

Tommi Musakka

# Loistehon kompensointi taloyhtiössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikan Koulutusoh-  
jelma

Insinööriyö

Tekijä(t) Otsikko	Tommi Musakka Loistehon kompensointi taloyhtiössä
Sivumäärä Aika	21 sivua + 1 liitettä 23.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Jarno Varteva
<p>Opinnäytetyössä pohditaan, kannattaako tavallisen asunto-osakeyhtiön ostaa loistehon kompensointilaitteisto, jolla saadaan poistettua loistehosta tulevat laskut. Loistehon laskuttaa aina siirtoverkkoyhtiö, joten vaihtamalla sähköyhtiötä tilanne ei parane. Pohtimalla kompensointilaitteiston rakennus kustannuksia ja vertaamalla niitä loistehon vuotuisiin kustannuksiin, saadaan jo hyvä käsitys kannattaako projektiin ryhtyä.</p> <p>Työssä tutkittiin verkkoyhtiön päätö- ja loisteho raporteja sekä sähkölaskuja, josta saatiin selville taloyhtiön loistehon määrä ja kompensoinnin tarve. Kompensointilaitteistojen hinnat saatiin tukkureilta joista voitiin arvioida asennuksen kokonaishintaa. Näin selvisi kompensoinnin rahallinen arvo.</p> <p>Työssä selvisi, että taloyhtiön pitää olla keskimääräistä suurempi ennen kuin kannattaa miettiä kompensointilaitteiston hankkimista, ellei loistehomaksut nouse nykyisestä kaksinkertaiseksi.</p>	
Avainsanat	Loisteho, kompensointi, kustannus

Author(s) Title	Tommi Musakka Compensation of Reactive Power in Apartment Building
Number of Pages Date	21 pages + 1 appendix 23 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electric Power Engineering
Instructor(s)	Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>An apartment building uses reactive power, which costs some money to apartment owner. The subject of this Bachelor's thesis was to consider, if it is profitable to build reactive power compensation to an apartment building. Reactive power is always billed by the distribution network company, and changing the electric company does not help anything. By comparing building costs and monthly reactive power use, it can be concluded whether it is reasonable to build reactive power compensation to the building.</p> <p>Network company's active and reactive power reports, as well as reports on electricity bills, which revealed building's reactive power use and the need for reactive power compensation were studied. Compensation hardware prices were obtained from vendors with which total price of the installation could be assessed. This way the value of compensation was clarified.</p> <p>The conclusion is that unless the reactive power taxes rise, it must be an above average size building before it is worth considering buying compensation.</p>	
Keywords	reactive power, price

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vaihtovirtapiirin teho	1
2.1	Pätöteho	1
2.2	Loisteho	1
2.3	Näennäisteho	2
2.4	Tehokerroin ( $\cos \varphi$ )	3
2.5	Yliaallot	3
3	Loistehon kustannukset	3
3.1	Sähkoyhtiöiden maksut	3
3.2	Loistehomaksu perusteita	4
3.3	Verkkoyhtiöiden vertailu	5
4	Kompensoinnin kustannukset	6
4.1	Kompensoinnin tarve	6
4.2	Kompensointitoteutus	6
4.3	Kompensointilaitteet	7
5	Kokoonpanon suunnittelu	10
6	Loppupäätelmä	13
	Lähteet	15

### Liitteet

Liite 1. Tehokerrointaulukko

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on pohtia, kannattaako asunto-osakeyhtiön asennuttaa kompensointilaitteisto, jolla saadaan loistehomaksuista johtuvat kulut pois. Kiinnostuin tästä aiheesta, koska olen työskennellyt sähköasentajana melkein 15 vuotta. Valmistumisen jälkeen yksi vaihtoehto on perustaa oma toiminimi, jolloin loistehon kompensointi voisi olla liiketoiminnan yksi osa-alue. Loisteho on välttämätön eräiden laitteiden toiminnan kannalta. Siirtoverkossa loisteho kuormittaa kaapeleita ja sähkönjakeluverkon haltijat hillitsevät loistehoja hinnoittelulla. Merkittävimpiä verkkoon kytkettävistä loistehoa kuluttavista laitteista on purkauslamppu, moottorit, suuntaajakäyttö, tyristoriohjattu kuormitus. Loisteho on enemmänkin teollisuuden aiheuttama ongelma, mutta purkauslamppuja sekä moottoreita löytyy myös taloyhtiöiden sähköverkosta. [1]

## 2 Vaihtovirtapiirin teho

### 2.1 Pätöteho

Pätöteho on kaiken työn tekevä teho esimerkiksi muuttuu lämmöksi vastuksessa. Pätöteho on aina positiivista, mikä tarkoittaa, että energiaa kuluu tietyllä teholla. Yksivaiheinen pätöteho saadaan kaavasta 1

$$P = U * I * \cos\varphi \quad (1)$$

Pätötehon tunnus on P ja yksikkö watti [W]. [1]

### 2.2 Loisteho

Loisteho on energiaa, joka on varastoituneena sähkö- tai magneettikenttään. Loisteho ei tee minkäänlaista työtä, mutta on välttämätön esim. sähkömoottorin pyörimiseen. Moottorin pyöriessä loistehoa kulutetaan, jolloin loisteho on induktiivista eli positiivista. Induktiivinen komponentti varastoi energiaa sen läpi kulkevan virran synnyttämään magneettikenttään. Tästä johtuu, että induktiivisen kuormituksen ottama virta on jännitettä jäljessä. Loistehon ollessa negatiivinen, laite tuottaa loistehoa, esimerkiksi generaattori.

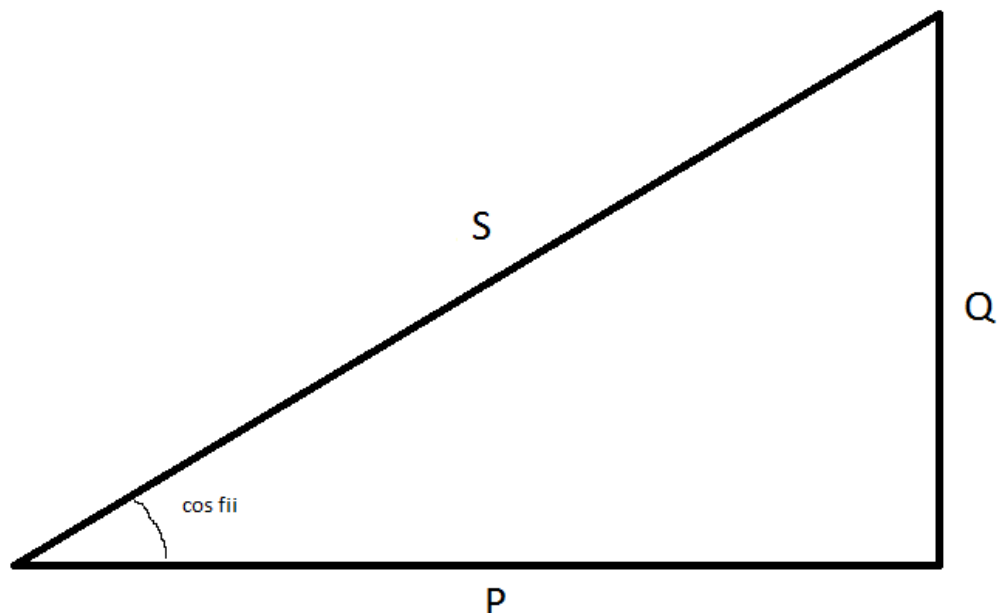
Negatiivinen loisteho on kapasitiivista. Kapasitiivinen komponentti varastoi hetkellisesti sähköenergiaa sähkökenttäänsä jolloin jännitteen nousu hidastuu ja jännite jää virtaa jälkeen. Loisteho vaikuttaa siis myös verkon jännitteeseen, induktiivinen loisteho laskee jännitettä ja kapasitiivinen nostaa jännitettä. Loistehon tunnus on Q ja yksikkö VAr [VAr]. Loistehon kaava on

$$Q = U * I * \sin\varphi. [1] \quad (2)$$

### 2.3 Näennäisteho

Päto- ja loistehon yhteisvaikutusta kutsutaan näennäistehoksi. Tehomuuntajien arvo ilmoitetaan yleensä näennäistehona (kVA). Näennäistehon tunnus on S ja yksikkö voltiampeeri [VA]. Näennäisteho saadaan laskettua Pythagoraan lauseella, pätoehon ja loistehon neliösumman neliöjuurella. Näennäistehon kaava on

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. [1] \quad (3)$$



Kuva 1. Tehokolmiossa näkyy tehojen keskinäiset suhteet.

## 2.4 Tehokerroin ( $\cos \varphi$ )

Tehokerroin kertoo, kuinka tehokkaasti kuorman virta tekee työtä. Pätehön kun jakaa näennäisteholla niin näkee, kuinka paljon tehosta on loistehoa. Tehokertoimen ollessa yksi, kuorma on täysin resistiivinen ja kaikki virta tekee oikeasti työtä. Käytännössä tällainen tilanne on mahdottomuus tavallisessa kulutus liittymässä, koska kuormassa on erilaisia induktiivisia ja kapasitiivisia laitteita. Vanhempien kerrostalojen hissien moottoreiden tehokertoimet ovat 0,6-0,9 väliltä. Tehokerroin saadaan kaavasta 4

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad [1] \quad (4)$$

## 2.5 Yliaallot

Yliaallot ovat jakeluverkon jännitteitä ja virtoja, joiden taajuus on yli verkossa käytettävän taajuuden (Euroopassa 50 Hz). Yliaallot ovat modernin elektroniikan sivuvaikutuksia ja yleensä ne ovat perustaajuuden monikertoja. Kompensointikondensaattorit saattavat ylikuormittaa yliaalloista. Jakeluverkossa yliaaltojen osuus on kasvanut vuosi vuodelta, ja kasvu todennäköisesti jatkuu tulevaisuudessa. Yliaaltopitoista virtaa verkosta ottavat muun muassa tietokoneet. Tulevaisuudessa saattaa olla, että kerrostaloihin vaaditaan jonkinlaiset yliaaltosuodattimet, mutta tällä hetkellä tavallisessa asunto-osakeyhtiössä yliaallot eivät ole ongelma, joten niitä ei käsitellä sen tarkemmin.

# 3 Loistehon kustannukset

## 3.1 Sähköyhtiöiden maksut

Loistehomaksun perii verkonhaltija. Sähkölasku voi tulla mistä yhtiöstä hyvänsä, mutta loistehomaksun määrää se yhtiö, kenen verkkoalueella ollaan. Maksuperusteet ja hinta vaihtelee yhtiöittäin mutta valvonnan avulla huolehditaan siitä, että loisteho maksuilla ei ryöstetä ketään. Kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:n tavoitteena on hinnoittelun avulla vähentää verkosta otettavaa loistehoa. Jakeluverkkoyhtiön ilmaisosuus kantaverkosta otetusta loistehosta on määritelty siten, että kapasitiivinen loisteho saa olla enintään 4 % ja in-

duktiivinen loisteho 16 % pätötehon arvosta. Tämä tarkoittaa sitä, että verkonhaltijat siirtävät laskun eteenpäin hinnoittelulla kuluttajalle, jolloin jokainen loistehon kuluttaja huolehtii omasta kompensoinnista ja näin ollen sähköverkko pysyy parempilaatusena. Loistehon mittaus vaaditaan yleensä, kun liittymän pääsulakkeiden koko on yli 63 ampeeria, joten kyseessä on käytännössä aina epäsuora mittaustapa [2].

Teholukematiedot	Uusi lukema	Kerroin		Mittarinro
Huipputeho	0019.76	1,00	19,76 kW	80040887624600
Määr. tehohuipput		0	0	
Loisteho	0010.10	1,00	10,1 kvar	80040887624600

MITTAUKSEEN PERUSTUVA SÄHKÖNKÄYTTÖ AJALTA 01.09.2015-30.09.2015				
Sähkön siirto: Tehosiirto 1 PJ			Yksikköhinta	Yhteensä euroa
Perusmaksu	01.09.2015-30.09.2015		28,30 e/kk	28,30
Siirto	01.09.2015-30.09.2015	3 876,38 kWh	2,18 c/kWh	84,51
Tehomaksu	01.09.2015-30.09.2015	40,00 kW	1,66 e/kW/kk	66,40
Loistehomaksu, otto	01.09.2015-30.09.2015	6,00 kvar	4,55 e/kvar/kk	27,30
Sähköverot 1 lk	01.09.2015-30.09.2015	3 876,38 kWh	2,2530 c/kWh	87,33
<b>Yhteensä sis. alv 0 %</b>				<b>293,84</b>
<b>SÄHKÖNKÄYTTÖ YHTEENSÄ</b>				<b>293,84</b>
Sähkön siirron arvonlisävero 24 %		293,84 eurosta		70,52
<b>Arvonlisävero yhteensä</b>				<b>70,52</b>

Kuva 2. Laskussa näkyvä mitattu loisteho, josta vähennetään ilmaisosuus.

### 3.2 Loistehomaksu perusteita

Tampereella pien- ja keskijänniteverkon tehosiirtoasiakkaita laskutetaan (1.1.2014 alkaen) induktiivisesta loistehosta, kuukauden suurimmalla mitatulla arvolla, josta on vähennetty 20 % laskutuspätötehon lukuarvosta tai vähintään 50 kVAr. Tampereella ei käytännössä laskuteta asunto-osakeyhtiöitä. [2]

Caruna Oy:n ja Caruna Espoo Oy:n tehomaksu määräytyy kuukausittaisen huipputehon mukaan. Loistehomaksu määräytyy kuukausittaisen loistehohuipun mukaan, josta on vähennetty 20 % saman kuukauden pätötehoisuuden määräästä. Caruna Oy, yhdessä Caruna Espoo Oy:n kanssa muodostavat Suomen suurimman jakeluverkkoyhtiön [3].

Vattenfallin verkon omistaa nykyään Elenia, jonka tuoteryhmien Tehosiirto 1, 2 ja 3 loistehoveloitusta on kuukausittain mitattu suurin 60 minuutin loiskeskiteho, josta vähennetään 16 % laskutettavan pätötehon määräästä [4].



Oulun korkeudella itä-rajalla sijaitseva Loiste Sähköverkko Oy:n jakeluverkossa loistehomaksua laskutetaan mittauksen perusteella jos sulakekoko on 80 A tai suurempi. Loistehon kuukausittainen ilmaisosuus on induktiivisessa loistehossa 16 % ja kapasitiivisessa 4 % laskettuna 12 viimeisen eri kuukauden kahden ylimmän päättehohuipun arvosta [5].

### 3.3 Verkko-yhtiöiden vertailu

Loistehomaksu tulee suoraan siirtoverkko-yhtiöltä, joten sitä ei pysty kilpailuttamaan. Rakennuksia ei pystytä siirtämään, mutta teoriassa voidaan miettiä mitä loisteho maksaa eri verkko-yhtiöillä. Taulukko kolmesta käy ilmi, että esimerkki taloyhtiöllä olisi edullisinta sijaita Tampereen tai Helsingin alueella. Tampereen Sähkölaitos ja Helsingin Energia laskuttaa loistehosta vasta, kun mitattu loisteho on yli 50 kVAr kuukaudessa. Tämä tarkoittaa käytännössä pelkästään teollisuusliittymiä. Turku Energian loisteho maksu on 1,35 €/kk, joka tekee siitä edullisimman esimerkki taloyhtiötä laskuttavan yhtiön. Jyväskylän Energian sekä Korpelan Voiman loisteho maksut ovat aikalailla samat ja sijoittuvat puoliväliin hinta vertailussa. Toiseksi kallein listalta löytyvä yhtiö on Caruna, jonka verkosta esimerkki taloyhtiö saa sähkönsä. Elenian alueella loistehokustannukset olisivat suurimmat koko vertailu ryhmässä. [2, 6, 7, 8, 3, 4]

As Oy Lopentie 3-7	Caruna	Caruna Espoo	Loiste	Elenia	Tampereen Sähkölaitos	Helsingin Energia	Turku Energia	Jyväskylän Energia	Korpelan Voima
€/kVAr/kk	4,61 €	4,20 €	4,05 €	4,36 €	1,25 €	1,99 €	1,35 €	4,12 €	3,52 €
Tammikuu	24,98 €	21,94 €	22,74 €	26,90 €	0,00 €	0,00 €	7,31 €	18,45 €	19,07 €
Helmikuu	24,47 €	21,50 €	22,02 €	26,37 €	0,00 €	0,00 €	7,17 €	18,06 €	18,68 €
Maaliskuu	26,87 €	23,60 €	23,45 €	28,48 €	0,00 €	0,00 €	7,87 €	20,38 €	20,51 €
Huhtikuu	27,96 €	24,56 €	24,46 €	29,51 €	0,00 €	0,00 €	8,19 €	21,35 €	21,35 €
Toukokuu	26,51 €	23,29 €	23,96 €	28,31 €	0,00 €	0,00 €	7,76 €	19,86 €	20,24 €
Kesäkuu	27,62 €	24,27 €	26,48 €	29,68 €	0,00 €	0,00 €	8,09 €	20,49 €	21,09 €
Heinäkuu	25,00 €	21,96 €	26,85 €	27,77 €	0,00 €	0,00 €	7,32 €	17,46 €	19,09 €
Elokuu	26,51 €	23,29 €	27,53 €	29,06 €	0,00 €	0,00 €	7,76 €	18,98 €	20,24 €
Syyskuu	28,34 €	24,90 €	26,60 €	30,25 €	0,00 €	0,00 €	8,30 €	21,26 €	21,64 €
Lokakuu	24,31 €	21,36 €	25,51 €	26,98 €	0,00 €	0,00 €	7,12 €	17,03 €	18,56 €
Marraskuu	25,41 €	22,32 €	26,98 €	28,11 €	0,00 €	0,00 €	7,44 €	17,89 €	19,40 €
Joulukuu	23,77 €	20,88 €	24,92 €	26,44 €	0,00 €	0,00 €	6,96 €	16,56 €	18,15 €
<b>Yhteensä</b>	<b>311,74 €</b>	<b>273,87 €</b>	<b>301,51 €</b>	<b>337,87 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>91,29 €</b>	<b>227,76 €</b>	<b>238,03 €</b>

Taulukko 1. Taulukossa näkyy As Oy Lopentien vuoden 2015 loisteho maksut eri verkko-yhtiöillä.

## 4 Kompensoinnin kustannukset

### 4.1 Kompensoinnin tarve

Taloyhtiön sähkölaskusta näkee suoraan kuinka paljon loistehoa on kulutettu kuu- kaudessa. Nämä tiedot kun laittaa tarjouspyyntöön, niin urakoitsija osaa laskea tarvittavan kompensoinnin tarpeen. Kompensointi määrän pystyy myös laskemaan vaikkapa tehomittauksesta saatujen tuloksien avulla, jolloin nähdään myös esiin- tykö kohteessa yliaaltoja. Kompensointitarve voidaan mitoittaa yhtälöstä:

$$Q = \left(\frac{P}{\rho}\right) * (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2). \quad [9] \quad (2)$$

Merkit tarkoittavat seuraavaa:

- Q = Loistehon tarve
- P = Kuormituksen pätöteho
- $\eta$  = Kuormituksen hyötysuhde
- $\tan\varphi_1$  = Tehokulma ennen kompensointia
- $\tan\varphi_2$  = Tavoite tehokulma

Tarvittavan kompensoinnin voi myös laskea käyttäen apuna liitteen 1 taulukkoa. [9]

### 4.2 Kompensointitoteutus

Loistehoa esiintyy aikalaila samantyyppisissä kuormituksissa, mutta kompensointitavan määräävät hankintakustannukset, pitkän aikavälin kustannukset sekä teho. Teho mää- rää käytännössä laitteiston fyysisen kokoluokan. Kannattaa miettiä, tarvitaanko kompen- sointi vain yhden kojeen takia vai useamman, jolloin tiedetään heti, tuleeko kompensoin- nista laitekohtainen vai keskitetty. [1]

## Keskitetty

Pääkeskukseen sijoitettu kompensointilaitteisto huolehtii koko kiinteistön sähkölaitteiston loistehon tarpeesta tai tuotosta. Laitteisto kytketään pääkeskuksen kanssa rinnakkain. Kompensointikojeiden pitää kestää vähintään 1,5 kertaa keskuksen nimellisvirta, joten keskitetyn kompensoinnin hankintahinta on enemmän kuin esim. laitekohtaisessa kompensoinnissa. Keskitetty kompensointi tarkoittaa käytännössä aina automaattista kompensointia. [1]

## Hajautettu

Kaikille kiinteistön ryhmäkeskuksille voidaan mitoittaa myös oma kompensointi. Laitteiston ei tällöin tarvitse olla niin järeä kuin pääkeskuksella, koska ryhmäkeskuksella on pienempi oikosulkuvirta. Taloyhtiöissä ryhmäkeskukset ovat yleensä erittäin ahtaissa tiloissa, eikä kompensointi laitteistolle ole välttämättä tilaa. [1]

## Laitekohtainen

Kun kiinteistössä ei ole tiedossa kuin muutama loistehoa tuottava tai tarvitseva laite esim. hissien moottori, kannattaa harkita laitekohtaista kompensointia. Kompensointi tapahtuu ainoastaan juuri tätä laitetta varten. Valaistuksen kompensointitarve on usein tehty nimenomaan valaisinkohtaisesti. [1]

### 4.3 Kompensointilaitteet

Kompensointilaitteita on erityyppisiä, koska myös kompensointi kohteet ovat erilaisia. Teho, hinta ja koko kulkevat aikalailla käsi kädessä, eli mitä enemmän tehoa, sen kalliimpi ja fyysiseltä kooltaan suurempi laitteisto on. Laite valintaan vaikuttaa:

- jännitetaso
- millainen kuorma on?
- kompensoinnin tarve

- käytävissä oleva tila
- kustannukset. [1]

### Automaattinen

Automaattinen kompensointi tarkoittaa juuri sitä, miltä se kuulostaa, eli laitteistossa on säädin, joka säätää kompensoinnin tilanteeseen sopivaksi. Laitteistossa on kondensaattoreita ja keloja, joita säädin ohjailee kuormitusilanteen mukaan. Säätimeen saa aseteltua halutun tehokertoimen, jolloin laitteisto pyrkii pitämään tehokertoimen samana, ohjailemalla kela- ja kondensaattori yksiköiden katkaisijoita auki tai kiinni. Säädettyä kompensointia käytetään yleensä keskitetyissä tai hajautetuissa ratkaisuissa (pääkeskuksilla tai ryhmäkeskuksilla), varsinkin jos kuorma vaihtelee paljon. Automaatti kompensointi on käytön kannalta helpoin vaihtoehto kerrostalossa. Automatiikkaparistot on Suomessa yleisin pienjännitepuolen kompensointitapa. Kuvassa 4 näkyy automaatti kompensointilaitteisto kokonaisuudessaan. [10, 1]

### Kiinteät paristot

Kompensointi ilman säätöä mitoitetaan tietyn kompensoinnin aikaansaamiseksi. Tämä toteutetaan kondensaattoreilla tai keloilla riippuen, onko kuorma kapasitiivista vai induktiivista. Kuorman loisteho ei saa juurikaan vaihdella, joten tämän kaltaista ratkaisua käytetään laitekohtaisissa kompensoinneissa. Yleensä paristot kytketään kompensoitavan laitteen rinnalle, joten paristo kytkeytyy verkkoon samalla kun kompensoitava laitekin. Kiinteässä kompensoinnissa on vähiten komponentteja muihin kompensointi tyyleihin verrattuna, jolloin tämä on myös usein halvin ratkaisu. Kiinteitä paristoja ei nykyään enää juurikaan asenneta, koska niissä ei ole säätämisen varaa yhtään.

### Estokelaparisto

Yliaaltopitoisessa verkossa käytetään yleensä kondensaattoreiden ja kelojen yhdistelmää, jota kutsutaan estokelaparistoksi. Varsinainen yliaaltosuodatin tämä laite ei ole, mutta se pienentää kuitenkin jännitesäröä ja estää resonointia kompensointilaitteiston ja syöttävän tehomuuntajan välillä. Estokelaparisto toteutetaan usein kolmioon kytketyillä

kondensaattoreilla, joihin on rinnan kytketty kelat. Kelan on tarkoitus laskea pariston kapasitanssin ja verkon kehittämä resonanssipiirin taajuus tarpeeksi alas, ettei yliaaltovirtojen vahvistusta tapahdu. [11]

Q [kVAr]	Nimellisvirta [A]	Sulake [A]	Cu-kaapeli
10	14	25	4x4S
12,5	18	35	4x10S
15	22	35	4x10S
25	36	63	4x10S
50	72	125	3x35S+16
70	101	160	3x50+25
100	144	250	3x95+50
120	173	315	2x3x70+35

Kuva 3. Tyypillisiä 400V:n kondensaattoriyksiköiden teknisiä arvoja. [9]



Kuva 4. Automaattinen kompensointilaitteisto kuvassa oikealla. Laitteiston pystyy sijoittamaan melko ahtaaseen väliin.

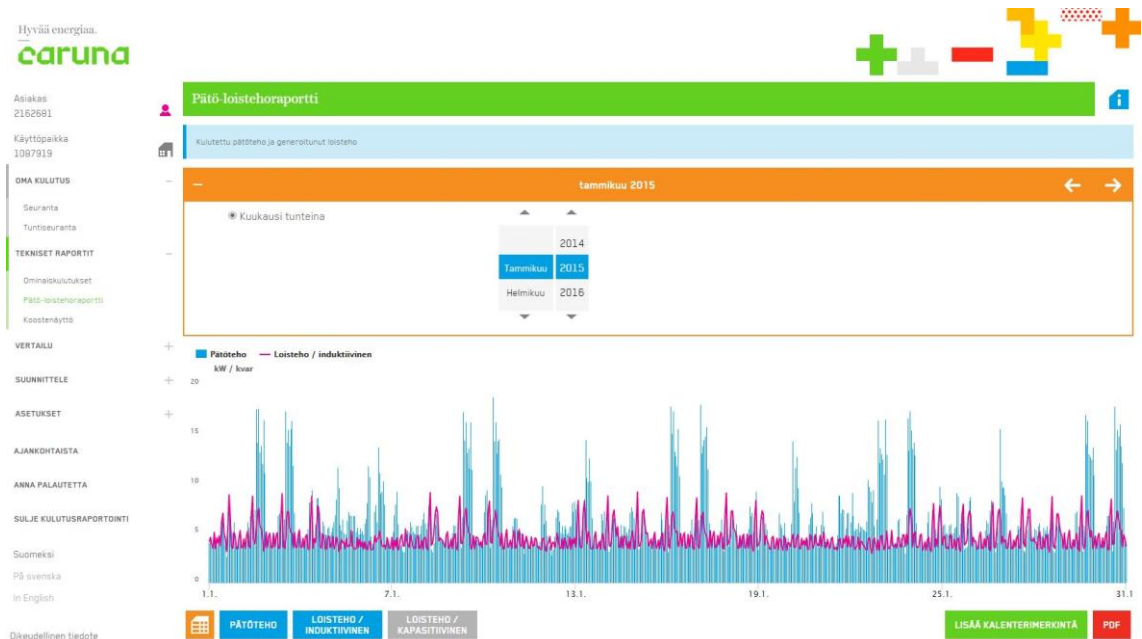
## 5 Kokoonpanon suunnittelu

Tutkittavana oli eri taloyhtiöitä, jotka ovat kokoluokaltaan aika samoja ja loistehosta aiheutuvat kustannukset lähellä toisiaan. Tämän takia opinnäytetyössä puhutaan vain yhdestä esimerkki taloyhtiöstä. Idea oli pohtia kustannuksia kompensointilaitteiston asennukselle suhteessa loisteho maksuihin. Kuinka paljon kompensointia tarvitaan, selviää helpoiten sähkölaskusta. Laskusta löytyy kohta jossa on teholumematiedot, yleensä näkyy vain kuukauden huippuarvot pätö- ja loistehosta sekä ilmaisosuuden ylimenevä loisteho. Verkkoyhtiö Carunalla on selainpohjainen kulutuksen seuranta jossa taloyhtiön edustaja voi seurata loistehoja vaikkapa tuntikohtaisesti. Kun ilmaisosuuden ylittävä loistehon määrä saadaan selville, voidaan alkaa miettimään kompensointi tapaa. [12]

Keskitetty tapa eli kompensointi laitteisto sijoitetaan pääkeskukseen, on minusta paras vaihtoehto esimerkki taloyhtiöön. Seuraavana pitää pohtia, minkälainen kompensointilaitteisto taloon olisi hyvä. Kuorman luonne kerrostalossa on vaihtelevaa, tuntikohtaisia pätö- ja loisteho arvoja tutkiessani huomasin, että arvot vaihtelevat suuresti. Tämä tieto pois sulkee kiinteät paristot. Yliaaltoja ei esiinny runsaasti, joten estokelapariston ominaisuudet ovat käytännössä turhia. Ainoa järkevä vaihtoehto mielestäni on automatiikkaparisto, jossa kompensointi säätyy kuorman mukaan. Tutkittavassa taloyhtiössä keskimääräinen loisteho kuukaudessa on 9,75 kVAR, josta vähennetään ilmaisosuus, jäljelle jää 5,64kVAR. Nyt ollaan saatu selville, että taloyhtiöön halutaan automaattikompensointi laitteisto, jossa teho on yli 5,64kVAR. Kompensointi tarve on pieni eikä valmiita automatiikkaparistoja valmisteta näin pienille tehoille. Nokian Capacitors valmistaa automatiikkaparistoja joiden teho alkaa 15 kVAR:sta. Yksittäisiä kondensaattori yksiköitä myydään erikseen joista pienin on teholtaan 2,5 kVAR. Erikoistilauksesta saa vaikka kaksi 2,5 kVAR yksikköä ja säätimen koteloineen mutta se maksaa enemmän kuin valmis paketti. Todellinen loisteho on keskimäärin 10 kVAR mutta 15 kVAR on silti riski ylikompensoinnin takia sekä säädin yksikkö on ollut silloin turha hankinta. Kolme viiden kVAR:n kondensaattori yksikköä sen sijaan mahdollistaa hyvän skaalan säätämiseen kuorman vaihdellessa, jolloin laitteisto joudutaan luultavasti tilaamaan erikseen. [11, 13]

Automatiikkaparisto on koottu seinälle asennettavaan koteloon, joten laitteisto mahtuu hyvin taloyhtiön sähköpääkeskukseen, kuten kuvasta 8 käy ilmi. Kaapelit saa asennettua seinälle ja koteloitua piiloon tarvittaessa. Kaapelina käyttäisin 3x50+25 kuparikaapelia, koska talon pääsulakkeet ovat 160-ampeeriset, vaikka kuvan neljä taulukon mukaan kaapeliksi riittäisi 4x10S. Kaapelin pituus on niin lyhyt, ettei tämä ole edes kustannus

kysymys. Kaapelin asentaisin pääsulakkeiden kuorman puolelle, samoihin liityntä pisteisiin kuin keskuksen syöttöjohdot. Säädin yksikkö saattaa tarvita oman sulakkeen pääkeskukselta mutta todennäköisesti sulake on jo valmiina kotelossa. Automaattilaitteiston kaapelin kytkentä keskukseseen on tehtävä jännitteettömänä, joten taloyhtiön on syytä varautua muutaman tunnin sähkökatkoon. [11]



Kuva 5. Näkymä Carunan energian seurannasta.

## Kustannuspohdinta

Taulukossa 1 näkyvät loistehomaksut eri verkkoyhtiöillä. Esimerkki taloyhtiöllä vuosittainen lasku loistehosta on hieman yli 300 €. Kyseisessä talossa on hissit ja 64 asuntoa sekä neljä liikehuoneistoa. Taloyhtiön sähkönkulutus vuonna 2015 oli 49300 kWh, rakennukset ovat kaukolämpöverkossa. Edellisessä luvussa valittu kompensointilaitteisto maksaa esimerkki taloyhtiöön noin 1900 €. Asennukseen arvioin menevän noin yhden työpäivän kahdelta asentajalta. Asentajan tuntiveloitus on yleensä 60 €/h, joten asennus maksaa yhteensä 960 €. Kaapelit ja pientarvikkeet arvioin 300 €:n arvoiseksi. Koko Laitteiston hankinta maksaa noin 3160 €. Tähän taloon ei mielestäni kannata kompensointilaitteistoa asennuttaa, varsinkin jos sitä varten joudutaan ottamaan lisää lainaa pankista, koska takaisinmaksuaika on yli 10 vuotta, kuten kuvasta 6 voidaan todeta.

Kuvasta 7 selviää, että kompensointimaksun korottaminen esimerkiksi kaksinkertaiseksi nostaa myös vuosittaisen laskun määrän kaksinkertaiseksi. Mielestäni vain loistehomaksun korotus on ainoa realistinen vaihtoehto, jolloin taloyhtiö joutuu edes harkitsemaan kompensointilaitteiston hankkimista. Loistehon lisääntyminen vaikuttaa oleellisesti asiaan, mutta se on hyvin epätodennäköistä, koska se vaatisi lisää kuormaa eikä asunto-osakeyhtiötä yleensä laajenneta. Hissien uusiminen ainoastaan auttaa loistehojen kanssa, koska on todennäköistä, että uudet moottorit ovat parempia tehokertoimeltaan. Sähkökulutuksen ollessa kaksinkertainen edellä mainittuun taloyhtiöön nähden, myös loistehon hinta kaksinkertaistuu jos oletetaan, että pätö- ja loistehon suhde pysyy samana. Näinollen loisteho lasku vuosittain on noin 600 €, joten laitteiston takaisinmaksuaika puolittuu, kuten kuvasta 6 näkyy, mutta tällöin kyseessä on jo iso taloyhtiö.

Vanhoihin taloyhtiöihin saatetaan asentaa hissit jälkikäteen, jolloin kompensointi tarve tulee eteen. Tämän kaltaisessa projektissa loisteho on yleensä huomioitu ja kompensointi hissien moottorien osalta saattaa olla jo valmiina uuden hissien konehuoneessa.

Kustannukset	Säästö Vuodessa	Takaisinmaksuaika (vuosia)
3 000,00 €	300,00 €	10,00
5 000,00 €	300,00 €	16,67
7 000,00 €	300,00 €	23,33
3 000,00 €	600,00 €	5,00
5 000,00 €	600,00 €	8,33
7 000,00 €	600,00 €	11,67

Kuva 6. Koroton takaisinmaksuaika eri kustannuksilla.

	Caruna	Loiste	Caruna Espoo	Elenia	Tampereen Sähkölaitos	Helsingin Energia	Turku Energia	Jyväskylän Energia	Korpelan Voima
Vuosi 2015	311,74 €	301,51 €	273,87 €	337,87 €	0,00 €	0,00 €	91,29 €	227,76 €	238,03 €
Loistehomaksu x 2	623,47 €	603,02 €	547,74 €	675,74 €	0,00 €	0,00 €	182,58 €	455,53 €	476,06 €
Pätöteho x 2	84,20 €	111,80 €	73,97 €	165,71 €	0,00 €	0,00 €	24,66 €	-26,43 €	64,29 €
Loisteho x 2	851,02 €	792,83 €	747,64 €	847,90 €	0,00 €	0,00 €	249,21 €	709,72 €	649,80 €
Pätö ja Loisteho x 2	623,47 €	792,83 €	547,74 €	675,74 €	0,00 €	0,00 €	182,58 €	455,53 €	476,06 €

Kuva 7. Taulukossa näkyy pätö- ja loistehon sekä loisteho maksun kaksinkertaistumisen vaikutus loisteho kustannuksiin esimerkki taloyhtiössä.



## 6 Loppupäätelmä

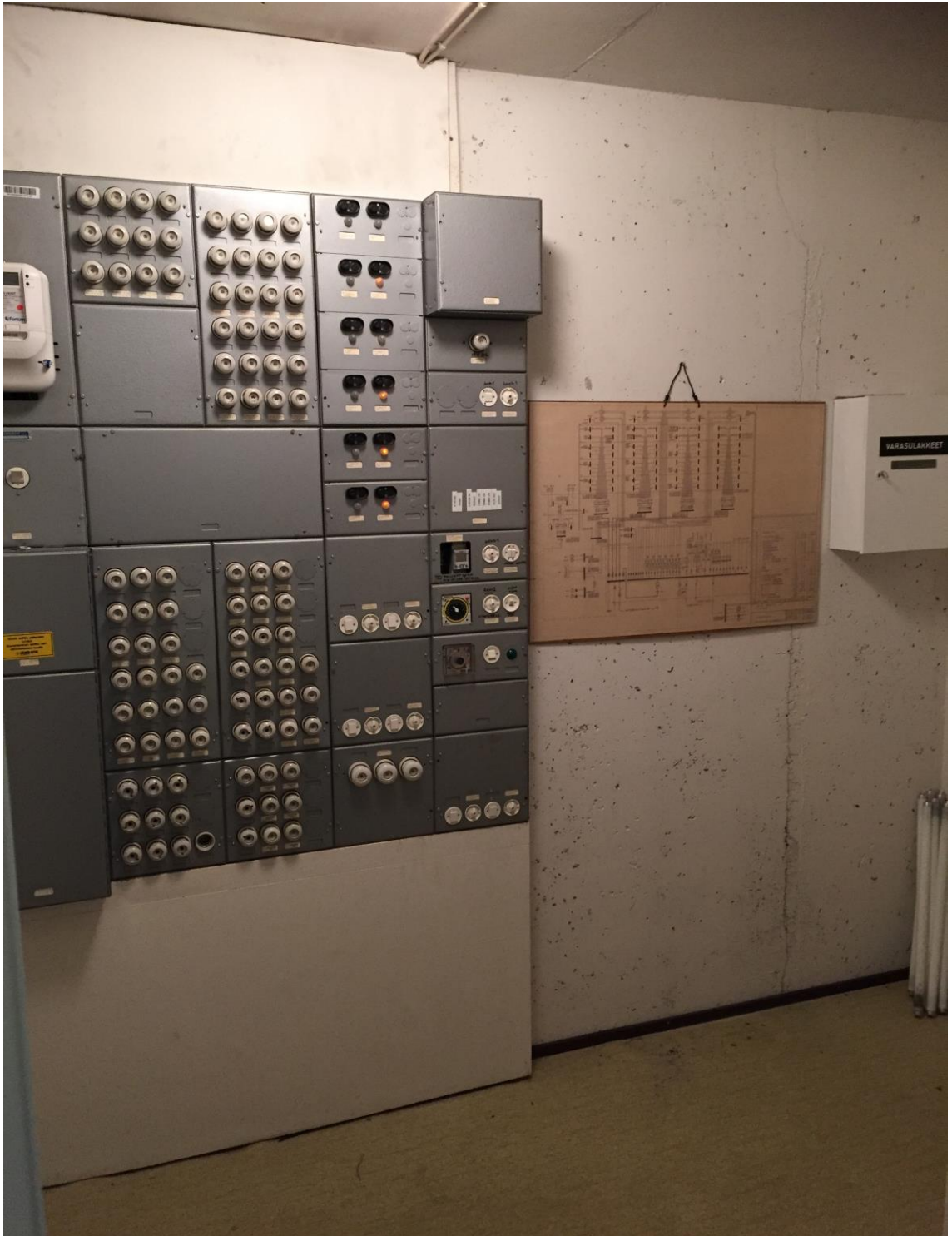
Kerrostalossa minun mielestäni kaikistaärkevin vaihtoehto on keskitetty kompensointi. Loistehoa kuluttavat laitteet taloyhtiössä on mahdollisesti purkauslamput sekä moottorit. Lamppuja löytyy käytäviltä sekä yleisistä tiloista. Moottoreita on hisseissä ja ilmastointi järjestelmässä. Epäilen, että purkauslamput tuskin on kokonaisloistehon kannalta merkittäviä mielestäni moottorit aiheuttavat suurimman osan loistehon kulutuksesta. Pääkeskus on siis hyvä paikka sijoittaa kompensointilaitteisto. 1970-luvun ja sitä vanhemmissa kiinteistöissä on useimmiten hyvin tilaa pääkeskuksella, jonne laitteisto mahtuu sekä leveät käytävät joita pitkin laitteisto voidaan siirtää paikan päälle. Näissä kiinteistöissä ongelmaksi saattaa muodostua sähköpääkeskus joka pitäisi saneerata ajanmukaiseksi. 1980-luvun ja sitä myöhemmin rakennetuissa taloissa pääkeskustilat on yleensä ahtaita. Komponentit kehityksen myötä ovat pienentyneet sen verran, ettei enää välttämättä tarvita isoja keskushuoneita.

Kompensointilaitteiston rakennuttaminen taloyhtiöön ei mielestäni kannata yli 10 vuoden takaisinmaksuajalla. Taloyhtiössä on yleensä paljon muitakin rahaa vaatia korjauskohteita, eikä loistehon kompensointi sinänsä nosta asuntojen hintoja, toisin kuin esimerkiksi ikkuna- tai putkiremontti. Suomessa on noin 86000 taloyhtiötä ja luultavasti esimerkki taloyhtiön kaltaisia on vähintäänkin puolet. Loistehomaksujen noustessa vaikkapa kaksinkertaisesti näen liiketoiminta mahdollisuuden. Luulen, että investointi kiinnostaa ihmisiä varsinkin yhtiöissä, joissa omistajan vaihdoksia tapahtuu harvakseltaan, koska kompensointi saattaa alkaa tuottamaan jo viiden vuoden kuluttua. Loistehomaksut ei ainaakaan tule laskemaan, joten tulevaisuudessa tässä on mahdollisuus vaikkapa pienyrityksille saada lisätienestiä. [14]

Opinnäytetyön tutkimusten tekeminen onnistui suunnitellusti. En ole ennen aiheeseen tutustunut tarkemmin, joten mielenkiintoa riitti syventyä loistehon kompensointi tekniikkaan. Mielenkiintoista olisi olla mukana asentamassa laitteistoa, jossa pääsisi tutustumaan säätimen ominaisuuksiin sekä asetteluihin tarkemmin.

Tästä työstä rajasin pois uudet talot, joissa on paljon led-tekniikkaa valaistuksessa, mutta olisi kiinnostavaa nähdä miten se vaikuttaa loistehoihin sekä yliaaltoihin kerrostaloasumisessa. Tehot ovat varsin pienet yksittäisessä asunnossa, mutta kun näitä asuntoja on

tarpeeksi monta voi tulla yllätyksiä, jos ei ole asianmukaista kompensointia tai suodattusta. Tulevaisuudessa verkkoyhtiöt luultavasti joutuvat asiaa tutkimaan.



Kuva 8. Tyypillinen 70-luvun kerrostalon sähköpääkeskus.

## Lähteet

- 1 J. Jaatinen, Pienjänniteverkon kompensointi, Espoo: Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus, 1991.
- 2 T. Sähkölaitos, ”Loistehon hinnoittelu ohje,” 1 1 2012. Tampereen Sähkölaitos kotisivut. Luettavissa: [https://www.tampereensahkolaitos.fi/sahkoverkkopalvelut/sahkoverkkoonliittyminen/TSV-urakoitsijalle/Documents/Loistehon%20hinnoittelu-%20ja%20kompensointiohje%20TSV\\_01-12-2012\\_internet.pdf](https://www.tampereensahkolaitos.fi/sahkoverkkopalvelut/sahkoverkkoonliittyminen/TSV-urakoitsijalle/Documents/Loistehon%20hinnoittelu-%20ja%20kompensointiohje%20TSV_01-12-2012_internet.pdf). [Haettu 23 4 2016].
- 3 Caruna, ”Loistehomaksun peruste,” 1 1 2015. [Online]. Available: <https://www.caruna.fi/asiakaspalvelu/hinnastot-ja-sopimusehdot/sahkonsiirron-hinta>. [Haettu 24 4 2016].
- 4 Elenia, ”Verkkopalvelu hinnasto,” 1 4 2016. Elenian kotisivut. Luettavissa: [http://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Verkkopalveluhinnasto\\_2016\\_web.pdf](http://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Verkkopalveluhinnasto_2016_web.pdf). [Haettu 24 4 2016].
- 5 Loiste, ”Siirtohinna,” 6 1 2015. Loiste Verkko kotisivut. Luettavissa: [https://www.loiste.fi/sites/default/files/siirtohinna\\_kaikki\\_sulakekoot\\_2015\\_06\\_01.pdf](https://www.loiste.fi/sites/default/files/siirtohinna_kaikki_sulakekoot_2015_06_01.pdf). [Haettu 23 4 2016].
- 6 H. Energia, ”Sähkön siirtohinna,” 1 4 2015. Helsingin Energia kotisivut. Luettavissa: <https://www.helen.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/sahkon-siirtohinna.pdf>. [Haettu 24 4 2016].
- 7 T. Energia, ”Verkkopalvelu hinnasto,” 1 3 2015. Turku Energian kotisivut. Luettavissa:

[http://www.turkuenergia.fi/files/3114/3315/0497/Verkkopalveluhinnasto\\_01032015\\_v2.pdf](http://www.turkuenergia.fi/files/3114/3315/0497/Verkkopalveluhinnasto_01032015_v2.pdf). [Haettu 4 24 2016].

- 8 J.-S. Oy, "Sähkön siirto- ja palveluhinnasto," 15 7 2015. Jyväskylän energian kotisivut. Luettavissa: [http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/1907-15715\\_JE\\_siirtohinasto\\_01012016.pdf](http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/1907-15715_JE_siirtohinasto_01012016.pdf). [Haettu 5 5 2016].
- 9 ABB, "ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07," 2016. Luentomoniste. Luettavissa: [http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/09\\_0\\_Loistehon%20kompensointi%20ja%20yliaallot.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/09_0_Loistehon%20kompensointi%20ja%20yliaallot.pdf). [Haettu 23 4 2016].
- 10 K. Lindeman, Sähkömittaustekniikan perusteet, Porvoo: WSOY, 2000.
- 11 N. Capasitors, "Sähkönnumerot," 2016. Sähkönnumerot.fi verkkosivut. Luettavissa: <http://www.sahkonumerot.fi/5705635/doc/technicalinfodoc/>. [Haettu 1 3 2016].
- 12 Caruna, "Energianseuranta," 12 4 2016. Carunan kotisivu. Katsottavissa: <https://authentication.caruna.fi/portal/wicket/page?15>. [Haettu 12 4 2016].
- 13 V. Salomaa, *Sähkötarvike myyjä*. [Haastattelu]. 4 5 2016.
- 14 Taloyhtiötapahtuma.net, 1 1 2016. Luentomoniste. Luettavissa: [http://www.taloyhtiotahtuma.net/uploads/aineistot/Taloyhti%C3%B6n%20tunnusluvut%20sijoittajaosakkaan%20n%C3%A4k%C3%B6kulmasta\\_06042016.pdf](http://www.taloyhtiotahtuma.net/uploads/aineistot/Taloyhti%C3%B6n%20tunnusluvut%20sijoittajaosakkaan%20n%C3%A4k%C3%B6kulmasta_06042016.pdf). [Haettu 15 5 2016].
- 15 K. Voima, "Siirtohinnot ja palvelumaksut," 1 1 2015. Korpelan Voima Oy:n kotisivut. Luettavissa: [http://www.korpelanvoima.fi/Data/83f427b3-b7b2-450a-b17b-384aab77abca\\_Siirtohinnot%20ja%20palvelumaksut%201.5.2016\\_VKOY.pdf](http://www.korpelanvoima.fi/Data/83f427b3-b7b2-450a-b17b-384aab77abca_Siirtohinnot%20ja%20palvelumaksut%201.5.2016_VKOY.pdf). [Haettu 26 3 2016].

### Tehokerrointaulukko

Kun halutaan parantaa tehokerrointa arvosta  $\cos\phi_1$ , arvoon  $\cos\phi_2$ , kerrotaan pätöteho alla olevan taulukon kertoimella, niin saadaan tarvittava loisteho.

$\cos \phi_1$	$\cos \phi_2$							
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,90	0,85	0,8
0,30	3,18	3,04	2,98	2,93	2,85	2,70	2,56	2,43
0,32	2,96	2,82	2,76	2,71	2,63	2,48	2,34	2,21
0,34	2,77	2,62	2,56	2,52	2,44	2,28	2,15	2,02
0,36	2,59	2,45	2,39	2,34	2,26	2,11	1,97	1,84
0,38	2,43	2,29	2,23	2,18	2,11	1,95	1,81	1,68
0,40	2,29	2,15	2,09	2,04	1,96	1,81	1,67	1,54
0,42	2,16	2,02	1,96	1,91	1,83	1,68	1,54	1,41
0,44	2,04	1,90	1,84	1,79	1,71	1,56	1,42	1,29
0,46	1,93	1,79	1,73	1,68	1,60	1,45	1,31	1,18
0,48	1,83	1,69	1,62	1,58	1,50	1,34	1,21	1,08
0,50	1,73	1,59	1,53	1,48	1,40	1,25	1,11	0,98
0,52	1,64	1,50	1,44	1,39	1,31	1,16	1,02	0,89
0,54	1,56	1,42	1,36	1,31	1,23	1,07	0,94	0,81
0,56	1,48	1,34	1,28	1,23	1,15	1,00	0,86	0,73
0,58	1,40	1,26	1,20	1,15	1,08	0,92	0,78	0,65
0,60	1,33	1,19	1,13	1,08	1,00	0,85	0,71	0,58
0,62	1,27	1,12	1,06	1,01	0,94	0,78	0,65	0,52
0,64	1,20	1,06	1,00	0,95	0,87	0,72	0,58	0,45
0,66	1,14	1,00	0,94	0,89	0,81	0,65	0,52	0,39
0,68	1,08	0,94	0,88	0,83	0,75	0,59	0,46	0,33
0,70	1,02	0,88	0,82	0,77	0,69	0,54	0,40	0,27
0,72	0,96	0,82	0,76	0,71	0,64	0,48	0,34	0,21
0,74	0,91	0,77	0,71	0,66	0,58	0,42	0,29	0,16
0,76	0,86	0,71	0,65	0,60	0,53	0,37	0,24	0,11
0,78	0,80	0,66	0,60	0,55	0,47	0,32	0,18	0,05
0,80	0,75	0,61	0,55	0,50	0,42	0,27	0,13	
0,82	0,70	0,56	0,49	0,45	0,37	0,21	0,08	
0,84	0,65	0,50	0,44	0,40	0,32	0,16	0,03	
0,86	0,59	0,45	0,39	0,34	0,26	0,11		
0,88	0,54	0,40	0,34	0,29	0,21	0,06		
0,90	0,48	0,34	0,28	0,23	0,16			
0,91	0,46	0,31	0,25	0,20	0,13			
0,92	0,43	0,28	0,22	0,18	0,10			
0,93	0,40	0,25	0,19	0,14	0,07			
0,94	0,36	0,22	0,16	0,11	0,03			
0,95	0,33	0,19	0,13	0,08				
0,96	0,29	0,15	0,09	0,04				
0,97	0,25	0,11	0,05					
0,98	0,20	0,06						
0,99	0,14							