



Open your mind. LUT.

Lappeenranta **University of Technology**



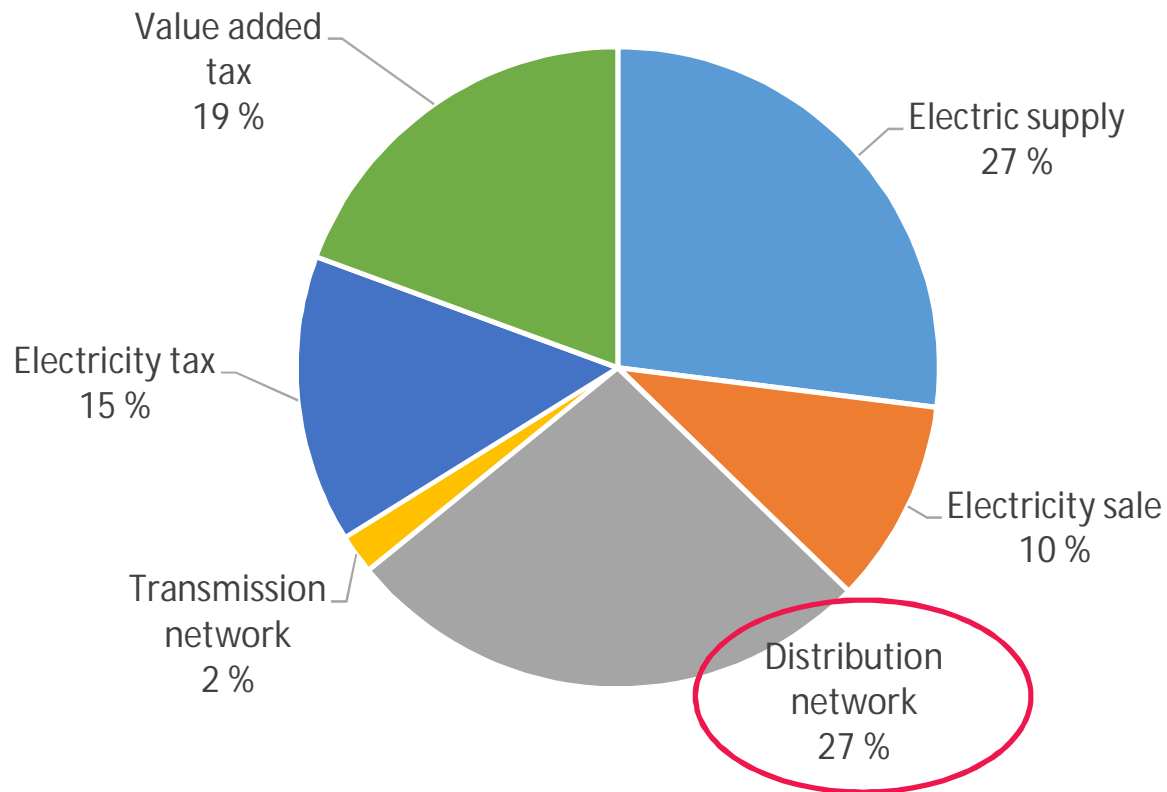
Jakeluverkon tariffirakenteen kehitystarpeet ja vaikutukset

Tariffitutkimus

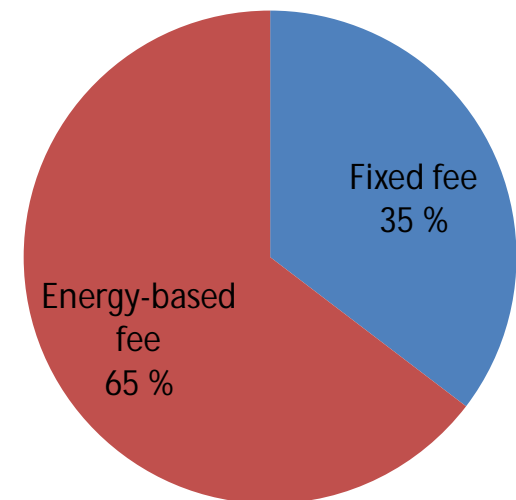
- Jakeluverkon tariffirakenteita on tutkittu mm. Tekesin rahoittamissa *SGEM Smart Grids and Electricity Markets* (2009-2014) ja *Flexe* (2015-2016) tutkimusohjelmissa
- Vuosine 2011-2012 toteutettiin tutkimusprojekti ”*Jakeluverkkoyhtiöiden tariffirakenteiden kehitysmahdollisuudet*”, jonka rahoittivat ST-pooli ja Energiateollisuus ry.
- Lisäksi aiheesta on valmistunut useita diplomitöitä, ja aihetta on myös käsitelty väitöskirjoissa, mm. Jussi Tuunanen (LUT 2015) ja Antti Rautiainen (TUT 2015)

- Nyt meneillään on tutkimusprojekti ”*Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset*”, jonka rahoittajana on ST-pooli
- Tutkimusprojektin tavoitteena on analysoida jakeluverkkotariffiin kehitysvaihtoehdot, vaikutukset eri osapuolille sekä siirtymäreitti uuteen tariffirakenteeseen
- Toteutetaan aikavälillä 8/2016 – 4/2017.
- Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT) ja Tampereen teknillisen yliopiston (TUT) yhteisprojekti

Total electricity prices for Finnish household customer



Electricity price of household customer (Source Energy Market Authority).



Proportion of fixed and energy-based fees for household customers, if DSO tariff was considered as fixed.

Perusteita siirtohinnoittelulle; sähköverkkoliiketoiminnan kustannukset ja niiden tausta

Kustannuspaikat ja -komponentit

Verkko; 110 kV verkko, sähköasemat ja kj-verkko, jakelumuuntamot + pj-verkko, muut

- Verkko rakennetaan tehotarpeiden mukaan, esim. 25 MVA päämuuntaja, kertaluonteinen kiinteä kustannus, joka ei juurikaan riipu siirrettävästä energiasta. Käyttöikä keskimäärin 40 a
- Verkon käyttöönotto, operointi, huollot, viankorjaus, ... Energiasta ja tehosta 'riippumaton'.

Verkostohäviöt

- Riippuvat pääosin siirretyn energian määrästä

Mittaus ja laskutus, kiinteä kustannus

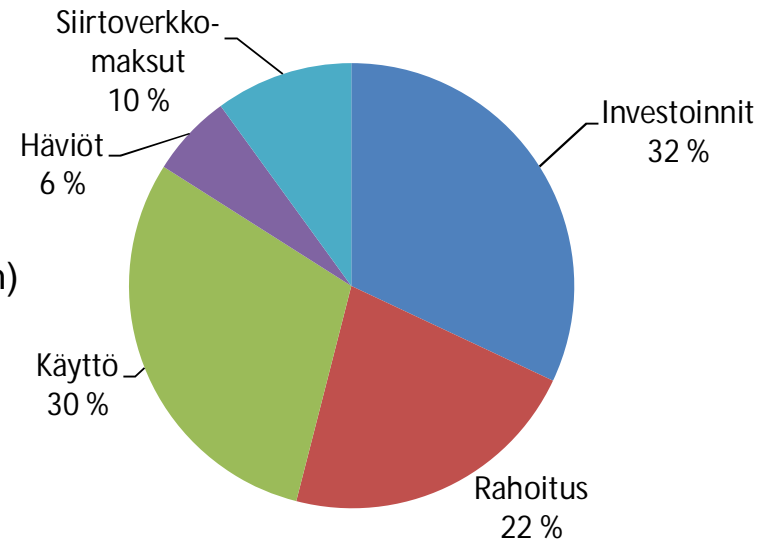
- mittaus (€/asiakas/a)
- laskutus (€/asiakas/a)

Siirtoverkkomaksut

- Fingridin siirtomaksut, energiaperusteisia (snt/kWh)

Hallinto

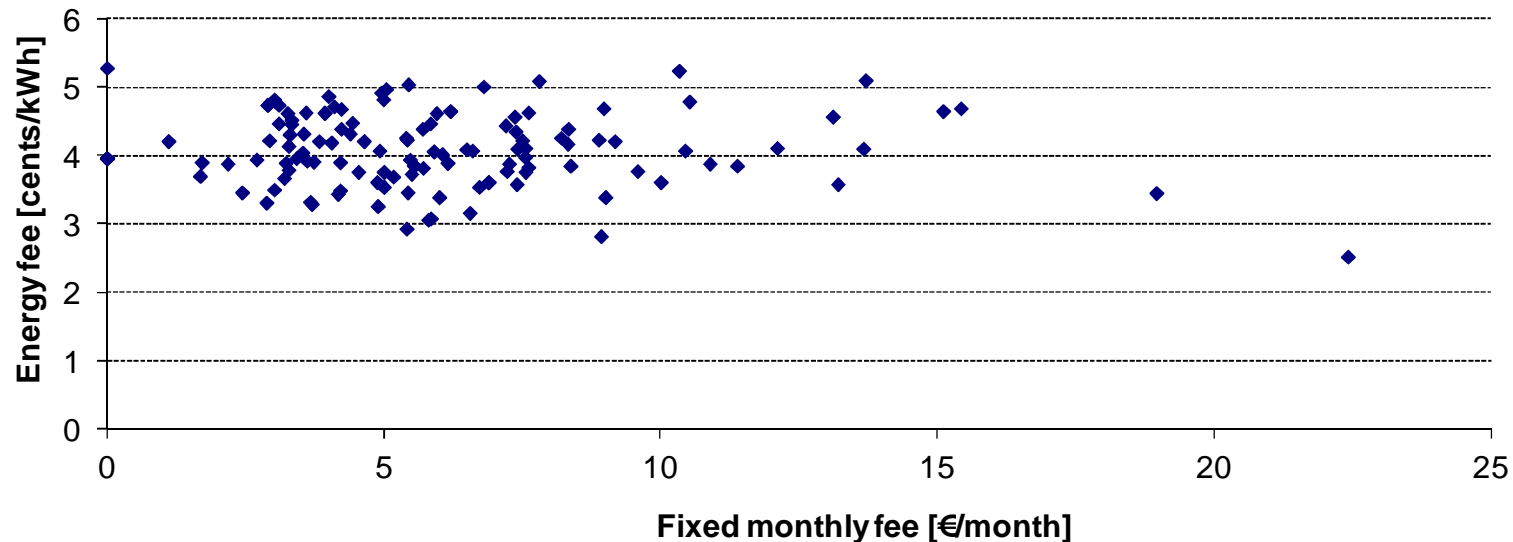
- Tehosta ja energiasta 'riippumaton'



Pääosa kustannuksista on kiinteitä tai tehosta riippuvia, kun taas tulot riippuvat energiasta => nykyinen hinnoittelumalli heikosti kustannusvastaava.

Typical DSO tariffs in Finland

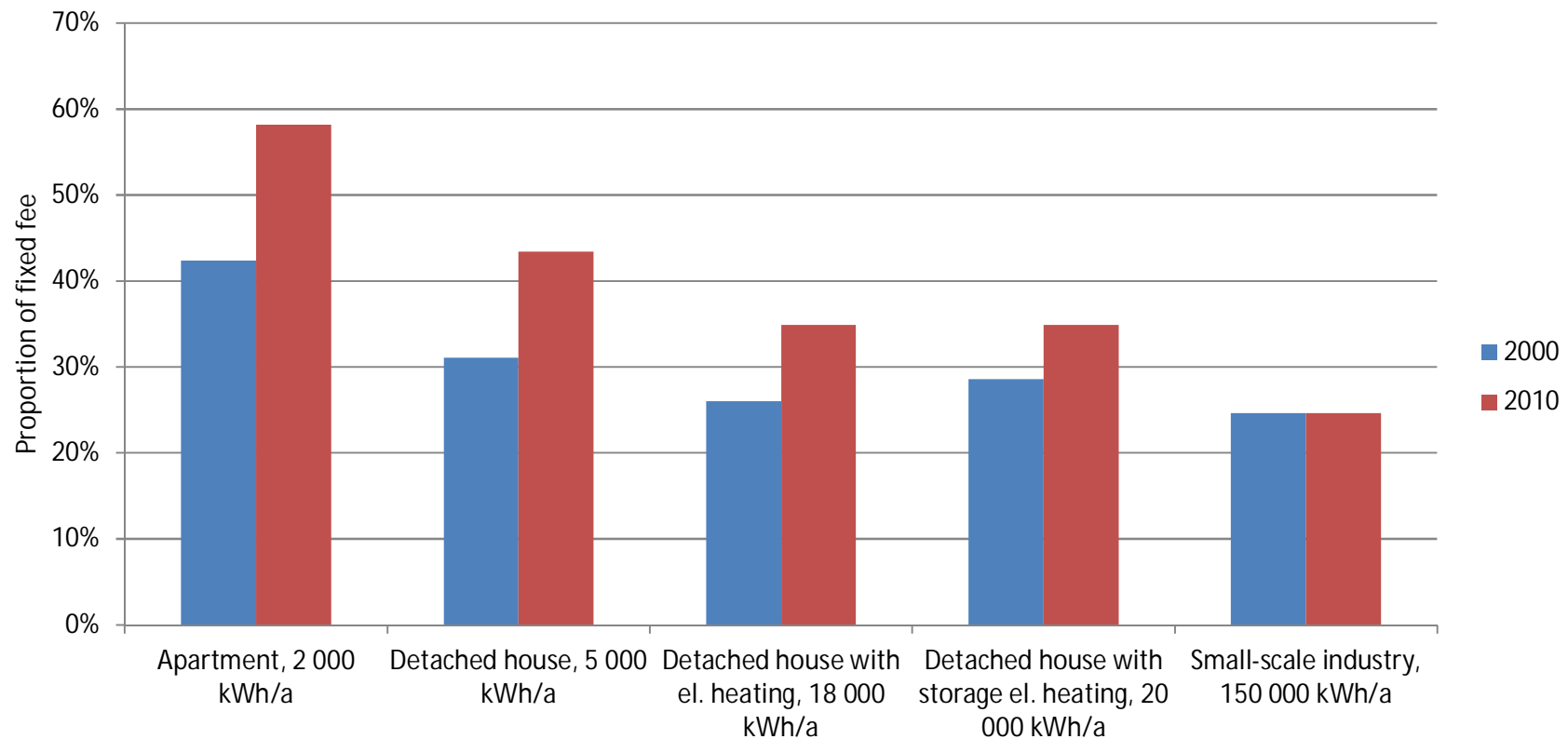
- Typical tariff structure of a Finnish DSO is energy based tariff combined with a fixed fee, which is typically dependent on the size of the main fuse (cents/kWh + €/month)
- The proportion of the fixed and energy based fees vary between the companies and customer types
- The revenue of the DSOs is regulated by the authority, but DSOs may decide their tariff structures freely



DSO tariffs of Finnish distribution companies (90 companies, 138 tariffs) for typical residential customers (main fuse 3*25 A) in year 2012. *Source: Finnish Energy Market Authority*

Typical DSO tariffs in Finland

- In average, the proportion of the fixed fee varies between 25 % to 58 %, depending on the customer type (situation at year 2010)
- The proportion of the fixed fee has increased during the past years



Average proportion of energy based fee and fixed fee for different customer types in Finnish DSOs in year 2010.

Source: Finnish Energy Market Authority

Taustaa – miksi tariffirakenteen kehittämistä tarvitaan

- Nykyinen sähkönjakelun energiaperusteinen hinnoittelumalli ei ole kustannusvastaava
 - Hinnoittelu riippuu energiasta, kustannukset lyhyellä aikavälillä vakiot pitkällä aikavälillä riippuvat pääosin mitoitustehosta
 - Puutteelliset ohjausvaikutukset loppukäyttäjille
 - Haasteita erityisesti muutostilanteessa.
- Nykyinen hinnoittelumalli ei kannusta verkkokapasiteetin tehokkaaseen käyttöön
- Kysynnänjoustossa intressiristiriita verkon ja markkinan välillä. Tätä on mahdollista lieventää kehittämällä verkkotoiminnan hinnoittelumallia.
- Yhteiskunnan kannalta **tavoitteena on koko energiajärjestelmän sosioekonomisten kustannusten minimointi** (eli resurssitehokas ja ilmastoneutraali kokonaisjärjestelmä)
 - Jakeluverkon näkökulmasta keskeistä on kapasiteetin hyvä käyttöaste
 - Järjestelmän näkökulmasta joustavien resurssien tulee osallistua tehotasapainon ylläpitoon erilaisilla aikajänteillä, eli day-ahead, intraday, ja reservimarkkinoilla
 - Kokonaisoptimin kannalta keskeistä on kustannusvastaava hinnoittelu sekä verkossa että markkinalla

Background

Conflict of interests in demand response – impacts of market based load control to peak loads of transformers

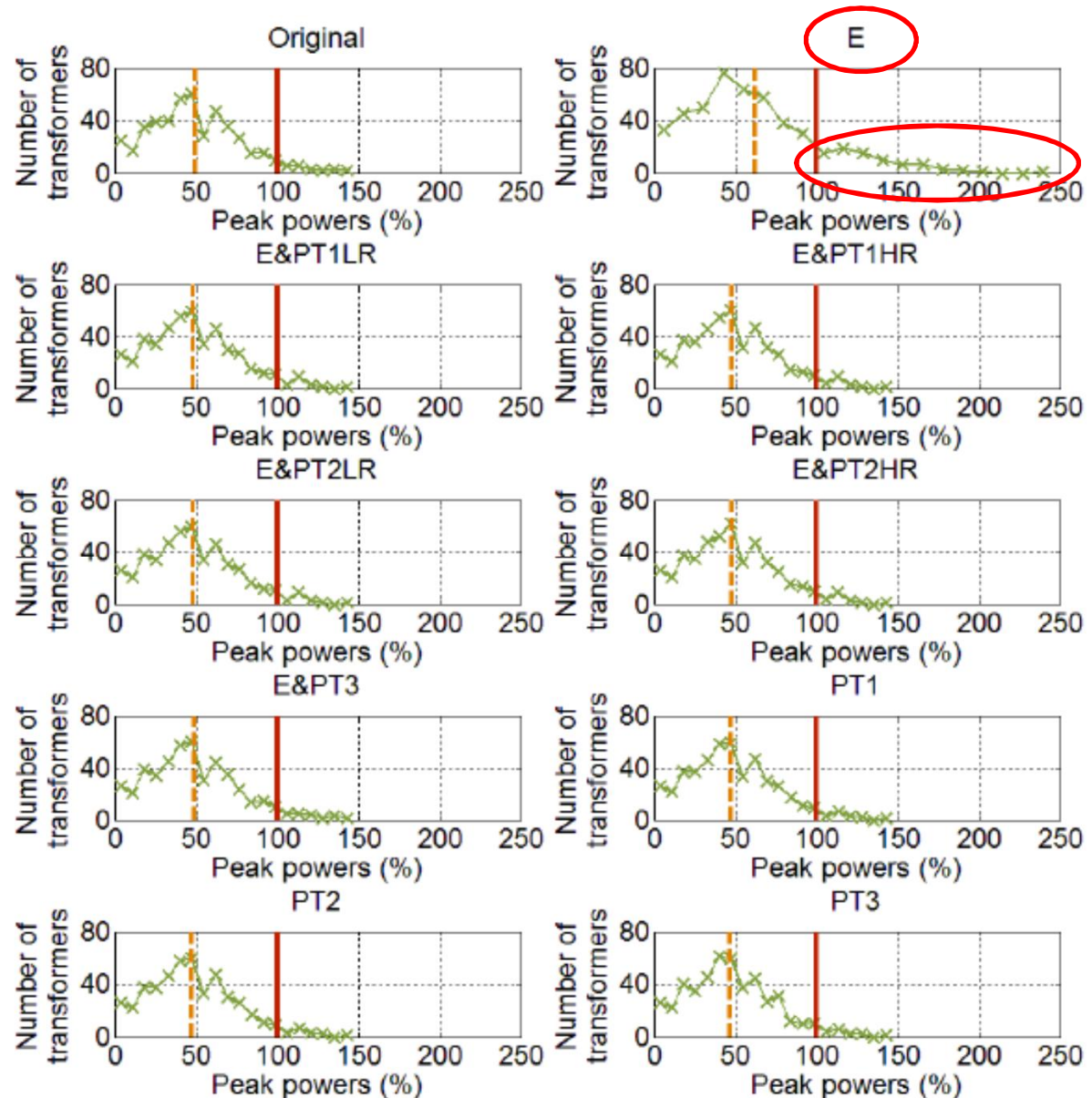
Case network area

457 km MV network

793 km LV network

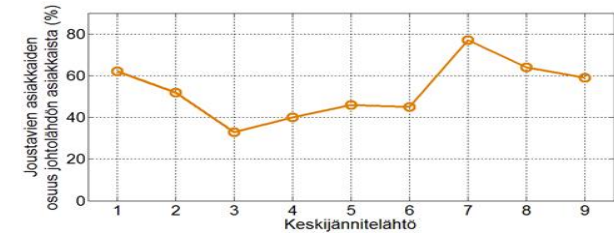
469 MV/LV transformers

7 612 customers



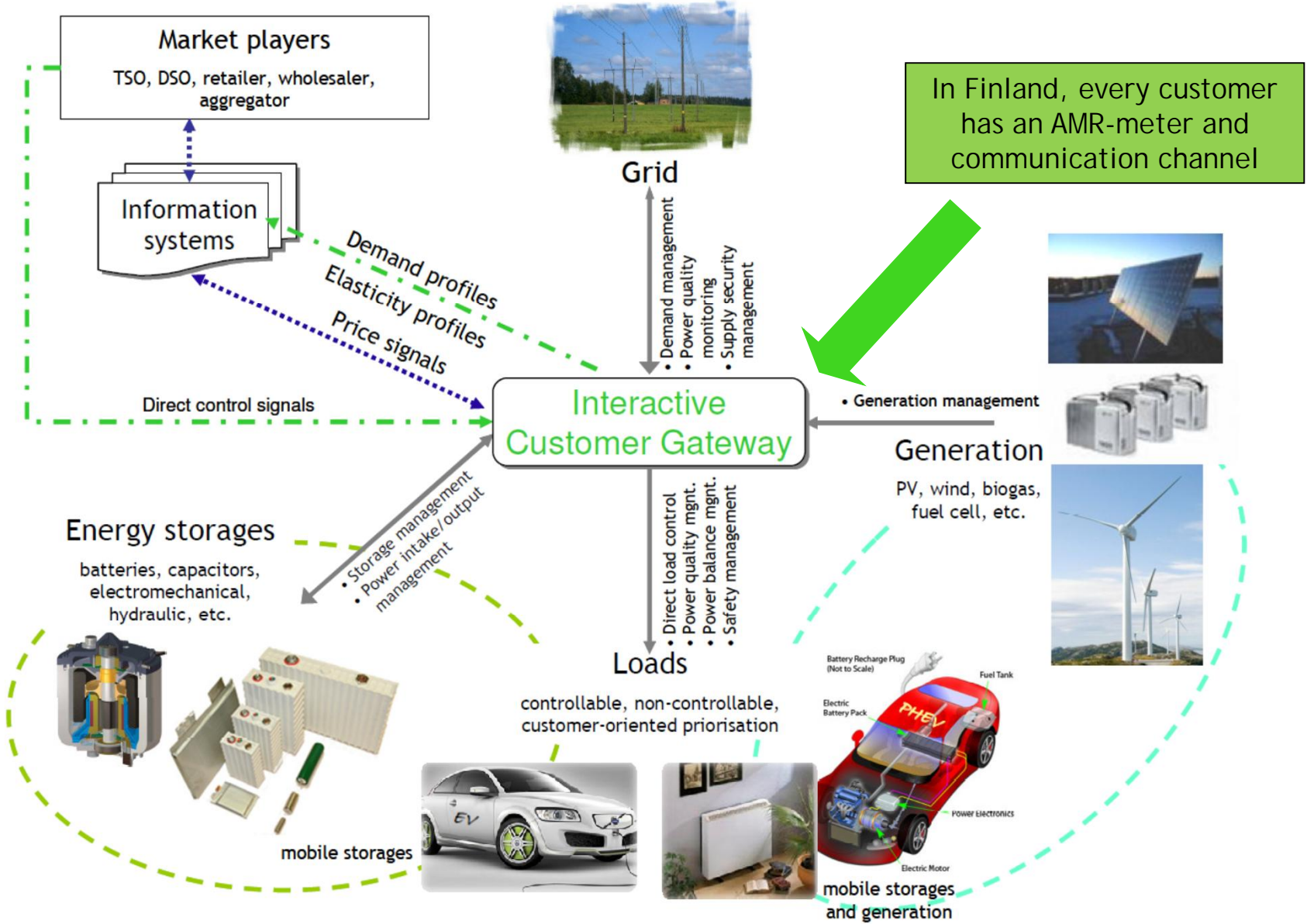
Source: Rautiainen, A. "Aspects of Electric Vehicles and Demand Response in Electricity Grids". D.Sc. (tech.) thesis. Tampere University of Technology 2015.

Keskijännitelähtöjen ja päämuuntajien huipputehot



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	M1	M2
Alkup.	1.4	0.9	2.6	3.0	0.5	4.0	3.6	2.7	4.5	8.31	13.74
E	2.3	1.5	4.3	5.3	1.0	6.9	7.8	3.3	6.2	14.40	24.19
EPT1LR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.5	8.78	14.66
EPT1HR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.5	8.84	14.70
EPT2LR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.5	8.78	14.66
EPT2HR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.6	8.89	14.73
EPT3	1.4	0.9	2.8	3.2	0.6	3.7	3.9	2.7	4.8	8.82	14.40
PT1	1.3	0.9	2.6	3.0	0.5	3.9	3.3	2.7	4.6	8.18	13.85
PT2	1.3	0.9	2.6	3.0	0.5	3.9	3.3	2.7	4.6	8.18	13.85
PT3	1.3	0.9	2.6	3.0	0.5	3.7	3.2	2.8	4.6	8.11	14.01
EPBGB	1.7	1.1	3.3	3.9	0.7	4.9	4.9	2.6	5.0	10.73	17.20
EPBBB	1.8	1.2	3.5	4.2	0.8	5.3	5.4	2.6	5.2	11.47	18.45

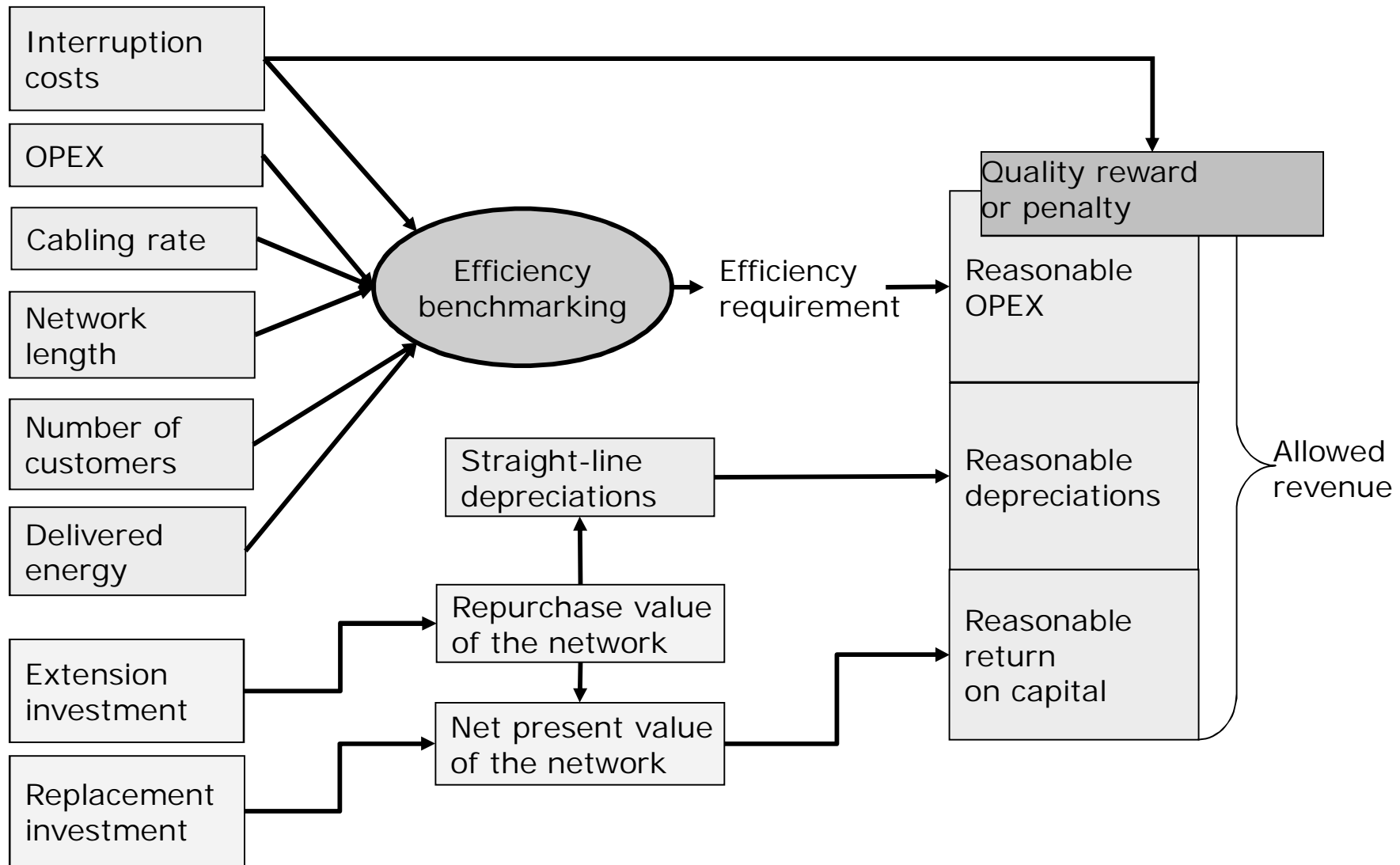
Smart grids and interactive customer gateway



Reunaehdot tariffien määrittämiselle

- Jakeluverkon tulee toimia **markkinapaikkana sähkömarkkinalle** ja mahdollistaa hajautettujen resurssien markkinoille osallistumisen
- Tavoitteena tulee kuitenkin olla energiajärjestelmän **sosioekonomisten kokonaiskustannusten minimointi**
- Sähkönsiirron hinnoittelu tulee olla kokonaisuudessaan kohtuullista ja kustannusvastaavaa => aiheuttamisperiaatteen mukainen hinnoittelu
- Kohtuullisuutta valvotaan sääntelemällä liikevaihtoa (regulaattori määrittelee suurimman sallitun tuoton, kohtuulliset poistot sekä kohtuullisen opexin) => tariffirakenteen muutos vaikuttaa ainoastaan kustannusten kohdistumiseen, ei verkkoyhtiön liikevaihtoon tai tuottoon

Regulatory model applied in Finland (simplified illustration)



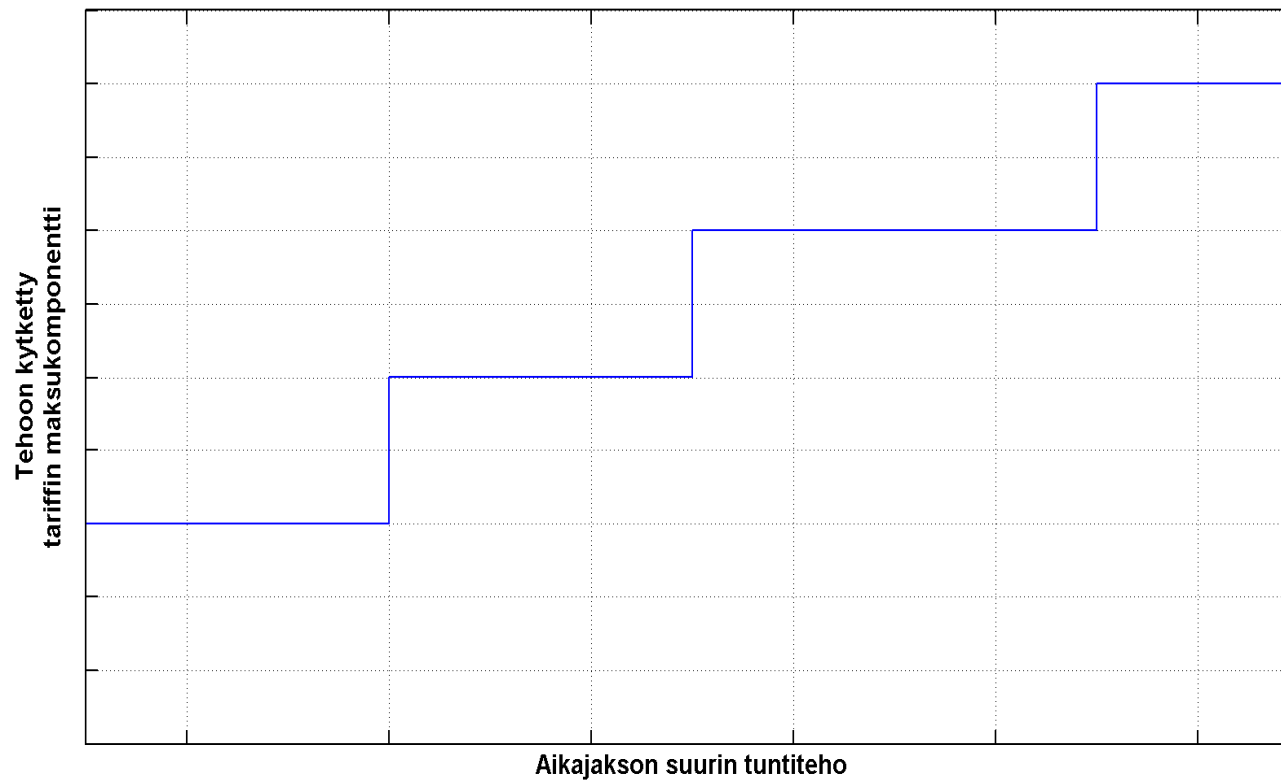
Projektissa tarkasteltavat tariffirakenteet

Siirtotariffi	Siirtomaksun suuruuden määräytymisperuste		
	€/kk (tai €/a)	snt/kWh	€/kW
Kiinteä vuosimaksu	x		
Kiinteä perusmaksu ja kulutusmaksu	x	x	
Sulakeporrastettu perusmaksu ja kulutusmaksu	x	x	
Tehorajatariffi (ns. kaistahinnoittelu)			x
Tehorajatariffi kausijaolla (ns. kaistahinnoittelu)			x
Kaksiporrastatariffi	x	x	(x)
Kolmiporrastatariffi	x	x	(x)
Pienasiakkaan tehotariffi kynnysteholla	x	x	x
Pienasiakkaan tehotariffi	x	x	x

x = Sisältyy siirtotariffirakenteeseen
(x) = Saattaa sisältyä siirtotariffirakenteeseen

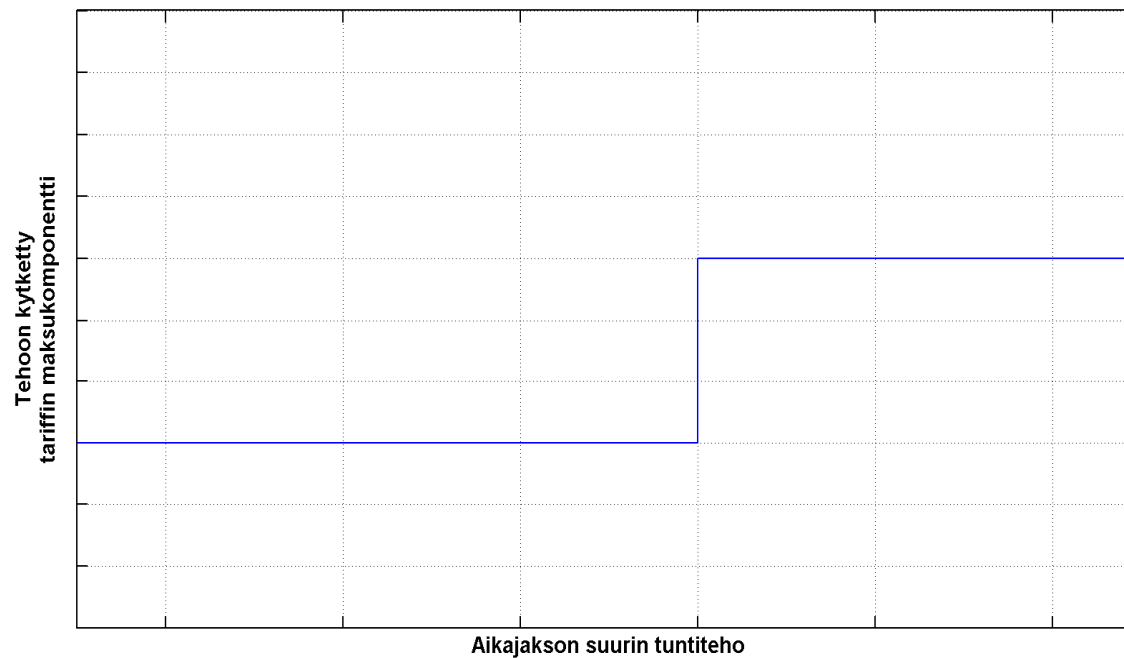
Tehorajatariffi (ns. kaistahinnoittelu)

- Hinta perustuu sovittuun tilaustehoon
- Etukäteen määritellyt tehokaistat (vrt. laajakaistaliittymä) esim. 5 kW, 8 kW jne
- Vuotuinen, kuukausittainen tai kausihinnoittelu



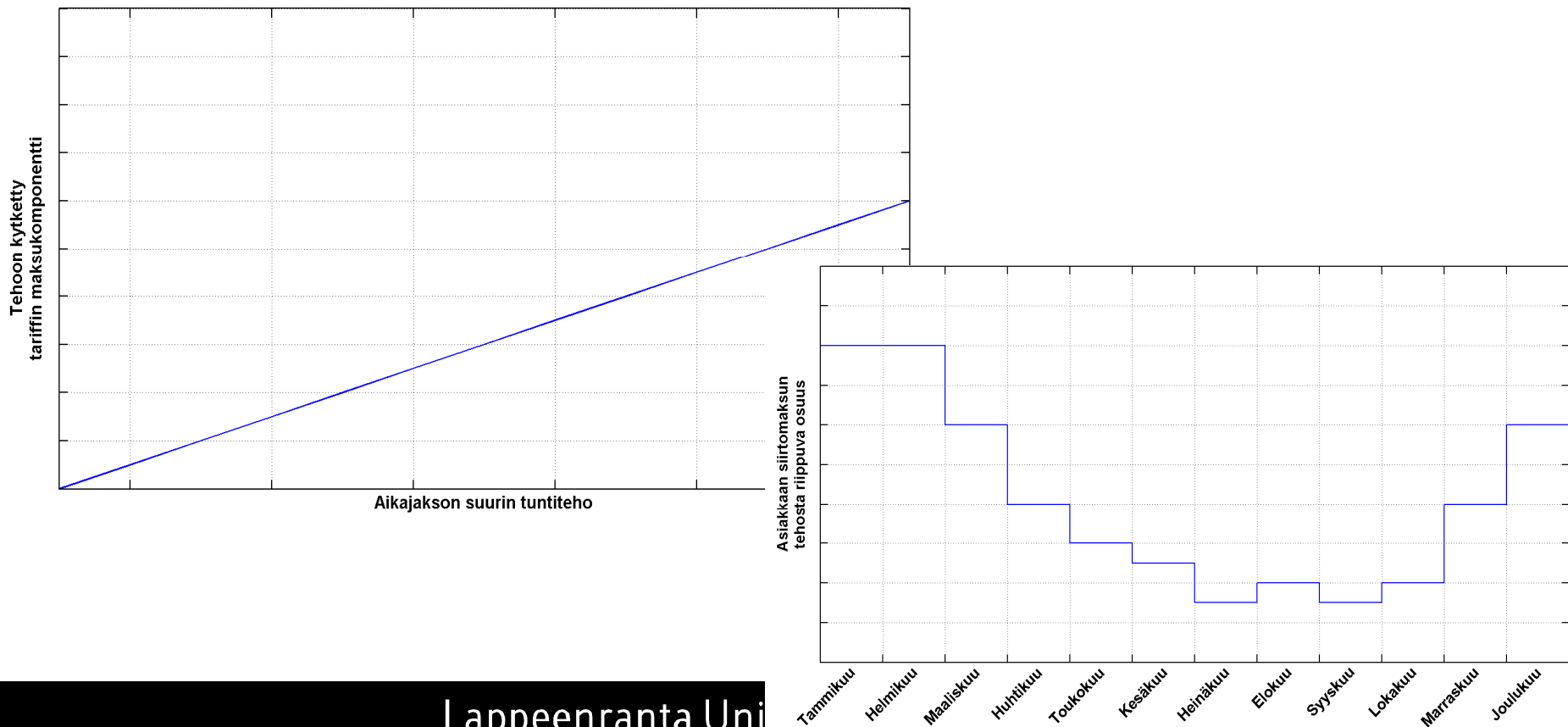
Porrastariffi

- Analoginen tuote nykyisen kaksiaikatariffin suhteen, mutta energianhinta ei riipu ajasta vaan asiakkaan käyttämästä tehosta
- Etukäteen määritetyn tehorajan jälkeen hinta on korkeampi
- Voi sisältää myös useamman portaan (korkein porrastariffi voi aktivoitua esim. muutaman kerran vuodessa, critical peak pricing)



Pienasiakkaan tehotariffi

- Samanlainen kuin nykyisin suuremmille asiakkaille tarjolla oleva tehotariffi
- Sisältää perusmaksun (€/kk), tehomaksun (€/kW,kk) ja energiamaksun (snt/kWh)
- Tehomaksu perustuu mitattuun tehoon (esim. kuukauden suurin teho tai suurimpien tehojen keskiarvo)
- Voi sisältää myös nk. kynnystehon, jolloin perusmaksu kattaisi pienen asiakkaan tehontarpeen



Tutkimuksen toteutus

1. Analysoidaan jakeluverkkotariffin muodostaminen käytännössä aiheuttamisperiaatteen mukaisesti, erityisesti tarkastellaan tehokomponentin sisällyttämistä tariffiin.
 - Tarkastellaan erilaisten tariffien toteutettavuutta yleisten tariffeille asetettujen vaatimusten näkökulmasta
 - Muodostetaan tariffit esimerkkialueille
2. Analysoidaan tariffirakenteen vaikutukset eri osapuolille
 - Asiakas, verkkoyhtiöt, sähkön myyjä / aggregaattori, yhteiskunta
 - Vaikutusmekanismien analysointi sekä simulaatiot todellisilla asiakkaiden kulutusmittauksilla ja erilaisilla esimerkkiverkkoalueilla
 - Tariffien kustannus- ja ohjausvaikutukset eri osapuolten ja erilaisten resurssien (ohjattavat kuormat, hajautettu tuotanto, energiavarastot...) näkökulmista
 - Eri tariffirakenteiden sosioekonomiset kokonaiskustannukset
3. Määritetään siirtymäreitti uudentyyppiseen tariffirakenteeseen

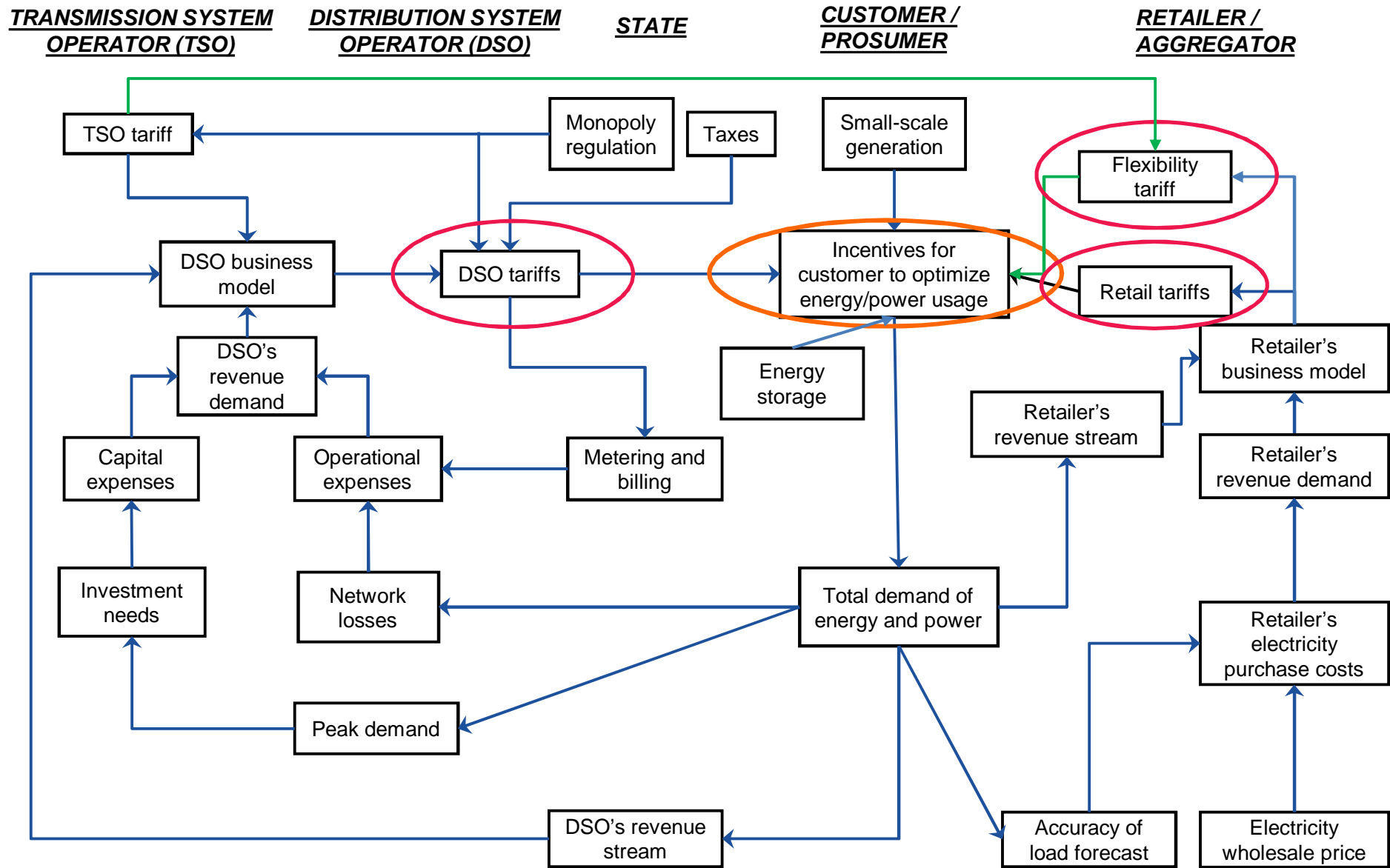
Tariffien vaikutusanalyysien näkökulmat

Näkökulma	Selite
Asiakas	Asiakasvaikutusten tarkastelu. Tässä on huomioitu erilaisia seikkoja, kuten eri asiakkaiden välillä tapahtuva ristosubventio sekä esimerkiksi hajautetun tuotannon, energiavarastojen ja energiatehokkuuteen tehtyjen panostusten kannattavuus asiakkaan näkökulmasta.
Sähköverkkoyhtiö	Vaikutukset sähköverkkoyhtiön liiketoimintaan ja verkostovaikutukset.
Sähkö myyjä	Siirtotariffin vaikutukset myyjän näkökulmasta (esim. estääkö siirtotariffi myyjän toimintaa jollakin tapaa), myyjän toiminnan kehittämismahdollisuudet.
Hajautettu tuotanto	Tarkasteltu siirtotariffien vaikutuksia erilaisia ratkaisuja tarjoavien toimijoiden näkökulmista (esim. sisältääkö siirtotariffi kannusteita hankkia omaa sähköntuotantoa vai laskeeko siirtotariffi tuotannon hankkimisen kannattavuutta?).
Energiavarastot	Tarkasteltu siirtotariffien vaikutuksia erilaisia ratkaisuja tarjoavien toimijoiden näkökulmista (esim. sisältääkö siirtotariffi kannusteita hankkia energiavarastoja vai laskeeko siirtotariffi näiden hankkimisen kannattavuutta?).
Kysynnänjoustopalvelut	Tarkasteltu siirtotariffien vaikutuksia erilaisia ratkaisuja tarjoavien toimijoiden näkökulmista (esim. sisältääkö siirtotariffi kannusteita hankkia kysynnänjoustopalveluita?).
Yhteiskunta	Tarkasteltu siirtotariffien vaikutuksia ja kannustavuutta energia- ja resurssitehokkuuteen huomioiden pitkän aikavälin kustannustehokkuus sähköenergiajärjestelmän osalta, ei pelkästään jakeluverkon näkökulmasta.

Tariffien valintaan vaikuttavat kriteerit

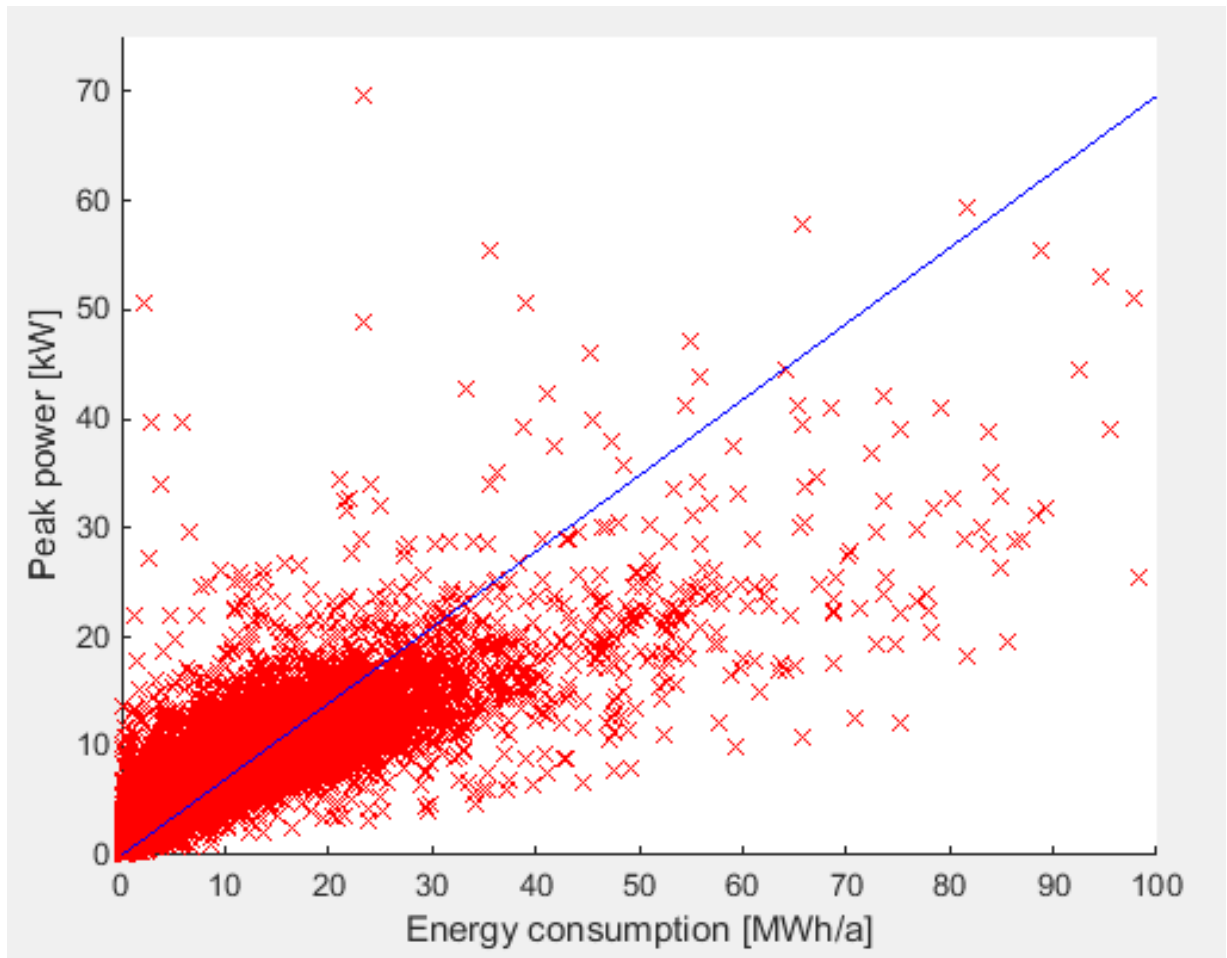
Kriteeri	Kuvaus
Kustannusvastaavuus	Kustannusvastaavuudella tässä yhteydessä tarkoitetaan sitä, että tariffirakenne heijastaa hyvin sähköverkkoyhtiön kustannusrakennetta pistehinnoittelun sallimissa rajoissa. Tämä seikka tukee tariffien oikeudenmukaisuutta ja tasapuolisuutta eri asiakkaita kohtaan. Toiseksi siirtotariffeilla tulee voida generoida riittävä liikevaihto, joka mahdollistaa sähköverkkoyhtiön toimintaedellytykset.
Neutraalius muita markkinaosapuolia kohtaan	Tällä kriteerillä tarkoitetaan sitä, että siirtotariffirakenteen ei tulisi muodostaa esteitä tai rajoitteita muiden markkinaosapuolten (esim. kysyntäjoustopalveluiden) toiminnalle. Tässä tulee varmistaa se, että siirtotariffilla ei estetä näiden markkinaosapuolten toimintaa tulevaisuudessa sähköverkon teknisten rajojen puitteissa.
Ohjaavuus	Tämän kriteerin ajatus on se, että siirtotariffi on yksi osatekijä asiakkaan kannustamisessa kohti kokonaistehokasta sähkökäyttöä, joka johtaa pitkällä aikavälillä sähkövoimajärjestelmän kokonaiskustannusten pienenemiseen. Siirtotariffi mahdollistaa sen, että asiakas kykenee omilla toimillaan ja päätöksillään vaikuttamaan siirtomaksunsa suuruuteen.
Toteutettavuus	Toteutettavuudella tarkoitetaan sitä, että tariffirakenteen tulisi olla toteutettavissa kohtuullisin kustannuksin. Tariffin perustoiminta tulisi olla käyttöönotettavissa kustannustehokkaasti ja mahdollisimman pitkälle nykyisiä ja näköpiirissä olevia tulevaisuuden järjestelmiä ja infrastruktuuria (esim. tulevan mittarisukupolven ominaisuudet) hyödyntämällä, jotta sen käyttöönotto ei aiheuttaisi kohtuuttomia kustannuksia sähköverkkoyhtiölle ja asiakkaille. Uudessa tariffirakenteessa tulisi huomioida myös asiakasviestintä.
Yhteensopivuus	Yhteensopivuudella tarkoitetaan sitä, että siirtotariffirakenne ei sisällä ylitsepääsemättömiä rakenteellisia ristiriitoja esimerkiksi sähkön myyjän tarjoamien nykyisten, sekä myös mahdollisten uusien tariffien kanssa. Tässä kriteerissä tulee huomioida myös muiden osapuolten tulevaisuuden hinnoittelun kehitysmahdollisuuksien suunta.
Ymmärrettävyys	Ymmärrettävyydellä tarkoitetaan sitä, että tariffirakenne, eli säännöstö, jonka mukaan siirtomaksu lopulta muodostuu, on riittävän johdonmukainen ja yksinkertainen. Asiakkaan tulee kyetä annetun hinnaston perusteella päättelemään oman siirtomaksunsa muodostumisperusteet riittävän helposti.

Interactions between stakeholders



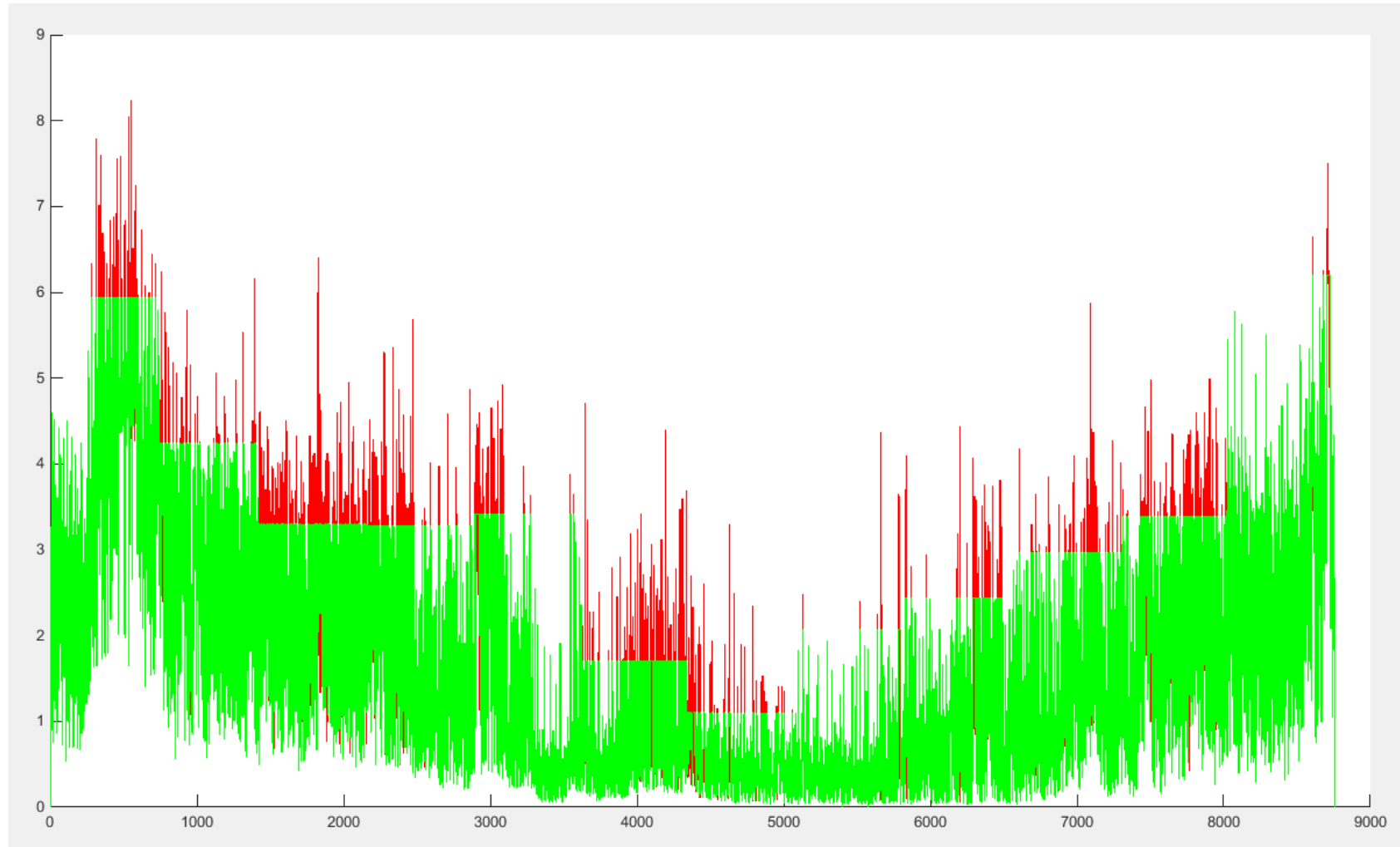
Erään esimerkkialueen asiakkaiden vuotuinen energian kulutus ja huipputeho

Kustannusvaikutus järjestelmälle



Siirtomaksu nykyisillä tariffeilla

Esimerkki kuukausittaisen tehohuipun leikkaamisesta 5 kWh akulla



www.greencampus.fi

Kiitos!

D.Sc. Samuli Honkapuro

LUT Energy

Lappeenranta University of Technology

Lappeenranta, Finland

Samuli.Honkapuro@lut.fi

Lappeenranta University of Technology (LUT)