



Mika Lahtinen

# Selvitys sairaalarakennuksen huipputehojen jakaantumisesta eri jakeluverkkojen välillä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

22.5.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Mika Lahtinen
Otsikko:	Selvitys sairaalarakennuksen huipputehojen jakaantumisesta eri jakeluverkkojen välillä
Sivumäärä:	35 sivua + 3 liitettä
Aika:	22.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Ryhmäpäällikkö Juha Långström Lehtori Juha Kallunki

---

Insinöörityön tilaajana toimi Granlund Oy. Tutkimuskohteena oli suomalainen uudehko sairaalarakennus. Muita yhteistyökumppaneita eikä sairaalan tietoja voitu julkaista heidän pyynnöstään.

Insinöörityön tavoitteena oli tehdä selvitys sairaalarakennuksen huipputeholaskelmien paikkansapitävyydestä. Selvitystyössä käytettiin apuna sekä alkuperäisiä huipputeholaskelmia että sairaalasta saatua tehon mittausdataa. Suunniteltuja huipputehoja verrattiin mitattuihin huipputehoihin sekä tunnin keskitehoihin. Insinöörityössä käytiin läpi myös sairaalan sähköverkon rakennetta sekä huipputehojen suunnittelua sairaalarakennukseen.

Lopputuloksena saatiin vertailua suunniteltujen sekä toteutuneiden huipputehojen eroista. Insinöörityössä vertailtiin myös tuntipohjaisten keskitehojen suuruuksia huipputehoihin. Vertailuista voitiin todeta huipputeholaskelmien olevan pääasiassa onnistuneita kyseisessä sairaalarakennuksessa.

Avainsanat: sairaala, huipputeho, sähkönjakelu

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Mika Lahtinen  
Title: Analysis of the Distribution of a Hospital Building's Peak Power between Different Distribution Systems  
Number of Pages: 35 pages + 3 appendices  
Date: 22 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Electrical Power Engineering  
Supervisors: Juha Långström, Team leader  
Juha Kallunki, Senior Lecturer

---

The thesis study was carried out for Granlund Oy. The research object was a relatively new Finnish hospital building. Information about other partners and the hospital are confidential and cannot be published.

The objective of the thesis study was to produce a report on the accuracy of peak power calculations for the hospital building. The report utilized original peak power calculations and power measurement data obtained from the hospital. Planned peak powers were compared with measured peak powers as well as hourly average powers. Additionally, the thesis study reviewed the structure of the hospital's electrical distribution systems and the planning of peak power for the hospital building.

The end result is a comparison of the differences between calculated and measured peak powers. In the thesis study, the magnitudes of the hourly average powers were also compared to the peak powers. From the comparisons, it could be concluded that the peak power calculations were mainly successful in the hospital building in question.

Keywords: hospital, peak power, electric distribution

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sairaalan sähköjakelu	2
2.1	Normaali sähköverkko	4
2.2	Varmennettu sähköverkko	5
3	Sairaalan jakeluverkon rakenne	14
4	Tehon mitoittaminen sairaalarakennukseen	19
5	Huipputehojen jakaantuminen	23
5.1	Rakennusosa 1	23
5.2	Rakennusosa 2	30
5.3	Tehojen jakaantuminen	31
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Liite 1: Rakennusosan 2 normaalijakelun tehonkäyttölaskelma

Liite 2: Rakennusosan 2 varmennetun jakelun tehonkäyttölaskelma

Liite 3: Rakennusosan 2 UPS-jakelun tehonkäyttölaskelma

## Lyhenteet

brm<sup>2</sup>: *Bruttoneliometriä.*

Cos φ: Tehokerroin.

IT: *Isolated Terra.* Maasta erotettu sähkön jakelujärjestelmä.

KSL: *Kiinteä sairaalalaitte.*

NV: *Normaali jakeluverkko.*

UPS: *Uninterruptible power system.* Keskeytymätön tehonsyöttöjärjestelmä.

VA: *Voltiampeeri.* Sähkön näennäisteho.

VAK: *Valvonta-alakeskus.*

VAr: *Vari.* Sähkön loisteho.

VV: *Varavoimajakeluverkko.*

## 1 Johdanto

Selvityksen kohteena on suomalainen uudehko sairaalarakennus, jonka sähkösuunnittelussa Granlund Oy on ollut mukana. Sairaalan tietojen julkaisulupaa ei myönnetty, joten sairaalaa, paikkakuntaa tai muita yhteistyökumppaneita ei mainita. Insinööriyön lopputuloksen kannalta tämä ei ole merkityksellistä.

Insinööriyön alussa käydään läpi sairaalan sähköverkon rakennetta sekä perusteita sille, miksi sairaaloissa sähköverkko täytyy rakentaa tietyllä tavalla. Vaatimukset sähköverkolle pohjautuvat suurelta osalta potilasturvallisuuteen ja lisävaatimukset kriisiaikaiseen toimintaan. Sähköverkon rakennetta käydään läpi kuvitteellisen sairaalarakennuksen avulla, jotta järjestelmiä on saatu yksinkertaistettua.

Insinööriyössä käydään läpi sairaalarakennukseen huipputehojen mitoittamisen perusteet. Sairaalarakennuksen huipputehoja mitoittaessa on tärkeää huomioida sairaalaympäristön luomat erityistarpeet. Työssä käydään myös läpi valmiita huipputeholaskelmia selvityksen kohteena olevasta sairaalasta.

Insinööriyön aiheena on selvittää, kuinka huipputeholaskennat pitävät paikkansa kyseisessä sairaalarakennuksessa. Selvityksessä käytetään huipputeholaskelmia ja niitä verrataan mitattuihin tehoihin. Valmistuneista sairaaloista saadaan harvoin huipputehotietoja valmistumisen jälkeen. Tästä syystä insinööriyön aihe valittiin kehittämään huipputeholaskentaa.

## 2 Sairaalan sähköjakelu

Sairaaloiden sähköjakeluun kuuluu kolme erityyppistä sähköverkkoa: normaali-, varavoima- ja UPS-sähköverkko (katkeamaton sähköverkko). Varavoima- ja UPS-sähköverkoista käytetään yhdessä nimeä varmennettu sähköverkko. Näiden lisäksi voi olla vielä lääkintä-IT-järjestelmiä (isolated terra), joita voidaan syöttää normaali-, varavoima- tai UPS-sähköverkosta. Erityyppisten sähköjakeluverkkojen tarve perustuu sairaalan käyttöön liittyviin erityispiirteisiin. Standardin SFS 6000 osassa 7-710 määritellään erityisvaatimuksia lääkintätilojen sähköasennuksille. [1, s. 10–11, 15.]

Lääkintätilat jaetaan kolmeen ryhmään 0, 1 ja 2 (ryhmistä käytetään myös nimityksiä G0, G1 ja G2). Lääkintätilan ryhmä riippuu tilan käyttötarkoituksesta ja siitä, miten siellä on suunniteltu käyttää sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. Tämän takia suunnittelussa tulee selvittää tilakohtaisesti suunniteltu toiminta yhdessä terveydenhoitohenkilökunnan, kyseisen organisaation johdon ja turvallisuudesta vastaavien henkilöiden kanssa. Lääkintätilojen ryhmittely tehdään seuraavin vaatimuksin:

- Ryhmän 0 lääkintätilassa ei ole tarkoitus käyttää sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita tai lääkintälaittejärjestelmiä. Ryhmän 0 tiloja on esimerkiksi käytävät, hissiaulat ja henkilökunnan tilat. Myös potilaskäytössä olevat WC- ja suihkutilat kuuluvat tähän ryhmään, jos niissä ei ole tarkoitus käyttää sähköisiä lääkintälaitteita.
- Ryhmän 1 lääkintätilassa voidaan käyttää sähköisiä lääkintälaitteita, joilla on tarkoitus operoida ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei se kuulu ryhmän 2 määritelmään ja ellei sähkönsyötön keskeytys (esimerkiksi vian vuoksi) aiheuta välitöntä hengenvaaraa potilaalle.
- Ryhmän 2 lääkintätilassa käytetään sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liitäntäosia sydämen lähellä. Myös leikkaussalitoiminta ja tehohoito, jossa sähkönsyötön katkeaminen aiheuttaa välitöntä hengenvaaraa potilaalle, kuuluvat tähän ryhmään. [2, s. 4.]

Tilajaalla saattaa olla myös omia lisävaatimuksia lääkintätilojen suunnitteluun ja toteutukseen. Tilaja saattaa haluta esimerkiksi varautua ryhmän 0 lääkintätilan muuttamiseen ryhmän 1 lääkintätilaksi. Tällöin tila suunnitellaan siten, että pienellä huoneen sisäisellä muutoksella tämä pystytään toteuttamaan. Tästä

syntyy muuntojousto tilojen suhteen, jos sairaalan tarpeet tulevaisuudessa muuttuvat. Rakennusvaiheessa toteutettu muuntojousto tulee edullisemmaksi kuin valmistumisen jälkeen tehty suurempi muutos [3].

Lääkintätilaluokka määrittää eri syöttöjärjestelmien tarpeen lääkintätiloissa.

Ryhmän 0 lääkintätilassa riittää normaalisyöttö ainoana jakelujärjestelmänä.

Ryhmän 1 ja 2 lääkintätiloissa valaistuksessa tulee olla kaksi eri ryhmää ja näiden syötöt tulee olla eri syöttöjärjestelmistä. Ryhmissä 1 ja 2 varmennetun verkon kytkentäajat määräytyvät lääkintätilassa käytettävien sähköisten lääkintälaitteiden käyttötarkoituksen mukaan. [1, s. 19–21.]

Varmennetut verkot jaetaan luokkiin niiden syötönsiirtoajan mukaan:

- luokka A - jatkuva syöttö, ei katkoksia
- luokka C - lyhyt katko, syöttö käytettävissä alle 0,5 sekunnissa (esimerkiksi leikkausvalaisimet, kriittiset elämää ylläpitävät lääkintälaitteet ja lääkintälaittejärjestelmät)
- luokka E - keskipitkä katko, syöttö käytettävissä alle 15 sekunnissa (esimerkiksi lääkintälaitteet ja lääkintälaittejärjestelmät, jotka eivät kuulu luokkaan C, varavalaistus ja poistumisvalaistus)
- luokka F - pitkä katko, syöttö käytettävissä yli 15 sekunnissa (esimerkiksi sterilointilaitteet, talotekniset asennukset, erityisesti LVI-laitteet, jäähdytyslaitteet, keittiölaitteet, akkujen latauslaitteet, palokunta- ja potilashissit) [1, s. 20].

Taulukossa 1 on listattu esimerkkejä lääkintätilojen luokituksista ja niiden vaatimista varmennettujen verkkojen kytkentäajoista. Lääkintätilan luokituksessa tulee kuitenkin aina huomioida tilassa käytettävät sähköiset lääkintälaitteet, sähkön syötön katkeamisen vaikutukset sekä valmistajan vaatimukset kyseisille laitteille. [2, s. 4.]

Taulukko 1. Luettelo lääkintätiloista ja niiden luokittelusta [1, s. 25].

Lääkintätila	Ryhmä			Luokittelu	
	0	1	2	Luokka C ≤ 0,5 s	Luokka E > 0,5 s ≤ 15 s
Hierontahuone	x	x			x
Potilashuone		x			x
Synnytyshuone		x		x a	x
EKG-, EEG-, EMG-huone		x			x
Tähystyshuone		x b		x	x b
Tutkimus- ja toimenpidehuone		x		x	x
Urologiahuone		x b		x	x b
Röntgentutkimus- ja sädehoito- huone		x			x
Vesihuone		x			x
Kuntoutushuone		x			x
Anestesiatiila			x	x a	x
Leikkaussali			x	x a	x
Valmisteluhuone		x	x	x a	x
Kipsaushuone		x	x	x a	x
Heräämö			x	x a	x
Sydänkatetrisointihuone			x	x a	x
Tehohoitohuone			x	x a	x
Angiografiahuone			x	x a	x
Dialyysihuone		x	x		x
Magneettikuvaushuone (MRI)		x	x	x	x
Isotooppikuvaushuone		x			x
Keskola			x	x a	x
Tarkkailuhuone		x	x	x	x
<p><sup>a</sup> Valaisimet ja elintoimintoja ylläpitävät sähkökäyttöiset lääkintälaitteet, jotka tarvitsevat syötön 0,5 sekunnissa tai lyhyemmässä ajassa.</p> <p><sup>b</sup> Jos ei ole leikkaussali.</p>					

## 2.1 Normaali sähköverkko

Normaalissa tilanteessa sairaalarakennuksen koko sähköntarve toteutetaan paikallisen sähköjakeluverkonhaltijan sähköverkon kautta. Sairaalarakennus liittyy sähköverkkoon yleensä keskijänniteliittymällä (10 tai 20 kV), mutta pieni sairaalarakennus olisi mahdollista toteuttaa myös pienjänniteliittymällä (0,4 kV) muiden pienten kiinteistöjen tapaan. Varsinkin suurilla sairaala-alueilla on oma

valtakunnan verkkoon liitetty keskijänniteverkkonsa, johon kukin rakennus voidaan liittää omalla muuntajalla. [3.]

Keskijänniteliittymä tarvitsee toimiakseen keskijännitekojeiston sekä muuntajan. Muuntajalla muunnetaan keskijännite normaaliksi pienjännitteeksi, jota kulutuslaitteet käyttävät. Tyypillisesti muuntajia on kaksi tai useampi rinnan, ja jakelujärjestelmä pyritään muuntajien osalta toteuttamaan redundanttisena. Tällöin yhden muuntajan vika tai huolto ei aiheuta katkoksia sähkön jakelussa. Muuntajat ovat yleensä myös eri palo-osastoissa, koska jos muuntaja sattuisi palamaan vian vuoksi, silloin toiset muuntajat eivät vaurioituisi palossa. [3.]

Normaalissa tilanteessa muuntajien kuormat on jaettu tasaisesti muuntajien kesken, mutta vika- tai huoltotilanteessa muut rinnankytketyt muuntajat syöttävät kaikki kuormat kokonaisuudessaan. Redundantisella suunnittelulla pyritään varmistamaan ja turvaamaan sähkönjakelu kaikissa tilanteissa ilman katkoksia. Vaihtoehtoisesti muuntajia ei kytketä aina rinnan vaan pidetään yksi muuntaja pois käytöstä, jolloin vian tai huollon aikana otetaan varamuuntaja käyttöön, mutta tämä on harvemmin käytetty tapa. [3.]

## 2.2 Varmennettu sähköverkko

Varmennetulla sähköverkolla turvataan sairaalan kriittisiä toimintoja normaalin sähköverkon vikatilanteissa. Sairaaloilla on myös yhteiskunnallinen velvoite toimia poikkeustilanteissa, joten varmennettu sähköverkko on laajempi kuin pelkästään lääkintätilojen luomat vaatimukset edellyttävät. Aikavaatimukset syötön automaattiselle vaihdolle määrittelevät, minkälaisia varavoimakoneita voidaan missäkin tilanteessa käyttää. Yleisesti sairaaloissa on kaksi erillistä varmennettua sähköverkkoa: varavoimaverkko, johon vikatilanteessa tuotetaan sähkö pääasiassa dieselgeneraattoreilla, ja UPS-verkko, jossa vaadittava sähköenergia katkosten varalle on ladattuna akustoihin. [1, s. 21; 4, s. 48.]

## Varavoimaverkko

Varavoimaverkolla varmennetaan sairaaloissa alle ja yli 15 sekunnin (luokat E ja F) takaisinkytkennät. Varavoimalla myös varmistetaan UPS-järjestelmien pidempiaikainen käyttömahdollisuus. Varavoima tuotetaan sairaaloissa yleisesti polttomoottorigeneraattoreilla. Polttomoottorigeneraattorit voidaan sijoittaa sairaalarakennuksen sisälle, katolle, erillään rakennuksen ulkopuoliseen varavoimakonttiin, -rakennukseen tai muuhun huoltorakennukseen. Yleisin käyttövoima suuremmissa varavoiman tarpeissa on diesel. Muita vaihtoehtoja käyttövoimalle on esimerkiksi kaasu ja bensiini. Bensiiniä käytetään paljon pienissä generaattoreissa eli aggregaateissa. [4, s. 73, 167.]

Varavoimaverkon on pystyttävä syöttämään kuormia vähintään 24 tuntia. Tiettyissä tilanteissa tämä voidaan pienentää kolmeen tuntiin, jos lääkinnälliset tarpeet sen sallivat, mutta isoissa sairaaloissa tämä ei ole mahdollista. 24 tuntia on vain minima aika, jonka standardi vaatii, ja sitä voidaan pidentää, jos on tarve varautua pidempiaikaiseen varavoimansyöttöön. Varakäyntiajan pidentäminen lisää polttoainesäiliöiden kapasiteettivaatimuksia, ja samalla pitää arvioida, kuinka usein polttoainetäydennyksiä saadaan toteutettua tarpeen vaatiessa. Pidempiaikaisiin varavoimakäyttöihin voidaan varautua myös rakentamalla siirrettävälle varavoimakoneelle sijoituspaikka sekä kytkentämahdollisuus. [1, s. 21; 4, s. 48–49.]

Dieselgeneraattorin suurimmat ja tärkeimmät osat ovat dieselmoottori, generaattori, jäähdytysjärjestelmä ja pakoputkisto. Kuvassa 1 on eräs avomallin dieselgeneraattori. Dieselgeneraattoreiden ulkonäkö ja koko vaihtelevat valmistajan, käyttökohteen ja -tarkoituksen mukaan, mutta perusrakenne on kaikissa samanlainen. Sairaaloissa käytetään tämäntyyppisiä dieselgeneraattoreita [5, s. 49, 90.]



Kuva 1. Avomallin dieselgeneraattori [6]. Vasemmalla jäähdytyslementti, keskellä dieselmoottori ja oikealla generaattori.

Suunnitellessa varavoimajärjestelmää huipputehon mitoitus on tärkeässä roolissa, sillä se määrittää vähimmäistilantarpeen, minkä varavoimakone tulee tarvitsemaan. Tilantarpeeseen vaikuttavat myös polttoainesäiliöiden koko, varavoimakoneikon sijoituspaikka ja se, varaudutaanko tulevaisuudessa laajennuksiin. Lisäksi varavoimajärjestelmä vaatii varavoiman pääkeskuksen sekä varavoimakoneiden käyttökeskuksen. Järjestelmä voidaan myös suunnitella redundanttiseksi eli varavoimakoneita on enemmän kuin mitä kuormien syöttö edellyttää. Tällöin yhden koneen vioittuminen tai huolto ei vaaranna toimintaa [4, s 50].

Varavoimalaitetilaa mitoittaessa tulee huomioida itse dieselgeneraattorin vaatiman tilan lisäksi tilantarve jäähdytykselle, pakoputkistolle ja sen lämpöeristeille, äänenvaimennukselle, turvaetäisyyksille sekä käyttö- ja huoltotoimenpiteitten suoritusta varten. Taulukossa 2 on esitetty esimerkkejä minimimitoista varavoimahuoneelle eritehoisten varavoimakoneiden mukaan. On kuitenkin huomioitava, että eri valmistajan koneilla voi olla erilaisia vaatimuksia tilantarpeen ja

minimietäisyyksien suhteen. Jäähdytysratkaisulla sekä pakoputkiston reitillä on myös merkitystä tilantarpeeseen. [5, s. 65–66.]

Taulukko 2. Esimerkki eritehoisten varavoimakoneiden tarvitsemasta pienimmästä tilavarauksesta [5, s. 66].

Teho kVA/kW	Pituus m	Leveys m	Korkeus m
100/80	4,5	2,3	2,2
250/200	5,8	2,7	2,5
500/400	6,8	3	2,7
1000/800	9	3,3	3
2000/1600	12	5,5	4,8

### UPS-verkko

UPS-verkolla varmistetaan kuormat, jotka tarvitsevat alle 0,5 sekunnin takaisin-kytkentäajan (luokka C). Vaikka standardi ei määrittelekään tarvetta katkottomalle syötölle erikseen, niin hoidetaan sairaaloissa lyhyen katkon vaatimat kuormat katkottomana. Luokan C syöttö pitää pysyä toiminnassa vähintään kolme tuntia, mutta se voidaan pienentää yhteen tuntiin, jos saatavilla on luokan E katkoksiin sopiva varavoimageneraattori. [1, s. 20–21.]

UPS-laitteistoja voidaan kytkeä kolmella eri pääperiaatteella ja standardin vaatimukset voidaan täyttää eri tavoilla. Sairaaloissa käytetään yleensä keskitettyä double conversion -UPS-laitteistoa (kahden muunnoksen UPS, tarkempi määritelmä sivulla 11). Esimerkiksi terveyskeskuksissa, kotisairaanhoidossa, työpaikaterveydenhoidossa, yksittäisissä vastaanottotiloissa tai muissa vastaavissa laitoksissa ei suoriteta sellaisia lääkinnällisiä toimenpiteitä, joissa sähkönsyötön katkeaminen aiheuttaisi hengenvaaraa potilaille. Tällaisissa tiloissa voidaan välttämättömien lääkintälaitteiden syötöt toteuttaa tilakohtaisilla tai laitekohtaisilla akustoilla tai UPS-järjestelmillä. [1, s. 20.]

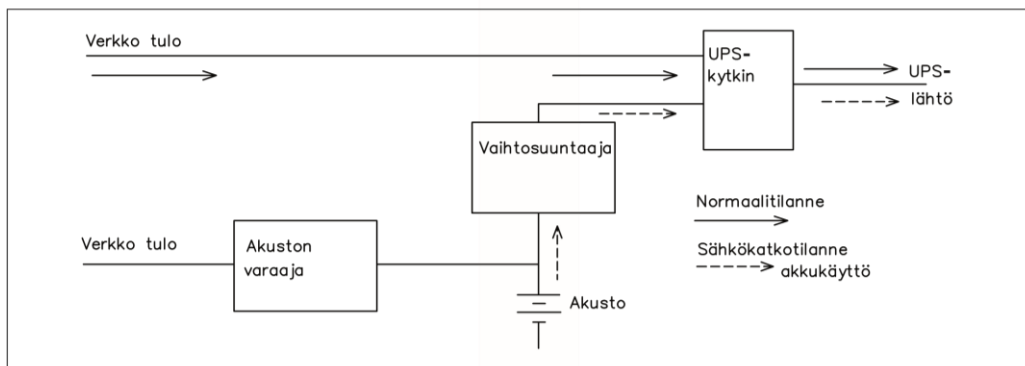
Riippumatta UPS-laitteiston kytkentätavasta sen peruskomponentit ja toiminta perustuvat samaan peruseriaatteeseen. Normaalissa tilanteessa sähkönsyöttö toteutetaan normaalista verkosta varavoimakeskuksen kautta ja pidemmissä katkoksissa varavoimageraattorilla. Syötön vaihtosähkö tasasuunnataan tasasähköksi, ja tällä ladataan akustoa ja pidetään sen varausta yllä. Syötön katketessa energia otetaan akustosta ja muunnetaan tasasähköstä vaihtosähköksi vaihtosuuntaajalla kuormille. Perustoimintoihin kuuluu myös automaattinen UPS-laitteiston ohituskytkin ylikuorma- ja vikatilanteissa ja manuaalinen ohitus huoltoja varten. [7, s. 1.]

#### Stand-by operation -UPS-laitteet, VFD-luokka

Stand-by operation -UPS-laitteista (eli passiivinen-UPS) käytetään usein epävirallista nimeä ”Off-Line UPS”. Tällä tarkoitetaan sitä, että vaihtosuuntaajan kautta akustolta saadaan vaihtosähköä vain tilanteessa, jossa syöttävän verkon arvot ovat asetettujen raja-arvojen ulkopuolella tai syöttävä verkko katkeaa kokonaan. VFD-luokka (output Voltage and Frequency Dependant from mains supply) tarkoittaa sitä, että UPS-laitteen lähtö on riippuvainen syöttävän verkon jännitteestä ja taajuudesta, mutta UPS-laitteessa on suodatin, joka vaimentaa verkossa esiintyviä ylijännitteitä. Muuta suodatusta stand-by operation -UPS-laitteista ei saa normaalissa tilanteessa. Stand-by operation -UPS-laitteet ovat pieniä, teholtaan 150–1 500 VA, mutta tehoa voidaan kasvattaa 400–6 000 VA:iin lisäämällä säästömuuntaja verkkotulon ja vaihtokytkimen väliin. [7, s. 1–2.]

Kuvassa 2 on esitelty stand-by-UPS-laitteen periaatteellinen kytkentä sekä sähköenergian kulku normaalissa ja akkukäyttötilanteessa nuolin. Normaalissa tilanteessa kuormia syötetään suoraan syöttävän verkon puolelta vaihtokytkimellä (UPS-kytkin) suoraan verkosta. Sähkökatkon tai syöttävän verkon arvojen muuttuessa vaihteluvälin ulkopuolelle vaihtokytkin vaihtaa syötön verkkosyötöstä akkukäytölle. Vaihdoksessa vaihtosuuntaaja käynnistyy ja kuormia syötetään akuilta. Siirtyminen normaalista syötöstä akkukäyttöön kestää noin 2–4 ms, joka näkyy kuormilla tämän mittaisena sähkökatkona. Syöttävän verkon palaututtua normaaliin tilaan UPS-laite kytkee vaihtosuuntaajan pois päältä ja

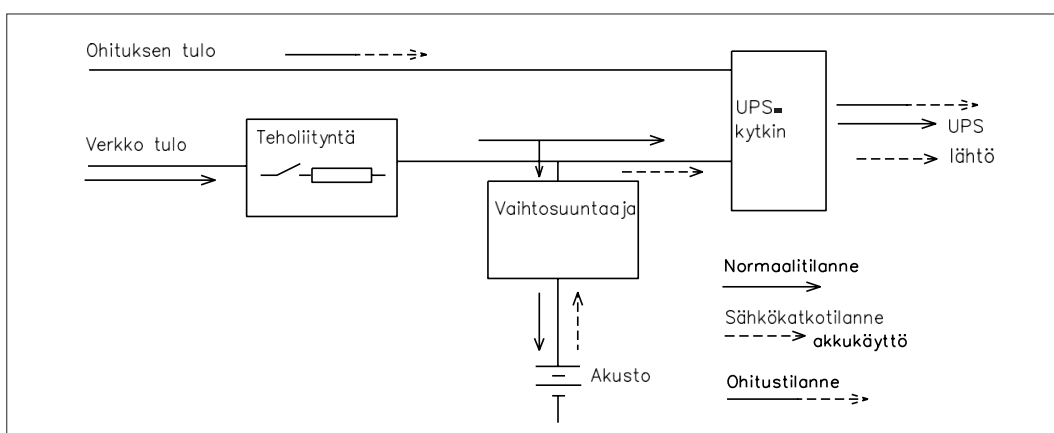
vaihtaa syötön takaisin suoraan verkkosyöttöön, sekä samalla akkujen varausta ryhdytään lataamaan. Tässä vaihdossa tapahtuu sama sähkökatko kuin akku-käyttöön siirtyessä. [7, s. 1–2.]



Kuva 2. Stand-by-UPS-laitteen periaate [7, s. 2].

### Line interactive operation -UPS-laitteet, VI-luokka

Line interactive operation -UPS-laite on kytketty rinnan syöttävän verkon kanssa, kuten kuvassa 3 näkyy. Line interactive operation -UPS-ratkaisusta käytetään myös nimeä ”yhden muunnoksen UPS-laite”, koska toiminta perustuu yhteen muuttajasiltaan. VI-luokka (output Voltage Independant from mains supply) tarkoittaa sitä, että UPS-laitteisto on riippuvainen syöttävän verkon taa-juudesta, mutta ei jännitteestä. Rinnankytkennän ansiosta UPS-laitteisto pystyy korjaamaan normaalit jännitevaihtelut normaaleissa rajoissa. [7, s. 3.]



Kuva 3. Line interactive -UPS-laitteen periaate [7, s. 3].

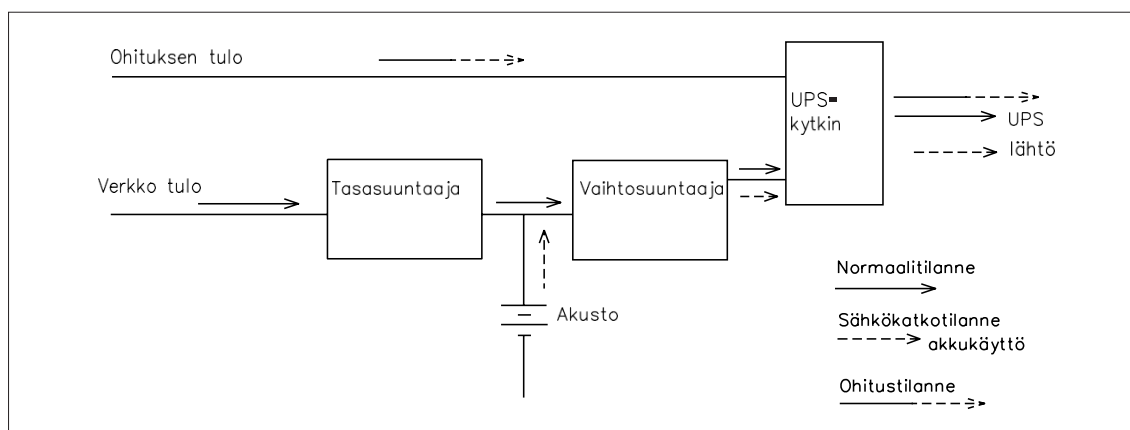
Normaalissa tilanteessa kriittiset kuormat saavat syöttönsä syöttävän verkon kautta. Sähkökatkon tai syöttävän verkon arvojen muuttuessa vaihteluvälin ulkopuolelle UPS-laite irtaantuu syöttävästä verkosta ja ryhtyy syöttämään kriittisiä kuormia akkuihin varatulla energialla vaihtosuuntaajan avulla. Koska UPS-laitteisto on kytkettynä suoraan rinnan syöttävän verkon kanssa, niin akkukäyttöön ja sieltä pois siirtymisessä ei kuorman syötössä tapahdu minkäänlaista katkosta. Syöttävän verkon palaututtua normaaliin tilaan vaihtosuuntaaja toimii tasanuuntaajana ja ryhtyy varaamaan akustoja ja kriittinen kuorma saa sähkönsyötön syöttävästä verkosta. [7, s. 3.]

Ylikuormitus- ja vikatilanteissa sähkönsyöttö siirtyy UPS-kytkimellä ohitussyöttöön. Tällä varmistetaan riittävät oikosulkuvirrat ja vähennetään rasitusta muilta komponenteilta. Dieselgeneraattorin syöttäessä line interactive -UPS-laitetta syötön siirtyminen akkukäytöstä normaalitoimintoon saattaa aiheuttaa tilanteen, jossa UPS-laitteen siirtyminen normaalitoimintaan aiheuttaa suuren kuormituksen muutoksen dieselgeneraattorille. Dieselgeneraattorin pyörimisnopeus hidastuu äkillisen kuormituksen lisääntymisen seurauksena, jolloin syöttävän verkon taajuus laskee ja UPS-laite siirtyy takaisin akkukäyttöön. Mitoituksessa tämä on otettava huomioon, sillä riittävän suuritehoisella dieselgeneraattorilla suhteessa UPS-laitteen tehoon pystytään välttymään kyseiseltä ilmiöltä. [7, s. 3–4.]

Double conversion -UPS-laitteet eli kaksoismuunnostekniikkaan perustuvat UPS-laitteet, VFI-luokka

Double conversion -UPS-laitteet perustuvat kahden muuttajasillan toimintaan, ja siksi siitä käytetään usein nimeä ”kahden muunnoksen UPS” ja epävirallista nimeä ”In-line UPS”. VFI-luokka (output Voltage and Frequency Independant from mains supply) tarkoittaa sitä, että UPS-laitteen lähtö on riippumaton syöttävän sähköverkon jännitteen- ja taajuudenvaihteluista. Tällaisella UPS-laitteistolla pystytään tuottamaan laadukasta sähköä riippumatta syötön sähkölaadusta, ja siksi tämän tyyppisiä UPS-laitteita suositetaan sairaaloissa. [7, s. 4.]

Riippumattomuus saadaan aikaiseksi sillä, että kaikki kriittisten kuormien tarvitsema sähköenergia ensin tasasuunnataan, samalla varataan ja ylläpidetään akuston energiatasoja. Tasasähkö vaihtosuunnataan takaisin vaihtosähköksi, jota kriittiset kuormat käyttävät. Kuvassa 4 on esitetty periaatteellinen kytkentä double conversion -UPS-laitteelle. Samassa kuvassa näkyy sähköenergian liike nuolilla esitettynä. Akkukäyttöön siirtymien ei vaadi minkäänlaista kytkentäaika, koska sähköenergia muutetaan jatkuvasti tasasähkön kautta vaihtosähköksi kuormille. Verkon palaututtua normaaliin tilaan ei kuormille näy minkäänlaista katkosta ja akkuja ryhdytään lataamaan täyteen. [7, s. 4.]



Kuva 4. Double conversion -UPS-laitteen periaate [7, s. 4].

Tasasuuntaajan ominaisuudet määrittelevät, milloin UPS-laitte siirtyy akkukäyttöön ja minkä laatuksella sähköllä akkuja voidaan ladata. Vaihtosuuntaajan ominaisuudet määrittelevät, minkä laatuksella sähköllä kuormia voidaan syöttää. Ylikuormitus- ja vikatilanteissa sähkönsyöttö siirtyy UPS-kytkimellä ohitussyöttöön. Tällä varmistetaan riittävät oikosulkuvirrat ja vähennetään rasitusta muilta komponenteilta. [7, s. 4.]

#### UPS-järjestelmän suunnittelu

UPS-laitteiston tyypistä riippumatta tärkeimpänä mitoitusperiaatteena on yleensä kuorman suuruus. Järjestelmää ei tule mitoittaa siten, että laitetta tai laitteistoa joudutaan kuormittamaan lähes 100 %:n teholla. Toisaalta alle 20 %:n kuormalla toimiva UPS-järjestelmä on hyötysuhteeltaan niin heikko, ettei

siihen kannata pyrkiä. Mitoituksessa olisi pyrittävä pitämään kuormitusaste 40–80 %:n välillä UPS-laitteiston nimellistehosta. [8, s. 4.]

Erityiskohteissa, kuten sairaalassa, mitoituksessa akkukäytöllä saatava oikosulkuvirta voi olla kuorman mitoitusta tärkeämpi. Tästä voi seurata tilanne, jossa UPS-laitteisto on ylimitoitettu niin, että käytetään esimerkiksi vain 10 % nimellistehosta, jotta vaadittavat oikosulkuvirrat saavutetaan. Tällöin voidaan päätyä tilanteeseen, jossa UPS-laitteiston häviöteho on suurempi kuin sen syöttämien hyötykuormien teho. Potilasturvallisuuden varmistamiseksi tämä voi tulla vastaan, sillä riippuen laitevalmistajasta UPS-laitteisto kykenee syöttämään oikosulkuvirtaa akkukäytöllä 40–300 ms:n ajan. Tämän jälkeen UPS-laitteisto sammuttaa kaikki syötöt, jotta UPS-laitteisto ei vahingoittuisi vikatilanteessa. [8, s. 4–5.]

UPS-laitetilavarausten pitäisi olla jo tiedossa rakennuksen alkuvaiheessa, jotta laitteistoille varataan riittävästi tilaa. UPS-laitetilat ovat periaatteessa sähkötiloja, mutta niihin liittyy lisävaatimuksia jäähdytyksen suhteen. Lisäksi akusto vaatii tehostettua ilmanvaihtoa. UPS-laitetiloihin ei myöskään ole suotavaa asentaa muita kuin UPS-laitteita palvelevia komponentteja, koska muussa tapauksessa tilantarve kasvaa entisestään. UPS-laitetilat sijoitetaan yleensä kellarikerrokseen akuston painon takia, ja samasta syystä tilojen haalausreitit tulisi suunnitella ensiasennusta ja akkujen vaihtoa palvelevaksi. Litium-akkuteknologia on keventänyt akustoja, jolloin niillä suunnitellulle UPS-laitetiloille ei liity niin paljon vaatimuksia sijoituspaikan suhteen. [8, s. 12.]

### 3 Sairaalan jakeluverkon rakenne

Jokaisella jakeluverkolla tulee olla erilliset jakokeskukset. Jakokeskuksia voidaan asentaa samalle rungolle, jos keskukset on osastoitu siinä erikseen. Normaali- ja varavoimakeskuksen kaapelit eivät saa kulkea toisen järjestelmän keskuksen läpi, ellei asennus ole palonkestävä. Keskuksen kannet tulee merkitä selkeästi tunnistettavin merkein ja tunnuksin. Yleinen käytäntö on tilata keskukset erivärisillä kansilla, kuten on esitetty kuvassa 5. Vaikka kuva ei olekaan sairaalan keskuksesta vaan rautatieliikennekäytössä olevasta keskuksesta. Ovat eri keskusten tunnistamiseksi käytetyt värit samoja tunnusvärejä, joita yleisesti sairaaloissa käytetään. Sairaaloissa keskukset ovat isompia, ja eivätkä ne yleensä ole asennettu samalle rungolle. [2, s. 5–6.]

Sairaaloissa eri jakeluverkkojen keskukset tulee sekä merkitä selkeästi tunnistettavasti että nimetä yhteisesti tilaajan kanssa sovitulla selkeillä tunnuksilla. Pistorasioille on asetettu samoja vaatimuksia. Eri syöttöjärjestelmistä syöttävät pistorasiat tulee tunnistaa helposti. Suosituksena on merkitä jokainen pistorasia tunnuksella, jossa on keskustunnus sekä ryhmänumero. Tämän lisäksi on suositeltavaa käyttää eri jakeluverkkojen välillä myös väritunnuksia. Pistorasioilla sekä keskuksilla väritunnukset ovat samat, ja yleisesti käytössä on seuraavat värit:

- normaali syöttö: valkoinen tai muu määritelty normaaliväri
- varavoimajärjestelmän syöttö yli 15 s: vaaleansininen
- varavoimajärjestelmän syöttö alle 15 s: sininen
- varavoimajärjestelmän syöttö alle 0,5 s: punainen
- UPS-järjestelmä, myös UPSilla syötetty IT-järjestelmä: oranssi
- DRUPS (diesel rotary UPS) -järjestelmä: violetti
- lääkintä-IT-järjestelmä: vihreä. [2, s. 6, 16.]

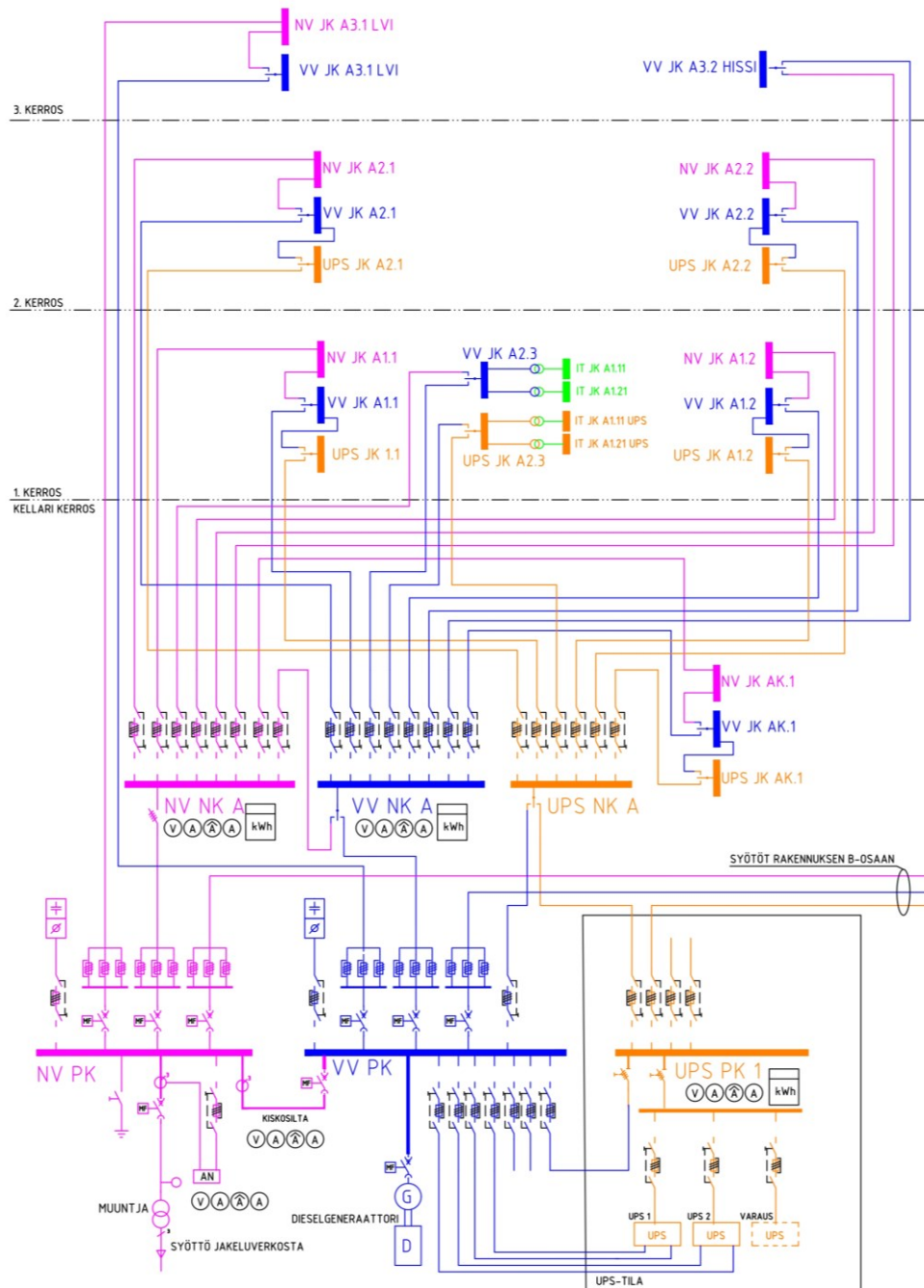


Kuva 5. Normaali- (vasemmalla), varavoima- (keskellä, alle 15 s) ja UPS-keskus (oikealla) vierekkäin [9, s. 13].

Sairaaloissa jakokeskuksia tulee joka kerrokseen tiloja palvelevaan sähkötilaan, mutta osaa kuormista voidaan tietyissä tilanteissa syöttää eri kerroksen jakokeskukselta. Esimerkiksi joka kerroksessa on IV-konehuone, mutta keskuksia ei ole joka kerroksessa. Sähkötilassa on omat keskuksat jokaiselle syöttöjärjestelmälle, joita tiloissa tarvitaan. Kerroksessa voi olla myös useampi sähkötila, jos kerrosala on laaja. Eri jakelualueiden keskuksat voivat olla myös samassa sähkötilassa, mutta hajautetut sähkötilat ovat yleisempi ratkaisumalli.

Kuvassa 6 on esitelty pelkistetty tyypillisen näköinen kuvitteellisen sairaalarakennuksen nousujohtokaavio. Kuvitteellisessa sairaalassa on kolme kerrosta, maanalainen kellarikerros ja rakennusosat A ja B. Kerrosala on niin laaja, että kerrokseen tarvitaan kaksi sähkötilaa, jossa on kullekin syöttöjärjestelmälle omat jakokeskukset.

### RAKENNUKSEN A-OSA



Kuva 6. Kuvitteellisen sairaalan yksinkertaistettu nousujohtokaavio.

Suunnittelussa käytetään paljon lyhenteitä, jotta kuvien luettavuus säilyisi hyvänä. Suurin osa lyhenteistä on vakiintuneita alalla, mutta tarvittaessa niitä on hyvä avata. Lyhenteet ja tunnukset ovat taulukon 3 mukaisia.

Taulukko 3. Lyhenteet ja tunnukset [2, s. 16].

Lyhenne	Selite	Väri
NV	normaalijakeluverkko	magenta
VV	varavoimajakeluverkko	sininen
UPS	katkeamatonjakeluverkko	oranssi
PK	pääkeskus	
NK	nousukeskus	
JK	jakokeskus	
AN	virta-analysointilaite	
<b>Keskustunnusten selitys ja esimerkki</b>		
jakeluverkko	keskustyyppi	rakennusosa kerros . juokseva numero
NV	JK	A1.1

Ylimmässä kerroksessa on tekninen tila ilmanvaihdolle. Osa ilmanvaihdosta on kriittistä, joten sitä osaa ilmanvaihdosta syötetään varavoimaverkosta. UPS-kuormia ei ole ylimmässä kerroksessa, joten siellä ei ole UPS-jakokeskusta. Myös hissien jakokeskus on ylimmässä kerroksessa ja se on liitetty varavoimaan. Suurissa sairaaloissa on usein LVI-laitteille ja hisseille varattu omat nousukeskuksensa, joista sähkö jaetaan LVI-jakokeskuksiin.

Toisessa kerroksessa on ryhmän 0 ja 1 lääkintätiloja, mutta esimerkiksi turvalaitteille ja tietyille työasemille on varattu UPS-syöttöjä. UPS-keskuksia ei tarvita välttämättä joka kerroksessa ja sähkötilassa, jos UPS-syötöille ei ole perusteltua tarvetta. UPS-keskusten asennuksella kerrokseen on varauduttu tulevaisuuden tarpeisiin, joissa tarvitaan lisää esimerkiksi ryhmän 2 lääkintätiloja. Ensimmäinen kerros on toisen kerroksen kanssa samanlainen, mutta siellä on ryhmän 2 lääkintätiloja, joille on varattu omat lääkintäerotusmuuntajalla varustetut lääkintä-IT-jakokeskukset kerroksen keskivaiheille. Lääkintä-IT-jakokeskuksia on sekä varavoima- että UPS-verkkojen syötöillä, jotta kaikki määräykset täyttyvät kaikissa tilanteissa [1, s. 12].

Kellarikerroksessa sijaitsevat nousu- ja pääkeskukset, kiinteistöä syöttävä muuntaja ja dieselgeneraattori sekä UPS-laitteisto varmentamaan kriittisiä kuormia. Tässä kohteessa kiinteistön syöttö tulee yhdeltä muuntajalta ja sitä ei ole suunniteltu redundanttiseksi. Muuntaja syöttää normaalin verkon pääkeskusta. Normaalin verkon pääkeskukselta syötetään normaalin verkon A- sekä B-osan nousukeskusta, LVI-keskusta sekä kiskosilloilla varavoimapääkeskusta. Varavoimapääkeskukseen on kytketty yksi dieselgeneraattori, joka on riskiarviossa todettu toiminnaltaan riittävän varmaksi, eikä sitä ole suunniteltu redundanttiseksi. Varavoimapääkeskus syöttää varavoimaverkon A- sekä B-osan nousukeskusta, LVI-keskusta, UPS-laitteistoja sekä UPS-pääkeskuksen huoltosyöttöä. UPS-pääkeskus sijaitsee UPS-tilassa, ja UPS-laitteisto on suunniteltu redundanttiseksi kahden rinnankytketyn UPS-laitteiston avulla. Lisäksi on varauduttu UPS-kuormien kasvuun suunnittelemalla varaus yhdelle lisä-UPS-laitteistolle.

Jokaisen jakeluverkon nousukeskuksilta viedään jokaiselle saman jakeluverkon jakokeskukselle oma nousukaapeli. Joillekin jakokeskuksille tuodaan myös huoltosyöttö toisesta jakeluverkosta, esimerkiksi VV JK A3.2 HISSI -jakokeskukselle. Sähkötiloissa olevilla jakokeskuksilla on huoltosyötöt seuraavasti: varavoimajakokeskuksien huoltosyöttö tulee normaalin verkon jakelukeskuksista ja UPS-jakokeskuksien huoltosyöttö tulee varavoimajakokeskuksilta.

## 4 Huipputehon mitoittaminen sairaalarakennukseen

Sairaaloiden huipputehojen laskenta täytyy aloittaa aina hankeen alkuvaiheessa. Tällöin tehdään karkeaa laskentaa pinta-alan mukaan, kun sairaalan toiminnasta on saatavilla vielä niukasti tietoa. Apuna voidaan käyttää kokemusperäistä tietoa ja ST-kortteja. [3.] Taulukossa 4 esitettyjä neliömääräisiä tehoja voidaan käyttää alustavissa mitoituslaskennoissa hyödyksi.

Taulukko 4. Esimerkkejä erityyppisten rakennusten neliötehoista sekä niiden teholaskelmissa käytettävistä tasauskerroimista [10, liite 2 4(7)].

Rakennus	Teho (W/m <sup>2</sup> )	Tasauskerroin
Pankki	40 – 70	0,6
Kirjasto	20 – 40	0,6
Toimisto	30 – 50	0,6
Kauppaokeskus	30 – 60	0,6
Hotelli	30 – 60	0,6
Tavaratalo	30 – 60	0,8
<b>Pieni sairaala (40–120 potilaspaikkaa)</b>	<b>50 – 250</b>	<b>0,6</b>
<b>Sairaala (200–1000 potilaspaikkaa)</b>	<b>20 – 120</b>	<b>0,6</b>
Varasto (ei kylmävarastoa)	2 – 20	0,6
Kylmävarasto	500 – 1500	0,6
Asuinkerrostalo	10 – 30	0,4
Omakotitalo	10 – 30	0,4
Museo	60 – 80	0,6
Pysäköintitalo	3 – 10	0,6
Tuotantolaitos	30 – 80	0,6
Konesali (riippuvainen mm. redundanttisuudesta, jäähdytysjärjestelmistä jne.)	125 – 2500	0,4 – 0,9
Koulu	10 – 30	0,6
Kuntosali	15 – 30	0,6
Stadion	70 – 140 **)	0,6
Vanhainkoti	15 – 30	0,6
Kasvihuone (keinovalaistus)	250 – 500	0,6
Laboratorio / tutkimuslaitos	100 – 200	0,6
Konepajateollisuus	100 – 200	0,6
Kumiteollisuus	300 – 500	0,6
Kemianteollisuus (hyvin riippuvainen prosessista)		0,6
Elintarviketeollisuus	600 – 1000	0,8

Tarkempiin lopputuloksiin päästään kuitenkin toteutuneiden projektien kautta. Tällöin täytyy löytää vastaavanlainen kohde, johon tulevaa projektia voidaan vertailla. Huipputehoja arvioidessa vanhan kohteen perusteella tulee kuitenkin huomioida teknologinen kehitys. Esimerkiksi valaistustehoja laskiessa perinteisten valaisimien korvautuminen LED-valaisimilla (light emitting diode eli valodiodi) pienentää merkittävästi tehontarvetta valaistuksessa. Vuorostaan sähköautojen latauspaikat lisäävät tehontarvetta. Uusissa rakennushankkeissa latausasemia on suunniteltava kiinteistölle, ellei niitä ole jo asennettuna. [3.]

Vertaillessa vanhaa ja tulevaa kohdetta on kiinnitettävä erityistä huomiota suuriin kulutusryhmiin, sillä niillä voi olla korottavia tai laskevia vaikutuksia tehontarpeeseen. Kohteen lämmitysmuodolla on suoraan vaikutus huipputehojen suuruuteen. Varmennettujen kuormien määrä pitää ottaa laskuissa mukaan, jotta osataan varautua riittävillä varavoimavaroilla. [3.]

Lämmityksessä on pitkään ollut vakiintunut käytäntö käyttää kaukolämpöä, mutta uusissa kohteissa saatetaan lämmöntuotanto hoitaa paikallisesti esimerkiksi maalämpötekniikan avulla. Vaikka lämmöntuotanto tehtäisiinkin energiatehokkaasti paikallisesti, nostaa se silti huipputehojen tarvetta, kun lämpö tuotetaan sähköllä eikä tuoda muualta. Toisaalta kaukokylmän saatavuus ja sen käyttö voi laskea sairaalakiinteistön huipputehontarvetta. [3.]

Huipputeholaskelmia tehdään pääsääntöisesti Excel-ohjelmalla. Laskelmia käydään läpi seuraavassa luvussa. Tähän on apuna valmiita pohjia. Teholaskenta täytyy aloittaa UPS-kuormista, sillä niitä syötetään varavoimakeskusten kautta. UPS-huipputehot määrittelevät UPS-laitetilojen kokoa, joita näille tulee varata vähintään. Varavoimakuormien laskenta tehdään UPS-kuormien jälkeen. Varavoimakuormiin lisätään UPS-kuormat, jolloin saadaan kokonaiskuva esimerkiksi siitä, kuinka monta varavoimakonetta tarvitaan, ja sitä kautta päästään käsiksi varavoimakoneiden tilantarpeeseen. Tilavarauksista käydään keskustelua arkkitehdin ja tilaajan kanssa ja mietitään, miten varmennetut verkot rakennetaan ja mihin varavoimakoneet ja muuntajat sijoitetaan. Viimeisenä lasketaan

normaalin verkon kuormat ja siihen lisättynä varmennetut kuormat. Normaalisissa tilanteissa kaikki sähköenergia tulee normaalin verkon kautta. [3.]

Huipputehojen lisäksi on suunnittelussa huomioitava rakennusympäristön tekijät. Riippuen sairaalan rakenteesta voi olla järkevämpää esimerkiksi laajoilla sairaala-alueilla rakentaa hajautettu muuntamoverkko, jossa muuntajia on hajautettu eri rakennuksiin. Yhdestä tähtipisteestä vastaavanlaisen alueen toteuttaminen pienjännitepuolella aiheuttaisi tarpeettomasti pitkiä kaapelietäisyyksiä, jotka taas kasvattavat kaapeleitten poikkipinta-alaa. [3.]

Suunnitelmien edetessä saadaan lisätietoja esimerkiksi LVI- sekä KSL (kiinteä sairaalalaitte) -kuormista. Näillä tehotiedoilla pystytään tarkentamaan alkuperäisiä laskelmia. Samalla voidaan rakentaa mallihuoneita, joihin asennetaan suunnitellut tuotteet. Tällaisilla mallihuoneilla on mahdollista arvioida esimerkiksi valaistuksen todellista tehontarvetta kyseisessä kohteessa. Pistorasiakuormia ei kuitenkaan pystytä arvioimaan kuin periaatetasolla. [3.]

Kulutusryhmien huipputehojen selvittyä suunnittelijan täytyy miettiä tasoituskerroimia eri kulutusryhmille. Tasoituskertoimia tarvitaan siihen, että saadaan arvioitua, kuinka paljon laitteista on yhtä aikaa käytössä. Selvityksen kohteena olevassa sairaalassa esimerkiksi valaistuksen tasoituskerroin on 0,9 ja pistorasiakuormien 0,1. Tämä tarkoittaa, että huipputehon hetkellä 10 % pistorasiakuormista on käytössä ja 90 % valoista on päällä (kuva 7). [3.]

Huipputehoja laskiessa huomioidaankin nimensä mukaan huipputehot, jolloin tarkkailuun valitaan päivä, jolloin tehojen oletetaan olevan huipussaan. Yleensä tällainen päivä on joko kesällä kuumimpaan tai talvella kylmimpään aikaan riippuen lämmitys- ja jäähdytysratkaisuista. Yleisesti voidaan olettaa, että kun lämmitetään, ei jäähdytetä ja toisin päin. Savunpoistopuhaltimien sekä sprinkleripumppujen huipputehoja ei oteta huomioon ollenkaan, sillä voidaan olettaa niiden tarpeen tulevan huipputehohetkellä riittävän epätodennäköiseksi. [3.]

Vaikka kuormien huipputehot tiedettäisiinkin tarkasti, on silti hankala arvioida kuormien tasoituskertoimia tarkasti. Huipputeholaskennassa on pyrittävä

mahdollisimman tarkkaan mitoitukseen. Sähköliittymän valinta perustuu tarkkaan huipputehon mitoitukseen, ja yleensä tämän lisäksi varaudutaan vielä noin 30 %:n tehon kasvuun. Sähköliittymän ottaminen todellisen huipputehon mukaan on kustannustehokasta, sillä silloin ei makseta liian isosta sähköliittymästä. Kun tehon kasvuun on varauduttu rakennusvaiheessa, niin sähköliittymää päivittämällä voidaan huipputehoja nostaa ilman suuria muutoksia. [3.]

Huipputehoja laskiessa riskinä on tasoituskertoimien kertaantuminen, kun lasketaan kuormia ensin ryhmä-, sitten jakokeskus-, nousukeskus-, pääkeskus- ja vielä muuntajatasolla. Jos jokaisella tasolla on ylimitoitusta, voidaan lopulta ajautua tilanteeseen, jossa laskennallinen huipputeho on useita kertoja suurempi kuin todellisuudessa mitattuna. Ylimitoitus aiheuttaa lisäkustannuksia hankkeelle, sillä silloin keskuksset mitoitetaan liian suurille virroille. Liian suuriksi mitoitetut keskuksset vievät enemmän tilaa ja ovat kalliimpia. Myös keskijännitekoneikkoja ja muuntajia voidaan joutua hankkimaan tarpeettoman suuritehoisina ylimitoituksen seurauksena. Varmennetun verkon osalta ylimitoituksen seurauksena on riski hankkia liikaa tai liian isoja varavoimakoneita ja UPS- laitteistoja. Tällöin osa kapasiteetista jää käyttämättä ja hyötysuhde laskee. [3.]

Alimitoituksen seurauksena pahimmillaan joudutaan remontoimaan valmista sairaalaa heti sen käyttöönoton jälkeen. Esimerkiksi keskuksia joudutaan uusimaan suuremmille virroille, suurempien virtojen vuoksi joudutaan vaihtamaan nousukaapeleita poikkipinta-alaltaan suurempiin sekä muuntajia ja keskijännitekojeistoja voidaan joutua vaihtamaan suurempaan teholuokkaan. [3.]

## 5 Huipputehojen jakaantuminen

Lähtötietoina käytetään alkuperäisiä huipputeholaskelmia sekä sairaalan sähkökäytön johtajalta saatuja mitattuja huipputehotietoja. Mitattuja huipputehotietoja on saatavilla normaalin sekä varmennetun verkon osalta. Varmennetusta verkosta ei ollut saatavilla mitattuja huipputehotietoja, joissa olisi varavoima- ja UPS-verkko eroteltuna, joten niitä joudutaan katsomaan yhtenä huipputehoarvona. Mittausdatat ovat ajata 1.7.2023–22.2.2024. [11; 12.]


Sairaalassa on kaksi rakennusosaa (tässä työssä nimetty 1 ja 2). Käyttötarkoitukseltaan jo koossa rakennusosat poikkeavat toisistaan. Rakennusosa 1 on kohteista pienempi, 14 200 brm<sup>2</sup>, ja sitä syöttää yksi muuntaja. Rakennusosa 2 on 56 000 brm<sup>2</sup>, ja se on jaettu vielä kahteen lohkoon A ja B. Suuremman kokonsa vuoksi rakennusosalla 2 on neljä syöttävää muuntajaa, joista kaksi syöttää lohkoa A ja kaksi lohkoa B. Molemmilla lohkoilla on kaksi normaali- ja varavoimapääkeskusta sekä yksi UPS-pääkeskus. Normaali- ja varavoimakeskukset on kytketty keskenään yhteen kiskosilloilla. Tällöin yhdellä muuntajalla voidaan syöttää kaikkia lohkon kuormia tarvittaessa. [11.]

### 5.1 Rakennusosa 1

#### Normaalin verkon huipputehot

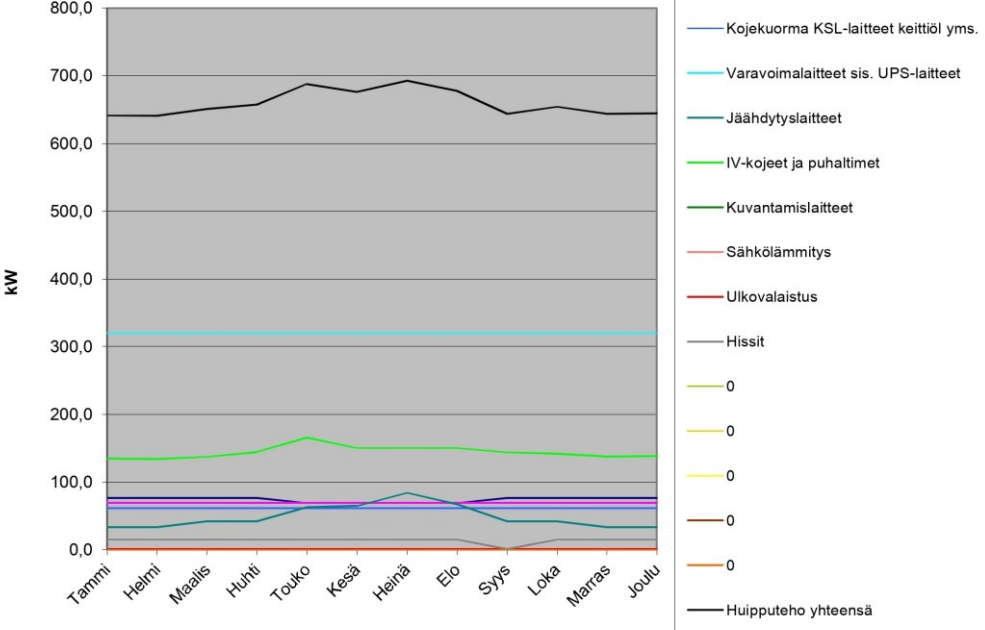
Kuva 7 toimii esimerkkinä siitä, minkä näköisiä huipputeholaskelmat voivat olla, muuten taulukot ja kaaviot on erotettuna toisistaan. Ensin on esitelty kohteen tiedot, jotka on tässä työssä piilotettu yhteistyökumppanin vaatimuksesta. Taulukossa on esitetty arvioidut tehot. Liittymisteholla tarkoitetaan yhteen laskettua tehoa, kun lasketaan kaikki kyseiseen kategoriaan kuuluvien laitteiden nimellistehot yhteen. Tehot ilmoitetaan laskelmissa pätötehona (kW), ja näiden pohjalta tehokertoimen ( $\cos \varphi$ ) avulla saadaan laskettua näennäisteho (kVA) ja loisteho (kVAr). Loistehojen arvioista tulee merkityksellistä loistehojen kompensoinnin tarpeen arvioinnissa. Pinta-alan avulla saadaan laskettua myös kunkin kulutusryhmän tehot neliometriä kohden ( $W/m^2$ ). Huipputeho saadaan laskettua tasoituskertoimia käyttäen. Tasoituskertoimet vaihtelevat 0 ja 1 välillä. 1 tarkoittaa,

että kuormat käyvät jatkuvasti nimellistehollaan, kun taas 0 tarkoittaisi, etteivät kuormat ole ikinä käytössä huipputehon hetkellä. [11.]

					NORMAALIJAKELUN TEHONKÄYTTÖLASKELMA			Liite:		
<b>KOHDE</b> Tilaaja: Kiinteistö: Rakennusosa: Pinta-ala: 14200 brm <sup>2</sup>					Yritys: Granlund Oy Henkilö: Pvm.: Projekti numero:					
<b>ARVIOTU TEHO</b>										
Kuormitusryhmä	Liittymisteho				Cos φ	Tasoi- kerroin	Huipputeho			
	kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>			kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>
Valaistus	85	12	86	6	0,99	0,9	77	11	77	5
Pistorasiakuorma	696	337	773	49	0,90	0,1	70	34	77	5
Kojekuorma KSL-laitteet keittiöl yms.	123	59	136	9	0,90	0,5	61	30	68	4
Varavoimalaitteet sis. UPS-laitteet	1220		1 220	86	1,00	0,3	320		320	23
Jäähdytyslaitteet	120	39	126	8	0,95	0,7	84	28	88	6
IV-kojeet ja puhaltimet	166	54	174	12	0,95	1,0	166	54	174	12
Kuvantamislaitteet					0,90	0,2				
Sähkölämmitys	1		1	0	1,00	0,8	1		1	0
Ulkovalaistus	1	0	1	0	0,99	0,9	1	0	1	0
Hissit	30	10	32	2	0,95	0,5	15	5	16	1
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
<b>Kompensointi</b>										
<b>Yhteensä</b>	<b>2440</b>	<b>510</b>	<b>2550</b>	<b>172</b>			<b>790</b>	<b>160</b>	<b>810</b>	<b>56</b>
Ristiintasoiuskerroin (hetkellinen)						0,9				
<b>Suurin huipputeho</b>	<b>2440</b>	<b>510</b>	<b>2550</b>	<b>172</b>		<b>0,87</b>	<b>690</b>	<b>140</b>	<b>704</b>	<b>49</b>

### Huipputeho kuukausittain



kuukausi	Valaistus	Pistorasiakuorma	Kojekuorma KSL-laitteet keittiöl yms.	Varavoimalaitteet sis. UPS-laitteet	Jäähdytyslaitteet	IV-kojeet ja puhaltimet	Kuvantamislaitteet	Sähkölämmitys	Ulkovalaistus	Hissit	0	0	0	0	0	Huipputeho yhteensä
Tammikuu	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						640	
Helmi	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						650	
Maalis	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						660	
Huhti	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						670	
Touko	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						680	
Kesä	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						690	
Heinä	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						700	
Elo	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						690	
Syys	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						680	
Loka	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						670	
Marras	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						660	
Joulu	85	696	123	1220	120	166	1	1	30						650	

LISÄTIETOJA

Kuva 7. Rakennusosan 1 huipputeholaskelmat normaalin verkon osalta [11].

Kuvan 7 taulukosta voidaan todeta suurimman huipputehon arvion olevan 690 kW, ja kuvaajaa tulkitessa huipputehon huippu osuu heinäkuulle, jolloin jäähdytyksen tarve on suurimmillaan. Huipputehossa on kuitenkin mukana varmennettujen verkkojen huipputehot. Kun halutaan tarkastella vain normaalin verkon huipputehoja, niin täytyy varmennettujen verkkojen huipputehon osuus vähentää kokonaishuipputehoista. Tällöin saadaan normaalin verkon huipputehoksi heinäkuussa 370 kW. Tarkastelujakso osuu talvikuukausille, joten huipputehoarviota on pienennettävä vielä 50 kW:lla, jolloin huipputehoarvioksi saadaan talvella 320 kW. [11.]

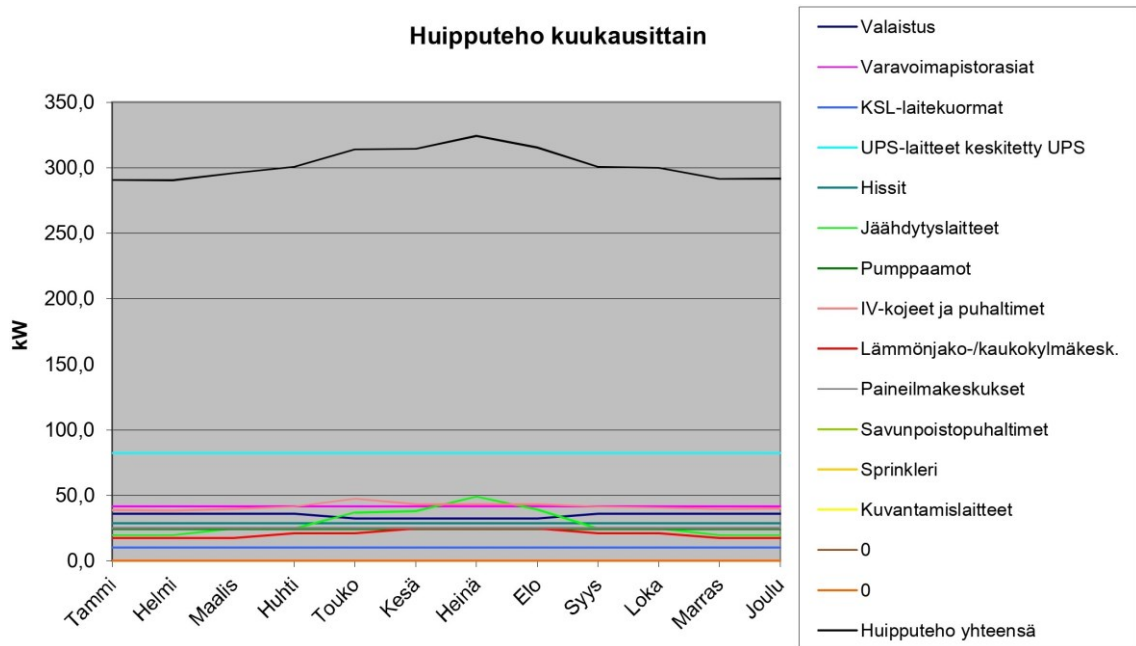
### Varavoimaverkon huipputehot

Varmennetusta verkosta on tehty oma huipputeholaskelma (taulukko 5). Varmennetun verkon laskelmassa on varavoima- ja UPS-verkko yhdessä. Arvioitu huipputeho varmennetussa verkossa on 320 kW. Pelkän varavoimaverkon osuus arvioituista huipputehoista saadaan vähentämällä varmennettujen verkkojen arvioituista huipputehoista arvioidut UPS-huipputehot. Varavoiman arvioiduksi huipputehoksi saadaan 238 kW. [11.]

Taulukko 5. Rakennusosan 1 varmennetun verkon huipputeholaskelma [11].

Kuormitusryhmä	Liittymisteho				Cos $\phi$	Tasoi- kerroin	Huipputeho				
	kW	kVA <sub>r</sub>	kVA	W/m <sup>2</sup>			kW	kVA <sub>r</sub>	kVA	W/m <sup>2</sup>	
Valaistus	40	13	42	2,8	0,95	0,9	36	12	38	3	
Varavoimapistorasiat	416	312	520	29,3	0,80	0,1	42	31	52	3	
KSL-laittekuormat	21	15	26	1,4	0,80	0,5	10	8	13	1	
UPS-laitteet keskitetty UPS	394	56	398	27,7	0,99	0,2	82	12	83	6	
Hissit	57	43	71	4,0	0,80	0,5	29	21	36	2	
Jäähdytyslaitteet	70	53	88	4,9	0,80	0,7	49	37	61	3	
Pumppaamot	30	23	38	2,1	0,80	0,8	24	18	30	2	
IV-kojeet ja puhaltimet	47	16	50	3,3	0,95	1,0	47	16	50	3	
Lämmönjako-/kaukokylmäkesk.	50	38	63	3,5	0,80	0,7	35	26	44	2	
Paineilmakeskukset	50	38	63	3,5	0,80	0,5	25	19	31	2	
Savunpoistopuhaltimet	40		40	3	1,00						
Sprinkleri	10		10	1	1,00						
Kuvantamislaitteet					0,80	0,2					
Kompensointi								-200			
Yhteensä	1220	600	1410	86			380		380	27	
Ristiintasoi- kerroin (hetkellinen)						0,9					
<b>Suurin huipputeho</b>	1220	600	1410	86		0,84	320		320	22	

Varavoimaverkkoon on liitetty myös kuormia, joita normaalin verkon puolella ei ole. Esimerkiksi pumppaamot, paineilmakeskukset, hissit, savunpoistopuhaltimet ja sprinkleripumput ovat kokonaan varavoimasyöttöjen varassa. Tällä on varmistettu sairaalan toimintavarmuus myös sähkökatkon aikana. Varavoiman tehot vaihtelevat normaalin verkon tavoin vuodenajan mukaan. Kuvasta 8 voidaan todeta, että varmennetun verkon huipputehot on arvoitu korkeimmaksi heinäkuussa, 320 kW, ja matalimmaksi talvella, 295 kW. [11.]



Kuva 8. Rakennusosan 1 varmennetun verkon huipputehot kuukausien mukaan [11].

Varmennetun sekä normaalin verkon kohdalla voidaan todeta suurimpien muutosten huipputehonarvioinnissa johtuvan jäähdytyslaitteiden lisääntyneen käytön seurauksena kesäkuukausina. Myös valaistuksen käytön oletetaan putoavan hieman kesällä, mutta ei merkittävästi. Valaistuksen huipputehoja tarkkaillessa voidaan todeta, että noin 2/3 valaistuksesta on normaalin verkon syöttöihin kytketty ja loppu 1/3 varavoimaverkon syöttöihin. [11.]

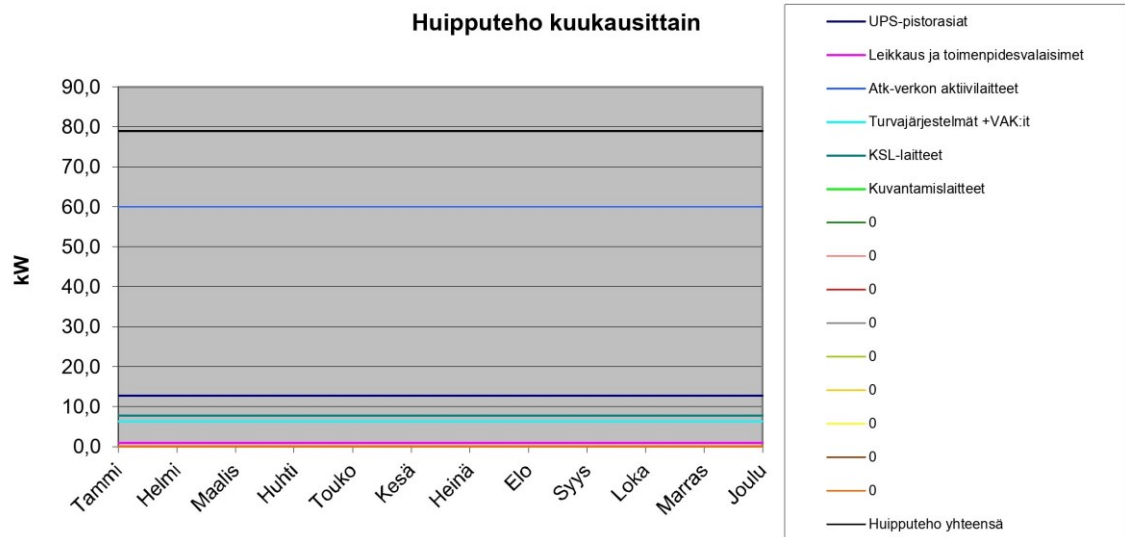
## UPS-verkon huipputehot

UPS-verkon kuormien huipputehot ovat pienimmät, mutta UPS-verkkoon kytetään vain kaikista kriittisimmät kuormat. Taulukossa 6 on esitelty rakennusosan 1 UPS-verkon huipputeholaskelmat. Kriittisten lääkintälaitteiden lisäksi UPS-verkkoon kytketään osa tietokoneista, joiden ei haluta sammuvan sähkökatkoksen aikana. Turvajärjestelmät ja VAK:t (valvonta-alakeskus) ovat myös UPS-varmistettuja, sillä niiden sammumisesta seuraisi turvallisuuden laskua. Joissain kohteissa UPS-pistorasiakuormiin voidaan kytkeä esimerkiksi automaattiovien ovikoneistot ja valaistuksen ohjaus. Tällöin toiminta ja valaistus toimivat suunnitellusti ja tehokkaasti kaikissa tilanteissa. [11.]

Taulukko 6. Rakennusosan 1 UPS-verkon huipputeholaskelma [11].

Kuormitusryhmä	Liittymisteho				Cos $\varphi$	Tasoi- kerroin	Huipputeho				
	kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>			kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>	
UPS-pistorasiat	128	42	135	9	0,95	0,1	13	4	13	1	
Leikkaus- ja toimenpidevalaisimet	2		2	0	1,00	0,5	1		1	0	
Atk-verkon aktiivilaitteet	240	79	253	17	0,95	0,3	60	20	63	4	
Turvajärjestelmät + VAK:it	9	3	9	1	0,95	0,7	6	2	7	0	
KSL-laitteet	16	5	16	1	0,95	0,5	8	3	8	1	
Kuvantamislaitteet					0,95	0,2	0				
Yhteensä	394	129	415	28			88	29	90	6	
Ristiintasoi- kerroin (hetkellinen)							0,9				
<b>Suurin huipputeho</b>	394	129	415	28		0,9	79	26	83	6	

Kuvasta 9 voidaan päätellä, että UPS-huipputehojen arvioidaan pysyvän vakiona vuodenajasta riippumatta [11]. UPS-kuormien keskitehoja tarkastellaan tarkemmin seuraavassa luvussa. Todellisesta huipputehosta ei kuitenkaan ole tietoa, sillä data on osittain vaillinaista [12].



Kuva 9. Rakennusosan 1 UPS-verkon huipputehot kuukausien mukaan [11].

Huipputeholaskelmien pohjalta saadaan hyvä kuva siitä, kuinka huipputehojen on suunniteltu jakautuvan eri kuormien sekä verkkojen välillä. Kuukausien välille ei ole suunniteltu huipputehojen vaihtelulle eroja. Tämä täytyy kuitenkin ottaa muussa suunnittelussa huomioon. [11.]

#### Toteutuneet huipputehot

Toteutuneet huipputehot on esitetty päivän suurimman toteutuneen huipputehon mukaan. Taulukossa 7 on esitelty rakennusosan 1 toteutuneita huipputehoja suurimman kokonaishuipputehon mukaan järjesteltynä. Vihreällä on korostettu kategorian suurinta huipputehoa. Voidaan todeta, että eri verkkojen huipputehot eivät ole välttämättä samaan aikaan, mutta siihen on varauduttava suunnitelmissa.

Taulukko 7. 10 suurinta toteutunutta huipputehoarvoa rakennusosasta 1 [12].

pvm.	Toteutuneet huipputehot (kW)			
	NV	VV+UPS	Yhteensä	W/m <sup>2</sup>
17.1.2024	218	219	437	30,8
12.2.2024	218	165	384	27,0
19.2.2024	239	145	384	27,0
3.1.2024	195	183	378	26,6
11.1.2024	217	160	377	26,5
1.2.2024	231	145	377	26,5
29.11.2023	214	162	377	26,5
16.1.2024	202	174	376	26,5
2.1.2024	208	167	376	26,5
21.2.2024	229	146	375	26,4

Kun yhdistetään huipputehojen toteutuneet arvot suunniteltujen kanssa taulukoon 8, voidaan niitä vertailla. Suunnitelluissa huipputehoissa on huomioitu kuu-kausittainen vuodenajan vaikutus huipputehoon. Kun toteutunut huipputeho vähennetään suunnitelluista huipputehoista, saadaan erot näkyviin.

Taulukko 8. Toteutuneiden ja suunniteltujen huipputehojen erot rakennusosassa 1 [11, 12].

Rakennusosa 1	NV (kW)	VV+UPS (kW)	Yhteensä (kW)	W/m <sup>2</sup>
<b>Suunnitellut huipputehot</b>	320	295	615	43,3
<b>Toteutuneet huipputehot</b>	239	219	458	32,3
<b>Erot</b>	81	76	157	11,1
	34 %	35 %	34 %	34 %

Mitoitus on todellisia huipputehoja suurempi noin 34 %:lla. Kun huomioidaan tehojen nousuun varautuminen yleisen käytännön mukaan 30 %:lla, niin jää ylimitoitus 4 %:n suuruusluokkaan. Lyhyt mittausajanjakso huomioiden voidaan todeta huipputehojen pitävän paikkaansa rakennusosan 1 kohdalla.

## 5.2 Rakennusosa 2

Rakennusosasta 2 on tehty vastaavanlaiset huipputehon laskelmat, ja ne on esitelty liitteissä 1, 2 ja 3. Vastaavasti rakennusosan 1 kanssa myös rakennusosan 2 suurin huipputeho on suunnitelmien mukaan heinäkuussa. Suurimmat toteutuneet huipputehot ovat kuitenkin ajoittuneet syyskuulle. Taulukossa 9 on esitelty eri verkkojen huipputehot. Huipputehot on järjestetty kokonaishuipputehoista suurimmasta pienimpään ja vihreällä on korostettu suurinta kategorian huipputehoa.

Taulukko 9. 10 suurinta toteutunutta huipputehoarvoa rakennusosasta 2 [12].

pvm.	Toteutuneet huipputehot (kW)			
	NV	VV+UPS	Yhteensä	W/m <sup>2</sup>
23.9.2023	729	1292	2021	36,1
12.9.2023	782	955	1737	31,0
13.9.2023	772	951	1722	30,8
21.9.2023	765	944	1709	30,5
8.9.2023	814	885	1699	30,3
28.9.2023	768	917	1684	30,1
11.9.2023	777	906	1683	30,0
29.9.2023	778	902	1680	30,0
22.9.2023	782	895	1677	29,9
27.9.2023	762	891	1654	29,5

Huipputehoja voidaan vertailla rakennusosien välillä neliötehojen avulla. Rakennusosan 2 neliötehot ovat suuremmat kuin rakennusosan 1. Tämä näkyy myös huipputeholaskelmissa. Voidaan myös todeta suunnitelmien pitävän paikkaansa tämän osalta. Taulukossa 10 on tarkastelua huipputeholaskelmien paikkansäilyvyyttä.

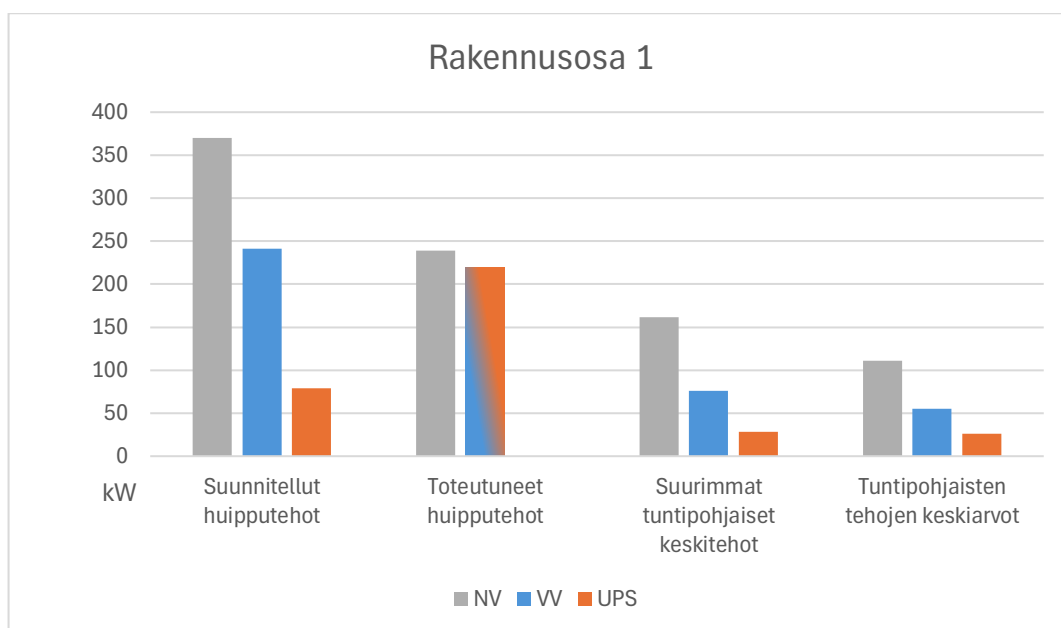
Taulukko 10. Toteutuneiden ja suunniteltujen huipputehojen erot rakennusosassa 2 [11, 12].

Rakennusosa 2	NV (kW)	VV+UPS (kW)	Yhteensä (kW)	W/m <sup>2</sup>
<b>Suunnitellut huipputehot</b>	1400	1450	2850	50,9
<b>Toteutuneet huipputehot</b>	814	1292	2106	37,6
<b>Erot</b>	586	158	744	13,3
	72 %	12 %	35 %	35 %

Tarkastellessa varmennetun verkon huipputehoja ja kokonaishuipputehoja voidaan todeta suunnitelmien pitävän paikkansa myös toteutuneen huipputehon kohdalla. Normaalin verkon kohdalla ylimitoitusta näyttäisi näiden mittaustulosten pohjalta olevan, vaikka otettaisiin huipputehojen 30 %:n nousuun varautuminen huomioon. Kuitenkin lyhyen mittausajanjakson perusteella ei vielä voida varmuudella todeta, tulevatko huipputehot yltämään suunniteltuihin huipputehoihin jossain vaiheessa sairaalan toimintaa. Kuitenkin tämänhetkisinä tiedoina normaalin verkon osalta ylimitoitusta on havaittavissa huomioiden tehonnousuun varautumisen noin 42 %.

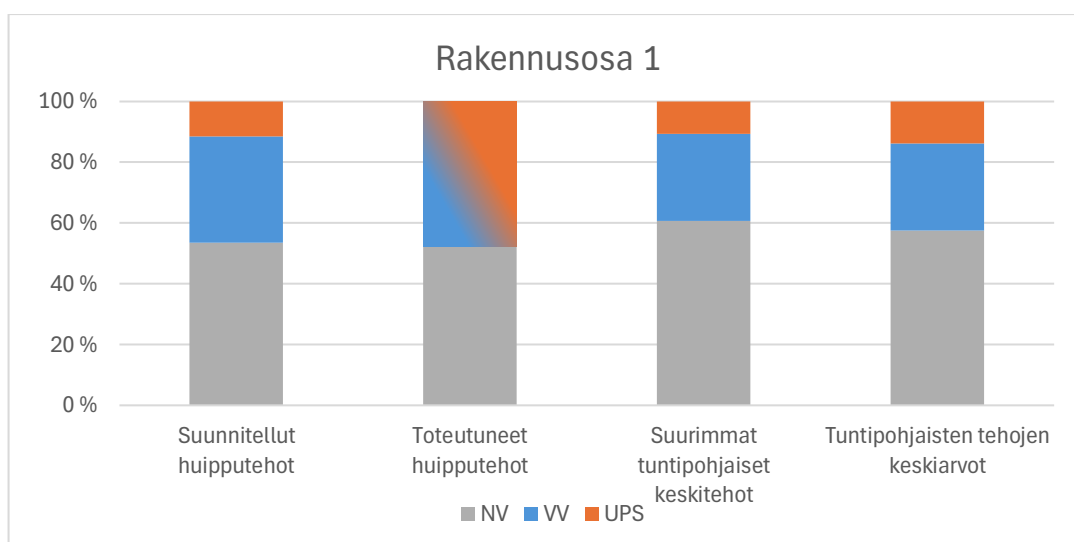
### 5.3 Tehojen jakaantuminen

Rakennuksesta 1 on saatavilla koko rakennusosaa koskevat tuntikulutukset kokonaisuudessaan, kun taas rakennusosasta 2 on saatavilla vain B-lohkon kulutustiedot. Tuntikulutuksesta saadaan suoraan tuntipohjainen keskiteho. Käytetään rakennusosan 1 tuntipohjaisia keskitehoja tarkastelussa. Näitä tietoja voidaan suoraan verrata huipputehotietoihin. Kuvassa 10 esitellään eri tehojen suuruuksia. Suuret erot huipputehojen ja tuntipohjaisten keskitehojen välillä johtuvat mittausjakson pitkästä ajasta, sillä huipputehot ovat vain hetkellisiä huippuarvoja.



Kuva 10. Rakennusosan 1 tehojen jakautuminen eri verkkojen välillä.

Kaavion perusteella voidaan todeta huippu- ja keskitehojen jakautuvan suhteessa toisiinsa tasaisesti eri verkkojen välillä. Kuvassa 11 suhteellinen jakautuminen eri verkkojen välillä on esitetty tarkemmin prosentimuodossa. Poikkeuksena muihin UPS-verkon tuntipohjaisen keskitehon ja suurimman tehon välillä on pieni. Tästä voidaan todeta UPS-kuormien pysyvän tasaisena vuorokaudenajasta riippumatta.



Kuva 11. Rakennusosan 1 tehojen prosentuaalinen jakautuminen eri verkkojen välillä.

Kaavion perusteella voidaan todeta eri verkkojen kuormitettavuusasteen pysyvän suhteessa tasaisena, riippumatta onko kyse keski- vai huipputehosta. Normaalin verkon osuus on kuitenkin hieman suurempi keski- kuin huipputehoissa. Toteutuneiden huipputehojen suhteen täytyy kuitenkin katsoa kaikkea varmennetun verkon osuudella, koska mittausdataa ei ole eroteltu.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tuottaa selvitys sairaalarakennuksen huipputeholaskelmien paikkansapitävyydestä. Selvityksen tarkoituksena on tarkentaa huipputeholaskelmien tarkkuutta. Insinööriyön aikana tulkittiin huippu- sekä tuntipohjaisia keskitehoja, joita sairaalasta on mitattu.

Insinööriyössä vertailtiin suunniteltuja- ja toteutuneita huipputehoja keskenään. Vertailuun lisättiin myös toteutuneita tuntipohjaisia keskitehoja. Kaikista näistä tehtiin vertailua tehojen jakautumisen suhteen prosentuaalisesti eri verkkojen välille.


Insinööriyön perusteella voidaan todeta, että huipputehot on mitoitettu kyseiseen sairaalarakennukseen sopivaksi. Rakennuksen 2 normaalin verkon mitoituksessa oli kuitenkin ylimitoitusta noin 42 %. Toisaalta tarkkailuaika on ollut niin lyhyt, että tarkempaan mitoituksen arviointiin tarvitaan pidempiaikaista seurantaa.

Huipputehon mittauksia tulisi tarkastella uudemman kerran muutaman vuoden kuluttua siten, että myös UPS-verkon huipputehot olisi mitattu sekä erotettu varavoimaverkosta. Tällöin saataisiin tarkempia ja luetettavampia tietoja huipputehojen mitoituksen suhteen. Pidempi mittausajanjakso takaisi mittaustuloksia kesän kuukausilta, jolloin varsinaisen huipputehon on arvioitu tapahtuvaksi.

## Lähteet

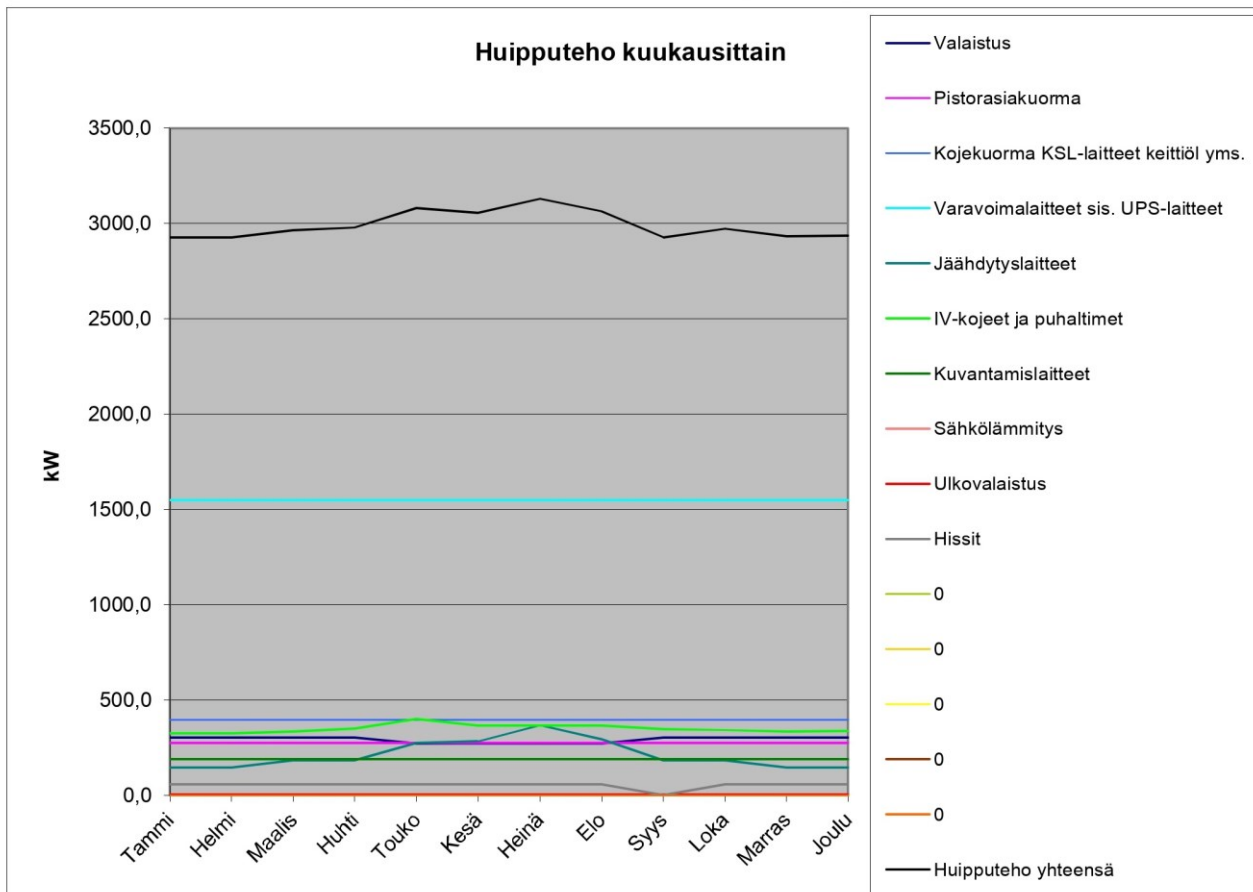
- 1 SFS 6000-7-710:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Suomen Standarditoimistoliitto.
- 2 Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. 2023. ST 51.79. Espoo: Sähkötieto ry.
- 3 Lindström, Ralf. 2024. Laatu- ja kehitysjohtaja, Granlund Oy, Lohja. Puhe-linkeskustelu 27.3.2024.
- 4 Hakanen, Petri (toim.). 2005. Varmennetut sähköjärjestelmät. ST-käsikirja 20. Espoo: Sähkötieto ry.
- 5 Hakanen, Petri (toim.). 2019. Varavoimakoneet ja -laitokset. ST-käsikirja 31. 4., uudistettu painos. Espoo: Sähkötieto ry.
- 6 Dieselgeneraattorit sisätiloihin. Verkoaineisto. kW-set. <<https://www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/avokoneet/>>. Luettu 22.4.2024.
- 7 UPS-laitteet ja -järjestelmät. 2010. ST 52.35.01. Espoo: Sähkötieto ry.
- 8 UPS-laitteella varmennetun sähköjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. 2010. ST 52.35.02. Espoo: Sähkötieto ry.
- 9 Leskelä, Mikko. 2018. Asetinlaitteiden virransyöttö sähköratajärjestelmästä. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 10 Rakennusten sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2021. ST 13.31. Espoo: Sähkötieto ry.
- 11 Sairaalan huipputeholaskenta. Yrityksen sisäinen aineisto. Granlund Oy.
- 12 Sairaalan mitatut huipputehot. Yrityksen sisäinen aineisto.

## Rakennusosan 2 normaalijakelun tehonkäyttölaskelma

 <b>KOHDE</b> Tilaaaja: Kiinteistö: Rakennusosa: Pinta-ala:                    56000                    brm <sup>2</sup>	<b>NORMAALIJAKELUN TEHONKÄYTTÖLASKELMA</b>	<b>Liite: Sivu:</b>
	Yritys:                    Granlund Oy Henkilö: Pvm.: Projekti numero:	


## ARVIOTU TEHO

Kuormitusryhmä	Liittymisteho				Cos φ	Tasois- kerroin	Huipputeho			
	kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>			kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>
Valaistus	336	48	339	6	0,99	0,9	302	43	305	5
Pistorasiakuorma	2744	1 329	3 049	49	0,90	0,1	274	133	305	5
Kojekuorma KSL-laitteet keittiöl yms.	793	384	881	14	0,90	0,5	397	192	441	7
Varavoimalaitteet sis. UPS-laitteet	6110		6 110	109	1,00	0,3	1 550		1 550	28
Jäähdytyslaitteet	525	173	553	9	0,95	0,7	368	121	387	7
IV-kojeet ja puhaltimet	402	132	423	7	0,95	1,0	402	132	423	7
Kuvantamislaitteet	951	461	1 057	17	0,90	0,2	190	92	211	3
Sähkölämmitys	5		5	0	1,00	0,8	4		4	0
Ulkovalaistus	5	1	5	0	0,99	0,9	5	1	5	0
Hissit	115	38	121	2	0,95	0,5	58	19	61	1
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
Kompensointi								-600		
<b>Yhteensä</b>	<b>11990</b>	<b>2560</b>	<b>12540</b>	<b>214</b>			<b>3550</b>	<b>130</b>	<b>3550</b>	<b>63</b>
Ristiintasoituskerroin (hetkellinen)							0,9			
<b>Suurin huipputeho</b>	<b>11990</b>	<b>2560</b>	<b>12540</b>	<b>214</b>		<b>0,88</b>	<b>3130</b>	<b>110</b>	<b>3132</b>	<b>56</b>



## LISÄTIETOJA

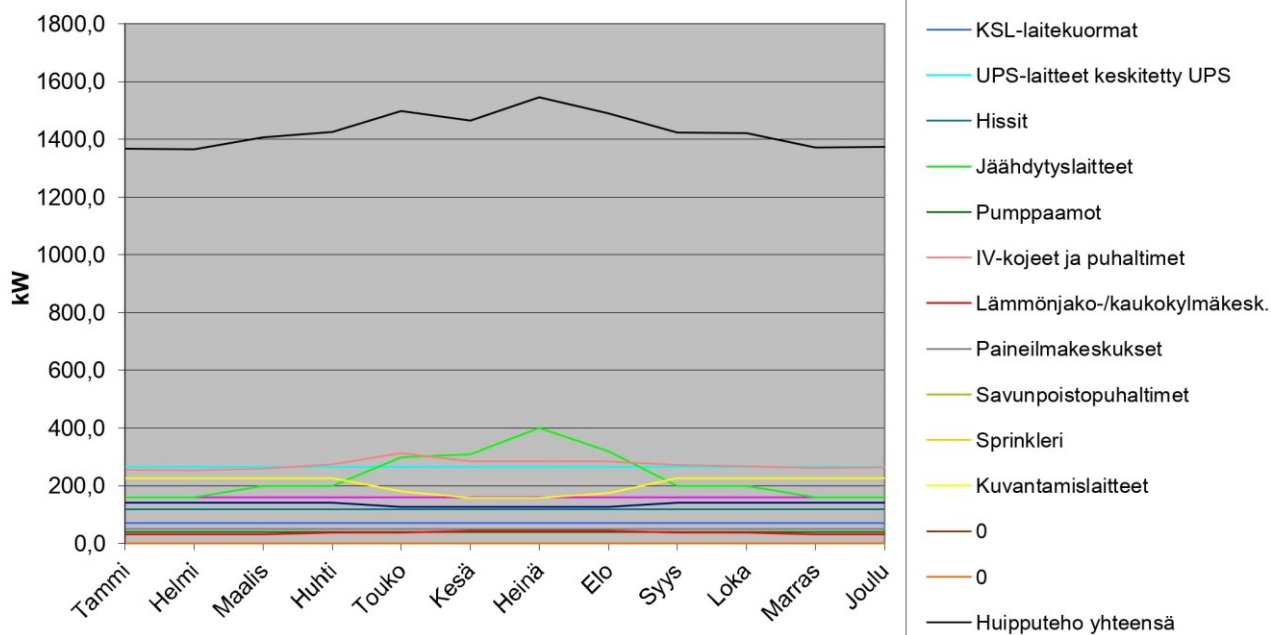
## Rakennusosan 2 varmennetun jakelun tehonkäyttölaskelma

 Granlund	<b>VARMENNETUNJAKELUN TEHONKÄYTTÖLASKELMA</b>	Liite: Sivu:
<b>KOHDE</b> Tilaaja: Kiinteistö: Rakennusosa: Pinta-ala:           56000   brm <sup>2</sup>	Yritys:                   Granlund Oy Henkilö: Pvm.: Projekti numero:	

## ARVIOTU TEHO

Kuormitusryhmä	Liittymisteho				Cos φ	Tasoitus- kerroin	Huipputeho			
	kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>			kW	kVAr	kVA	W/m <sup>2</sup>
Valaistus	157	22	158	2,8	0,99	0,9	141	20	143	3
Varavoimapistorasiat	1602	776	1 780	28,6	0,90	0,1	160	78	178	3
KSL-laitekuormat	140	68	156	2,5	0,90	0,5	70	34	78	1
UPS-laitteet keskitetty UPS	1561	222	1 577	27,9	0,99	0,2	266	38	269	5
Hissit	238	78	251	4,3	0,95	0,5	119	39	125	2
Jäähdytyslaitteet	570	187	600	10,2	0,95	0,7	399	131	420	7
Pumppaamot	50	16	53	0,9	0,95	0,8	40	13	42	1
IV-kojeet ja puhaltimet	313	103	330	5,6	0,95	1,0	313	103	330	6
Lämmönjako-/kaukokylmäkesk.	90	30	95	1,6	0,95	0,7	63	21	66	1
Paineilmakeskukset	100	33	105	1,8	0,95	0,5	50	16	53	1
Savunpoistopuhaltimet	130	43	137	2	0,95					
Sprinkleri	30	10	32	1	0,95					
Kuvantamislaitteet	1130	547	1 256	20	0,90	0,2	226	109	251	4
					1,00	1,0				
					1,00	1,0				
Kompensointi								-600		
<b>Yhteensä</b>	<b>6110</b>	<b>2140</b>	<b>6530</b>	<b>109</b>			<b>1850</b>		<b>1850</b>	<b>33</b>
Ristiintasoituskero (hetkellinen)						0,9				
<b>Suurin huipputeho</b>	<b>6110</b>	<b>2140</b>	<b>6530</b>	<b>109</b>		<b>0,84</b>	<b>1550</b>		<b>1550</b>	<b>28</b>

## Huipputeho kuukausittain



## LISÄTIETOJA

