämpöpumpuilla. Lämmitystä ohjataan termostaateilla. Termostaatit eivät saa olla asennettuna kiinni runkopalkkiin, josta voi johtaa kylmää ilmaa ja sekoittaa termostaatin anturin toiminnan.

Sähkötilan valaistus toteutetaan led-valaisimilla ja valaistuksen ohjaus painonapeilla, liiketunnistimilla tai valaistuskytkimillä. Yleensä sähkötilan sisällä käytetään kytkimiä tai painonappeja, jolloin toiminta on selkeää ja varmaa. Sähkötilan valaisimet asennetaan yleensä käytävien suuntaisesti kulkeviin valaisinripustuskiskoihin. Sähkötilan ulkovalot ovat yleensä liiketunnistimella varustettuja ja niitä sijoitetaan yleensä jokaiselle ulko-ovelle. Kuva 20 on malli sähkötilan valaistuksen sekä lämmityksen suunnittelusta.



Kuva 20. Valaistus ja lämmitys, sähkötila.

5.1.5 Poistumistievalaistus

Sähkötilan poistumistievalaistuksella ohjataan ihmiset turvallisesti pois rakennuksesta. Poistumistievalaistukseen kuuluu opaste- ja turvalaisimet. Ne noudattavat soveltuvin osin standardissa SFS-EN 1838 vaatimuksia. /16/

Poistumisvalaistusta voidaan syöttää keskitetystä tehonlähteestä tai valaisimet voivat olla itsenäisesti toimivia, jolloin niillä on omat tehonlähteensä. Omana tehonlähteenä on usein paristo tai akku. /16/

Keskitetystä tehonlähteestä syötetyille valaisimille on seuraavia vaatimuksia:

- syötön säilyttäminen tehonlähteestä valaisimille vaaditun ajan palon aikana
 - toteutetaan palonkestävillä kaapeleilla, kuten esim. kaapelityyppi FRHF
- yhden ryhmäjohton syötön valaisimien määrä on rajoitettu 20 kpl ja niiden kokonaisvirta ei saa ylittää 60 % ylivirtasuojan mitoitusvirrasta.
- vähimmäisvaatimuksena valaistuksen toiminta-aika tulee olla 1 tunti vian sattumisesta
 - riittävä aika poistumiseen ja evakuointiin. /16/

Usein sähkötiloissa varavalaistusta käytetään myös osana poistumistievalaistusta, jolloin sen on täytettävä standardin SFS-EN 1838 asiaan kuuluvat vaatimukset. Varavalaistus on osa yleisvalaistusta, joka syttyy häiriö- tai vikatilanteessa. Vara- ja turvavalaistus voidaan toteuttaa kiinteänä asennuksena tai vaihtoehtoisesti käytettävissä on oltava siirrettäviä valaisimia. Siirrettävät valaisimet asennetaan yleensä ovien lähelle ja varustetaan pistorasiasta syötetyllä laturilla. Varavalaistuksen on oltava tasoltaan korkeampi kuin työhön vaadittava vähimmäisvalaistusvoimakkuus, jotta sitä voi käyttää muuhunkin kuin vain prosessien alasajoon tai lopettamiseen. /16/

Opastevalaisimen tunnistaa siitä, että siinä on vihreälle pohjalla painettu kuva, joka osoittaa kulkusuunnan poistumisteille (**Kuva 21.**). Ne on aina oltava valaistuja, joko ulkopuolisella tai sisäpuolisella valaisulla. /16/



Kuva 21. Opastevalaisin eri kulkusuunnilla. /13/

5.1.6 Palovaroittimet tai paloilmoitinjärjestelmä

Palohälytysjärjestelmä voidaan toteuttaa paloilmoitinjärjestelmällä tai relepohjalla varustetuilla palovaroittimilla. Relepohjan tehtävänä on välittää hälytys ilmaisimelta relekeskukselle. Relekeskukselta tieto ohjataan eteenpäin, koska sähköasemilla ei yleensä ole ketään päivystämässä tilannetta. Palovaroittimiksi sähkötiloihin valitaan yleensä savuilmaisimet. Toimintaperiaatteeltaan ne ovat yleensä ionisoivia savuilmaisimia. Ne havaitsevat optisia ilmaisivampia paremmin nopeasti etenevät tulet, joista ei aiheudu paljon savua. Lisäksi niillä on pienempi kynnyksen pölystä aiheutuviin vikahälytyksiin.

5.1.7 Pienjännitekeskukset

Pienjännitekeskuksille on varattava riittävästi tilaa sähkötilasta. Pienjännitekeskuksen viereen varataan yleensä tilaa myös mahdolliselle maasta tai kaapelikellarista nousevalle pystyhylylle ja päämaadoituskiskolle. Pienjännitekeskus on sijoitettava niin, että kappaleessa 3.5 esitetyt hoitokäytävien mitat täyttyvät.

5.1.8 Yli 1000V kojeistot

Kojeistotilaa suunniteltaessa on huomioitava kojeiston kalustustapa, niissä käytetty eristysaine ja päävirtakaapeloinnin suunta. Kojeistoja on ilmaeristeisiä ja kaasueristeisiä.

Ilmaeristeiset kojeistot ovat kooltaan paljon suurempia, mutta moninkertaisesti kaasueristeisiä kojeistoja edullisempia. Kaasueristeisissä kojeistoissa käytetään eristeaineena SF₆-kaasua, jota pidetään voimakkaan kasvihuonekaasuna ja sitä pyritään tulevaisuudessa vähentämään.

Kojeistojen kalustustapa on ryhmitelty ulosvedettäviin kojeistoihin ja kiinteällä kalustuksella varustettuihin kojeistoihin. Ulosvedettävät kojeistot eli vaunukojeistot saavat nimensä niiden ulosvedettävästä katkaisijavaunusta. Ulosvedettävä katkaisija on otettava huomioon kulkuteiden leveyksissä. Päävirtakaapeloinnin suunta on usein kojeiston alhaalta kaapelikellarista, johon ulkoa tulevat kaapelien läpivientiputket on vedetty.

Kojeistorivit pyritään suunnittelemaan niin, että ne saadaan asennettua aina valmiiksi ja kukin kojeisto mahtuu yhteen sähkötilamoduuliin. Tällöin saadaan asennettua kojeistot, purkauskanavat, kokoojakiskot ja kytkettyä kojeistojen väliset kaapelit ilman, että niitä joutuu sitomaan palkkeihin tai jättämään asentamatta kuljetuksen ajaksi. Sen lisäksi samat asentajat asentavat koko kojeistorivin, jolloin vältytään turhilta sekaannuksilta ja varmistetaan työn laatu.

Kojeistot asennetaan yleensä metallisten runkopalkkien päälle, jotta lattia varmasti kantaa niiden painon ja ne saadaan kiinnitettyä pulteilla lattiaan kojeiston etu- ja takaosasta. Kojeistoja ei saa asentaa seinään kiinni tai kiinnittää seinään. Kojeistotilaan varataan paikat myös 1-2 ylimääräiselle kojeistokennolle tulevaisuu-

den laajennuksien varalta. Kojeistorivin laajennusvaran puolelle suositellaan jättämään hieman enemmän tilaa, jotta rivin viimeisten kojeistojen asennus olisi helppompaa.

5.1.9 Kuljetus

Kuljetuksen ajaksi jokainen läpivienti on tukittava tai peitettävä. Sähkötiloissa näitä ovat esim. reiät lattiassa keskuksille, kojeistoille ja kaapelikellarista nouseville pystyhylyille. Varsinkin talvella avonaisista aukoista saattaa lentää lunta ja lämpiminä aikoina roiskua vettä.

Kuljetuksen ajaksi kiinnittämättömät kojeistot ja keskuksset on sidottava liinoilla runkopalkkeihin, jotta ne pysyvät ehjinä ja eivät kaadu. Sähkötilan katkoskohdissa kuljetuksen ajaksi kiepeillä olevat kaapelit olisi hyvä sitoa pienillä liinoilla kaapelihyllyihin tai runkopalkkeihin. Kuljetusyritys yleensä hoitaa irtaimiston, kuten pöytien, osalaatikoiden ja palosammuttimien kiinnitykset.

Asennusvaiheessa lattiat kannattaa suojata kovalevyillä, jotta vältetään asentamisen aikana tulevista jäljistä.

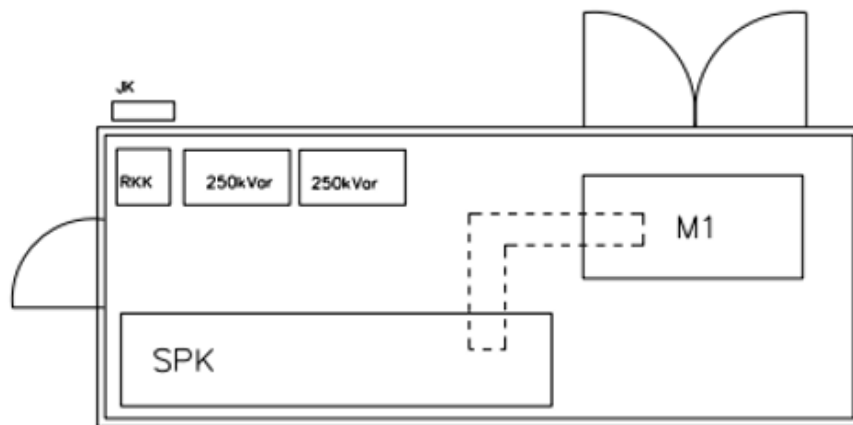
6 SÄHKÖTILA

Työn esimerkkisähkötilaksi valikoitui moduulirakenteinen sähkörakennus, joka kuuluu osaksi keskijänniteprojektia (**Kuva 22.**). Keskijänniteprojekti on vielä kesken, joten kuvat ovat osittain työmaa-aikaisia.



Kuva 22. Sähkörakennus.

Moduulirakenteinen sähkörakennus koostuu yhdestä 9,0 m pitkästä, 3,5 m leveästä ja alle 5,0 m korkeasta sähkötilalohkosta. Sähkötilan pääkomponentteja ovat jakelumuuntaja, sähköpääkeskus, sähkönjakokeskus, estokelaparisto sekä ristikytkentäkaappi. (**Kuva 23.**)



Kuva 23. Pohjapiirustus sähkörakennuksesta.

6.1 Kuljetus

Sähkörakennus kuljetettiin sijoituspaikalle erikoiskuljetuksena teitä pitkin. Kuljetuksen reitti rakennuksen rakennuspaikalta sijoituspaikalle oli tässä projektissa vain muutamia kilometrejä. Sähkörakennus on kooltaan riittävän pieni, että varoitusautoille ja kuljetuksenaikaisille katkoskohdille ei ollut tarvetta.

Sähkörakennuksessa nostoa varten olevat kiinnityspisteet oli suunniteltu rakennuksen alaosaan. Siitä aiheutui tarve erikoisille nostoa ja laskua helpottaville työvälineille. Seuraavissa projekteissa sähkörakennuksen nostopisteet sijoitetaan rakennuksen yläosaan. Kuvassa 24 esitetty sähkörakennuksen nosto kuljetusta varten rekan lavalle.



Kuva 24. Sähkörakennuksen kuljetus.

6.2 Kaapelihyllyt ja kaapelointi

Sähkötilan kaapelihyllyt toteutettiin pääosin 300 mm leveällä valkoisella levyhyllyllä. Ainoastaan pystyhyllyt ja estokelaparihostolle menevä reitti tehtiin tikashyllyllä. Tikashyllyn etuna, varsinkin suuremmille kaapeleille, on sen parempi jäähdytys. Kaapelihyllyt kiinnitettiin tukevasti seinä- ja keskikannakkeilla.

Kaapelointi koostuu vahva- ja heikkovirtakaapeleista sekä maadoituksista. Vahva- ja heikkovirtakaapelit pidettiin omilla puolillaan kaapelihyllyissä. Kaapeleiden sitominen tapahtui nippusiteillä ja sidontalangalla.

6.3 Valaistus ja lämmitys

Sähkötilan valaistus toteutettiin kolmella Led-valaisimilla, jotka kiinnitettiin käytävän suuntaisesti kulkevaan valaisinripustuskiskoon (**Kuva 25.**). Valaisimet sisältävät integroidun turvavalon, joka normaalin valaistuksen syötön vikaantuessa syttyy. Turvavalajaistusjärjestelmän valaisimet merkitään kerrosmuoville kaiverretulla vihreällä kilvellä, jossa on teksti "TURVAVALAISTUS". Valaistusta ohjattiin 6-kytkimillä sähkötilan ovien pielistä. Oven pieleen sijoitettiin noin 50 cm korkeudelle laustelakalla varustettu käsivalaisin, jonka tehtävänä on toimia varavalaistuksena.

Sähkötilan lämmitykseen käytettiin 3 kW lämminilmapuhallinta, jota ohjattiin johdokourussa olevalla termostaatilla. Lämminilmapuhallin näkyy kuvassa 25 valaisimen vasemmalla puolella.



Kuva 25. Sähkötilan valaistus ja lämmitys.

6.4 Pienjännitekeskukset

Sähkötilan pienjännitekeskuksia ovat sähköpääkeskus ja sähkönjakokeskus (**Kuva 26.**). Pääkeskus liitettiin kuvan 27 mukaisella kiskosillalla muuntajaan. Pienjännitekeskukset sijoitettiin niin, että vaaditut hoitokäytävien mitat täyttyivät. Pääkeskus sijoitettiin muuntajan lähelle, jolloin kiskosillan pituus on mahdollisimman lyhyt.

Sähkönjakokeskus puolestaan sijaitsee rakennuksen ulkopuolella säältä suojatussa kaapissaan.



Kuva 26. Sähkönjakokeskus ja sähköpääkeskus.



Kuva 27. Kiskosilta muuntajalta sähköpääkeskukselle.

6.5 Muuntaja

Sähkötilaan sijoitettiin 2,5 MVA jakelumuuntaja. Muuntajatyypinä käytetään kuivamuuntajaa, joka on varustettu kotelolla. Kotelon suojausluokka on IP31. Kuvassa 28 on sähkötilaan sijoitettu koteloitu kuivamuuntaja.

Muuntaja sijoitettiin teräskiskojen päälle ja varustettiin renkailla, jotta sen saa tarvittaessa helposti pois muuntajan korjaustöissä tai sen vaihdossa. Muuntajatilän ovi aukeaa suoraan ulos ja se merkitään kilvellä, jossa on sähköiskusta varoittava kulmanuoli ja teksti ”Hengenvaara”.

Muuntajatilän lämpötilan minimilämpötila on 12–15 °C ja maksimilämpötila 30 °C. Hetkellisesti sallitaan myös lämpötilan nousu 40 °C. Muuntajatilä on varustettu koneellisella ilmanvaihdolla.



Kuva 28. Sähkötilaan sijoitettu 2,5 MVA koteloitu jakelumuuntaja.

6.6 Estokelaparistot

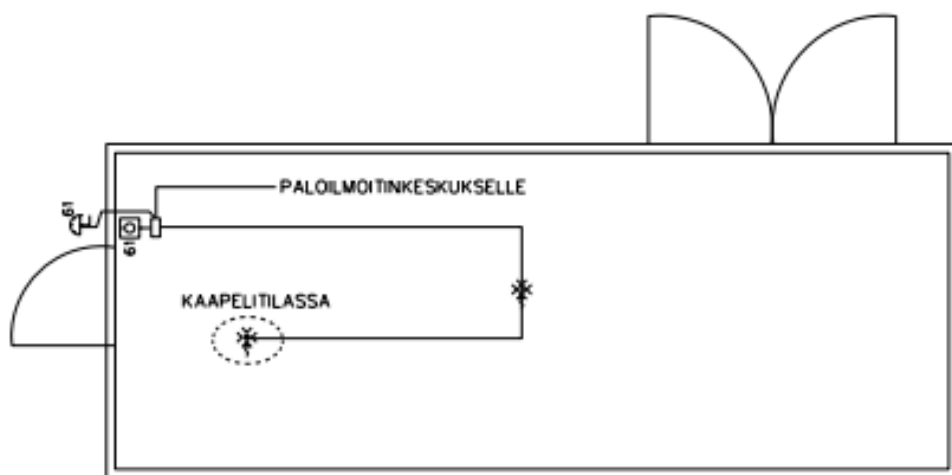
Sähkörakennukseen sijoitettiin kaksi 250 kvar estokelaparistoa. Niiden tehtävänä on kompensoida verkossa esiintyvää loistehoa. Toiseen kaappiin lisättiin 12-portainen loistehonsäädin. Loistehonsäädin kytkee kompensointitarpeen mukaan automaattisesti portaita päälle ja pois. Estokelaparistot näkyvät kuvassa 29.



Kuva 29. Estokelaparistot.

6.7 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinjärjestelmä liitettiin kohteessa olemassa olevaan automaattiseen osoitteelliseen paloilmotusjärjestelmään. Sähkörakennuksen paloilmoitinjärjestelmään kuuluu mm. lämpö- ja savuilmaisimet, palopainike ja palokello. Järjestelmä sisältää myös merkintäkilvet palopainikkeelle ja palokellolle. Sähkörakennuksen paloilmoitinjärjestelmä esitetty kuvassa 30.



Kuva 30. Paloilmoitinjärjestelmä.

6.8 Ristikytkentäkaappi

Sähkörakennuksen yleiskaapelointijärjestelmään sisältyi tiedonsiirto ja kiinteistön käyttöön tulevan ICT-verkko. Ristikytkentäkaappi sijoitettiin estokelapari-
stojen vierelle (**Kuva 31.**).



Kuva 31. Ristikytkentäkaappi.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä sähkörakennusta koskevia vaatimuksia ja määräyksiä. Ne rajattiin koskemaan ensisijaisesti rakenteellisia ja sähköteknillisiä vaatimuksia. Vaatimukset ja määräykset kerättiin tulevaisuutta varten yhteen paikkaan suunnittelun avuksi uusien projekteihin. Kootut vaatimukset ja määräykset tulee tarkistaa säännöllisin väliajoin, jotta tieto pysyy ajan tasalla. Päivitykseen tulee merkitä päivämäärä ja tarkastuksen tekijä.

Tulevaisuudessa tarkoituksena on laajentaa työ koskemaan myös rakennusteknillisiä asioita. Kerätä vaihtoehdot edullisista ja laadukkaista runko- ja pintamateriaaliratkaisuista, joilla kaikki rakennusvaatimukset täyttyvät.

Esimerkkikohteeksi valikoitui sähkötila, joka koostui yhdestä lohkoista. Projektien määrän lisääntyessä tarkoituksena on myös lisätä esimerkkikohteiden määrää. Olisi tärkeätä saada malli myös useammasta lohkoista rakennetusta sähkötilasta sekä eri käyttötarkoituksille tulevista sähkörakennuksista.

LÄHTEET

/1/ Nordic Electro Power Oy. Verkkosivut. Viitattu 17.2.2021. <https://www.nepower.fi/>

/2/ SFS- 6001. Suurjänniteasennukset. Kohta 7: Laitteistot. 5. painos. Helsinki: SESKO ry. 2018. 156 s.

/3/ SFS- 6000. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-729: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Jakokeskusten asentaminen. Helsinki: SESKO ry. 2017. 953 s.

/4/ E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. 2011. 43 s.

/5/ ST-53.11. Kuluttajamuuntamot. Espoo: Sähköinfo ry. 2018. 21 s.

/6/ SFS- 6001. Suurjänniteasennukset. Kohta 8.7.2.2: Muuntajat, jotka sijaitsevat rakennuksen sisällä sähkötilassa. 5. painos. Helsinki: SESKO ry. 2018. 156 s.

/7/ C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. 2008. 10 s.

/8/ Koski, J. Sähkölaitokset. Kojeistot. Vaasan ammattikorkeakoulu Portal, opetusmateriaali.

/9/ SFS- 6001. Suurjänniteasennukset. Kohta 8: Turvatoimenpiteet. 5. painos. Helsinki: SESKO ry. 2018. 156 s.

/10/ SFS-EN 61439-2. Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot. 2. painos. Helsinki: SESKO ry. 2013. 53 s.

/11/ Koski, J. Sähkölaitokset. Muuntajat. Vaasan ammattikorkeakoulu Portal, opetusmateriaali.

/12/ Catalogue of Trihal - Cast resin transformer (Versio 3.1). 2018. Verkkoi-neisto. Schneider Electric Finland Oy. 72 s.

/13/ Suomen Turvakilvet Oy. Verkkosivut. Viitattu 12.2.2021. https://www.turvakilvet.fi/epages/turvakilvet.sf/fi_FI/

/14/ Punainen Risti. Verkkosivut. Viitattu 14.3.2021. <https://ensiaputuote.fi/opasteet/671-saehkoetaturman-sattuessa-ohjetaulu-suomi.html>

/15/ TRAFI/664147/03.04.03.00/2018. Erikoiskuljetukset ja erikoiskuljetusajoneuvot. Kohta 7.2: Varoitusauton tai EKL-auton käyttäminen erikoiskuljetuksessa. Traficom Liikenne- ja viestintävirasto. 2018 31 s.

/16/ SFS- EN 1838. Valaistussovellukset. Turvavalistus. 2. painos. Helsinki: SESKO ry. 2014. 31 s.

