



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MINTTU-MAARIA LAPPALAINEN
TALOTEKNIIKAN JA TILASUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN SÄH-
KÖASEMALLA
Diplomityö

Tarkastaja: dosentti Hannu Ahlstedt
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 14. tammikuuta
2015

TIIVISTELMÄ

MINTTU-MAARIA LAPPALAINEN: Talotekniikan ja tilasuunnittelun kehittämisen sähköasemalla

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 110 sivua, 7 liitesivua

Toukokuu 2015

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Talotekniikka

Tarkastaja: dosentti Hannu Ahlstedt

Avainsanat: talotekniikka, tilasuunnittelu, paloturvallisuus, sähköasema

Helen Sähköverkko Oy (HSV) halusi selvittää tämän diplomityön avulla mitä ja millaisia taloteknisiä järjestelmiä sähköasemalle vaaditaan sekä miten sähköaseman tilan käyttö voidaan optimoida. Tutkimuksen aihepiiriin ovat kuuluneet myös vaadittavan rakenteellisen paloturvallisuustason tarkastelu sekä muut rakenteelliset vaatimukset. Löydettävien ratkaisujen toivottiin vaikuttavan positiivisesti muun muassa henkilöturvallisuuteen, kustannuksiin, sähköaseman rakennusmalliin ja energiatehokkuuteen. Sähköasemat ovat miehittämättömiä, joissa kuitenkin kiinteistösähkö vie HSV:n omien kulutusmittausten mukaan noin 60 % koko sähköaseman omakäyttösähköenergiasta. Kiinteistösähkö on siten hyvä mittari etsittäessä mahdollisia säästö- ja parannusehdotuksia taloteknisistä järjestelmistä. Työssä on tarkasteltu tulevaisuuden sähköaseman mallia, jossa tilat on otettu tehokkaasti käyttöön ja siellä on vaatimusten mukaiset talotekniset järjestelmät.

Tutkimuksen kohde oli tulevaisuuden sähköasema. Selvitetyt talotekniset järjestelmät liittyivät ilmanvaihtoon, lämmitykseen, vedenjakeluun, palontorjuntaan, valaistukseen ja rakennusautomaatioon. Vähimmäistasoa on haettu käymällä läpi muun muassa aiheisiin liittyviä lakea ja standardeja. Myös järjestelmien teknisen toteutuksen puolesta on tarkasteltu niiden soveltuvuutta sähköasemalle. Optimaalista sähköaseman tilankäyttöä tutkittiin selvittämällä tarvittavia huonetiloja ja mahdollisuutta yhdistää eri huoneita huomioiden prosessin vaatimukset. Rakenteellisen paloturvallisuuden suhteen on tarkasteltu vähintään vaadittavaa paloluokkaa ja palo-osastoinnin tarvetta tutustumalla sähköasemaa koskeviin paloturvallisuusmääräyksiin.

Määräyksiin ja lakeihin tutustumalla selvitettiin perusvaatimukset nykyaikaiselle sähköaseman talotekniikalle, mistä saatiin tuloksena määritettyä vaatimusten mukaiset vähimmäistasot jokaiselle järjestelmälle, jotta sähköaseman talotekniikka toimisi ja rakennus pysyisi ”terveenä rakennuksena”. Esimerkiksi ilmanvaihto on suositeltavaa tehdä tällöin koneellisena ja sähköaseman lämmityksen alentamiseen voidaan vaikuttaa eniten hankkimalla kylmempiä olosuhteita kestäviä sähkölaitteita. Lämmitykseen suositellaan häviölämmön hyödyntämistä. Tilasuunnittelun kannalta saatiin pienennettyä sähköaseman huoneiden lukumäärää puoleen HSV:n alkuperäisestä suunnitelmasta yhdistelemällä ja karsimalla pois tarpeettomia tiloja. Tilojen pinta-alat eivät merkittävästi vähentyneet, mutta rakennuskustannuksissa saadaan säästöjä. Paloturvallisuuden suhteen määritettiin paloluokaksi P2-luokka ja todettiin palo-osastoinnin olevan omaehtoista paitsi päämuuntajajätiloissa.

ABSTRACT

MINTTU-MAARIA LAPPALAINEN: The development of building services and the utilization of space in a substation

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 110 pages, 7 Appendix pages

May 2015

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Building Services Engineering

Examiner: adjunct professor Hannu Ahlstedt

Keywords: building services, space planning, fire safety, substation

Helen Electricity Network Ltd wanted to examine with the help of this Master of Science thesis what kind of building service systems is required to the substation and how the space utilization can be optimized at substation. Also in this research structural fire safety and other structural requirement was examined. The conclusions were hoped to have a positive influence on personal security, costs, the building design and energy efficiency of substation. Substations are unstaffed and building electricity use can be about 60 % of internal electricity consumption of substation. The building electricity use is a good indicator to examine possible savings and suggested improvements to the building service systems. The research was done for the future substation which would have required building service systems and space utilization is effective.

The subject matter of research was the future substation. The examined building service systems were ventilation, heating, water supply, fire control, lighting and building automation. The required minimum level to building services had been examined by reading laws and other specifications. Also the technical demands of building services were examined. The ideal utilization of space was examined by determining the required rooms as well as possibility of combining the rooms. Requirements of the process were taken into account. The minimum required level for the fire classification and fire cell for structural fire safety is examined by reading the fire safety specifications.

The basic requirements for the building services of the substation were examined by laws and other specifications and the results suggested the minimum level for every examined system. That helps substation building services to operate right and building will stay as the "healthy building". For example, the ventilation is recommended to make by forced ventilation. If it is wanted to decrease the inside temperature in the substation, it is better to acquire electrical devices for colder condition. For the heating it is recommended utilizing thermal loss energy from transformers. The rooms were decreased to half of the original design in the utilization of the space. The surface areas were not significantly decreased but in the construction cost is able to get savings. Fire classification minimum level is P2-classification and fire ceiling is self-directed expect for transformers.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Helen Sähköverkko Oy:n toimeksiannosta Alueverkko-yksikössä. Työn ohjaajina toimivat insinööri Mika Aromaa, insinööri Mika Hinkkanen, DI Jukka Ristiniemi ja TkT Pirjo Heine. Suuret kiitokset heille kaikille avusta, neuvoista ja korjauksista työn aikana. Erityisesti haluan kiittää Hinkkasta ja Aromaata, jotka minut aikanaan HSV:lle kesätöihin ottivat. HSV:llä on ollut ilo työskennellä mahtavien työtovereiden kanssa. Kiitos myös, että sain tehdä tämän mielenkiintoisen ja opettavaisen työn HSV:ssä. Kiitän myös työtäni tarkastanutta dosentti Hannu Ahlstedtiä.

Työssäni on ollut ilahduttavaa huomata ihmisten halu auttaa aina kysyttäessä. Olen työni teon aikana kysynyt diplomityössäni esiintyvistä asioista lisätietoja ja tarkennuksia useilta eri tahoilta kuten muutamia mainitakseni esimerkkinä HSV:ssä, kaupunkisuunnitteluvirastosta, TTY:ltä, työsuojeluhallinnolta, sosiaali- ja terveysministeriöstä... Sain erinomaisia neuvoja ja vinkkejä ja kiitän kaikkia osapuolia, mainittuja ja mainitsemattomia, jotka vastasivat kysymyksiini ja siten auttoivat tämän työn tekemisessä.

Lämpimät kiitokset myös perheelleni, erityisesti äidilleni ja isälleni tuesta opintojen alussa. Kiitokset myös kaikille sukulaisilleni kannustuksesta opintojen aikana. Lopuksi haluan osoittaa kiitokset avopuolisolleni Masalle rakennusteknisistä neuvoista, tuesta ja kannustuksesta hyvinä sekä huonoina hetkinä opintojen aikana ja siitä, että sinä olet sinä.

Helsingissä, 22.4.2015

Minttu-Maaria Lappalainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen lähtökohdat	1
1.2	Tavoite	1
1.3	Tutkimuksen rakenne	3
2.	SÄHKÖVERKOT	4
2.1	Sähköverkkoyhtiöt	4
2.2	Helen Sähköverkko Oy	4
2.3	Sähkövoimajärjestelmät Helsingissä	5
2.4	Sähköasemat	6
2.5	Muuntoasemat	6
2.6	Muuntoaseman rakenne	7
2.7	Sähköasemiin vaikuttavat muutokset tulevaisuudessa	9
3.	SÄHKÖASEMAAN VAIKUTTAVAT LAIT JA MUUT MÄÄRÄYKSET	11
3.1	SFS 6001 suurjännitesähköasennukset	11
3.2	Rakennuksen suunnitteluun vaikuttavat lait	12
3.3	Työturvallisuusmääräykset	12
3.4	Taloteknisiin järjestelmiin vaikuttavat lait	12
3.5	Muut ohjeet ja kortistot	13
4.	SÄHKÖASEMAN SUUNNITTELU	14
4.1	Sähköaseman rakentaminen sisätiloihin	14
4.2	Sähköaseman sijoittaminen tontilla	15
4.3	Sähköasemien rakentaminen Helsingissä	16
4.3.1	Rakennusvalvonta	16
4.3.2	Asemakaava	17
4.4	Sähköaseman tilasuunnittelu	18
4.5	Tilasuunnittelun merkitys sähköasemalla	20
5.	PALOTURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET	22
5.1	SFS 6001 paloturvallisuusmääräykset	22
5.2	Rakentamismääräyskokoelman paloturvallisuusmääräykset	23
5.2.1	Paloluokka	26
5.2.2	Palo-osastointi	27
5.3	Sähköaseman palo-osastointi	29
6.	ENERGIATEHOKKUUS SÄHKÖASEMALLA	30
6.1	Rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräykset	30
6.2	Muut energiatehokkuusvaatimukset	31
6.3	Energiankulutus teollisuuskiinteistössä	32
6.4	Energiatehokkuuden parantaminen sähköasemalla	32
6.5	Taloteknisten järjestelmien vaikutus energiansäästöissä	36
6.6	Energiansäästö rakennuksen käytön aikana	37
7.	LVI-JÄRJESTELMÄT	38

7.1	Lämmitys	38
7.1.1	Lämmityksen määräykset.....	38
7.1.2	Sopivan lämpötilan määräytyminen sähköasemalla	39
7.1.3	Suositus lämpötilatasolle	46
7.1.4	Rakenteille sopiva lämpötila	47
7.1.5	Lämmitysmuodon valinta.....	48
7.1.6	Lämmönjakotavan valinta	52
7.1.7	Suositus lämmitysjärjestelmälle	54
7.2	Ilmanvaihto	55
7.2.1	Ilmanvaihdon määräykset.....	56
7.2.2	Eri ilmanvaihtotapojen vertailu	56
7.2.3	Suositus ilmanvaihtojärjestelmälle	61
7.2.4	Akkutilojen ilmanvaihto.....	62
7.2.5	SF ₆ -kaasun poisto.....	64
7.2.6	Esimerkkilaskelma SF ₆ :sta	65
7.3	Vesi.....	65
7.3.1	Määräykset	65
7.3.2	Vesi- ja viemäripisteet sähköasemalla	66
7.3.3	Hätäsuihku	68
7.3.4	Suositus vesi- ja viemäripisteille	69
8.	VALAISTUS	71
8.1	Määräykset perusvalaistukselle	71
8.1.1	Valaistuksen energiatehokkuus	72
8.1.2	Suositus perusvalaistukselle	73
8.2	Turvavalaistus	74
8.2.1	Määräykset	75
8.2.2	Suositus turvavalaistukselle.....	76
9.	PALONTORJUNTAJÄRJESTELMÄT	78
9.1	Sammutuslaitteet	78
9.1.1	Määräykset	78
9.1.2	Eri järjestelmät.....	80
9.1.3	Suositus sammutusjärjestelmälle	80
9.2	Savunpoistojärjestelmät	80
9.2.1	Määräykset ja lait	81
9.2.2	Savunpoiston tehtävä	82
9.2.3	Savunpoistotaso	82
9.2.4	Savunpoisto ja sammutusjärjestelmät	85
9.2.5	Suositus savunpoistojärjestelmälle	85
9.3	Paloturvallisuusjärjestelmät	86
9.3.1	Määräykset	88
9.3.2	Suositus paloturvallisuusjärjestelmälle	89
10.	RAKENNUSAUTOMAATIO.....	91

10.1 Määräykset	91
10.2 Rakennusautomaation hyödyt	91
10.3 Sopiva taso ja suunnittelu	92
10.4 Ilmanvaihto	93
10.5 Lämmitys	94
10.6 Valaistus.....	94
10.7 Kulunvalvonta ja turvallisuus.....	95
10.8 Käyttö ja huolto	96
10.9 Energiatehokkuus	97
10.10 Suositus	98
11. YHTEENVETO.....	99
LÄHTEET	103

LIITE A: SÄHKÖASEMAAN VAIKUTTAVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET

LIITE B: TILASUUNNITTELUN ERI YHDISTELMÄVERSIONT

LIITE C: PALOLUOKAN VALINTA

LIITE D: SAMMUTUSLAITTEIDEN VERTAILU

LYHENTEET JA MERKINNÄT

EI	tiivetyy ja eristävytyy
HSV	Helen Sähköverkko Oy
HTP-arvot	haitalliseksi tunnetut pitoisuudet
K _j	keskijännite
LTO	lämmöntalteenotto
LVI	lämmitys, vesi, ilmanvaihto
RakMk	Suomen rakentamismääräytkokoelma
SFP	Specific Fan Power, ilmanvaihtojärjestelmän ominaissyhköteho

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Helen Sähköverkko Oy (HSV) huolehtii sähkön siirrosta ja jakelusta Helsingin kaupungin alueella lukuun ottamatta vuonna 2009 Sipoosta Helsinkiin liitettyä Östersundomin aluetta. Sähkönjakelujärjestelmän käyttövarmuuden tulee olla korkea tasoa ja sähköverkon rakenteen tulee tukea tätä tavoitetta. Yhtenä tärkeimmistä sähköverkon pisteistä ovat sähköasemat. Sähköasema on siirto- ja jakeluverkon kohta, jossa voidaan suorittaa kytkentöjä, muuntaa jännitettä tai keskittää ja jakaa siirtoa eri johdoille. Sähköasemat voivat olla maanpäällisiä tai maanalaisia tiloja. HSV:llä on sähköasemia 29 kappaletta.

Diplomityössä haluttiin selvittää, millainen tulee olla talotekniikaltaan ja rakenteeltaan energiatehokas sekä tilasuunnittelun kannalta optimaalinen sähköasema. Myös määräykseen ja lakeihin tutustumalla haluttiin saada selville vähimmäisvaatimukset sähköaseman talotekniikalle, joka vaaditaan esimerkiksi lämmityksen ja ilmanvaihdon toteuttamiseksi. Sähköasemat ovat miehittämättömiä, missä tehdään käyttöön ja ylläpitoon liittyviä huoltotehtäviä satunnaisesti. Kiinteistösähkö vie HSV:n omien kulutusmittausten mukaan noin 60 % koko aseman omakäyttösähköenergiasta. Kiinteistösähkö on siten oiva mittari etsittäessä mahdollisia säästö- ja parannusehdotuksia sekä tavoiteltaessa energiatehokasta sähköasemaa, sähköaseman perustehtäviä unohtamatta. Työssä siis tarkastellaan mallia tulevaisuuden sähköasemasta, jossa tilat on otettu tehokkaasti käyttöön ja siellä on vaatimusten mukaiset talotekniset järjestelmät.

1.2 Tavoite

Työssä tutkitaan itse rakennusta eli sähköasemaa. Tutkitaan, miten lainsäädäntö ja standardit sekä muut mahdolliset määräykset vaikuttavat sähköasemaan rakennuksena ja sen taloteknisiin järjestelmiin. Määrittäviä tekijöitä voivat olla esimerkiksi energiatehokkuus, paloluokka, maankäyttö- ja rakennuslaki, Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset ja ohjeet, Helsingin kaupungin rakennusvalvonnan vaatimukset, suurjännitstandardit sekä työsuojelumääräykset. Prosessi ja sen laitteet asettavat myös itsessään vaatimuksia rakennukselle ja sisäolosuhteille. Näillä kaikilla on vaikutuksia myös taloteknisten järjestelmien valintaan.

Tutkimuksessa keskitytään enimmäkseen talotekniikkaan ja siten tutkitaan sekä selvitetään erilaisia taloteknisiä järjestelmiä kuvitteelliselle maanpäälliselle sähköasemalle. Tutkimukseen on valittu tarkasteltavaksi seuraavat järjestelmät:

- lämmityslaitteet
- vesi- ja viemärlaitteet
- ilmanvaihtolaitteet
- sammutuslaitteet
- savunpoistojärjestelmät
- rakennusautomaatio
- valaistus (perus- ja turvavalaistus)
- ja paloturvallisuusjärjestelmät.

Työssä tehtävässä sähköaseman mallissa on kyseiset järjestelmät optimoitu sekä tilan käyttö tehostettu ja paloturvallisuus huomioitu. Samalla on tarkasteltu myös rakennusvalvonnan mahdollisia vaatimuksia esimerkiksi sähköaseman arkkitehtisuunnitteluun. Suunniteltavan sähköaseman paloturvallisuusluokka tulisi olla HSV:ssä vallitsevien nykyisten käytäntöjen mukaisesti P1. Tässä työssä selvitetään kuitenkin mahdollisuus alempiin paloluokkiin ja niiden vaikutukset sekä määräytyminen. Täten saadaan selville, onko mahdollista lieventää sähköaseman rakenteellisia paloturvallisuusmääräyksiä. Kuvitteellinen asema tulisi olemaan maanpäällinen ja huoneiden sijoitukseltaan mahdollisimman yksinkertainen eli jokaiselle toiminnolle ei ole omaa huonetta. Sähköasema on tyypiltään muuntoasema, jossa muunnetaan 110 kilovoltia keskijännitteeksi (10 tai 20 kilovoltia). Päämuuntajahuoneiden sijoituksessa pohditaan niiden sijoittamista; erillään vai samassa rakennuksessa, ja sen kannattavuutta taloteknisten järjestelmien sekä paloturvallisuuden suhteen. Työssä ei käytetä esikuvina olemassa olevia HSV:n sähköasemia, mutta niistä saatavia tietoja, kuten kiinteistö sähköön kulutustiedot, voidaan hyödyntää.

Kuvitteellisen aseman suunnittelussa noudatetaan vuoden 2014 rakentamismääräyksiä ja voimassa olevia lakeja. Mahdolliset tulevaisuudessa säädettävät merkittävät lakimuutokset tai vastaavat pyritään löytämään ja huomioimaan, jos ne tuovat muutoksia koskien sähköasemaa. Työssä etsitään siten parhaita ratkaisuja, jotka vaikuttavat positiivisesti muun muassa yritysturvallisuuteen, henkilöturvallisuuteen, käyttövarmuuteen, käyttökustannuksiin, energiatehokkuuteen ja sähköaseman tilankäyttöön. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmien suhteen voidaan kysyä, mikä on vaadittava minimitoimintalämpötila prosessin laitteiden puolesta ja hyvä rakenteisiin kohdistuva lämpötila, jotta saadaan aikaan niin sanottu terve rakennus. Lämmityksen tarvetta ja toteutustapaa lähdetään kehittämään näiden kysymysten pohjalta. Myös esimerkiksi savunpoiston kohdalla voidaan kysyä, onko järkevämpää rakentaa päämuuntajatilat matalaan ja avoimeen tilaan, jolloin ei tarvittaisi erillisiä savunpoistoluokkuja tai koneellista savunpoistoa. Toinen vaihtoehto päämuuntajatilaille on korkea, suljettu halli ja koneellinen tai painovoimainen savunpoisto edellä mainitulla tavalla.

Tavoitteena on siis kehitellä ja tutkia valituista taloteknisistä järjestelmistä optimiratkaisut, joita sähköasemalle vähintään tarvitaan kyseisistä taloteknisistä järjestelmistä, jotta saadaan toteutettua lämmitys, vedenjakelu, ilmanvaihto ja paloturvallisuus edullisesti

sekä mahdollisimman tehokkaasti lain ja muiden määräysten mukaisesti koko rakennuksen elinkaaren ajaksi. Sähköasemarakennuksen käyttöikä on 60 vuotta ja talotekniset järjestelmät peruskorjataan noin 30 vuoden kuluttua käyttöönotosta.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Työn alussa tutustutaan sähköasemien ja sähköverkkojen teoriaan. Tavoitteena on etsiä kaikki mahdolliset lait, määräykset ja ohjeet, jotka liittyvät sähköasemien rakentamiseen, paloturvallisuuteen ja taloteknisiin järjestelmiin sekä tutustutaan niihin. Sähköasemaan vaikuttavia lakeja haetaan muista mahdollisista tutkimuksista, kysymällä asiantuntijoilta ja tutustumalla esimerkiksi muihin sellaisiin lakeihin, joissa voi olla viittauksia toiseen vaikuttavaan standardiin. Saatuja teoretietoja ja esimerkiksi määräyksistä saatuja ohjeita sovelletaan sähköaseman rakenteen, rakenteellisen paloturvallisuuden ja huoneiden sijoituksen sekä yhdistelemisen kehittämiseen. Vaatimuksien mukaan lähdetään suunnittelemaan myös turvallisuuden ja muut määräykset sekä toiveet täyttäviä taloteknisiä järjestelmiä tai pohditaan jopa niiden poisjättämistä, jos ne osoittautuvat määräysten mukaan tarpeettomiksi miehittämättömällä sähköasemalla.

Tutkimus käsittää kahdeksan eri taloteknistä järjestelmää ja jokaisen järjestelmän teoriaan, vaatimuksiin ja siihen liittyviin asioihin tutustaan omalla painollaan. Eri vaihtoehdot ja niiden hyvät sekä huonot puolet kirjataan ylös tutkimuksen lopussa esitettävää kokonaisuuden tarkastelua varten. Näin saadaan määritettyä lopulliset suositukset tulevaisuuden sähköasemalle.

2. SÄHKÖVERKOT

Sähköverkon tehtäviin kuuluu siirtää voimaloissa tuotettu sähkö sähkökäyttäjille [1]. Pitkillä siirtoyhteisillä ja suurilla siirtotehoilla käytetään kantaverkkoa. Fingrid Oyj vastaa ja kehittää Suomen kantaverkkoa. Kantaverkolla tarkoitetaan sähkönsiirtoverkkoa, johon kuuluvat 400 ja 220 kilovoltin johdot ja tärkeimmät 110 kilovoltin johdot sekä sähköasemat. Kodin pistorasiaan tulevaan jännitteeseen verrattuna kantaverkon jännite on suurimmillaan 2000-kertainen [2, 3, 4 s. 10].

Kantaverkoista sähkö siirtyy suurjännitteisiin jakeluverkkoihin, jotka taas siirtävät sähköä alueellisesti esimerkiksi tietyssä maakunnassa. Suurjännitteeksi kutsutaan jännitteitä välillä 110–400 kilovoltia ja keskijännitteeksi 1–70 kilovoltin välillä olevia jännitteitä. Pienjännitteet käsittävät enintään 1 kilovoltin jännitteet. Sähköverkkoon on liittynyt generaattoreita, jakelumuuntamoita ja sähköasemia [2].

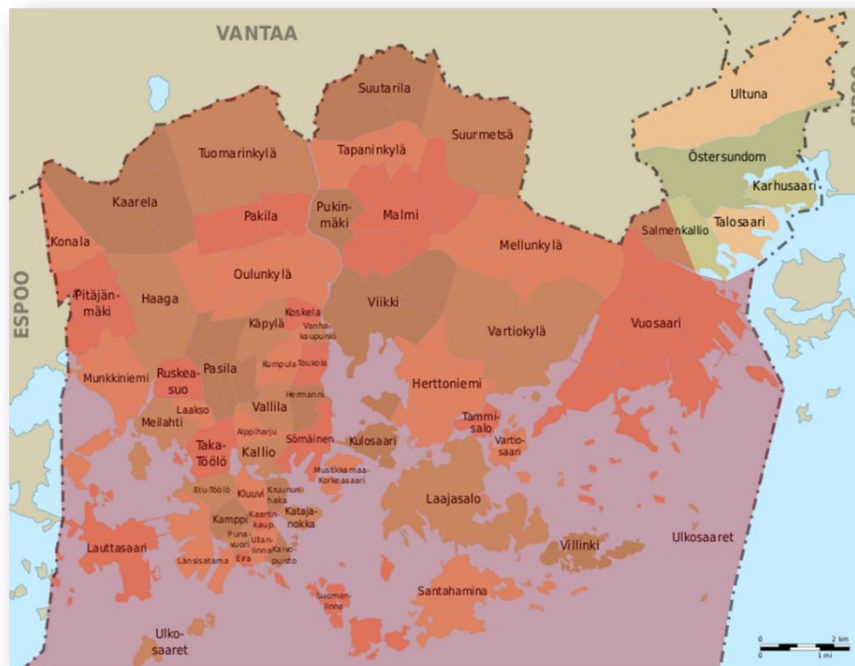
2.1 Sähköverkkoyhtiöt

Kantaverkkoon ovat liittyneet paikalliset jakeluverkot ja alueverkot, suuret voimalaitokset ja teollisuuslaitokset. Sähköverkkoyhtiöillä on viranomaisten myöntämä alueellinen verkkolupa. Helsingissä Helen Sähköverkko Oy harjoittaa jakeluverkkotoimintaa [2, 5]. Sähkö muodostuu nykyisin kahdesta eri hyödykkeestä, sähkönsiirrosta ja sähköenergiasta. Asiakas voi kilpailuttaa sähköenergian hankinnan pyytäen tarjouksia keneltä tahansa sähkönsiirtoyhtiöltä. Sähköverkkoyhtiötä asiakas ei voi valita. Vuoden 2007 alusta suurimpien yritysten on pitänyt eriyttää sähköenergian myynti ja sähkönsiirto toiminta eri yhtiöihin. Siirtopalvelu koostuu siis sähkönsiirtämisestä ja sähköverkon ylläpitämisestä tietyllä alueella [3].

2.2 Helen Sähköverkko Oy

Helsingin kaupungin alueella toimii jakeluverkon haltijana Helen Sähköverkko Oy luokun ottamatta vuonna 2009 Sipooosta Helsinkiin liitettyä Östersundomin aluetta. (kuva 1). HSV on asiakasmäärissä mitaten Suomen kolmanneksi suurin toimija alallaan. Yhtiö on Helen Oy:n (entinen Helsingin Energia) tytäryhtiö. HSV hoitaa siis sähköverkkotoimintaa ja tuottaa sähkönsiirto- ja jakelupalveluja toimialueellaan. Sähköverkon kautta toimitetaan sähköenergiaa noin 360 000 asiakkaalle ja vuosittainen sähkönsiirto toimialueella on noin 4 500 GWh. Eri jännitetaso kaapeleita ja ilmajohtoja on Helsingissä yhteensä noin 6 200 km ja jakeluverkon kaapelointiaste on 97,6 %. Sähköverkon silmukkamainen rakenne ja korkea kaapelointiaste takaavat erinomaisen toimitusvarmuuden. Silmukkamaisen rakenteen ansiosta sähkönsiirto ja muuntamoihin voidaan toimit-

taa sähköä pääsääntöisesti vähintään kahta reittiä pitkin. Vuonna 2014 HSV:llä on jakelualueellaan käytössä tai rakennusvaiheessa olevia sähköasemia yhteensä 29 kappaletta [5, 6].

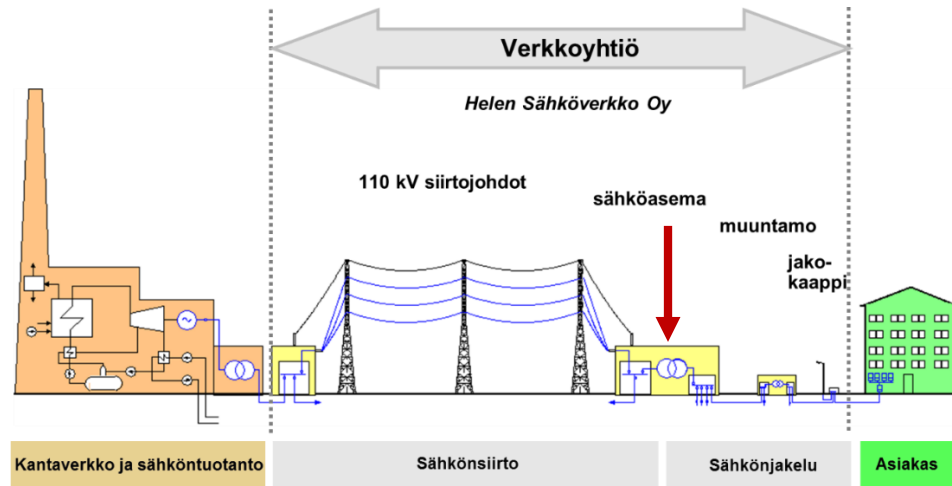


Kuva 1. Helen Sähköverkko Oy:n jakelualue [5].

2.3 Sähkövoimajärjestelmät Helsingissä

Miten sähkö siirtyy Helsingissä voimalaitokselta kuluttajalle? Voimalaitoksilta sähkö siirretään kolmiportaisen verkkojärjestelmän kautta kuluttajalle. Sähkö siirretään 110 kilovoltin siirto- eli suurjännitejohdoilla sähköasemille. Suurjänniteverkko yhdistää voimalaitokset ja sähköasemat sekä sitä kautta koko Helsingin kaupungin valtakunnalliseen 400 kilovoltin kantaverkkoon. Sähköasemilla suurjännite muutetaan jakelujännitteeksi ja jaetaan keskijännitejohdoilla jakelumuuntamoille [4 s. 10, 6].

Keskijänniteverkko kattaa Helsingissä 10 kilovoltin ja 20 kilovoltin sähkön siirtoyhteydet. Jako menee niin, että kantakaupungissa on 10 kilovoltin ja esikaupunkialueella 20 kilovoltin sähkön siirtoyhteydet. Jakelumuuntamot sijaitsevat talojen kellareissa, kuten kantakaupungin alueella, tai toimivat yksittäisinä puistomuuntamoina. Jakelumuuntamoissa jännite muunnetaan 0,4 kilovoltin pienjännitteeksi ja sähkö jaetaan siitä pienjänniteverkkoon. Pienjänniteverkko siirtää sähkönjakokaappien kautta sähkön pienasiakkaille. Yhdestä kaapista jaetaan sähköä 1–5 kiinteistöön [4 s. 10]. Tietyt suurimmat asiakkaat ovat suoraan 110 kilovoltin suurjänniteasiakkaita tai keskijänniteasiakkaita. Kuvassa 2 on hahmoteltu selkeästi sähkönsiirron vaiheet ja muuntopisteet.



Kuva 2. Sähkövoimajärjestelmän rakenne ja sähköaseman sijainti järjestelmässä [5].

2.4 Sähköasemat

Sähköasema on sähköenergian siirto- ja jakeluverkon kohta, jossa voidaan muuntaa jännitettä, suorittaa kytkentöjä tai keskittää ja jakaa sähköenergian siirtoa eri johdoille. Sähköasemat voidaan luokitella kytkinlaitoksiin, joissa yhdistetään saman jännitetason johtoja, ja muuntoasemiin, jotka yhdistävät kahden eri jännitetason johtoja. Tässä diplomityössä luotava malliasema on muuntoasema. Tärkeimpiä laitteita sähköasemalla ovat muuntajat, katkaisijat, erottimet ja mittamuuntajat. Suojaustarkoitukseen käytetään mittamuuntajien kautta suurjänniteverkkoon liittyviä releitä. Sähköasema-alueilla saavat liikkua vain opastetut henkilöt ja alueet ovat aidattuja tai lukittuja rakennuksia. Erilaiset asemaratkaisut ovat käyttöominaisuuksien ja hankintakustannustensa perusteella varsin erilaisia [7 s. 76, 8 s. 25, 9].

2.5 Muuntoasemat

110 kilovoltin jännite on suurissa kaupungeissa kaupungin sisäinen siirtojännite. Muuntoasemalla, joka on yleisin sähköasematyyppi, siirtojännite muunnetaan jakelukeskijännitteeksi. Muuntoasema muodostuu yksinkertaistaen 110 kilovoltin kojeistosta, tehomuuntajasta ja keskijännitekojeistosta (10 tai 20 kilovolttia). Kojeistojen laajuus ja rakenne riippuvat sähköaseman sijainnista. Paljon sähköä käyttävällä alueella tarvitaan laajoja kojeistoja ja vähemmän sähköä käyttävällä alueella pärjätään yksinkertaisemmillä ratkaisuilla. Samat tekijät vaikuttavat myös jakelukeskijännitteen kojeistojen laajuuteen ja siten sähköaseman kokoon. Sähkön jakelun jatkuminen kaikissa verkoston kytkentälanteissa varmistetaan oikein toteutetuilla rakenteilla. Sähköasemalle varattu tila vaikuttaa siihen, voidaanko kojeistot rakentaa ilmaeristeisinä vai kaasueristeisinä (GIS-laitos eli SF₆-kojeistot) [10 s. 98, s. 100, s. 117].

Esimerkkinä edellisessä kappaleessa mainitusta tilankäytöstä mainittakoon, jos tiiviisti rakennetuissa kaupungeissa tarvitaan suuria sähkötehoja, käytetään 110 kilovoltin kytkinlaitoksina sisäkytkinlaitoksia, sillä 110 kilovoltin ulkokytkinlaitos vaatii huomattavan suuren maa-alueen (kuva 3). Sisäkytkinlaitokset rakennetaan joko maanpäällisiin rakennuksiin (kuva 4) tai luolastoihin. Kojeistoina käytetään SF₆-kojeistoja, jotka mahdollistavat kohtuulliset tilakustannukset [10 s. 158].



Kuva 3. HSV:n Hertoniemen sähköasema, jossa on 110 kV:n ulkokytkinlaitos [11].

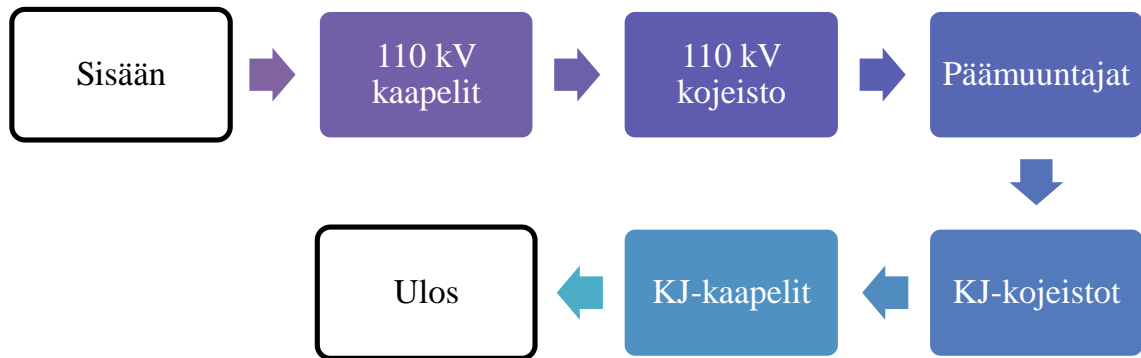


Kuva 4. HSV:n Viikinmäen 110 kV:n sähköasema, jossa on 110 kV:n sisäkytkinlaitos. Päämuuntajatilat ovat erillisessä rakennuksessa [12].

2.6 Muuntoaseman rakenne

Kuvassa 5 on esitetty muuntoaseman toimintaidea yksinkertaisuudessaan. Tilasuunnittelun yhteydessä muuntoaseman tiloista on hyvä käydä läpi sähköasemalla olevat pakolliset

sähkölaitteet ja niiden merkitys. Sähköasema koostuu pääosin tehdasvalmisteisista ja erikseen ostettavissa olevista sähkölaitteista kuten muuntajista. Asemaa voidaan tarvittaessa laajentaa hankkimalla lisää laitteita esimerkiksi uuden johdon liittämiseksi sähköasemaan. Laitteita voidaan myös siirtää sähköasemalta toiselle [8 s. 25].

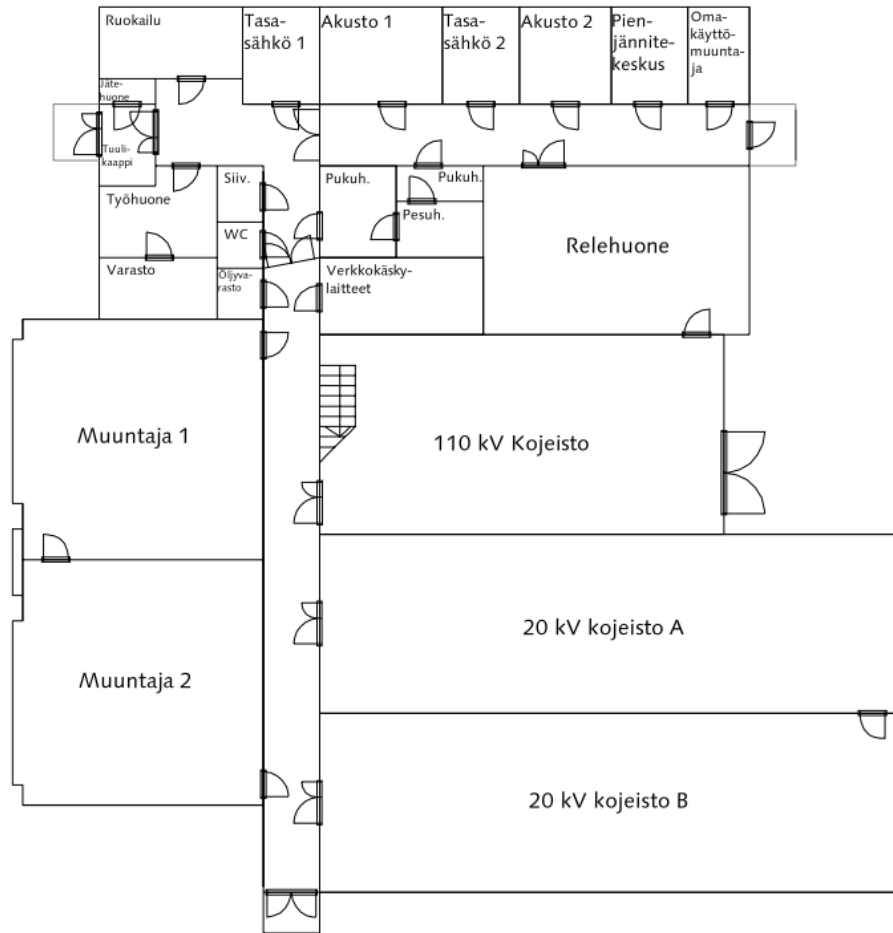


Kuva 5. Jännitteen kulku kuvattuna hyvin yksinkertaistettuna muuntoasemalla sisään ja ulos.

Muuntoasemalla on siis yksi tai useampi tehomuuntaja. Asemalla on myös jännite- ja virtamuuntajia, joiden avulla sähköasemalla esiintyviä jännitteitä ja virtoja voidaan mitata. Jännite- ja virtamuuntajia kutsutaan yleisesti mittamuuntajiksi. Mittamuuntajien jännite- ja virtatiedot viedään elektronisille suojaus- ja valvontalaitteille [8 s. 25].

Suojauslaitteiden eli suojarleiden tarkoitus on erottaa verkon viallinen osa muusta verkosta selektiivisesti, luotettavasti ja nopeasti. Kun suojarleet toimivat oikein, yksittäinen vika ei leviä muuhun verkkoon. Tietty sähköaseman laitteet tarvitsevat toimiakseen pienjännitteistä 230 voltin sähköä. Muuntoasemalla 110/20 kilovoltin tehomuuntajan alajännitepuolelle on kytketty 20/0,4 kilovoltin niin sanottu omakäyttömuuntaja. Asemalla on myös akustoja aseman oman sähkönsaannin varmistamiseksi kaikissa tilanteissa [8 s. 25].

Sähköaseman kiinteitä rakenteita ovat muun muassa koko asema-alueen kattava maahan upotettu maadoitusruudukko, laitteiden tarvitsemat perustukset ja terästelineet, kaapelikanavat, muuntajien betonibunkkerit ja suoja-altaat, asemaa ympäröivät aidat sekä itse asemarakennus. Asemarakennuksessa on huoneita suojaus-, kaukokäyttö-, apusähkö- ja viestilaitteita varten. Myös taloteknisiä järjestelmiä varten voidaan tarvita oma LVI-konehuone. Asemalta löytyy usein myös WC sekä joissakin tapauksissa myös pieni varastohuone ja korjaamo (kuva 6) [8 s. 25].



Kuva 6. Esimerkki muuntoaseman tilarakenteesta sisältäen myös ylimääräisiä huoneita kuten varaston.

2.7 Sähköasemiin vaikuttavat muutokset tulevaisuudessa

Vuonna 2007 Euroopan unionin (EU) vahvistamalla energiapolitiikalla aiotaan turvata kestävä, toimitusvarma ja kilpailukykyinen energianhankinta. Puhutaan 20/20/20-tavoitteista. Tällöin 20 % Euroopan energian kulutuksesta vuonna 2020 on katettava uusiutuvilla energianlähteillä ja kasvihuonekaasujen tuotannossa on saavutettava samaan aikaan mennessä 20 %:n vähennys sekä energiatehokkuuden on parannuttava 20 %. Tämä asettaa suuret muutostarpeet Euroopassa käytössä oleville energiansiirtoverkoille, myös sähköverkoille. [7 s. 508] Kyseiset määräykset kiristyvät tulevaisuudessa, sillä EU julkaisi vuonna 2014 uudet 2030-tavoitteet. Tavoitteet käsittävät muun muassa EU:n laajuisen sitovan tavoitteen uusiutuvan energian saamisesta vähintään 27 %:iin, kunnianhimoisemmat tavoitteet energiatehokkuudelle ja kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisen 40 %:lla vuoden 1990 tasosta [13].

Tulevaisuudessa keskeisessä asemassa on lyhyellä aikavälillä nykyisten sähköasemien kustannustehokas eliniän pidentäminen tinkimättä liikaa luotettavuudesta ja käytettävyydestä. Myös sähköasemien on sovelluttava pidemmällä aikavälillä laajojen merituulipuistojen ja muiden uusiutuvia energialähteitä käyttävien tuotantoyksiköiden liittämiseen muuhun sähkövoimajärjestelmään. [7 s. 514]

Kaupunkien asukasmäärät lisääntyvät muuttoliikkeen vuoksi. Suurentuneen teho- ja energiatarpeen kattamiseksi kaupunkien keskustoihin joudutaan rakentamaan lisää suurjännitteisiä siirtoyhteyksiä ja sähköasemia. Tilantarvetta joudutaan minimoimaan entistä tehokkaammin, sillä muuntoasemat joudutaan rakentamaan olemassa olevan infrastruktuurin alle tai keskelle. Myös liikuteltavat sähköasemat saattavat tulla välttämättömiksi ainakin tilapäisratkaisuin. Ylipäätään pyritään alhaisiin elinkaarikustannuksiin, mikä tarkoittaa laitteiden ja laitteistojen alhaisia käyttökuluja, vähäistä huoltotarvetta ja pitkää käyttöikää [7 s. 515]. Tämän vuoksi on järkevää pohtia tehokasta tilankäyttöä sähköasemalla, jotta tulevaisuudessa kiristyviin vaatimuksiin pystytään vastaamaan. Käyttökustannusten puolesta on hyvä miettiä laitteidenkin suhteen energiatehokkaita ratkaisuja ja tarpeellista käyttöä.

3. SÄHKÖASEMAAN VAIKUTTAVAT LAIT JA MUUT MÄÄRÄYKSET

Tutkimuksen yksi lähtökohta oli selvittää sähköaseman suunnitteluun vaikuttavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja muita säädöksiä. Pääpaino on ollut tilasuunnitteluun, paloturvallisuuteen ja talotekniikkaan vaikuttavien määräysten selvittäminen uudella sähköasemalla. Sähköaseman sähkölaitteisiin liittyy tietysti myös paljon omia sähkötekniisiä määräyksiä ja standardeja, mutta tässä tutkimuksessa ei ole perehdytty niihin, ellei niistä ole ollut vaikutusta juuri talotekniikkaan tai tilasuunnitteluun. Tarkemmin listattuna merkittävät laitteet, määräykset ja muut löytyvät liitteestä A.

Koska kyseessä on teollisuusrakennus, on määräyksiä luettaessa oltava tarkkana, millaiseen kohteeseen lakia sovelletaan ja missä tilanteessa kyseinen määräys toteutuu. Tutkimuksessa on paljon aikaa vienyt juuri määräysten tulkitseminen. Sähköasema on miehitämätön, joten esimerkiksi työturvallisuuslaissa on huomioitava määräyksiä tarkasteltaessa, onko jotakin tiettyä määräystä noudatettava vain pysyvään työpaikkaan. Miehitämätön sähköasema ei ole kuitenkaan määräyksistä ja säännöistä vapaa. Asemaan vaikuttavat määräykset koskevat pääsääntöisesti turvallisuutta ja prosessin laitteiden toimivuuden varmistamista.

3.1 SFS 6001 suurjännitesähköasennukset

Sähköasemien suunnittelussa lähdetään ennen kaikkea SFS standardista 6001 + A1 + A2:2009 Suurjännitesähköasennukset, joka antaa vaatimukset nimellisjännitteeltään yli 1 kV:n vaihtojännitteisten sähköasennusten suunnittelua ja rakentamista varten. Standardi koskee uusien asennusten lisäksi käytössä olevien suurjänniteasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustöitä. Vaatimusten avulla huolehditaan, että sähköverkkojen rakenne ja toiminta ovat asianmukaisia ja niiden käyttö voi tapahtua turvallisesti. Sähköasemat ja niiden erilaiset laitteet, johdot ja johtojärjestelmät, laitteiden ja asennusten käytön edellyttämät ohjauslaitteet, maadoitusjärjestelmät sekä sähkötilan ympäristöstä erottavat rakennukset ja aidat luetaan kuuluvaksi sähköasennuksiin [7 s. 76–77]. Standardi SFS 6001 on uusittavana. Se tuo muutoksia määräyksiin kuten paloturvallisuuteen.

Standardissa SFS 6001 määritetään muun muassa jännitteisten osien vähimmäisetäisyydet, erilaiset turvatoimenpiteet, kuten suojaus suoralta ja epäsuoralta kosketukselta, suojaus valokaaren aiheuttamilta vaaroilta ja suojaus tulipalolta [7 s. 77]. Standardissa on määritelty myös sisäilmasto-olosuhteet ja suositukset ilmanvaihdolle esimerkiksi SF₆-kaasun suhteen. Standardissa SFS 6001 viitataan muihin määräyksiin ja standardeihin liittyen rakennussuunnitteluun ja sisäilmasto-olosuhteisiin.

3.2 Rakennuksen suunnitteluun vaikuttavat lait

Rakennuksen suunnitteluun vaikuttavat eniten maankäyttö- ja rakennuslaki, asemakaavoitus sekä Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMk). Rakentamismääräyskokoelma koskee sähköasemien suunnittelua monin paikoin, mutta osassa määräyksissä voi olla sovellettavuudessa ehtoja määräyksistä vapautumiselle. Esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osa D3 rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012, vapauttaa tuotantorakennukset määräyksistään, mikäli tuotantoprosessi luovuttaa niin suuren määrän lämpöenergiaa, että halutun huonelämpötilan aikaansaamiseen ei tarvita olenkaan tai tarvitaan vähäisissä määrin muuta lämmitysenergiaa. Myös tuotantotila, jossa lämmityskauden ulkopuolella runsas lämmöneristys nostaisi haitallisesti huonelämpötilaa tai lisäisi oleellisesti jäähdytysenergiankulutusta on vapautettu määräyksistä [14 s. 3].

3.3 Työturvallisuusmääräykset

Myös työturvallisuuslait vaikuttavat sähköasemalla. Merkittävin määräys on työturvallisuuslaki (738/2002) sekä valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista (577/2003). Niiden avulla turvataan työntekijöiden turvallisuus ja vaadittavat työskentelyolot. Niissä annetaan muun muassa määräyksiä ilmanvaihtoon ja sosiaaliloihin sekä turvallisiin kemikaalipitoisuuksiin. Työntekijöille tunnetut haitalliset pitoisuudet on listattu sosiaali- ja terveysministeriön ohjeistuksessa HTP-arvot 2014. Sähköasemilla on SF₆-kaasua, joten kyseisen ohjeistuksen mukaan voidaan varmistaa, ettei vaarallinen pitoisuus ylitä. Myös työsuojeluhallinnon internetsivuilla on kattavaa tietoa edellisiin määräyksiin perustuen ja muita ohjeita turvallisesta työympäristöstä.

3.4 Taloteknisiin järjestelmiin vaikuttavat lait

LVI-järjestelmille löytyy määräyksiä myös rakentamismääräyskokoelmasta, joista merkittävimmät ovat osa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012 sekä osa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet 2007. Myös RakMk D3, joka liittyy rakennusten energiatehokkuuteen antaa määräyksiä ja ehtoja taloteknisten laitteiden toiminnalle, esimerkiksi ilmanvaihdon LTO:n (lämmöntalteenoton) suhteen. Myös esimerkiksi työturvallisuuslaissa, SFS 6001:ssa, akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimuksia koskevassa standardissa SFS-EN 50272-2 sekä maankäyttö- ja rakennuslaissa on määräyksiä taloteknisten järjestelmien suhteen. Määräyksiä on käsitelty tarkemmin kyseisten järjestelmien oman tarkastelun kohdalla.

Paloturvallisuusjärjestelmiin liittyviä määräyksiä löytyy suurimmaksi osaksi niin RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräyksistä ja ohjeista 2011 ja RakMk E2 tuotanto- ja varistorakennusten paloturvallisuus, ohjeista 2005 kuin pelastuslaista, laista pelastustoimen laitteille sekä sisäministeriön tai valtioneuvoston laitekohtaisista asetuksista.

3.5 Muut ohjeet ja kortistot

Hyviä rakennusohjeita ja ohjeita talotekniikkaan sekä tilasuunnitteluun löytyy myös Sähkötiedon ST-korteista sekä Rakennustiedon RT- ja LVI-kortistoista. Kyseiset ohjeet ovat ohjeita eikä niiden käyttö ole velvoitettua. Ne tosin pohjautuvat yleensä määräyksiin, joten niistä saa kattavaa ja hyvää tietoa, mitä järjestelmien suunnittelussa on kannattavaa huomioida sekä miten ne on hyvä rakentaa. Niistä saatavaa tietoa on sen vuoksi käytetty hyväksi tässä tutkimuksessa.

4. SÄHKÖASEMAN SUUNNITTELU

Sähköaseman rakenteeseen vaikuttaa olennaisesti sen tehtävä eli, onko sen tehtävä siirtää tai jakaa sähköä, liittyykö asemaan voimalaitos vai toimiiko se vain verkoston kytkentä- tai muuntoasemana. Rakenteeseen vaikuttaa myös, kuinka tärkeässä solmukohdassa laitos sijaitsee. Sähköaseman suunnittelu on monimutkainen prosessi ja esimerkiksi seuraavia tärkeitä asioita on ratkaistava ja otettava huomioon [7 s. 96–97]:

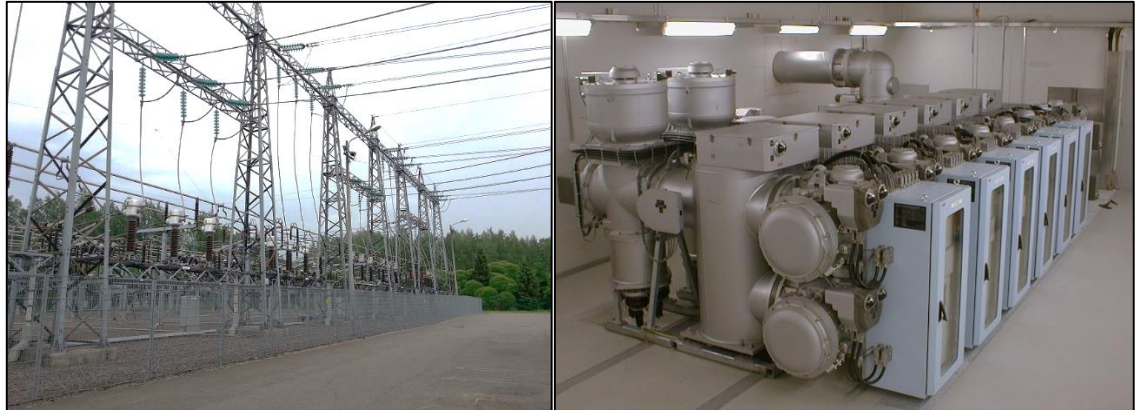
- sähköaseman välittämä teho ja sen kasvuennuste
- sijaintipaikka
- ympäristöolot
- maisemakysymykset
- rakennusajankohta
- taloudellisuus
- muuntajien lukumäärä ja tehoreservi
- muuntajan kuljetusmahdollisuus
- maapohjan kantavuus
- johtojärjestelyt aseman ulkopuolella
- laitososien keskinäinen sijainti
- ajo- ja huoltotiet
- laajennettavuus
- kiskojärjestelmät ja kojeistorakenteet
- yksittäisten kojeiden ja laitteiden mitoitus
- käyttö-, suojaus-, ohjaus- ja asennonosoitusjärjestelmät
- teleyhteydet
- sähköaseman ja sen omien laitteiden sähköntarve
- ja paloturvallisuus.

Muuntoasemat kannattaa yleensä sijoittaa sinne, missä on kulutuksen painopiste. Laitoksen yksinkertaisuus ja aseman sijoittaminen verkkoon riippuvat suuresti laitoksen läpi siirrettävästä tehosta ja siitä millaiseen verkkoon ja moneenko johtoon asema liittyy [7 s. 97]. Laajenevat kaupungit ja alati kasvava energiankulutus sekä tehontarve pakottavat etsimään siirrossa ja jakelussa ratkaisuja, joissa samaa tilavuutta tai maa-alaa käyttämällä saadaan syötettyä entistä suurempi teho. Tämän ovat jo mahdollistaneet kaasueristetyt kytkinlaitokset [7 s. 111].

4.1 Sähköaseman rakentaminen sisätiloihin

Suurjännitekojeistot voidaan jakaa ulko- ja sisäkojeistoihin. Kojeisto voi olla myös avorakenteinen tai koteloitu. Kojeisto tarkoittaa rakennekokonaisuutta, joka sisältää tarvittavat kytkentä-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet. Kojeistorakenteet voidaan jakaa suur-, keski- ja pienjännitekojeistoihin. Avorakenteinen ulkokojeisto tarkoittaa kojeistojärjes-

telmää, joka rakennetaan ulos ilman toimiessa suurjännitteisten kokoomakiskojen sähköisenä eristeenä. Sähköasemia joudutaan rakentamaan sisätiloihin tilanpuutteen vuoksi. Erityisesti kaupungeissa ja teollisuuskeskuksissa joudutaan yhä useammin harkitsemaan sisäkytkinlaitoksen rakentamista (kuva 7). Syynä tähän on vaikeus löytää sellaista vapaata aluetta, joka kohtuuhintaisena sopisi ulkokytkinlaitoksen rakentamiselle. Sisäratkaisulla saavutetaan etuja, muun muassa kytkinlaitos voidaan sovittaa paremmin ympäristöön, käyttötoimenpiteistä aiheutuvat äänet eivät häiritse lähellä asuvia ja rakennus suojaa kojeistoa sateelta, lumelta sekä ympäristön liialta [7 s. 117, s. 119].



Kuva 7. Vertailukuva ilmaeristeen ulkokojeiston ja kaasueristeen sisäkojeiston tilantarpeesta [11].

Suurin saavutettava hyöty kaasueristetyillä kytkinlaitoksilla, verrattuna ilmaeristisiin kytkinlaitoksiin, on siten suuri tilansäästö. Hintaa nostaa Suomessa kaasueristetyillä kytkinlaitoksilla se, että niiden ympärille joudutaan rakentamaan lämmitetty rakennus. Suomen oloissa GIS-laitos on rakennettava lämmitettyyn tilaan, sillä muuten jouduttaisiin muun muassa huolto-, jännitelujuus- ja korjauskysymysten kanssa ylitsepääsemättömiin vaikeuksiin. Henkilöturvallisuus-, käyttövarmuus- ja käytettävyyksivaatimukset sekä tilan minimointitarve ovat johtaneet siihen, että koteloidut kojeistot ovat vallanneet täysin keskijännitealueen markkinat [7 s. 120, s. 124, s. 136].

4.2 Sähköaseman sijoittaminen tontilla

Tuulisuuden ja auringonsäteilyn merkitystä ulkovaipan lämpöhäviöille pidetään verrattain vähäisenä. Toisaalta esimerkiksi kasvillisuudella voidaan vaikuttaa tuuliolosuhteisiin. Pienilmasto-olosuhteet rakennuksen lähiympäristössä muodostuvat ensisijaisesti tuulisuuden ja auringonsäteilyn määrän summavaikutuksena. Suuren sisäisen lämpökuorman tilojen sijoittaminen pohjoissivulle vähentää tilojen jäähdystarvetta. Sähköasemalla suurimman lämpökuorman muodostavat muuntajat, joten ne on suositeltavaa sijoittaa pohjoissivulle. Rakennusten sijoittelu tontilla ja asemakaavoitus vaikuttavat erityisesti kolmeen energiatehokkuuteen kytkeytyvään seikkaan. Ne ovat energiantuottomahdollisuus kiinteistössä, pienilmasto-olosuhteet ja auringonsäteilyn lämpökuorma sisätiloissa.

Kiinteistökohtainen energiantuottopotentiali tarkoittaa esimerkiksi kykyä hyödyntää aurinkoenergiaa [15 s. 49].

Tontin käyttöä ohjaavat kaavasuunnitelmat vaikuttavat usein merkittävästi myös siihen, miten kompakti rakennuksesta voidaan suunnittelussa tehdä. Useampikerroksinen rakentaminen mahdollistaa tiiviimmän rakennuksen kuin yksikerroksiseksi kaavoitettu rakentaminen. Sähköaseman rakentaminen siten esimerkiksi kaksikerroksiseksi voi olla kannattavaa, jos sillä saavutetaan kompakti rakennus. Asemakaavassa voi olla myös energiatehokkuuteen liittyviä alue- tai tonttikohtaisia vaatimuksia kuten velvollisuus kaukolämpöön liittymisestä. Energiatehokkuuden ja rakentamisen ohjaus mahdollistetaan asemakaavoituksella huomioiden lähtökohdat ja erityispiirteet [15 s. 50].

4.3 Sähköasemien rakentaminen Helsingissä

Pääkaupunkiolosuhteet ovat haastava toimintaympäristö, sillä siihen vaikuttavat ahdas katutila, kustannustaso ja sähkön toimitusvarmuus. Helsingin kaupunkikuvassa sähköverkko näkyy ilmajohtojen lisäksi erilaisina maanpäällisinä rakenteina, kuten sähköasemina, muuntamoina ja jakokaappeina [5, 6].

Maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 117 annetaan rakentamiseen kohdistuvia vaatimuksia. Rakennuksen tulee soveltua rakennettuun ympäristöön ja maisemaan. Sen tulisi myös täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset. Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa sekä sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut. Hyvää rakentamistapaa on noudatettava [16]. Esteettömästä rakentamisesta säädetään RakMk F1:ssä esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet 2005. Määräyksiä sovelletaan hallinto- ja palvelurakennuksiin sekä muissa rakennuksissa oleviin liike- ja palvelutiloihin. Työtiloja sisältäviä muita rakennuksia määräykset ja ohjeet koskevat työn luonne huomioon ottaen [17 s. 3]. Sähköasemalla työt ovat suurimmaksi osaksi huoltopainotteisia, joten työn luonnetta ajatellen esteettömän rakennuksen määräykset ja ohjeet eivät sovellu sähköasemalle eikä siellä ole suoranaisia työtiloja kuten korjaamoja, valvomoa tai muita vastaavia tiloja varsinaisesti työntekijöille. Esteettömyyttä ei siten tarvitse ottaa huomioon sähköasemalla.

4.3.1 Rakennusvalvonta

Helsingin rakennusvalvonta varmistaa, että Helsingissä noudatetaan hyvää rakennustapaa sekä että rakennettu ympäristö on terveellinen, turvallinen ja kestävä. Rakennusvalvonnan palveluihin kuuluvat esimerkiksi rakennuslupapäätökset ja niitä edeltävät suunnitteluvaiheen neuvottelut, rakennustyömaiden katselmukset sekä tonttien ja rakennusten kunnon yleinen valvonta. Rakennusvalvonnassa toimii virastopäällikön alaisuudessa yleinen, kaupunkikuva- ja rakennustekninen osasto. Kaupunkikuvaneuvottelukunta seuraa kaupunkikuvan kehitystä ja erityisesti rakentamisen vaikutusta siihen. Tehtävänä on edistää

hyvän kaupunkikuvan ja julkisen ulkotilan muodostumista antamalla lausuntoja ja tekemällä aloitteita päätöksenteon ja suunnittelutyön tueksi. Kaupunki asettaa siten omat vaatimukset sähköaseman suunnitteluun ja kaupunkikuvalliset kysymykset vaikuttavat aseman ulkonäköön. Teknillinen neuvottelukunta seuraa erityisesti turvallisuuteen ja terveellisyyteen vaikuttavaa rakentamisen teknistä kehitystä, edesauttaa hyvän rakennustavan noudattamista sekä antaa lausuntoja yksittäisistä rakentamistoimenpiteistä rakennuslautakunnan antamien ohjeiden mukaisesti [18–20].

4.3.2 Asemakaava

Tulevan alueen käyttö määritellään asemakaavassa ja sen laatii kunta. Määriteltäviä asioita ovat: mitä säilytetään, mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Esimerkiksi rakennusten sijainti, koko ja käyttötarkoitus osoitetaan kaavassa. Tiettyä rakennuspaikkaa varten on laadittava aina rakennussuunnitelma. Hyvän suunnitelman laatiminen edellyttää aina huolellista perehtymistä rakennuspaikkaan ja sen ympäristöön [21, 22].

Täten esimerkiksi HSV:n Lauttasaassa sijaitsevalla sähköasemalla noudatettiin tontilla voimassa olevaa vuoden 1988 mukaista asemakaavaa. Asemakaavassa määrättiin rakennusten korkeus ja sijainti, mutta erityisiä laatumääräyksiä ei annettu. Hanke kävi kuitenkin kaupunkikuvaneuvottelukunnassa lausunnolla, jossa sitä ohjattiin [23]. HSV aikoo rakentaa uuden sähköaseman Kalasatamaan, johon rakennetaan parhaillaan uusia asuntoja ja työpaikkoja. Koska tuleva asema sijaitsee keskeisellä paikalla Helsinkiä, asetettiin sille rakennusluvan saamiseksi kaupunkikuvallisesti korkeatasoisia vaatimuksia. Vaatimukset huomioitiin arkkitehtisuunnittelussa. Esimerkiksi rakennusta ympyröi graffitaita, joka tarjoaa hyvän ja näkyvän tilan luovalle kaupunkitaiteelle (kuva 8) [24]. Mitä keskeisemmällä paikalla asema on kaupunkia tai asutusta, sitä tiukemmat kaupunkikuvalliset vaatimukset ovat. Asemakaavaa on noudatettava ja ymmärrettävä sähköaseman rakennuksen ulkonäön merkitys myös kaupunkilaisille. Varsinkin, jos asema rakennetaan asutuksen lähetyville.

Sähköaseman ulkonäkö vaikuttaa myös yrityskuvaan ja asiakkaiden mielikuviin. Kovin moni kuntalainen tosin ei välttämättä tiedä, mikä sähköasema on tai osaa yhdistää kyseistä rakennusta sähköasemaksi. HSV saa palautetta asiakkailta koskien esimerkiksi sähkönsäilytyskaappeja ja niiden ulkonäköä. Sähköasemista ei ole annettu vastaavaa palautetta, mutta Lauttasaaren sähköasemaa on keuhuttu muutamassa palautteessa hienoksi. Arkkitehtuurilla voi siten olla merkitystä myös asiakkaiden positiivisiin mielikuviin [25].



Kuva 8. HSV:n tulevan Kalasataman sähköaseman havainnekuva [26].

Tulevaisuuden sähköasemia voivat koskea kaupungin vaatimukset osallistumisesta energiatalouteen, sillä strategiaohjelmassa 2013–2016 Helsingin kaupunki on kirjannut tavoitteita energiatehokkuuden suhteen. Koko Helsingin hiilidioksidipäästöjä vähennetään 30 % vuoteen 2020 mennessä vuoden 1990 tasosta. Toimenpiteitä ympäristökriteerien käytön lisäämiseksi ja resurssitehokkuuden parantamiseksi ovat muun muassa uuden yleiskaavan tavoitteeksi asetettava energiatehokas kaupunkirakenne. Asemakaavalla turvataan taas energiatehokkaan rakentamisen toteuttamisedellytykset ja elinkeinoelämän sekä kaupungin kumppanuuksia edistetään siten, että ympäristövastuullisuus vahvistuu ja syntyy innovatiivista sekä uutta liiketoimintaa älykkäiden teknologioiden, resurssitehokkaiden palveluiden ja hiilineutraalien tuotteiden ympärille [27].

4.4 Sähköaseman tilasuunnittelu

Suunnittelun lähtökohtana käytettiin HSV:llä olevaa omaa suunnitteluohjeistusta, jossa on listattu muuntoasemalla tarvittavat pakolliset tilat. Kaikki toiminnot ovat alkuperäisessä ohjeistuksessa suunniteltu omiin huoneisiinsa. Huoneita on yhteensä 28 kappaletta mukaan lukien käytävät. Mallihahmotelma alkuperäisessä suunnitteluohjeessa on yksikerroksinen, jossa kaapelitilat ovat kellarissa ja päämuuntajatilat ovat samalla tontilla erillisessä rakennuksessa. Rakennuksen kerrosluvun tarkasteluun lasketaan mukaan vain pääasiallisesti maanpinnan yläpuolella olevat kerrokset, joissa on asuin- tai työhuoneita tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja, joten siksi esimerkiksi kellaritiloja ei lasketa kerroslukuun [28]. Sähköasemalla on myös alkuperäisen suunnitteluohjeen mukaan ullakko. Tässä tutkimuksessa tehdyissä uusissa tilasuunnitelmaversioissa ullakko on jätetty kokonaan pois. Vallitsevan suunnitteluohjeistuksen mukaiset huonetilat kirjattiin

ylös, minkä jälkeen pohdittiin mahdollisuuksia yhdistää tiloja prosessien ja laitteiden vaatimusten sekä muiden turvallisuuskäyttökohtien mukaan. Tavoitteena oli saada säästöjä rakennusalueella sekä yksinkertaistaa sähköaseman rakennetta. Yhdistelyversioita syntyi kaksi kappaletta, jotka on esitetty liitteessä B.

Ensimmäisessä versiossa saatiin huoneiden määrä vähenemään 18:aan. Kuitenkin tilanteen mukaan huoneita saattaa olla viisi kappaletta lisää, koska esimerkiksi päämuuntajan tyyppi määrittää, tarvitseeko jäähdytystä olla erikseen erillisessä huoneessa. Mukaan ei kuitenkaan laskettu käytäviä toisin kuin alkuperäisessä ohjeistuksessa. Toisessa versiossa huoneita yhdistettiin vielä lisää, jolloin saatiin huoneiden määrä vähenemään yhteensä 13:een sisältäen mahdolliset erikseen määritettävät kuusi huonetta. WC- ja siivoustila siirrettiin tässä versiossa ei-pakollisiin tiloihin, koska sähköasema on miehittämätön. Tässäkin tapauksessa mukaan ei laskettu mahdollisia käytäviä. Toisessa versiossa todettiin, että huoneita ei voida yhdistää enempää. Huoneiden määrä saatiin siten vähenemään noin puoleen alkuperäisestä. Tilasuunnittelua ei tässä työssä tehty sen tarkemmin.

Kun pakolliset tilat oli määritetty, tehtiin vertailulaskelmat vaadittavista pinta-aloista katsomalla tilojen pinta-alamittoja alkuperäisestä suunnitteluohjeesta sekä tekemällä keskiarvolaskelmia jo olemassa olevista asemien tiloista (taulukko 1). Täten saatiin selville tilasuunnittelun vaikutus pinta-alaan ja myös tilavuuteen. Yllättäen versio 1:n pinta-ala oli kaikissa eri tapauksissa pienin. Tilojen yhdisteleminen ja siinä huomioon otettavat määräykset esimerkiksi käytävien leveydestä ja turvallisista etäisyyksistä sähkölaitteisiin, tekevät yhdistetystä tilasta suuren. Kaikki lasketut alat ovat minimivaatimuksia, joita voidaan laajentaa prosessin ja laitteiden tarpeen mukaan.

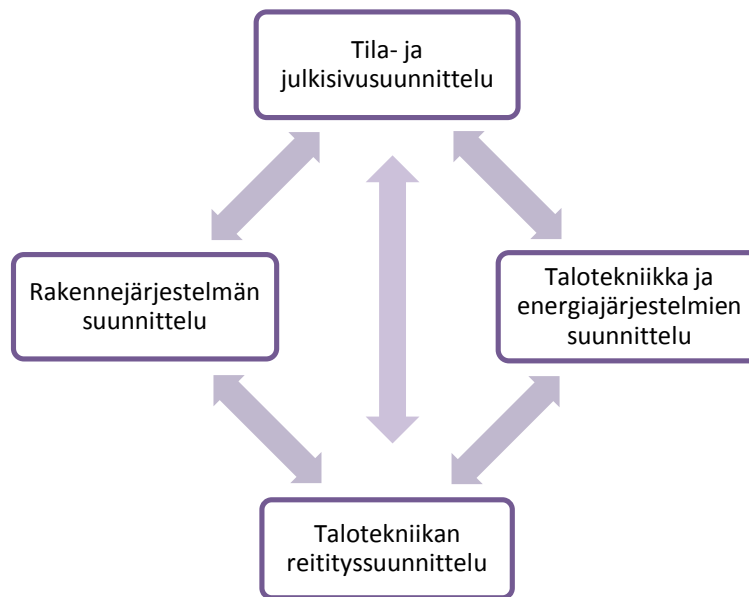
Taulukko 1. Pinta-alavertailu eri tilasuunnitelmissa.

Päämuuntajatilán koko ja mahdolliset mukaan lasketut lisähuoneet	Alkuperäinen (m²)	Versio 1 (m²)	Versio 2 (m²)
Päämuuntajatila 80 m ² , ei erillistä jäähdytystä (ONAN/ONAF-muuntajat)	1055	1003	1026
Päämuuntajatila 100 m ² , ei erillistä jäähdytystä (ONAN/ONAF-muuntajat), varaus lämmönsiirtimelle	1095	1043	1066
Päämuuntajatila 80 m ² , erilliset jäähdytyshuoneet	1115	1063	1086

Taulukko 1 tuo esiin, että saatavat säästöt pinta-aloissa ovat pienet ja enimmillään 52 m². Vaikka pinta-aloissa ei saavuteta huoneita yhdistelemällä suuria säästöjä, voidaan tilojen yksinkertaistamisella saada säästöjä muualla, esimerkiksi rakennuskustannuksissa. Rakennuskustannussäästöt syntyvät siitä, että seiniä ja ovia tulee vähemmän ja muun muassa ilmanvaihdon kanavavedot yksinkertaistuvat.

4.5 Tilasuunnittelun merkitys sähköasemalla

Energiatehokkuuden suhteen tilasuunnittelulla on myös merkitystä, koska energiatehokkuutta arvioidaan ajan ja lattianeliömetrien funktiona [15 s. 50]. Tilasuunnittelu on myös kestävä ja energiatehokkaan rakentamisen eräs edellytys ja eri suunnittelijoiden yhteistoiminnan tulos (kuva 9). Tilojen suhteen tarkastellaan tällöin esimerkiksi sähköasemalla tilatehokkuuden ja tilojen sijainnin optimointia [15 s. 44–45].



Kuva 9. Tila- ja julkisivusuunnittelun, rakennejärjestelmäsuunnittelun, talotekniikka- ja energiajärjestelmien suunnittelun vuorovaikutuskaavio [perustuu lähteeseen 15 s. 55].

Arkkitehtisuunnittelun keinoin voidaan vähentää myös tilojen lämmitystarvetta merkittävästi. Lämmitettävän ulkovaipan sisälle määritellään suunnittelussa ainoastaan ne tilat ja toiminnot, jotka edellyttävät tavanomaista sisälämpötilaa. Lämmitettävän ulkovaipan muodon yksinkertaistaminen pohja- ja leikkauspiirustuksessa pienentää lämmitystarvetta ja sillä on usein suotuisa vaikutus rakennuskustannuksiin. Toiminnallisen suunnittelun keinoin pyritään lämmitystarpeen pienentämiseen ja mahdollisen viilennystarpeen minimoimiseen. Perusratkaisuna on aseman pohjoissuuntaus niiltä sivuilta, joissa tilat lämpenevät eniten kuten päämuuntajat [15 s. 55]. Sähköasemat ovat ikkunattomia rakennuksia suurimmaksi osaksi HSV:llä ja myöskään tässä työssä käsiteltävässä kuvitteellisessa sähköasemassa ei ole ikkunoita. Täten ikkunoiden sijoituksella ei ole merkitystä.

Energiankulutukseen vaikuttaa eri toiminnoille mitoitettava pinta-ala. Lämmitys- ja viilennystarpeeseen sekä valaistustarpeeseen vaikuttavat merkittävästi rakennuksen ulkovaipan muoto. Erityisesti lämmitysenergiatarpeeseen vaikuttaa, miten paljon lämpöhäviöitä aiheuttavaa pinta-alaa suunnitteluratkaisussa muodostetaan. Rakennuksen ulkovaipan muodon tehokkuutta kuvataan usein muotokertoimella. Muotokertoimelle käytetään pohjoismaissa laskentatapaa A_v/A_l eli ulkovaipan pinta-alan suhde lattian pinta-alaan.

Kerroin huomioi myös huonekorkeuden vaikutuksen ja korreloi siinä suhteessa paremmin tilojen lämmitystarpeen kanssa. Muotokerroin kuvastaa tunnuslukuna kuitenkin vain yhtä lämmitys- ja viilennystarpeeseen vaikuttavaa osatekijää arkkitehtisuunnittelun ratkaisujen joukossa. Tiiviin muodon tavoittelulla on merkitystä erityisesti silloin, kun lämmitysenergiantarve muodostaa suurimman osan rakennuksen energiankäytöstä [15 s. 56]. Jos sähköasemilla pyritään yli +20 asteen sisälämpötilaan, on järkevää panostaa tiiviiseen muotoon.

Rakennusten lämmitystarpeen muodostuessa yhä pienemmäksi on tilojen viilennystarve kasvanut. Vaarana on, että lämmitysenergiassa saavutettu säästö menetetään rakennuksen viilennykseen. Sähköasemat pyritään suunnittelemaan niin, ettei koneellista jäähdytystä tarvita. Arkkitehtisuunnittelun keinoin koneellisen viilennyksen tarve voidaan minimoida ja useissa tapauksissa välttää kokonaan [15 s. 57].

Muuntojousto on myös hyvä ottaa huomioon rakennuksen suunnittelussa. Muuntojoustolla tarkoitetaan tilojen kykyä vastata muuttuvan käytön asettamiin haasteisiin. Rakennuksen käytön ja tilantarpeiden muutoksia voidaan ennakoida suunnitteluratkaisuilla. Tämä tarkoittaa esimerkiksi kantavien rakenteiden ja talotekniikan mitoitus- ja sijoittelua siten, että tilojen toiminnallinen muuntelu on myöhemmin mahdollista. Muuntojoustolla myös mahdollisesti tulevaisuudessa kiristyvät energiatehokkuus- ja päästövaatimusten mukaiset vaatimukset saadaan päivitettyä rakennuksen talotekniikkajärjestelmissä ja energiatehokkuudessa [15 s. 58].

5. PALOTURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määrätään pykälässä 117b, että rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennuksen suunnittelusta ja rakentamisesta sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi. Palon syttymisen vaaraa on myös rajoitettava. Kantavien rakenteiden tulisi olla sellaiset, että ne kestävät vähimmäisajan ottaen huomioon rakennuksen sortumisen, poistumisen turvaamisen, pelastustoiminnan ja palon hallintaan saamisen. Paloturvallisuuden kannalta soveltuvia rakennustuotteita ja teknisiä laitteistoja on käytettävä rakentamisessa. Rakennuksen on oltava myös sellainen, että siinä olevat voivat palon sattuessa pelastautua tai heidät voidaan pelastaa. Myös pelastushenkilöstön turvallisuus on huomioitava. Poistumisturvallisuuden suhteen voi lupaviranomainen edellyttää turvallisuusselvityksen tekemistä erittäin vaativasta kohteesta [16].

Tarkemmat paloturvallisuusmääräykset sähköasemalle tulevat standardista SFS 6001 suurjänniteasennukset ja RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus [29, 30]. Myös RakMk E2 tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus sekä RakMk E7 ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus antaa ohjeita paloturvallisuuteen [31, 32]. Molempiin ohjeisiin viitataan RakMk E1:ssä, joten niitä käytetään paloturvallisuusvaatimusten täyttämiseksi, vaikka ohjeet eivät ole velvoittavia. Ohjeissa ilmoitettu soveltamisala on kuitenkin huomioitava. SFS 6001 keskittyy paloturvallisuusohjeissa eniten päämuuntajien palosuojakseen. SFS 6001 määrittää myös suurjänniteasennusten sähkölaitteiden asennusalueita ja -paikkoja koskevat vaatimukset rakenteellisen paloturvallisuuden suhteen.

5.1 SFS 6001 paloturvallisuusmääräykset

SFS 6001 määrittää, että suurjänniteasennusten sähkölaitteiden asennusalueet ja -paikat on tehtävä RakMk E1:n mukaisesti palamattomista rakennustarvikkeista eli joko luokan A1 tai A2 mukaisista rakennustarvikkeista. Pintaverhoukset taas on tehtävä vaikeasti syttyistä ja paloa levittämättömistä tarvikkeista eli luokan B-s1, d0 tarvikkeista. Yhdistelmässä B tarkoittaa rakennustarvikkeiden paloluokkaa, s1 savuntuottoa sekä d0 palavien pisaroiden esiintymistä. Rakennuksen paloteknisesti osastoivien osien, kuten seinien, välipohjan tai yläpohjan läpi menevien kaapeleiden läpiviennit on tiivistettävä niin, ettei olennaisesti heikennetä rakenteen osastoivuutta [29 s. 44, 30 s. 5]. Ulko-ovien on oltava myös materiaaliltaan vaikeasti syttyviä ja paloa levittämättömiä, paitsi jos rakennus on ympyröity vähintään 2,0 metriä korkealla ulkopuolisella aidalla [29 s. 46].

Tiloista tulee voida poistua myös turvallisesti tulipalon sattuessa. Asennuksen koosta ja merkittävydestä riippuen on käytettävä automaattisia ylikuormituksilta sekä sisäisiltä ja ulkoisilta vioilta suojaavia laitteita. Myös laitteita, joissa voi esiintyä kipinäintiä tai korkea lämpötila, esimerkiksi sähkökoneet, muuntajat, vastukset, kytkimet ja varokkeet, ei

saa käyttää tiloissa, joissa on palovaara paitsi, jos laitteiden rakenne itsessään ehkäisee materiaalien syttymistä [29 s. 55].

Päämuuntajien paloturvallisuus määritellään SFS 6001:ssä niin, että tehomuuntajat jaotellaan ensin eristysnesteen mukaan ja sitten sen mukaan, minne muuntajat ovat sijoitettu. Kuivamuuntajat jaotellaan palokäyttötymisen perusteella. Tässä tutkimuksessa sähköasemalla oleva muuntaja on mitoitusteholtaan enintään 40 MVA ja sen eristysnesteenä on muuntajaöljy, joka luokitellaan syttymispisteen ja lämpöarvon mukaan tyyppin O1 eristysnesteksi. Esimerkiksi, jos muuntaja sijoitetaan sisälle, on noudatettava RakMk E1:n vaatimuksia tilojen suhteen. Muuntamo on siten rakennettava omaksi palo-osastokseen, ellei käytetä luokkien F1 tai F2 kuivamuuntajaa. Muuntajien öljymäärän perusteella määräytyy palonkestävyys tiiveydelle ja eristävyydelle (EI). Jos muuntajassa on luokan O1 eristysnestettä yli 200 litraa, pitää rakennusosien paloluokan olla vähintään EI120 [29 s. 56, s. 58].

Kantavien rakenteiden on myös täytettävä RakMk E1:n vaatimukset. Ovien palonkestävyyden on oltava vähintään puolet rakennuksen palonkestoajasta ja ulkotilaan aukeavissa ovissa riittää, että niiden materiaali on vaikeasti syttyvää ja paloa levittämätöntä eli luokkaa B-s1, d0. Automaattista sammutuslaitteistoa käytettäessä voidaan harkita lievennyksiä palosuojausvaatimukseen RakMk E1 mukaisesti. Muuntajia koskevia varotoimenpiteitä voi olla tarpeen noudattaa myös kaikille laitteille kuten kojeistoille, joissa on yli 100 litraa palavaa nestettä kussakin erillisessä osastossa riippuen kuitenkin asennuksen tyypistä, käytöstä ja sijainnista [29 s. 58–59].

5.2 Rakentamismääräyskokoelman paloturvallisuusmääräykset

RakMk E1:ssä esitettyjen paloturvallisuusvaatimusten katsotaan täyttyvän, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen määräysten ja ohjeiden paloluokkia ja lukuarvoja. Suunnittelun perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset on esitettävä rakennuslupamenettelyn yhteydessä [30 s. 8]. RakMk E1:n määräykset liittyvät:

- rakennuksen paloluokkaan
- palon rajoittamiseen palo-osastoon ja sen leviämisen estämiseen osastosta
- rakenteiden kantavuuden säilyttämiseen
- palon kehittymisen rajoittamiseen
- palon leviämisen estämiseen naapurirakennuksiin
- poistumiseen palon sattuessa
- ja sammutus- sekä pelastustehtävien järjestelyyn.

Rakennukset ja niiden palo-osastot ryhmitellään pääkäyttötavan perusteella. Ryhmittely perustuu käyttöaikaan ja siihen, miten hyvin käyttäjät tuntevat tilat tai miten he kykenevät

pelastautumaan itse tai toisen avustamina palotilanteessa. Sähköasemat luokitellaan ryhmään tuotanto- ja varastotilat. Tuotanto- ja varastotilat ovat tiloja, joissa on yleensä vakinaista, paikallisiin olosuhteisiin perehtynyttä henkilökuntaa. Vaikka sähköasema on miehittämätön, noudatetaan paloturvallisuusmääräyksissä myös RakMk E2:n ohjeita. Tuotanto- ja varastotilat jaetaan kahteen palovaarallisuusluokkaan: 1, vaarattomampi ja 2, vaarallisempi (kuva 10) [30 s. 7].

Palovaarallisuusluokka 1

- Toiminnat, joihin liittyy vähäinen tai kohtuullinen palovaara.

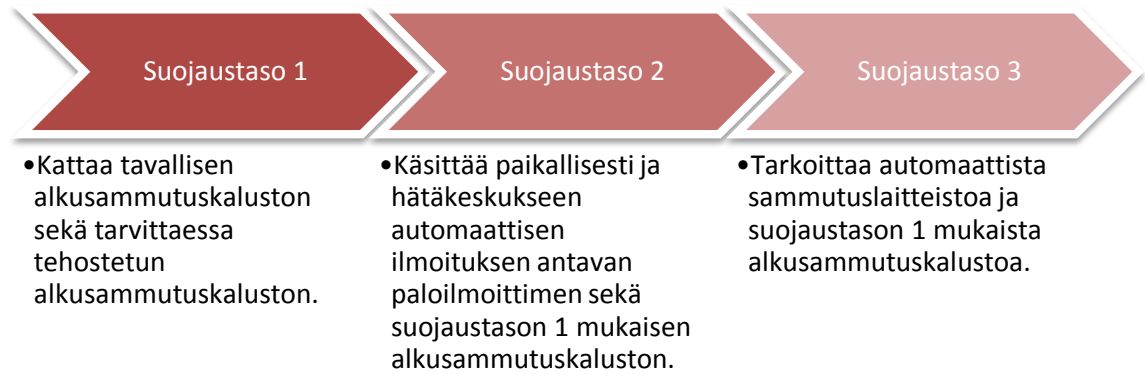
Palovaarallisuusluokka 2

- Toiminnat, joihin liittyy huomattava tai suuri palovaara taikka, joissa voi esiintyä räjähdysvaara.

Kuva 10. Palovaarallisuusluokat [perustuu lähteeseen 31 s. 3].

RakMk E2:n mukaan sähköasemat luokitellaan palovaarallisuusluokkaan 1. Päätoiminta määrittää palovaarallisuusluokan koko rakennuksessa. RakMk E2:n liitteenä olevissa opastavissa tiedoissa kerrotaan esimerkkejä ja toimintoja, joiden mukaan kohde voidaan luokitella tiettyyn palovaarallisuusluokkaan. Muuntoasemat on mainittu esimerkeissä palovaarallisuusluokan 1 kohdalla. Esimerkkinä toiminnoista on samassa luokassa mainittu, että käsiteltävien ja varastoitavien palavien nesteiden leimahduspiste on yli 55 °C. Täten sähköasemat on katsottu palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluviksi. Palovaarallisuusluokka merkitään rakennuslupapiirustuksiin [31 s. 3].

Suojaustason mukaisesti tuotanto- ja varastotilat varustetaan aina pelastus- ja sammutustyötä helpottavilla laitteilla (kuva 11). Valittu suojaustaso vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, suurimpaan sallittuun osastokokoon, savunpoistoon sekä kantavien ja osastovien rakenteiden paloluokkavaatimukseen. Suojauksen yksityiskohdista neuvotellaan paikallisen pelastusviranomaisen kanssa. Henkilöturvallisuuteen liittyvä suojaus lisääntyy suojaustason noustessa [31 s. 3].



Kuva 11. Suojaustasot ja niiden vaatimukset [perustuu lähteeseen 31 s. 3-4].

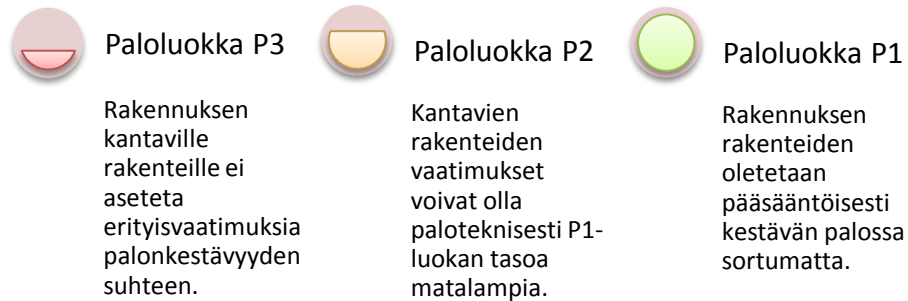
Suojaustasoihin kuuluu myös kohdesuojaus. Kohdesuojausta käytetään esimerkiksi yksittäisten palovaaraa aiheuttavien tuotantokohtien ja pienehköjen palo- tai räjähdysvaarallisten tilojen suojaamiseen. Kohdesuojaus tarkoittaa siis yksittäisen kohteen suojausta kiinteällä sammutuslaitteistolla, joka yleensä toimii automaattisesti. HSV:n sähköasemille sopii parhaiten suojaustaso 1 ja päämuuntajatilat varustetaan kohdesuojauksella. Tämä ratkaisu on optimaalinen, kun automaattisen paloilmoittimen paloilmoituksen ei haluta menevän suoraan hätäkeskukseen eikä koko sähköasemaa tarvitse suojata sammutuslaitteistolla suojaustason 3 mukaisesti. Suojaustason 2 ehtoihin kuuluu myös, että tehokas sammutustyö on aloitettava viimeistään 10 minuutin kuluttua paloilmoituksesta [31 s. 4].

RakMk E2 määrittää siis tuotanto- ja varistorakennuksille palovaarallisuusluokan ja suojaustason sekä raja-arvot myös rakennuksen paloluokalle. Ohjeistuksessa annetaan myös ohjeita kantavien rakenteiden lievennyksiin RakMk E1:n määräyksistä, tuotanto- ja varistorakennuksen osastoinnin sekä savunpoiston periaatteet ja erityiskohteiden paloturvallisuuteen liittyvät ohjeet [31]. RakMk E7:n ohjeet keskittyvät ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuuteen. Ohjeissa täydennetään RakMk E1 vaatimukset täyttäviä ratkaisuja [32 s. 4].

RakMk E7:ssa annetaan ohjeita esimerkiksi palon leviämisen estämiseksi palo-osastoissa ilmakehää pitkin, rajoituksia kanavien yhdistämisestä, ohjeita palonrajoittimen käytöstä, kanavien ja roilon palonkestävyydestä, ilmanvaihtokonehuoneiden palosuojauksesta ja savukaasujen leviämisen rajoittamisesta. RakMk E7:n ohjeet koskevat useaa palo-osastoa palvelevaa ilmavaihtolaitteistoa, eli keskusilmanvaihtolaitteistoa, ja sitä noudatetaan myös soveltuvin osin yhtä palo-osastoa palvelevaan ilmavaihtolaitteistoon. Ohjeen mukaan palo- tai räjähdysvaarallisen tilan yleisilmanvaihtoa ei yhdistetä keskusilmanvaihtolaitteistoon [32 s. 4, s. 6]. Sähköasema ei ole palo- tai räjähdysvaarallista tilaa, joten koneellisen ilmavaihdon tapauksessa, saa myös päämuuntajatilojen ilmavaihdon yhdistää muiden tilojen ilmavaihtoon.

5.2.1 Paloluokka

Rakennuksen paloluokkia on kolme: P1, P2 ja P3. Rakenteiden kantavuus palokestävyys-suhteen on sitä parempi, mitä korkeampi paloluokka on. (kuva 12)



Kuva 12. Rakennusten paloluokat ja kantavuus niissä [perustuu lähteeseen 30 s. 10].

Paloluokka P1 on siis kestävin. Paloluokassa P2 asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille saavutetaan riittävä turvallisuustaso. Paloluokassa P3 taas rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla saavutetaan riittävä turvallisuustaso. Rakennuksen eri osat saavat kuulua eri paloluokkiin mikäli palon leviäminen estetään palomuurilla. Samoin uloskäytävät rakennetaan tällaisissa tapauksissa erillisiksi niin, ettei palomuurissa olevaa ovea ole mahdollista käyttää palotilanteessa [30 s. 10–11].

Tuotanto- ja varistorakennuksilla P1-luokan kerroslukua tai korkeutta ei rajoiteta. Kyseiseen luokkaan kuuluvaan rakennukseen saa sijoittaa palovaarallisuusluokan 1 ja 2 toimintoja. Rakennus, joka on yli kaksikerroksinen, harjoitettava toiminta on palovaarallisuusluokkaa 2 tai jossa on yli 50 työntekijää, rakennetaan aina P1-luokan vaatimukset täyttäväksi. P2-luokan rakennus taas voi olla yksi- tai kaksikerroksinen. Tällöin kaksikerroksinen rakennus saa olla enintään 9 m korkea, mutta yksikerroksinen rakennus saa olla korkeampi. Yksikerroksiseen rakennukseen saa sijoittaa palovaarallisuusluokan 1 ja 2 toimintoja, mutta rakennuksen ollessa kaksikerroksinen saavat toiminnot olla vain palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvia. Työntekijöiden määrä on rajoitettu enintään 50 henkilöön [31 s. 4].

P3-luokan rakennus saa olla vain yksikerroksinen ja enintään 14 metriä korkea. Vain palovaarallisuusluokan 1 toimintoja saadaan sijoittaa rakennukseen. Mikäli palovaarallisuusluokka on 2, pitää rakennuksen suojaustason olla 3 [31 s. 4]. Paloluokan valinta on yksinkertaistettuna esitetty liitteessä C. Rakennuksen korkeus katsotaan maankäyttö- ja rakennusasetuksen pykälän 58 mukaan niin, että rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta [33]. Sähköaseman paloluokaksi sopii

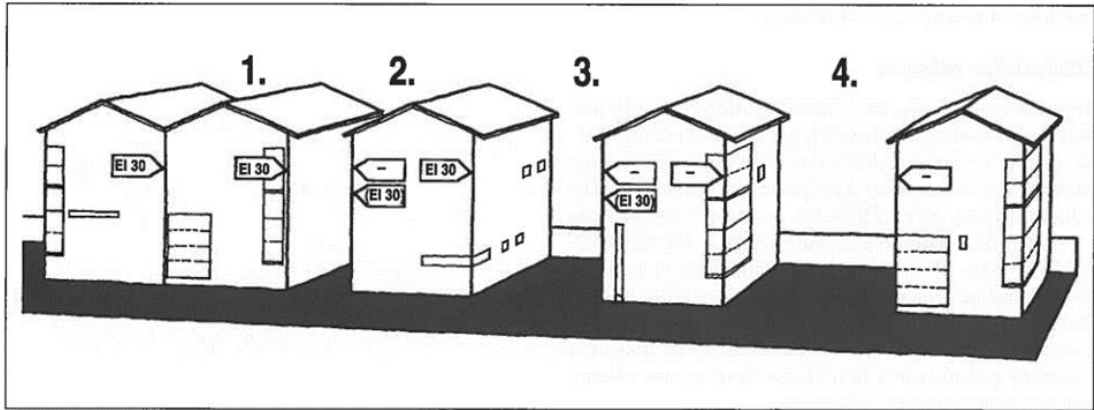
siten vähintään P2, jolle on määritetty myös vaatimuksia kantavuuden suhteen. Myös sähköaseman ollessa enintään kaksikerroksinen ja työntekijämäärältään vähäinen, ei ole tarpeen panostaa ylen määrin henkilöturvallisuuteen. Myöskin toiminnan jatkaminen on hyvä turvata rakenteellisella paloturvallisuudella.

5.2.2 Palo-osastointi

Rakennus tulee yleensä jakaa palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi sekä omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi. Osastointia tehdään kolmella eri tapaa: pinta-alaosastoinnilla, kerrososastoinnilla ja käyttötapaosastoinnilla. Yleensä rakennuksen eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko muodostetaan eri palo-osastoiksi, jolloin puhutaan kerrososastoinnista. Pinta-alaosastoinnissa taas palo-osaston kokoa tulee rajoittaa siten, että osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttoman suuria omaisuusvahinkoja. Käyttötapaosastoinnissa käyttötavaltaan tai palokuormaltaan oleellisesti toisistaan poikkeavat tilat muodostetaan eri palo-osastoiksi, jos se on tarpeellista henkilöiden tai omaisuuden suojaamiseksi. Palo-osastoa voidaan suurentaa, mikäli osasto varustetaan automaattisella paloilmoittimella, joka on liitetty hätäkeskukseen, automaattisella savunpoistolaitteistolla tai automaattisella sammutuslaitteistolla [30 s. 13–14].

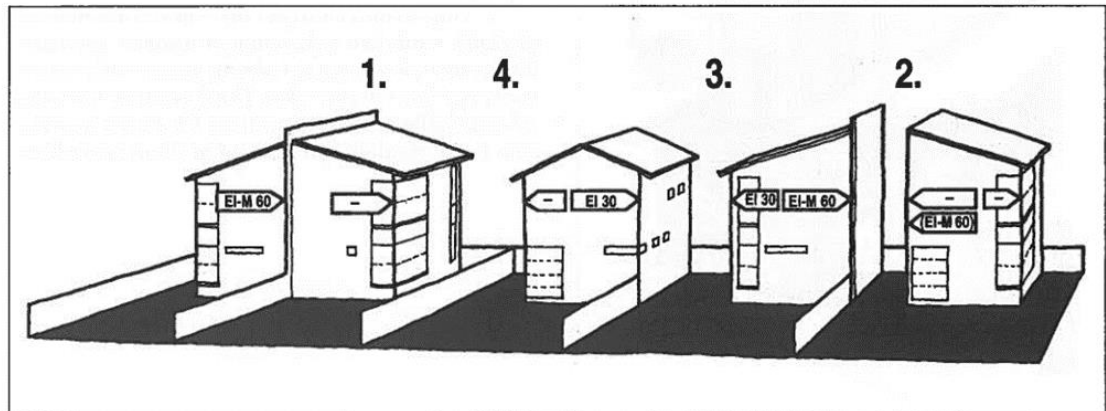
Yleensä uloskäytävät muodostetaan omaksi palo-osastoksi. P1-luokan rakennuksessa, jonka ylimmän kerroksen lattian korkeus maasta on enintään 24 metriä ja kerrosluku 8, uloskäytävät on osastoitava [30 s. 31]. RakMk E7 ohjeistaa, että keskusilmanvaihtolaitteiston konehuone tai kammio muodostetaan omaksi palo-osastoksi. P1-luokan rakennuksessa osastointi tehdään A2-s1, d0-luokan rakennusosin EI60-luokkaisesti. Alle kolme kerroksisissa P2-luokan rakennuksissa osastointivaatimus on EI30. Sisäpuolisten seinä- ja kattopintojen luokkavaatimus on B-s1, d0. P3-luokan sisäpuolisten pintojen vaatimus on sama ja osastointi myös [32. s. 8].

Palon leviäminen rakennuksesta toiseen ei saa vaarantaa henkilöturvallisuutta eikä aiheuttaa kohtuuttomana pidettäviä taloudellisia eikä yhteiskunnallisia menetyksiä. Jos samalla tontilla on useampi rakennus, tulee etäisyyden olla sellainen, ettei palo leviä helposti naapurirakennuksiin ja aluepalon vaara jää vähäiseksi (kuva 13). Kuvassa rakennusten välinen etäisyys vaihtelee, niin että numeron 4 kohdalla etäisyys on yli 8 metriä ja tällöin ei tarvita palo-osastointia rakennusten väliin. Kuvassa numeroiden 1–3 kohdalla ovat rakennukset sijoitettu alle 8 metrin päähän toisistaan ja tällöin tulee rakenteellisin tai muin keinoin huolehtia palon leviämisen estämisestä [30 s. 26]. Sähköasemaa tämä koskee niin, että päämuuntajatilojen tulee olla vähintään 8 metrin etäisyydellä sähköasemarakennuksesta samalla tontilla, jotta palo-osastointia ei tarvittaisi näiden kahden rakennuksen väliin ollenkaan. Näin estetään mahdollinen palon leviäminen.



Kuva 13. Palon leviämisen estäminen samalla tontilla [34 s. 104].

Palomuri tulee kysymykseen, kun kahdella eri tontilla olevat rakennukset ovat liian lähellä toisiaan. (kuva 14). Alla olevassa kuvassa palomuurilla tarkoitetaan M-kirjaimen sisältäviä seiniä ja EI-lyhenteet käsittävät palo-osastoinnin. Kuvassa rakennusten välinen etäisyys vaihtelee, niin että esimerkiksi numeron 4 kohdalla etäisyys on yli 8 metriä eikä tällöin tarvita palomuuria tai palo-osastointia rakennusten väliin. Toisaalta alla olevassa kuvassa numeroiden 1–3 kohdalla on rakennukset rakennettu niin lähelle toisiaan, että mahdollinen palon leviäminen on ilmeistä ja tällöin tarvitaan palomuuria tai palo-osastointia riippuen etäisyydestä [30 s. 26]. Tämä on huomioitava päämuuntajatilojen vuoksi.



Kuva 14. Palon leviämisen estäminen naapureihin eri tonteilla [34 s. 105].

Tuotanto- ja varastorakennuksille on RakMk E2:ssa määritelty, että suuret tuotanto- ja varastorakennukset jaetaan pinta-alaltaan rajoitettuihin palo-osastoihin. Pinta-alaosastointi toteutetaan aina koko rakennuksessa. Osastojen suurin sallittu ala on pienemmillään 2000 m² ja suurimmillaan 12 000 m² riippuen paloluokasta, palovaarallisuusluokasta ja suojaustasosta. Pinta-alat lasketaan kuten huoneistoala ja kellarien osastointi tehdään harkinnan mukaan. Pinta-alaosastoja rajaavat rakennusosat tehdään massiivisina, palon leviämistä tehokkaasti estävinä palomuurin tapaan. RakMk E2 määrittelee myös, että eri kerrokset muodostetaan yleensä eri palo-osastoiksi. Käyttötavaltaan toisistaan poikkeavat tilat, kuten prosessitilat tai erilaiset varastot, muodostetaan yleensä eri palo-osastoiksi.

Erityiskäyttöisten tilojen, kuten muuntamoiden, osastoinnissa noudatetaan kyseisiä tiloja koskevia määräyksiä ja ohjeita [31 s. 5-6]. Eli tässä tapauksessa SFS 6001:n ohjeita.

5.3 Sähköaseman palo-osastointi

Palo-osastointi ei ole siis pakollista sähköasemalla, mikäli pinta-alaosastoinnin enimmäisala ei ylity. Muuntajatilat sen sijaan on osastoitava SFS 6001:n mukaisesti. Jos päämuuntajatilat ja muut sähköaseman tilat rakennetaan kahteen eri rakennukseen samalla tontilla, on suositeltavaa pitää niiden välinen etäisyys 8 metrissä, jotta palo-osastointia ei tarvittaisi rakennusten välille. Ulkoseiniä ei tarvitse muutenkaan palo-osastoida ellei palo pääse leviämään muihin rakennuksiin samalla tontilla (8 metrin sääntö) tai palo ei voi levitä muihin palo-osastoihin ulkoseinien kautta. Myös naapuritonttien rakennusten läheisyys pitää huomioida. Vaikka päämuuntajajätiloille on asetettu tiukempia paloturvallisuusvaatimuksia, se ei vaikuta koko sähköaseman paloluokkaan. Seinien osastoitavuus ja kantavuus tehdään silloin vain muuntajajätilojen osalta tiukempien vaatimusten mukaisesti [35]. Muissa sähkötiloissa on muistettava SFS 6001:n määräykset pintaverhouksista ja rakennusmateriaalien palamattomuudesta.

6. ENERGIATEHOKKUUS SÄHKÖASEMALLA

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on määritelty pykälässä 117g energiatehokkuudesta. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on tällöin huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan energiatehokkaaksi niin, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi. Laskelmilla on osoitettava energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten täytyminen. Rakennuksessa käytettävien tuotteiden ja taloteknisien järjestelmien sekä niiden säätö- ja mittausjärjestelmien on oltava sellaisia, että energiankulutus sekä tehontarve rakennusta ja sen järjestelmiä käyttötarkoituksensa mukaisesti käytettäessä jää vähäiseksi. Energiankulutusta pitäisi myös voida seurata [16].

6.1 Rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräykset

Energiatehokkuus vaikuttaa siis määräysten muodossa sähköaseman suunnitteluun. Maankäyttö- ja rakennuslain energiatehokkuusvaatimukset toteutetaan rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräysten mukaan. Määräykset kattavat lämpimät ja puolilämpimät tilat, mutta lämmittämättömiä tiloja eivät koske energiatehokkuusvaatimukset eikä niitä oteta huomioon rakennuksen vaipan lämpöhäviötä laskettaessa [14 s. 5].

RakMk D3 määräyksiä noudatetaan kaikkiin uusiin rakennuksiin, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen sekä mahdollisesti jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseen. Määräykset eivät kuitenkaan koske esimerkiksi tuotantorakennusta, jossa tuotantoprosessi luovuttaa niin suuren määrän lämpöenergiaa, että halutun huonelämpötilan aikaansaamiseksi ei tarvita ollenkaan tai tarvitaan vain vähäisessä määrin muuta lämmitysenergiaa [14 s. 3]. Sähköasemalla muuntajista tulee häviölämpöä, jota voidaan hyödyntää lämmitykseen ja siten muuta lämmitystä ei välttämättä tarvita. Näin ollen HSV voi vapautua RakMk D3:n määräyksistä ja jättää vaaditut energiatehokkuusvaatimukset huomioon ottamatta.

Mikäli RakMk D3:sta joudutaan noudattamaan, käsittää se seuraavat osa-alueet: rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen laskennan eli E-luvun, hyvän rakennusvaipan ilmanpitävyyden, rakennusosien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot, rakennuksen lämpöhäviöiden rajoittamisen, ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuuden, rakennuksen lämmitysjärjestelmän tehot ja energiankäytön mittauksen [14].

Määräystenmukaisuus osoitetaan energiaselvityksellä, joka laaditaan rakennusta suunniteltaessa. Energiaselvitys on päivitettävä ja pääsuunnittelijan varmennettava se ennen rakennuksen käyttöönottoa. Energiaselvitys pitää sisällään edellisessä kappaleessa mainitut asiat eli E-luvun, energialaskennan lähtötiedot ja tulokset, kesäaikaisen lämpötilan, rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden, rakennuksen lämmitystehon mitoitus-tilanteessa sekä energiatodistuksen [14 s. 26]. Kesäaikaista lämpötilaa ei lasketa

RakMk D3:n mukaan käyttötarkoitukseluokkaan 9 kuuluville rakennuksille [14 s. 10]. Käyttötarkoitukseluokkaan 9 kuuluvat rakennukset kattavat muut rakennukset kuten varastorakennukset tai jäähallit. Sähköasemat kuuluvat myös käyttötarkoitukseluokkaan 9 [14 s. 28]. Laki rakennuksen energiatodistuksesta vapauttaa määräyksistä teollisuusrakennukset. Sähköasemat luetaan teollisuusrakennuksiin, joten energiatodistusta ei myöskään tarvitse laatia [36, 37]. E-luvulle ei ole määritetty raja-arvoja luokkaan 9 kuuluville rakennuksille. Se pitää kuitenkin laskea [14 s. 9].

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta (1/2014) lisätään RakMk D3:een, että tulevaisuudessa vuoden 2018 joulukuun 31. päivän jälkeen uusien rakennusten, jotka ovat viranomaisten käytössä ja omistuksessa, tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Vuoden 2020 joulukuun 31. päivään mennessä taas kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Asetuksen mukaan lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus. Tarvittava lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä katetaan hyvin laajalti uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia [38 s. 2]. Koska lisäys liittyy RakMk D3:een, ovat voimassa samat sovellettavuudet eli tiukentuvista määräyksistä voi vapautua, jos sähköasemalla käytetään häviölämpöä hyväksi.

6.2 Muut energiatehokkuusvaatimukset

Uusiin rakennettaviin rakennuksiin ei ole muita merkittäviä energiatehokkuusvaatimuksia. Energiateollisuusyrityksiin kohdistuu kuitenkin vuoden 2015 alussa voimaan tullut energiatehokkuuslaki, joka kattaa kohteiden säännöllistä katselmointia. Lain tavoitteena on kehittää energiatehokkuutta, lisätä energiansäästöä sekä vähentää energian loppukäytön ja primäärienergian kulutusta. HSV ja Helen Oy luetaan suureksi yritykseksi, joten katselmointi on pakollista. Katselmus pitää sisällään yrityksen koko energiankulutuksen kartoituksen ja lisäksi otoksen rakennusten ja teollisuuden kohdekatselmuksista [39, 40 s. 19].

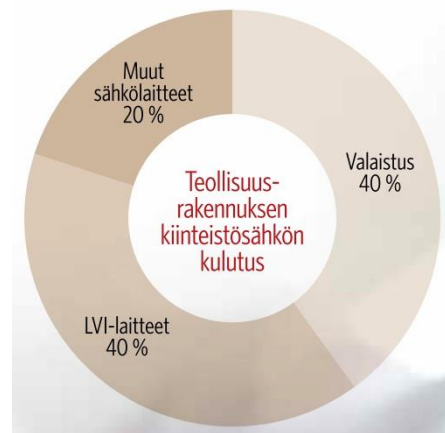
Energiatehokkuuden toteutumista eri toiminta-alueilla edistetään myös energiatehokkuussopimuksilla. Niiden avulla ohjataan yrityksiä ja yhteisöjä järjestelmällisesti parempaan energiatehokkuuteen. Sopimukseen liittyneet yritykset ja yhteisöt asettavat omat energiankäytön tehostamistavoitteensa, toteuttavat niiden saavuttamiseksi tarvittavia toimenpiteitä sekä raportoivat vuosittain energiatehokkuustoimenpiteiden toteutumisesta että muusta sen parantamiseen tähtäävästä toiminnasta [41]. Energiatehokkuussopimukset ovat vapaaehtoisia ja vuonna 2017 käynnistyvään uuteen energiatehokkuussopimusjärjestelmään pyritään sisällyttämään yrityksen energiakatselmus. Tällöin energiatehokkuuslain vaatimukset pakollisesta yrityksen energiakatselmuksesta täyttyisivät [40 s. 22]. Näiden kahden energiatehokkuusvelvoitteen on tulkittavaan enemmänkin yrityk-

sellä jo olemassa olevia rakennuksia, joten tässä tutkimuksessa ei ole sen enempää perehdytty kyseisiin määräyksiin tai sopimukseen. Ainoastaan on todettu, että vaatimuksia löytyy myös sieltä.

6.3 Energiankulutus teollisuuskiinteistössä

Teollisuuskiinteistöjen lämmitys kattaa yli neljäsosan Suomen lämpöenergiankulutuksesta. Joillakin teollisuuden aloilla kiinteistösähkön osuus teollisuusrakennuksen sähköenergian koko kulutuksesta on jopa 70 % [42 s. 3]. HSV:llä kiinteistösähkö vie energiaa keskimäärin 60 %, joten käyttökustannuksia voidaan ja kannattaakin alentaa energiatehokkuutta parantamalla [43 s. 26]. Tämän vuoksi sähköasemalla on järkevää kiinnittää huomiota energiatehokkuuden parantamiseen.

Jotta energiatehokkuustoimenpiteet voidaan kohdistaa oikein, tulisi tietää mahdollisimman hyvin kohteen oma lämpö- ja sähköenergiankulutusprofiili. HSV:llä ei kuitenkaan ole tarkempia luotettavia mittaustuloksia saatavissa yksittäisten järjestelmien kulutuksesta. Joten tässä tutkimuksessa on edetty teoreettisten kulutustietojen mukaan. Energiaa kuluu teollisuudessa Motivan mukaan tuotannon ja sitä suoraan palvelevien toimintojen lisäksi kiinteistön ilmanvaihtoon, lämmitykseen ja valaistukseen. Teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutuksen jakautuminen on esitetty kuvassa 15 [42 s. 4, s. 6].

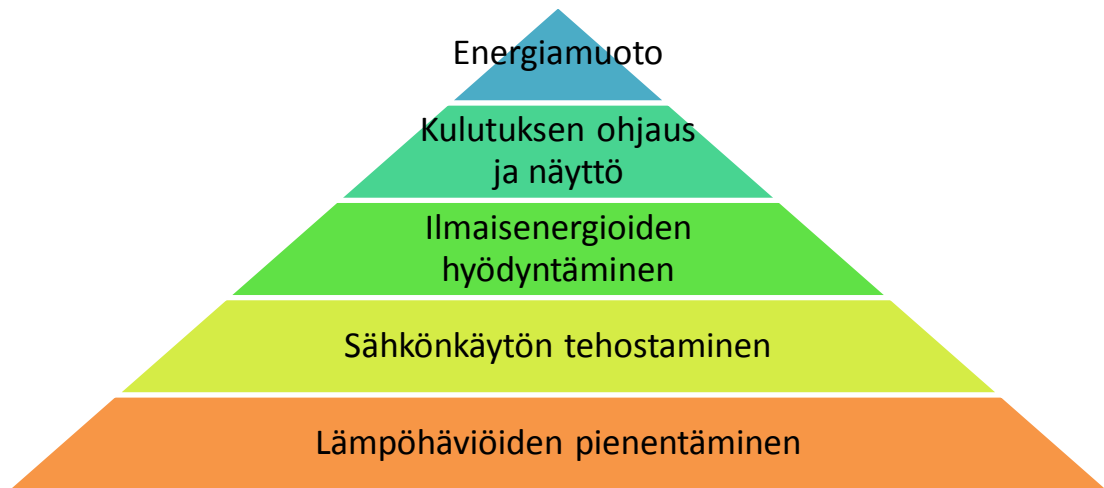


Kuva 15. Teollisuuskiinteistön kiinteistösähkön kulutuksen jakautuminen [42 s. 6].

6.4 Energiatehokkuuden parantaminen sähköasemalla

Energiatehokkuus on kokonaisuuden hallintaa. Rakennuksen ja sen järjestelmien lämpöhäviöiden pienentäminen on energiatehokkaan rakentamisen perustana. Lämpöhäviöitä vähennetään hyvällä ulkovaipan lämmöneristyksellä ja tiiviydellä sekä tehokkaalla lämmöntalteenotolla ilmanvaihdosta. Ikkunoiden energiatehokkuuteen ei tarvitse sähköasemalla panostaa, koska asema on ikkunaton rakennus. Tämän jälkeen tulee energiatehokkuuden pyrkimyksessä tehostettu energian käyttö ilmaisenergioita hyödyntämällä,

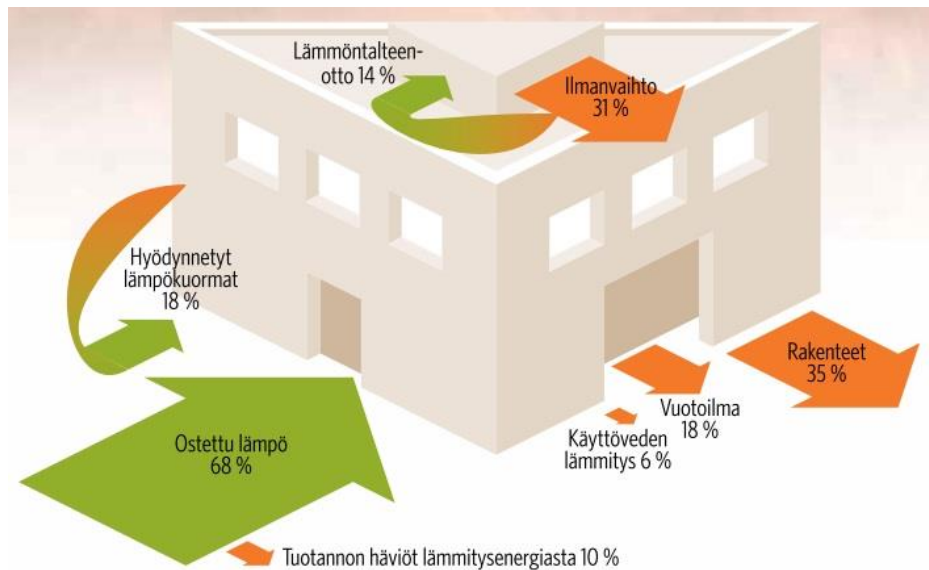
energiatehokkaita laitteita käyttämällä ja tarpeenmukaisella käytöllä sekä kulutuksen näyttöllä. Viimeisenä vaihtoehtona energiankäytön tehostamisessa on alhaista energiankulutusta vastaavan energiantuotantomuodon valinta esimerkiksi uusiutuvan energian käyttö. Luokittelu noudattaa siten Kioto-pyramidia, joka kuvaa edellä mainitut energiatehokkaan rakentamisen portaat (kuva 16) [44 s. 6]. Jos halutaan pyrkiä tiukempiin energiansäästö-tavoitteisiin, lähtevät vaatimukset rakennuttajalta itseltään ja hänen pitää osata jo suunnittelun alkuvaiheissa vaatia haluamansa tiukemmat tavoitteet.



Kuva 16. Energiatehokkaan rakentamisen portaat [perustuu lähteeseen 44 s. 6].

Rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen on keskeisellä sijalla energiatehokkuudessa. Tähän tarvitaan mahdollisimman yksinkertaisia, toimintavarmoja ja yhteensopivia ratkaisuja ja järjestelmiä. Ilmanvaihtolämmitys, joka soveltuu esimerkiksi matalaenergiataloihin, on hyvä esimerkki yksinkertaisesta järjestelmästä, jonka lisäksi ei tarvita erillisiä lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisuja [44 s. 6].

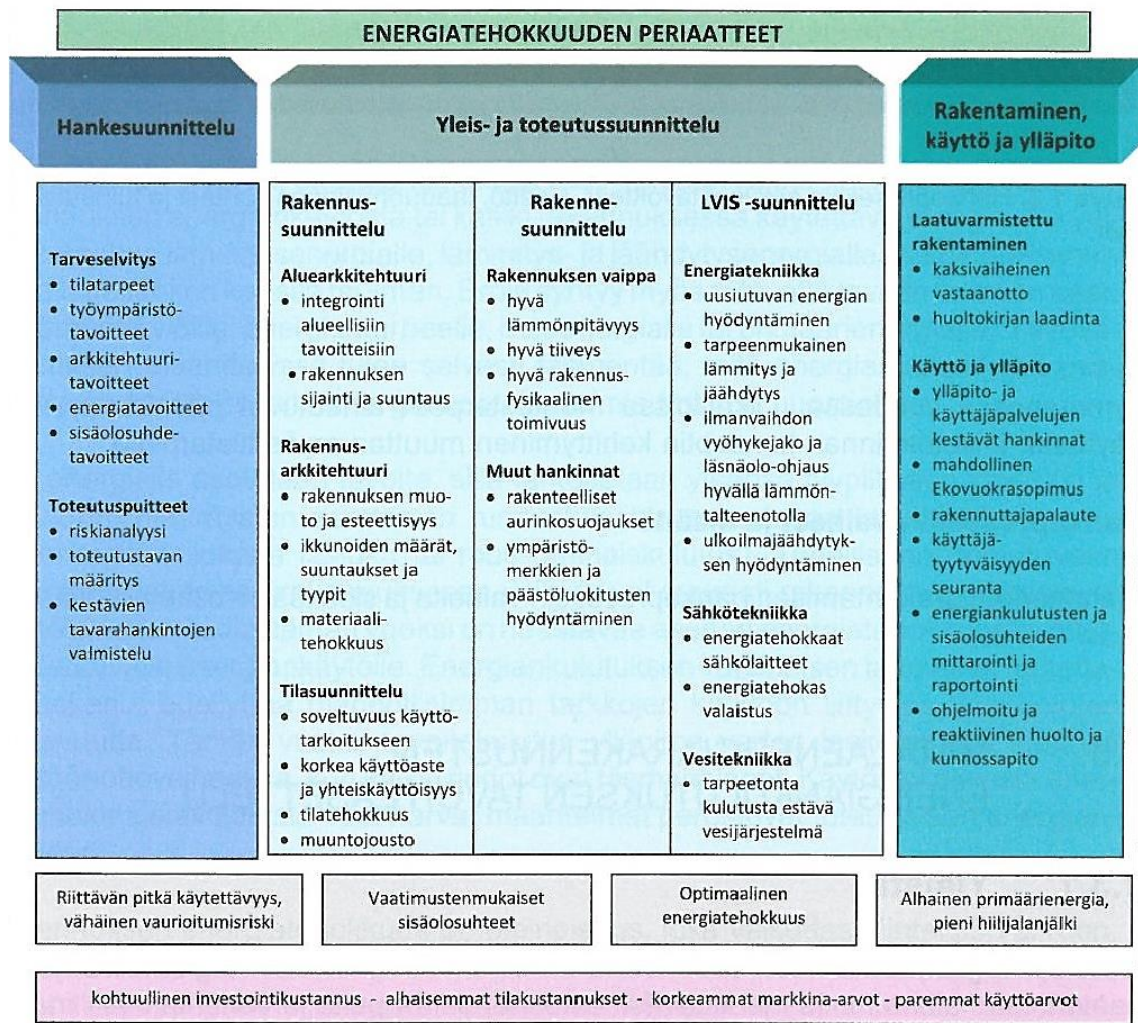
Lämpöhäviöihin vaikuttavat eniten rakenteiden lämmöneristävyys, kylmäsiljat ja rakennusvaipan ilmatiiveys (kuva 17). Ne voivat joko huomattavasti heikentää tai parantaa kokonaisuuden energiatehokkuutta. Suunniteltaessa tai rakennettaessa uutta rakennusta pitää muistaa muun muassa minimoida vaippa, välttää rakenteiden kylmäsiltoja, ottaa mahdolliset laajennukset huomioon tilan suunnittelussa sekä miettiä keinoja mahdollisen kestäväikäisen jäädytystarpeen vähentämiseksi [42 s. 8].



Kuva 17. Teollisuusrakennuksen lämpöenergiankulutus ja lämpöhäviöt [42 s. 9].

Lämmönläpäisykerroin (U , $W/(Km^2)$) ilmoittaa, kuinka paljon lämpöä seinä läpäisee asteen lämpötilaeroa ja neliometriä kohden. RakMk D3:ssa on määritetty rakennuksen vaiipan lämmöneristykselle raja-arvoja [45 s. 64–65]. Seinämien lämmöneristyksessä kuten muissakin rakennusteknisissä valinnoissa tulee pyrkiä rakennuksen elinkaariaikaisten kustannusten ja haitallisten ympäristövaikutusten minimoimiseen. Mitä paksumpi lämmöneriste on, sitä suuremmat ovat seinän hankintakustannukset ja sitä pienemmät ovat lämmityskustannukset. Rakennusosan kokonaisvuosikustannus muodostuu hankinta- ja lämmityskustannusten summana. Eristyspaksuus tulisi valita kokonaiskustannusten minimin kohdalla. Liiallisesta eristämisestä voi olla myös haittaa, koska kesäaikana sisälämpötila kohoaa yllälämmön vaikutuksesta sitä enemmän mitä paremmin rakennus on eristetty [45 s. 78–79].

Energiatohokkuuden parantaminen uutta rakennusta rakennettaessa on monen osatekijän summa. Energiatohokkaat rakennukset suunnitellaan eri suunnittelualojen yhteistyönä kuten energianhankinnan, arkkitehtuurin, rakennetekniikan, LVI-tekniikan ja sähkötekniikan yhteistyönä (kuva 18) [15 s. 12]. Arkkitehtisuunnittelussa ilmanvaihtoon vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen sijainti, tilat, massoittelu, materiaalit sekä taloteknisten järjestelmien vaatimien tilojen ja reititysten järkevä suunnittelu. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta sekä ilmatiiviys ovat rakennesuunnittelussa energiatohokkuuden kannalta keskeisiä tekijöitä. Talotekniikan puolelta esiin nousevat lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien valinta ja suunnittelu, lämpimän käyttöveden valmistus sekä valaistuksen suunnittelu. Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla voidaan taata järjestelmien tarpeenmukaiset ohjaukset, jotta esimerkiksi valaistus ei ole turhaan päällä. Kaikkien edellä mainittujen osa-alueiden tulee olla yhteensopivia, jotta tavoitteet saavutetaan kustannustehokkaasti [44 s. 6].



Kuva 18. Energiatehokkuuden periaatteet ja eri osa-alueiden merkitys [15 s. 13].

Mikäli energiatehokkuutta halutaan parantaa uudessa sähköasemarakennuksessa, on hyvä aloittaa energialaskenta mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Valmiista suunnitelmista tehtävällä laskennalla jää suunnittelua ohjaava vaikutus pois kokonaan. Suunnitelmien ollessa pitkällä merkittävien muutosten tekeminen suunnitelmaan saattaa olla hankalaa tai mahdotonta. Energialaskenta alkaa yleensä vasta arkkitehdin ensimmäisten luonnosten valmistuttua. Kustannuksiin energiasäästö tavoitteet vaikuttavat niin, että esimerkiksi matalaenergiatavoitteet merkitsevät uudisrakentamisessa 3–10 %:n lisäystä pääomakustannuksiin sekä 1–4 % vähennystä elinkaarikustannuksiin 5–10 vuoden takaisinmaksuajalla. Mitä alhaisempaan energiankulutukseen halutaan pyrkiä, sitä enemmän on varattava rahaa suunnittelukustannuksiin [15 s. 24, s. 36].

6.5 Taloteknisten järjestelmien vaikutus energiansäästöissä

Keskeisen osan matalaenergia- ja sisäilmastotavoitteiden saavuttamisen näkökulmasta muodostaa LVI-tekniikan suunnittelun merkitys. Järjestelmät, jotka huolehtivat sisäolosuhteista tulee toimia luotettavasti ja energiataloudellisesti erilaisissa tilanteissa eri vuodenaikoina. LVI-järjestelmien häviöihin ja sähköenergian kulutukseen on kiinnitettävä erityistä huomioita, jotta rakennuksen kokonaisenergiankulutus olisi myös hallinnassa. Järjestelmävalinta ja suunnittelu sekä verkostojen ja laitteiden mitoitus toteutetaan LVI-suunnittelussa. Kaikilla näillä osa-alueilla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan kanssa toimitaan yhteistyössä optimoitaessa rakennuksen muodon, aukotuksen ja vaipan ominaisuuksia lämpö- ja mahdollisen jäähdytystehon ja -energian osalta. Sähkö- ja rakennusautomaatiosuunnittelijoiden kanssa taas varmistetaan valittujen LVI-järjestelmien ja laitteiden energiatehokkaat ohjaus- ja säätöratkaisut [15 s. 79–80].

Vaikka LVI-tekniikan energiansäästöratkaisuilla pyritään säästämään lämmitysenergiaa, on toimenpiteillä joko lisäävä tai vähentävä vaikutus myös sähköenergian kulutukseen. Yleisesti lämmitysenergian säästöratkaisut, eli käytettäessä sähkötoimisia pumppuja ja kompressoreita, lisäävät sähköenergian kulutusta. Toisaalta tarpeenmukaisilla ohjausratkaisilla ja tehokkaammilla moottoriratkaisilla voidaan vähentää sähköenergian kulutusta [15 s. 80].

Teollisuusyrityksen energiankulutuksessa veden käyttö jää pieneksi, mutta se tarjoaa kuitenkin monia helposti toteutettavia energiansäästömahdollisuuksia. Vesikalusteiden virtaamia rajoittamalla voidaan pienentää vedenkulutusta. Vakiovirtaussuuttimien avulla suuttimesta tulee aina halutun suuruinen vesivirta verkoston paineenvaihtelusta riippumatta. Vedenkäytön suhteen on hyvä pohtia myös, voidaanko veden lämpötilaa alentaa, tarvitaanko ehdottomasti lämmintä vettä vai pärjätäänkö kylmällä vedellä. Kaikki vuotavat hanat ja WC-istuimet tulisi tiivistää sillä tippa minuutissa on yli puolimiljoona tippaa vuodessa [42 s. 12].

Ilmanvaihdon suhteen on syytä muistaa, ettei energiansäästö ilmanvaihdon ja sisäilman laadun kustannuksella ole hyväksyttävää [45 s. 176]. Sähköä käytetään puhallinmoottoreissa ja lämmöntalteenottoratkaisuissa ilmanvaihdossa ja joskus myös jälkilämmityspattereissa sekä sähkösuodattimissa. Sähkön ominaiskulutuksen eli SFP-luvun (Specific Fan Power) avulla voidaan verrata laitteiden energiatehokkuutta. RakMk D3:ssa on määritelty maksimi-arvot SFP-luvulle. Tällöin koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominais-sähköteho saa olla enintään $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ [14 s. 15, 42 s. 14]. Puhaltimen valinnassa tulisi pyrkiä hyvään energiatehokkuuteen, sillä puhaltimen ja sähkömoottorin koon oikealla valinnalla on merkittävä vaikutus ilmanvaihtokoneiden sähköenergiakustannuksiin [15 s. 105].

Ilmanvaihdon käyttämä lämpö kuluu käytännössä tuloilman lämmittämiseen. Lämmönkulutusta voidaan kuitenkin vähentää ratkaisevasti tehokkaalla lämmöntalteenotolla poistoilmasta tai muista hukkaenergiälähteistä. Lämmöntalteenoton avulla voidaan lämmönkulutus pienentää alle puoleen. LTO:n hyötysuhteen tulisi olla korkea. RakMk D3 vaatii, että lämpöä olisi otettava talteen ainakin 45 % [14 s. 15, 42 s. 14, 45 s. 260].

6.6 Energiansäästö rakennuksen käytön aikana

Kun rakennus on suunniteltu ja otettu käyttöön, jatkuu energiatehokas käyttö. Ongelmana on, että kiinteistön huoltohenkilökunnalla ei ole välttämättä varsinaista energiateknisten järjestelmien käyttökoulutusta [15 s. 140]. Todellista tietoa ja kokemusta toiminnallisuudesta sekä energiatehokkuudesta on saatavissa vasta, kun uusi tai peruskorjattu teollisuuskiinteistö on otettu kunnolla käyttöön. Kiinteistöhoitohenkilöstön ja tilojen käyttäjien opastusta järjestelmien toimintaan, ohjaukseen ja käyttöön edellytetään kiinteistön energiatehokkaan käytön toteuttamiseksi. Erityisesti ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien toiminta on ratkaisevinta, mutta henkilöstö tarvitsee kokonaiskäsitksen kaikista keskeisistä energiankäyttöön ja kulutukseen vaikuttavista seikoista. Jos kokonaisuutta ei ymmärretä, ei paraskaan yksittäisen laitteen tai järjestelmän käyttöosaaminen tuota energiatehokkainta ratkaisua. Henkilöstön ammattitaitoa on ylläpidettävä jatkuvasti menestyksellään ja pysyvän energiatehokkuuden parantamisen saavuttamiseksi. [42 s. 22]

Asetetut energiankulutustavoitteet ja kulutusten osa-alueet määrittelevät myös vaatimuksen rakennukseen toteutettavalle energiankulutuksen mittaus- ja seurantajärjestelmälle. Jos halutaan seurata kulutuksen jakautumista eri käyttötarkoituksiin kuten valaistukseen tai tilalämmitykseen, tulisi mittaroinnin oltava riittävän yksityiskohtainen. Energiankäytön mittaus on pakollinen RakMk D3:n mukaan ja siinä edellytetään energiankulutuksen mittarointia eri käyttötarkoituksiin [15 s. 47]. Kulutusten mittaaminen on tärkeää, sillä se mitä ei mitata, on hankala hallita mittaustiedon puuttuessa. Energiankäytön mittaus yksityiskohtaisesti antaa kattavaa tietoa kulutuksen eri painopisteistä ja siten on helpompaa puuttua jonkin järjestelmän energiankulutukseen ja kohdistaa siihen energiansäästötoimenpiteitä. Mittauksissa kannattaa painottaa lämmitysenergiankulutusta, joka normeerataan ennen vertailua vastaamaan normaalivuoden lämmönkulutusta sekä sähköenergiankulutusta ja vedenkulutusta [42, s. 7, s. 22–23]. Mittaustietoja kannattaa kerätä talteen ja tehdä vertailuja, jotta esimerkiksi nähdään mahdolliset poikkeamat ja niihin voidaan puuttua.

7. LVI-JÄRJESTELMÄT

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittää pykälässä 117c, että rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma-, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista esimerkiksi sisäilman epäpuhtauksien, veden pilaantumisen, savun tai rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovelluttava tarkoitukseensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita [16].

7.1 Lämmitys

Teollisuudessakin tarvitaan tilojen lämmitykseen ja prosessitarpeisiin lämmitystä. Lämmityksessä prosessin ja kiinteistön käyttämä lämpö voidaan ostaa tai tuottaa itse [42 s. 10]. Rakennuksen lämmitystarve muodostuu lämpöhäviöistä vaipan lävitse, ilmanvaihdosta ja käyttöveden lämmittämisestä. Lämmöneristyksellä pienennetään oleellisesti rakennuksen lämpöhäviötä ja energiankulutuksen kannalta rakennuksen vaipan tulisi olla tiivis. Lämmitystarpeeseen vaikuttavat myös sisä- ja ulkolämpötila. Kyseiset lämpötilat määräytyvät pitkälti rakennuksen käyttötarkoituksen ja sijainnin mukaan [45 s. 58–59]. Lämpötilaeroon voidaan vaikuttaa myös huonetilojen sisäisellä ryhmityksellä. Ne tilat, joissa tullaan toimeen alhaisimmilla huonelämpötiloilla, tulisi sijoittaa ulkovaipalle. Tällöin ulkovaipan läpi tapahtuva lämmönhukka pienenee [45 s. 67].

Ilmanvaihto aiheuttaa merkittävän lämmitystarpeen, joka riippuu ilmanvaihdon määrästä. Ilmanvaihtoilma lämpenee huonelämpötilaan erityisessä ilmanvaihtokoneessa tai huoneen muiden lämmityslaitteiden vaikutuksesta. Ilmanvaihdon lämmönkulutus määräytyy ilmanvaihdon suuruuden ja lämpötilaeron mukaan [45 s. 75].

7.1.1 Lämmityksen määräykset

Lämmityksen suhteen löytyy määräyksiä seuraavista asetuksista, standardeista ja laeista:

- RakMk C1 ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet
- RakMk C2 kosteus, määräykset ja ohjeet
- RakMk D2 rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet
- RakMk D3 rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
- SFS 6001 + A1 + A2 Suurjännitesähköasennukset

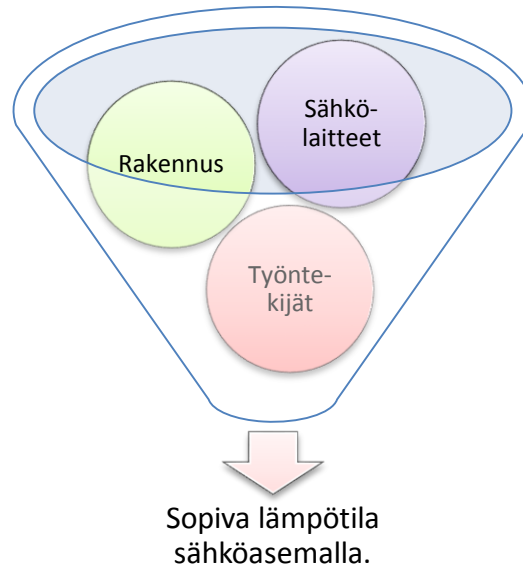
- SFS-EN 60721-3-3 Ympäristöolosuhteiden luokitus. Osa 3: Ympäristötekijöiden olosuhderyhmien ja niiden rasitusasteiden luokitus. Luku 3: Kiinteä asennus säältä suojatuissa tiloissa.
- Työturvallisuuslaki
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveystaivatuksista
- Maankäyttö- ja rakennuslaki.

Määräykset koskevat sopivaa sisäilmastoa, kosteutta, lämmityslaitteiden ominaisuuksia ja energiatehokkuutta. Maankäyttö- ja rakennuslaissa sanotaan, että asemakaavassa voidaan antaa määräys rakennuksen liittämistä kaukolämpöverkkoon, jos määräys on tarpeen energian tehokkaan ja kestävän käytön, ilman tavoiteltavan laadun taikka asemakaavan muiden tavoitteiden kannalta. Määräystä sovelletaan rakennukseen, jonka rakennuslupaa haettaessa kaukolämpöverkko on toteutettu niin, että siihen liittyminen on mahdollista rakennuspaikan välittömässä läheisyydessä. Määräystä ei kuitenkaan sovelleta esimerkiksi rakennukseen, jonka laskennallinen lämpöhäviö on enintään 60 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä eikä rakennukseen, jonka pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä on uusiutuviin energialähteisiin perustuva vähäpäästöinen lämmitysjärjestelmä [16 §57a].

Maankäyttö- ja rakennuslaissa sanotaan myös pykälässä 117h, että rakennushankkeeseen ryhtyvän on arvioitava lämmitysjärjestelmää koskeva tekninen, ympäristöön liittyvä ja taloudellinen toteutettavuus, mikäli uuden tai uusittavan rakennuksen lämmitysjärjestelmäksi ei valita uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käyttöön perustuvaa hajautettua energiahuoltojärjestelmää, yhteistuotantoon perustuvaa lämmitysjärjestelmää, kauko- tai aluelämmitys- tai -jäähdytysjärjestelmää taikka lämpöpumppua vaikka sellainen on saatavilla ja kustannustehokkaasti toteutettavissa. Arviointi on liitettävä rakennusta koskeviin suunnitelmiin [16]. Tällainen arviointi koskee siten sähkölämmitystä.

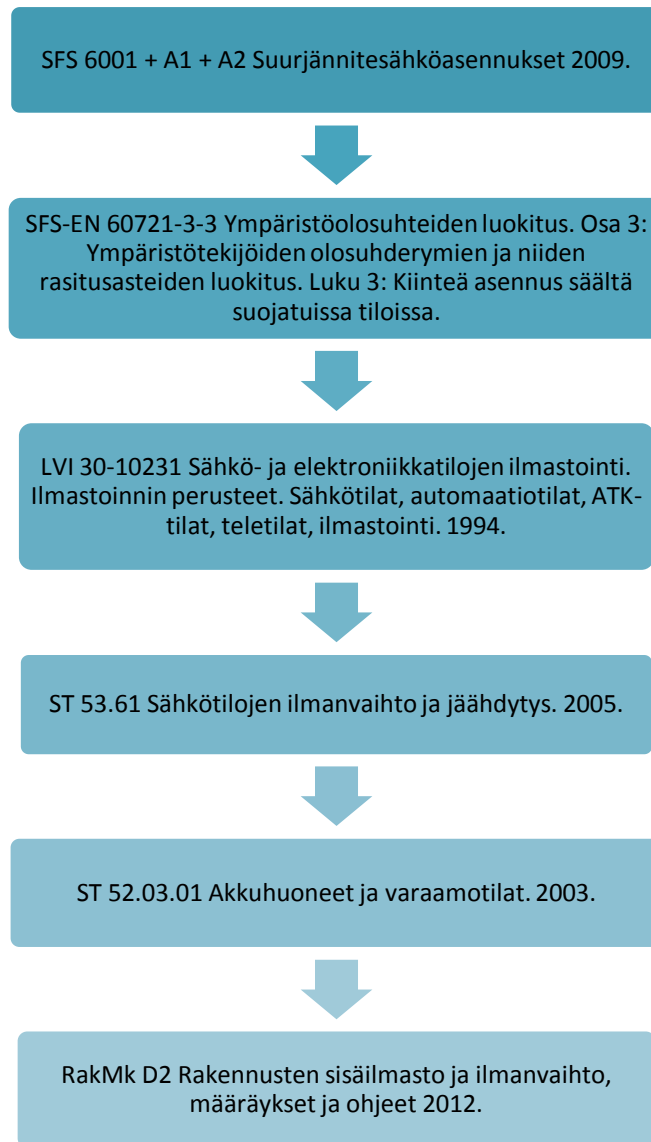
7.1.2 Sopivan lämpötilan määräytyminen sähköasemalla

Tutkimuksen yksi osio oli selvittää sähköasemalle sopiva sisälämpötila. Onko lämmityksen pakko olla perinteinen +20 °C vai pärjättäisiinkö mahdollisesti alemmillakin sisälämpötiloilla? Sopivaa lämpötilaa haettiin määräyksistä, standardeista ja ohjeista, mutta selkeää, ehdotonta ja yleispätevää vaatimusta tietylle lämpötilatasolle ei löytynyt. Lämpötilan määräytymiseen vaikuttavat sähkölaitteet, työntekijät sekä rakennus (kuva 19). Näistä merkittävin on sähkölaitteet, koska sähköasema on miehittämätön ja asemarakennus rakennetaan ennen kaikkea sähkölaitteita varten.



Kuva 19. Sopivaan sisälämpötilaan vaikuttavat tekijät.

Käytetyt standardit ja ohjekortit on listattu lukujärjestyksessä ylhäältä alaspäin (kuva 20). Näitä hyödyntämällä haettiin sähköasemalle sopivaa sisälämpötilaa sekä lämpötilan määräytymiseen vaikuttavia tekijöitä. Lopulta näiden kaikkien kautta määräytyi keskimääräinen, suositeltava lämpötila sähköasemalle ja löydettiin sisälämpötilan muodostumiseen vaikuttavat tekijät.



Kuva 20. Lämpötilan määrittämiseen tarvittavat määräykset, standardit ja ohjeet luku-järjestyksessä.

Selvitys aloitettiin tutustumalla ensin SFS 6001 sähköaseman sisäilmastoa koskeviin vaatimuksiin. Standardissa sanotaan, että sisäilmasto on tehtävä sopivaksi riittävällä lämmityksellä, ilmanvaihdolla tai vaihtoehtoisesti sopivalla rakennesuunnittelulla [29 s. 46]. Asennukset, johon sisältyy kaikkien laitteiden ja apulaitteiden muodostama kokonaisuus, on suunniteltava käytettäväksi standardissa luetelluissa ilmasto- ja ympäristöolosuhteissa. Tällöin ympäristön maksimiarvo on niin sisä- kuin ulkotiloissa +40 °C. Ilman vähimmäislämpötilalle on eri vaihtoehtoja. Alimmillaan sisätiloissa lämpötila saa mennä -25 °C:seen. Ulkotiloissa taas ilman minimilämpötila on -40 °C. Suhteellisen kosteuden suhteen on ohjeistettu, että sisätiloissa se ei saisi ylittää 95 %. Laitekohtaiset standardit on otettava huomioon lämpötiloja luokiteltaessa. Olosuhteiden ollessa ankarammat, toimittajan ja käyttäjän on sovittava laitteen käyttövaatimuksista. Toimittajan ja käyttäjän on sovittava SFS 6001:n mukaan erikseen myös apulaitteiden, kuten releiden ja ohjauksikimien käytöstä alle -5 °C lämpötilassa sisä- tai ulkoasennuksessa [29 s. 26–27].

Standardiin SFS-EN 60721-3-3 viitataan SFS 6001:ssä. Kyseisessä standardissa on määriteltä tarkemmin SFS 6001:ssä esiintyviä lämpötilaluokkia sekä milloin kyseisiä eri lämpötiloja voidaan käyttää. Standardissa siis luokitellaan ne ympäristötekijät ja niiden rasitusasteet, joihin kiinteästi asetetut käytössä olevat sähköteknilliset tuotteet joutuvat säältä suojatuissa tiloissa. Standardin mukaan käyttäjän tulisi valita matalin tarvittava luokka, joka sopii tarkoitetun käytön olosuhteille [46 s. 4]. Standardia on vaikea lukea sellaisenaan, joten apuna käytettiin LVI- ja ST-kortistoja. Standardi on suunnattu enemmänkin laitteiden valmistajille.

LVI-ohjekortissa 30-10231 on esitetty sähkötilojen ilmastoinnin mitoitusperusteet, jotka pohjautuvat tiloihin sijoitettavien sähkölaitteiden ympäristöolosuhdeluokituksen kansainvälisen standardin IEC 721-3-3 mukaisesti (sama kuin SFS-EN 60721-3-3). LVI-ohjekortissa esitettyjä mitoitusperusteita voidaan soveltaa ohjeen mukaan kaikissa ilmastoitavissa sähkö- ja elektroniikkatiloissa, joihin sijoitetaan sähkölaitteita, vaikka perusteet on ensisijaisesti laadittu teollisuuden tarpeisiin. Sähkötilalla tarkoitetaan ohjeessa huonetta tai luotettavasti aidattua aluetta, jossa on vain sähkölaitteita ja johon normaalisti pääsee vain tilan sähkölaitteista aiheutuvan vaaran tunteva käyttökäyttökunta. Sähkölaitteiden valmistaja määrää laitekohtaiset olosuhdevaatimukset ilmoittamalla kussakin ryhmässä laitteen ympäristöluokan [47 s. 1-2].

Olosuhdeluokituksen soveltamisen helpottamiseksi taulukossa 2 esitetään sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tyyppiympäristöt. Taulukko 2 antaa yleiskuvan erityyppisiin tiloihin sijoitettavien laitteiden ”ympäristönkestosta” kertomalla niihin sopivan olosuhdeluokan (3K1 ... 3K8). Tilakohtaiset ympäristövaatimukset on tarkastettava aina erikseen, sillä sähkölaitteiden nimikkeistö ei ole vakiintunut. Samanniminen tila saattaa eri teollisuuslaitoksissa pitää sisällään erityyppisiä laitteita. Käytännössä tilan olosuhteet määräytyvät valittujen sähkölaitteiden ympäristön keston perusteella tai asiakkaan ja toimittajan välisen sopimuksen mukaisista tilojen olosuhteista. Tällöin sähkölaitteet valitaan tilan olosuhteisiin sopiviksi ja olosuhteet määräytyvät tilan ympäristönkestoltaan ”herkimmän” laitteen mukaan [47 s. 2].

Taulukko 2. Tilatyypit ja niihin sovellettavat olosuhdeluokat [perustuu lähteeseen 47 s. 2].

Tilatyypit	Esimerkkitalat	Olosuhdeluokka
A Valvomo ja automaatiotilat	Automaatiotilat	3K2
B Sähkölaitetilat, ulkotiloista ja prosessista eristetyt tilat	Muuntajatilat (sisätiloissa), sähkökeskushuoneet, tuotannon sähkölaitetilat (moottorikäytöt, MCC), teleristikytkentä ja -laitetilat	3K3
D Metalliteollisuuden tuotantotilat	Kaapelitilat	3K4
F Avoin, likainen teollisuustila	Ulkomuuntajat	3K6

Taulukossa 2 olevien olosuhdeluokkien perusteella voidaan vertailla, millaisia vaatimuksia on ilman lämpötilalle ja kosteuden mitoitusperusteille koneellisessa ilmanvaihdossa (kuva 21). Painovoimaisessa ilmanvaihdossa tilan olosuhteet voidaan mitoittaa sähkölaitteiden äärimmäisten toimintaolosuhteiden perusteella. Tilan ilmanvaihto tai ilmastointi tulee mitoittaa siten, että olosuhteet tilassa ovat keskimäärin sallitun alueen keskellä [47 s. 2-3].

Ilmastoinnin mitoitusolosuhteet eri olosuhdeluokissa (ilmastolliset olosuhteet).

Olosuhdeluokka	Yksikkö	3K1	3K2	3K3	3K4	3K5	3K6	3K7	3K8
Sähkölaitteen äärimmäiset toimintalämpötilat*									
min	°C	18	15	5	5	-5	-25	-40	-55
max	°C	27	30	40	40	45	55	70	70
Mitoituslämpötilat**									
°C		+22...23±2	+19...26	+15...30	+10...30	-5...+35 (45)	-25...+45 (55)	-40...+45 (70)	-55...+45 (70)
- Muutosnopeus(5 minuutin keskiarvo)	°C	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
Suhteellinen kosteus									
%		40...50±10 (+22 °C)	10...65	5...70	5...95	5...95	10...100	10...100	10...100
Absoluuttinen kosteus									
min	g/kg	-	1,5	0,7	0,7	0,7	0,4	0,1	0,1
max	g/kg	-	T _{s,min} /65 %*** (esim. 19°C → 9)	T _{s,min} /70 %*** (esim. 19°C → 9,5)	28	29	29	35	35
Tuloilma									
- lämpötila	°C	≥ 16	≥ 16	≥ 10	≥ 5	≥ -5	-	-	-
- suhteellinen kosteus	%	≤ 75	≤ 75	≤ 85	≤ 95	≤ 95	-	-	-
Ilman nopeus (huomaa myös ilmastolliset erityisolosuhteet)									
m/s		0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
Laitteistovaatimukset (sulkeissa olevat tapauskohtaisesti vaadittaessa)									
		Lämmitys Jäähdytys	Lämmitys Jäähdytys	Lämmitys Jäähdytys	Lämmitys Jäähdytys	(Lämmitys Jäähdytys (seisokki- aikana))	Jäähdytys (ensisijaisesti ulkoilma)		
		Kuivaus Kostutus	Kuivaus (Kostutus)	(ulkoilma tai koneellinen) (Kuivaus)	(ulkoilma tai koneellinen)	Jäähdytys (ensisijaisesti ulkoilma)			

* ilmastoinnin häiriötilanteessa
 ** normaali käyttötilanteessa
 *** T_{s,min} = minimisälämpötila

Kuva 21. Ilmastoinnin mitoitusolosuhteet eri olosuhdeluokissa [47 s. 3].

LVI-ohjekortti on vuodelta 1994. Uudempi samantapainen ohjekortti löytyi Sähkötiedon puolelta. Kyseisessä ohjeessa ei tosin viitata standardin SFS-EN 60721-3-3 käyttöön. ST- kortissa 53.61 annetaan ohjeita sähkötilojen ilmanvaihtoon ja mahdolliseen jäähdytykseen. Ohjeet on tarkoitettu sähkösuunnittelijoiden alustaviksi tiedoiksi, joilla voidaan antaa LVI- ja rakennussuunnittelijoille tarvittavat lähtötiedot jo esisuunnitteluvaiheessa. Sähkötilojen ilmanvaihdolla ja tarvittaessa myös jäähdytyksellä luodaan edellytyksiä kojeiden ja laitteistojen häiriöttömälle toiminnalle. Kojen ja laitteiden ilmanvaihtoon ja jäähdytykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota etenkin silloin, kun niissä on huomattavia määriä tärkeitä atk- ja automaatiolaitteita [48 s. 1].

Myös ohjekortissa ST 53.61 tilat luokitellaan eri luokkiin ilmastoinnin laatuvaatimusten mukaan:

- Muuntajatilat, jossa häviölämpö aiheuttaa ilmanvaihdon ja/tai jäähdytyksen tarpeen.

- Kojeistotilat, esimerkiksi kytkinlaitostilat, pääkeskustilat, relehuoneet, telelaitetilat ja ristikytkentätilat.
- Valvomotila ja atk-laitteita sisältävä tila, jossa työskennellään jatkuvasti.
- Kaapelitilat ja vastaavat, joissa ilmastonin vaatimustaso on alhainen [48 s. 2].

Jako kojeisto- ja automaatiotilojen kesken on aina selvitettävä tapauskohtaisesti. Osa automaation laitteista voidaan sijoittaa kojeistotiloihin. Elektroniikkaa sisältävät kytkinlaitokset, taajuusmuuttaja- ja/tai tasasähkökäytöt saattavat vaatia erillisen tilan ja ilmastonin. Kuvassa 22 on esitetty eri tiloja koskevia lämpötila-, suodatus- ynnä muita suosituksia. Kuvan taulukossa on korostettu sähköasemalla olevia tiloja ja taulukossa on ympäristön lämpötilaksi oletettu +20 °C [48 s. 2].

Tila	Maksimi lämpötila	Minimi lämpötila	Käyttö-lämpötila	Huomautuksia	Ylipaine	Suodatus-tarve
Muuntajatilaluokka 0 ¹	huom. 1a	huom. 2	20 °C	100 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilaluokka 10K ¹	huom. 1a	huom. 2	20 °C	88 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilaluokka 20K ¹	huom. 1a	huom. 2	20 °C	77 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilaluokka 30K ¹	huom. 1a	huom. 2	20 °C	63 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Pääkeskustila	40°C	5 °C	15...25 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Kaapelitilat tai vastaavat	40 °C	5 °C	10...30 °C	Kaapelien kuormitus!		huom. 6
Moottorigeneraattoritila	35 °C	5 °C	10...30 °C			huom. 6
Akustotilat	25 °C	15 °C	20 °C	SFS-EN 50272-2		huom. 6
UPS-tilat	30 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Automaatiotilat yleensä	25 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Tietokonetilat yleensä	25 °C	18 °C	22 °C	toleranssi yksi aste	huom. 3	huom. 4 tai 5
Invertteri- ja tasavirtakäytöt	25 °C	15 °C	18...22 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Erillinen kompensointitila	40 °C	5 °C	15...25 °C			huom. 4 tai 5

Lämpötilat positiivisia lukuja.

huom. 1 IEC 61 330 mukainen koteloitiluokka.

huom. 1a Maksimiarvon määrää muuntajan lämpeneminen.

huom. 2 Mitä alhaisempi sen parempi. Ympäriällä olevat tilat otettava huomioon.

huom. 3 Tarvittaessa pieni ylipaineistus ympäristöön nähden.

huom. 4 Mekaaninen suodatus.

huom. 5 Tarvittaessa kemiallinen suodatus.

huom. 6 Harkinnan mukaan.

Kuva 22. Sallitut lämpötilat tiloittain ST-kortin 53.61 mukaisesti [48 s. 3].

Kuvan 22 mukaiset lämpötilan arvot ovat ohjeellisia. Lämpötilan valinnassa huomioidaan myös työskentelytilat. Vain kojeita, johtoja ja laitteita sisältävät tilat antavat mahdollisuuden lämpötilan laskemiseen. Kosteuden tiivistyminen on kuitenkin estettävä, sillä tiivistyessään kosteus aiheuttaa usein hapettumista ja heikentää siten käyttövarmuutta. Mitä tärkeämpiä kojeet ja laitteet ovat, sitä paremmin asia on varmistettava. Tarvittaessa on käytettävä kuivatus- tai kostutuslaitteita. Kun lämpötilan sallitaan laskea huomattavan alas, esimerkiksi muuntajatiloihin jopa pakkasen puolelle, tulee rakentaa lämmöneristykset lämpimämpien tilojen suuntaan. Lämmöneristykseen tarvitaan toisinaan myös kosteuden tiivistymisen estämiseksi. Esimerkiksi ulkona kivirakennuksessa olevan muuntajatilakatto pitää varustaa lämpöeristyksellä, ettei muuntajan häviölämpö aiheuta kosteuden tiivistymistä katon kylmään pintaan [48 s. 6].

ST 52.30.01 akkuhuoneet ja varaamotilat (2003) määrittää akkutilalle lämpötilaluokan, jolla taataan akuston mahdollisimman pitkä käyttöikä. Tällöin akkutilan tulee olla kuiva ja lämpötila saa vaihdella välillä $+20 \pm 5$ °C. Akkujen valmistaja ilmoittaa kuitenkin lo-pullisen lämpötilan. Tarvittaessa tulee akkutilaa jäähdyttää keinotekoisesti. Nyrkkisään-nön mukaan suljetun lyijyakun käyttöikä lyhenee 50 % jokaista 10 °C:n käyttölämpötilan nousua kohden [49 s. 2].

Teollisuus- ja toimistomaiset tilat poikkeavat toisistaan lämpöolojen suhteen sekä niille on omat ohjearvonsa johtuen erilaisesta elimistön lämmöntuotosta ja vaatuksesta eri-tyyppisissä työtehtävissä. Toimistotyypisissä työtiloissa tarkastellaan lämpöviihtyvyyttä ja veto-ongelmia ja teollisuudessa taas voi olla kysymys elimistön kuormittumisesta kuu-missa olosuhteissa tai kylmätyn vaatimasta vaatuksesta. Osassa teollisuustiloja toi-saalta työtehtävät ja lämpöolot ovat lähellä toimistotyypisiä tiloja [50]. Koska sähköase-mat rakennetaan nimenomaan laitteita varten eikä siellä ole varsinaisia työskentelytiloja työntekijöille, kuten valvomotiloja, on laitteiden vaatima lämpötila ensisijainen. Pääsään-töisesti henkilötötilat tulee sijoittaa erilleen varsinaisista sähkötiloista. Jos sähkötilassa on kiinteitä työpisteitä, ne tulee ottaa huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa. Tilojen lämpöolojen, ilman puhtauden ja äänitason on vastattava RakMk D2:ssa esitettyjä arvoja. Henkilötötiloille asetettavat vaatimukset esitetään kuvassa 23. Ilman puhtauden tulee tällöin vastata RakMk D2:n toimistotiloille esitettyjä arvoja [47 s. 5].

Henkilötötiloille asetettavat vaatimukset.			
	Yksikkö	Raja-arvot	Tavoitearvot
Lämpötila			
- istumatyö	°C	20...28	21...25 ¹⁾
- kevyt, liikkuva työ	°C	18...25	19...23 ¹⁾
Suhteellinen kosteus	%	15...70	30...50 ²⁾
Ilman nopeus (vetokäyrä ³⁾)			
- istumatyö		2	2
- kevyt, liikkuva työ		4	4
Melu	dB(A)	4)	4)

¹⁾ Työskentelypaikalla ei saa esiintyä esim. prosessin aiheuttamaa haitallista lämpösäteilyä tai haitallisen kylmiä pintoja.
²⁾ Tavoitearvon saavuttaminen edellyttää ilman kosteuden säätöä.
³⁾ vetokäyrät esitetty RakMK osassa D2
⁴⁾ Ilmastoinnin aiheuttama melu RakMK osan D2:n mukaan saisi henkilötötiloissa olla enintään 40 dB (A). Kuitenkin sähkötiloissa taustamelu on yleensä huomattavasti korkeampi, esim. 55...65 dB(A), ei RakMK D2:n vaatimus ole tällöin realistinen.

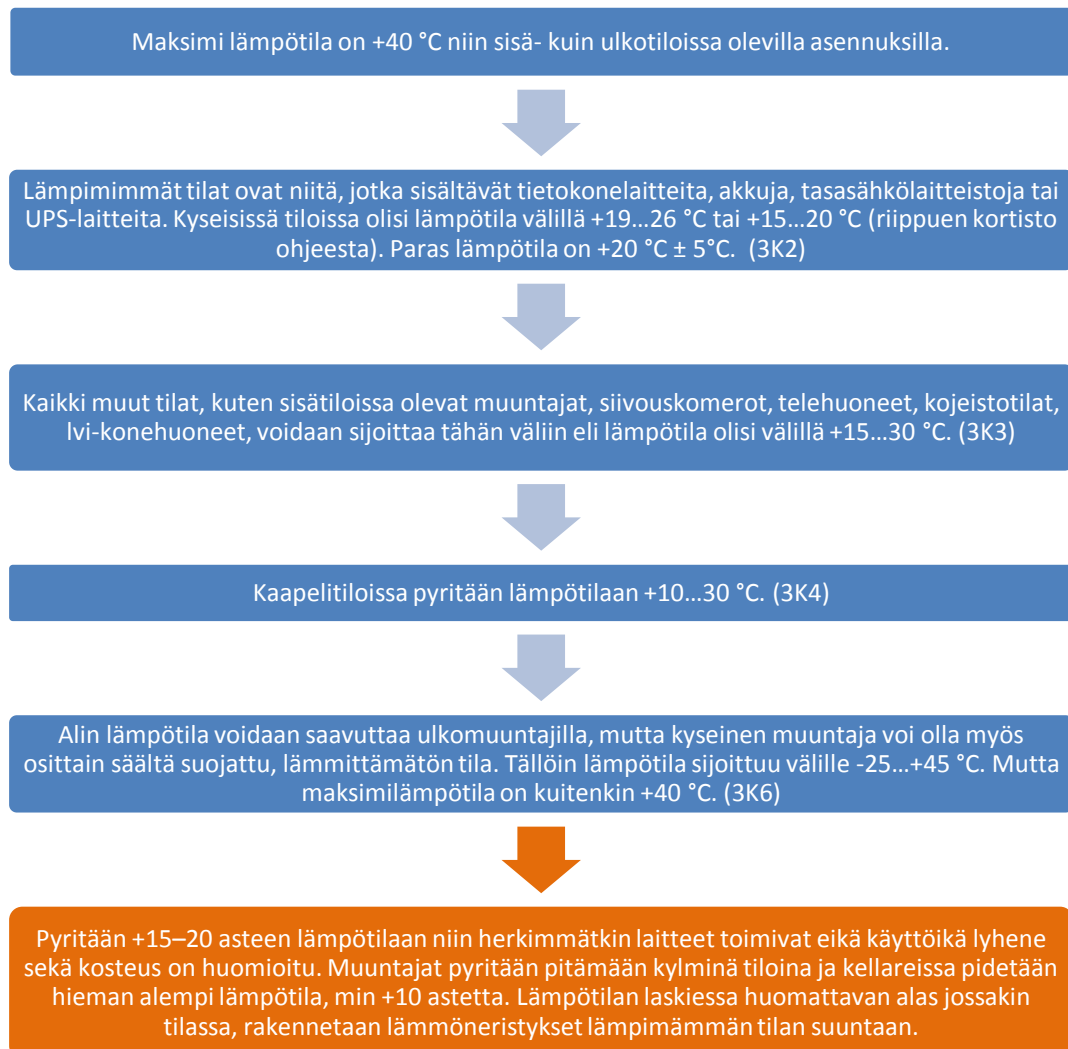
Kuva 23. Henkilötötiloille määritetyt lämpötilavaatimukset LVI 30-10231 mukaisesti [47 s. 5].

RakMk D2 määrittää, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava niin, että oleskelu-vyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. Ohjearvona on tehdashallille ja keskiraskaalle työlle $+17$ °C [51 s. 5-6]. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan RakMk D2:n mukaan sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastovaatimukset on suunniteltu toteutuvaksi. Yleensä se on vähintään huonetilan osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 m:n korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 m:n etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista [51 s. 4].

Työturvallisuuslaissa ei myöskään ole tarkkoja määräyksiä lämpötilalle, mutta työntekijän altistuminen turvallisuudelle tai terveydelle haittaa taikka vaaraa aiheuttaville muun muassa lämpötilaolosuhteille on rajoitettava niin vähäiseksi, ettei näistä tekijöistä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle taikka lisääntymisterveydelle [52 39 §]. Tarkempia määrityksiä ei ole määritelty lämpötilaolosuhteille työturvallisuuslaissa tai valtioneuvoston asetuksessa työpaikkojen turvallisuus- ja terveystaakimuksesta. Mikäli sähköasemalla on WC-tila, suositellaan sen lämpötilaksi kuitenkin vähintään + 18 astetta pysyvillä työpaikoilla [53].

7.1.3 Suositus lämpötilatasolle

Täten näiden ohjeiden, määräysten ja standardien jälkeen on päädytty seuraavaan suositukseen, joka on mitoitettu koneelliselle ilmanvaihdolle (kuva 24).



Kuva 24. Lopullinen suositeltu lämpötilataso sähköasemalla.

Jos käytettäisiin painovoimaista ilmanvaihtoa, suositeltu lämpötila voi vaihdella noin ± 5 – 10 astetta. Kuvasta 24 nähdään myös lämpötilojen määräytyminen tiloittain. Saatu lämpötilataso $+15$ – 20 °C ei ole ehdoton. Lämpötilaa voidaan laskea alemmas, mikäli laitteiden olosuhdeluokitus sen sallii. Täten uutta sähköasemaa suunniteltaessa on prosessisuunnittelijoiden ensin määritettävä, halutaanko laitteiden sijoittuvan alempaan olosuhdeluokkaan, jolloin sähköaseman lämpötilaa voidaan laskea ilman, että se vaikuttaa sähkölaitteiden toimintaan. Kun sähkölaitteiden olosuhdeluokat ovat tiedossa, kerrotaan ne LVI-suunnittelijalle, joka huomioi ne sisäolosuhteiden suunnittelussa.

Työntekijöiden puolesta suositeltu $+17$ °C sopii hyvin suositellun tason välille. Työntekijöille ei ole määrätty ehdotonta lämpötilaluokkaa, mutta on hyvä ottaa huomioon työn luonne. Pientä käsinäppäryyttä vaativaa työtä on hankala tehdä kylmissä oloissa, mikäli työntekijän kädet kylmettyvät. Samoin työntekijät kokevat eri lämpötilat eri tavalla. Siinä missä toisen mielestä $+17$ astetta on sopiva, voi toiselle se olla liian kylmä. On vaikeaa löytää kaikkia työntekijöitä miellyttävää lämpötilaa, joten on hyvä pyrkiä suositeltuun keskitasoon ja noudattaa sitä. Työnantajan on myös varustettava työntekijät lämpötilaan sopivalla riittävällä työvaatetuksella.

7.1.4 Rakenteille sopiva lämpötila

Jos sähkölaitteiden olosuhdeluokitukset antavat myöten tehdä sähköasema matalampaan lämpötilaluokkaan kuin $+15$ astetta, on tärkeää pitää mielessä myös rakenteille sopiva lämpötila. Lämpötilan lasku nostaa ilman suhteellista kosteutta ja oleellista on, että tämä kosteus ei nouse 80 % RH (suhteellinen kosteus) tasolle. Sähköasemalla ei ole kosteustuottoa, joten tällöin lämpötilaa voidaan laskea jonkin verran. Talvella, kun ulkona on kylmä, ilmanvaihdon mukana sisällä tulleen ilman suhteellinen kosteus putoaa hyvin alas ja kyseisissä olosuhteissa riittää hyvin pienikin lämpötila pitämään ilmankosteuden alhaisena. Lämpötilan ollessa pakkasen puolella, ei ole ylipäättäen homeen kasvulle otollisia olosuhteita vaikka RH olisikin korkea [54].

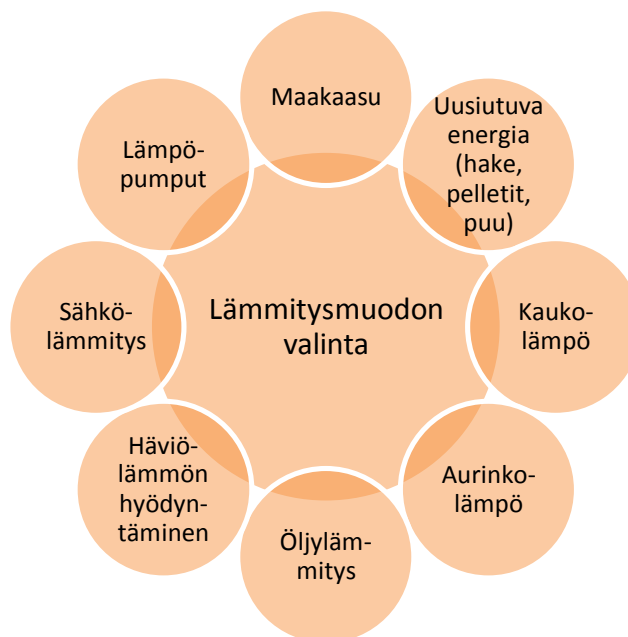
Loppukesä ja syksy, sekä sateinen kesä, ovat ongelmallisia ajanjaksoja, koska ilman vesihöyrypitoisuus on korkea. Tällöin lämpötila ei saa laskea kovin paljon, jotta suhteellinen kosteus pysyisi edelleen alle 80 % RH:ssa. Täten paras ja energiankulutuksen kannalta optimaalisin lämmitysratkaisu olisi kuivanapitolämmitys. Tällöin lämmitysteho on lämpötilan sijaan vakio, siten että sisälämpötila olisi aina jonkin verran korkeampi kuin ulkoilman lämpötila [54].

Kuivanapitolämmityksessä pitää muistaa myös, että vesikalusteissa ei saa olla vettä tai vesikalusteiden pakkasenkestävyys pitää varmistaa. Sisälämpötila saattaa laskea nimitään välillä pakkasen puolelle. Sisällä on ulkolämpötilaan verrattuna 3 – 5 astetta lämpimämpää kuin ulkona. Peruslämpöön verrattuna huonona puolena on myös, se että rakennuksen lämmittäminen käyttölämpötilaan kestää pidempään. Kuivanapitolämmityksen etuja on sähkölämmitystä käyttäessä: pienet sähkökustannukset, alhainen sähkötehon

tarve ja pienet kosteuden vaihtelut. Kuivanapitolämmityksen tavoitteita ovat homeriskien vähentäminen ja kondenssin estäminen. Home ei kasva pakkasessa ja suhteellinen kosteus ei saa olla pitkiä aikoja yli 80 % plusasteissa. Veden kondensoituminen on haitallista sähkölaitteille. Suhteellinen kosteus ei saa olla tällöin 100 % [55]. Sähkölaitteiden olosuhdevaatimukset on huomioitava tässäkin tapauksessa ennen kuin kuivanapitolämmitykseen voidaan siirtyä.

7.1.5 Lämmitysmuodon valinta

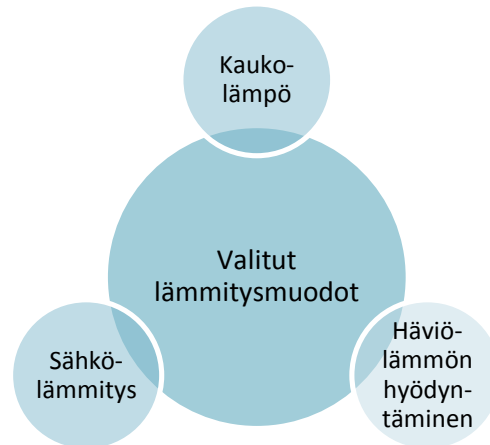
Lämmitysmuodon valintaan voidaan useimmiten vaikuttaa vain uudisrakennuskohteissa ja mittavissa peruskorjauskohteissa. Järjestelmävalintaan vaikuttavat laitteiden ja järjestelmien mitoituslämpötilat. Edullisin lämmitysenergian tuotantomuoto tulee selvittää tapauskohtaisesti kohteen sijainnin ja erityispiirteiden määrittämät reunaehdot huomioon ottaen. Kyseeseen tulevat myös erilaiset yhdistelmät eri energiamuodoista. Lämmitysmuodon valintaan vaikuttavat myös rakennuksen lämmitysjärjestelmälle asetetut arkkitehtoniset, toiminnalliset ja sisäilmaston laatutasoon liittyvät tavoitteet [15 s. 70–71]. Tässä tutkimustyössä käytiin lämmitysjärjestelmiä läpi siten, että ensiksi lämmitysmuodoista valittiin parhaimmat vaihtoehdot ja sen jälkeen haettiin sopiva lämmönjakotapa soveltuen valituille lämmitysmuodolle. Tarkastellut lämmitysmuodot on listattu kuvassa 25.



Kuva 25. Tarkastellut eri lämmitysmuodot.

Tietoa eri järjestelmistä ja niiden toimivuudesta sähköasemalla haettiin eri lähteistä kuten Motivan sivuilta [56]. Eri lämmitysmuotojen hyvät ja huonot puolet listattiin sekä myös energiakustannuksia vertailtiin. Ominaisuuksien listauksen ansiosta nähtiin hyvin, vaati-

vatko jonkin lämmitysmuodon laitteet lisää tilaa sähköasemalla, ovatko jonkin lämmitysmuodon käyttökustannukset edullisempia kuin toisen tai ovatko ne vaihtelevia sekä mitä ongelmia lämmitysenergiantuotossa voi olla. Lämpöpumpuista käytiin myös kaikki erilaiset lämpöpumput läpi eli maalämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu, ilma-ilmalämpöpumppu sekä ilma-vesilämpöpumppu. Näiden asioiden vertailun jälkeen sovellettavat lämmitysmuodot typistyivät vaihtoehtoihin, jotka on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Valitut lopulliset lämmitysmuodot.

Kaukolämpö valikoitui, koska se on vaivaton ylläpidon kannalta eikä tarvita lämmintä vettä varten erillistä lämminvesivaraajaa, kaukolämmöllä voidaan hoitaa myös tuloilman jälkilämmitys ilmanvaihtolaitteessa ja yhteistuotanto on energiatehokasta. Asemakaavassa saattaa olla myös vaatimus käyttää lämmöntuottona kaukolämpöä. Kaukolämmön hinta koostuu kolmesta tekijästä: liittymismaksusta, energiamaksusta ja tehomaksusta. Kaukolämpö sopii myös vesikeskuslämmityksen lisäksi ilmalämmitys- ja ilmanvaihtolämmitykseen [16 §57a, 56, 57]. Lämmönjaon suhteen on hyvä muistaa, että vesikeskuslämmitysjärjestelmään voidaan liittää tuotannon hukkalämmön talteenottojärjestelmiä [42 s. 11]. Vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään kuuluvat aina paisunta- ja varolaitteet ja veden liike saadaan aikaan yleensä kiertovesipumpulla. Kaukolämmön järjestelmät vaativat myös tilaa teknisessä tilassa. Lämmönjakuhuoneen mitat riippuvat rakennuksen koosta ja lämmönjakokeskukseen sijoitettavien lämmönsiirtimien lukumäärästä [45 s. 97, s. 114]. Lämmönjakokeskus koostuu säätölaitteista, kiertovesipumpuista, paisunta- ja varolaitteista, mittareista ja sulkuventtiileistä [57]. Kaukolämmön energiahinta esimerkiksi rivitalossa/pienessä kerrostalossa (ohjeellinen rakennustilavuus 5000 m³) vuonna 2015 on Helen Oy:llä 64,87 €/MWh (alv 24 %) [58].

Sähkölämmitys koettiin hyväksi vaihtoehdoksi, koska tällöin ei tarvitse tehdä vesikiertoista patteriverkostoa. Sähkölämmitys on helppokäyttöinen, vaivaton ja sen hyötysuhde on hyvä. Sähkölämmitys on myös ympäristöturvallinen, helposti ohjattava ja se reagoi nopeasti sisäisiin lämmönvaihteluihin. Se on myös kustannustehokas, koska se ei vaadi

kalliita investointeja tai työläitä huoltotoimenpiteitä [59]. Sähkölämmityksen toteutus-tapa sähköasemalla on suorasähkö, jolloin lämpö siirtyy suoraan huoneiden lämmitykseen. Sähkö saadaan myös suoraan sähköasemalta omakäyttömuuntajan kautta. Järjestelmälle on ominaista helppo ja nopea säädettävyys [45 s. 131]. Järjestelmän laitteet eivät vaadi erillisiä lämmönjakohuoneita tai lisätilaa teknisessä tilassa. Lämminvesi on tehtävä kuitenkin erillisessä lämminvesivaraajassa. Käyttökustannus HSV:llä on yleistä tasoa halvempi ja sähköaseman omakäyttösähkö sisältyy HSV:n häviösähköhankintaan. Täten vuonna 2014 häviösähkön keskihinta verottomana oli 44,2 €/MWh. Sähköveroa ei makseta [60]. Halvempi hinta puolustaa siten sähkölämmityksen käyttöä.

Sähköaseman päämuuntajat tuottavat häviölämpöä, jota on järkevää käyttää hyödyksi sähköaseman lämmityksessä. Tällöin säästetään sähköaseman lämmityskustannuksissa. Lämmöntalteenottolaitteet vaativat tilaa ja ne voidaan sijoittaa omaan huoneeseensa. Laitteet voidaan sijoittaa myös osittain samaan tilaan päämuuntajien kanssa, mutta muuntajatiloihin ei haluta mielellään ylimääräisiä huoltokohteita. Muuntajatilalla ollessa lämmittämätön, on se myös huono vesiputkien kannalta. Samoin säästöjä voidaan mahdollisesti saada muuntajissa olevien öljy-ilmajäähdyttimien puhaltimien sähkönkulutuksessa, koska jäähdyttävän öljyn lämpötila on siten alhaisempi. Muuntajan käydessä viileämpänä muuntajan häviöt, ja myös häviökustannukset, pienevät. Sähköasemalle sopii hyvin häviölämmön hyödyntäminen myös siksi, että ilman lämpötilan vaihtelu ei haittaa toisin kuin esimerkiksi toimistotiloissa. Lämmönjako voidaan toteuttaa lämpöpumpulla vesikiertoisen patteriverkoston avulla, jolloin toimintaidea muistuttaa maalämpöpumppua. Lämmitys on mahdollista tehdä myös ilmanvaihtolämmityksen avulla. Tällöin ei tarvita vesikiertoista patteriverkostoa eikä lämpöpumppua. Käyttökustannukset ovat pienet, mutta investointikustannukset ovat suuret. Takaisinmaksuaika olisi kuitenkin aiemmin tehdyn tutkimuksen mukaan lämpöpumppujärjestelmällä parhaimmillaan 3 vuotta [61 s. 88–89, 62].

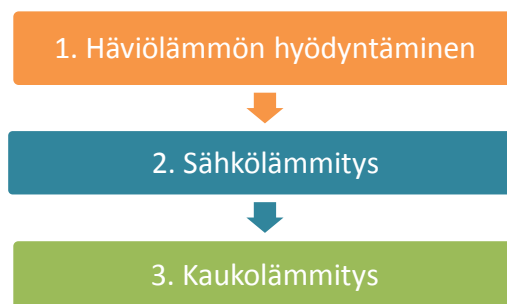
Häviölämmön talteenotto, kaukolämmitys ja sähkölämmitys valikoituivat siten kannatettaviksi sähköaseman lämmitystavoiksi. Muut järjestelmät hylättiin niiden ominaisuuksien vuoksi kuten lämmönjakotavan, lämmitystavan huonon toimivuuden takia miehittämättömällä sähköasemalla, lämmityslaitteiden tilan viennin tai lisääntyneiden paloturvallisuusmääräysten, korkeiden energia- tai investointikustannusten, energiantuotannossa esiintyvän epävarmuuden vuoksi tai sen takia, että järjestelmä vaatii kovilla pakkasilla varajärjestelmän. Esimerkiksi muissa järjestelmissä toistui lämmönjaon tapana usein vesikiertoinen jakotapa, jota halutaan mielellään välttää HSV:ssä. Aurinkolämmityksessä taas suuret investointikustannukset ja energian huono saatavuus talvella ovat huonoja puolia. Samoin myös öljylämmityksen kohdalla kattilahuone lisää pinta-alaa ja vaatii omat tilansa sekä palo-osastointinsa [45 s. 102–103].

Lämpöpumput ovat mielenkiintoinen vaihtoehto, mutta ne kuitenkin sellaisenaan hylättiin paitsi maalämpöpumppu. Esimerkiksi maalämpöpumppu vaatii tonttitilaa, järjestelmän laitteet vievät tilaa teknisessä tilassa ja vesikiertoinen lattialämmitys on suositeltu,

sillä lämmitysverkkoon menevän veden ei tarvitse olla siten niin lämmintä kuin patteriverkostossa. Lämpöpumpun hyötysuhde heikkenee sen mukaan, mitä lämpimämpää vettä vaaditaan. Toimintaidea muistuttaa muutenkin häviölämmön hyödyntämistä lämpöpumpulla, joten järjestelmä on järkevintä toteuttaa häviölämmön hyödyntämisen yhteydessä kerrotulla tavalla [15 s. 72–73, 56]. Periaatteessa siis ideaa ei hylätä, mutta se voidaan toteuttaa toisin. Poistoilmalämpöpumpun toiminta muistuttaa ilmanvaihtoa LTO:lla varustettuna. Järjestelmän vaatimukseen kuuluu, että ilmaa vaihdetaan aina riittävästi ja rakennuksen sisäilman ollessa lämmönlähteenä, pitää sen olla noin +21 asteista. Myöskään tällä järjestelmällä ei voida tuottaa kaikkea rakennuksen vaatimaa lämmitysenergiaa vaan joudutaan käyttämään lämpöpumpun sähkövastuksia [56]. Tämän järjestelmän suhteen on helpompi tuottaa ilmanvaihto ilmapuhalluskoneella, jotta ilmavirtoja ja sisälämpötilaa voidaan säätää tarpeen mukaan.

Ilma-ilmalämpöpumppua voitaisiin käyttää sähkölämmityksen tukena alentamaan kustannuksia, mutta kovilla pakkasilla säästöjä ei saada. Myöskin aseman rakenteen tulisi olla yksinkertainen, jotta väliseinät ja rakennuksen monimutkainen rakenne eivät rajoittaisi merkittävästi lämmön siirtymistä. Yksi ilmalämpöpumpun sisäyksikkö levittää lämpöä tavallisesti rakennusmuodosta ja tilan koosta riippuen 30–100 m²:n alueelle. Tässä työssä muuntoaseman pinta-ala on noin 1000 m². Saatavat säästöt ovat siten epävarmoja. Ilma-vesilämpöpumppu taas siirtää ulkoilmasta otetun lämmitysenergian vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, jota ei mielellään haluta. Kylmempinä aikoina tarvitaan myös varajärjestelmää [56].

Kun lämmitysmuodot oli käyty läpi, listattiin ne paremmuusjärjestykseen (kuva 27).



Kuva 27. Lämmitysmuotojen parhaimmisto.

Häviölämpöä kannattaa ensijaisesti hyödyntää, mikäli mahdollista, koska käyttökustannuksia ei juuri ole ja lämpöä saadaan päämuuntajista häviölämpönä. Sähkölämmitys on hyvä vaihtoehto toisena, koska sähköenergian käyttökustannukset asemalla ovat pienet. Myöskään vesikiertoista lämmitysjärjestelmää ei tarvita. Kaukolämpö on viimeisimpänä vaihtoehtona, jos muut eivät ole toteutettavissa tai asemakaava niin määrää.

7.1.6 Lämmönjakotavan valinta

Lämmönjakotavan valintaa lähdettiin tekemään valittujen lämmitysmuotojen pohjalta sekä tutustumalla lämmönjakotapoihin yleisesti. Lämmönjakotapaa vaalittaessa tulisi ottaa huomioon myös hankinta- ja käyttökustannusten lisäksi muun muassa rakennuksen käyttötarkoitus ja koko [63 s. 8]. Eri vaihtoehtoja vertailtiin (kuva 28) ja siten selvitettiin sopivimmat lämmönjakotavat valituille lämmitysmuodoille.



Kuva 28. Lämmönjakotapojen vertailut eri vaihtoehdot.

Sähköisessä lattialämmityksessä käytetään lattialämmityskaapeleita ja vesikiertoisessa lattialämmityksessä lämmitysputkia, joissa kiertää vesi. Lattialämmitys voidaan tehdä myös ilmakiertoisena. Tällöin lattialaataan asennetaan suljettu ilmanavisto, jossa kiertää lämmin ilma. Järjestelmät ovat pääasiassa pientalojen lämmitysjärjestelmiä, mutta sillä on toteutettu myös suurten tilojen lämmityksiä, kuten lentokonehallien lämmitys [62, 63 s. 7-64]. Lattialämmitys mielletään mukavuuslämmitykseksi ja lattialämmityksen voisi kokea hyödyllisemmäksi esimerkiksi päiväkodissa, jossa lapset istuvat paljon lattialla. Sähköasemalla mukavuuslämmitys ei ole tärkeintä. Lattialämmitys on myös hankala tilojen muunneltavuuden suhteen, jos joskus tiloja halutaan yhdistää tai jakaa isompi tila pienempiin, koska yleensä jokainen tila varustetaan omalla lattialämmityskaapelilla tai -putkikilillä. Myöskään vesikiertoista lattialämmitystä käyttäessä ei tarvitse pelätä mahdollisia vuotovahinkoja sähköaseman sähkötiloissa.

Häviölämmön ja kaukolämmön avulla tuotettua lämmintä vettä voidaan kierrättää huonekohtaisissa pattereissa, jotka luovuttavat lämmön huonetilaan. Yleisin vesikiertoinen patterilämmitys on niin sanottu kaksiputkijärjestelmä, jossa meno- ja paluuedellä on

omat putkistonsa [64]. Suoran sähkölämmityksen sähkölaitteet ovat halvempia kuin muiden lämmitystapojen laitteet. Suoran sähkölämmityksen laiteratkaisuja on tarjolla useita, mutta huonekohtaisilla pattereilla toteutettu lämmitys on ylivoimaisesti yleisin sähkölämmitysmuoto [45 s. 130–131]. Lämmönjakotapana patterilämmitys on toimiva sähköasemalla, mutta patterit vievät seinätilaa ja vaativat myös tilaa ympärillä, jotta lämpö ei jäisi esteiden taakse. Patterit rajoittavat siten sähkölaitteiden sijoittelua huoneessa. Huonekorkeus ei myöskään saisi olla liian korkea, koska patterit eivät toimi tehokkaasti tällaisten tilojen lämmönluovuttimina [42 s. 10]. Pattereiden sijoittamisessa eri huonetiloihin sähköasemalla tulisi ottaa huomioon, että jokaisessa huoneessa tulisi olla oma patteri, ulkoseinätön huone ei kaipaa patteria ja porrashuoneiden patterit on tarkoituksenmukaista sijoittaa sisääntulotasoon. Tuulikaapit eivät välttämättä kaipaa omaa patteria [45 s. 118].

Ilmalämmitys käsittää kaikki ne järjestelmät, joissa lämpö jaetaan huoneisiin ilman avulla. Ilmanvaihtolämmityksessä käytetään lämmönjakoon lämmöntalteenotolla varustettua tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää. Lämmin ilma jaetaan huonetiloihin kattoon tai seinään sijoitetuista päätelaitteista. Järjestelmä sopii vähän energiaa kuluttavaan pientaloon, mutta myös sähköasemille [63 s. 7, 64]. Ilmalämmitys ilmanvaihtokoneilla on parempi korkeissa ja avoimissa tiloissa kuin matalissa ja sokkeloisissa tiloissa [42 s. 10]. Kierrätysilmalämmityksessä ilma lämmitetään joko vedellä tai sähköllä ja sitä kierrätetään erillisen puhaltimen avulla vapaasti lämmitettävässä tilassa. Sitä voidaan käyttää teollisuus- ja liiketiloissa sekä muissa suurissa tiloissa, joissa lämpötilojen tasaisuudella ei ole niin suurta merkitystä [63 s. 8]. Ilmanvaihtolämmitys ja kiertoilmalämmitys ovat toimivia ratkaisuja sähköasemalla. Ilmalämmitys ei vie välttämättä seinätilaa toisin kuin patterit, mutta se voi vaatia toimiakseen hallimaisen tilan, sillä ilmalämmitys toimii paremmin avoimissa tiloissa.

Säteilylämmityksessä hyödynnetään huonetilojen sisäkattoon asennettuja lämmityselementtejä, jotka lämmittävät huoneilmaa [63 s. 8]. Säteilylämmitys on tarkoitettu paikalliseen lämmittämiseen ja se on tehokas tapa lämmittää myös tilapäisesti. Säteilylämmittimen lämpötila voi olla satoja asteita, joten paikallinen lämmitysvaikutus on voimakas. Matalalämpötilaiset säteilylämmittimet voidaan sijoittaa lähemmäs käyttökohdetta. [45 s. 135–136] Sähköasemaa lämmitetään nimenomaan sähkölaitteita varten, joten tällöin kohdistettu lämmitys työntekijöitä varten tuntuu turhalta. On järkevämpää säätää lämmitystä rakennusautomaation avulla sen mukaan, onko asemalla työntekijöitä vai ei. Tiloja pitää kuitenkin lämmittää kokonaisuudessaan, vaikka asema on tyhjä. Toisaalta, jos asema olisi kylmää tilaa, voitaisiin matalalämpöpintaisella lämmittimellä kohdistaa lämpöä tarpeen mukaan työskenneltäessä. Näiden selvitysten jälkeen lämmönjakotavoiksi lämmitysmuodoittain valikoituivat seuraavat vaihtoehdot (kuva 29).

Häviölämpö	Sähkölämmitys	Kaukolämpö
<ul style="list-style-type: none"> • Ilmanvaihtolämmitys • Vesikiertoinen patterilämmitys 	<ul style="list-style-type: none"> • Sähkölämmityspatterit 	<ul style="list-style-type: none"> • Ilmalämmitys • Vesikiertoinen patterilämmitys

Kuva 29. Valitut lämmönjakotavat lämmitysmuodoittain.

7.1.7 Suositus lämmitysjärjestelmälle

Lämmitys muuntajien häviölämpöä käyttämällä voidaan toteuttaa parhaiten ilmanvaihtolämmityksellä. Tällöin ei tarvitse käyttää vesikiertoista lämmönjakotapaa eikä vesivuotoriskejä ole. Tilasuunnittelun merkitys korostuu ilmanvaihtolämmitystä käytettäessä, koska se sopii parhaiten hallimaiselle tilalle. Kun koko lämmitys tapahtuu ilman avulla, muodostuvat ilmavirrat usein suuriksi ja kanavat vievät silloin runsaasti tilaa [15 s. 90]. Järjestelmää käyttäessä on myös hyvä rakentaa sähköasema rakenteellisesti tiiviiksi. Ilmanvaihtolämmityksen toteuttaminen vaatii myös koneellista ilmanvaihtoa. Myös, jos sähkölaitteet vaativat parempaa sisäilmastoa, sopii ilmanvaihtolämmitys kiertoilmalämmitystä paremmin (kuva 30). Mikäli lämmitys joudutaan toteuttamaan kaukolämmityksellä, kannattaa siinäkin käyttää ilmalämmitystä hyväksi, jotta välttyttäisiin vesikiertoiselta patterijärjestelmältä.

Sähkölämmityspatterit ovat hyvä tapa lämmittää sähköasemaa, koska järjestelmä soveltuu sekä uusiin että peruskorjattaviin rakennuksiin, hankintakustannukset ovat alhaiset ja säätöominaisuudet ovat hyvät. Sähköpattereilla elektronisten termostaattien avulla huonelämpötila pysyy tarkasti asetellussa arvossaan ja patterit reagoivat myös nopeasti lämmöntarpeen vaihteluihin. Patterilämmityksen hyötysuhde on hyvä, koska lämpö tuotetaan siinä tilassa, jossa lämpöä tarvitaan. Myös energiatehokkaasti rakennettuihin rakennuksiin sopii sähkölämmitys, koska energiatehokas rakentaminen vähentää lämmitysenergian tarvetta [59, 64]. Vesikiertoista patterilämmitystä suositellaan käytettävän vain kaukolämmön yhteydessä.

Erilaisten lämmitysjärjestelmien soveltuvuus teollisuuskiinteistöihin

● Vesikiertoinen
● Lämminilmakehitin

	Patterit	Ilmalämmitys, keskuskoje	Ilmalämmitys, kiertolamakoje	Kanavoitu	Ei kanavoitua
Hallin muoto					
Kapearunkoinen	×	×	×	×	×
Leveärunkoinen		×	×	×	×
Matala	×	×	×	×	×
Korkea		×	×	×	×
Suuri		×	×	×	×
Pieni	×	×	×	×	×
Tuotannon vaatimukset					
Ilmassa epäpuhtauksia		×		×	
Lämpökuormia	×	×	×	×	×
Tarkat sisäilmastovaatimukset		×			
Käyttöaika					
Pitkä, vuotuinen	×			×	×
Lyhyt, vuotuinen			×	×	×
Toimisto, sosiaalitilat	×	×			

Lähde: Neste Oy

Kuva 30. Eri lämmitysjärjestelmien soveltuvuus teollisuuskiinteistöihin [42 s. 11].

7.2 Ilmanvaihto

Tilaan tuodaan ja sieltä poistetaan ilmaa ilmanvaihdolla. Ilmastointi taas sisältää ilmanvaihdon lisäksi lämmityksen, jäähdytyksen, kuivauksen, kostutuksen ja suodatuksen. Ilmanvaihtojärjestelmä toimii rakennuksen "keuhkoina", joiden puhdistusvaikutus kohdistuu kaikkiin epäpuhtauksiin [65]. Ilmanvaihdon tarve ja laatuvaatimukset vaihtelevat kohteen ja toiminnan mukaan. Paine-ero, joka vaaditaan ilmanvaihdossa, voidaan saada aikaan joko puhaltimilla koneellisella ilmanvaihdolla tai lämpötilaeron vaikutuksella eli painovoimaisella ilmanvaihdolla. Pääosin teollisuuskiinteistöissä käytetään koneellista ilmanvaihtoa [42 s. 15–16].

Erityyppisissä tiloissa ilmanvaihdon mitoitusperusteet, tehtävät ja ratkaisut poikkeavat toisistaan. Tällä perusteella ilmanvaihto voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: teollisuusilmanvaihtoon ja toimistomaisten tilojen ilmanvaihtoon. Näiden ero on se, että teollisuus-tiloissa ja muissa tuotantotiloissa on usein selkeitä epäpuhtauslähteitä, joiden aiheuttama kuormitus on ratkaiseva ilmanvaihdon mitoituksen kannalta [50].

Teollisuuden ilmanvaihtoratkaisun toteutuksessa tulee olla lähtökohtana olosuhteiden ja pitoisuuksien tavoitearvojen toteutuminen, missä on huomioitu ulkoiset ja sisäiset lämpö- ja tuotantoprosessit sekä epäpuhtauskuormat. Teollisuudessa ilmanvaihdon tarve määräytyy tavallisesti prosessista, kun taas toimistotyypisissä tiloissa mitoitus perustuu voimakkaammin ihmisten tuottamiin epäpuhtauksiin ja lämpöön. Teollisuusilmanvaihdon suunnittelussa on huomioitava myös prosessien terveys- ja räjähdysvaarat [65].

7.2.1 Ilmanvaihdon määräykset

Ilmanvaihdolle tulee määräyksiä seuraavista asetuksista, standardeista ja laeista:

- RakMk C1 ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet
- RakMk C2 kosteus, määräykset ja ohjeet
- RakMk D2 rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet
- RakMk D3 rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
- RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- RakMk E7 ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, ohjeet
- RakMk F2 rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- SFS 6001 + A1 + A2 Suurjännitesähköasennukset
- Työturvallisuuslaki
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista
- Maankäyttö- ja rakennuslaki
- SFS-EN 50272-2 akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, osa 2: paikallisakat
- Sosiaali- ja terveysministeriön HTP-arvot.

Määräykset koskevat sopivaa sisäilmastoa, ilmanvaihtolaitteiston ominaisuuksia, kosteusvaatimuksia, SF₆-kaasun poistoon liittyviä vaatimuksia, suunnittelua, energiatehokkuutta, työpaikkojen riittävää ilmanvaihtoa ja ilmanvaihdon paloturvallisuutta. Työturvallisuuslain säädökset ja niiden nojalla annetut määräykset asettavat työnantajalle tavoitetasoon liittyviä työn luonteen mukaan määrittyviä velvoitteita. Lisäksi työnantajan on huomioitava työpaikan suunnittelussa ja työolosuhteiden arvioinnissa sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista työpaikan ilman epäpuhtauksille (HTP-arvot) [66]. Pohjan teollisuuskiinteistön ilmanvaihdolle luo RakMk D2. Kun tiloissa ei työskennellä, voidaan käyttää teollisuuskiinteistössä mitoitusta pienempiä ilma- virtoja. Minimiarvoilla ilmanvaihtoa ei kuitenkaan pidä suunnitella, sillä ilmanvaihtoon vaikuttavat kymmenet muuttajat [42 s. 15]. Määräysten esiintymistä on käsitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

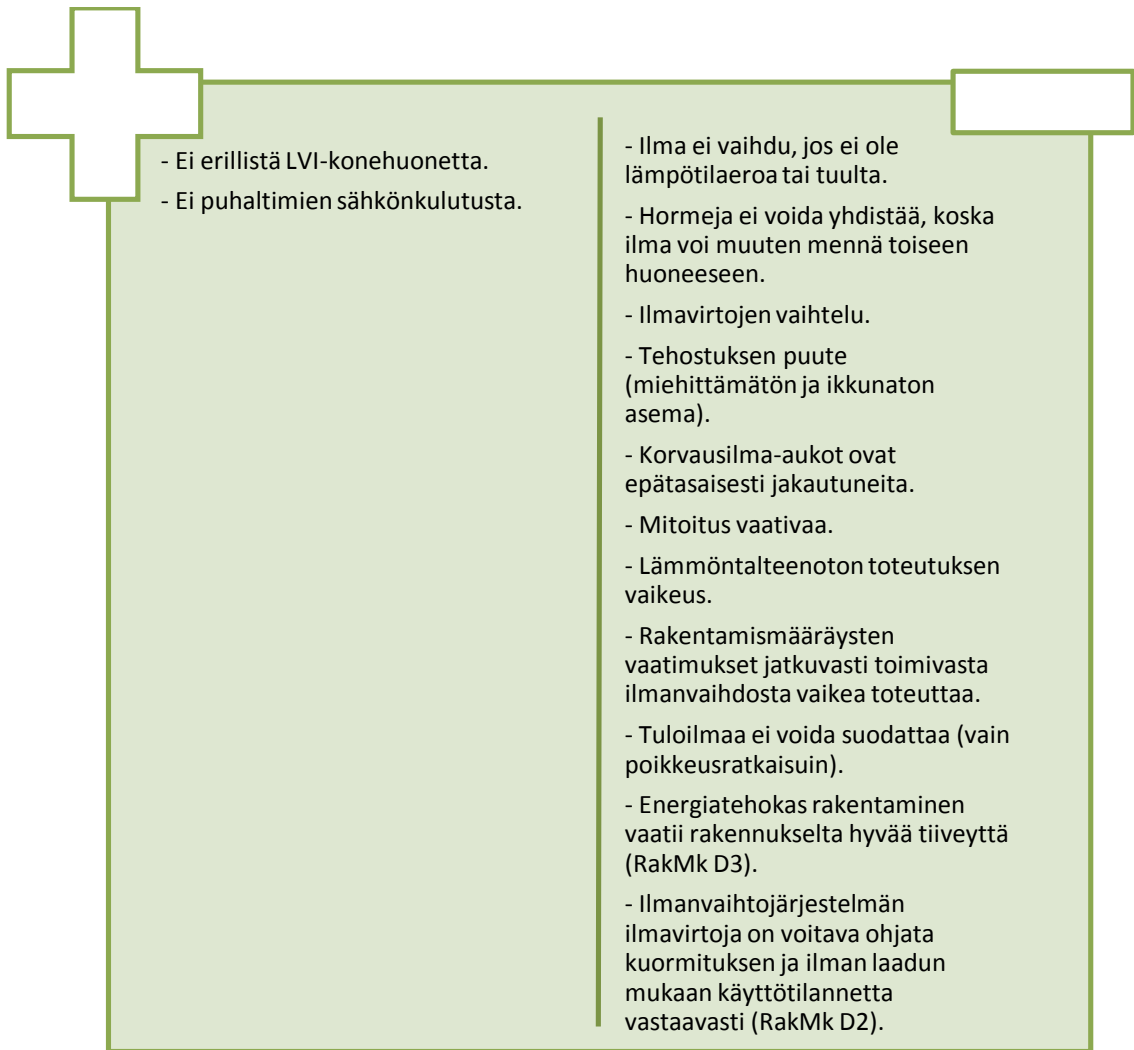
7.2.2 Eri ilmanvaihtotapojen vertailu

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa eri tavoin ja tässä tutkimuksessa selvitettiin neljän erilaisen ilmavaihtojärjestelmän toteutusmahdollisuutta sähköasemalla (kuva 31). Ilmanvaihtotapoja lähdettiin vertailemaan tutustumalla jokaisen ominaisuuksiin ja vaatimuksiin sekä kykyyn vastata määräysten vaatimuksiin.



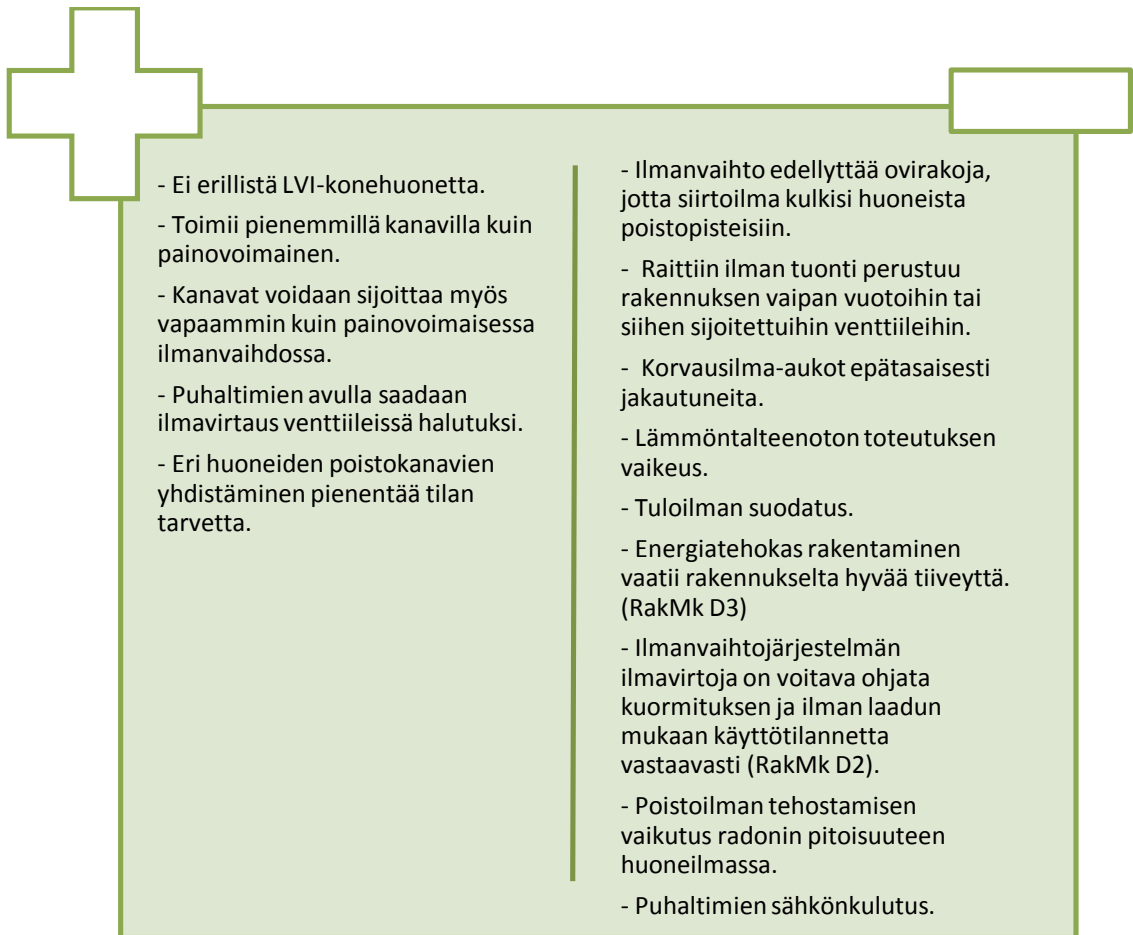
Kuva 31. Selvitetyt eri ilmanvaihtotavat.

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaeroista sekä tuulen vaikutuksesta syntyviin tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä. Ulkoilma tuodaan tiloihin korvausilmaventtiilien ja rakennusvaipan rakojen kautta. Jokaisesta poistoventtiilistä johdetaan hormi vesikaton yläpuolelle. Ilmaa virtaa sitä enemmän tiloihin, mitä kylmempää ja tuulisempaa ulkona on [45 s. 166–168]. Vertailussa hyvien ja huonojen puolien suhteen paljastui, että huonoja puolia on suhteessa enemmän hyviin puoliin verrattuna ja määräysten noudattamisessa on hankaluuksia. Oleellimmat seikat on mainittu kuvassa 32.



Kuva 32. Painovoimaisen ilmanvaihdon hyvät ja huonot puolet [perustuu lähteisiin 45 s. 166–169, 15 s. 97–98].

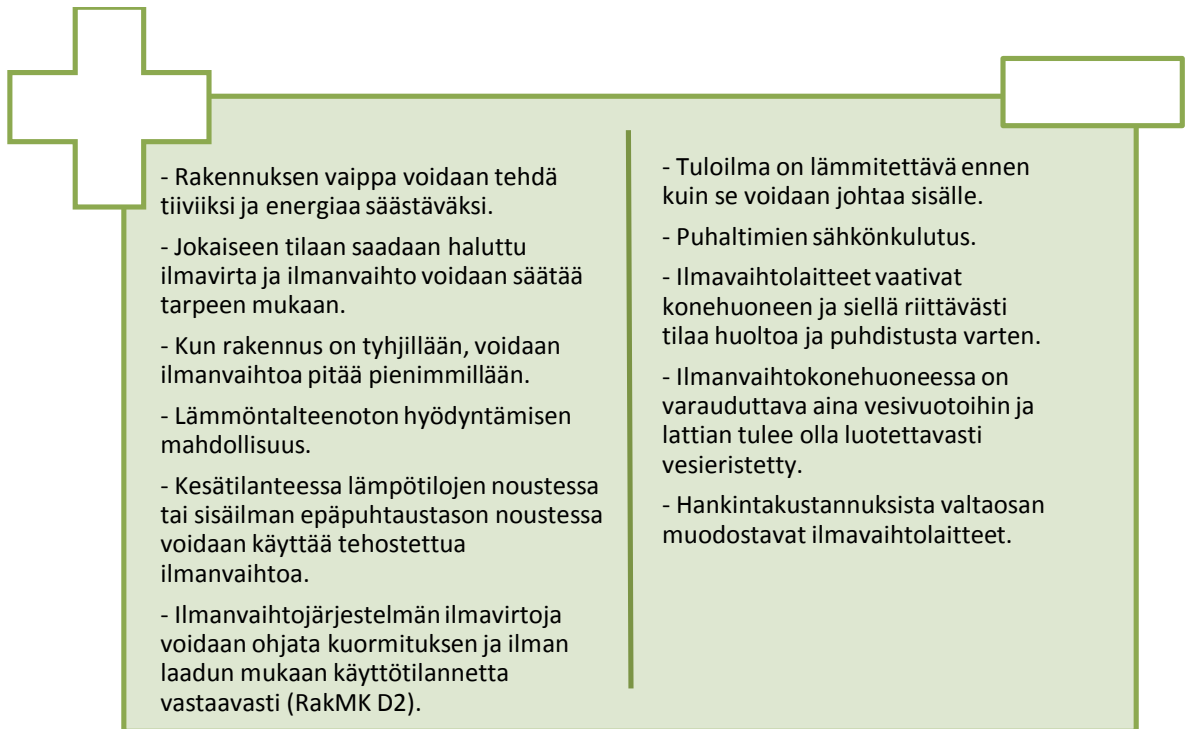
Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilman poisto tehostetaan koneellisesti. Korvausilma virtaa huoneisiin ulkoseinään asennettujen venttiilien tai rakojen kautta. Poistoilmaventtiilien sijoitus on sama kuin painovoimaisessa järjestelmässä, mutta virtausta on tehostettu poistopuhaltimen tai huippumurin avulla [45 s. 169–170]. Koneellisen poistoilmanvaihdon oleellisempia hyviä ja huonoja puolia on koottu kuvaan 33. Huonot puolet ovat samankaltaisia painovoimaisen ilmanvaihdon kanssa, koska tuloilma tulee ilman koneellista tehostusta kuten painovoimaisessa ilmanvaihdossa.



Kuva 33. Koneellisen poistoilmanvaihdon hyvät ja huonot puolet [perustuu lähteeseen 45 s. 29, s. 169–171].

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa myös tuloilma johdetaan koneellisesti. Hyvällä lämmöntalteenotolla tuloilma voidaan lämmittää riittävän lämpimäksi ilman erillistä lämmityslaitetta. Tarvittaessa tuloilma voidaan jälkilämmittää LTO:n jälkeen vesikiertoisella patterilla tai sähköllä [45 s. 171]. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon hyviä ja huonoja puolia on koottu kuvassa 34. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon myötä määräysten toteuttaminen helpottuu huomattavasti ja määräykset ohjaavatkin ilmanvaihtoa koneelliseen suuntaan. Huonot puolet liittyvät lähinnä käyttökustannuksiin, sillä puhaltimet kuluttavat sähköä. Kustannuksiin voidaan vaikuttaa SFP-luvun eli sähkötehokkuusluvun, ilmavirtojen ja käyttöaikojen avulla. Ilmanvaihtolaitteistosta valtaosan hankintakustannuksista muodostavat itse laitteet. Kanavistot varusteineen ja pääte-laitteineen kattavat noin puolet kustannuksista ja ilmanvaihtokoneet toisen puoliskon. Käyttökustannuksista taas suurimman osan muodostavat lämmitys ja sähkön käyttö. Ilmanvaihdon periaateratkaisuilla on vaikutusta myös rakennuksen vaippaan sekä tilatarpeisiin kuilutilojen, kanavointitilojen sekä konehuonetilojen muodossa [15 s. 96–97, 45 s. 182, 62]. Ilmanvaihtokonehuoneet tulee suunnitella niin, että konehuoneessa on riittävästi tilaa koneiden huoltoa ja puhdistusta varten. Riittävänä tilana voidaan pitää koneen

huoltoapuolella olevaa vähintään koneen levyistä ja korkuista tilaa sekä koneen seinän puolella vähintään 400 mm kokoista tilaa [67 s. 109].



- Rakennuksen vaippa voidaan tehdä tiiviiksi ja energiaa säästäväksi.
- Jokaiseen tilaan saadaan haluttu ilmavirta ja ilmanvaihto voidaan säätää tarpeen mukaan.
- Kun rakennus on tyhjillään, voidaan ilmanvaihtoa pitää pienimmillään.
- Lämmöntalteenoton hyödyntämisen mahdollisuus.
- Kesätilanteessa lämpötilojen noustessa tai sisäilman epäpuhtaustason noustessa voidaan käyttää tehostettua ilmanvaihtoa.
- Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtoja voidaan ohjata kuormituksen ja ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti (RakMK D2).

- Tuloilma on lämmitettävä ennen kuin se voidaan johtaa sisälle.
- Puhaltimien sähkönkulutus.
- Ilmavaihtolaitteet vaativat konehuoneen ja siellä riittävästi tilaa huolto- ja puhdistusta varten.
- Ilmanvaihtokonehuoneessa on varauduttava aina vesivuotoihin ja lattian tulee olla luotettavasti vesieristetty.
- Hankintakustannuksista valtaosan muodostavat ilmavaihtolaitteet.

Kuva 34. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon hyvät ja huonot puolet [perustuu lähteisiin 45 s. 171–172, s. 182, 67 s. 109]

Tässä työssä käytiin läpi myös hybridi-ilmanvaihtoa ja mahdollisuutta käyttää sitä sähköasemalla. Hybridi-ilmanvaihdossa yhdistyvät painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon tekniikka. Luonnonvoimia hyödyntävä matalapainejärjestelmä toimii osan aikaa vuodesta painovoimaisena ja tarvittaessa sitä tehostetaan puhallinkäytöllä. Hybridi-ilmanvaihdon perusidea on kuljettaa ilmaa lämpötilaeron ja tuulen aiheuttaman paine-eron avulla huonetilojen ja koko rakennuksen läpi. Yleisin hybridi-ilmanvaihtoratkaisu Suomessa on apupuhaltimien käyttö painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Apupuhallinta käytetään, jos ilman käyttövoima on riittämätön tai ilman laatu laskee tavoitearvojen alapuolelle [15 s. 98]. Järjestelmän hyviä ja huonoja puolia on listattu kuvassa 35.



Kuva 35. Hybridi-ilmanvaihdon hyvät ja huonot puolet [perustuu lähteisiin 15 s. 98, 68].

7.2.3 Suositus ilmanvaihtojärjestelmälle

Hyvien ja huonojen puolien listauksen jälkeen sekä määräyksiin sopien valikoitui ilmanvaihdoksi koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto varustettuna lämmöntalteenotolla. Tällöin ei tarvitse rakentaa painovoimaisen ilmanvaihdon tarvitsemia korvausilma-aukkoja ulkoseiniin, joista tuloilman suodatus on hankalaa. Myöskään rakennuksen runkoon ei tarvitse tehdä rakoja tuloilman takaamiseksi. Lämmönkulutus lisääntyy, mitä vähemmän tiivis rakennusrunko on. Häviölämmitystä voidaan täten hyödyntää ilmanvaihdon kautta ja ilmanvaihtolämmityksessä on rakennuksen tiiveydestä myös etua. Myöskin RakMk D3:n määräykset lämmöntalteenotosta sekä tiiviistä rakennusrungosta saadaan toteutettua, mikäli joudutaan kyseisten määräysten piiriin.

Rakennusautomaation avulla on helppoa säätää koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Tällöin tilakohtaiset ilmavirrat voidaan tehdä vaatimusten mukaisesti. Esimerkiksi WC-tilaan saadaan täten suuremmat ilmavirrat ja muihin tiloihin tehdastyön ilmavirrat RakMk D2:n mukaan. RakMk D2 määrää, että ilmanvaihto on voitava hätätilanteessa myös pysäyttää, joten sekin on mahdollista [51 s. 10]. Ilma vaihtuu myös sähköasemalla aina eikä vain silloin, kun on sopivat sääolot. Ovirakoja ei myöskään tarvita kuten painovoimaisessa ilmanvaihdossa, sillä jokaiseen tilaan voidaan tehdä tulo- ja poistokanavisto. Vesikattoon ei haluta tehdä sähköasemalla ylimääräisiä lävistyksiä, joten painovoimaisen ilmanvaihdon vaatimia hormoneja ei myöskään tule katon läpi. Radonin kannalta myös koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on hyvä ratkaisu. Mikäli ilmanvaihtoa on kesällä tehostettava, on sekin mahdollista. Ilmanvaihdon suunnittelu on myös huomattavasti helpompaa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon kohdalla. Myöskin ilmastoitusohjeet sähkötiloille ohjaavat koneellisen ilmanvaihdon suuntaan.

Päämuuntajien ilmanvaihto suositellaan painovoimaiseksi SFS 6001:ssä sekä ST-kortissa 53.61 sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys [29, 48]. Päämuuntajatilojen ilmanvaihdon toteutus painovoimaisena riippuu sammutusjärjestelmästä, savunpoistosta ja sekä tilasta eli onko se avotila tai suljettu tila. Jos päämuuntajat sijoitetaan suljettuun tilaan, varustetaan se yleensä koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Se voidaan silloin kytkeä samaan keskusilmanvaihtoon muiden tilojen kanssa, koska muuntajia ei katsotaan palovaaralliseksi ilmanvaihtoteknisesti [32 s. 6]. Muuntajien kohdalla eivät vaatimukset lämpötilan ja puhtauden suhteen ole niin tiukat kuin muilla sähköaseman laitteilla ja samoin tilojen ollessa kylmää tilaa niitä ei huomioida energiatehokkuusvaatimuksissa RakMk D3:n mukaan.

7.2.4 Akkutilojen ilmanvaihto

Akkutilojen ilmanvaihdon määräykset perustuvat standardiin SFS-EN 50272-2 akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, osa 2: paikallisakut. Standardi koskee kaikkia uusia akkuasennuksia. Sekä tarkemmin sanottuna paikallisakkuja ja -akkuasennuksia, joiden suurin nimellisjännite on 1500 V (DC) ja jotka ovat lyijyakkuja tai nikkeli-kadmiumakkuja. Paikallisakulla tarkoitetaan akkua, joka on tarkoitettu käytettäväksi kiinteästi eikä sitä ole tarkoitus siirrellä paikasta toiseen akun elinaikana. Se on liitetty pysyvästi tasasähkölähteeseen [69, s. 8 s. 12].

Suljetulla akulla, eli kaasutiiviillä kennolla, tarkoitetaan standardissa kennoa, joka pysyy suljettuna eikä päästä kaasua eikä nestettä ulos, kun toimitaan valmistajan määrittämien varaus- ja lämpötilarajojen sisäpuolella. Kennossa voi olla varolaitteisto, joka estää vaarallisen korkean sisäisen paineen muodostumisen. Kenno ei tarvitse myöskään elektrolyytin lisäystä [69 s. 12].

HSV:llä akut ovat suljettuja ja kosketussuojattuja 110 VDC paikallisakkuja. Tällöin ne voidaan sijoittaa standardin mukaan yhteiseen tilaan (sähkötila), johon pääsy on rajoitettu, koska akkujen nimellisjännite napojen välillä ja/tai napojen ja maan välillä on suurempi kuin 60 V (DC) ja enintään 120 V (DC) [69 s. 16]. Pääsy rajoitetaan lukittavin ovin, mutta niin, että sisältä voi helposti poistua hätätilanteessa. Sähkötilassa akkuja varten on omat erotetut alueet. Riittävät työskentelyetäisyydet on huomioitava sekä poistumistiet ja turvaetäisyys koskien esimerkiksi valokaaren esiintymistä. Vesipistettä ei tarvita, koska suljetuilla akuilla ei vaihdeta tislattua tai ionivaihdettua vettä. Avoimien akkujen suhteen akkuhuoneen lämpöpatterit, valaisimet, ilmanvaihtoaukot ja muut vastaavat tulee sijoittaa vähintään 0,5 metrin etäisyydelle akustosta. Ilmanvaihtoaukkoa ei saa sijoittaa suoraan akuston yläpuolelle [49 s. 2–3].

Standardissa ohjeistetaan ilmanvaihdosta, että varaamisen, kestovaraamisen ja ylivaraamisen aikana kaikista akuista syntyy kaasuja lukuun ottamatta kaasutiiviitä kennoja. Syntyvät kaasut ovat vetyä ja happea. Kun näitä pääsee ympäröivään tilaan, voi räjähtävä seos syntyä vedyn konsentraation ylittäessä 4 % vol vetyä ilmassa. Akustotilaa tai koteloa pidetään räjähdysvaaran osalta turvallisena silloin, kun vetykonsentraatio saadaan pysymään turvallisissa rajoissa luonnollisella tai koneellisella ilmanvaihdolla. Koneellista ilmanvaihtoa käytetään, kun riittävää ilmavirtausta Q ei saavuteta luonnollisella ilmanvaihdolla. Varaajan toiminnan tulee olla kytketty ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan tai ilmanvaihtojärjestelmän vikaantumisesta pitää tulla hälytys, jotta varmistetaan ilmanvaihdon riittävyys akkuja varattaessa. Akustotilasta poistettava ilma on johdettava rakennuksen ulkopuolelle [69 s. 32, s. 36].

Ilmanvaihdon tarve voidaan laskea DIN-normin mukaisella peruskaavalla (1). Lyijyakkujen osalta edellä laskettu ilmamäärä voidaan jakaa kahdella, jos akkujen positiivinen levyristikko sisältää alle 3 % antimonia (Sb). Tämä pätee lähes kaikkiin nykyisin myynnissä oleviin paikallisakkuihin. Suljetuilla akuilla kaavan mukaan laskettu ilmamäärä voidaan jakaa neljällä. Suljetut akut varataan yleensä IUI-tyyppisillä varaajilla. Tällöin virta-arvoa I voidaan edelleen vähentää kertoimella 0,375 [49 s. 4].

$$Q = 0,05 \times n \times I, \quad (1)$$

jossa Q on ilmamäärä (m^3/h) ja n on kennojen lukumäärä. Virta I määritetään seuraavasti paikallisakuille:

- $I = 2 \text{ A} / 100 \text{ Ah}$ avoimille lyijyakuille, joita varataan korkeintaan jännitteellä 2,4 V/kenno.
- $I = 4 \text{ A} / 100 \text{ Ah}$ avoimille nikkeli-kadmiumakuille, joita varataan enintään jännitteellä 1,55 V/kenno.

Ilmanvaihto pitää siis olla, vaikka käytetään suljettuja akkuja. Tällöin tosin ilmamäärän ei tarvitse olla niin suuri kuin avoimilla akuilla. Ilmamäärä mitoitetaan tilan kaikkien varattavien akkujen ilmanvaihtomäärien mukaan [49 s. 4]. Ilmanvaihtomäärää laskettaessa on huomioitava myös RakMk D2:ssa esitetyt tehdastyölle määritetyt ilmavirrat [51 s. 30].

7.2.5 SF₆-kaasun poisto

SFS 6001 standardissa määritetään, että maanpinnan yläpuolella olevissa SF₆-asennuksia (rikkiheksafluoridi) sisältävissä tiloissa riittää luonnollinen tuuletus. Noin puolet vaaditusta tuuletusaukkojen poikkipinta-alasta on oltava lähellä maan pintaa. Toimintahäiriöissä voidaan tarvita mekaanista ilmanvaihtoa. Kaapelisyvennyksissä ja vastaavissa tiloissa, joihin ei ole pääsyä, ei tarvita jatkuvaa ilmanvaihtoa. Mekaaninen ilmanvaihto on oltava kaikilta sivuiltaan maanpinnan alapuolella olevissa tiloissa, jos tiloihin voi kerääntyä käytettävän kaasun määrän ja tilan koon johdosta henkilökunnan terveyden ja turvallisuuden vaarantavia kaasumääriä. SF₆-asennustilojen alla olevien ja niihin liittyvien koteloiden, kanavien, syvennyksien ja kuulujen on oltava tuulettuvia [29 s. 60].

Mekaanista ilmanvaihtoa ei tarvita, jos suurimman ilmanpaineessa olevan kaasuosaston tilavuus ei ylitä 10 % huoneen tilavuudesta. Tässä tapauksessa laskelmissa on otettava huomioon SF₆-asennuksien yhteydessä olevien kaasupullojen sisältämän kaasun kokonaistilavuus arvioituna normaaliin lämpötilaan ja paineeseen. Mikään ilman kanssa kosketuksissa oleva laitteen osa ei saa ylittää 200 °C lämpötilaa. SF₆-kaasun enimmäispitoisuuksia koskevat kansalliset määräykset on otettava myös huomioon [29 s. 61].

Maanpinnan alapuolisille tiloille, eli kaapelikellareille, vaaditaan mekaanista eli koneellista ilmanvaihtoa vain siinä tapauksessa, että sinne voi kerääntyä käytettävän kaasun määrän ja tilan koon johdosta henkilökunnan terveyden ja turvallisuuden vaarantavia kaasumääriä. Tässä tapauksessa noudatetaan HTP-arvoja. HTP-arvot rikkiheksafluoridille ovat 6100 mg/m³ (1000 ppm, 8 h) ja 7900 mg/m³ (1300 ppm, 15 min) [70 s. 44]. Esimerkiksi raja-arvo 6100 mg/m³ tarkoittaa yhtä litraa kuutiometrissä. Raja-arvoissa on huomioitava se, että työntekijät eivät oleskele asemalla vakituisesti, joten altistuminen lasketaan vain oleskeluajalle.

Arvioitaessa tuuletuksen riittävyttä varmistetaan HTP-arvojen alla pysyminen niin maanpäällisissä kuin maanalaisissa tiloissa. Myös lasketaan, ylittyykö maanpäällisissä tiloissa 10 % osuus. SF₆-asennustilojen alla olevien ja niihin liittyvien koteloiden, kanavien ja muiden on oltava tuulettuvia. Jos raja-arvot kaiken suhteen ovat selviä ja tilasuunnittelu toimii tuuletuksen kannalta, voidaan käyttää pelkkää tuuletusta sekä kellarissa että maanpäällisessä tilassa. Muussa tapauksessa käytetään koneellista erillispoistoa. Kaasu pitää kuitenkin poistaa kellarista jollain muulla keinolla, kun tuuletus ei toimi. Kellaritilaan olisi siten järkevää juuri SF₆-kaasun raskauden vuoksi tehdä koneellinen poisto, jotta se saadaan sieltä pois ja maanpäälliseen tilaan riittää tuuletus, jos HTP-arvot ja 10 % -säätö eivät ylity.

7.2.6 Esimerkkilaskelma SF₆:sta

Maanpinnan yläpuolisissa tiloissa lasketaan, ettei suurimman lohkon kaasumäärä ylitä normaalissa ilmanpaineessa yli 10 % kojeistotilan tilavuudesta SFS 6001:n mukaan. Työssä laskettiin, ylittyikö HSV:n Viikinmäen uudella 110 kV sähköasemalla 10 % ja tulokseksi saatiin: ei ylity. Tämän perusteella siis luonnollinen tuuletus olisi ollut riittävä eli avaamalla ovia kaasu saadaan haihtumaan maanpäällisistä kerroksista. Huomioitavaa on, että tilasuunnittelulla on myös tässä merkitystä, koska kojeistotilan pitäisi olla tuulettavissa helposti eikä kaasu saisi valua helposti kellariin. Kellarissa HTP-arvot määrittävät miten tuuletus toteutetaan.

Tutkimuksessa jäi hieman epäselväksi, miten HTP-arvojen laskenta tehdään vasta suunnitteluvaiheessa olevalle kohteelle, koska oppaan esimerkeissä oli käytetty mittaustuloksia. Jos ne lasketaan jakamalla tilan tilavuus suurimmalla osaston kaasun kilomäärällä, ylittyivät arvot Viikinmäen sähköasemalla sekä kellarissa että maanpäällisessä kojeistotilassa. Näin ollen luonnollinen tuuletus ei olisi riittänyt SF₆-kaasun poistoon määräysten mukaisesti. Sähköverkot II-kirjassa kerrotaan, ettei kytkinlaitoksiin ole tarvinnut järjestää kaasun takia lisääilmastointia, koska työpaikan suurin sallittu SF₆-pitoisuus ei laskelmien mukaan ole ylittynyt tähänastisissa sovelluksissa, äkillistenkään vuotojen yhteydessä [7 s. 136]. Täten on järkevää sähköasemien kohdalla tarkastaa pitoisuuden ylittyminen eri tapauksien yhteydessä.

7.3 Vesi

Sähköasemilla veden kulutus ei ole suurta, mutta sieltä löytyy vesipisteitä niin WC-tiloista kuin teknisistä tiloista. Tässä tutkimuksessa on selvitetty tarvittavien vesipisteiden määrä tutkimalla niiden todellista tarvetta. Tarkastelu kattoi myös hätäsuihkut.

7.3.1 Määräykset

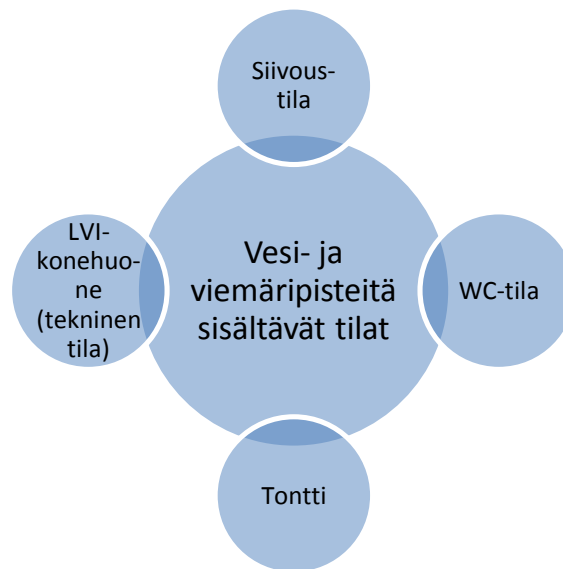
Vedenkäytölle ja sen laitteille löytyy määräyksiä seuraavista asetuksista, standardeista ja laista:

- RakMk C1 ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet
- RakMk C2 kosteus, määräykset ja ohjeet
- RakMk D1 kiinteistöjen vesi ja viemärlaitteet, määräykset ja ohjeet
- RakMk D3 rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
- SFS 6001 + A1 + A2 Suurjännitesähköasennukset
- Työturvallisuuslaki
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveystaivatuksista
- Maankäyttö- ja rakennuslaki.

Vaatimukset liittyvät kosteusvaatimuksiin, vedenlaatuun, suunnitteluun, vesilaitteiston vaatimuksiin, energiatehokkuuteen, viemäri vaatimuksiin ja työpaikkojen pesutiloihin. Määräyksiä on käsitelty tarkemmin seuraavissa luvuissa.

7.3.2 Vesi- ja viemäripisteet sähköasemalla

Vesi- ja viemäripisteiden tarvetta sähköasemalla selvitettiin määräysten ja ohjeiden mukaan. Vesi- ja viemäripisteitä tulee sähköasemalle siivoushuoneeseen, WC-tilaan, LVI-konehuoneeseen ja tontille (kuva 36). Erityisesti siivous- ja WC-tila otettiin tarkempaan tarkasteluun.



Kuva 36. Sähköaseman vesi- ja viemäripisteiden tilat tarkastelun alussa.

Siivoustilan suhteen perehdyttiin siinä esiintyviin määräyksiin ja ohjeisiin. Siivousta koskevia määräyksiä on työturvallisuuslaissa koskien työpaikan järjestystä ja siisteyttä, RakMk D2:ssa koskien siivoustilojen ilmavirtoja sekä rakennustiedon ohjekorteissa RT 91-10970 puhtauden hallinnan huomioon ottaminen rakennussuunnittelussa sekä RT 91-10971 siivoustilat. Siivoustilojen tarvetta selitetään sillä, että tehokas ja tarpeen mukainen siivous edellyttää riittäviä ja hyvin varustettuja siivoustiloja [71 s. 2]. Siivoustilan sijoituksen, lukumäärän, mitoituksen ja varustuksen määräävät siivottavan alueen koko, siivouksessa käytettävät koneet ja menetelmät sekä siivottavien tilojen käyttötarkoitus. Pienissä kohteissa voi olla siivousaineiden ja tarvikkeiden sekä saniteettipaperitarvaran täydennysvarastointi siivoustilojen tai siivottavien tilojen yhteydessä. Varaston tulee olla lukittavissa [72 s. 2–3].

Hahmoteltaessa siivoushuoneen tarvetta sekä tarvittavia siivouslaitteita ja siivousmenetelmiä selvitettiin sähköasemilla tehtävien siivoustehtävien luonne. HSV:n sähköasemilla tehdään ylläpitosiivous kerran vuodessa ja perussiivous joka viides vuosi. Miehitettömällä sähköasemalla ei säilytetä siivoustarvikkeita eikä -koneita. Siivousta hoitavilla

työntekijöillä on tarvittavat tavarat autossa mukana. Vettä tarvitaan jonkin verran, mutta siivousmopit on mahdollista kostuttaa valmiiksi siivoojien päätoimipisteessä. Myös siivoustekstiilien ja muiden tarvikkeiden huolto tapahtuu päätoimipisteessä [73].

Myöskään pakottavaa tarvetta kuumalle tai lämpimälle vedelle ei ole. Siivoojat esittävät kuitenkin, että asemalla olisi hyvä olla siivouskaappi ainakin, jotta mahdolliset työvälineet, paperit ja nestesaippuat säilyvät. Kaapin tulee olla lukollinen [74]. Sähköasemalle ei siten tarvita erillistä siivoustilaa, vaan tarvikkeet voidaan säilyttää lukittavassa kaapissa esimerkiksi sähköaseman eteisessä. Myöskään pakottavaa tarvetta vesipisteille siivousta varten ei esiinny.

WC-tilojen suhteen määräyksiä löytyy työturvallisuuslaista koskien henkilöstötiloja ja valtioneuvoston asetuksessa työpaikkojen turvallisuus- ja terveellisyysvaatimuksista on täsmennetty määräyksiä käymälätilojen suhteen. Myös työsuojeluhallinnon sivuilla on ohjeita henkilöstötiloista sekä viittaus ohjekorttiin RT 94-10969 pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja wc-tilat [75]. Myös rakentamismääräyskokoelmassa on ohjeistuksia vesilaitteiston ominaisuuksille, kuten lämpimän veden vähimmäislämpötilalle ja veden laadun vaatimuksille sekä viemäripisteiden normivirtaamille [51].

Työturvallisuuslaki määrittää, että työpaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä on työntekijöiden käytettävissä oltava työn luonne, kesto sekä työntekijöiden lukumäärä huomiioon ottaen riittävät ja asianmukaisesti varustetut peseytymis- ja pukeutumistilat sekä vaatteiden säilytystilat, ruokailu-, lepo- ja käymälätilat ja muut henkilöstötilat. Työntekijöiden saatavilla tulee olla riittävästi kelvollista juomavettä [52 §48]. Työsuojeluhallinto täsmentää sivuillaan, että pysyvissä työpaikoissa tulee olla puku-, pesu-, wc- ja ruokailutilat [75]. Sähköasemat ovat miehittämättömiä eivätkä siten pysyviä työpaikkoja, joten tällöin käymälätilaa ei katsota pakolliseksi.

Vaikka ohjekorttia RT 94-10969 ei tarvitse noudattaa, on siellä määritelty, että WC-tilat tulisi sijoittaa työtilojen välittömään läheisyyteen. Tällöin kauimpana sijaitsevalta työpaikalta on enintään kahden minuutin kävelymatka WC:seen. Henkilöstötiloihin ei saa sijoittaa sellaisia kalusteita, varusteita tai laitteita, jotka eivät palvele tilojen varsinaista käyttötarkoitusta [53 s. 2, s. 7]. Täten ei ole mahdollista yhdistää siivous- ja WC-tilaa. Ainakaan kun siivoustila kattaa muidenkin tilojen siivousvälineet. Pesualtaaksi suositellaan tasapohjaista allasta, koska se sopii siivoukseen parhaiten, mikäli WC-tilan tullessa halutaan mahdollisuus vedenkäyttöön siivoojille [45 s. 232].

Koska sähköasema on miehittämätön ja sähköasema voi sijaita myös sellaisessa paikassa, että lähimpään WC-tilaan on liian pitkä matka, on WC-tilan rakentamista katsottava tapauskohtaisesti. Tällöin työnantaja tekee lopullisen päätöksen WC-tilojen tarpeellisuudesta työn luonteen ja keston mukaan. Työn luonteeseen vaikuttavat muun muassa pääsy kohteeseen ja sieltä pois, olosuhteet ja huoltotyön luonne. Juomaveden järjestäminen asemalla on myös tarpeen mukaan. Työnantaja luo mahdollisuudet ja henkilöt itse hoitavat

omalta kohdaltaan tarvittavan juomaveden, määrät ja niin edelleen, ennen kuin lähtevät kyseessä oleviin tiloihin töihin [76]. HSV:n sähköasemilla käydään yleensä tekemässä lyhyitä huoltotöitä, mutta pidempiaikaisia huoltoja tehdään 4–5 vuoden välein ja kerran vuodessa on muutaman päivän kestävä huolto. Lopullinen päätösvalta jää siten työnantajalle, mutta tässä työssä suositellaan, että mikäli uusi sähköasema rakennetaan esimerkiksi toisen vanhan sähköaseman viereen tai muuten sellaiseen paikkaan, josta työntekijä pääsee nopeasti ja helposti WC:seen, voidaan sähköasema jättää ilman WC-tilaa. Jos sähköasema sijaitsee sellaisella paikassa, jossa lähettyvillä ei ole sosiaalitiloja, on syytä harkita WC-tilojen rakentamista.

7.3.3 Hätäsuihku

Hätäsuihkun suhteen on määräyksiä työturvallisuuslaissa koskien ensiapua sekä työsuojeluhallinnon oppaassa ”ensiapuvalmius työpaikoilla”. Oppaassa esitetyt ohjeet koskevat työturvallisuuslain alaisia työpaikkoja [77 s. 4]. Työturvallisuuslain pykälässä 46 sanotaan, että työnantajan on huolehdittava työntekijöiden ja muiden työpaikalla olevien henkilöiden ensiavun järjestämisestä työntekijöiden lukumäärän, työn luonteen ja työolosuhteiden edellyttämällä tavalla. Työn ja työolosuhteiden mukaisesti työntekijöille on annettava ohjeet toimenpiteistä, joihin tapaturman tai sairastumisen sattuessa on ensiavun saamiseen ryhdyttävä. Työpaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä, huomioon ottaen muun muassa työpaikan sijainti ja työntekijöiden lukumäärä, on sopivissa ja selvästi merkityissä kohdissa oltava saatavilla riittävä määrä asianmukaisia ensiapuvälineitä. Työpaikalla tulee olla myös ensiavun antamiseen soveltuva tila [52].

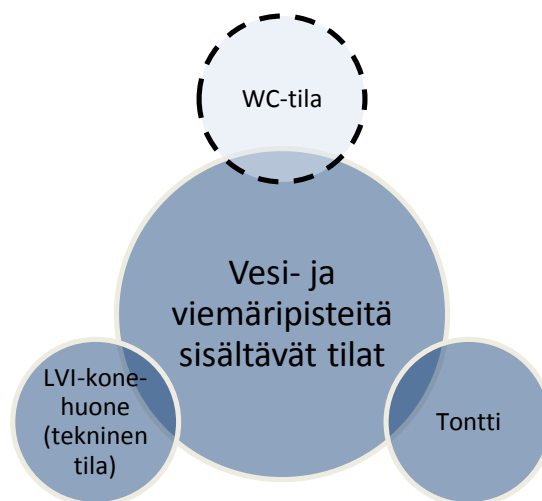
Ensiapuvarustukseen luetaan ensiapuvälineet, parit ja muut kuljetusvälineet, hätäsuihkut ja silmien huuhteluvälineet, ensiavun lääkkeet, ensiavun huonetila ja ensihoidon välineet. Työpaikoilla, joissa on palo- tai räjähdysvaara taikka syövyttävien ja myrkyllisten kemikaalien roiskumisvaara, tulee varustukseen kuulua silmien huuhteluun tarkoitettu laite sekä hätäsuihku. Mikäli työpaikalla ei ole vesipistettä, tulee varustukseen kuulua silmien huuhteluun tarkoitettu laite, jolla silmävamman ensiapua voidaan jatkaa matkalla työpaikalta ensihoidon yksikköön. Myös palo- ja räjähdysvaarallisissa töissä ja töissä, joissa on kemiallisten aineiden, kuten emästen, happojen ja muiden syövyttävien sekä ihon läpi imeytyvien myrkyllisten aineiden vaara roiskua iholle, silmiin tai vaatteille, olisi voitava heti huuhdella runsaalla vedellä vahingoittunutta aluetta [77 s. 8, s. 10, s. 12]. Hätäsuihku ei katsota RakMk D1:n mukaan vesipisteeksi, joten se ei tarvitse viemäripistettä kuin erityisestä syystä [78 s.19]. Sähköasemalla mahdollisen hätäsuihkun viemärointi pitää huomioida niin, että hätäsuihkun käytöllä ei aiheuteta suurempaa vaaratilannetta veden kulkeutuessa väärään paikkaan.

Sähköasemat eivät ole palo- ja räjähdysvaaralliseksi luokiteltuja tiloja. Myöskään vaarallisia kemikaaleja ei käsitellä. Tämä koskee myös akustotiloja. Palo- ja räjähdysvaarallisten olosuhteiden synty akustotiloissa estetään erillisellä ilmanvaihdolla, joka pitää vety- pitoisuuden riittävän alhaisena. Vaatimuksiin kuuluu, että akustotilan ilmanvaihdon tulee

olla valvottu ja pysähtymisestä tulee tulla hälytys. Akustotiloihin tai niiden välittömään läheisyyteen ei vaadita vesipistettä, hätäsuihkua tai silmienhuuhtelupistettä. Veden lisääminen akkujen kennoihin ei ole kemikaalien käsittelyä ja happoa akustotiloissa ei käsitellä. Tulitöitä voidaan tehdä sähköasemalla normaalisti, kunhan noudatetaan tulitöistä annettuja ohjeita ja työlupamenettelyjä. Sähköasemilla ei tehdä palo- ja räjähdysvaarallisia töitä tai töitä, joissa olisi vaaraa kemiallisten aineiden, kuten emästen, happojen ja muiden syövyttävien sekä ihon läpi imeytyvien myrkyllisten aineiden roiskumisesta iholle [79]. Sähkötiloissa on aina paljaiden jännitteisten osien lähellä valokaaren vaara ja siksi pitää käyttää sopivaa varustusta esimerkiksi kytkentätöissä sekä huomioida, ettei tiloissa säilytetä ylimääräistä materiaalia [80]. Näiden perusteella sähköasemia ei tarvitse varustaa hätäsuihkulla.

7.3.4 Suositus vesi- ja viemäripisteille

Määräyksiä ja ohjeita tulkiten muuttui sähköasemalla vaadittavien vesi- ja viemäripisteitä sijaitsevien tilojen määrä kuvan 37 mukaisiksi.



Kuva 37. Vesi- ja viemäripisteitä sisältävät tilat selvityksen jälkeen.

Tontille tulevia vesipisteitä ei käyty tässä työssä sen tarkemmin läpi, vaan päädyttiin siihen, että viemärit, salaojitukset ja muut tulevat tarpeen vaatiessa. Tontille tulevat siis [45 s. 221–234]:

- Tonttivesijohto.
- Tonttviemärit eli tarpeen mukaan sadevesiviemäri ja sadevesikaivo sekä jätevesiviemäri.
- Jäte- ja sadevesien tarkastuskaivo.
- Rakennuspohjan salaojitus tarpeen mukaan.
- Perusvesikaivo (käytetään liitettäessä salaojat sadevesiviemärintiin padotuskorkeuden alapuolella).

- Hulevesiviemäroinnin (eli sade- ja kuivatusvedet) tarpeen määrittelee kattovesien viemäroinnin tarve, piha-alueen kuivatuksen toteutustapa (imeytys tai vesien poisjohtaminen sadevesikaivoilla ja viemäreillä) ja salaojituksen tarve (maaperän kuivatustarve).
- Jos viettoviemärointi ei onnistu, pumpataan viemärivedet eli pumppaamo.
- Rännivesikaivo (käytetään liitettäessä kattovesiviemäreitä tontin sadevesiputkistoon).
- Vesiposti (jos tarvitaan vettä esimerkiksi nurmikon kasteluun).

LVI-konehuoneeseen eli tekniseen tilaan tulee myös vesilaitteita. Vesimittarin sijoituspaikka on hyvä olla teknisessä tilassa, jonne on sähköasemalla oma sisäänkäynti. Tällöin vesilaitoksen edustajan ei tarvitse käydä sähköaseman prosessitiloissa [45 s. 212, s. 214 s. 221]:

- Vesimittari (suositeltu paikka tekninen tila, sijainti voi olla muuallakin).
- Käyttöveden lämmityslaite (vaatii lattiakaivollisen tilan).
- Lattiaviemärointi (lattiakaivo voi olla kuiva tai märkä).
- Tasapohjainen pesuallas (tarpeen mukaan).

HSV:n kaapelitiloissa on käytetty vuotovesikaivoja, mutta RakMk C2:n mukaan tilan kastuminen pitää estää ensisijaisesti rakenteellisesti [81]. Häätäsuihkuun ei ole tarvetta sähköasemalla, koska työturvallisuuslain vaatimat ehdot eivät täyty.

8. VALAISTUS

Valaistuksen tarve sähköasemalla lähtee ennen kaikkea työtehtävien suorittamisen mahdollistamisesta. Valaistuksen suunnittelun lähtökohtana tulee olla aina tilan ominaisuudet ja käyttö valoteknisten kriteerien sijaan. Riittävään valaistukseen kannattaa panostaa, sillä näkeminen vaatii keskittymistä sitä enemmän, mitä huonompi valaistus on. Valaistusolosuhteilla on myös vaikutusta ihmisten suorituskykyyn. Esimerkiksi valaistuksen ollessa hyvä virheet ja vaaratilanteet havaitaan nopeammin eli turvallisuus on hyvä syy hankkia valaistus. Juuri näkömukavuuden, näkötehokkuuden ja turvallisuuden tulisikin toteutua työntekijän kannalta valaistuksessa. Ulkovalaistuksella on aina myös toiminnallisia tehtäviä, kuten turvallisuuden varmistaminen [82 s. 7, s. 11].

8.1 Määräykset perusvalaistukselle

Valaistukselle määräyksiä löytyy seuraavista asetuksista, standardeista ja laeista:

- RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- RakMk F2 rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- Työturvallisuuslaki
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta
- Maankäyttö- ja rakennuslaki
- Maankäyttö- ja rakennusasetus
- SFS 6001 + A1 + A2 Suurjännitesähköasennukset
- SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus
- SFS-EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places.

Helsingin rakennusvalvontavirastolla on myös ohjeita julkisivujen ja pihojen valaistukselle [83]. Edellä listatut määräykset koskevat valaistusolosuhteita, työpaikan ja työhuoneiden valaistusta, valaisimien sijoitusta ja valaistuksella saavutettavaa turvallisuutta esimerkiksi portaissa. Valaistus suunnitellaan nimenomaan työntekijöitä varten ja siten taa-taan lakien mukainen sopiva ja riittävän tehokas valaistus työn suoritusta varten. Työtiloissa tavoitteena on työtehtävien valaiseminen siten, että esimerkiksi standardissa SFS- EN 12464-1 esitetyt valaistusvaatimukset ja käyttäjien sekä omistajien asettamat tavoitteet valaistuksesta toteutuvat arkkitehdin ja muiden alojen suunnittelijoiden kanssa sovituin reunaehdoin [82 s. 12].

Valaisimien huollossa ja kunnossapidossa pitää ottaa huomioon niiden turvallinen huollettavuus. SFS 6001 määrittääkin, että turvallinen työskentelyetäisyys suurjännitteisiin

osiin on säilytettävä [29 s. 40]. Automaattista valaistuksen ohjausta suositellaan RakMk F2:n mukaan porraskäytäviin ja muihin vastaaviin yhteistiloihin, esimerkiksi liiketunnistimien avulla, jotta niihin saapuminen on turvallista [84 s. 9]. Ulkovalaistus on myös oltava, jos päivänvalo ei ole riittävä riippuen työpaikan, toiminnan, olosuhteiden tai vaaran erityispiirteiden sitä edellyttäessä [85 §10]. Kulutuksen pienentämiseksi vaaditaan sisä- ja ulkotyötilojen valaistusstandardeissa SFS-EN 12464-1 ja SFS-EN 12464-2, että valaistus on suunniteltava energiatehokkaalla tavalla [82 s. 10].

8.1.1 Valaistuksen energiatehokkuus

Valaistus vie 40 % teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutuksesta. Valonlähteiden energiatehokkuuteen kannattaa satsata energiakustannusten kasvaessa [42 s. 16]. Standardin SFS-EN 12464-1 mukaan valaistus on suunniteltava vastaamaan tilan käyttötarkoitusta energiatehokkaalla tavalla. Energian säästön vuoksi ei kuitenkaan tule tinkiä valaistusteknisistä suosituksista. Energiaa suositellaan säästettäväksi esimerkiksi ohjaamalla valaistusta läsnäoloperusteisesti, parantamalla valaistushuoltoon liittyviä tekijöitä, päivänvaloa hyödyntämällä ja käyttämällä täysimääräisesti valaistuksen ohjausta [86 s. 5].

Energiatehokkain valaistusratkaisu on useimmiten suora valaistus. Valaisin- ja lamppuvalinta on tärkeä osa energiatehokasta valaistusta. Sisävalaistuksessa tulisi käyttää pääosin pitkäikäisiä loiste- ja purkauslamppuja. LED-valaisimet ovat myös käyttökelpoisia yleisvalaistuksen luomiseen. Ulkovalaistuksessa tulisi myös käyttää pääosin pitkäikäisiä purkauslamppuja. LED-valaisimet ovat kilpailukykyisiä purkauslamppujen kanssa ulkovalaistuksessa [15 s. 116–117, s. 121]. Valaisimien energiatehokkuuden kannalta on kannattavaa käyttää esimerkiksi T5-loisteputkivalaisimia ja induktiovalaisimia [42 s. 16]. Induktiolampun polttoikä on erittäin pitkä (60 000 tuntia), koska siinä ei ole hehkulankaa tai elektrodeja. [87 s. 16].

Liiketunnistimia suositellaan läpikulkutiloihin, joissa ihmiset liikkuvat silloin tällöin kuten käytävät ja WC-tilat. Läsnäolotunnistus sopii taas työskentelytiloihin, koska liike on usein niin pientä, että liiketunnistimella havainnointi ei onnistu. Myös satunnaisesti käytettyihin tiloihin soveltuu läsnäolo-ohjaus. Läsnäolotunnistimilla voidaan saavuttaa 30 % säästö energiankulutuksessa. Säästö riippuu käytön luonteesta eli siitä, miten paljon tiloista ollaan poissa ja kuinka laajoja valvottavat alueet ovat. Ohjausjärjestelmä on mahdollista liittää rakennusautomaatiojärjestelmään, jolloin valaistusta voidaan ohjata samalla järjestelmällä kuin rakennuksen muuta tekniikkaa. Pälle/pois-ohjaustapaa esimerkiksi kytkimellä suositellaan harvoin käytettyihin tiloihin kuten komeroihin ja tekniseen tilaan [82 s. 9-10, 88 s. 5].

Ulkotiloissa puhtaasta hämäräkytkintoiminnosta kannattaa luopua ja korvata se valaistusanturin mittaustasoihin ohjelmoitavilla valaistuskytkintasoilla. Näitä voidaan valita tarvittava määrä, jolloin kytkentätasot voidaan asettaa rakennuksen yksilöllisten piirteiden mukaan [15 s. 121].

8.1.2 Suositus perusvalaistukselle

Luonnonvaloa ei ole saatavilla ikkunoiden puutteen vuoksi, joten valaistus hoidetaan pääsääntöisesti keinovalaistuksella. Valaisimia on sijoitettava riittävästi käytäville ja huoneisiin niin, että valaistus tukee työtehtävien suoritusta. Valaistuksen toimivuuden kannalta on huomioitava muun muassa ilmanvaihtokanavistot ja kalusteet. Portaat ja muut kynnykset osoitetaan valaistuksen ja pintojen vaaleus- ja värierojen avulla RakMk F2 vaatimusten mukaisesti [84 s. 9].

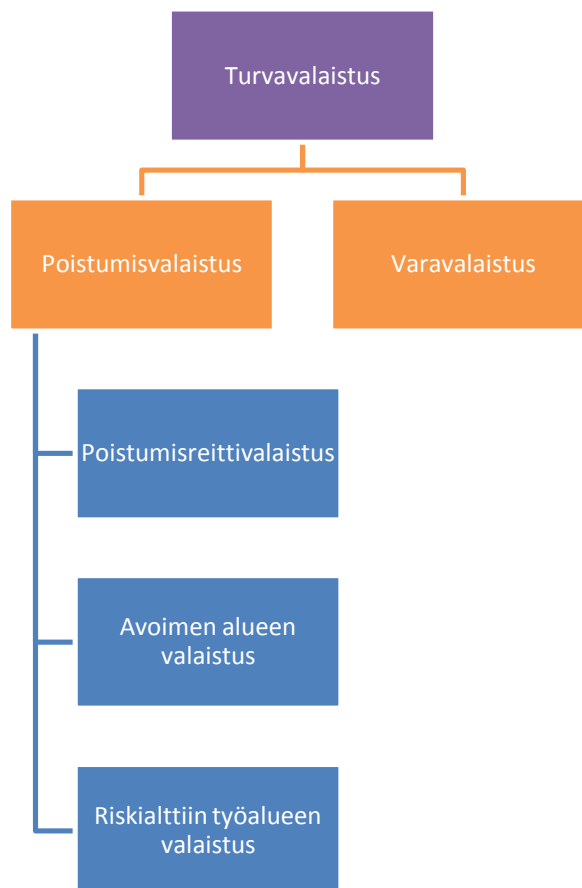
Valaistus luodaan yleisvalaistuksella ja, jos jotakin kohtaa on tarkoitus korostaa, esimerkiksi relehuoneen työpistettä, voidaan siinä käyttää paikallisvalaistusta. Tällöin säästetään energiaa, koska koko tilaa ei tarvitse valaista yhtä tehokkaasti. Tilan käyttötarkoitus asettaa vähimmäisvaatimukset yleisvalaistuksen toteutukselle. Sisätyötilojen valaistusstandardi SFS-EN 12464-1 antaa suositukset valaistustasoiksi. Työsuojeluhallinto suositaa myös, että sisätiloissa, joissa työntekijät jatkuvasti oleskelevat, liikkuvat tai työskentelevät, pitäisi yleisvalaistuksen olla 150–200 luksia [89]. Sisävalaistuksen ohjaus suositellaan toteutettavan läsnäolo-ohjauksella, jolloin valot syttyvät siellä, missä työntekijä liikkuu tai työskentelee. Harvemmin käytetyt tilat, kuten WC-tilat, voidaan varustaa kytkimellä.

Ulkovalaistus helpottaa pihalla liikkumista ja näkemistä. Ulkovalaistuksella valaistaan lähinnä kulku- ja oleskelutilat. Haluttaessa täydennetään ulkovalaistusta alue-, ympäristö- ja julkisivuvalaistusjärjestelmillä. Ulkovalaistus suositellaan toteutettavan automaattisella ohjauksella valoisuuden mukaan.

Huollossa kannattaa kiinnittää huomiota lamppujen vaihtamisen yhteydessä saataviin säästöihin. Lamppujen vaihto on järkevämpää tehdä ryhmävaihtona. Yksikköhinta on tällöin yleensä yksittäisvaihtoa matalampi [82 s. 11]. Huolto- ja kunnossapitokustannuksia voidaan rajoittaa valitsemalla valonlähteiksi pitkäikäisiä lamppeja sekä tekemällä huoltamisen ja kunnossapitotoimenpiteiden suorittaminen yksinkertaiseksi. Kohteen suunnitteluvaiheessa on hyvä muistaa myöhempää käytönaikaista huoltoa ja pyrkiä erilaisten lampputyyppeiden valinnoissa mahdollisimman pieneen valikoimaan, jolloin varastoitavien lamppujen määrä jää pieneksi [87 s. 7, s. 16].

8.2 Turvavalaistus

Turvavalaistuksella tarkoitetaan valaistusta, jota käytetään normaalin valaistuksen virransyötön häiriintyessä. Turvavalaistus jakaantuu poistumisvalaistukseen ja varavalaistukseen (kuva 38). Varavalaistus on normaalin toiminnan jatkamiseen tarkoitettu omaehtoinen järjestelmä. Poistumisreitivalaistukset ja valaistut poistumisopasteet taas liittyvät turvallisuuteen. Niillä varmistetaan henkilöiden turvallisuus tilasta poistuttaessa tai turvataan mahdollisesti vaaraa aiheuttavan prosessin lopettaminen ennen poistumista [82 s. 7–8, 90 s. 1].



Kuva 38. Turvavalaistus.

Avoimen alueen valaistuksen tarkoituksena on ehkäistä paniikkia ja varmistaa henkilöiden pääsy paikkaan, josta poistumisreitti voidaan havaita. Avoimella alueella tarkoitetaan esimerkiksi aulatilaa, jonka pinta-ala on suurempi kuin 60 m². Riskialttiin työalueen valaistus taas varmistaa niiden henkilöiden turvallisuuden, jotka ovat tekemisissä mahdollisesti vaarallisen prosessin tai tilanteen kanssa sekä mahdollistaa siten toiminnan hallitun pysäyttämisen käyttäjän ja muiden tilassa olijoiden turvallisuutta vaarantamatta. Esimerkki riskialttiista työalueesta on työskentely pyörivillä koneilla, jotka jatkavat liikettä vielä sähkökatkoksen jälkeenkin [90 s. 2, s. 5]. Nämä poistumisvalaistuksen tyypit eivät ole tarpeellisia sähköasemalla.

Poistumisopasteet valaistaan joko sisä- tai ulkopuolisilla valonlähteillä, joiden tulee toimia hätäpoistumistilanteissa määrätyn ajan. Poistumisopasteet on sijoitettava niin, että uloskäytävät ja kulkureitit ovat riittävän selvästi havaittavissa. Poistumisopasteita sijoitetaan jokaisen poistumiseen käytettävän oven kohdalle [90 s. 3].

Poistumisreittejä ei ole tarpeen valaista paitsi, jos poistuminen muutoin on ilmeisen vaikeaa. Tässä vaikuttaa arkkitehdin tilasuunnittelu sillä, jos sähköasema on poistumisen kannalta hankala vaaratilanteessa, tarvitaan poistumisreittivalaistus. Poistumisreittivalaistus toimii, kun normaali valaistus menee epäkuntoon. Poistumisreittivalaistuksen on toimittava tällöin turvallisen poistumisen ja evakuoinnin ajan eli vähintään yhden tunnin ajan. Poistumisreittivalaistuksen pitää valaista esimerkiksi portaiden lähialue ja pakolliset uloskäytävät sekä turvallisuuskilvet [90 s. 3–4, s. 6].

8.2.1 Määräykset

Turvavalaistukseen liittyy lainsäädäntöä ja määräyksiä. Suunnittelijan pitää olla perillä määräyksistä ja vaatimuksista. Turvavalaistukselle määräyksiä löytyy seuraavista asetuksista, standardeista ja laeista:

- RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- Työturvallisuuslaki
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta
- Pelastuslaki
- Sisäministeriön asetus rakennuksen poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta
- Valtioneuvoston päätös työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä
- SFS 6000-1 Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruserävaatimukset, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät
- SFS 6001 + A1 + A2 Suurjännitesähköasennukset
- SFS-EN 1838 Valaistussovellukset. Turvavalaistus.

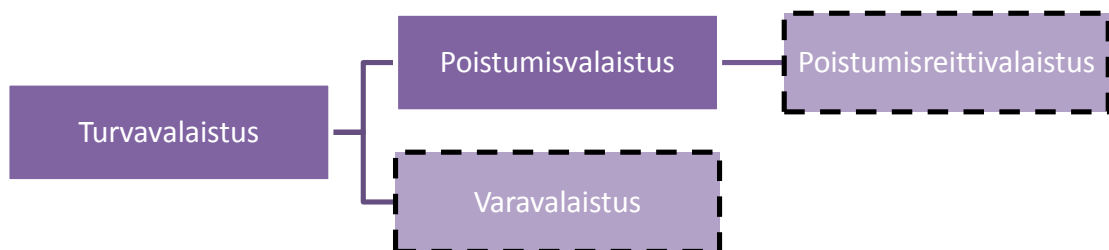
Määräykset koskevat turvavalaistuksen käyttökohteita, ominaisuuksia, poistumisopasteiden sijoittamista, turvavalaistuksen valaistusta ja kunnossapitoa, huoltoa ja tarkastusta. RakMk A2:n mukaan hankkeen laadusta ja erityispiirteistä riippuen voidaan vaatia merkki- ja turvavalaistus suunnitelma rakennusluvan yhteydessä [91 s. 27]. RakMk E1 määrittää ohjeena, että poistumisreittivalaistuksella tai poistumisopasteilla taikka molemmilla varustetaan muun muassa majoitustilojen lisäksi sellaiset tilat, joista poistuminen muutoin saattaa olla ilmeisen vaikeaa [30 s. 32]. Sisäministeriön asetuksessa rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta määrätään tarkemmin, että muun muassa työpaikka- ja tuotantotiloissa poistumisreitit merkitään poistumisopasteilla. Asetuksessa määrätään myös, että poistumisopasteiden on oltava aina valaistuja. Poistumisreit-

tivalaistuksen suunnittelussa on taas otettava huomioon rakennuksen ja sen tilojen käyttötapa, koko ja muoto sekä, miten rakennuksesta poistuminen on järjestetty. Standardin SFS-EN 1838 poistumisreitivalaistukselle määritettyjä vaatimuksia noudatetaan soveltuvin osin [92].

Varavalaistuksesta mainitaan valtioneuvoston asetuksessa työpaikkojen turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta. Ikkunaton työpaikka, jossa työntekijät ovat erityisen alttiina vaaralle keinovalaistuksen joutuessa epäkuntoon, tulisi varustaa riittävällä varavalaistuksella. Erillinen kuljetettava valaistusväline on sallittu, mutta työturvallisuuslain asetuksessa se hyväksytään lähinnä, jos kohtuudella ei voida vaatia muuta valaistusta. Asetuksessa mainitaan myös, että tarvittaessa uloskäytävälle ja niille johtaville kulkureiteille on järjestettävä asianmukainen varavalaistus tulipalon tai muun vastaavan tilanteen varalle [85 §10, §16]. Samoin SFS 6001 määrittää, että varavalaistus voidaan hankkia tarpeen vaatiessa [29 s. 40]. Standardissa SFS-EN 1838 sanotaan, että mikäli varavalaistusta käytetään poistumisvalaistustarkoitukseen, on sen täytettävä standardin asiaan kuuluvat vaatimukset. Varavalaistuksen ollessa tasoltaan alhaisempi kuin työhön vaadittava pienin valaistusvoimakkuus, on valaistusta käytettävä standardin mukaan vain prosessin alasajoon tai lopettamiseen [93].

8.2.2 Suositus turvavalaistukselle

Mitään tarkkaa suositusta ei voida antaa, koska esimerkiksi sähköaseman rakenne ja arkkitehdin suunnittelemat poistumisreitit ovat aina tapauskohtaisia (kuva 39). Poistumisreittien valaistuksen tarve riippuu nimittäin kyseisistä tekijöistä. Sähköasemaa koskeva pakollinen määräys on poistumisopasteiden käyttö poistumisreiteillä. Poistumisopasteiden tulee olla aina valaistuja, joten on suositeltavaa hankkia asetuksen vaatimat valaistut poistumisopasteet [92]. Jos tällaisia ei haluttaisi hankkia, niin sitten vaihtoehtona ovat tavalliset poistumisopasteet sekä erilliset aina valaistut turvavalaistimet, jotta poistumisopasteet olisivat aina valaistuja määräysten mukaisesti. Valaistujen poistumisopasteiden alavalon avulla voidaan myös korvata osa poistumisreitien valaistuksesta [90 s. 7].



Kuva 39. Sähköasemalle suositeltu turvavalaistus.

Varavalaistus riippuu siitä, ovatko työntekijät erityisen alttiina vaaralle ikkunattomassa rakennuksessa keinovalaistuksen pettäessä. Varavalaistus voidaan hankkia töiden mahdolliseen suoritukseen normaalin valaistuksen ollessa pois päältä. Tällöin tosin pitää

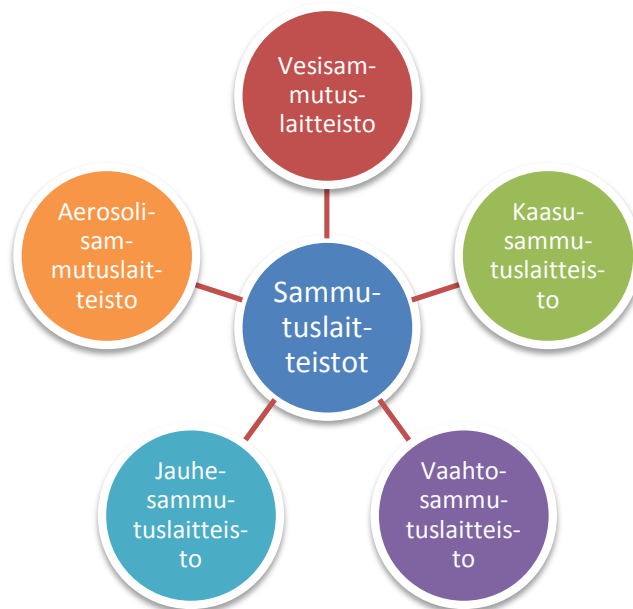
muistaa, että standardin SFS-EN 1838 mukaan varavalaistuksen valaistusvoimakkuuden pitäisi olla työhön vaaditulla tasolla. Samassa yhteydessä on syytä tarkistaa, tarvitaanko mahdollista erillistä poistumisreittivalaistusta enää, jos varavalaistus on myös poistumisreiteillä. Varavalaistuksen toimiessa poistumisreittivalaistuksena koskevat sitä poistumisvalaistuksen vaatimukset.

Seuraavat alueet suositellaan myös korostettavan turvavalaistuksella, vaikkei se ole pakollista: paloilmittimien ja ensiapupisteiden läheisyys ja myös, jos heti uloskäynnin ulkopuolisella alueella on esimerkiksi portaat, olisi ne suotavaa valaista turvallisuuden vuoksi [90 s. 5].

9. PALONTORJUNTAJÄRJESTELMÄT

9.1 Sammutuslaitteet

Sammutuslaitteistolla tarkoitetaan kiinteästi asennettua laitteistoa, joka on tarkoitettu palon sammuttamiseen tai pitämään palo hallinnassa, kunnes lopullinen sammuttaminen saadaan tehtyä muilla menetelmillä. Automaattinen sammutuslaitteisto tarkoittaa taas sammutuslaitteistoa, joka automaattisesti havaitsee palon, välittää tiedon edelleen ja aloittaa palon sammuttamisen [94 s.1]. Sammutuslaitteistoja on erilaisia ja ne jakautuvat kuvan 40 mukaisesti.



Kuva 40. Eri sammutusjärjestelmät.

Tarpeet sammutuslaitteiston hankinnalle voivat tulla eri tahoilta kuten lainsäädännöstä, viranomaisilta, vakuutusyhtiöltä, rakennuttajan tarpeista tai rakennuksen käyttäjän tarpeista. Sammutuslaitteiston yhteydessä tehdään tarpeen mukaan sopimuksia muiden yhteistyötahojen kanssa. Näitä ovat vesilaitoksen kanssa tehtävä liittymissopimus sammutusveden toimittamisesta, hätäkeskuksen kanssa palo- ja vikailmoitusten vastaanottamisesta sekä ilmoituksensiirtopalvelun- ja -siirtoyhteyden valvonnan tuottajien kanssa ilmoituksen siirrosta ja siirtoyhteyden valvonnasta [94 s. 1-2].

9.1.1 Määräykset

Sammutuslaitteistoon liittyviä määräyksiä löytyy seuraavista asetuksista, standardeista ja laeista:

- RakMk D1 kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteet, määräykset ja ohjeet
- RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- RakMk E2 tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet
- SFS 6001 + A1 + A2 Suurjännitesähköasennukset
- Pelastuslaki
- Laki pelastustoimen laitteista
- Sisäministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista.

Määräykset liittyvät lievennyksiin, joita voidaan sallia sammutuslaitteistoa käytettäessä, tilanteisiin tai suojaustapoihin, joissa voidaan vaatia paloturvallisuutta parantavia laitteita, sammutusjärjestelmien käyttöön muuntajajaloissa, sammutuslaitteiden turvallisuuteen, huoltoon ja ylläpitoon, rakennuksen omistajan velvollisuuksiin sekä sammutusvesilaitteiston kytkemisestä vesilaitteistoon. Sammutuslaitteistojen putkistot kuuluvat myös painelaitedirektiivin soveltamisalaan [95].

Määräyksistä käy ilmi, että sammutusjärjestelmän hankkiminen ei ole pakollista sähköasemalle. RakMk E1 vaatii automaattista sammutuslaitteistoa P2-luokan 3-8 kerroksiselle rakennukselle. Sammutuslaitteistoa voidaan kuitenkin vaatia rakennusluvan yhteydessä. Vaatija voi olla tällöin rakennusvalvontaviranomainen tai pelastusviranomainen. Tällöin rakennuksen sijainti, suuri koko tai poikkeukselliset olosuhteet erityisesti vaarantavat henkilö- tai paloturvallisuutta. Toisin sanoen harjoitetun toiminnan tai olosuhteiden tulee aiheuttaa henkilö-, paloturvallisuudelle tai ympäristölle tavanomaista suurempaa vaaraa. [30 s. 36, 96 §82] Tässä on muistettava, ettei sähköasema eivätkä päämuuntajat ole palo- tai räjähdysvaarallisia.

SFS 6001 suosittaa sammutuslaitteistoa muuntajille, kun on olemassa poikkeuksellinen riski muuntajan vahingoittumisesta tulipalon vuoksi. Standardissa sanotaan, että kaapelikanaviin ja valvomoiden pohjakerrosten kaapelihyllyihin on tarvittaessa asennettava palo- ja palonsammutusjärjestelmät [29 s. 59] Vaikka koko sähköasemalla ei olisi sammutuslaitteistoa, on alkusammutuskalusto kuitenkin pakollinen RakMk E2:n mukaisesti. Alkusammutuskalusto tarkoittaa esimerkiksi käsisammuttimia [31 s. 3].

Määräyksistä käy ilmi, että suurin etu sammutusjärjestelmää käyttäessä on sen tuomat lievennykset rakenteellisiin paloturvallisuusmääräyksiin. Lievennyksiä harkitessa tulee kiinnittää huomiota pelastushenkilöstön mahdollisuuksiin sammuttaa tai rajoittaa alkanut palo henkilöturvallisuutta vaarantamatta. Lievennyksiä voidaan sallia siten muun muassa määräyksistä, jotka on tarkoitettu estämään palon leviäminen naapurirakennuksiin ja torjumaan aluepalon vaaraa [30 s. 36].

Rakennuksen omistajan, eli sähköasemalla HSV:n, pitää määräysten mukaan huolehtia sammutuslaitteiston kunnosta tarkastuksilla, ylläpidosta, huollosta sekä huolehtia asennustodistuksen ja muiden tarkastusasiakirjojen säilyttämisestä. Jos laitteiden huoltoa lai-

minlyödään, rangaistuksena on uhkasakko [96]. Huoltomiesten tulisi olla ammattitaitoisia ja tietyissä sammutuslaitteistoon liittyvissä töissä edellytetään asennusliikkeen käyttöä [97 §20]. Määräyksissä on myös omia velvollisuuksia laitteistojen valmistajille ja myyjille sekä muille vastaaville toimijoille. Jos käytetään sammutusjärjestelmää, jossa sammutusaineena on vesi, saa sen kytkeä vesihuoltolaitoksen luvalla kiinteistön vesilaitteistoon [78 s. 18].

9.1.2 Eri järjestelmät

Tässä tutkimuksessa sammutusjärjestelmiä ei käyty niin kattavasti läpi kuin muita järjestelmiä, koska HSV:llä on olemassa jo tutkimusraportti sammutuslaitteiden soveltuvuudesta päämuuntajiin eri tapauksissa sisältäen kustannusvaikutukset. Tässä tutkimuksessa käytiin kuitenkin läpi sammutuslaitteiden määräyksiä ja tehtiin eri järjestelmistä pieni soveltuvuustaulukko (liite D).

Automaattiset sprinkleri- ja vesisumulaitteistot ovat pääasialliset suojaustavat, kun tarkoituksena on suojata henkilöitä ja omaisuutta. Muut laitteistot on tarkoitettu esimerkiksi erityistilojen tai tietynlaisten teollisuustoimintojen suojaamiseen [94 s. 1]. Tärkeintä sammutuslaitteiston valinnassa on sen kyky sammuttaa palo päämuuntajissa.

Sammutuslaitteen valintaan vaikuttavat suojauksen laajuus, sammutteen soveltuvuus ja elinkaarikustannukset. Soveltuvuuden suhteen tarkastellaan sammutuslaitteiston toiminnan ja sammutteen soveltuvuutta tilassa esiintyvien palojen sammuttamiseen. Sammutuslaitteiston tulisi olla tilojen käyttöön sopiva eikä se saisi turmella esimerkiksi arvokkaita laitteistoja. Myös jälkivahinkojen ehkäisyn asettamat vaatimukset ja henkilöturvallisuuden vaatimukset on hyvä ottaa huomioon soveltuvuutta pohdittaessa [94 s. 2].

9.1.3 Suositus sammutusjärjestelmälle

Sähköaseman suojaustasoksi suositellaan RakMk E2:n mukaista suojaustasoa 1. Tämä tarkoittaa rakennuksen varustamista vähintään alkusammutuskalustolla. Muuntajille on tiukemmat vaatimukset rakenteellisen paloturvallisuuden suhteen, joten päämuuntajatilat suositellaan varustettavaksi automaattisella sammutuslaitteistolla. Etuina saadaan tällöin lievennyksiä palo-osastointiin, jolloin palonkestävyysaikaa saadaan pienemmäksi. Käytettäessä vesisammutuslaitteistoa on muuntajien vuotoaltaat mitoitettava niin, että ne voivat varastoida sekä sammutusveden että muuntajien nesteet. Tällöin muuntajaöljy ei valu säiliön täytyessä sammutusveden mukana ympäristöön.

9.2 Savunpoistojärjestelmät

Savunpoisto tarkoittaa palossa syntyvän savun ja lämmön poistamista rakennuksesta painovoimaisesti taikka koneellisesti [30 s. 4]. Tarkoitus on vähentää palon aiheuttamia henkilö- ja omaisuusvahinkoja, varmistaa palon alkuvaiheessa poistumisturvallisuus, auttaa

palokuntaa ja omaisuusvahinkojen torjunta. Savunpoiston suunnittelu on tärkeää aloittaa hyvissä ajoin, nimittäin eri vaihtoehdot vähenevät suunnitteluprosessin edetessä. Savunpoiston suunnittelu on myös monen suunnittelijan yhteistyötä. Viranomaisten vaatimuksesta on myös hyvä ottaa selvää etukäteen [98 s. 13–14, s. 30–31, s. 35].

9.2.1 Määräykset ja lait

Määräyksiä savunpoistolle löytyy seuraavista määräyksistä ja laeista:

- RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- RakMk E2 tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet
- Pelastuslaki
- Laki pelastustoimen laitteista
- Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston ohje savunpoistosta.

Määräykset vaativat, että rakennukseen tulee suunnitella ja rakentaa sen eri tiloihin soveltuva riittävä mahdollisuus savunpoistoon. Kuitenkin RakMk E1:n ohjeen mukaan savunpoiston järjestäminen ei edellytä erityistoimia, mikäli tilojen ikkuna- ja oviaukkoja voidaan käyttää savunpoistoon tai savu voidaan poistaa palokunnan toimin. Savunpoistojärjestelyistä neuvotellaan paikallisen pelastusviranomaisen kanssa [30 s. 35, 31 s. 6]. Automaattinen savunpoistolaitteisto tuo RakMk E1:n mukaan etuja rakenteellisiin paloturvallisuusmääräyksiin. Tällöin palo-osastoa voidaan suurentaa ja lämpötilan hitaamman nousun saa ottaa huomioon mitoituksessa. Savunpoiston suunnittelussa on otettava huomioon osastoidut uloskäytävät ja kellaritilat. Perustelluista syistä savunpoisto voidaan järjestää erityistoimenpitein kuten savunpoistoluukkujen avulla [30 s. 35].

Tuotantorakennuksilla suojaustaso vaikuttaa savunpoistoon RakMk E2:n mukaan. Kun sähköasema lasketaan suojaustasoon 1, määräysten mukaisesti painovoimainen savunpoisto riittää. Tällöin savu voidaan poistaa esimerkiksi käyttämällä huoneen yläosassa sijaitsevia helposti avattavia tai rikottavia ikkunoita ja luukkuja sekä korkeita oviaukkoja. Myös erillisiä savunpoistoluukkuja voidaan käyttää. Automaattisen sammutuslaitteiston yhteydessä riittää myös painovoimainen savunpoisto RakMk E2:n mukaan [31 s. 7].

Automaattista savunpoistolaitteistoa käytetään suojaustason 2 yhteydessä. Automaattinen savunpoistolaitteisto tulee kyseeseen silloin, kun turvallinen poistuminen saattaa vaarantua tai pelastus- ja sammutustehtävät sitä edellyttävät tilan koon, sijainnin, palokuorman määrän tai laadun, henkilömäärän tai muun vastaavan syyn johdosta. RakMk E2:ssa on määriteltä myös savunpoistoon soveltuvien aukkojen mitoitus. Tilojen korvausilma-aukkojen pinta-ala tulisi mitoittaa vähintään yhtä suureksi kuin savunpoistoaukoiltaan suurimman savulohkon savunpoistoluukkujen pinta-ala. Korvausilma-aukoiksi riittävät yleensä rakennuksen ovet ja ikkunat, jotka palon sammutuksen yhteydessä saadaan avatuksi. Savunpoisto voidaan järjestää myös koneellisesti, mutta määräykset eivät siihen pakota [31 s. 7].

Muuten savunpoistosta on annettu määräyksiä liittyen huoltoon, kunnossapitoon ja tarkastuksiin. Rakennusviraston ohjeen mukaan, riippuen savunpoistotasosta, toimitetaan savunhallintajärjestelmän suunnitelmat rakennusvalvontavirastolle. Rakennusvirasto ohjaa myös, että suunniteltaessa kohteeseen savunhallintajärjestelmää tulee komponenteille asetettujen vaatimusten täyttäminen osoittaa niitä koskevien harmonisoitujen EN-standardien sekä niissä määriteltyjen EN-testistandardien mukaisesti [99].

9.2.2 Savunpoiston tehtävä

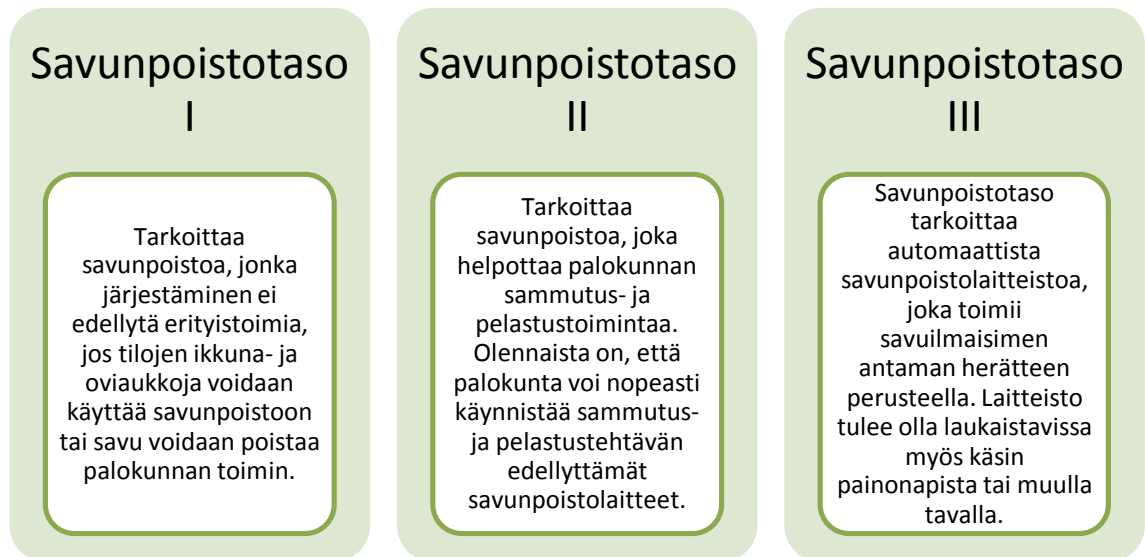
Savunpoiston päätehtävä on syytä valita huolellisesti, koska se vaikuttaa savunpoistolaitteiston toteutusperiaatteeseen. Savunpoiston päätehtäviä on kolme erilaista (kuva 41). Jos halutaan turvata ihmisten poistuminen rakennuksesta, ovat vaatimukset tiukemmat ja silloin edellytetään yleensä automaattista savunpoistoa [98 s. 17, s. 40, s. 49]. Päätehtäväksi sähköasemilla sopii parhaiten omaisuusvahinkojen torjunta. Sähköasema on miehittämätön ja savunpoiston päätehtävänä on turvata ja helpottaa sammutustyötä sekä nopeuttaa sähköaseman toiminnan palauttamista palotilanteen jälkeen. Työntekijöiden poistumisen turvaamiseksi käytetään muita keinoja kuin savunpoistoa, kuten palo-osastointia, poistumisteitä ja turvavalaistusta. Asema voi olla tyhjillään palon sattuessa, joten työntekijöiden turvaamista ei ole järkevää laittaa siten päätehtäväksi.

Poistumisen turvaaminen	Palokunnan toiminnan turvaaminen	Omaisuusvahinkojen torjunta
<ul style="list-style-type: none"> •Tärkeää on säilyttää turvalliset olosuhteet palon alkuvaiheessa poistumiseen ja ihmisten pelastamiseen tarvittavan ajan. •Muodostetaan savulohkot, joiden alueelle savun leviäminen rajoitetaan riittävän pitkäksi aikaa poistumisen ja pelastamisen vuoksi. 	<ul style="list-style-type: none"> •Palokunnan tehtävä on ensisijaisesti pelastaa palavassa rakennuksessa olevat ihmiset ja toissijaisesti vähentää palosta aiheutuvia omaisuus- ja ympäristövahinkoja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Turvaa ja helpottaa sammutustyötä. • Hidastaa paloa • Suojaa laitteita ja kalustoa sekä rakennuksen irtaimistoa savuvahingoilta. • Pienentää rakennusosien lämpövaikutuksia palon aikana. • Pienentää noen, savun ja lämmön aiheuttamia vahinkoja.

Kuva 41. Savunpoiston päätehtävät [perustuu lähteeseen 98 s. 17–18].

9.2.3 Savunpoistotaso

Savunpoistotasot luokitellaan kolmeen eri savunpoistotasoon I-III (kuva 42). Samassa palo-osastossa voi olla eri savunpoistotasoihin kuuluvia tiloja, jotka on erotettu toisistaan savun leviämistä rajoittavin rakennusosin [98 s. 38].



Kuva 42. Savunpoistotasot I-III [perustuu lähteeseen 98 s. 38–41].

Savunpoistotaso I voidaan toteuttaa silloin, kun määräysten (RakMk E1) edellyttämä rakennuksen osastointi, poistumistiet sekä rakennusten ja rakenteiden luokkavaatimukset täyttyvät eikä omaisuuden suojelun tai henkilöturvallisuuden takia ole tarpeen käyttää parempaa tasoa. Esimerkkeinä tähän tasoon kuuluvista rakennuksista voidaan mainita normaalit asuinrakennukset ja toimistot. Savunpoistoluokka II tulee kyseeseen, kun RakMk E1:n mukaan perustellut syyt niin vaativat. Tällöin savunpoisto on järjestettävä erityistoimenpitein, kuten savunpoistoluokkujen, savunpoistoikkunoiden tai huonetilojen yläosassa sijaitsevien helposti avattavien ikkunoiden avulla. Suojaustaso III toteutetaan, kun tarkoituksena on varmistaa ihmisten poistuminen kiinteistöstä jo ennen palokunnan saapumista paikalle. Kyseistä tasoa voidaan edellyttää sammutus- ja pelastushenkilöiden turvallisuuden ja toimintaedellytysten takia [98 s. 39–40].

Savunpoistotaso II on sähköasemalle sopivista tasoista riittävin. Savunpoistotaso III on tarkoitettu ihmisten pelastautumisen tehostamiseen, mikä ei sähköasemalla ole savunpoiston päätehtävä. Myös sähköaseman suojaustason ollessa 1, voidaan pääsääntöisesti käyttää savunpoistotason I laitteita. Savunpoistotason I savunpoistoon käytetään tavanomaisia käsin avattavia ikkunoita, ovia ja luokkuja [98 s. 42]. Koska sähköasemalla ei ole ikkunoita, on tässä tutkimuksessa tarkasteltu savunpoistotason II tuomia vaatimuksia tarkemmin.

Kun savunpoistotaso II valikoituu sopivaksi tasoksi, tehdään suunnitteluprosessi riskiperusteisesti. Savunpoiston suunnittelija tekee riskiarvion. Savunpoistotaso II on sopiva, kun palosta aiheutuvat toiminnalle, ihmisille ja ympäristölle arvioidut riskit ovat pienet [98 s. 25, s. 50]. Tason II ollessa valittu tulee savunpoistojärjestelmän suunnitelmat toimittaa rakennusvalvontaviranomaisille [99].

Savunpoistolaitteisto toteutetaan savunpoistotason II mukaisesti siten, että käytetään painovoimaista tai koneellista savunpoistoa. Tällöin kuumat savukaasut nousevat ympäröivää ilmaa kevyempänä katon rajaan, josta ne poistetaan. Painovoimainen savunpoisto tehdään katolle ja seinän yläosaan asennetuilla savunpoistoluukuilla, joita ohjataan joko ohjauskeskuksesta tai painonapeilla. Luukut voivat avautua myös lämpöilmaisimen avulla. Koneellinen savunpoisto tehdään katolle ja seinän yläosaan asennetuilla savunpoistopuhaltimilla ja mahdollisesti savunpoistokanavoinnilla. Kanavoinnilla ja koneellisella savunpoistolla voidaan ratkaista korkeissa tiloissa savun kerrostumiseen liittyviä ongelmia. Luukkujen ja savunpoisto-aukkojen sijoituksessa on huomioitava, että savukaasut eivät leviä niiden kautta muihin osiin [98 s. 40, s. 42, s. 110, s. 113, s. 115–116, s. 120].

Painovoimainen savunpoisto sopii yksikerroksisiin rakennuksiin, mutta monikerroksisissa rakennuksissa voidaan käyttää savunpoistokuilua ja kuilun yläpäähän sijoitettuja luukkuja. Koneellista savunpoistoa käytetään kun savupatjan lämpötila pysyy keskimääräisesti suhteellisen matalana. Koneellinen savunpoisto sopii hyvin myös monikerroksisiin rakennuksiin ja kellareihin. Sammutuslaitteiston kanssa koneellinen savunpoisto on tehokas, koska savukaasujen lämpötila pysyy alhaisena. Monissa kohteissa sekä painovoimainen että koneellinen savunpoisto ovat mahdollisia. Tosin samaan tilaan molempia ei saa sijoittaa. Tason II savunpoistoluukuille suositellaan lämpösulakkeesta laukeavia tai sähköisesti ohjauskeskuksesta laukaistavia savunpoistoluukkuja. Jos kohde on sprinklattu, ei tarvita lämpösulakkeita. Kellareista savu voidaan poistaa myös luukkujen avulla [98 s. 50–51, s. 53, s. 111–112].

Korvausilmaa varten on myös huomioitava tarvittavat aukot. Aukkoina voidaan käyttää ovi- ja ikkuna-aukkoja tai erillisiä korvausilmaluukkuja. Koneellisen savunpoiston yhteydessä voidaan käyttää korvausilmapuhaltimia joko suoraan tai kanavoituna. Myös tehostettua tuloilmavirtaa ilmanvaihtokoneelta tuloilmakanaviston kautta voidaan käyttää. Uloskäytäviä voidaan käyttää korvausilmareittinä. Korvausilma-aukkojen tulee aueta samanaikaisesti painovoimaisessa järjestelmässä luukkujen avauksen yhteydessä ja koneellisessa ennen savunpoistopuhaltimien käynnistystä. Rakennukseen saattaa kertyä muuten runsaasti palamattomia savukaasuja, jotka syttyvät räjähdysmäisesti oven aukaisussa [98 s. 120–123].

Savunpoistoluukut laukaistaan tai puhaltimet käynnistetään ohjauskeskuksesta. Keskuk- sen suunnittelun yhteydessä on muistettava, että siellä pitäisi voida työskennellä ilman suojaruustusta suojatun alueen palaessa. Tämä asettaa vaatimuksia sähköaseman eteisel- le, jossa ohjauskeskus mahdollisesti sijaitsee. Ilmanvaihdon suhteen on otettava huomioon, että se on pois päältä heti, kun palo havaitaan. Ilmanvaihtoa voidaan käyttää myös savunpoistoon, mutta se nostaa silloin vaatimustasoja kanavien ja puhaltimen suhteen [98 s. 167–168, s. 200, s. 235].

9.2.4 Savunpoisto ja sammutusjärjestelmät

Savunpoiston ja sammutusjärjestelmän yhdistäminen riippuu järjestelmistä (taulukko 3). Käsin laukaistaessa aktivoidaan savunpoistojärjestelmä vasta vesisammutusjärjestelmän jälkeen. Koneellista savunpoistoa ei suositella, jos käytetään vesisumusammutuslaitteistoa. Parempi on käyttää manuaalista laukaisua. Kaasusammutuslaitteistojen sopivuudesta ei ollut merkittävästi mainintoja, mutta savunpoiston tuuletusmahdollisuus pitää olla sellaisissakin tiloissa. Sammutuslaitteistojen suhteen järkevintä on ensin laukaista sammutuslaite ja sen jälkeen palokunnan toimesta savunpoisto [98 s. 171–172].

Taulukko 3. Esimerkki savunpoiston ja sammutusjärjestelmien yhdistelymahdollisuuksista [perustuu lähteeseen 100 s. 6].

	Sprinkleri	Vesisumu
Koneellinen savunpoisto	Mahdollinen, kun pitää mielessä ristituuletuksen.	Yhdistelmää ei yleensä suositella.
Luonnollinen savunpoisto, laukaisu savuilmamaisimesta	Yhdistelmä mahdollinen ja hyödyllinen, kun pitää mielessä järjestelyt.	Yhdistelmää ei yleensä suositella.
Luonnollinen savunpoisto, laukaisu lämpösulakkeesta	Yhdistelmä mahdollinen ja hyödyllinen, kun pitää mielessä järjestelyt.	Yhdistelmää ei yleensä suositella.
Luonnollinen savunpoisto, manuaalinen laukaisu	Hyödyllinen yhdistelmä.	Mahdollinen määrätyissä olosuhteissa.

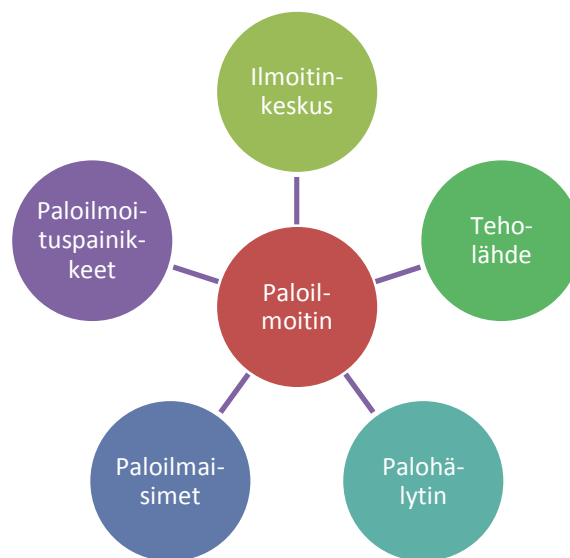
9.2.5 Suositus savunpoistojärjestelmälle

Savunpoisto tehdään sähköasemalle määräysten mukaisesti ja omaisuusvahinkoja vähentämään. HSV:llä päätehtävä on toiminnan turvaamisen jatkaminen. Savunpoistotaso II on enimmäistaso. Tällöin savunpoisto toteutetaan painovoimaisena tai koneellisena. Sammutuslaitteiden yhteydessä on huomioitava, että savunpoiston manuaalilaukaisu on paras vaihtoehto. Savunpoistoluukkujen vaatimat alat ja etäisyydet pitää ottaa huomioon arkkitehtisuunnittelussa.

Koneellinen savunpoisto on kannattava, jos asema on monikerroksinen rakennus. Koneellinen savunpoisto on toisaalta sammutuslaitteiston yhteydessä myös tehokas, koska se sopii matalalämpötilaisiin savupatjoihin. Sammutuslaitteistotiloissa, esimerkiksi päämuuntajatiloihin, kannattaa pohtia, mikä järjestelmä on paras (painovoimainen vai koneellinen). Kanavointia ei välttämättä tarvita koneellisen savunpoiston yhteydessä. Korvausilma-aukot tulee myös olla molemmissa järjestelmissä. Korvausilman suhteen on huomioitava myös korvausilman tulo ennen koneellista savunpoistoa tai yhtä aikaa painovoimaisen kanssa. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sammutetaan heti palon syttyessä.

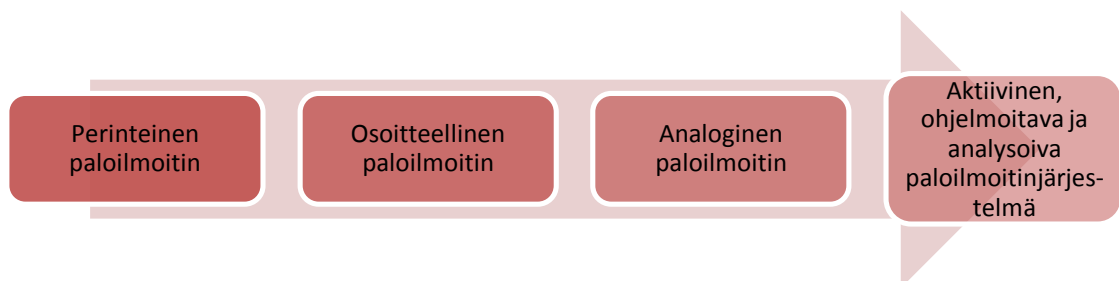
9.3 Paloturvallisuusjärjestelmät

Automaattisella paloilmittimella tarkoitetaan laitteistoa, joka antaa automaattisesti ja välittömästi ilmoituksen alkavasta palosta ja laitteiston toimintavalmiutta vaarantavista vi-oista sekä paikallisesti että hätäkeskukseen. Termiä ”paloilmoitin” käytetään, kun hätäkeskuksen sijaan sama ilmoitus menee vain paikallisesti ja hälytyskeskukseen (palvelukeskus) hätäkeskuksen sijaan. Hälytyskeskuksella tarkoitetaan hyväksynnät täyttävää hälytyskeskusta, josta välitetään hälytystehtäviä. Paloilmoitin koostuu ilmoitinkeskuksesta, teholähteestä, paloilmaisimista, paloilmotuspainikkeista, hälyttimistä ja ilmoituksensiirtojärjestelmästä (kuva 43). Automaattisella paloilmittimella järjestelmät ovat muuten samat, mutta ilmoituksensiirtojärjestelmä on automaattinen [101 s. 7].



Kuva 43. Paloilmittimen koostumus.

Paloilmittimet jakautuvat eri teknologiatasoihin. Mitä kehittyneempi paloilmittinjärjestelmä on, sitä enemmän älykkyys, ohjelmitavuus ja ominaisuuksien määrä kasvavat (kuva 44) sekä kyky vähentää virheellisiä ilmoituksia [101 s. 8–9].



Kuva 44. Paloilmittimien teknologiatasot [perustuu lähteeseen 101 s. 8–9].

Perinteinen paloilmittin tarkoittaa paloilmittintä, joka antaa ilmoituksen paloryhmän tarkkuudella siihen liitetyistä perinteisistä lämpö- ja savuilmaisimista. Osoitteellinen pa-

loilmoitin taas muodostuu ilmoitinkeskuksesta, joka osaa vastaanottaa yksilöidyn osoite-tiedon siihen liitetyistä osoitteellisista ilmaisimista ja yksiköistä sekä niihin kytketyistä laitteista. Ylimmällä tasolla eli aktiivisella, ohjelmoitavalla ja analysoivalla paloilmoin-järjestelmällä tarkoitetaan mikroprosessoripohjaisista ilmaisimista ja ilmoitinkeskuksesta koostuvaa paloilmoinjärjestelmää. Ilmaisimet mittaavat tällöin jatkuvasti sijaintipaik-kansa ympäristön epäpuhtautta, palokaasuja, savutiheyttä tai lämpötilaa. Ilmaisimien vertaamittauksia palon malleihin eli algoritmeihin. Tällaisella järjestelmällä pyritään saamaan nopea vaste palotilanteessa ja suodattamaan mahdollisimman hyvin erheelliset ilmoitukset. Järjestelmä mahdollistaa ennakkovaroituksen ja huoltoilmoituksen käytön [101 s. 8-9].

Paloilmaisin seuraa joko jatkuvasti tai lyhyin aikavälein tulipalon havaitsemiseen sovel-tuvia fysikaalisia ja/tai kemiallisia ilmiöitä. Standardisarjan EN 54 mukaisia paloilmai-simia ovat [101 s. 10–11] :

- Lämpöilmaisin
- Savuilmaisin
- Yhdistelmäilmaisin (Y-ilmaisin)
- Optinen linjailmaisimien (OL-ilmaisin)
- Liekki-ilmaisin (L-ilmaisin)
- Näytteenottoilmaisin
- Näytteenottojärjestelmä.

Standardoimattomiin ilmaisimiin kuuluvat lämpöilmaisinkaapelit ja häikäilmaisin. Sa-vuun perustuva ilmaisimien on hyvä henkilöturvallisuuden kannalta ja sitä voidaan käyttää kaikkien teknologiatasojen järjestelmissä. Ne antavat myös nopeammin vasteen kuin läm-pöilmaisimet. Jos toiminnassa tuotetaan tai syntyy savua, kaasua tai pölyä on harkittava yhdistelmä-, lämpö-, liekki- tai erikoisilmaisimia. Liekki-ilmaisimet havaitsevat taas syt-tyvien nesteiden ja kaasujen palot. Ne havaitsevat liekehtivän palon nopeammin kuin sa-vuilmaisimet. Toisaalta yhdistelmäilmaisimien avulla voidaan vähentää erheellisiä ilmoi-tuksia. Paloilmaisimilla varustetaan kaikki valvottuun palo-osastoon kuuluvat tilat. Kaik-kia tiloja ei tarvitse varustaa paloilmaisimella. Näitä ovat muun muassa lattiapinta-alal-taan enintään 4 m² kokoinen wc-tila ja pystysuorat kaapelikuilut ja -kanaalit, joiden poik-kileikkauspinta-ala on pienempi kuin 2 m² ja joihin ei ole kulkumahdollisuutta [101 s. 11– 12, s. 14, s. 17].

Päämuuntajatilat, joihin tulee sammutuslaitteisto, voidaan jättää varustamatta paloilmai-similla sähköasemalla. Mikäli päämuuntajatilat tai muu palo-osasto varustetaan paloilmoinmoittimeen liitetyllä sprinklerisammutuslaitteistolla, tulee tilaan myös paloilmoinmoituspai-nikkeet ja -hälyttimet. Sprinklerikeskustilat sen sijaan varustetaan ilmaisimella, vaikka sammutettavaa tilaa ei tarvitse varustaa ilmaisimella. Jos sprinklerikeskus sijaitsee suu-ressa palo-osastossa, varustetaan keskuksen lähialue ilmaisimilla [101 s. 14].

Paloilmoituspainikkeet ovat käsin tehtävää paloilmoitusta varten, jonka työntekijä voi laukaista. Sitä voidaan käyttää myös laitteiston toimintakunnon testaamiseen. Niitä sijoitetaan jokaisen ulos johtavan kulkureitin varrelle uloskäynnin läheisyyteen sekä ilmoitinkeskuksen läheisyyteen. Palohälyttimet ovat pääsääntöisesti varoittamassa kiinteistössä asioivia palovaarasta [101 s. 22–23].

Ilmoitinkeskuksen luo pitää palokunnan olla helppo päästä ja sen pitää olla tuloreitin varrella. Ilmoitinkeskus varustetaan PALOILMOITIN-tekstillä. Ilmoitinkeskuksen pitäisi sijaita lämmitetyssä tilassa ja suositeltu lämpötila on normaali huonelämpötila eli +20 astetta. Paloilmoittimen läheisyyteen sijoitetaan myös esimerkiksi sammutuslaitteiston ohjausjärjestelmä. Ilmoitinkeskukseen voidaan liittää myös sammutuslaitteistojen toimintailmoitukset. Keskukseen yhteydessä tulee olla määrätyt asiakirjat esimerkiksi paikantamiskaaviot sekä kotelo niille [101 s. 24, s. 26].

9.3.1 Määräykset

Määräyksiä paloturvallisuusjärjestelmille löytyy:

- RakMk E1 rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- RakMk E2 tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet
- Työturvallisuuslaki
- Valtioneuvoston asetuksista työpaikkojen turvallisuus- ja terveystaakimuksista
- Laki pelastustoimen laitteista
- Pelastuslaki
- Sisäministeriön julkaisu A:60 paloilmoittimen hankinta, asennus, käyttöönotto, huolto ja tarkastus (kumoutunut).

Määräysten mukaan laissa ei ole velvollisuutta hankkia sähköasemalle paloilmoitinta tai kytkeä sitä hätäkeskukseen. Ainoastaan, jos sähköasema katsottaisiin suojaustason 2 mukaiseksi, jouduttaisiin hankkimaan paikallisesti ja hätäkeskukseen automaattisen ilmoituksen antava paloilmoitin ja suojaustason 1 mukainen alkusammutuskalusto. Automaattinen paloilmoitin tulee tällöin kysymykseen kohteissa, joissa sammutusvoimien riittävän aikainen ja luotettava hälyttäminen sekä siitä seuraavat toimenpiteet oleellisesti lisäävät henkilöturvallisuutta ja vähentävät omaisuusvahinkoja. Tehokas sammutustyö tulisi aloittaa 10 minuutin kuluttua paloilmoituksesta [31 s. 3–4]. RakMk E1 määrää sähköverkkoon kytkettyjä palovaroittimia esimerkiksi asuntoihin huoneistokohtaisesti tai P2-luokan 3-8 kerroksisiin työpaikkarakennuksiin [30 s. 34]. Palovaroittimiakaan ei ole siten pakko hankkia sähköasemalle.

Työntekijöiden turvallisuus on kuitenkin muistettava. Työpaikat on työolosuhteiden edellyttäessä varustettava tarpeellisilla hälytys-, paloturvallisuus-, hengenpelastus- ja pelastautumislaitteilla ja -välineillä [52 §45]. Työpaikan, toiminnan, olosuhteiden tai vaaran erityispiirteiden sitä edellyttäessä työntekijöiden varoittaminen tulipalon johdosta tulee

järjestää siten, että hälytys tehokkaasti havaitaan kaikkialla työpaikalla ja samalla voidaan todeta, ketä hälytys koskee. Alkusammutusvälineiden on oltava helposti käyttöön otettavissa [85 §16].

Määräyksistä merkittävimmät huomiot rakennuksen omistajaan kohdistuvat pelastuslain vaatimuksista omistajan velvollisuuteen ylläpitää, huoltaa ja tarkastaa laite säännöllisesti. Laiminlyönnistä seuraa uhkasakko [96]. Automaattisen paloilmoittimen hankkiminen antaa mahdollisuuden laajentaa palo-osastoa sekä lieventää määräyksiä, jotka on tarkoitettu estämään palon leviäminen naapurirakennuksiin tai torjumaan aluepalon vaaraa. Tosin saadakseen nämä edut, pitää paloilmoituksen mennä suoraan hätäkeskukseen. Lievennyksiä myönnettäessä on varmistettava, että tehokas sammutustyö voidaan aloittaa riittävän nopeasti [30 s. 34–35].

ST-ohjeistossa 1 mainitaan, että palovaroitin voi olla rakennusluvan tai toimenpideluvan ehtona. Tällä viitataan kaiketi pelastuslain määräykseen 82 §, jonka mukaan kohteessa, jossa harjoitettu toiminta tai olosuhteet aiheuttavat henkilö- tai paloturvallisuudelle tai ympäristölle tavanomaista suuremman vaaran, voi alueen pelastusviranomaisen määrätä toiminnanharjoittajaa hankkimaan muita pelastustyötä helpottavia laitteita, jos se on välttämätöntä [96, 101 s. 13].

9.3.2 Suositus paloturvallisuusjärjestelmälle

Sähköasemalle suositellaan vähintään paloilmoitinta, vaikka määräyksissä ei suoraa vaatimusta esiinny. Täten tieto mahdollisesta palosta ja laitteen vioista menisi perille paikallisesti ja hälytyskeskukseen eli HSV:n käyttökeskukseen. Tilat varustetaan myös sopivilla ilmaisimilla. Paloilmoituspainikkeet ja palohälyttimet ovat henkilökuntaa varten.

Sähköasemalle paloilmoittimen riittävä ylin hyvä teknologiataso on osoitteellinen paloilmoin. Ilmoitinkeskus osaa vastaanottaa siten yksilöidyn tiedon siihen liitetystä osoitteellisista ilmaisimista ja -yksiköistä sekä niihin kytketyistä laitteista [101 s. 9]. Kun yksinkertaisempaan tilasuunnitteluun päästään, voidaan osoitteellisen paloilmoittimen sijaan pohtia myös perinteisen paloilmoittimen mahdollisuutta. Osoitteellinen paloilmoin mahdollistaa huollon yhteydessä monimutkaisessa ja isossa asemarakennuksessa esimerkiksi viallisen paloilmaimen löytämisen nopeammin.

Paloilmaisulaitteet kuuluvat paloilmoinjärjestelmään. Suunnittelija valitsee olosuhteisiin ja ympäristöön sopivimmat ilmaisimet, joten niiden suhteen ei tässä anneta tarkempaa suositusta. Mikään yksittäinen ilmaisin ei nimittäin sovi kaikkiin sovelluksiin [101 s. 16]. Vaikka sähköasemasta osa jätetään palo-osastoimatta, voidaan ne silti varustaa palonilmaisimilla. Kuitenkin, jos esimerkiksi WC-tilan koko on enintään 4 m², ei sinne tarvitse laittaa ilmaisinta. Samoin myöskään sammutusjärjestelmällä varustettuja päämuuntajajaloja ei tarvitse varustaa paloilmaisimilla. Ilmaisimien sijoittelussa tulee huomioida niiden

vaatimat vapaat tilat ilmaisimen ympärillä sekä etäisyydet ilmanvaihdon poistoilma-aukoista.

Paloilmoituspainikkeista on hyötyä, jos palo syttyy työntekijöiden ollessa asemalla, tällöin he voivat antaa hälytyksen heti, vaikka ilmaisimet eivät olisi ehtineet vielä reagoida. Palohälyttimien asentaminen ei ole pakollista määräysten mukaan, mutta jos halutaan ottaa huomioon työntekijöiden turvallisuus jokaisessa tilassa, jossa on tarve varoittaa työntekijöitä, voidaan ne asentaa. Yksi palohälytin sijoitetaan tällöin myös mahdollisimman lähelle hyökkäysreittiä, jossa sijaitsee ilmoitinkeskus [101 s. 23]. Lisäksi ainakin paloilmointimeen liitettyllä sammutuslaitteistolla suojatut tilat varustetaan palohälyttimin eli sähköasemalla päämuuntajatilat.

Ilmoitinkeskuksen hyvä sijainti on eteisessä, pääsisäänkäynnin yhteydessä, jolloin se on sopivasti palokunnan hyökkäysreitillä varrella. Paloilmointimen olosuhdevaatimuksen suhteen varmistetaan vaadittu lämpötila paloilmointilaitteen toimittajalta. Ennakolta varaudutaan +20 asteen lämpötilaan.

10. RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatiolla pyritään lisäämään viihtyvyyttä, turvallisuutta ja vähentämään energiankulutusta. Se ohjaa ja valvoo kiinteistöä ilman jatkuvaa päivystystä hälyttäen, jos toiminto ei vastaa rakennusautomaatiolle annettuja ehtoja tai olosuhteet ovat ylittäneet niille asetetut raja-arvot. Rakennusautomaatioon voidaan liittää myös yleisten taloteknisien järjestelmien lisäksi muita järjestelmiä, yleensä turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä. Hyötyihin voidaan lukea kustannusten säästö ja hallinta energiankulutuksen vähentymisen ansiosta. Myös parempi sisäilman laatu ja huollon sekä kunnossapidon tehostuminen ovat etuja. Etäyhteysmahdollisuus pienentää myös huoltokustannuksia. Millä tahansa PC-laitteella voidaan olla yhteydessä järjestelmän valvomoon ja ala-asemiin, jos järjestelmän käyttöliittymä toimii selaimella ja yhteys kohteeseen saadaan internetin kautta. Turvallisuus myös lisääntyy, kun järjestelmään voidaan integroida esimerkiksi kulunvalvonta- ja rikosilmoitintoiminnot sekä turvallisuuskriittisiä toimintoja voidaan valvoa paremmin [45 s. 243, 102 s. 92, s. 95, 103 s. 7]. Tässä tutkimuksessa on pohdittu rakennusautomaation hyötyjä ja sen soveltuvuutta sähköasemalle sekä miten sen eri toimintoja voitaisiin mahdollisesti hyödyntää.

10.1 Määräykset

Rakennusautomaatiolle ei ole suoraan määräyksiä, mutta koska rakennusautomaation kautta ohjataan esimerkiksi ilmanvaihtoa, koskevat rakennusmääräyskokoelman määräykset sitä välillisesti tai suoraan. Esimerkiksi RakMk D2 mukaan syntyy vähintään ilmanvaihdolle tarve erilaisille säätö- ja valvonta- sekä aikaohjaustoiminnoille. Rakennusten LVI-järjestelmien turvallinen käyttö edellyttää hälytystoimintoja ja niiden edelleen välittämistä. Sähkötiedon korteista löytyy myös erilaisia standardeja ja ohjeita rakennusautomaatiolle [104, 105 s. 1].

10.2 Rakennusautomaation hyödyt

Sähköasemalle suurimmat syyt hankkia rakennusautomaatio ovat energiankulutuksen hallinta ja kulutustietojen keräys, huolto- ja kunnossapitotoimien tehostaminen sekä turvallisuuden lisääminen miehittämättömällä asemalla. Sähköaseman tiloja palvelevaa talotekniikkaa pitäisi ohjata tarpeen mukaan esimerkiksi läsnäolon, ilmanlaadun, lämpötilan, kosteuden ja valovoimakkuuden avulla. Läsnäolo- tai ajastinohjaus soveltuvatkin paremmin tiloihin, joiden käyttö vaihtelee suuresti viikoittain tai on satunnaista. Myös ilmanlaatuun perustuva ohjaus sopii hyvin ajoittain käytössä oleville tiloille. Tosin isoissa tiloissa esimerkiksi muutaman ihmisen tuottama hiilidioksidin määrä ei merkittävästi mitariin vaikuta [15 s. 109, 106 s. 13].

Sähköasemat suunnitellaan ennen kaikkea laitteita varten ja tilat lämmityksen, ilmanvaihdon sekä muiden olosuhteiden osalta laitteille ja prosessille sopivaksi. Varsinaisia henkilötyöskentelytiloja, esimerkiksi valvomotiloja, ei asemalla juuri työntekijöitä varten ole, mutta esimerkiksi, jos sähköasemalla on WC, tulee se mitoittaa ilmanvaihtoteknisesti paremmin kuin muut tilat. Rakennusautomaatiolla voidaan löytää ratkaisu tähän vaihtelevien olosuhteiden toteutukseen. Työntekijöiden tullessa asemalle voidaan tehostaa ilmanvaihtoa ja lämmitystä, ja heidän poistuessaan, laskea olosuhteet sille tasolle, joka riittää sähkölaitteille.

10.3 Sopiva taso ja suunnittelu

Lähtökohtana suunnittelussa on rakennuksen omistajien ja käyttäjien tarpeiden tyydyttäminen mahdollisimman hyvin. Järjestelmätyyppi valitaan kartoituksen pohjalta soveltuen suunniteltavaan kohteeseen sekä vastaten parhaiten asetettuja tavoitteita ja tarpeita. Rakennusautomaatioon kannattaa liittää kaikki kiinteistön talotekniset järjestelmät. Sähköasemalla sopivia liitettäviä järjestelmiä ovat LVI-tekniikkaan liittyvät järjestelmät sekä valaistus- ja turvallisuusjärjestelmät (kuva 45). Kiinteistön kaikki kulutusmittarit kannattaa keskittää kiinteistöautomaatiojärjestelmään, jotta kulutuksia voidaan seurata tehokkaasti. Rakennusautomaatio, kulunvalvonta sekä valaistus- ja sähkönohjausjärjestelmä integroidaan tarvittavassa laajuudessa, jotta rakennuksen kulutus voitaisiin minimoida [42 s. 18–19, 102 s. 155, 106 s. 13].



Kuva 45. Rakennusautomaation kautta ohjattavat järjestelmät sähköasemalla.

Järjestelmä tulisi sovittaa olemassa olevaan käyttöorganisaatioon, sen toimintamalleihin sekä osaamis- ja ajankäyttöresursseihin. Tasoluokan valinnassa merkittävämpiä rooleja

sähköasemalla näyttelevät LVI-järjestelmän ja energiatalouden vaatimukset sekä käytön organisointi. Rakennusautomaation tasoa valittaessa energiatehokkuuden suhteen olisi järjestelmässä hyvä olla raja-arvohälytykset, koneiden ja laitteiden aikaohjaukset ja ristiriitahälytykset, LTO-hyötysuhdelaskenta- ja hälytys, mittausseuranta ja -historia sekä kulutusraportointi [105 s. 1, s. 4–5]. Tosin energiataloudellisuuden panostus vaatii myös käyttöhenkilökunnan perehdyttämistä ja kouluttamista ohjelmistojen hyödyntämiseen.

Mitä korkeammat vaatimukset ovat edellä mainittujen toimintojen suhteen ja liittyen LVI-järjestelmän monimutkaisuuteen, sitä suurempi tavoitetaso valitaan. Sähköasemalla sopiva järjestelmä on digitaalinen DDC-järjestelmä (direct digital control). DDC-järjestelmällä kaikki säätö-, ohjaus- ja valvontatoiminnot toteutetaan DDC-alakeskuksen prosessorilla, alakeskukset voivat välittää kommunikoinnin kautta tietoja toisilleen. Alakeskuksissa voi olla kiinteä käyttölaite tai siihen kytkeydytään kannettavalla huoltopäätteellä tai kannettavalla tietokoneella [105 s. 3–4].

10.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on tehokkainta rakentaa tarpeenmukaiseksi ilmanvaihdon kokonaisenergiankulutuksen pienentämiseksi. Ilmaa johdetaan tällöin tiloihin vain todetun käytön ja käyttöasteen mukaan. Ilmanlaatu saa heiketä, kun tilassa ei olla. Tarpeenmukaisesti taajuusmuuttajalla ohjatut puhaltimet ilmanvaihtokoneissa tuovat elinkaarensa aikana huomattavan säästön sähköenergiankulutuksessa. Läsnaolotunnistus sopii hyvin tähän tarkoitukseen, mutta kulunvalvontaa voidaan käyttää myös [15 s. 108, 106 s. 14, 107 s. 7].

Ilmanvaihtojärjestelmässä energiatalouden keskeisiä tekijöitä on lämmöntalteenottolaitteiden moitteeton toimivuus. Tämä varmistetaan laitteiden oikealla virityksellä ja jatkuvalla seurannalla. Parhaiten lämmöntalteenoton tarkastelu tapahtuu seuraamalla, että lämpötilahyötysuhde pysyy annettujen hälytysrajojen sisällä. Tällöin tosin LTO:n todellisen saavutettavissa olevan hyötysuhteen tulee olla tiedossa [107 s. 6].

Valaistusjärjestelmä voi ohjata väyläpohjaisessa järjestelmässä ilmanvaihtoa niin, että valaistusohjauksen läsnäolotunnistimen havaitessa liikettä ohjaa se myös kyseessä olevan alueen ilmanvaihdon päälle, jos se ei ole jo toiminnassa. Kun läsnäoloa ei havaita, ohjaa se ilmanvaihdon pois päältä sopivan viiveen jälkeen. Täten voidaan minimoida ilmanvaihdon käyttöaika, jolloin LVI-laitteiden lämmön ja sähkön käyttö vähenee [108 s. 4]. Tämä sopisi hyvin mahdolliseen WC-tilaan, mutta myös tehostamaan sähkötilojen ilmanvaihtoa.

Yötuuletustoiminto tai yöjäähdytystoiminto on erittäin hyvä tapa viilentää asemaa hellekausina. Rakennettaessa entistä tiiviimpiä seiniä, saattaa jäähdytyksen tarve kasvaa. Kuumman kesäpäivän jälkeen seuraa yleensä viileä kesäyö. Tällöin ilmanvaihto käynnistyy, kun ero sisä- ja ulkolämpötilan välillä on riittävä. Jos on mahdollista, kannattaa käyttää

osailmavirtaa. Tällöin sähkönkäyttö putoaa oleellisesti ja samalla lämpenemä puhaltimessa pienenee. Toiminnolla voidaan jäähdyttää myös tiloja, joissa ei ole käytössä varsinaista jäähdytystä [15 s. 110, 106 s. 15].

10.5 Lämmitys

Tilalämmitystä tulisi ohjata ja säätää tilojen sisäisten lämpökuormien mukaan. Samanlainen lämmitys ja mahdollinen jäähdytys tulee estää asetusarvomäärittelyin. Mahdollista yöjäähdytyksen käyttöä voidaan arvioida huonelämpötilamittausten keskiarvon tai poistoilman lämpötilan perusteella [15 s. 95, 107 s. 7].

Lämmityksessä energiaa voidaan säästää käyttämällä lämmityksen säädössä tarpeenmukaista ohjausta. Lämpötilan voidaan antaa hieman laskea, kun tila ei ole käytössä. Tehokas tapa on saada säätöjärjestelmään läsnäolotieto kulunvalvonnasta. Pelkästään läsnäoloilmaisimien perusteella ei lämmitystä kannata kuitenkaan säätää. Huonesäätimiä käytettäessä pitäisi käyttöliittymän olla selkeä ja yksinkertainen. Jos säätimessä on asetusarvon muutosmahdollisuus, pitäisi muutoksen suuruus rajoittaa pieneksi esimerkiksi +1,5 astetta riittää. Suunnitteluvaiheessa tulee harkita huonesäätimien suhteen, mitä muutoksia käyttäjä voi sillä tehdä ja säätimessä tulee olla mahdollisuus, että käyttäjän muutosmahdollisuuksia voidaan tarvittaessa valvomosta rajoittaa. Tällä voidaan estää työntekijöiden itse tekemät ”ylisäädöt” lämmityksen suhteen ja hallita siten kustannuksia sekä kulutusta [106 s. 12, 109 s. 15].

Mahdolliset vesikouruissa ja syöksytorvissa olevat lämmitykset on myös liitettävä rakennusautomaatiikkaan, jonka avulla lämmityksiä ohjataan siten, että ne ovat päällä vain niissä sääoloissa, joissa jäätyminen on mahdollista [106 s. 12].

10.6 Valaistus

Valaistuksia voidaan ohjata suoraan rakennusautomaatiojärjestelmillä läsnäolon tai valovoimakkuuden mukaan. Ulkovaistuksia voidaan hallita paremmin käyttämällä hämäräkytkimen sijaista valoisuusanturia. Valoisuusmittauksessa voidaan rakennusautomaatioon asetella useita eri raja-arvoja eri valaistusryhmien ohjaukseen ja muutokset voidaan tehdä valvomosta. Tätä kannattaa hyödyntää ulkovaistuksessa. Jos valaistusjärjestelmä halutaan liittää rakennusautomaatiojärjestelmään, on siitä sovittava jo suunnitteluvaiheessa. On suositeltavaa, että esimerkiksi väyläpohjainen valaistuksenohjausjärjestelmä liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään siten, että sitä voidaan käyttää rakennusautomaatiojärjestelmän graafisesta käyttöliittymästä [106 s. 7, s. 16, 107 s. 7, 16, 109 s. 4].

Poistumisvalaistuksen suhteen on syytä selvittää, voidaanko poistumisvalaistusta ohjata kulunvalvonnan perusteella vai onko jatkuva käyttö ainoa mahdollisuus [106 s. 17]. Poistumisopasteiden pitää olla aina valaistuja. Olisiko siten mahdollista, että poistumisreitivalaistus aktivoituisi, jos kulunvalvonnan kautta on rekisteröitynyt sisään henkilöitä?

Näin tyhjällä sähköasemalla poistumisreitivalaistus ei menisi päälle normaalin valaistuksen häiriintyessä.

10.7 Kulunvalvonta ja turvallisuus

Turvateknisenä apuvälineenä rakennusautomaatiojärjestelmää voidaan käyttää esimerkiksi sytyttämään valoja murtohälytysten yhteydessä havaittavuuden tehostamiseksi. Kytkemällä mahdollinen asemalla oleva vesimittaus seurantaan, voidaan yöaikaisen kulutuksen perusteella etsiä mahdollisia piileviä vuotoja tai auki jääneitä vesikalusteita [107 s. 7].

Kulunvalvontaa on järkevä käyttää tilojen ilmanvaihdon, valaistuksen ja lämpötilojen ohjaukseen sekä säätöön. Tilakohtaisia säätimiä käytetään pääasiassa ilmanvaihdon, lämmityksen ja valaistuksen ohjaukseen ja säätöön. Esimerkkinä omistaja voi määritellä tietyn kellonajan, jolloin järjestelmä antaa sammutuspulssin painikeohjattuihin tiloihin. Järjestelmä toteaa painiketietojen perusteella tilakohtaisen valaistuksen päällä olemisen ja varmistaa kyseessä olevien alueiden kulku- ja käytävävalaistuksen päällä olon niissä tiloissa, joissa on valaistuspainikkeita aktiivisena. Tiloissa työskentelevät eivät jää siten pimeään. Muilta osin palamaan unohtuneet valot jäävät sammutuspulssin jälkeen sammuksiin [15 s. 95, 108 s. 4, 109 s. 15].

Valaistuksen läsnäolotieto voidaan siirtää myös kulunvalvontajärjestelmään. Tällöin kulunvalvontajärjestelmä hälyttää läsnäolotunnistetiedosta, jos kulunvalvontajärjestelmän perusteella tilan tai rakennuksen tulisi olla tyhjä tai se on hälytysavaimella asetettu valvontatilaan. Myös pistorasioiden ohjaukset voidaan liittää rakennusautomaatiojärjestelmään [106 s. 8, 108 s. 4].

Tietoteknisestä turvallisuudesta on myös huolehdittava. Rakennuksen teknisten järjestelmien automaation käyttöliittymän kautta tapahtuva salasana- ja käyttäjätunnusmenettely sekä sisäänkirjoittautuvien automaattinen lokikirjaantuminen tuovat yleisemmin riittävän turvan järjestelmän käyttöön. Turvallisuuteen on hyvä panostaa ja esimerkiksi virhenäpääilyistä aiheutuvat komennot olisi hyvä voida estää ”peruuta”-tyyppisellä komennolla tai komennot ja asetukset tapahtuvat vasta ”hyväksyntä”-kuittausmenettelyn jälkeen. Käyttöliittymässä olevia hakemistoja ja kuvia tulisi päästä selaamaan peruskäyttäjätunnuksen takaa. Valvomoihin ja tietoliikenneyhteyksiin liittyvät tietoturva-asiat on pidettävä myös mielessä. On estettävä virusten ja tietoliikennettä haittaavien haittaohjelmien pääsy valvomoon. Käyttäjille on syytä painottaa tietoturvariskejä ja esimerkiksi sitä, että tietoturvaohjelma on pidettävä ajan tasalla. Myös haitantekoa voidaan pienentää siten, että esimerkiksi asetusarvomuutoksille jo sisäisessä ohjelmointivaiheessa määritellään sellaiset rajat, jotka estävät haitallisen arvojen syötön [107 s. 9, 108 s. 11, 109 s. 2].

10.8 Käyttö ja huolto

Käytön ja ylläpidon osalta rakennusautomaatiojärjestelmän osuus energiataloudellisuu-
desta on merkittävä [105 s. 3]. Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla kiinteistöhoito-
henkilökunnan tehtävänä on:

- Pitää olosuhteet suunnitellulla ja sovitulla tasolla.
- Energian- ja vedenkulutusten jatkuva seuraaminen sekä niiden pitäminen opti-
maalisella tasolla.
- Taloteknisten laitteiden ja järjestelmien toiminnan valvonta ja huolto.
- Kiinteistön ja sen laitteiden suojaaminen ja vahinkojen minimointi [103 s. 5].

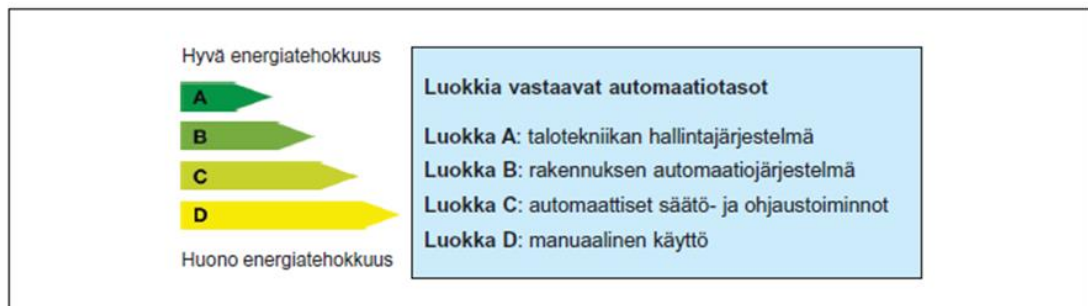
Käytönvalvonta ei vaadi jatkuvaa valvomopäivystystä, koska rakennusautomaatiojärjes-
telmä valvoo kiinteistön laitteita automaattisesti ja rekisteröi kiinteistön olosuhteita an-
nettujen ohjeiden mukaisesti. Se hälyttää automaattisesti kiinteistön hoitajia avukseen,
mikäli raja-arvoissa ei pysytä. Käyttäjän tulisi hallita kiinteistönpidon toimivuuden kan-
nalta perustoiminnot. Valvomo-ohjelmistoon tulisi sisällyttää lokitiedosto, josta selviää,
mitä ohjelmallisia muutoksia järjestelmään on tehty, milloin ja kenen tunnuksilla [106
s. 16, 107 s. 9].

Ylläpito rakennusautomaatiojärjestelmissä vaatii tietyt toimintarutiinit ja ennakoivat
huolto- sekä ylläpitotoiminnot. Laitteiden toimintaa on tarkkailtava jatkuvasti myös ken-
tällä. Tällöin laitteiden toimintaa ja kuntoa tarkkaillaan silmämääräisesti käyntien yhtey-
dessä. Tehtäviä pitää suorittaa myös päivittäin kuten hälytyslokin tarkistus, viikoittain
esimerkiksi laitteiden silmämääräinen tarkastus, kuukausittain esimerkiksi kovalevyn ti-
lan tarkistus ja raporttien tulostus sekä vähintään kerran vuodessa esimerkiksi pisteiden
vuositarkastus [102 s. 238–254, 103 s. 17, 107 s. 10].

Hälytysten tehokas hyödyntäminen edellyttää, että hälytykset luokitellaan tarkoituksen-
mukaisesti kiireellisiin, kiireettömiin ja huoltohälytyksiin. Kiireelliset hälytykset pitää
hoitaa välittömästi kellonajasta riippumatta. Kiireettömät ja huoltohälytykset voidaan
hoitaa normaalina työaikana. Huoltohälytystenkin aiheuttamissa korjauksissa ei pidä
viivytellä, koska ne kertovat viasta, esimerkiksi liian korkeasta lämpötilasta, joka yleensä
aiheuttaa myös turhaa energiankulutusta. Turhat hälytykset kertovat myös, että kiinteis-
tön huolto ei toimi tehokkaasti eikä myöskään energiankulutus ole optimitasolla. Henki-
lökuntaa voidaan motivoida sitomalla tulospalkkio energiankulutustavoitteisiin ja esimer-
kiksi siten, että järjestelmän huolto on tehty huolto-ohjelman mukaisesti ja järjestelmän
toiminta pysyy asetetuissa raja-arvoissa. Uusien henkilöiden kohdalla tulee huolehtia
myös riittävästä koulutuksesta [103 s. 7, 106 s. 25].

10.9 Energiatehokkuus

Rakennusautomaation energiatehokkuutta voidaan tarkastella SFS-EN 15232 standardin avulla. Standardi on Suomessa hyväksytty. Standardi jakaa rakennuksen automaation neljään tehokkuusluokkaa: A, B, C ja D (kuva 46). Näistä D on huonoin (ei tulisi rakentaa) ja A parhain. Tehokkuusluokkia arvioitaessa tulisi ensisijaisesti huomioida, mitä teknisiä järjestelmiä rakennuksessa tarvitaan ja tämän jälkeen vasta valita niiden mukainen automaation tehokkuusluokka. Nykyiset automaatiojärjestelmien toiminnot mahdollistavat teknisesti tehokkuusluokan A tasoisen toteutuksen, mutta käytännössä A-luokan rakennuksiin on vielä matkaa [110 s. 6, s. 8–9].



Kuva 46. Rakennuksen automaatiotasot ja vaikutus energiatehokkuuteen [110 s. 9].

Luokka C vastaa tavanomaista rakennusautomaation tasoa ja ainakin siihen kannattaa sähköasemalla pyrkiä. Tällöin automaatio täyttää minimivaatimukset ja vastaa RakMk:n määräyksiin ja ohjeisiin sisäänrakennettua oletustasoa. Rakennuksen automaatio toteuttaa tällöin automatisoidut säätö- ja ohjaustoiminnot [106 s. 5, 110 s. 9].

Tehokkuusluokka B on Suomessa suositustaso. Se kuvaa tasoa, jossa voidaan optimoida automaattisesti rakennuksen eri järjestelmien toiminta tarpeen mukaan. Tehokkuusluokan B edellytyksenä on, että rakennuksen automaatio on toteutettu rakennuksen automaatiojärjestelmällä ja että tietyt säätö- ja automaatiotoiminnot on toteutettu tehokkuusluokkaa C paremmin [110 s. 9, s. 12].

Energiatehokkuus edellyttää myös kulutusmittausten tarkkaa seuranta ja kulutusten raportointia. Raportointi mittauksista voidaan tehdä rakennusautomaatiojärjestelmässä olevalla ohjelmalla tai erillisellä raportointijärjestelmällä. Jokaisen kalenterikuukauden jälkeen tilasto päivitetään, normitetaan ja sitä vertaillaan tavoitteeseen. Haluttaessa tarkempia tietoja, miten kiinteistön talotekniset järjestelmät toimivat ja miten niiden tavoitearvot toteutuvat, on kiinteistö mittaroitava siten, että myös osajärjestelmien energiankulutus saadaan mitattua. Kulutustietojen saamiseksi sähkö- ja lämpöenergiamittarien liitäntä järjestelmään tulisi tehdä dataliityntänä. Mittauksia ja ohjauksia on hyvä kerätä historiatietokantaan. Se auttaa häiriötilanteiden selvittelyä, kun mahdollinen prosessin käyttäytymisen muutos voidaan havaita historiatiedoista. Historiatallenteita olisi syytä tarkastella

säännöllisesti. Niistä on helposti pääteltävissä miten hyvin prosessien säädöt toimivat [103 s. 10, 107 s. 3-4, s. 8, 109 s. 4].

Käyttäjien toimenpiteiden vaikutusta kokonaiskulutukseen ja käyttökustannuksiin voidaan vielä paremmin havainnollistaa, jos mitatuille järjestelmille rakennusautomaatiojärjestelmässä lasketaan keskimääräinen käyttökustannus, joka näytetään järjestelmän grafiikkakaaviossa. Myös isännöitsijän on helppo seurata raporteista kiinteistön käyttökustannusten muodostumista ja tarvittaessa puuttua niihin [107 s. 8].

10.10 Suositus

Energiatehokkuuden parantamiseksi rakennusautomaatiojärjestelmä on oiva työkalu. Myös huolto tehostuu ja sen merkitys järjestelmän käytön kannalta kasvaa. Rakennusautomaation monipuolisen hyödyntämisen suhteen liittyvää koulutusta ei tule vähätellä, sillä jos järjestelmää ei osata käyttää oikein, menee koko automaation hyödyntämisen idea hukkaan. Käyttäjän tarpeet määrittelevät tason rakennettavalle järjestelmälle. Täten sähköasemalle suositeltu vähin rakennusautomaation taso käsittää säädöt LVI-järjestelmien ja valaistuksen suhteen. Rakennusautomaatioon voidaan liittää myös turvallisuusjärjestelmiä.

Taloteknisten järjestelmien käyttö ja säätö on tehtävä ennen kaikkea todellisen tarpeen tai käytön mukaan, jolloin aseman ollessa tyhjillään voidaan esimerkiksi lämpötilaa alentaa. Tällöin ei pidetä turhaan yllä maksimioloja. Kulunvalvontaa ja läsnäolotunnistusta kannattaa käyttää hyväksi. Tällöin työntekijän tullessa sähköasemalle kulunvalvonnan avulla ilmanvaihto ja lämmitys tehostuvat. Läsnäolotunnistimella syttyvät sisävalot siellä, missä työntekijä on. Ulkovalot syttyvät taas valoisuuden mukaan. Kulunvalvonnalla voidaan tehostaa myös turvallisuutta. Nimittäin, jos läsnäolotunnistin havaitsee liikettä, vaikka kulunvalvonnan mukaan aseman pitäisi olla tyhjä, se hälyttää. Samoin valot voidaan sytyttää murtohälytysten yhteydessä.

Mittausta ja kulutusten seuranta suositellaan tehtävän säännöllisesti. Raportteihin panostetaan ja niihin tutustutaan. Ongelmakohtiin puututaan heti. Suositeltavaa on liittää mukaan kustannukset, jotta käyttökustannusten nousu ja lasku voidaan havaita.

11. YHTEENVETO

Diplomityön tuloksena löydettiin merkittävä määrä lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita eri tahoilta, mitkä vaikuttavat sähköaseman suunnitteluun rakenteellisesti kuin taloteknisten järjestelmien suhteen. Sähköasema ei ole määräyksistä vapaa eikä tuotantorakennuksille löytynyt merkittävän paljon vapautuksia määräyksistä. Määräykset ja standardit ohjaavat vahvasti suunnittelua sekä järjestelmien valintaa.

Sähköaseman tilasuunnittelua käytiin alussa läpi ja siinä saatiin onnistuneesti huoneiden määrä vähenemään puolella. Näin päästiin parhaimmillaan 13 huoneeseen, joista 6 huonetta on tapauskohtaisesti ratkaistava. Tapauskohtaiset huoneet riippuvat esimerkiksi muuntajien jäähdytystavasta ja WC-tilojen tarpeesta. Pinta-alojen suhteen ei päästy merkittäviin vähennyksiin, koska pinta-ala pieneni enimmillään 52 m² eli säästöä saatiin noin 5 %. Tämä johtuu laitteiden tilantarpeesta sekä siitä, että sähkölaitteet vaativat seinätilaa ja niiden ympärillä on huomioitava myös huoltotilat ja turvaetäisyydet. Tilasuunnittelua ei kuitenkaan kannata hylätä, koska hyvällä tilasuunnittelulla saadaan vähennettyä pinta-alaa, joka vaikuttaa siten rakennuskustannuksiin. Kun huoneiden määrä saadaan pienemmään, tulevat säästöt etupäässä talotekniikkakustannuksissa. Esimerkiksi ilmanvaihtolämmityksen suhteen pitäisi sähköaseman olla selkeä ja yksinkertainen.

Paloturvallisuusmääräysten suhteen päästiin taulukon 4 mukaisiin suosituksiin. Sähköaseman paloluokkaa voidaan alentaa ennen vaaditusta P1-luokasta luokkaan P2. Samoin palo-osastoinnin suhteen selvitettiin palo-osastoinnin olevan pääosin omaehtoista, sillä esimerkiksi käyttötapaosastoinnin vaatimukset eivät ole ehdottomia. Suojaustaso 1 riittää sähköasemalla ja tällöin sähköasema varustetaan vähintään alkusammutuskalustolla. Tutkimuksen aikana asiantuntijalausuntojen perusteella varmistuttiin, etteivät sähköasemat ole palo- eivätkä räjähdysvaarallisia.

Taulukko 4. Yhteenveto paloturvallisuudesta.

Paloturvallisuus	Suosituksitaso
Paloluokka	P2
Palo-osastointi	Päämuuntajatilat palo-osastoidaan, muu sähköaseman palo-osastointi on omaehtoinen.
Suojaustaso (RakMk E2)	Suojaustaso 1

Lämmityksen, ilmanvaihdon ja vesijärjestelmien suhteen saatiin taulukon 5 mukaiset suositukset. Lämpötilatasoa ei saatu selvityksen perusteella perinteistä lämmitystasoa alemmaksi, sillä yleistasoksi lämpötilalle määräytyi +15–20 astetta. Lämpötilan laskemiseksi todettiin eniten vaikuttavan sähkölaitteiden olosuhdevaatimukset. Henkilökunnan puolesta ei ole ehdottomia lämpötilavaatimuksia ja rakenteidenkin puolesta voidaan käyttää

kuivanapitolämmitystä. Täten sähkölaitteet määrittävät sähköasemalla lämpötilatason. Lämmitysjärjestelmäksi suositellaan muuntajien häviölämmön hyödyntämistä, koska on energiatehokasta hyödyntää muuntajista tulevaa häviölämpöä ja saada siten sähköaseman lämmityskustannukset olemattomiksi. Ilmanvaihtojärjestelmäksi valikoitui koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, koska se on helpointa toteuttaa määräysten mukaisesti. Käytettäessä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa voidaan myös sähköasema rakentaa tiiviiksi sekä yhdistää siten ilmanvaihto ja lämmitys käyttämällä ilmanvaihtolämmitystä sähköasemalla. Vesi- ja viemärilaitteiden suhteen todettiin, ettei siivoustilaa tarvita ja WC-tila on myös työnantajan harkinnan varassa.

Taulukko 5. Yhteenveto LVI-järjestelmästä.

LVI-järjestelmä, ominaisuus	Suosituustaso
Suosittelun lämpötilataso	+15–20 °C. Sähkölaitteet määrittävät lopullisen lämpötilatason ja herkin laite määrää minimitason. Henkilökunnan suhteen suositeltu taso on +17 °C. Päämuuntajatilat ovat kylmää tilaa ja kaapelikellareissa riittää +10 °C.
Lämmitysjärjestelmä	Häviölämpö ja lämmönjako ilmanvaihtolämmityksellä.
Vesi- ja viemärilaitteet	Ei erillistä siivoushuonetta. WC-tilat työnantajan harkinnan mukaan. Tontilla ja teknisessä tilassa sijaitsevat viemäri- ja vesilaitteet tarpeen mukaan.
Hätäsuihkut ja silmienhuuhtelupullot	Sähköasema ei ole palo- eikä räjähdysvaarallista tilaa eikä siellä käsitellä vaarallisia kemikaaleja, joten hätäsuihkua ei tarvita.
Ilmanvaihtojärjestelmä	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla. Päämuuntajatiloihin sopii painovoimainen järjestelmä minimitasona (toteutus riippuu eri tekijöistä).
SF ₆ -poisto	Tarkistetaan SFS 6001:n ”10 % sääntö” ja HTP-arvojen pysyminen sallituissa rajoissa. Molempien ollessa alle, luonnollinen tuuletus riittää.

Paloturvallisuusjärjestelmistä (taulukko 6) käytiin läpi sammutuslaitteistosta lähinnä sen tuomia etuja ja sitä, missä tilanteessa se vaaditaan. Koska päämuuntajatiloihin kohdistuu osastointivaatimuksia, on se järkevää varustaa sammutusjärjestelmällä, jotta saadaan vaadittua palonkestävyysaika pienemmäksi. Savunpoiston suhteen todettiin painovoimaisen tai koneellisen savunpoiston riittävän, mutta pelkän tuuletuksen kanssa ongelmalliseksi muodostui mahdollisesti ovien lisäksi tarvittavien ikkunoiden puute. Painovoimainen savunpoisto olisi siten toteutettava savunpoistoluukuilla. Paloilmoittimen suhteen myös tilasuunnittelulla on merkitystä, koska mitä yksinkertaisempi tila on, sitä yksinkertaisempaa teknologiatasoa paloilmoittimessa voidaan käyttää.

Taulukko 6. Yhteenveto paloturvallisuusjärjestelmistä.

Paloturvallisuusjärjestelmä	Suosituksena
Sammutuslaitteisto	Päämuuntajatilat varustetaan automaattisella sammutuslaitteistolla. Käsisammuttimet vähintään muihin tiloihin.
Savunpoistojärjestelmä	Painovoimainen tai koneellinen savunpoisto.
Paloturvallisuusjärjestelmät	Paloilmoitin hälytyskeskusyhteydellä (osoitteellinen).

Valaistus on sähköasemalla ainoa vain työntekijöitä varten toteutettu järjestelmä, joten siinä on tärkeää huomata, ettei säästetä energiaa näkemisen kustannuksella. Valaistus on suositeltavaa toteuttaa läsnäolotunnistuksen avulla, jolloin valot palavat vain siellä, missä työntekijä on. Turvavalaistuksen puolesta on hankittava aina valaistut poistumisopasteet. Poistumisreitivalaistus riippuu paljolti arkkitehdin suunnittelemaasta poistumistiestä ja sen vaikeudesta. Tilasuunnittelu vaikuttaa siten tässäkin asiayhteydessä. Rakennusautomaatiolla kootaan kaikki talotekniset järjestelmät yhteen ja ohjataan sekä säädetään niitä tarpeen mukaan. Rakennusautomaation yhteydessä on tärkeintä panostaa huoltohenkilöstön koulutukseen järjestelmän käyttöön liittyen ja hyödyntää sitä mahdollisimman hyvin. Yhteenveto kyseisistä järjestelmistä on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Yhteenveto sähkö- ja automaatiojärjestelmistä.

Sähkö-/automaatiojärjestelmä	Suosituksena
Perusvalaistus	Läsnäolotunnistimella toimiva perusvalaistus energiatehokkailla lampuilla. Ulkovalaistuksessa riittää valoisuuden mukaan säädettävät kulku- ja oleskelualueiden valaisut.
Turvavalaistus	Aina valaistut poistumisopasteet. Poistumisreitivalaistus poistumiskäytävän haastavuuden mukaan. (Varavalaistusta käytettäessä poistumisvalaistuksena poistumisreitivalaistuksen ehdot pätevät.)
Rakennusautomaatio	Hankitaan energiatehokkuutta parantamaan ja huoltotehtäviä tehostamaan. Panostetaan LVI-järjestelmien ohjaukseen ja säätöön. Sähkölaitteet ja prosessi määrittävät tason alimmat olosuhteet, työntekijät korkeimmat.

Järjestelmien läpikäynnin jälkeen voidaan todeta päämuuntajatilojen sijoittamisen erilliseen rakennukseen olevan kannattavaa useista eri syistä. Mikäli vaadittu 8 metrin etäisyys muuhun asemarakennukseen pystytään tontilla pitämään paloturvallisuusmääräysten mukaisesti, ei palo-osastointia tarvita rakennusten väliin. Koska päämuuntajatilat ovat kylmää tilaa ja muun sähköaseman lämpötilatasoksi on määritetty yleistasoksi +15–20 as-

tetta, pitäisi päämuuntajatilojen ja muun sähköaseman väliin tehdä myös lämmöneristykset. Savunpoiston suhteen on syytä tarkastella, tarvitseeko päämuuntajat todella sijoittaa sisätiloihin. Päämuuntajat kestävät huonompia olosuhteita, joten ne eivät välttämättä tarvitse kattoa päälleen. Tällöin savunpoisto toteutuisi luonnostaan painovoimaisena. Myöskään ilmanvaihtoa ei tarvitsisi tehdä silloin koneellisena. Muuntajien sijoittamisessa taivasalle vaikuttavat turvallisuus tiiviisti rakennetussa kaupungissa ja kaupunkikuvalliset näkemykset. Päämuuntajatilat suositellaan siten rakennettavan erilliseen rakennukseen ja mahdollisesti rakentamaan vain seinät suojaksi.

LÄHTEET

- [1] Sähköverkko, Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko>
- [2] Sähköverkon rakenne, Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/verkon-rakenne>
- [3] Sähköverkkoyhtiöt, Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkoverkkoyhtiot>
- [4] L. Aalto, Kaupunkikuva, 1. painos, Edita Prima Oy, 2008, 71 s.
- [5] Yleistietoa Helen Sähköverkko Oy:sta, Helen Sähköverkko Oy:n yritystieto [intranet], Helsinki, 2015. Saatavissa: Helen Intra > Helen Sähköverkko Oy > Yritystietoa.
- [6] Sähköverkko, Helen Oy. Saatavissa: <https://www.helen.fi/kotitalouksille/palvelumme/liity-sahkoverkkoon/>
- [7] J. Elovaara, L. Haarla, Sähkoverkot II verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet, 1. painos, Otatieto, Tallinna, 2011, 551 s.
- [8] J. Heikkilä, Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet, Fingrid Oyj:n lehti, nro 1, 2004, s. 25. Saatavissa: http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityislehdet/2004/fingrid_1_04.pdf
- [9] Sähköasemat, Fingrid Oyj. Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kunnossapito/s%c3%a4hk%c3%b6asemat/Sivut/default.aspx>
- [10] M. Monni, Sähkölaitos asentajan ammattioppi 3: jakelumuuntamotyöt, sähköasematyöt, 4. painos, Adato Energia Oy, 2003, 188 s.
- [11] Helen Sähköverkko Oy:n valokuva-arkisto, Helsinki.
- [12] Vesa Kippola Imagokuva, Viikinmäen 110 kV portaali, Helen Sähköverkko Oy:n valokuva-arkisto, 2015, Helsinki.
- [13] Vuoteen 2030 ulottuvat ilmasto- ja energiavoitot kilpailukykyiselle, varmalle ja vähähiilisel EU:n taloudelle, Euroopan komission lehdistötiedote, 2015. Saatavissa: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_fi.htm
- [14] RakMk D3 Rakennusten energiatahoisuus, määräykset ja ohjeet, 2012. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

- [15] RIL 259-2012 Matalaenergiarakentaminen toimitilat, Suomen rakennusinsinöörin Liitto RIL ry, Helsinki, 2012, 185 s.
- [16] Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5.2.1999/132, 2000. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- [17] RakMk F1 Esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet, 2005. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf>
- [18] Tämä on rakennusvalvonta, Helsingin kaupunki, 2014. Saatavissa: http://www.hel.fi/www/rakvv/fi/tama_on_rakennusvalvonta/
- [19] Kaupunkineuvottelukunta, Helsingin kaupunki, 2014. Saatavissa: http://www.hel.fi/www/rakvv/fi/tama_on_rakennusvalvonta/kaupunkikuvaneuvottelukunta/kaupunkikuvaneuvottelukunta
- [20] Teknillinen neuvottelukunta, Helsingin kaupunki, 2014. Saatavissa: http://www.hel.fi/www/rakvv/fi/tama_on_rakennusvalvonta/teknillinen-neuvottelukunta/teknillinen-neuvottelukunta
- [21] Asemakaavoitus, Ympäristöministeriö, 2013. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Asemakaavoitus
- [22] Suunnittelun lähtötiedot, Helsingin kaupunki, 2015. Saatavissa: <http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/HelsinkiV2/fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/ennakkotietoa-rakentamiseen/lahtotiedot/?1dmy&urile=wcm%3Apath%3A/wps/wcm/connect/HelsinkiV2/fi/kaupunki-ja-hallinto/strategia-ja-talous/vuosi/>
- [23] E. Wiberg, asiakaspalvelu, Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 27.10.2014.
- [24] Graffitaita uuden sähköaseman ympärille, Helen Oy:n tiedotteet, 2013. Saatavissa: <https://www.helen.fi/uutiset/2013/sahkoasema/>
- [25] M. Paavola, diplomi-insinööri, elinkaariasiantuntija, Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelu 3.2.2015.
- [26] Virkkunen & Co arkkitehtitoimisto, HSV:n Kalasataman sähköaseman havainnekuva, Helen Sähköverkko Oy:n valokuva-arkisto, 2013.
- [27] Strategiaohjelma 2013–2016, energiatehokkuus, Helsingin kaupunki. Saatavissa: <http://www.energiatehokashelsinki.fi/energiatehokkuus/sitoumukset/valtuustostrategia>

- [28] Kerrosluku, Tilastokeskus. Saatavissa:
<http://www.stat.fi/meta/kas/kerrosluku.html>
- [29] SFS 6001 + A1 + A2, Suurjännitesähköasennukset, Suomen standardisoimisliitto, Helsinki, 2009, 118 s.
- [30] RakMk E1, Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet, 2011. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf
- [31] RakMk E2, Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet, 2005. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf>
- [32] RakMk E7, Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, ohjeet, 2004. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/data/normit/17076-E7s.pdf>
- [33] Maankäyttö- ja rakennusasetus, 10.9.1999/895, 1999. Saatavissa:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895>
- [34] M. Heikkilä-Kauppinen, T. Kauppinen, Ympäristöopas 39, Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa, Ympäristöministeriö, 2003, 168 s. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/40357>
- [35] M. Alanen, tutkimusapulainen, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere. Sähköpostihaastattelu 4.2.2015.
- [36] Laki rakennuksen energiatodistuksesta, 18.1.2013/50, 2013. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130050>
- [37] Rakennusluokitus teollisuusrakennukset, Tilastokeskus. Saatavissa:
<http://www.stat.fi/meta/luokitukset/rakennus/001-1994/j.html>
- [38] Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 1/2014, 2014. Saatavissa:
[http://www.ymp.fi/download/noname/
%7BF48C187B-90DB-4789-AA94-A88C9A83C0D3%7D/102477](http://www.ymp.fi/download/noname/%7BF48C187B-90DB-4789-AA94-A88C9A83C0D3%7D/102477)
- [39] Energiatehokkuuslaki tähtää energian säästöön ja kulutuksen vähentämiseen, Motivan tiedotus, 2014. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/ajankohtaista/
muut_tiedotteet/2014/tem_energiatehokkuuslaki_tahtaa_energian_
saastoon_ja_kulutuksen_vahentamiseen.6841.news](http://www.motiva.fi/ajankohtaista/muut_tiedotteet/2014/tem_energiatehokkuuslaki_tahtaa_energian_saastoon_ja_kulutuksen_vahentamiseen.6841.news)
- [40] Hallituksen esitys eduskunnalle energiatehokkuuslaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi, HE 182/2014, 2014. Saatavissa: [https://www.finlex.fi/fi/esitykset/
he/2014/20140182](https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140182)

- [41] Sopimustoiminnan kulmakivet, energiatehokkuussopimukset, Motiva Oy, 2014. Saatavissa: http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/sopimustoiminnan_kulmakivet/
- [42] Energiatehokas teollisuuskiinteistö, Motiva Oy:n julkaisu, 2012, 24 s. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf
- [43] V. Rimali, Sähköasemarakennuksien energiatehokkuus, kandidaatintyö, Aalto yliopisto, 2010, 38 s.
- [44] Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, perusteet ja opas, Ympäristöministeriön opas, 2012, 40 s. Saatavissa: http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi_sfs-en_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf
- [45] O. Seppänen, M. Seppänen, Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka, 5. painos, SIY Sisäilmätieto Oy, Espoo, 2010, 279 s.
- [46] SFS-EN 60721-3-3 Ympäristöolosuhteiden luokitus. Osa 3: ympäristötekijöiden olosuhderyhmien ja niiden rasitusasteiden luokitus. Luku 3: kiinteä asennus säältä suojatuissa tiloissa, Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki, 1996, 42 s.
- [47] Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastoinnin mitoitusperusteet, Rakennustieto Oy, LVI 30-10231, 1994, 6 s.
- [48] Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys, Sähköinfo Oy, ST 53.61, 2005, 11 s.
- [49] Akkuhuoneet ja varaamotilat, Sähköinfo Oy, ST 52.30.01, 2003, 4 s.
- [50] Työympäristön ilmastointi, Työterveyslaitos, 2014. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/ilmastointi/sivut/default.aspx>
- [51] RakMk D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet, 2012. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf
- [52] Työturvallisuuslaki, 23.8.2002/738, 2002. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- [53] Pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja wc-tilat, Rakennustieto Oy, RT 94-10969, 2009, 8 s.
- [54] J. Vinha, professori, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere. Sähköpostihaastattelu 20.2.2015.

- [55] J. Heljo, Tutkittua tietoa sähkölämmityksestä: vakiotehoinen kuivanapitolämmitys lisää rakennusten energiatehokkuutta, kuinka pitkälle energiansäästöissä kannattaa mennä, Sähkölämpöseminaari 2010, Vantaa, 20.10.2010. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: http://www.tut.fi/ee/Materiaali/Sahkolamposeminaari2010_heljo171010.pdf
- [56] Eri lämmitysmuodot, Motiva Oy, 2013. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot
- [57] Kaukolämmitys, energiatehokas koti, Motiva Oy, 2013. Saatavissa: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/kaukolampo
- [58] Kaukolämmön hinta 1.1.2015 alkaen, Energiateollisuus ry, 2015, 4 s. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/hinta_010115_0.pdf
- [59] Sähkölämmitys, Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/sahkolammitys>
- [60] J. Lintuvuori, vanhempi asiantuntija, Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 26.1.2015.
- [61] H. Ristimäki, Muuntajien häviölämmön hyödyntäminen lämpöpumpputekniikalla, diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2012, 114 s. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/21147>
- [62] M. Aromaa, talotekniikan asiantuntija, Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelut 2014–2015.
- [63] Rakennusten lämmitys, Rakennustieto Oy, LVI 10-10397, 2006, 8 s.
- [64] Lämmönjaon vaihtoehdot, Motiva Oy, 2014. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot
- [65] Teollisuusilmastointi, Työterveyslaitos, 2014. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/ilmastointi/teollisuusilmastointi/sivut/default.aspx>
- [66] Ilmastoinnin tavoitetasot, Työterveyslaitos, 2011. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/ilmastointi/teollisuusilmastointi/ilmastoinnin_tavoitetasot/sivut/default.aspx
- [67] O. Seppänen, Ilmastoinnin suunnittelu, Suomen LVI-liitto ry, Helsinki, 2004, 427 s.
- [68] Luonnollinen hybridi-ilmanvaihto, Rakennustieto Oy, LVI 30-40080, 2010, 8 s.

- [69] SFS-EN 50272-2, Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakat, Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki, 2001, 64 s.
- [70] HTP-arvot 2014. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet, Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, Helsinki 2014, 97 s. Saatavissa: <http://www.julkari.fi/handle/10024/116148>
- [71] Puhtaudenhallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa, Rakennustieto Oy, RT 91-10970, 2009, 8 s.
- [72] Siivoustilat, Rakennustieto Oy, RT 91-10971, 2009, 4 s.
- [73] T. Parvikoski, yksikön päällikkö kiinteistöhoitoyksikkö, Helen Oy, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 20.1.2015.
- [74] T. Tauriainen, siivoustyönjohtaja, Helen Oy, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 4.2.2015.
- [75] Työ- ja henkilöstötilavaatimukset, Työsuojeluhallinto, 2013. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/tilavaatimukset>
- [76] H. Järvinen, päivystävä tarkastaja, Etelä-Suomen aluehallintovirasto työsuojelun vastuualue, Helsinki. Sähköpostikysely 2.2.2015.
- [77] Ensiapuvalmius työpaikoilla, Työsuojeluhallinto työsuojeluoppaita ja -ohjeita 33, Tampere 2013, 22 s. Saatavissa: http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2013/11/Ensiapuvalmius_TSO_33.pdf
- [78] RakMk D1, Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet, 2007. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf
- [79] J. Nieminen, työsuojelupäällikkö, Helen Oy, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 23.3.2015.
- [80] T. Uola, turvallisuuspäällikkö, Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 12.2.2015.
- [81] RakMk C2, Kosteus, määräykset ja ohjeet, 1998. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>
- [82] Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen, Sähköinfo Oy, ST 58.04, 2013, 14 s.
- [83] Julkisivujen ja pihojen valaistus, Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto, 2010, 6 s. Saatavissa: http://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Julkisivujen_ja_pihojen_valaistus.pdf

- [84] RakMk F2, Rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet, 2001. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/6376-F2.pdf>
- [85] Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta, 18.6.2003/577, 2002. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030577>
- [86] Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti, Sähköinfo Oy, ST 58.02, 2013, 6 s.
- [87] Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus, Sähköinfo Oy, ST 58.06, 2000, 20 s.
- [88] Valaistuksen ohjaus, Sähköinfo Oy, ST 58.32, 2004, 11 s.
- [89] Valaistus, Työsuojeluhallinto, 2013. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/valaistus>
- [90] Turvavalaistus ja poistumisopasteet: suunnittelu, Sähköinfo Oy, ST 59.10, 2014, 10 s.
- [91] RakMk A2, Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohjeet, 2002. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/10970-a2.pdf>
- [92] Sisäministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaistamisesta, 805/2005, 2006. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2005/20050805>
- [93] SFS-EN 1838 Valaistussovellukset. Turvavalaistus, Suomen standardisoimisliitto, Helsinki, 2014, 29 s.
- [94] Sammutuslaitteistot, Rakennustieto Oy, RT 63-11096, 2012, 12 s.
- [95] Automaattiset sammutuslaitteistot usein kysytyä, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), 2014. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Usein-kysyttya-UUSI/Pelastustoimen-laitteet/Automaattiset-sammutuslaitteistot/>
- [96] Pelastuslaki, 29.4.2011/379, 2011. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>
- [97] Sisäministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista, N:o Sm-1999-967/Tu33, 2000. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/5667-autom_sammlaitt.pdf
- [98] RIL 232-2012 Rakennusten savunpoisto: suunnittelu, toteutus ja ylläpito, Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki, 2012, 275 s.

- [99] Savunhallintajärjestelmiin liittyvät suunnitelmat ja niiden toimittaminen rakennusvalvontavirastoon, Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston ohje, 2014, 3 s. Saatavissa: <http://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Savunhallintajarjestelmat.pdf>
- [100] Vesisammutus ja savunpoistojärjestelmien vuorovaikutus (palontorjunnassa), Finanssialan keskusliiton ohje, Helsinki, 9 s. Saatavissa: http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Vesisammutus_ja_savunpoistojarjestelmat.pdf
- [101] Paloilmoittimen suunnittelu, asennus, huolto ja kunnossapito 2009, Sähköinfo Oy, ST ohjeisto 1, 2010, 42 s.
- [102] ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät, Sähköinfo Oy, Espoo, 2012, 274 s.
- [103] Energiatehokkuusvaatimusten huomioiminen rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käytössä ja kunnossapidossa, Sähköinfo Oy, ST 98.50, 2010, 20 s.
- [104] Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet, Sähköinfo Oy, ST 710.00, 2014, 11 s.
- [105] Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnallisen tavoitetason määrittäminen, Sähköinfo Oy, ST 710.11, 2004, 6 s.
- [106] Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioonottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa, Sähköinfo Oy, ST 21.32, 2012, 27 s.
- [107] Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen, Sähköinfo Oy, ST 710.10, 2007, 11 s.
- [108] Avointa väyläteknikkaa hyödyntävän hankkeen yleisohje, Sähköinfo Oy, ST 710.01, 2015, 12 s.
- [109] Rakennusautomaatiolaitteiden yleisiä asennus- ja valintaohjeita, Sähköinfo Oy, ST 711.13, 2014, 16 s.
- [110] Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen: opas standardin SFS-EN 15232 käyttöön, Sähköinfo Oy, ST-ohjeisto 20, 2014, 17 s.

LIITE A: SÄHKÖASEMAAN VAIKUTTAVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET

Sähköpuoli:

- SFS 6001+A1+A2 Suurjännitesähköasennukset 2009 (uusittavana 2015)
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus 2005 (uusittu 2015)
- SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset 2012
- TUKES ohje S10-2011 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (1193/1999)
- SFS-EN 60721-3-3 Ympäristöolosuhteiden luokitus. Osa 3: Ympäristötekijöiden olosuhderyhmien ja niiden rasitusasteiden luokitus. Luku 3: Kiinteä asennus säältä suojatuissa tiloissa 1996. (IEC 60721)
- SFS-EN 50272-2 Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: paikallisakat 2001

Rakennuspuoli:

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132
- Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895
- Asemakaavoitus

Rakentamismääräyskokoelma:

- A2 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohjeet 2002
- C1 Äänen eristys ja meluntorjunta rakennuksessa 1998
- C2 Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998
- C4 Lämmöneristys, ohjeet 2003
- D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet 2007
- D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012 (uusittavana)
- D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012
- D5 Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta, ohjeet 2012
- E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011
- E2 Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet 2005
- E7 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus, ohjeet 2004 (uusittavana)
- F2 Rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2001

Työturvallisuus:

- Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta 18.6.2003/577
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 268/2014

- HTP-arvot 2014. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriö.
- Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 33, Ensiapuvalmius työpaikoilla (Työsuojeluhallinto, 2010)
- SFS-EN 12464-41 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus
- SFS-EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places

Turvallisuus:

- Pelastuslaki 29.4.2011/379
- Laki pelastustoimen laitteista 12.1.2007/10
- Sisäministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista. N:o SM-1999-967/Tu-33
- Sisäministeriö A:60 Paloilmoittimen hankinta, asennus, käyttöönotto, huolto ja tarkastus (kumoutunut)
- Sisäministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta 508/2005
- Valtioneuvoston päätös työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä 976/1994
- Sisäministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta 805/2005
- SFS-EN 1838 Valaistussovellukset. Turvavalaistus.

Kortistot (esimerkkejä):

- ST 52.30.01 Akkuhuoneet ja varaamotilat. (2003)
- ST 53.61 Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys (2005)
- ST 58.02 Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti (2000)
- ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen (2013)
- ST 58.06 Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus (2000)
- ST 58.32 Valaistuksen ohjaus (2004)
- ST 59.10 Turvavalaistus ja poistumisopasteet. Suunnittelu (2014)
- ST 710.00 Rakennusautomaation säädöksiä, määräyksiä, standardeja ja ohjeita (2014)
- ST ohjeisto 1, Paloilmoittimen suunnittelu, asennus, huolto ja kunnossapito (2009)
- LVI 30-10231 Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastoinnin mitoitusperusteet. (1994)
- LVI 30-10236 Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastointijärjestelmät. (1995)
- LVI 30-40038 Teollisuuden sähkö ja elektroniikkatilojen ilmastointi (1994)
- RT 08-11139 Rakennusten paloluokat ja paloluokan määrittäminen (2014)
- RT 08-11140 P1-luokan rakennusten palotekniset vaatimukset 2011. (2014)
-
- RT 08-11141 P2-luokan rakennusten palotekniset vaatimukset 2011. (2014)
- RT 08-11142 P3-luokan rakennusten palotekniset vaatimukset 2011. (2014)
- RT 63-11096 Sammutuslaitteistot. (2012)

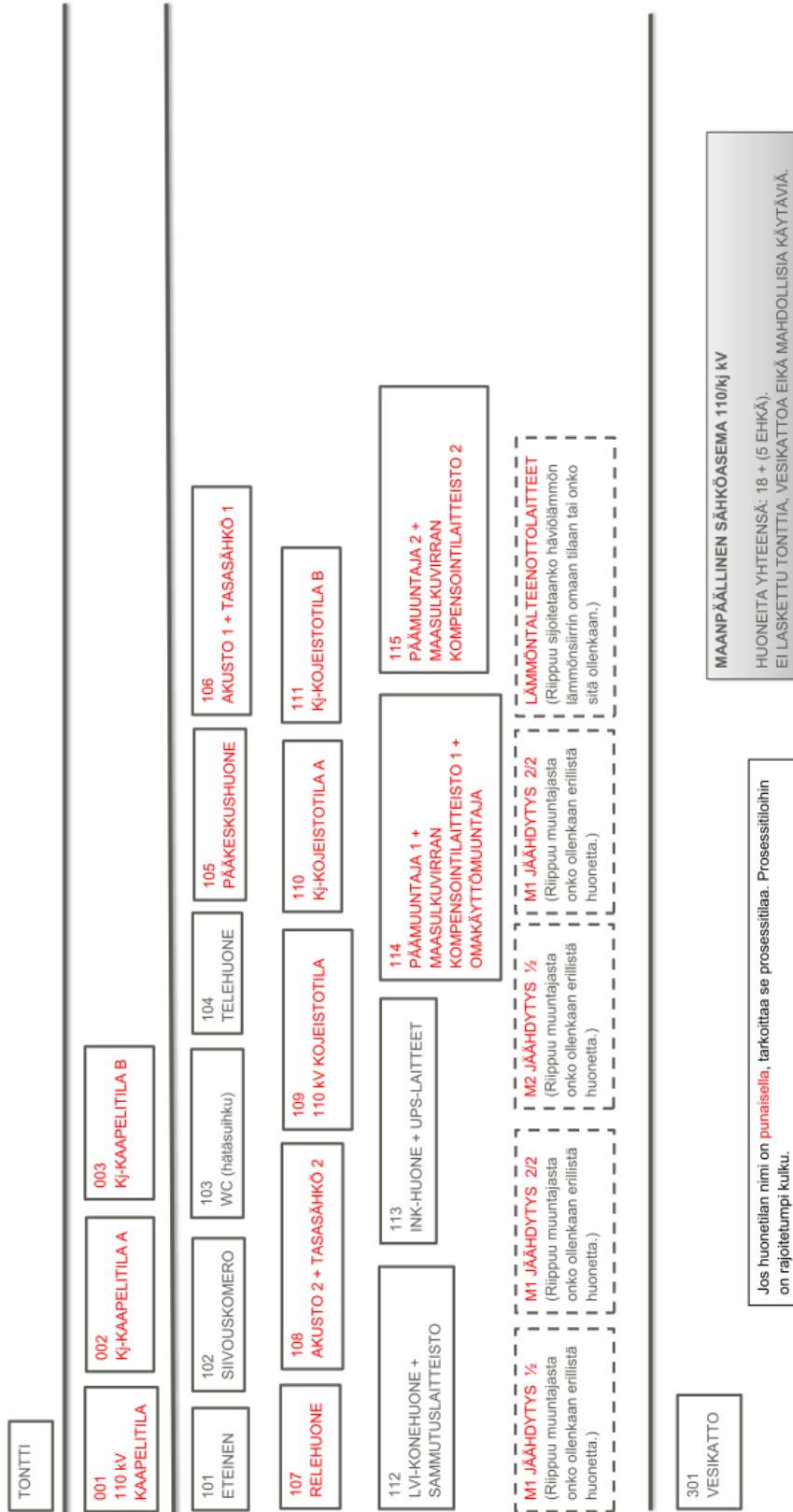
- RT 91-10970 Puhtauden hallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa (2009)
- RT 91-10971 Siivoustilat (2009)
- RT 94-10969 Pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja wc-tilat (2009)
- RT 38233 Hätäsuihkut Oy Callidus AB (2012)

Muut:

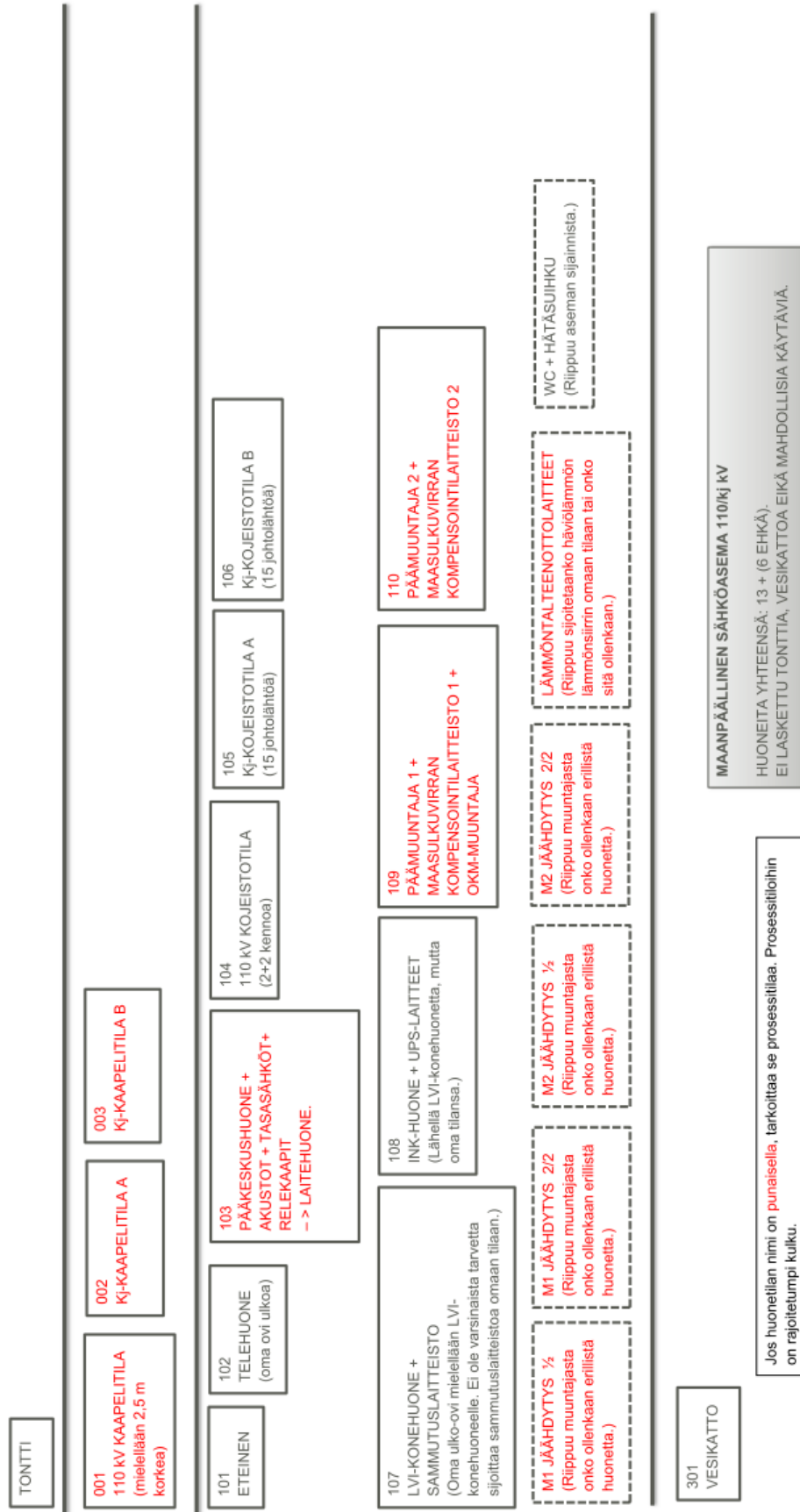
- Energiatehokkuuslaki 1429/2014 (olemassa oleville asemille enemmänkin, astunut voimaan 1.1.2015)
- SFS-EN 15323 Rakennusten energiatehokkuus, rakennusautomaation vaikutus.
- Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet (2013).
- TalotekniikkaRYL 2002
- Työsuojeluhallinnon sivut
- Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto

LIITE B: TILASUUNNITTELUN ERI YHDISTELMÄVERSIOI

Tilasuunnitelma versio 1



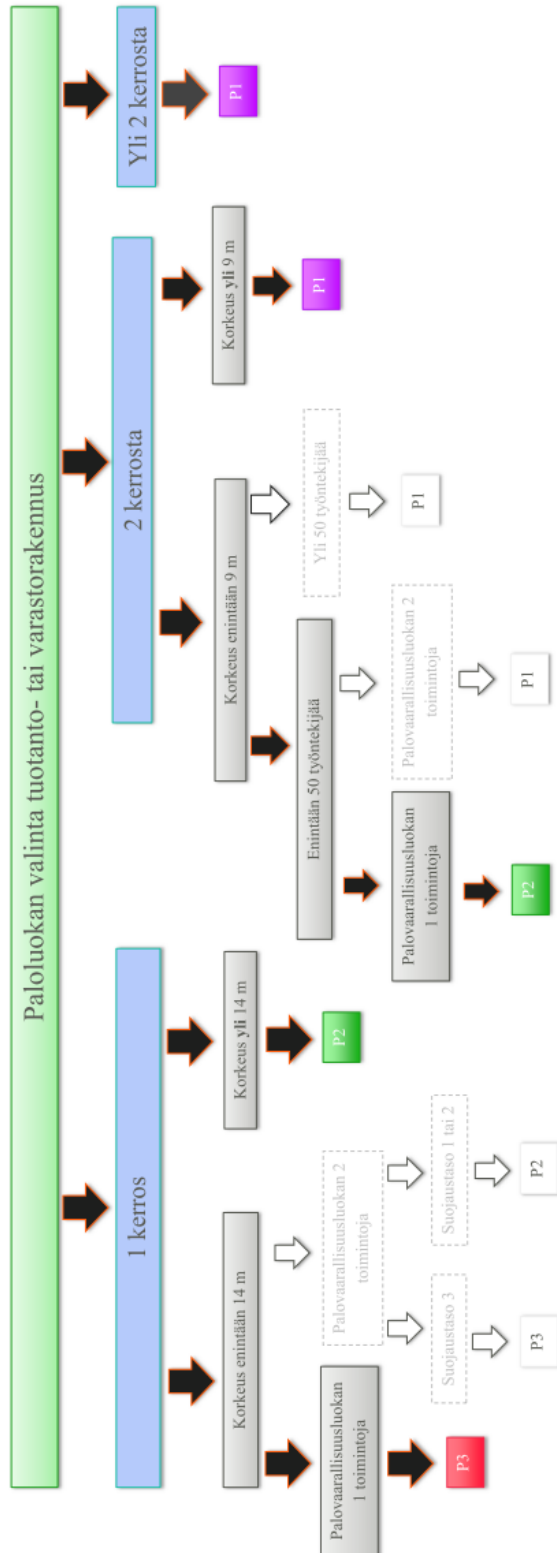
Tilasuunnitelma versio 2



Jos huoneen nimi on **punaisella**, tarkoittaa se prosessitilaa. Prosessitiloihin on rajoitetumpi kulku.

LIITE C: PALOLUOKAN VALINTA

Lähde: RakMk E1 ja E2 sekä RT 08-11139 Rakennusten paloluokat ja paloluokan määrittäminen.



LIITE D: SAMMUTUSLAITTEIDEN VERTAILU

Lähde: RT 63-11096 sammutusjärjestelmät.

