



# **Datakeskuksen poikkeustilanneohje**

Tero Perälä

Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2014  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

TERO PERÄLÄ:  
Datakeskuksen poikkeustilanneohje

Opinnäytetyö 81 sivua, joista liitteitä 44 sivua  
Kesäkuu 2014

---

Datakeskusten rakentaminen on lisääntynyt Suomessa viime vuosien aikana sähköisen tiedon karttumisen johdosta. Datakeskusten käyttö perustuu niiden kustannustehokkuuteen ja ennen kaikkea käyttövarmuuteen. Datakeskukset koostuvatkin useista järjestelmistä, joilla pyritään takaamaan konesalien ATK-laitteiden vaatimat käyttöolosuhteet. Usein kuitenkin selkeät ohjeet puuttuvat, joiden avulla pystyttäisiin toimimaan mahdollisissa poikkeustilanteissa.

Tässä työssä kuvataan minkälaisista eri järjestelmistä datakeskukset koostuvat ja mitä laitteita ne pitävät sisällään. Työssä keskitytään pääsääntöisesti sähköjärjestelmiin ja niiden toimintaan.

Yleinen ajatustapa on, että hätätilanteen sattuessa järjestelmistä olevista eri asiakirjoista ja kaavioista pystyttäisiin selvittämään ratkaisut järjestelmän ongelmiin. Datakeskuksessa järjestelmät alkavat olemaan nykyään kuitenkin hyvin laajoja, joten ilman järjestelmien aikaisempaa tuntemusta ja ilman kunnollisia poikkeustilanneohjeita, on kiireellisissä poikkeustilanteissa hankala saada nopeasti selville miten tulisi toimia. Tämän työn päätarkoituksena on selventää, miten paljon oikealla toiminnalla ja kunnollisilla ohjeilla pystyttäisiin vaikuttamaan käyttövarmuuteen ja millaisia toimenpiteitä datakeskuksen sähköjärjestelmiin tulisi tehdä erilaisten poikkeustilanteiden aikana.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Building Services Engineering

**TERO PERÄLÄ:**

Data center malfunction guide

Bachelor's thesis 81 pages, appendices 44 pages  
August 2011

---

While there's lot more electric knowledge, especially in Finland, building of data centres has grown. Their use is based on cost- efficiency and especially on dependability. Data centres includes several systems which are order to guarantee the data center computer equipment required by the circumstances. Usually there's no clear guide anywhere to follow under malfunction situation.

This work tells about what kind of different systems data centers include and what they keep inside. Main focus of this work is in electrical systems and their performance.

The first idea is that in case of emergency, you can find solution from documents and layouts which you can find from system itself. In hurry it is hard to find any help from those documents because there's so many systems in data center nowadays.

The main goal of this work is to find out how much correct actions effects on dependability and what kind of various actions you have to do to electrical systems under malfunction situation.

---

Key words: malfunction guide, data center, electrical systems.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	DATAKESKUKSET.....	7
2.1	Datakeskuksen rakenne.....	7
2.1.1	Datakeskus .....	8
2.1.2	Konesali.....	8
2.2	Datakeskukset suomessa.....	9
3	PÄÄJÄRJESTELMÄT .....	11
3.1	Sähköjärjestelmät.....	11
3.1.1	Keskijännitekojeisto.....	11
3.1.2	Jakelumuuntaja.....	12
3.1.3	Sähköpääkeskus .....	13
3.1.4	Nousukeskus .....	14
3.1.5	Ryhmäkeskus .....	14
3.1.6	Varavoimakone .....	14
3.1.7	Staattiset UPS –laitteet.....	15
3.1.8	Dynaamiset UPS-laitteet .....	16
3.1.9	CPS-laitteet .....	17
3.2	Sähkönjakelu.....	17
3.2.1	Varmentamaton sähkönjakelu.....	18
3.2.2	Varmennettusähkönjakelu.....	18
3.3	Jäähdytysjärjestelmät .....	19
3.3.1	Vakioilmastointikoneet .....	20
3.3.2	Yhdistetty järjestelmä.....	21
3.3.3	Suoravapaajäähdytys.....	21
3.3.4	Kaukojäähdytys.....	21
3.4	Palvelinten jäähdytys .....	22
3.4.1	Kylmän ja kuuman käytävän vuorotteluperiaate.....	22
3.4.2	Palvelinkohtainen nestejäähdytys .....	23
3.5	Konesalin ATK-laitteet.....	23
4	JATKUVUUDEN HALLINTA .....	25
4.1	Jatkuvuussuunnitelma .....	25
4.1.1	Toipumissuunnitelma.....	26
5	POIKKEUSTILANTEET .....	27
5.1	Luonnosta johtuvat poikkeustilanteet .....	27
5.1.1	Ukkosmyrskyt ja pitkät vesisadejaksot .....	27

5.1.2	Kova pakkasjakso.....	28
5.1.3	Poikkeuksellinen helle .....	28
5.2	Ennaltaehkäisevät toimenpiteet .....	29
5.2.1	Jakelumuuntajien asennus ja huolto.....	29
5.2.2	Varavoimakoneen kunnossapito .....	30
5.2.3	UPS -laitteiden suunnittelu ja huolto .....	31
5.2.4	Varmennetun sähköverkon ohitus.....	31
6	POIKKUSTILANNEOHJE.....	32
6.1	Toimenpiteet poikkeustilanteissa.....	32
6.1.1	Varavoimakoneen toiminta .....	33
6.1.2	UPS-järjestelmän toiminta .....	33
6.1.3	Staattisen UPS-järjestelmän toiminta.....	34
6.1.4	Mekaaninen UPS -järjestelmä.....	34
6.1.5	CPS -järjestelmän toiminta .....	34
6.1.6	Varmennetun sähköverkon ohitus.....	34
6.1.7	Varasyötöt .....	35
6.2	Poikkeustilanneohjeen päivitys.....	35
6.3	Poikkeustilanneohjeen opastus .....	36
7	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET .....	40

## 1 JOHDANTO

Vielä jokin aika sitten, sähköpostin ja uutisten lukemista liikkueissa pidettiin vain harvojen etuoikeutena. Nykypäivänä tätä kuitenkin pidetään jo enemmänkin selviönä erilaisen verkkoon kytkettyjen viestintälaitteiden yleistymässä. Näistä viestintälaitteista tunnetuimpia ovat älypuhelimet ja tabletit, jotka ovat viimevuosien aikana yleistyneet räjähdysmäisesti. Tunnetuimpien verkkoon kytkettyjen viestintälaitteiden lisäksi verkkoon on kytkettynä tänä päivänä yhä isompi määrä erilaisia laitteita. Näistä esimerkkeinä mainittakoon televisiot, digiboksit, pelikonsolit, kamerat ja rannekellot. EMC:n tuore Digital Universe -tutkimus arvioikin sähköisen tiedon määrän kasvavan vuoteen 2020 mennessä kymmenkertaiseksi nykyisestä 4,4 biljoonasta gigatavusta 44 biljoonaan gigatavuun (emc.com, the digital universe of opportunities).

Sähköisen tiedon lisääntyminen luo painetta tiedon keräämisessä ja säilytyksessä. Sähköisten palvelujen tarjoamisen mahdollistamiseksi täytyy olla paikka, jonka avulla pystytään järjestämään sähköisen tiedon liikkuvuus ja datan kerääminen. Palvelujen luotettavuus taas perustuu käytettävyyteen, jolloin tiedonsiirrossa ei sallita juurikaan häiriöitä. Sähköistä tietoa onkin ruvettu kasaamaan suuriin datakeskuksiin, joihin pyritään rakentamaan yhä parempia varavoima- ja suojausjärjestelmiä sähkökatkosten ja muiden häiriöiden välttämiseksi. Tiedon kerääminen yhteen paikkaan luo kuitenkin yhä enemmän painetta järjestelmien suojauksen varmuuteen, koska yksikin ongelma voi aiheuttaa usean palvelun kaatumisen ja suuren tietomäärän menetyksen.

Varavoimajärjestelmät alkavat olemaan tänä päivänä kehittyneitä ja toimintavarmoja, joten poikkeustilanteet ovat yhä harvinaisempia. Samalla kun järjestelmät ovat kehittyneet, niin niistä on tullut kuitenkin huomattavasti monimutkaisempia. Pienet ongelmat pystytään usein hoitamaan automatiikan avulla ja muissa tilanteissa usein luotetaan järjestelmistä oleviin dokumentteihin. Helposti unohdetaan kuitenkin, että kriittisissä poikkeustilanteissa on yleensä hyvin vähän aikaa reagoida tilanteeseen. Vaikka kriittiset poikkeustilanteet ovatkin harvinaisia, on niihin varautuminen kuitenkin ensisijaisen tärkeää. Järjestelmistä olevat dokumentit ja kaaviot ovat hyvin monimutkaisia, joten tiedon löytäminen kiiretilanteissa on hankalaa. Poikkeustilanteiden varalle tulisikin laatia selkeä ja yksinkertainen ohje, joiden mukaan pystyttäisiin toimimaan poikkeustilanteen sattuessa.

## 2 DATAKESKUKSET

Yritysten perinteinen tapa on ollut kerätä kaikki data omaan palvelinhuoneeseen, jolloin datan sijaintipaikka, laitteistonlaatu ja tietoturva ovat olleet tarkasti tiedossa. Palvelinhuoneen ylläpitäminen kuitenkin vaatii yritykseltä runsaasti sisäistä osaamista, jolloin kustannustehokkuus kärsii. Yrityksen omat palvelinhuoneet eivät välttämättä ole myöskään paras mahdollinen ratkaisu toiminnan ylläpitämisen kannalta, koska yksittäisissä palvelinhuoneissa ei useimmiten ole kovin hyvin varauduttu sähkökatkoksiin ja muihin häiriöihin. Lisäksi ATK -laitteiden käyttöikä on suhteellisen lyhyt, laitteesta riippuen n. 3-5 vuotta, joten laitteistoa on uusittava tasaisin välein. Tästä johtuen palveluita on alettu ulkoistamaan ja siirtämään yritysten omista palvelinhuoneista palvelutoimittajien konesaliyksiköihin. (datasafe.fi, kouvola nopeasti ja varmasti verkkoon)

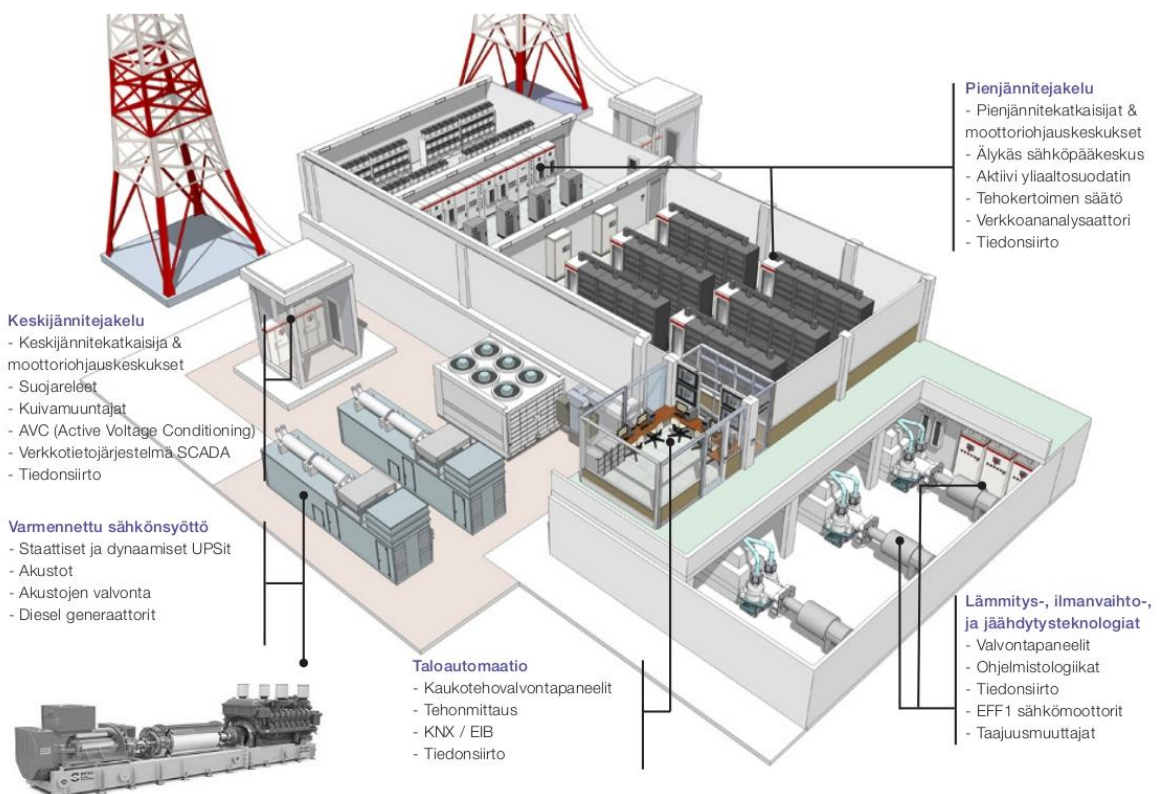
Sähköisen tiedon määrä on kasvanut huomattavasti viiemvuosien aikana. Näin ollen suuret kansainväliset yhtiöt, jotka tarvitsevat suuria tietomääriä toiminnansa ylläpitämisessä, ovat ruvenneet rakentamaan omia suuria datakeskuksia myös Suomeen. Näistä tunnetuin Suomessa taitaa olla Haminaan rakennettu Googlen datakeskus, joka työllistää noin 90 henkilöä. Myös venäjän hakukoneyhtiö Yandex on rakentamassa datakeskusta Mäntsälää. (google.com, Haminan palvelinkeskus)

### 2.1 Datakeskuksen rakenne

Aikaisemmin datakeskuksista ei ole ollut saatavilla kovinkaan paljon tietoa, koska datakeskukset sisältävät suuren määrän arvokasta informaatiota ja ei ole haluttu paljastaa missä ja miten tätä informaatiota säilytetään. Viimevuosien aikana lisääntyneen konesalirakentamisen johdosta, myös niistä saatava tieto on lisääntynyt huomattavasti. Asiasta keskusteltaessa tai luettaessa kuitenkin huomaa, että asioista käytettävä termistö ei ole kovin vakiintunutta. Yleensä jo tiloja tarkasteltaessa huomaa, että niistä käytetään eri nimityksiä. Luvussa 2.1 on käyty läpi datakeskuksen rakenne ja yleinen alaan liittyvä termistö sekä käsitteet.

### 2.1.1 Datakeskus

Datakeskuksesta puhuttaessa monesti tarkoitetaan konesalia, johon liitetään muut järjestelmät, kuten vara- ja suojausjärjestelmät. Tämä on kuitenkin hiukan harhaanjohtavaa, sillä vara- ja suojausjärjestelmät sijaitsevat erillään konesaleista omissa tiloissa, kuten valvomotkin. Datakeskuksesta puhuttaessa tulisi hahmottaa, että puhutaan keskuksesta, joka koostuu teknisistä tiloista, valvomoista ja konesaleista.



KUVA 1. Datakeskus (abb.fi, ABB tuotteet, sovellukset ja palvelut kriittiselle sähköverkolle)

### 2.1.2 Konesali

Datakeskuksen tiloissa, joissa sijaitsee ATK -laitteet, kuten palvelimet, tallennusjärjestelmät ja tietoliikennelaitteet, käytetään yleensä nimitystä konesali tai laitetila. Tässä työssä tilasta on käytetty nimitystä konesali, koska sen yhdistetään helpommin datakeskuksiin toisin kuin laitetilan, joka voidaan yhdistää helposti pienempiin palvelinhuoneisiin tai teknisiin tiloihin.

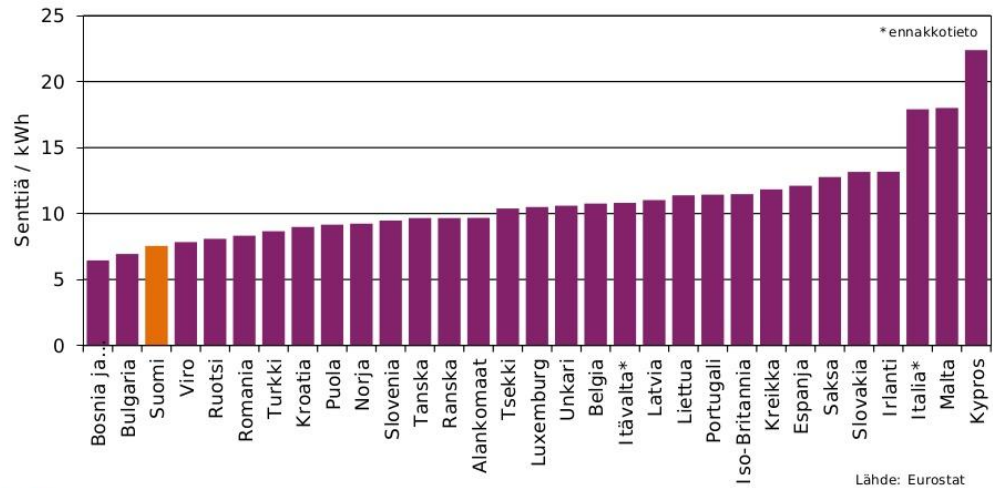


## 2.2 Datakeskukset suomessa

Datakeskukset tarvitsevat vakaat olosuhteet, jatkuvaa valvontaa ja hyvät suojausjärjestelmät, jotta konesalien toimilaitteet toimisivat luotettavasti. Suomella on hyvät edellytykset täyttää hyvin nämä vaatimukset, koska maantieteellisen sijaintinsa ansiosta tämä on vakaata aluetta ilmaston ja geologian puolesta. Lisäksi Suomi on poliittisesti rauhallinen valtio ja täällä on riittävästi teknistä osaamista. Sähkön hinta on myös suhteessa alhainen verrattaessa muihin EU -maihin (KUVA 2). Myös konesalien sähköveron alennuksesta on tehty päätös ja kokonaisteholtaan yli 5 MW konesalit kuuluvat 1.4.2014 alkaen veroluokan II mukaiseen verotukseen, mikäli niiden yritykset harjoittavat tietopalvelutoimintaa, tietojenkäsittelyä, palvelintilan vuokrausta ja siihen liittyviä palveluja pääasiallisena elinkeinotoimintanaan. (Motiva, energiatehokas konesali)

Suomen ilmasto sopii myös hyvin konesalien jäädytykseen, koska kylmän ilmaston ansiosta vapaajäähdytystä voi käyttää puolet vuodesta. Lisäksi vesistöt tukevat vapaajäähdytystä, sillä niitä on riittävästi vapaajäähdytyksen sekä vesijäädytyksen käyttöön. Näistä seikoista johtuen suomeen on jo nyt rantautumassa suuria kansainvälisiä yrityksiä kuten esimerkiksi Microsoft, joka on ilmoittanut rakennuttavansa datakeskuksen Kajaaniin tai Ouluun. Microsoftin datakeskus olisi tarkoitus palvella koko eurooppaa ja se tulisi työllistämään yli sata työntekijää. (Motiva Oy, energiatehokas konesali)

Teollisuussähkön verollinen kokonaishinta  
(kulutus 500-2000 MWh vuodessa)  
1. puolivuotiskausi 2012



KUVA 2. Sähkön kansainvälinen hintatilasto (energia.fi, sähkön kansainvälinen hintatilasto, 1. puolivuotiskausi 2012)

### **3 PÄÄJÄRJESTELMÄT**

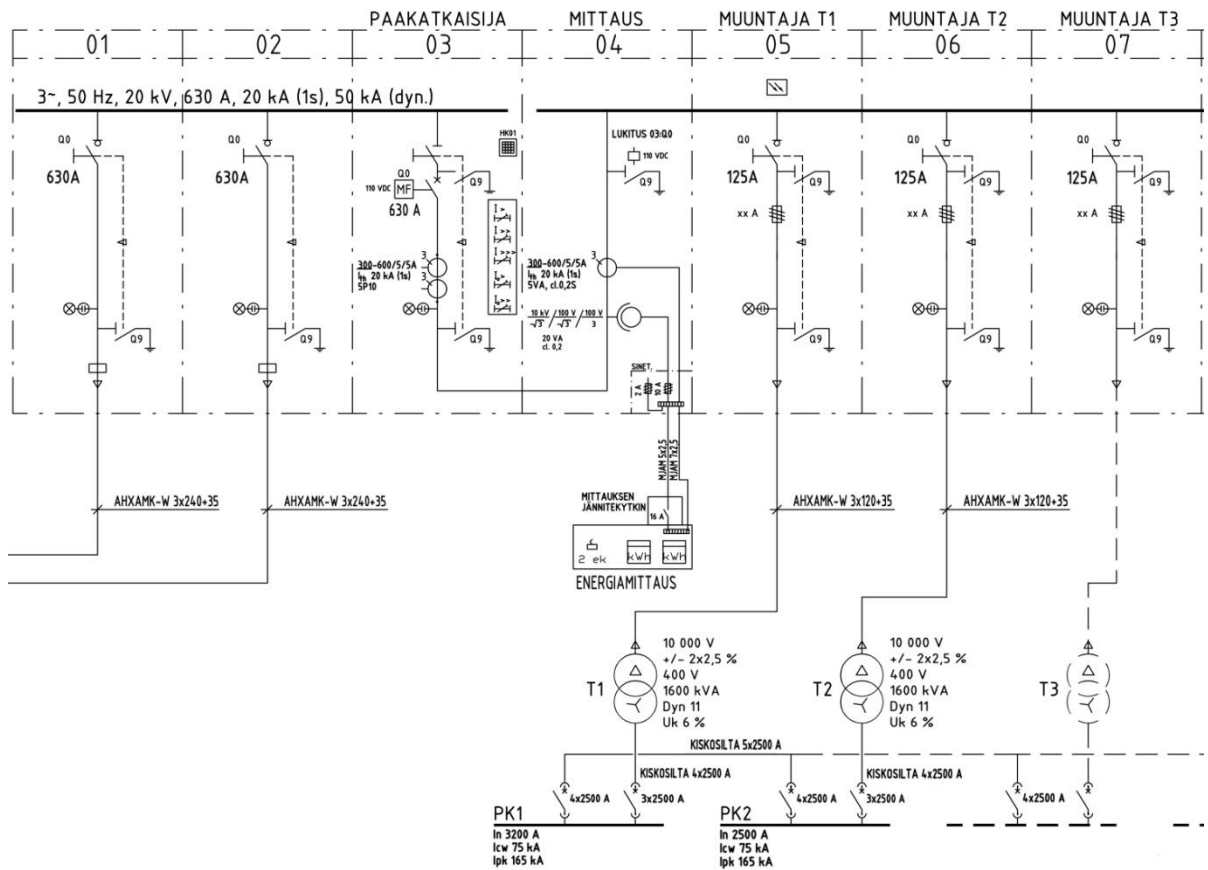
Datakeskuksien toiminnan kannalta tärkeimmät pääjärjestelmät ovat sähkönsyöttö sekä jäähdytys. Kummassakaan järjestelmässä ei sallita toimintahäiriöitä, joten on äärimmäisen tärkeää, että ne toimivat luotettavasti ja katkoitta kaikissa olosuhteissa. Mahdollisten katkojen minimoiminen on myös taloudellisesti järkevää, sillä katkojen aiheuttamat kustannukset ovat yleensä hyvin suuria.

#### **3.1 Sähköjärjestelmät**

Tärkeimmät sähköjärjestelmät datakeskuksessa sähkönjakelun kannalta ovat keskijännitekojeisto, jakelumuuntajat, sähköpääkeskukset ja sen alakeskukset. Näillä hallitaan kiinteistön ja sen eri alueiden sähkösaantia. Lisäksi datakeskuksissa sähkösaanti on varmistettu varavoimajärjestelmillä, kuten varavoimakoneella ja UPS -laitteilla. Näillä pyritään varmistamaan jäähdytyslaitteiden ja konesalien palvelinlaitteiden jatkuva sähkösaanti.

##### **3.1.1 Keskijännitekojeisto**

Keskijännitekojeisto on osa kiinteistön jakeluverkkoa, ja se koostuu muuntajista ja kojeistoista. Sillä voidaan hallita jakeluverkon eri osia muuntamalla jännitettä, katkaisemalla sähkönsyöttö jakeluverkosta tai keskittämällä se verkon eri osiin. Kojestot koostuvat kytkin-, suoja-, ohjaus- tai valvontalaitteista, joita ovat mm. katkaisijat, erottimet, mittamuuntajat ja kennotermiinaalit. Lisäksi kojeistot koostuvat kokoojakiskostoista, jotka yhdistävät kojeiston vaiheet yksittäisten kennojen välillä. (Riku Vierikko, keskijännitekojeistoprojektin hallinta)

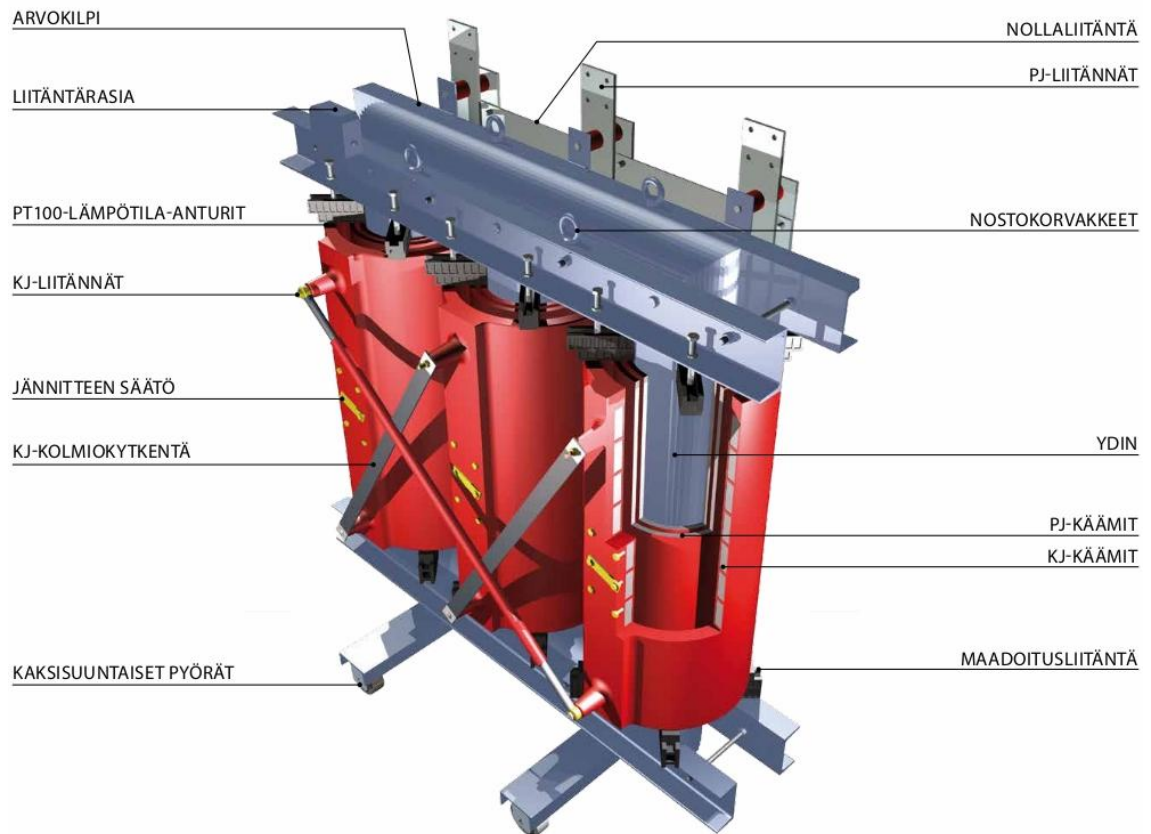


KUVA 3. Keskijännitekojeisto (kentät 01-07)

### 3.1.2 Jakelumuuntaja

Jakelumuuntajia käytetään valtakunnansähköverkon kolmivaihevaihtojännitteen muuttamiseen alhaisemmalle jännitetasolle niin, että se on käyttökohteen kannalta sopivalla tasolla. Niitä on erityyppisiä ja ne eroavat rakenteellisesti toisistaan. Useimmissa jakelumuuntajissa on öljyeristys ja -jäähdytys, mutta saatavilla on myös kuivamuuntajia. Öljyeristeisistä muuntajista yleisemmin käytetty on paisuntasäiliöllä varustettu jakelumuuntaja, jossa ilman ja öljyn välinen kosketuspinta on pieni. Tällaisissa muuntajissa öljyyn imeytynyt neste kerääntyy sen ulkoisen paisuntasäiliön pohjalle, mistä se voidaan poistaa tarvittaessa. Muita öljyeristeisiä muuntajia ovat hermeettisesti suljetut muuntajat ja pylväsmuuntajat. Hermeettisetmuuntajat ovat nimensä mukaisesti kaasutiiviitä, joten niissä ei ole paisuntasäiliötä ollenkaan. Pylväsmuuntajissa paisuntasäiliö on rakennettu muuntajan sisälle. (Sari Puranen, jakelumuuntajien diagnostiikka)

Kuivamuuntajia ovat valuhartsiset jakelumuuntajat. Nämä muuntajat soveltuvat käytettäväksi paikkoihin, joissa öljyeristeiset muuntajat aiheuttaisivat saastumis- tai palovaa-  
ran. Valuhartsiset jakelumuuntajat soveltuvatkin hyvin käytettäväksi datakeskuksiin, koska edellämainittujen ominaisuuksien lisäksi niiden huollon tarve on vähäistä ja ne ovat pienikokoisia. (finnelectric.fi, TMC – Valuhartsieristeiset jakelumuuntajat)



KUVA 4. Valuhartsisen muuntajan rakennekuva (EL.PI. CAST-RESIN, valuhartsimuuntajat)

### 3.1.3 Sähköpääkeskus

Sähköpääkeskus on nimensä mukaisesti kiinteistön pääkeskus ja se on sijoitettu omaan tai sille varattuun yhteiseen tekniseen tilaan. Pääkeskuksessa sijaitsee yleensä pääsulakkeet, kilowattituntimittari ja pääkytkin. Riippuen onko kiinteistössä keskijänniteliitämä, erottaa pääkeskuksen pääkytkin kiinteistön valtakunnan verkosta. Lisäksi pääkeskuksessa on lähtöjä alakeskuksille, kuten esimerkiksi nousu- ja ryhmäkeskuksille.

### **3.1.4 Nousukeskus**

Nousukeskus on pääkeskuksen ja ryhmäkeskuksen välissä oleva jakokeskus, jolla hallitaan kiinteistön tietyn osan sähkönjakelua. Esimerkiksi korkeissa rakennuksissa, joissa on useampi kerros, toteutetaan sähkönsyöttö yleensä asentamalla jokaiseen kerrokseen oma nousukeskus. Tällöin kerroksen sähköistys pystytään keskittämään yhteen isompaan keskukseen, jolloin yleensä eri kerroksessa olevalta pääkeskukselta ei tarvitse tuoda kuin yksi isompi kaapeli nousukeskukselle ko. kerroksen ryhmäkeskuksien liittämiseksi. Datakeskuksissa ei yleensä käytetä nousukeskuksia, koska ne ovat yleensä yksi kerroksisia. Tällöin sähköistys toteutetaan yhden tai useamman pääkeskuksen avulla.

Datakeskuksissa ei tulisi koskaan käyttää nousukeskuksia UPS varmistetun pääkeskuksen jälkeen. Tällöin joudutaan pääkeskukseen asentamaan isommat sulakkeen, jolloin joudutaan ongelmiin suojauksen selektiivisyyden kanssa. Mikäli datakeskuksessa on tarvetta nousukeskukselle, tulee UPS-varmennus toteuttaa nousukeskuksessa.

### **3.1.5 Ryhmäkeskus**

Ryhmäkeskus on alakeskus, josta jaetaan sähköt tietyille ryhmille tai alueille. Konesaliin ryhmäkeskukset sijaitsevat yleensä konesalissa ja niitä on kahdenlaisia: varmistettuja tai varmistamattomia (kts. s. 17-18). Ryhmäkeskukset koostuvat suurimmaksi osaksi pienlähdeistä, kuten yksittäisten laitteiden, valaistuksen ja pistorasioiden lähdeistä.

### **3.1.6 Varavoimakone**

Varavoimakonetta käytetään turvaamaan sähkönsaanti tilanteissa, joissa valtakunnan sähköverkon sähkönsyöttö on katkennut. Yleisempiä varavoimakoneita ovat koneet, joissa käytetään voimanlähteinä suoraruiskutteisia ja monisynterisiä dieselmootoreita. Dieselmootorilla varustetuissa varavoimakoneissa moottorin mekaaninen pyörimisliike muutetaan sähköenergiaksi generaattorin avulla. Tästä tuleekin dieselmootorilla varustetun varavoimakoneista käytettävä nimitys dieselgeneraattori. (Janne Torri, varavoimakoneiden vikaantumisen ja luotettavuuden parantaminen)

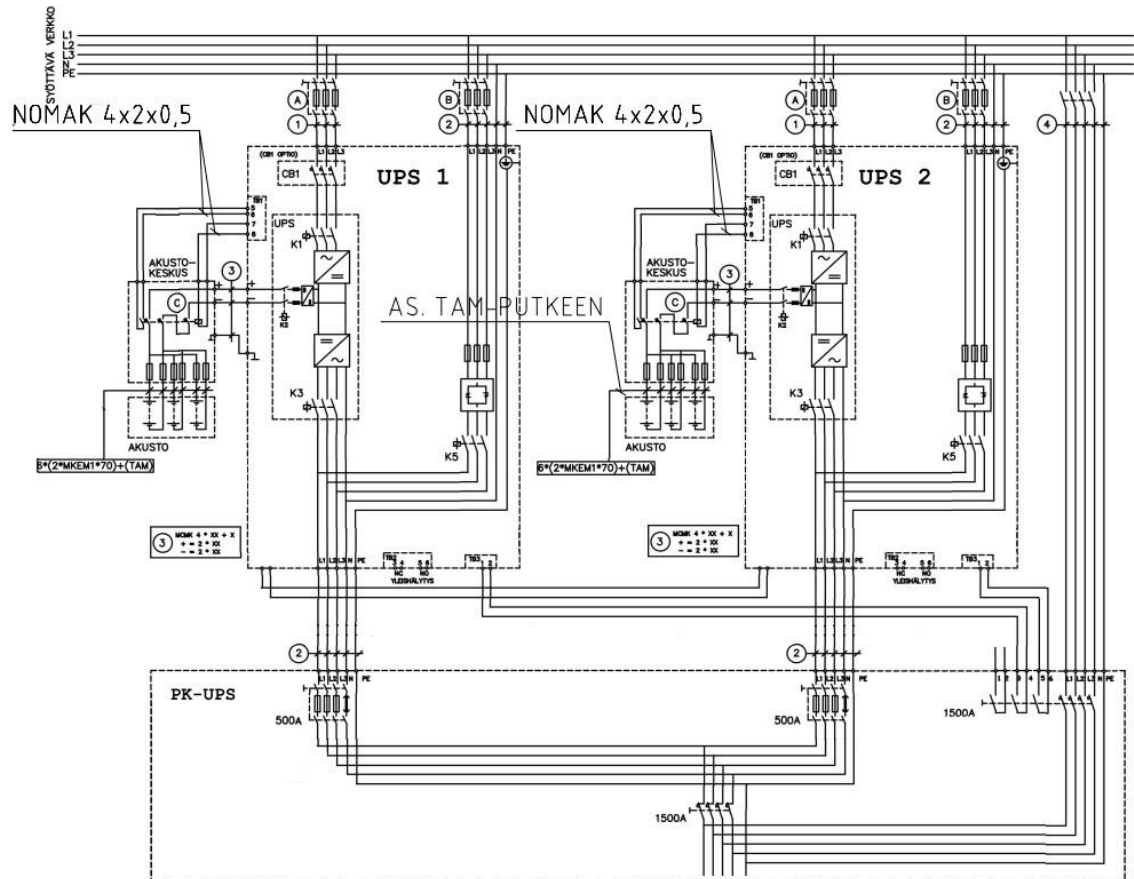
### 3.1.7 Staattiset UPS –laitteet

UPS-laitteella pyritään varmistamaan tärkeiden järjestelmien sähkönsaanti, joissa ei sallita katkoksia tai ne voivat olla vain hyvin lyhyitä. Lisäksi sillä pyritään varmistamaan näiden häiriötön sähkösyöttö poistamalla tulojännitteestä laatupoikkeamia. UPS-laitteistoa ei kuitenkaan ole tarkoitettu varavoimajärjestelmäksi pitkienkatkosten varalle, koska se pystyy syöttämään sähköä vain hyvin lyhyen aikaa.

Staattisia UPS-laitteita on erityyppisiä kuten Off-Line UPS (Stand-by), Line interactive offline UPS, On-Line UPS (Double Conversion). Ne koostuvat akuista, ohituskytkimistä ja tavallisesti myös tasa- ja vaihtosuuntaajasta. Datakeskuksissa käytetään pääsääntöisesti On-line UPS-järjestelmää, koska siinä ei tapahdu minkäänlaista katkosta siirryttäessä akkusyötölle. Lisäksi sillä pystytään takaamaan kriittisten laitteiden häiriötön sähkönsaanti, koska siinä siihen tulevan tulojännitteen sekä syöttävän sähköverkon jännitteen ja taajuuden vaihtelut eivät vaikuta lähtöjännitteeseen. (coromatic.fi, UPS opas)

Normaalitilanteessa On-line UPS-järjestelmässä sille tuleva sähkö muunnetaan tasasuuntaajalla tasasähköksi, jolloin mahdollistetaan akkujen lataus. Tämän jälkeen tasasähkö muunnetaan takaisin vaihtosähköksi vaihtosuuntaajan avulla, joka puolestaan johdetaan tärkeille järjestelmille. Poikkeustilanteessa, jolloin normaaliverkko on katkennut, UPS-laitteisto syöttää tärkeille järjestelmille sähköä akustojen avulla. Nämä akustot sijaitsevat yleensä omassa eristetyssä tilassa, jolloin akustojen vioittuminen ei aiheuta vaaraa muille järjestelmille. (Ari Leppänen, kattilalaitoksen varavoimajärjestelmä)

UPS-järjestelmän on mahdollista toteuttaa myös moduuliratkaisuna, jossa se voidaan koota kahdesta tai useammasta moduulista. Tässä ratkaisussa on mahdollista poistaa tai lisätä moduuleja, kun järjestelmä on käynnissä, ilman että tarvitsisi tehdä UPS-järjestelmän ohitusta. Tämä siis mahdollistaa rikkoutuneen moduulin poistamisen ilman että kytkentätyö aiheuttaisi vaaraa kriittiselle kuormalle, mikä lisää järjestelmän käyttövarmuutta entisestään. (coromatic.fi, UPS opas)



KUVA 5. On-line UPS-järjestelmän johdotuskaavio.

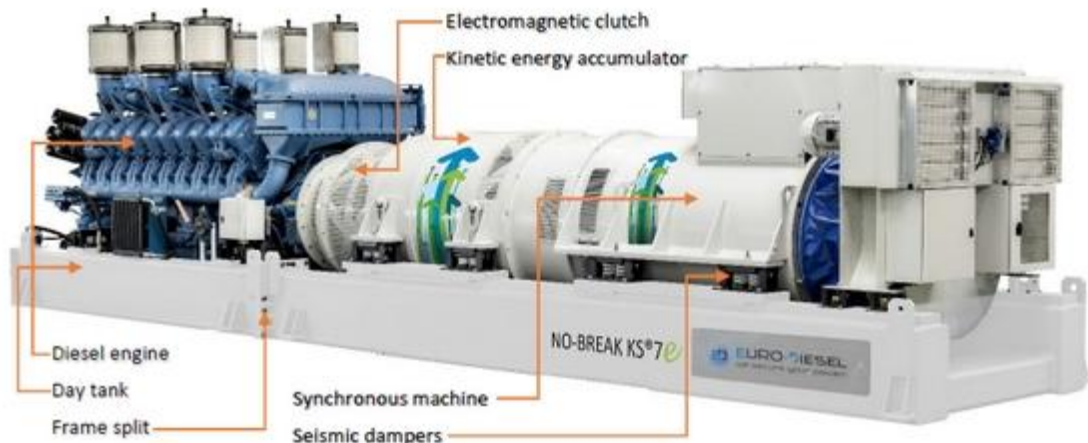
### 3.1.8 Dynaamiset UPS-laitteet

Dynaamisia UPS-laitteita löytyy useita eri ratkaisumalleja, mutta perusratkaisu on kuitenkin samalle akselille kytketyn moottorin ja generaattorin yhdistelmä. Sähkömoottori saa syöttönsä sähköverkosta, jolloin se pyörittää generaattoria. Generaattori liike-energiasta tuottama sähkö johdetaan puolestaan tärkeille järjestelmille. Moottorin ja generaattorin välisessä akselistossa on lisäksi myös huimamassa, joka pyörii moottorin mukana. Sähköverkon katketessa huimamassa jatkaa pyörimistä, jolloin myös generaattorin pyöriminen jatkuu ja sähkön tuotto jatkuu katkoitta. (Ari Leppänen, kattilalaitoksen varavoimajärjestelmä; witraktor.fi, varavoima)



### 3.1.9 CPS-laitteet

CPS-laite on dieselmoottorin, generaattorin ja huimamassan yhdistelmä. Sen toimintaperiaate on sama kuin dynaamisessa UPS-laitteistossa, mutta siinä dieselmoottori ei ole käytössä normaalissa tilanteessa. Normaalissa tilanteessa generaattori pyörii sähköverkosta saatavan sähkön avulla, jolloin myös huimamassa pyörii generaattorin akselin mukana. Poikkeustilanteessa, jolloin sähköverkko on katkennut, huimamassa jatkaa pyörimistään laitteesta riippuen 1-15 sekunnin ajan. Tänä aikana dieselmoottori käynnistyy ja rupeaa pyörittämään generaattoria, jolloin sähköntuotto jatkuu katkoitta. (kwset.fi, varavoimakoneet ja DRUPS\*-laitteistot)



KUVA 6. CPS-laite (euro-diesel.com, the next generation diesel rotary UPS system by Euro-Diesel)

### 3.2 Sähkönjakelu

Datakeskuksen sähkönjakelu voi koostua suurjännitejakelusta, keskijännitejakelusta ja pienjännitejakelusta. Sähkönjakelu datakeskuksissa on jaettu yleensä pää- tai nousukeskuksella vielä varmentamattomaan ja varmennettuun osaan, jolla pyritään varmistamaan eri järjestelmien sähkönsaanti myös poikkeustilanteissa.

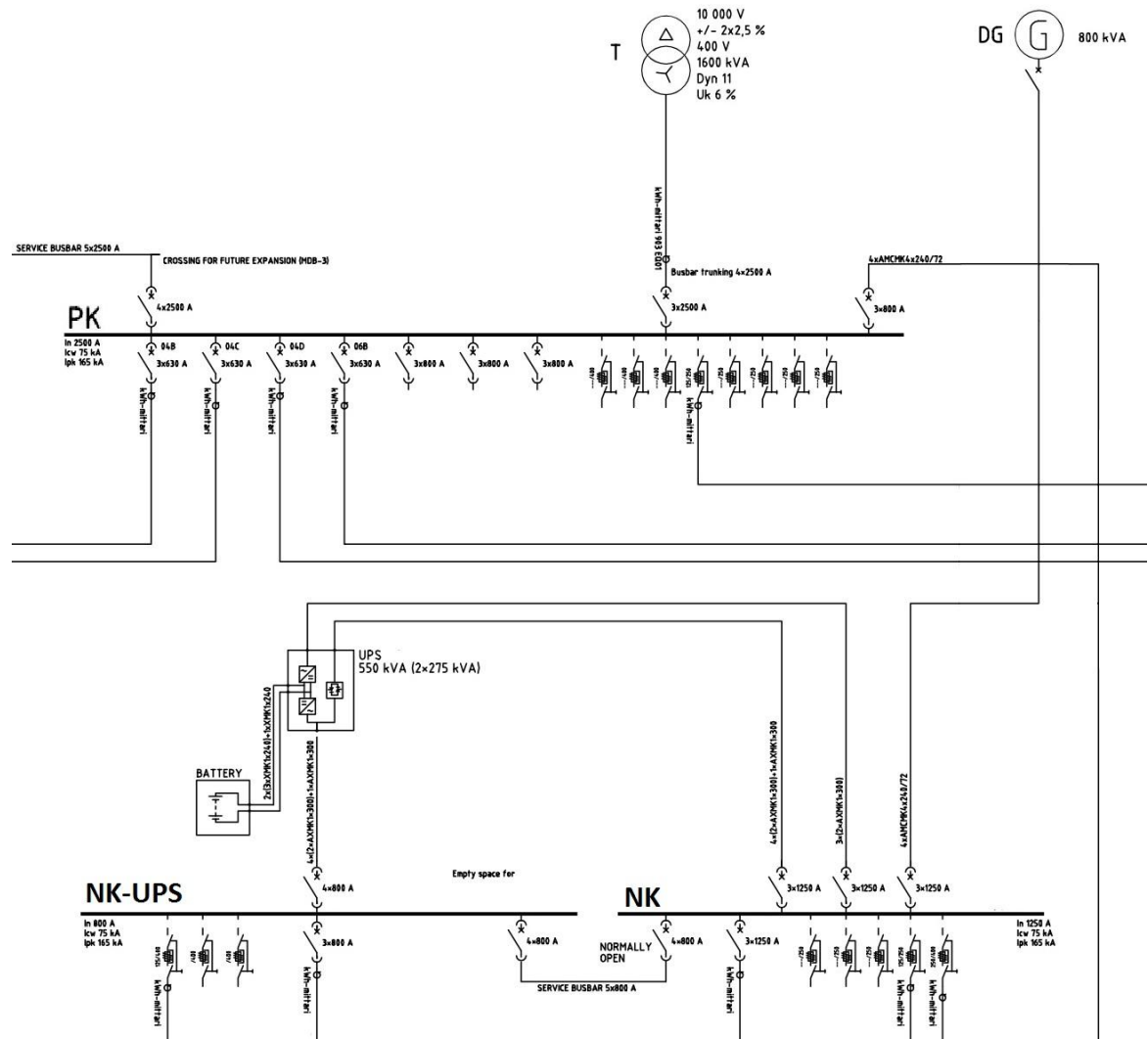
### **3.2.1 Varmentamaton sähköjakelu.**

Laitteet, jotka saavat syöttönsä varmentamattomasta osasta, ovat vikatilanteen sattuessa eniten alttiina katkoksille, koska varmentamattoman osan sähkönsyöttö tulee suoraan muuntajalta pääkeskukselle, josta se on jaettu alakeskuksille kuten nousu- ja ryhmäkeskuksille. Tästä johtuen näistä ryhmäkeskuksista otetaan syöttö vähemmän tärkeille ryhmille, kuten valaistukselle siivouspistorasioille jne. Isoimmissa datakeskuksissa, joissa on käytössä useampi pääkeskus, yleensä sähkönsyöttö on toteutettu kahdella tai useammalla muuntajalla. Tällöin jokaiselle pääkeskukselle tulee syöttö omalta muuntajalta. Täten varmistetaan, että yhden muuntajan sähkökatko ei aiheuta toimintahäiriötä konesalien palvelinlaitteissa.

### **3.2.2 Varmennettusähköjakelu.**

Varmennetulla sähköjakelulla pyritään nimensä mukaisesti varmistamaan tärkeiden järjestelmien toiminta myös sähkökatkokkien aikana. Sille tulee syöttö normaalitilanteessa UPS -laitteistojen kautta, jotka sijaitsevat pää- tai nousukeskuksen varmentamattoman ja varmennetun osan välissä. Normaalisessa käyttötilanteessa UPS -laitteisto huolehtii varmennetun verkon sähkön laadusta estämällä yleisessä verkossa esiintyvien laatu- ja jännitehäiriöiden pääsyn varmistettuun sähköjakeluun. Poikkeustilanteissa sen tehtävä on pitää varmennetun osan järjestelmiä yllä varavoimakoneen käynnistymisen ajan. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

Varavoimakone normaalissa käyttötilanteessa tunnustelee varmentamattoman keskusosan jännitettä. Poikkeustilanteessa, jossa varmentamattoman keskusosan jännite on katkennut, varavoimakone käynnistyy automaattisesti, jolloin varavoimakoneen ohjauslogiikka ohjaa verkkokatkaisijan auki ja generaattorikatkaisijan kiinni. Tämän jälkeen se toimii UPS:n verkkopuolen syöttönä, siihen asti kunnes sähköverkko palautuu normaaliin tilaan. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)



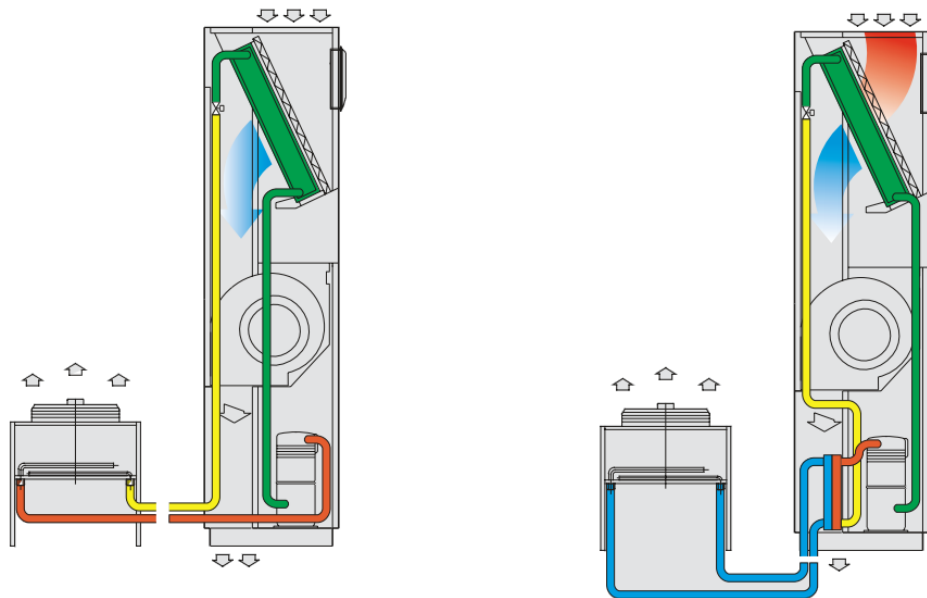
KUVA 7. Varmennetunsähköjälkelun toteutus nousukeskuksessa.

### 3.3 Jäähdytysjärjestelmät

Datakeskuksilla jäähdytyksellä on laitteiston toimivuuden kannalta iso merkitys, koska konesalien palvelinlaitteet tuottavat runsaasti lämpöä. Konesaleissa ei tarvita erillistä lämmitysjärjestelmää, koska niitä on jäähdytettävä ympäri vuoden. Yleisin datakeskuksissa käytetty jäähdytysjärjestelmä on vapaajäähdytykseen sekä kompressoriteknikkaan perustuvan jäähdytyslaitteiston yhdistetty järjestelmä. Muita datakeskuksissa käytettäviä jäähdytysjärjestelmiä on mm. suoravapaaäähditys, kaukojäähdytys ja palvelinkohtainen nestejäähdytys. (Terttu Huuhka, konesalien energiatehokkuus)

### 3.3.1 Vakioilmastointikoneet

Vakioilmastointikoneen (VIK) tehtävä on pitää tilan lämpötila ja kosteus halutuissa arvoissa. Tilan ilma kierrätetään koneen läpi ja käyttötarpeen mukaan se kosteuttaa tai jälkilämmittää konetta. Ilman suhteellisen kosteuden pienentyminen tapahtuu ilman jäädyttämisen yhteydessä, koska koneen jäädytettävään pintaan kondensoituu ilmasta kosteutta. Tästä johtuen jäädyttäessä joudutaan usein ilmaa jälkikostuttamaan, jotta ilman suhteellinen kosteus pysyisi halutuissa arvoissa. Tilan ilmastointi voidaan toteuttaa ilma-, vesi- tai nestelauhdutteisella vakioilmastointikoneella ja niitä voidaan käyttää tilassa joko yhtä tai useampaa. Ne koostuvat mm. puhaltimesta, kompressorista, jälkilämmityspatterista, suodattimesta, kostuttimesta ja riippuen käytettävästä menetelmästä, joko jäädytyspatterista tai jäädytyspiiristä. Suorahöyrysteisissä koneissa jäädytys tapahtuu kylmäaineella toimivalla jäädytyspiirillä ja vesipatterillisissa puolestaan koneeseen johdetulla kylmällä vedellä. (Markus Juvonen, vakioilmastointikoneen käyttöönotto)



KUVA 8 Ilma- ja nestelauhdutteisen vakioilmastointikoneen toimintaperiaate.

(koja.fi, Amico-sarja)

### **3.3.2 Yhdistetty järjestelmä**

Yhdistetty järjestelmä on suora-höyrysteisen ja nestekiertoisen jäähdytyspiirin yhdistelmä. Nestekiertoinen jäähdytyspiiri mahdollistaa vapaajäähdytyksen. Se koostuu ulkoilman, veden tai maaperän jäähdytysvaikutuksesta, joka johdetaan vakioilmastointikoneen jäähdytyspatteriin yleensä vesi-glykoliseoksen avulla. Datakeskuksissa suora-höyrysteinen jäähdytyspiiri on osa vakioilmastointikonetta ja se koostuu kompressorista sekä höyrystimestä. Sillä on mahdollista tarpeen vaatiessa tehostaa nestekiertoisen jäähdytyspiirin jäähdytysvaikutusta. Suorahöyrystyksen jäähdytyspiirin käyttöä pyritään kuitenkin välttämään, koska se kuluttaa paljon energiaa. (Markus Juvonen, vakioilmastointikoneen käyttöönotto)

### **3.3.3 Suoravapaajäähdytys**

Suomen kylmän ilmaston ansiosta on mahdollista käyttää myös suoravapaajäähdytystä. Ulkoilman viilentyessä haluttuun rajaan, esimerkiksi 15 celsiusasteiseksi, suodatettu ulkoilma johdetaan suoraan sisälle. (Motiva Oy, energiatehokas konesali)

### **3.3.4 Kaukojäähdytys**

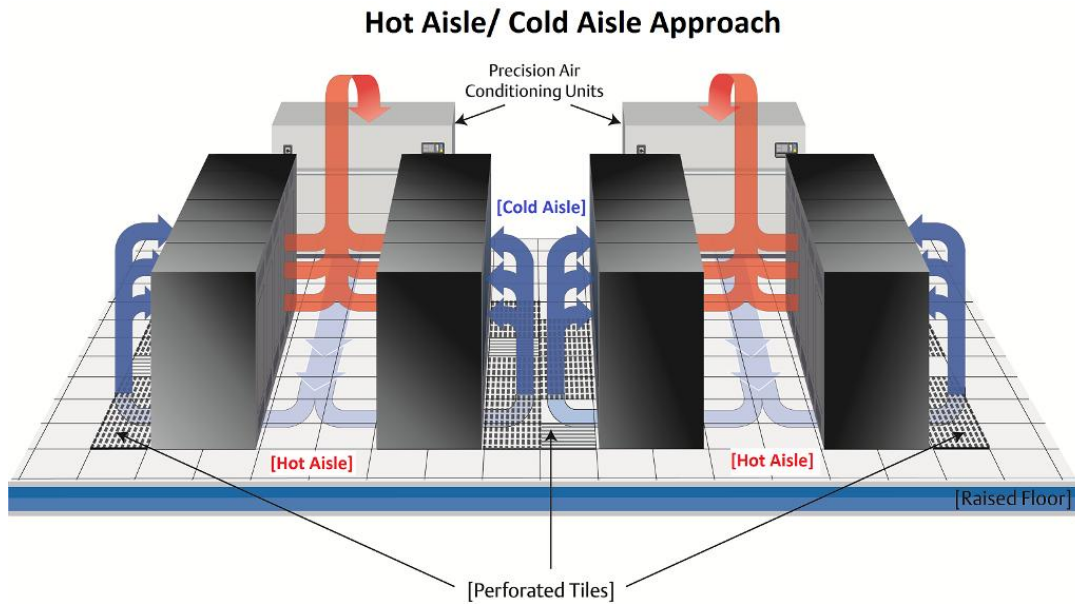
Kaukojäähdytyksessä periaate on kaukolämpöön verrattuna käänteinen. Siinä lämpöenergian sijaan energialaitokset jakavat jäähdytysenergiaa jäähdytysverkoston kautta kiinteistöihin. Kiinteistössä jäähdytysvaikutus siirretään siirtimien avulla kiinteistön jäähdytysverkostoon, josta se saadaan johdettua tarvitseville laitteille. Datakeskuksessa kaukojäähdytyksestä saatu jäähdytysvaikutus pyritään siirtämään mahdollisimman tehokkaasti vakioilmastointikoneiden jäähdytyspattereille, jolloin siitä saadaan mahdollisimman suuri hyöty.

### **3.4 Palvelinten jäähdytys**

Palvelimet tuottavat toimiessaan suuren määrän lämpöä, joten konesalit tarvitsevat runsaasti jäähdytystä. Ilmajäähdytyksessä on ollut haasteena miten jäähdytys saataisiin kohdistettua tehokkaasti suoraan palvelimiin. Jäähdytyksen tarkoitus ei ole jäähdyttää ilmaa, vaan siirtää syntynyttä kuumaa ilmaa pois ja samalla jäähdyttää komponentteja. Tämän takia jäähdytys olisi tärkeää saada kohdistettua suoraan palvelimiin, jotta jäähdytysvaikutus olisi palvelimille mahdollisimman tehokas. Ilmajäähdytyksessä on tyypillistä sijoittaa laitekaapit niin, että saadaan syntymään kylmiä ja kuumia käytäviä. Palvelinten jäähdytys on mahdollista toteuttaa myös nestejäähdytyksellä.

#### **3.4.1 Kylmän ja kuumen käytävän vuorotteluperiaate.**

Ilmajäähdytyksessä on yleistä sijoittaa laitekaapit niin, että saadaan erotettua kylmän ja kuumen ilman sekoittuminen. Näin syntyy kylmiä ja kuumia käytäviä, joilla saadaan varmistettua, että laitekaappien läpi pääsee virtaamaan jäähdytettyä ilmaa. Samalla kuuma ilma saadaan siirtymään tehokkaasti komponenteilta vakioilmastointikoneelle. Konesaliin on tapana asentaa korotettu asennuslattia, jonka alle vakioilmastointikone puhaltaa kylmän ilman. Kylmiin käytäviin asennetaan lattiaritilät, joista kylmä ilma pääsee nousemaan käytävälle, jolla laitekaappien toimilaitteet jäähdytetään. Kuuma ilma puolestaan tulee laitekaapista kuumalle käytävälle, josta se nousee tilan yläosaan. Vakioilmastointikone imee kuumen ilman ja jäähdyttää sen puhaltuen edelleen korotetun lattian alle.



KUVA 9. Kylmän ja kuumen käytävän toteutus. (SearchDataCenter.com, Hot-aisle vs. cold-aisle containment: Liebert and APC face off)

### 3.4.2 Palvelinkohtainen nestejäähdytys

Palvelinkohtaisen nestejäähdytyksen tarkoituksena on toteuttaa palvelinten jäähdytys ilmäjäähdytyksen sijaan nestejäähdytyksellä. Yksi tapa toteuttaa tämä on tuoda jäähdytinneste suoraan laitetelineeseen. Näin saadaan jäähdytys kohdistettua suoraan palvelimiin, eikä siten jäähdytetä turhaan laitetiloja. Neste on myös tehokkaampi lämmönsiirtäjä, joten se soveltuu hyvin käytettäväksi suurempiin kohteisiin, jotka ovat lämpökapasiteetiltaan tiheämpiä. Palvelinten jäähdytys on myös mahdollista toteuttaa samanaikaisesti ilma- sekä nestejäähdytyksellä. (Motiva Oy, energiatehokas konesali)

### 3.5 Konesalin ATK-laitteet

Konesalin ATK-laitteet koostuvat pääsääntöisesti erilaisista palvelimista, jotka on sijoitettu palvelintelineisiin. Palvelintelineistä tai palvelinkaapeista käytetään yleisemmin nimitystä räkki (eng. rack). Niitä on saatavilla valmiiksi puhaltimilla varustettuina, tai vesikiertoisella jäähdytyspattereilla. Palvelimien käyttöikä riippuu pitkälti niiden käyttöolosuhteista. Tämän takia onkin tärkeää, että huoneilma, johon palvelimet on sijoitettu, olisi mahdollisimman hyvin säädetty palvelimien mukaan. Palvelimet aiheuttavat

datakeskuksessa suurimman lämpökuorman, joten ne tarvitsevat myös paljon jäähdytystä. Tämä aiheuttaaakin yleensä helposti ongelmia huonelämpötilan ja kosteuden kanssa. (Jarmo Väre, atk-konesalien jäähdytys)

Erityyppisiä palvelimia ovat:

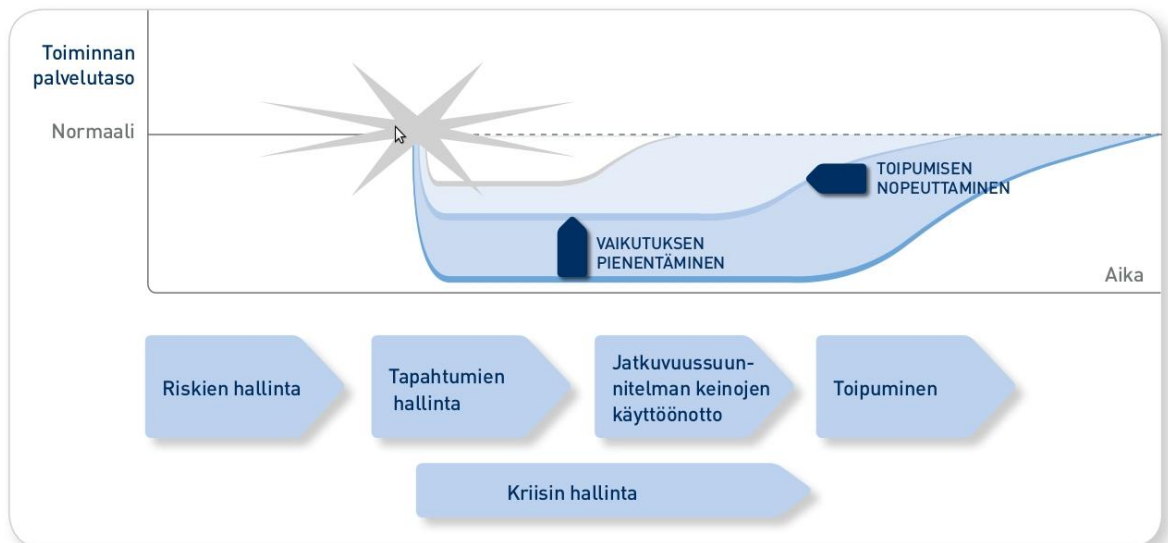
- Laskentapalvelimet
- Tietoliikennepalvelimet
- Nauhatallennus-järjestelmät
- Tietovarastopalvelimet



## 4 JATKUVUUDEN HALLINTA

Toiminnan jatkuvuuden hallinnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, jolla pyritään suunnitelmallisesti kartoittamaan ja ennakoimaan mahdolliset poikkeustilanteet sekä suojaamaan toiminta niiden varalta. Lisäksi pyritään selvittämään niihin liittyvät riskit, sekä pyritään palauttamaan toiminta poikkeustilanteiden jälkeen. Yritysten tulisi sisällyttää jatkuvuuden hallinta osaksi toimintastrategiaa, koska ilman sitä sen kyky selviytyä poikkeustilanteista on heikko, ja voi pahimmillaan johtaa toimintakyvyttömyyteen. (Pulli Ismo, katastrofinkestävän ICT-järjestelmän toteutus)

Jatkuvuuden hallinnan keskeinen osa on jatkuvuussuunnitelma, johon sisältyy myös toipumissuunnitelma. Toipumissuunnitelmaa ei kuitenkaan käsitellä tässä työssä kovin kattavasti, sillä tutkielmassa on enemmän keskitytty poikkeustilanteiden havainnointiin ja niiden ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin.



KUVA 8. Häiriöihin varautumisen ja toiminnan jatkuvuudenhallinnan osatekijät. (huoltovarmuus.fi, toiminnan on aina jatkuttava)

### 4.1 Jatkuvuussuunnitelma

Jatkuvuussuunnitelmalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla pyritään turvaamaan kriittisten ja tärkeimpien toimintojen jatkuvuus poikkeustilanteiden aikana. Näistä toimenpiteistä tulisi laatia myös kattava ohjeistus, jonka avulla toimenpiteet tulisi olla helppo

suorittaa poikkeustilanteen aikana. Jatkuvuussuunnitelmaan kuuluu osana myös toipumissuunnitelma, joka sisältää ohjeistuksen poikkeustilanteista toipumiseen.

Jatkuvuussuunnitelmia laadittaessa tulee tehdä siihen liittyvä riskien kartoitus sekä ymmärtää yrityksen ydintoimintoihinsa liittyvät keskeiset tekijät, velvoitteet ja riippuvuudet. Riskien kartoituksella pyritään tunnistamaan sisäiset ja ulkoiset riskitekijät, arvioimaan niiden todennäköisyys ja laajuus sekä vaikutukset toiminnalle. Riskien kartoituksen ja ydintoimintojen ymmärtämisen avulla pystytään selvittämään yrityksen jatkuvuussuunnitelman taso. Sitä määrittäessä tulisi vertailla riskien todennäköisyyttä, sekä välittömiä ja välillisiä kustannuksia, joita toiminnan keskeytymisestä voi syntyä. Tällaisia kustannuksia ovat esimerkiksi tulojen ja markkinaosuuksien menetykset, toiminnan palauttamisesta aiheutuvat kustannukset, maineen ja luottamuksen menettämisen vaikutukset jne. Myös toimintojen turvaaminen aiheuttaa kustannuksia, sillä mitä paremmin kriittiset ja tärkeät toiminnot turvataan, niin sitä enemmän se aiheuttaa kustannuksia. (Pulli Ismo, katastrofinkestävän ICT-järjestelmän toteutus)

#### **4.1.1 Toipumissuunnitelma**

Toipumissuunnitelmassa koostuu ohjeesta, jonka menetelmien avulla saadaan palautettua kriittisten ja tärkeimpien järjestelmien toiminta normaaliin tilaan. Ohjeistus koskee siis tilanteita, joissa pahin poikkeustilanne on päässyt jo syntymään. Ilman kunnollista toipumissuunnitelmaa on vaarana, että yritys ajautuu toimintakyvyttömyyteen. Toimintasuunnitelmaan kuuluu toipumistavoitteen määrittäminen, joka koostuu toipumispistetavoitteesta ja toipumisaikatavoitteesta.

Datakeskuksessa toipumissuunnitelma koskee lähinnä palvelimien ylösajoa. Siinä toipumispistetavoitteessa määritetään kuinka usein tiedot tulisi varmistaa. Toipumisaikatavoitteessa puolestaan määritetään missä ajassa järjestelmän tulisi palautua häiriötilanteesta tavoiteltuun tilaan. Sillä ei siis tarkoiteta välttämättä normaalia tilaa, vaan tilaa jolloin järjestelmä on käytössä siltä osin kuin yritys on sen määrittänyt. (Pulli Ismo, katastrofinkestävän ICT-järjestelmän toteutus)

## 5 POIKKEUSTILANTEET

Poikkeustilanteilla tarkoitetaan kriisejä, katastrofeja, onnettomuuksia, toimintaolosuh- teiden merkittäviä muutoksia tai häiriöitä, jotka aiheuttavat toiminnan jatkumiselle vaa- ran. Ne voivat olla luonnosta johtuvia, kuten maanjäristyksiä, tulvia, voimakkaita tuulia, pitkiä pakkas- tai hellejaksoja, mutta todennäköisemmin ne kuitenkin ovat laiterikkou- tumisia tai häiriöitä toimilaitteissa.

### 5.1 Luonnosta johtuvat poikkeustilanteet

Suuret luonnonmullistukset ovat harvinaisia Suomessa, koska Suomi on hyvin vakaata aluetta ilmaston ja geologian puolesta. Luonnosta johtuvat poikkeustilanteet eivät ole kuitenkaa mahdottomia sillä kovat tuulet, pakkaset ja helteet voivat aiheuttaa ongelmia toiminnalle myös Suomessa. Luonnosta johtuviin poikkeustilanteisiin varautuessa tulisi kiinnittää huomiota ennenkaikkea niiden yhteisvaikutukseen. Varauduttaessa luonnon aiheuttamiin poikkeustilanteisiin tulisi muistaa myös, että ne voivat aiheuttaa ongelmia toiminnalle myös välillisesti. Varsinkin valtakunnan sähköverkko on suurelta osin alt- tiina sään muutoksille, jonka viottuminen voi pahimmillaan aiheuttaa katkosia myös datakeskuksen sähkösaannissa.

#### 5.1.1 Ukkosmyrskyt ja pitkät vesisadejaksot

Kova tuuli ei itsessään aiheuta yleensä suurta vaaraa, mutta se liitettynä voimakkaisiin kuurottaisiin sateisiin sekä ukkoseen on aina vaarallinen yhdistelmä. Tällöin paikalliset tulvat ja sähkökatkokset ovat mahdollisia, jotka voivat aiheuttaa ongelmia useimmissa järjestelmissä. Tällöin myös lisäävunsaanti voi olla hankalaa, sillä kulkureitit ovat voi- neet katketa tai apua ei välttämättä ole saatavilla tarpeeksi.

Datakeskuksessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota poikkeuksellisten vesisadejaksojen aikana konesalien ilmankosteuden seuraamiseen. Tällöin ilman kosteuspitoisuus on huomattavasti suurempi verrattuna normaaliin sääolosuhteisiin, joka voi vaikuttaa myös tilojen kosteuspitoisuuteen. Mikäli tilan kosteuspitoisuus on lisääntynyt, voidaan sitä

kuivattaa lisäämällä vakioilmastointikoneen jäähdytystä. Tällöin tulisi ilma myös jälkilämmittää jäähdytetty, jottei lämpötila konosalissa pääse liian alhaiseksi. Lisäksi tulisi pitää pihaympäristössä olevat sadevesijärjestelmät puhtaina lehdistä ja roskista, jottei lähialueille pääsisi syntymään vesikertymiä. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet)

### **5.1.2 Kova pakkasjakso**

Pitkäkestoinen kova pakkasjakso aiheuttaa varsinkin nestekiertoisissa jäähdytinlaitteissa jäätymisvaaran. Kovalla pakkasjaksolla kannattaa erityisen tarkasti seurata konosalien lämpötilaa sekä ilmankosteutta ennalta sovitusta mittauspaikeista. Laitteiden jäätymistä ja rikkoutumista voi välttää pienentämällä jäähdytystä mahdollisuuksien mukaan ja pitämällä lämpötila konosalissa käytönkannalta mahdollisimman korkeana. Kuitenkin niin, että ilmankierto pysyy entisellään konosalissa, koska hyvällä ilmankierrolla on helpompi hallita komponenttien lämmönvaihtelua.

Datakeskuksen sähköverkkoon ei kovalla pakkasjaksolla pitäisi olla vaikutusta, jos tekniset tilat saadaan pidettyä lämpiminä. Valtakunnan sähköverkkossa voi sen sijaan tulla sähkökatkoksia, jonka takia kannattaakin normaalia tarkemmin seurata, että varavoimakone pysyy toimintakunnossa. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet)

### **5.1.3 Poikkeuksellinen helle**

Poikkeuksellisten helteiden aikana kannattaa tarkkailla sähkö- ja jäähdytysjärjestelmien kuormitusta, sillä silloin datakeskukset käyvät usein maksimitehoilla. Helteiden aikana kannattaa yleisestikin olla tarkkana, koska jäähdytyslaitteiden sammussa on yleensä vähemmän aikaa reagoida kuin normaalisti.

Mikäli joudutaan turvautumaan helteiden aikana varavoimakoneen käyttöön, niin tulee kiinnittää erityistä huomiota myös varavoimakonetilan ilmanvaihtoon. Varavoimakone lämpee huomattavasti sitä läytettäessä, joten jos ilmanvaihdossa on ongelmia voi huoneilma nousta hyvinkin korkealle.

## 5.2 Ennaltaehkäisevät toimenpiteet

Datakeskuksen käyttövarmuus määrittyy suurimmaksi osaksi jo suunnitteluvaiheessa, jolloin määritetään varmuuden taso. Suunnitteluun tulisi kuitenkin käyttää tarpeeksi resursseja, jotta sähkö- ja jäähdytysjärjestelmät tulee suunnitelluksi huolellisesti. Näin saadaan karsittua suurin osa suunnitteluvirheistä jo suunnitteluvaiheessa.

Jatkuvalla huolellisella huollolla ja laitteistojen testauksella on myös suuri merkitys laitteiden käyttövarmuudessa. Säännöllisen vuosihuollon tarkoituksena on varmistaa laitteistojen oikea toiminta, ehkäistä ajoissa mahdolliset vikatilanteet ja luoda edellytykset laitteiston mahdollisimman pitkälle käytettävyydelle. Tässä luvussa on käsitelty toimenpiteitä tärkeimpien järjestelmien osalta, joilla pystytään välttämään niiden poikkeustilanteita.

### 5.2.1 Jakelumuuntajien asennus ja huolto

Jakelumuuntajat ovat keskeisessä osassa datakeskuksen sähkösaannissa, koska niiden rikkoutuminen aiheuttaa poikkeuksetta datakeskuksessa poikkeustilanteen. Datakeskuksissa käytetään yleensä kuivamuuntajia, joiden jäähdytys tapahtuu ilmajäähdytyksellä. Ne tulleeikin asentaa tarpeeksi tilavaan paikkaan, jossa ilmavirta pääsee jäähdyttämään jäähdytyspinnan kunnolla. Datakeskuksen muuntajat tulisi varustaa radiaalisilla jäähdytyspuhaltimilla, jotka asennetaan sen molemmille puolille. Tämä mahdollistaa muuntajan pakotetun ilmastoinnin, jolloin voidaan nimellisteho kasvattaa noin 30 prosentilla. Tästä on hyötyä esimerkiksi silloin, kun esiintyy suurta ylikuormitusta, ympäristön lämpötila on korkea tai tarvitaan varatehoa hätätilanteisiin. . (eurolaite.fi, kuibamuuntajien käyttö- ja huolto-ohje)

Jakelumuuntajat tulisi tarkistaa vähintään kerran vuodessa, mutta suositeltavaa olisi varsinkin datakeskuksien muuntajat tarkistaa puolivuositain. Huoltoja suorittaessa tulee ehdottomasti muistaa, että muuntajat tulee olla irrotettuna verkosta. Datakeskuksissa muuntajia ei ole tarkoitettu käytettäväksi rinnakkain, koska silloin ei keskuksien oikosulkukestoisuus ole välttämättä riittävä. Näiden huolto tulee tehdä varavoimakäyttötilanteella eli koeajolla sähkökatkoa simuloiden. Niistä tulee tarkistaa huollon yhteydessä

lämpötila-anturin toiminta, muuntajan kiinnityspulttien, suur- ja pienjännitekytkentöjen pulttien ja käämien pulttien kiristykset. Lisäksi on myös erittäin tärkeää pitää käämit puhtaina poistamalla kerääntynyt pöly liinalla tai kuivalla ilmalla. (eurolaite.fi, kuibamuuntajien käyttö- ja huolto-ohje)

### **5.2.2 Varavoimakoneen kunnossapito**

Varavoimakoneiden huoltoon ja kunnossapitoon on hyvä kiinnittää erityisesti huomiota, koska ne ovat viimeinen keino millä pystytään pitämään toimintaa yllä pitkien sähkökatkokkien aikana. UPS -laitteet eivät pysty syöttämään toiminnan jatkuvuuden kannalta tärkeille järjestelmille sähköä kovin kauan, joten varavoimakoneen on tarpeen vaatiessa oltava käytössä hyvin nopeasti.

Varavoimakone tulisi laitteiston huolto-ohjeiden mukaan huoltaa vähintään kerran vuodessa ja koeajettava vähintään kerran kuukaudessa. Koeajolla on suuri merkitys yläpidon kannalta, koska varavoimakoneet ovat suurimman osan ajasta käyttämättä. Koeajossa voiteluöljy pääsee kiertämään koneessa ja estää korroosion syntymisen ja sylinteriputkien kuivumisen. Sen huolto perustuu jatkuvaan käynnistys- ja käyntivalmiuden ylläpitämiseen, joten huoltojen ja koeajojen hoitamatta jättäminen johtaa helposti laitteiston kunnan ja luotettavuuden romahtamiseen.

Datakeskuksissa tulisi varavoimakoneisiin asentaa esivoitelupumppu, joka kierrättää varavoimakoneessa voiteluöljyä. Lisäksi siihen olisi hyvä asentaa myös esilämmityslaitte, jolla varmistetaan varavoimakoneen käynnistyminen tilanteessa jolloin sen ympäröivä lämpötila on alle nollan. Koeajot tulisi myös tehdä kuormitettuna, koska vaarana on dieselgeneraattorien nokeentuminen käytettäessä alle ¼ tehoja. Mikäli tämä ei ole mahdollista tulisi varavoimakonetta käyttää ainakin kerran vuodessa täydellä teholla. (medi-fast-tekniikka.fi, varavoimakoneiden vikaantuminen)

### 5.2.3 UPS -laitteiden suunnittelu ja huolto

UPS -laitteet mahdollistavat kriittisten kuorman syöttämisen katkoitta sähkökatkosten aikana ja ovat takuu häiriöttömälle sähkösaannille. UPS -laitteissa voi kuitenkin piillä vaara toiminnan jatkuvuuden kannalta, jos UPS -laittejärjestelmät on huonosti suunniteltu. Pahimmillaan jo yhden laitteen täydellinen rikkoutuminen voi hetkellisesti aiheuttaa katkoksen varmennetussa verkossa. Tämän takia UPS -laittejärjestelmien suunnitteluun olisi hyvä panostaa kunnolla ja koetastata järjestelmä huolellisesti ennen käyttöönottoa. Huolellisella suunnittelulla ja testauksella pystytään minimoimaan yllättäviä katkoksia.

UPS-laitteiden huolto on mahdollista toteuttaa huolto-ohituksella, jolla pystytään ohittamaan UPS-verkko. Tällöin esimerkiksi vikaantunut UPS-laite voidaan irrottaa verkosta ilman, kytkentätyö aiheuttaisi vaaraa kriittiselle kuormalle. Jotta huolto-ohitus pystytään toteuttamaan täysin katkoitta, UPS -laite täytyy siirtää ensin käsin staattiselle ohitukselle. Tämän jälkeen on mahdollista ohittaa UPS-laite ohituskatkaisijaa kääntämällä.

UPS -laitteiden itse huolto riippuu käytettävästä järjestelmästä. Lisäksi ne ovat valmistaja- ja tyyppikohtaisesti erilaisia, joten niiden huollot tulee suorittaa tapauskohtaisesti kunkin UPS -laitteen ja käyttökohteen ominaisuudet huomioon ottaen.

Datakeskuksissa UPS-laitteiden akustot olisi hyvä rakentaa avotelineille, koska ne ovat yleensä isot. Näin helpotetaan myös akkujen huoltamista, koska avotelineissä akuille on huomattavasti helpompi tehdä mittauksia toisin kuin akkukaapeissa.

### 5.2.4 Varmennetun sähköverkon ohitus

Pääkeskuksen varmennetussa osassa olisi hyvä olla varmennetun ja verkkosyötön välille automaattinen syötönvaihto. Tällöin pystytään varmennetun verkon syötön puutuessa vaihtamaan automaattisesti normaaliverkon syötölle, jolloin saadaan varmistettua LVI -laitteiden nopea sähkösaanti. Katkon aiheuttajia voivat olla esimerkiksi UPS -laitteiden vikaantumiset.

## 6 POIKKUSTILANNEOHJE

Poikkeustilanne ohje kuuluu yleensä viimeisimpiin dokumentteihin mitä uuteen kohteeseen tehdään. Tämän takia se jää helposti tekemättä, koska usein oletetaan, että kohteesta olevista järjestelmien asiakirjoista ja kaavioista löytyy jo tarvittavat tiedot. Tämä on kuitenkin väärä ajattelutapa, sillä vaikka järjestelmien asiakirjoista tai kaavioista olisikin saatavilla tarvittavat tiedot, niin ne ovat usein vaikeasti löydettävissä.

Datakeskukset koostuvat useista eri järjestelmistä, joista osa on hyvin laajoja. Monet asiakirjat ja kaaviot ovat hyvin yksityiskohtaisia, ja sisältävät paljon tietoa. Esimerkiksi nousujohtokaavioista on varsinkin kiireessä vaikea saada järjestelmän toimintaperiaatetta täysin selville ilman, että tuntee järjestelmän kunnolla ennestään. Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi huoltomies menee UPS -laitteen häiriötilanteessa tekemään käsikäytöllä UPS -laitteiston huolto-ohituksen ilman, että ymmärtää sen tapahtuvan katkon kautta.

Tämän takia varsinkin datakeskuksista tulisi aina löytyä yksinkertainen ohje, jossa kerrotaan selkeästi mitä toimenpiteitä tulee kussakin poikkeustilanteessa tehdä. Näin varmistetaan että järjestelmiä tullaan käyttämään oikein ja tehokkaasti myös poikkeustilanteissa. Usein ei ole järkevää sijoittaa suuria summia varavoimajärjestelmiin, jos niitä ei osata tarpeenvaatiessa käyttää oikein.

### 6.1 Toimenpiteet poikkeustilanteissa

Varavoimajärjestelmät pystyvät yleensä toimimaan automaattisesti pienimuotoisten poikkeustilanteiden aikana. Ne eivät kuitenkaan pysty poistamaan itse ongelmaa, joka poikkeustilanteen on aiheuttanut. Tämän takia tulisikin löytyä aina kohteesta henkilö, joka osaa toimia eri järjestelmien kanssa. Tämän henkilön tulisi osata tarpeen vaatiessa osata toimia poikkeustilanteissa, mikäli ne edellyttävät ulkopuolisia toimenpiteitä.

Poikkeustilanteiden aikana tehtäviä toimenpiteitä ei saisi koskaan sekoittaa huoltotoimenpiteisiin, koska nämä eroavat joidenkin järjestelmien osalta suuresti. Väärässä tilanteessa tehty huolto-ohitusta voi seurata koko järjestelmän lamaantuminen.



Tässä luvussa on käsitelty erijärjestelmien toimintaa poikkeustilanteessa sekä toimenpiteitä, joita niiden aikana tulisi tehdä.

### **6.1.1 Varavoimakoneen toiminta**

Normaalissa käyttötilanteessa varavoimakone tunnustelee varmentamattoman keskusosan jännitettä. Mikäli varmentamattoman keskusosan jännite puuttuu, varavoimakone käynnistyy automaattisesti, jolloin varavoimakoneen ohjauslogiikka ohjaa verkkokatkaisijan auki ja generaattorikatkaisijan kiinni. Tämän jälkeen varavoimakone toimii UPS:n verkkopuolen syöttönä, siihen asti kunnes verkko palautuu.

Palautuminen normaaliin käyttötilaan tapahtuu UPS:n verkkopuolella katkoitta, jolloin verkon palaututtua, varavoimakone tahdistuu asetetun viiveen kuluttua verkon kanssa. Tämän jälkeen ohjauslogiikka ohjaa verkkokatkaisijan kiinni ja generaattorikatkaisijan auki, jolloin varavoimakone sammuu säädetyn jälkikäyntiajan jälkeen.

Mikäli varavoimakone tai -koneet eivät käynnisty suunnitellussa ajassa, ja UPS -laitteet eivät kykene pitämään enää järjestelmää yllä, on tällöin kyseessä jo kriittinen häiriötilanne. Tällöin tulisi välittömästi käydä katsomassa häiriöhälytyksiä ja tilannetta, sekä tehdä tarvittaessa käsikäynnistys. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.1.2 UPS-järjestelmän toiminta**

Normaalissa käyttötilanteessa UPS-laitteet saavat verkkosyöttönsä pääkeskuksien varmentamattomasta osasta. Tällöin UPS -laitteisto huolehtii varmennetun verkon sähkön laadusta estämällä yleisessä verkossa esiintyvien laatu-poikkeamien pääsyn varmistettuun sähkönjakeluun. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.1.3 Staattisen UPS-järjestelmän toiminta**

Staattisella ohituksella pyritään vikatilanteen sattuessa siirtämään automaattisesti tai käsikäytöllä kriittisen kuorman syöttäminen katkoitta varasyötölle, jolloin kuorma siirtyy akuilta verkkosyötölle. Näin saadaan aikaiseksi kriittisen kuorman syöttämiseksi tarvittava varasyöttölinja.

UPS-laitteen moduulin rikkoutuessa se yleensä irrottautuu automaattisesti jakeluverkosta ja laitteisto jatkaa toimintaa normaalitilassa, jos se ei ylikuormitu. Mikäli moduuleja rikkoutuu useampi, niin vaihtaa UPS-laitteisto automaattisesti staattiselle ohitukselle. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.1.4 Mekaaninen UPS -järjestelmä**

Mikäli mekaaniseen UPS -laitteeseen tulee vikaa, on se mahdollista ohittaa käsikäyttöisesti UPS -laitteessa olevalla ohituskatkaisijalla. Ohitus tehdään silloin, kun UPS on staattisessa ohitustilanteessa, jolloin vältetään varmennetun verkon sähkökatko. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.1.5 CPS -järjestelmän toiminta**

Verkon ja varavoimakoneen syötön puuttuessa varmennetuille keskusosille tulee syöttö UPS:n energialähteenä toimivista huimamassoista tasa- ja vaihtosuuntaajapiirien kautta. Varakäyntiaika on 15s / 1000 kVA, jonka kuluessa varavoimakoneen tulee kytkeytyä syöttämään varmennettua verkkoa. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.1.6 Varmennetun sähköverkon ohitus**

Varmennetun sähköverkon puuttuessa on mahdollista syöttö ottaa väliaikaisesti normaalin verkon puolelta, mikäli normaalin verkon syöttö on kunnossa. Verkon välinen vaihto

tapahtuu yleensä automaattisesti automaattisella syötönvaihdolla, jolloin automatiikka vaihtaa varmennetun verkon puuttuessa syötön automaattisesti normaaliverkon syötölle. Syötönvaihdossa on kuitenkin huomioitava, että se tapahtuu aina katkon kautta. Vaikka datakeskuksissa on ensisijaisen tärkeää välttää katkosten syntymistä, on tässä tapauksessa se suotavaa, koska varmennetun verkon puuttuessa on yleensä katkos päässyt jo muutoinkin syntymään. Syötönvaihdolla pyritäänkin saada varmistettua LVI -laitteiden nopea sähkönsaanti, jolloin pystytään välttämään ATK -laitteiden rikkoutuminen konesaleissa.

Varmennetunverkon syötön palauduttua syötönvaihtoautomatiikka vaihtaa automaattisesti viiveen jälkeen katkonkautta takaisin varmennetunverkon syötölle. Tämä tulee myös ottaa huomioon ATK -laitteiden ylösajossa konesalin sähkökatkon jälkeen. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.1.7 Varasyötöt**

Mikäli datakeskuksessa on useampi pääkeskus, joita syöttää eri muuntajat, on tällöin mahdollista poikkeustilanteissa jakaa syöttö pääkeskuksien kesken varasyötön kautta. Tässä tulisi kuitenkin vähentää pääkeskuksien kuormia, jotta yhden muuntajan kapasiteettia ei ylitetä. Nousukeskukset ovat myös varustettu mekaanisilla syötönvaihtokytkeillä, joilla saadaan poikkeustilanteissa syöttö käsin kytkettyä katkonkautta toisesta muuntamosta. Tämä mahdollistaa myös keskuksien muuntamoiden huollon, jossa on tarpeellista saada muuntamo jännitteettömäksi. (Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanneohjeet, liite 1)

### **6.2 Poikkeustilanneohjeen päivitys**

Poikkeustilanneohjetta tulisi päivittää säännöllisin välein, jotta toimenpiteet pätevät myös silloin kun järjestelmää on uusittu. Tämän takia poikkeustilanteen olisi hyvä olla osa yrityksen toimintastrategiaa. Tällöin ohjeen päivitys tulisi ajankohtaiseksi aina kuin hoidetaan yrityksen muitakin tärkeitä toiminnan kannalta tärkeitä toimenpiteitä.

### 6.3 Poikkeustilanneohjeen opastus

Poikkeustilanneohjeen tulisi hyvin yksinkertainen ja selkeä, jotta sen avulla on mahdollista toimia järjestelmien kanssa ilman että sitä täysin tuntee ennestään. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ei tarvitsisi kouluttaa henkilöä, joka vastaa viimekädessä laitteiden toimivuudesta. Jotta poikkeustilanneohjeesta saadaan kaikki hyöty irti, tulisi sen käyttöön opastaa ainakin kaksi henkilöä, jotka ensisijaisesti vastaavat toimenpiteiden suorittamisesta. Tämä opastus tulisi suorittaa kyseisille henkilöille vähintään kerran vuodessa. Näin varmistetaan oikeiden toimenpiteiden toteutuminen myös käytännössä, sekä varmistetaan että ohjeisiin tulleet päivitykset ovat kaikkien tarvitsevien henkilöiden tiedossa.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, minkälaisilla toimenpiteillä olisi mahdollista vaikuttaa datakeskuksen toimintavarmuuteen ja millaisilla menetelmillä on mahdollisuus pitää toiminnan jatkuvuus yllä myös poikkeustilanteissa. Pyrkimys oli tuoda esille poikkeustilanneohjeen tärkeys ja miten sen menetelmät eroaa esimerkiksi huolto-ohjeesta.

Tämän tutkielman suurimpana haasteena oli tiedon saannin hankaluus. Datakeskukset on vielä varsin uusi ala, joka on vasta viimevuosina ruvennut yleistymään. Lisäksi datakeskuksista ei juurikaan haluta edelleenkään jakaa tietoa varsinkaan konesalien käyttäjien taholta, koska harva haluaa paljastaa miten ja missä ne säilyttävät tärkeitä tietojaan. Sain kuitenkin kerättyä työhön tietoa varsinkin varavoimajärjestelmistä melko kattavasti ja näiden tietojen pohjalta pystyin selvittämään kuinka todellisuudessa järjestelmät toimivat.

Poikkeustilanneohjeen laadinta riippuu suurimmaksi osaksi käyttäjän intresseistä sen laadintaan, koska sitä ei suoranaisesti vaadita lainsäädännössä. Tämän takia järjestelmää toteuttavien eri tahojen tulisikin painottaa poikkeustilanneohjeen laadintaa, jotta sen tärkeys sisäistettäisiin. Lisäksi tulisi painottaa, että sen tulisi olla osa toimintastrategiaa, jotta sitä säännöllisesti päivitetäisiin ajantasalle.

## LÄHTEET

- The digital universe of opportunities. 2014. emc.com. Luettu 4.6.2014  
<http://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-2014.pdf>
- DataSafe. 2012. Kouvolasta nopeasti ja varmasti verkkoon. Luettu 26.5.2014.  
<http://www.datasafe.fi/2012/04/kouvolasta-nopeasti-ja-varmasti-verkkoon/>
- Google. 2014. Haminan palvelinkeskus. Luettu 26.5.2014.  
<http://www.google.com/intl/fi/about/datacenters/locations/hamina/index.html>
- ABB. 2010. ABB tuotteet, sovellukset ja palvelut kriittiselle sähköverkolle. Luettu 25.5.2014.  
[https://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb251.nsf/0/f78d8a78a96e25f9c12576ef0029dbce/\\$file/Energiatehokas+atk-konesali.pdf](https://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb251.nsf/0/f78d8a78a96e25f9c12576ef0029dbce/$file/Energiatehokas+atk-konesali.pdf)
- Energiatehokas konesali. 2011. Motiva.fi. Luettu 25.5.2014.  
[http://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas\\_konesali.pdf](http://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas_konesali.pdf)
- Energiateollisuus. 2012. Sähkön kansainvälinen hintatilasto, 1. puolivuotiskausi 2012. Luettu 18.5.2014. <http://www.slideshare.net/energiateollisuus/shkn-kansainvlinen-hintatilasto>
- Vierikko, R. 2013. Keski-jännitekojeistoprojektin hallinta. Luettu. 21.5.2014.  
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57996/Keskijannitekojeistoprojektin%20hallinta.pdf?sequence=1>
- Puranen, S. 2012. Jakelumuuntajien diagnostiikka. Luettu 21.5.2014.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52466/puranen\\_sari.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52466/puranen_sari.pdf?sequence=1)
- Finn electric. 2014. TMC – Valuhartsieristeiset jakelumuuntajat . Luettu 22.5.2014.  
<http://www.finnelectric.fi/valmistajat-paamiehet/keskijannitemuuntajat/>
- Valuhartsimuuntajat. 2014. Eurolaite.fi. Luettu 22.5.2014.  
<http://www.eurolaite.fi/file/el-pi-cast-resin-esite-suomeksi-eurolaite-logolla-1.pdf>
- Torri, J. 2008. Varavoimakoneiden vikaantuminen ja luotettavuuden parantaminen. Luettu 29.5.2014.  
[http://www.medifast-tekniikka.fi/artikkelit/Varavoimakoneiden\\_vikaantuminen.pdf](http://www.medifast-tekniikka.fi/artikkelit/Varavoimakoneiden_vikaantuminen.pdf)
- UPS opas. 2014. coromatic.fi. Luettu 5.6.2014  
[http://coromatic.fi/sites/coromatic.fi/files/finder/brochures/UPS\\_opas\\_web.pdf](http://coromatic.fi/sites/coromatic.fi/files/finder/brochures/UPS_opas_web.pdf)
- Leppänen, A. 2008. Kattilalaitoksen varavoimajärjestelmä. Luettu 21.5.2014  
[http://butler.cc.tut.fi/~repo/Opetus/Projektityot/Ari\\_Leppanen\\_Kattilalaitoksen\\_varavoimajarjestelma.pdf](http://butler.cc.tut.fi/~repo/Opetus/Projektityot/Ari_Leppanen_Kattilalaitoksen_varavoimajarjestelma.pdf)
- Witraktor. 2014. Varavoima. Luettu 21.5.2014  
[http://www.witraktor.fi/moottorit/Generaattorit/fi\\_FI/varavoima/](http://www.witraktor.fi/moottorit/Generaattorit/fi_FI/varavoima/)

Varavoimakoneet ja DRUPS\*-laitteistot. 2014. kwset.fi. Luettu 5.6.2014.  
[http://www.kwset.fi/pages/esitteet/kwset\\_myynti\\_10\\_2010www.pdf](http://www.kwset.fi/pages/esitteet/kwset_myynti_10_2010www.pdf)

EURO-DIESEL. 2014. The next generation diesel rotary UPS system by EURO-DIESEL. Luettu 28.5.2014. <http://www.euro-diesel.mx/english/euro-diesel-launches-the-next-generation-diesel-rotary-ups-system/186/2>

Huuhka, T. 2012. Konesalien energiatehokkuus. Luettu 23.5.2014.  
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52057/Terttu%20Huuhka.pdf?sequence=1>

Juvonen, M. 2009. Vakioilmastointikoneen käyttöönotto. Luettu 24.5.2014.  
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3319/Vakioilm.pdf?sequence=1>

Vakioilmastointikoneet. 2014. Koj.fi. Luettu 23.5.2014.  
<http://www.koja.fi/uploads/pdf/Coolin%20PDF/Uniflair/AMICO.pdf>

SearchDataCenter. 2014. Hot-aisle vs. cold-aisle containment: Liebert and APC face off. Luettu 26.5.2014 <http://searchdatacenter.techtarget.com/news/1360462/Hot-aisle-vs-cold-aisle-containment-Liebert-and-APC-face-off>

Väre, J. 2009. Atk-konesalien jäähdytys. Luettu 22.5.2014.  
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2432/ATKkones.pdf?sequence=1>

Pulli, I. 2012. Katastrofinkestävän ICT-järjestelmän toteutus. Luettu 28.5.2014  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49646/Pulli\\_Ismo.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49646/Pulli_Ismo.pdf?sequence=1)

Toiminnan on aina jatkuttava. 2014. huoltovarmuus.fi. Luettu 28.5.2014.  
<http://www.huoltovarmuus.fi/mediabank/200.pdf>

Käyttö- ja huolto-ohje kuivamuuntajat. 2014. Eurolaite.fi. Luettu 29.5.2014.  
<http://www.eurolaite.fi/file/elpitalia-kuivamuuntajien-kaytto-ja-huolto-ohje-rev1.pdf>

**LIITTEET**

Liite 1. Granlund Oy, yleiset poikkeus- ja häiriötilanteen ohjeet (salainen)	1(44)
--	-------