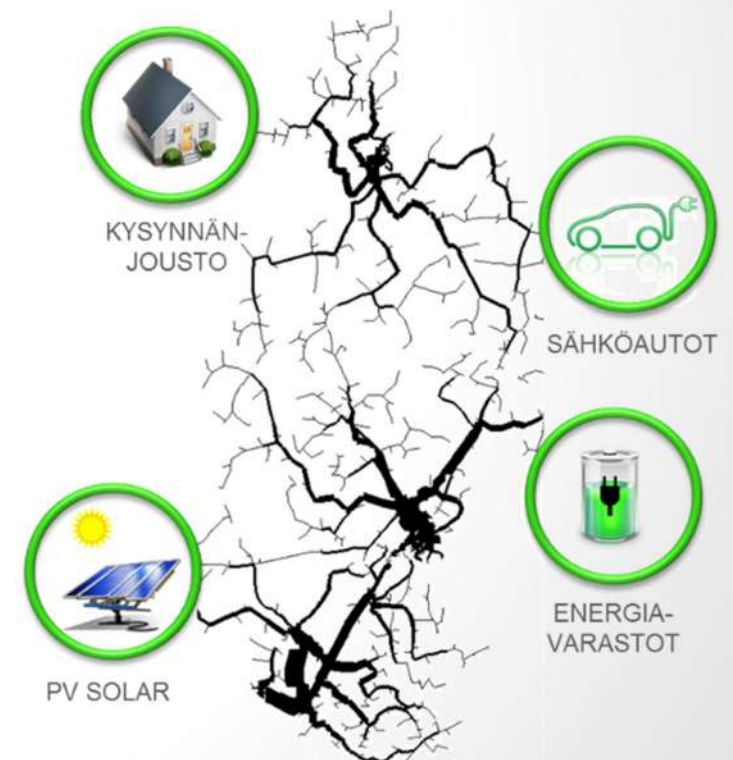
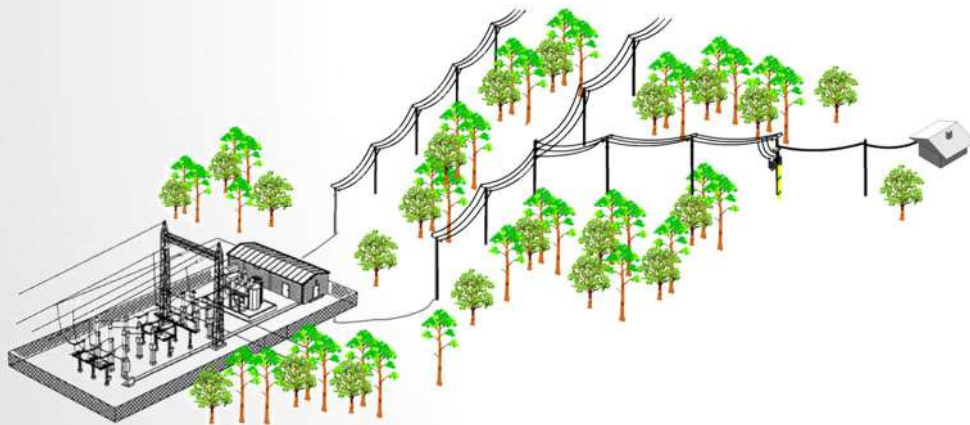


Haja-asutusalueiden sähköverkko ja sähköasiakas 2030



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Loppuseminaari 7.2.2019

- **10.00 Tutkimushankkeen taustat ja toteutus**

- Päivän avaus ja ohjelman esittely, Jarmo Partanen (LUT)
- Yhtiöpuheenvuoro, Arto Gylén (PKS Sähkönsiirto Oy)
- Projektin kulku, aineistot ja menetelmät, Jukka Lassila (LUT)

- **10.45 Sähköasiakas 2030 – Siirretäänkö jatkossa energiaa vai tehoa?**

- Haja-asutusalueille kohdistuvat muutostekijät
- Energia ja teho - alueellisen sähkönkäytön kehittyminen

11.30 Lounas

- **12.30 Haja-asutusalueen sähkönjakelu 2030 – Tarvitaanko verkkoja?**

- Verkkojen kuormittuminen nyt ja vuonna 2030
- Toimitusvarmuusvaatimuksiin vastaavat elinkaarikustannustehokkaat ratkaisut
- Joustavat elementit kapasiteetin ja toimitusvarmuuden kehittämisessä
- Omaisuudenhallinnan ja verkostosuunnittelun uudet lähtökohdat
- Tehopohjaisesta hinnoittelusta apua alalle?

14.15 Kahvit

- **14.30 Tuloksista hyödynnettävää koko toimialalle?**

- Katsaus avoimiin aineistoihin
- Tutkimustyön jatkoajatuksia
- Päivän yhteenveto

- **15.00 Päätös**

TERVETULOA!



Hankkeen taustat

PKSS

Arto Gylen

Haja-asutusalueiden sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Hankkeen taustat

R4-yhtiöiden lähtökohdat (v. 2016)

- Taajamien kaapelointi valmis v. 2019
- Investointien painopiste siirtyy haja-asutusalueelle v. 2020 alkaen
- Haja-asutusalueen verkkojen uusiminen toimitusvarmuustavoitteiden mukaiseksi yhteensä 2 miljardia euroa



Haja-asutusalueiden sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehtäväasettelu

Kuinka kehitetään kustannustehokkaasti haja-asutusalueiden sähkönjakelujärjestelmää ottaen huomioon asiakaskäyttötymisen muutokset, teknologian kehittyminen ja sähkömarkkinalain vaatimukset (käyttövarmuusvaatimukset).

Faktoja ja trendejä

- Lämpöpumppujen, pientuotannon, sähköautojen, energiavarastojen, tehoelektroniikan ja tiedonsiirron hintakehitys on aleneva.
- Itäsuomalainen maaseutu on erittäin harvaan asuttua ja maaseudun tyhjentymisen jatkuu.
- Esimerkiksi PKS Sähkönsiirto Oy:
 - vain 30 % asiakkaista sijaitsee alueella, jonka verkkopituus on 60 % yhtiön kokonaisverkkopituudesta.



Esimerkki: PKSS:n toimintaympäristö

1. VYÖHYKE

2. VYÖHYKE

3. VYÖHYKE

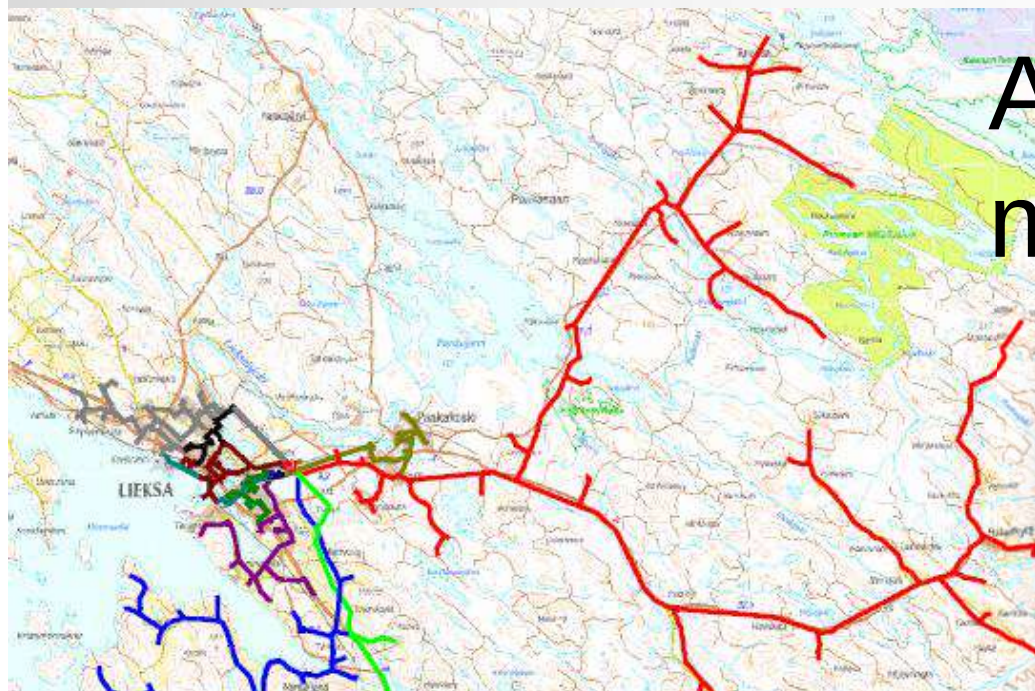
Vyöhykkeet 1 ja 2 yhteensä:

- 40 % verkostopituudesta
- 70 % asiakkaista
- 7 asiakasta/km

Vyöhyke 3:

- 60 % verkostopituudesta
- 30 % asiakkaista
- 2 asiakasta/km

Asiakastarpeiden muutosten vaikutus?



Asiakasmäärien kehittyminen?

MUUTTO TAAJAMIIN

MUUTTO
PÄÄKAUPUNKISEUDULLE

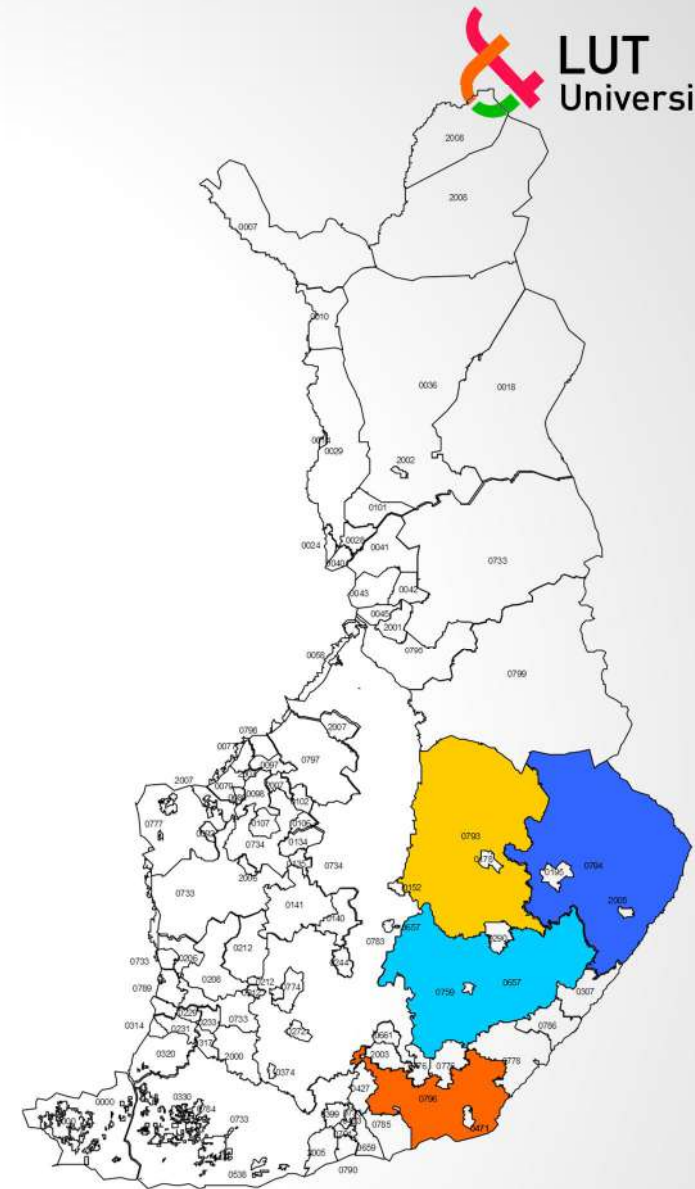
VÄESTÖN
IKÄÄNTYMINEN

YHTEENVETO

- Millä verkkorakenteella toimitusvarmuustavoitteet täyttyvät ja asiakkaiden siirtohinnot pysyvät kohtuullisina?

R4-yhtiöiden investoinnit yhteensä 2 miljardia euroa

Haetaan 0,5 miljardin säästöjä!



Projektijohtaja

Prof. Jarmo Partanen

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Analysointiprosessi

Verkkoyhtiö

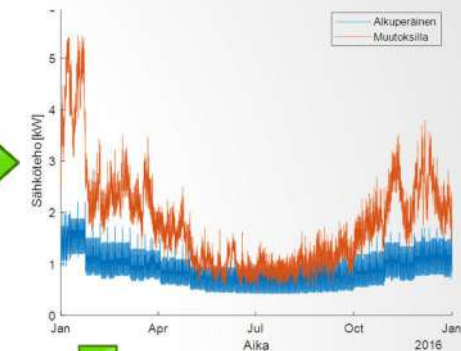
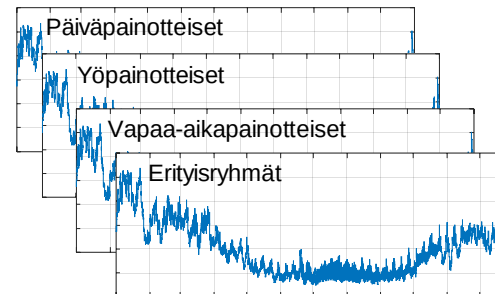
Sähköasiakas nykytilanne

Sähköasiakas 2030

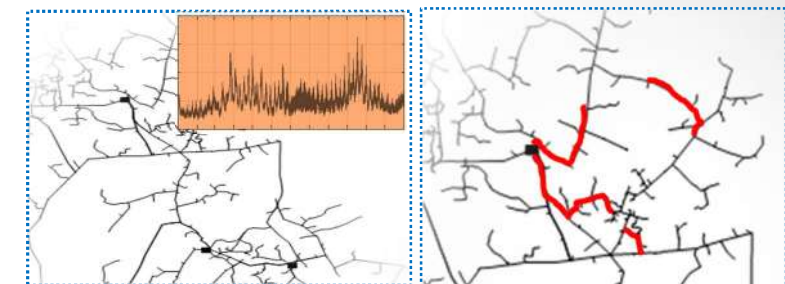


Sähkön käytön
mittaukset (AMR)

Aikaleima	30001030	30001034	30015134	300
1.1.2016 0:00	4,240	5,500	8,040	0,88
Aikaleima	30001030	30001034	30015134	300
1.1.2016 0:00	4,240	5,500	8,040	0,88
1.1.2016 0:00	4,240	5,500	8,040	0,88
1.1.2016 1:00	4,880	5,100	7,600	0,52
1.1.2016 2:00	4,240	5,880	6,620	0,60
1.1.2016 3:00	4,240	5,280	6,220	0,64
1.1.2016 4:00	4,320	4,620	6,160	0,34
1.1.2016 5:00	4,480	6,140	6,800	0,33
1.1.2016 6:00	4,480	5,540	7,400	0,30
1.1.2016 7:00	4,240	4,580	5,340	0,28
1.1.2016 8:00	4,560	5,320	5,660	0,33
1.1.2016 9:00	4,480	5,640	5,700	0,37
1.1.2016 10:00	4,720	4,820	5,600	0,35
1.1.2016 11:00	4,560	5,420	5,800	0,63
1.1.2016 12:00	4,480	5,720	5,580	0,46
1.1.2016 13:00	4,880	4,840	5,540	1,37
1.1.2016 14:00	4,560	6,260	5,980	0,96
1.1.2016 15:00	5,040	6,860	5,880	0,65
1.1.2016 16:00	4,640	5,760	5,960	0,48
1.1.2016 17:00	4,720	6,240	5,960	0,68



Kuormitus- ja verkstoanalyysit



- A. Järvi-Suomen Energia Oy
- B. Kymenlaakson Sähköverkko Oy
- C. PKS Sähkönsiirto Oy
- D. Savon Voima Verkko Oy

Taustatiedot

- Rakennustiedot
- Asiakaskyselyt
- Metsä- ja maaperä
- Muut tietokannat

TAUSTAA

Muutostrendit

- Hajautettu tuotanto
- Kysynnänjousto
- Energiavarastot
- Liikenteen sähköistyminen
- Hinnoittelumuutokset
- Lakimuutokset
- Lämmitystapamuutokset
- Muuttoliike
- Ilmastomuutos

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tarkastelualueet

	Käyttö- paikat	Muuntajat		Verkko [km]			Pj [km/as.]*	Huippu- teho [MW]	Vuosi- energia [GWh]	Asiakkaan huipputeho [kW/as.]	Asiakkaan vuosienergia [MWh/as.]*
		[kpl]	[as./m.]	Kj	Pj	pj/kj*					
Case A	1 995	258	8	335	548	164 % (209 %)	275 (177)	4,1	11,2	5,8	5,6 (9,0)
Case B	4 026	386	10	431	606	141 % (167 %)	151 (79)	14,6	49,5	8,3	12,3 (11,2)
Case C	1 988	391	5	562	449	80 % (124 %)	226 (139)	5,1	16,3	6,7	8,2 (10,6)
Case D	2 799	276	10	333	470	141 % (121 %)	168 (123)	11,6	31,6	8,6	11,3 (12,5)

Case A, vapaa-ajanasuntopainotteinen alue (JSE:n toimialueelta)

Suurin osa (85%) sähkönkäyttöpaikoista vapaa-ajan asuntoja

Case B, maatalouspainotteinen alue (KSOY-V:n toimialueelta)

Alueella merkittävä osuus maatiloja (30%) ja kotitalouksia (60%).

Case C, harvaan asuttu haja-asutusalue (PKSS:n toimialueelta)

Etäisyydet sähkönkäyttöpaikkojen kesken ovat pitkiä ja asuintiheys on matala. Sähkönkäyttöpaikat muodostuvat kotitalouksista (50 %), vapaa-ajan asunnoista (30 %) ja maatiloista (10 %).

Case D, kyläpainotteinen alue (SVV:n toimialueelta)

Kasvukeskuksen läheisyydessä sijaitseva alue sisältäen joitakin kyläkeskittymiä. Sähkönkäyttöpaikat muodostuvat kotitalouksista (60 %), vapaa-ajan asunnoista (30 %) ja maatiloista (10 %).



* Yhtiötason tunnusluvut suluisissa

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Kysyntäennuste 2030

Tarkastelualueita koskevat tulokset

BAU

	Case A	Case B	Case C	Case D	Case A	Case B	Case C	Case D
Vuosienergia ja nykyinen huipputeho	12,9 GWh	56,1 GWh	18,2 GWh	36,7 GWh	3,6 MW	14,3 MW	5,0 MW	10,4 MW
Muutostekijä (ja penetraatio)	Muutos energiassa v. 2030 [%]				Muutos huipputehossa v. 2030 [%]			
Aurinkosähkö (8 %)	-4,9	-2,3	-3,5	-2,4	0	0	0	0
Lämpöpumput (2–9 %)	-4,0	-1,8	-3,1	-2,7	-2,4	-0,6	-0,9	-0,8
Sähköautot (7 %)	+2,9	+1,4	+2,1	+1,5	+7,4	+3,4	+5,6	+1,0
Muutosten yhteisvaikutus	-6,0	-2,7	-4,5	-3,6	+5,5	+2,7	+4,9	+0,2

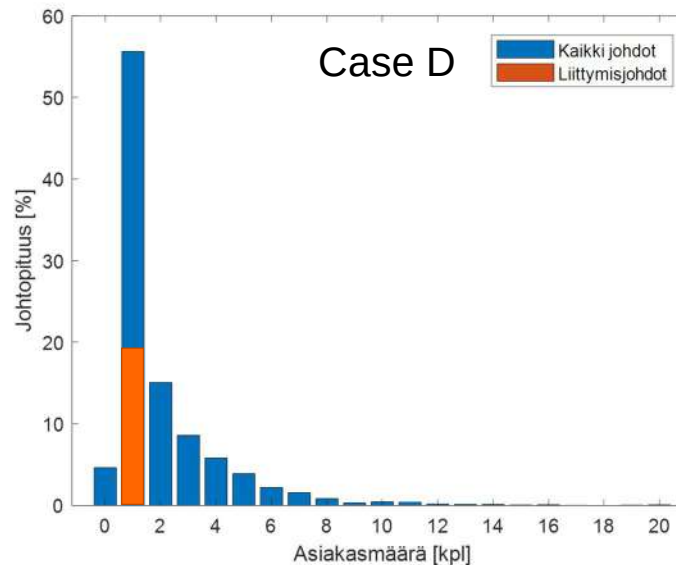
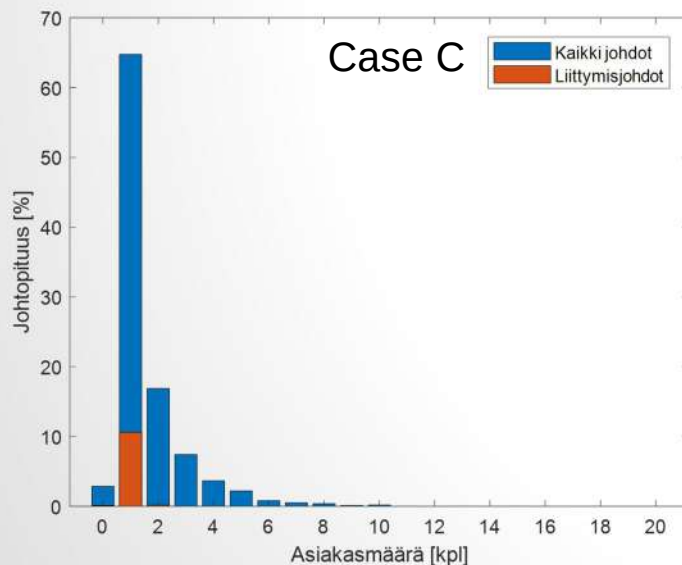
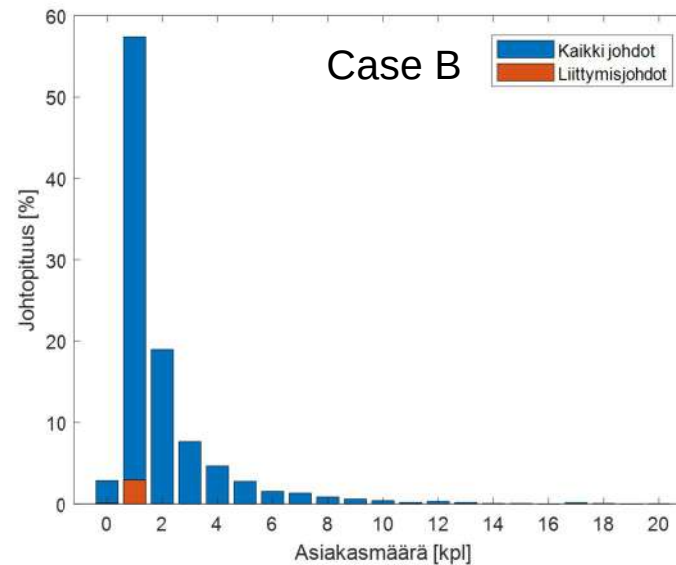
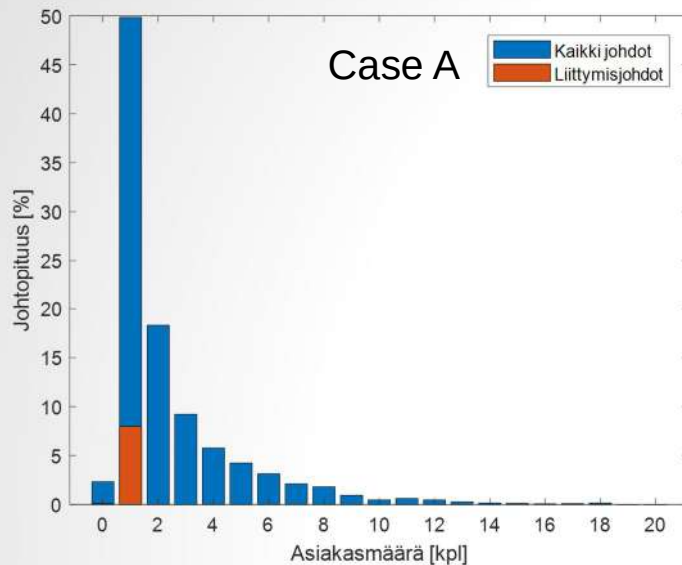
+++

Muutostekijä (ja penetraatio)	Muutos energiassa v. 2030 [%]				Muutos huipputehossa v. 2030 [%]			
Aurinkosähkö (35 %)	-21,7	-10,0	-15,3	-10,7	0	0	0	0
Lämpöpumput (4–18 %)	-4,7	-2,7	-3,8	-3,8	-2,0	-1,2	-1,3	-2,3
Sähköautot (30 %)	+12,5	+5,9	+8,9	+6,2	+21,6	+10,4	+14,7	+3,8
Muutosten yhteisvaikutus	-13,8	-6,9	-10,2	-8,2	+21,4	+9,2	+14,1	+1,7

HAJA-ASUTUSALUEEN SÄHKÖNJAKELU 2030 – MILLAISIA VERKKOJA?

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Pienjänniteverkkoanalyysi (yhden asiakkaan johdot)



Merkittävä osa jakeluverkko-omaisuudesta yhden käyttöpaikan pj-johtoja: selvitettävä näiden johto-osuuksien asiakkaiden

- **tulevaisuuden näkymät,**
- **johto-osuuksien iät,**
- **jännitejäykkyydet ja**
- **suurhäiriövarmuus (rakenne ja sijainti)**

Case D -alueella kokonaismäärätieto liittymisjohdoista, muilla case-alueilla tieto kohdennettu yksittäisiin johtoihin.

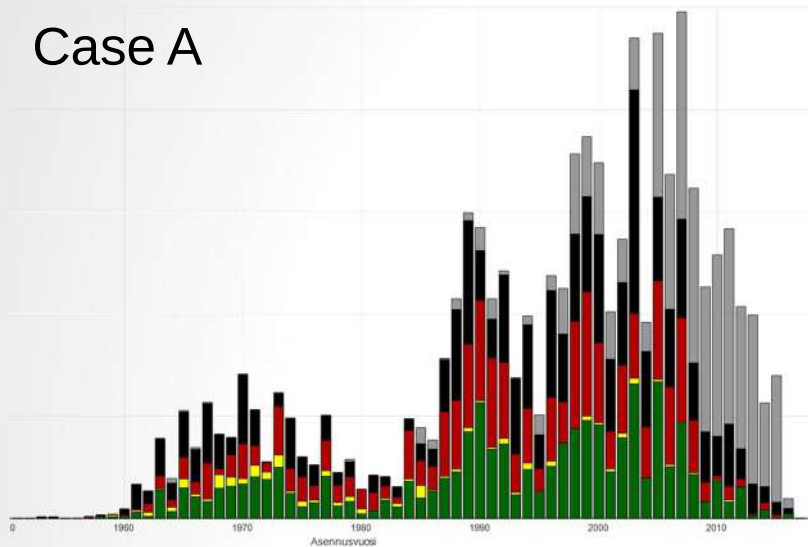
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon ikä ja sijainti (pienjännite)

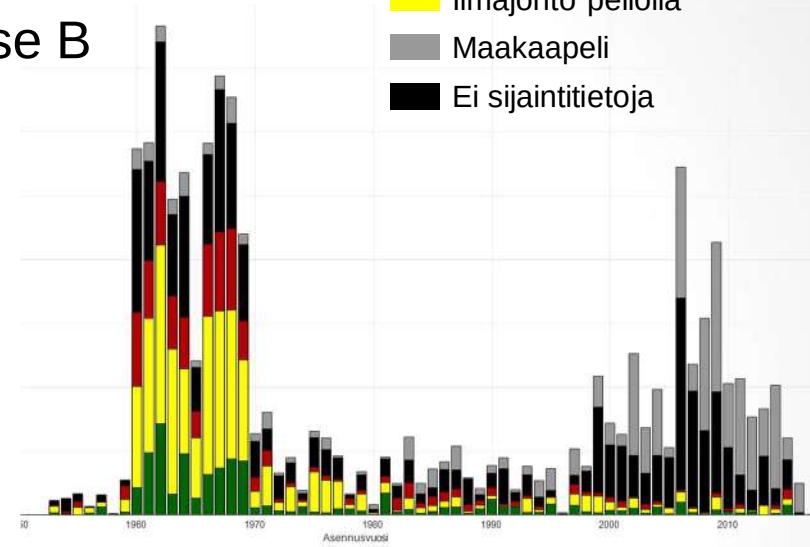
Verkkotyyppi

- Ilmajohto metsässä
- Ilmajohto tienvarressa
- Ilmajohto pellolla
- Maakaapeli
- Ei sijaintitietoja

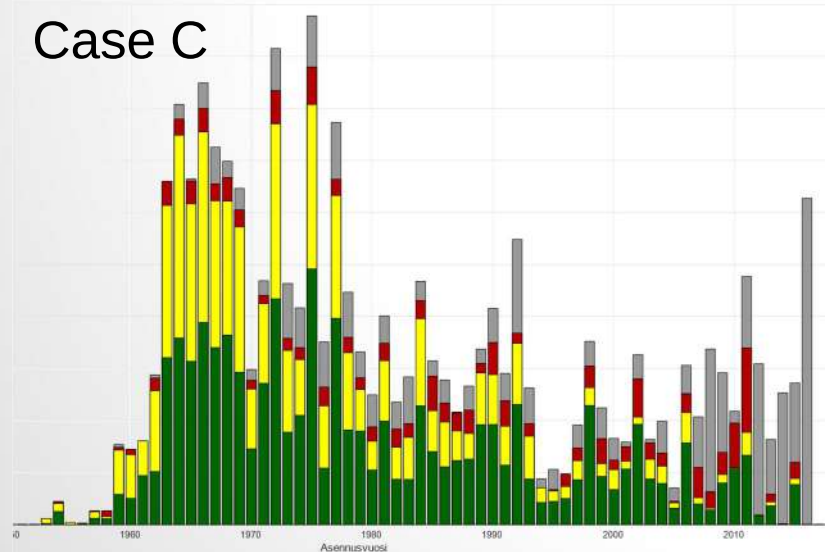
Case A



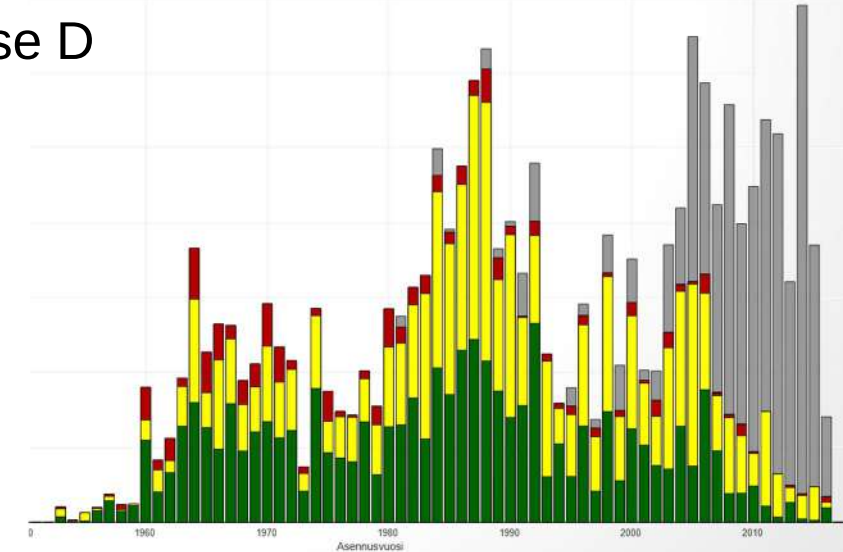
Case B



Case C

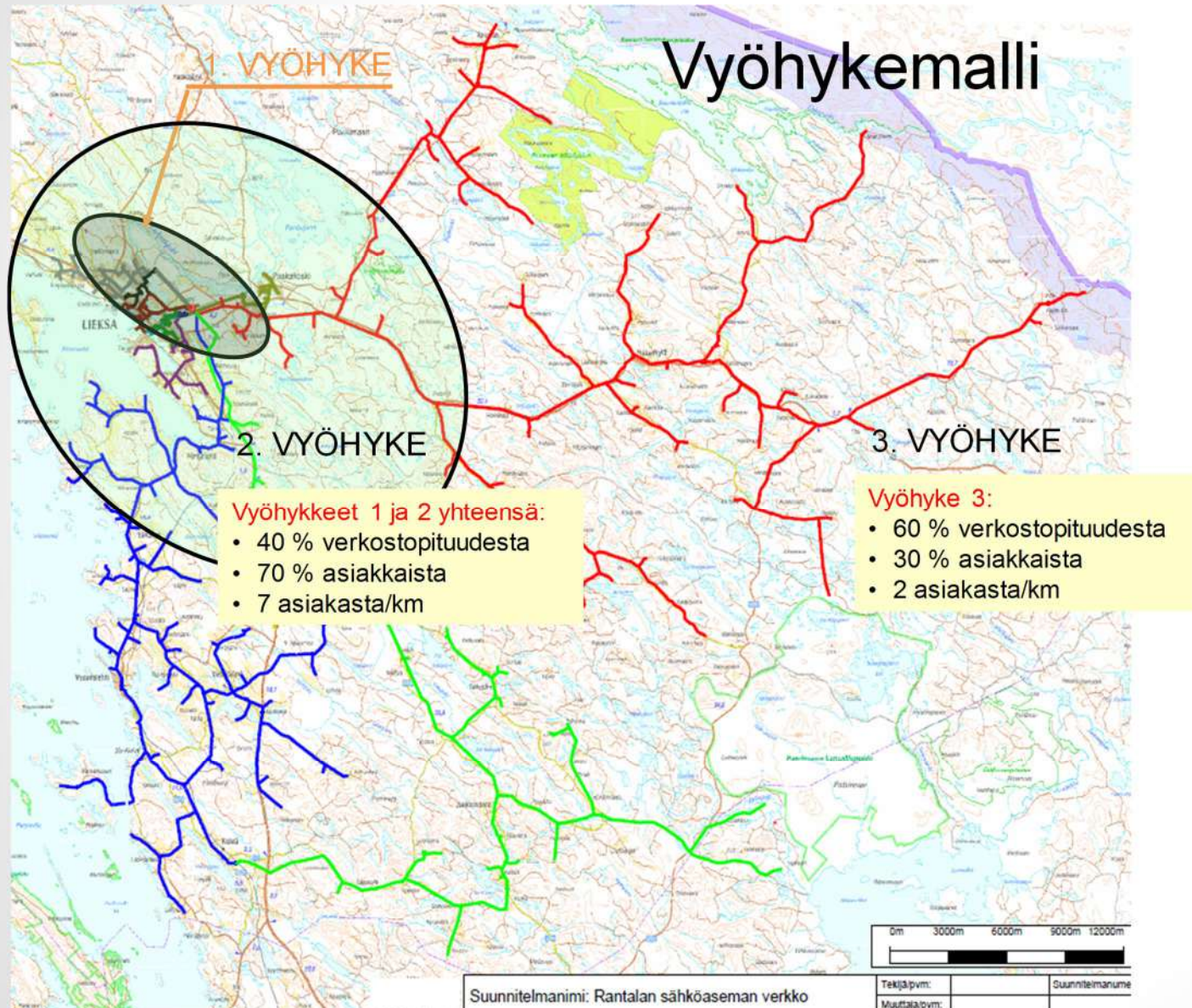


Case D



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

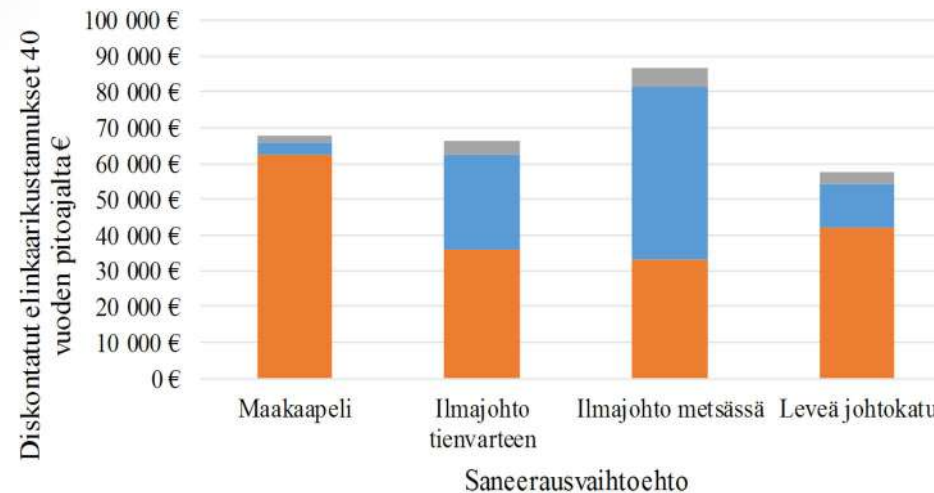
Verkkorakennevalinnat



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Investoinnit, esimerkkejä elinkaarikustannuksista

Haja-asutus, teho
800 kW

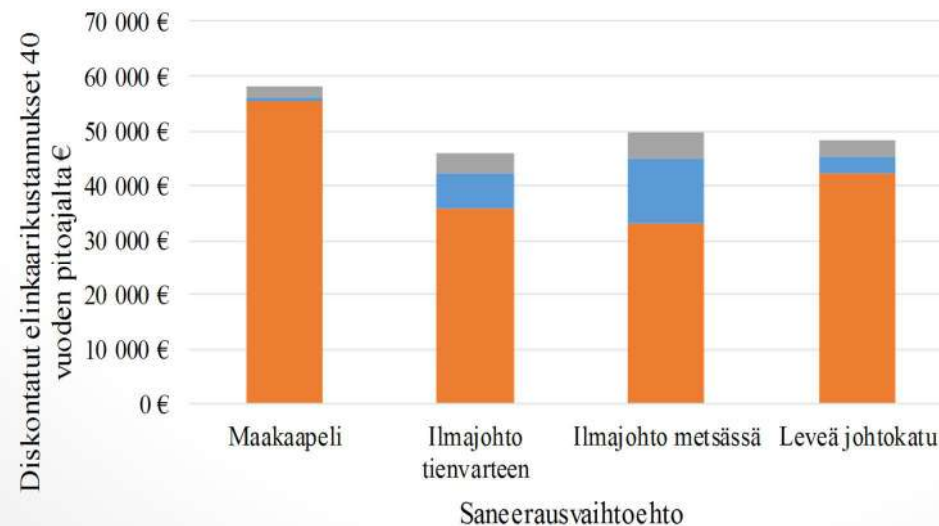


Selite

- Investoinnit
- KAH
- OPEX

Kunkin verkkoyhtiön on määritettävä omat toimintastrategiansa, joiden perustana ovat verkkoalueiden olosuhteet, asiakkaiden sähkönkäytön kehittyminen ja investointien rahoitusmahdollisuudet.

Haja-asutus, teho
300 kW



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkkorakenne – kustannusanalyysiä

Vertaillaan kokonaiskustannuksia kahdessa verkon kehitysstrategiassa koskien R4-yhtiöiden toimintaympäristöä

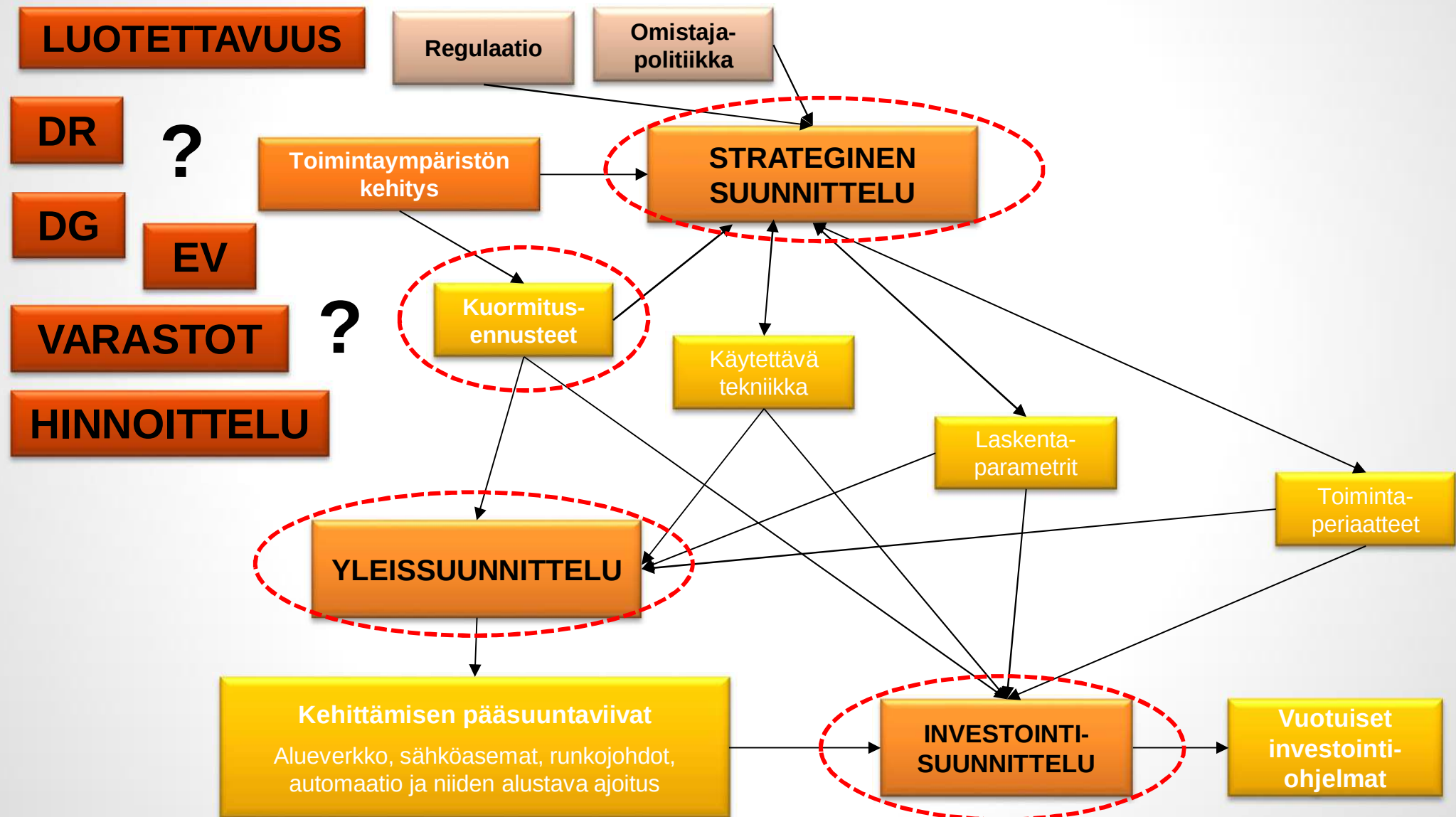
- A. Kj- ja pj-verkko kaapeloidaan siten, että toimitusvarmuusvaatimukset täyttyvät
- B. Pj-verkko kaapeloidaan ja kj-verkossa käytetään kaapelointia, tien varteen rakentamista sekä leveitä johtokatuja

Vaihtoehtojen kustannuserot A-B 40 vuoden aikajaksolta

1. Kokonaiskustannukset; +460 M€
 - Investoinnit +700 M€, operatiiviset kustannukset -40 M€, keskeytyskustannukset -200 M€
2. Nykyhetkeen 5 % korolla diskontatut kustannukset, +240 M€
 - Investoinnit +310 M€, operatiiviset kustannukset -10 M€, keskeytyskustannukset -60 M€

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijöiden huomioiminen suunnittelussa



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Avoimet aineistot

Aineistot:

- Hydrografia
- Kiinteistöt
- Demografia
- Maankäyttö
- Liikenneverkot ja -virrat
- Maanpeite
- Geologia
- Energiavarat
- Osoitteistot, paikannimet
- MML aineisto
- yms.



Aineistot:

- Tilastokeskus
- Energiavirasto
- Maanmittauslaitos
- FMI
- Energiateollisuus
- ...



Lisätietoja : <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/inspire-direktiivi>

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tutkimusryhmä ja yhtiöedustajat



Osahanke/yhtiö	PKSS	JSE	SVV	KSOY-V
Sähköasiakas	Raimo Toivanen	Antti Latsa	Auvo Lindgren	Juha Kaariaho
Maakaapeliverkko	Jukka Leppänen	Mika Matikainen Pentti Leinonen	Pekka Miettinen	Harri Nummenpää
Verkkoratkaisut	Jukka Ahonen	Mika Matikainen Antti Huttunen	Sami Viiliäinen	Tuomo Hakkarainen
Hankekokonaisuus	Arto Gylén	Arto Pajunen	Matti Ryhänen	Raimo Härmä

Projektin kulku, aineistot ja menetelmät, Jukka Lassila

Tavoite

Tavoitteena on löytää sellaiset sähkönjakelun ratkaisut harvaanasutulle alueelle, joissa toimitusvarmuusvaatimukset ja tulevaisuuden sähkön kysyntä on huomioitu kustannustehokkaasti

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Analysointiprosessi

Verkkoyhtiö

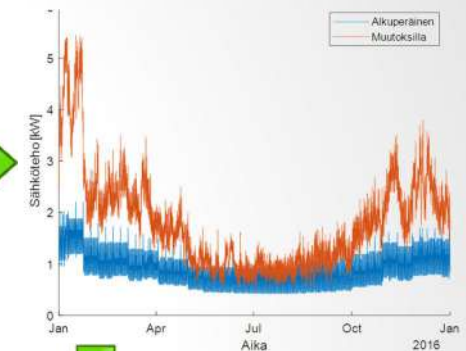
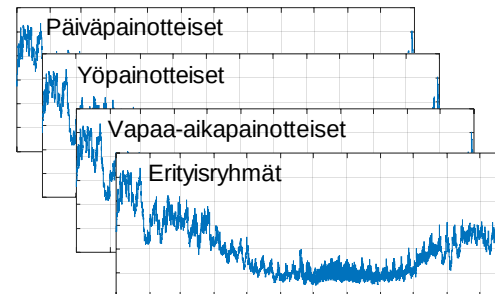
Sähköasiakas nykytilanne

Sähköasiakas 2030

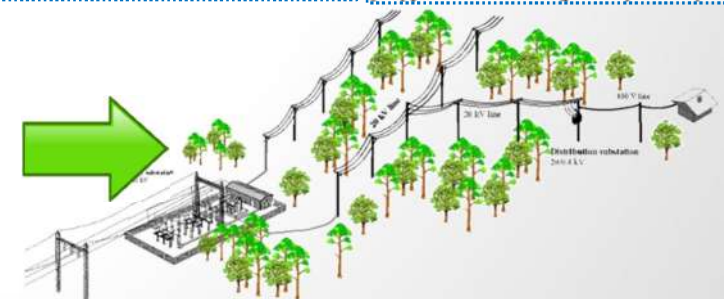
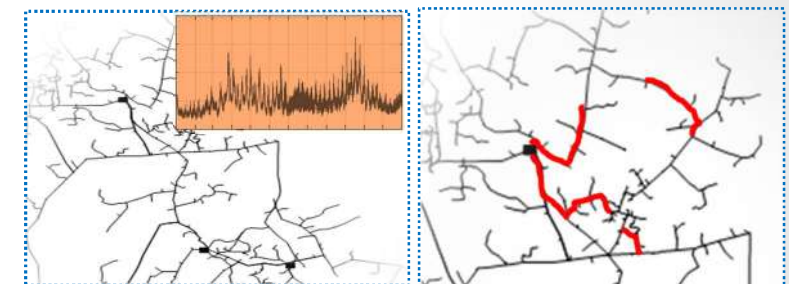


Sähkön käytön
mittaukset (AMR)

Aikaleima	30001030	30001034	30015134	300
1.1.2016 0:00	4,240	5,500	8,040	0,88
Aikaleima	30001030	30001034	30015134	300
1.1.2016 0:00	4,240	5,500	8,040	0,88
1.1.2016 0:00	4,240	5,500	8,040	0,88
1.1.2016 1:00	4,880	5,100	7,600	0,52
1.1.2016 2:00	4,240	5,880	6,620	0,60
1.1.2016 3:00	4,240	5,280	6,220	0,64
1.1.2016 4:00	4,320	4,620	6,160	0,34
1.1.2016 5:00	4,480	6,140	6,800	0,33
1.1.2016 6:00	4,480	5,540	7,400	0,30
1.1.2016 7:00	4,240	4,580	5,340	0,28
1.1.2016 8:00	4,560	5,320	5,660	0,33
1.1.2016 9:00	4,480	5,640	5,700	0,37
1.1.2016 10:00	4,720	4,820	5,600	0,35
1.1.2016 11:00	4,560	5,420	5,800	0,63
1.1.2016 12:00	4,480	5,720	5,580	0,46
1.1.2016 13:00	4,880	4,840	5,540	1,37
1.1.2016 14:00	4,560	6,260	5,980	0,96
1.1.2016 15:00	5,040	6,860	5,880	0,65
1.1.2016 16:00	4,640	5,760	5,960	0,48
1.1.2016 17:00	4,720	6,240	5,960	0,68



Kuormitus- ja verkstoanalyysit



- A. Järvi-Suomen Energia Oy
- B. Kymenlaakson Sähköverkko Oy
- C. PKS Sähkönsiirto Oy
- D. Savon Voima Verkko Oy

Taustatiedot

- Rakennustiedot
- Asiakaskyselyt
- Metsä- ja maaperä
- Muut tietokannat

TAUSTAA

Muutostrendit

- Hajautettu tuotanto
- Kysynnänjousto
- Energiavarastot
- Liikenteen sähköistyminen
- Hinnoittelumuutokset
- Lakimuutokset
- Lämmitystapamuutokset
- Muuttoliike
- Ilmastomuutos

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tarkastelualueet

	Käyttö- paikat	Muuntajat		Verkko [km]			Pj [km/as.]*	Huippu- teho [MW]	Vuosi- energia [GWh]	Asiakkaan huipputeho [kW/as.]	Asiakkaan vuosienergia [MWh/as.]*
		[kpl]	[as./m.]	Kj	Pj	pj/kj*					
Case A	1 995	258	8	335	548	164 % (209 %)	275 (177)	4,1	11,2	5,8	5,6 (9,0)
Case B	4 026	386	10	431	606	141 % (167 %)	151 (79)	14,6	49,5	8,3	12,3 (11,2)
Case C	1 988	391	5	562	449	80 % (124 %)	226 (139)	5,1	16,3	6,7	8,2 (10,6)
Case D	2 799	276	10	333	470	141 % (121 %)	168 (123)	11,6	31,6	8,6	11,3 (12,5)

Case A, vapaa-ajanasuntopainotteinen alue (JSE:n toimialueelta)

Suurin osa (85%) sähkönkäyttöpaikoista vapaa-ajan asuntoja

Case B, maatalouspainotteinen alue (KSOY-V:n toimialueelta)

Alueella merkittävä osuus maatiloja (30%) ja kotitalouksia (60%).

Case C, harvaan asuttu haja-asutusalue (PKSS:n toimialueelta)

Etäisyydet sähkönkäyttöpaikkojen kesken ovat pitkiä ja asuintiheys on matala. Sähkönkäyttöpaikat muodostuvat kotitalouksista (50 %), vapaa-ajan asunnoista (30 %) ja maatiloista (10 %).

Case D, kyläpainotteinen alue (SVV:n toimialueelta)

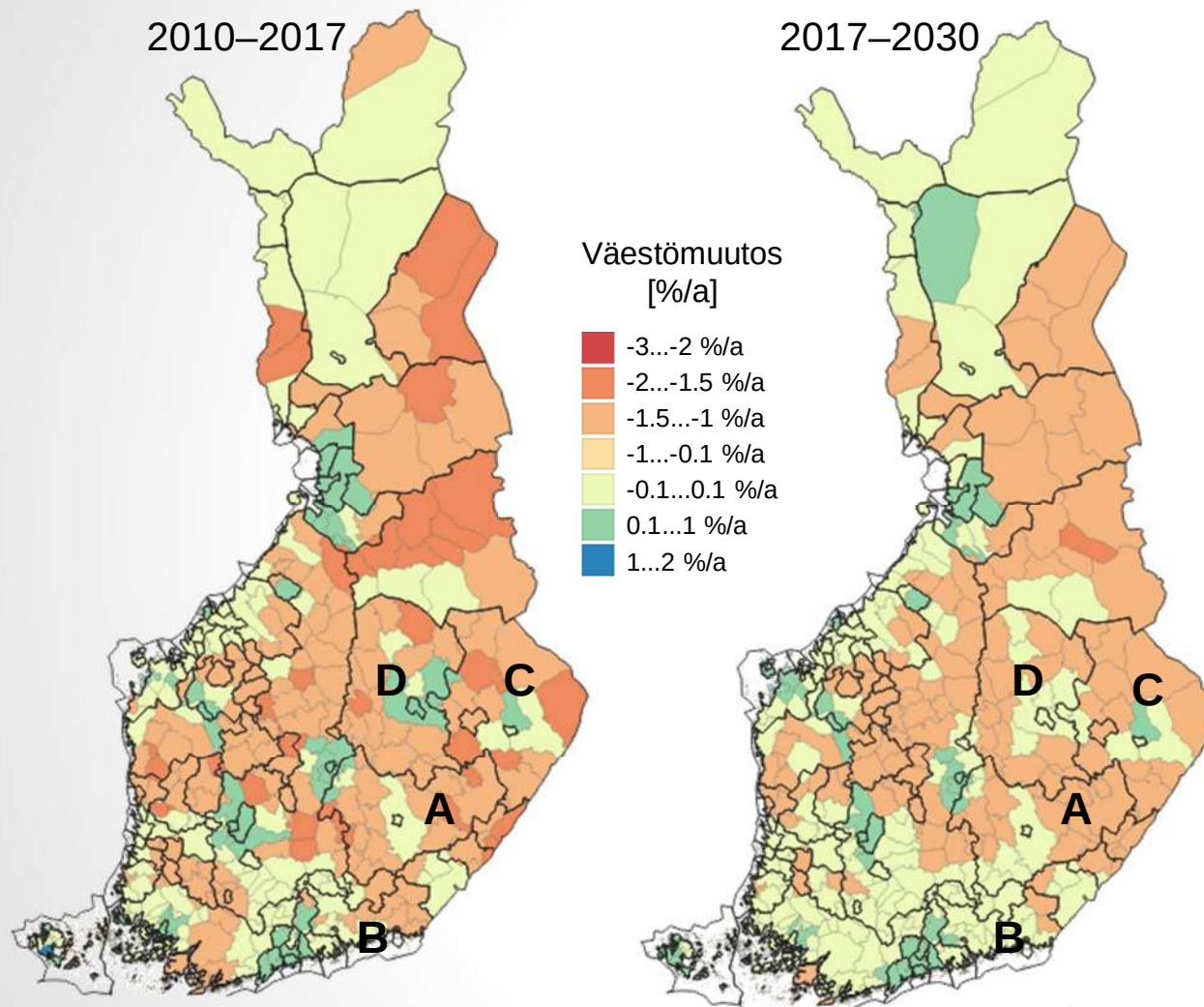
Kasvukeskuksen läheisyydessä sijaitseva alue sisältäen joitakin kyläkeskittymiä. Sähkönkäyttöpaikat muodostuvat kotitalouksista (60 %), vapaa-ajan asunnoista (30 %) ja maatiloista (10 %).



* Yhtiötason tunnusluvut suluiissa

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Valtakunnalliset tunnusluvut, väestömuutos



- A. Järvi-Suomen Energia Oy
- B. Kymenlaakson Sähköverkko Oy
- C. PKS Sähkönsiirto Oy
- D. Savon Voima Verkko Oy



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

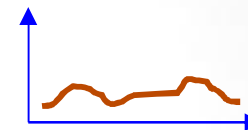
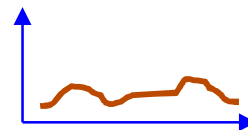
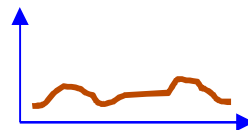
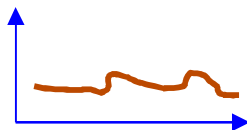
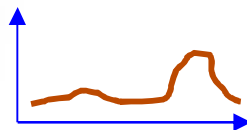
1) Asiakasryhmittely ja tietojen jalostaminen

Käyttöpaikat



Yht. 10 000
... käyttöpaikkaa

AMR-mittaus



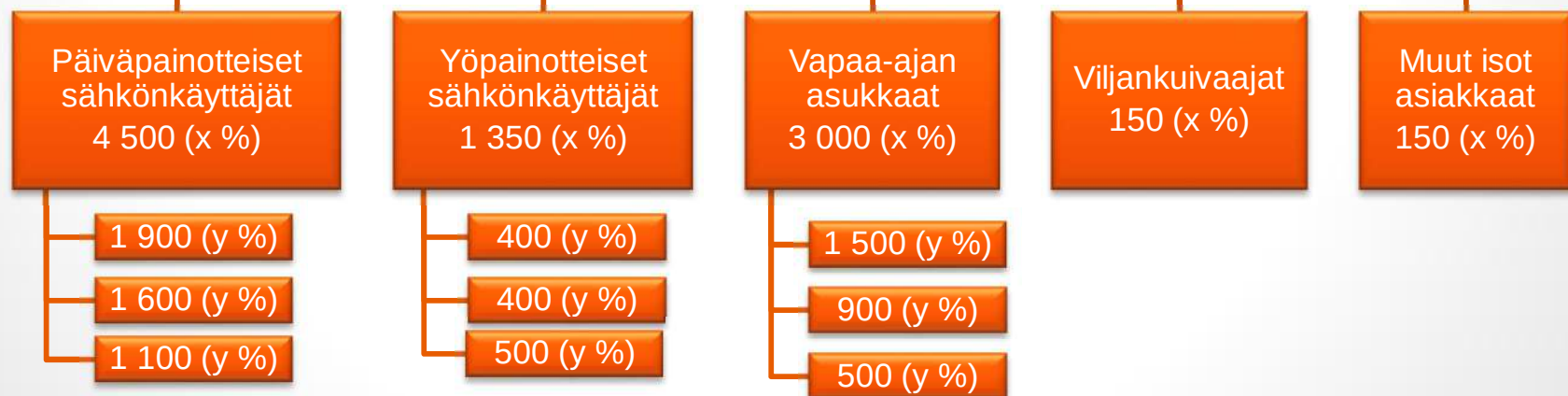
**Kuormitusmittaustietojen
ryhmittely ja asiakastietojen
jalostaminen (täydentäminen)**

Rakennustietokanta

Asiakaskyselyt

VTJ, ATJ

**Kuormitus-
profiilit**



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijöiden skenaariot (→ 2030)

Ehdotus skenaariojaottelusta ja eri muutostekijöiden penetraatioasteista

MUUTOSTEKIJÄ ja SKENAARIO*	BAU	+++ SKEN	--- SKEN
Aurinkosähkö	8 % käyttöpaikoista	35 % käyttöpaikoista	4 % käyttöpaikoista
Sähköautot	7 % käyttöpaikoista	30 % käyttöpaikoista	4 % käyttöpaikoista
Lämmitystapa- muutokset	Maalämpö 2-9 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin Ilmalämpö 4-6 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin	Maalämpö 4-18 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin Ilmalämpö 8-12 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin	Maalämpö 1-4 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin Ilmalämpö 2-3 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin
Väestömuutokset	-1 %/a	-3 %/a	-0.5 %/a
Ilmastomuutos	Kansallinen arvio ilmaston lämpenemisestä ja muista vaikutuksista (kts. erillinen kalvosarja) Lisäksi arvioidaan tavanomaista kylmempien talvien vaikutus sähkön kysyntään		

Skenaariomääritelmät

- BAU = Business As Usual, toimintaympäristö ja muutostekijät kehittyvät yleisen arvion mukaisesti
- +++ SKEN = Arvioitua voimakkaampi muutos -skenaario verkkoliiketoiminnan ja omaisuuden hallinnan näkökulmasta
- SKEN = maltillinen muutos -skenaario

2) Toimia-alaan vaikuttavat muutostekijät

Lämmitystapamuutokset

- Maalämpö- ja ilmalämpöjärjestelmät

Pientuotanto (aurinkosähkö)

- Yhtiökohtaiset tilastot toteutuneista kohteista, kansalliset trendit ja ennusteet

Sähköautot

- TEM, valtakunnallinen tavoite

Väestömuutos, tilastot ja ennusteet

- Tilastokeskus
- Käyttöpaikkamäärien kehitys
- Kesämökkitilastot, rantakaavat
- Kunta- ja asiakasryhmäkohtaiset vuosienergiat

Ilmastomuutos

- Kansallinen arvio keskilämpötilan noususta ja muista ilmenemisistä

Siirtohinnoittelu

- Kuormantasaus (tehotariffi)

OPEN DATA



Verkonrakennuskysely verkonhaltijoille

- Valtakunnallinen kysely
- Rakentamista edeltävissä (mm. urakoitsijoiden kilpailutus) ja sen aikaisissa prosesseissa (mm. laaduntarkkailu) nähdään kehittämistarpeita

Sähköasiakashaastattelu

- 800 haastateltavaa (200 asiakasta/yhtiö)
- Ilmoitetut lämmitystavat olleet tukemassa asiakasryhmittelyä
- Kiinteistön tulevaisuuden käyttötarkoitus puolelle vastaajista epäselvä tai eri kuin nykyisin

Väestörekisterikysely, VRK

- Otos 75 000 rakennusta, noin 20 000 rakennusta linkitetty käyttöpaikoille
- VRK-aineiston lämmitystapatiedon paikkansapitävyydessä haasteita

Aurinkosähkökysely

- Kysely olemassa oleville kotitalousluokan aurinkosähköjärjestelmien omistajille
- Otos noin 800, vastauksia 206
- Hankkimispäätöksen taustalla olleet muut kuin taloudelliset syyt

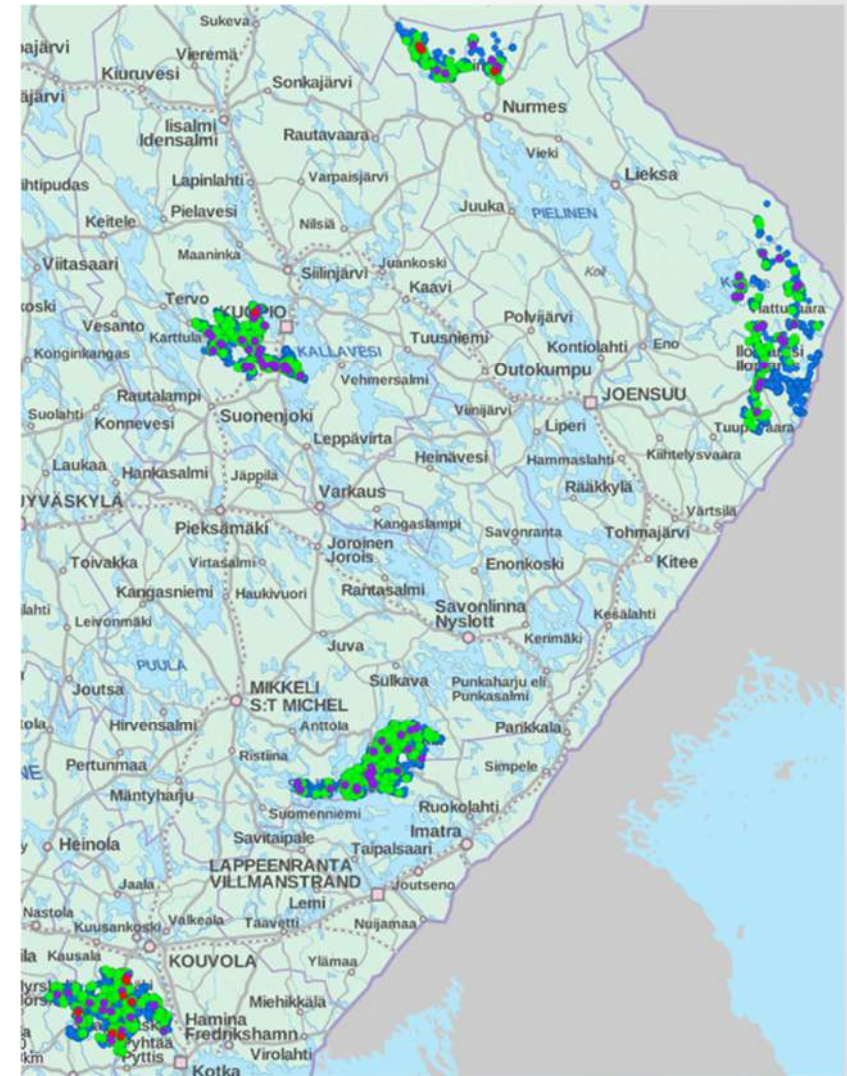
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Asiakashaastattelut, liittymän tarpeellisuus

Asiakashaastattelut (800 asiakasta)

- Asiakasmäärät ja osuus haastatelluista:
Kiinteistön purku ja liittymän tarveharkinta 2030

Case- alue	Asiakas- määrä	Haasta- tellut	"Kiinteistö puretaan"	"Harkittu liittymän tarpeellisuutta"
Case A	1 995	200 (10 %)	0 (0 %)	22 (11 %)
Case B	4 026	201 (5 %)	7 (3.5 %)	18 (9 %)
Case C	1 981	165 (8.3 %)	3 (1.8 %)	28 (17 %)
Case D	2 799	202 (7.2 %)	1 (0.5 %)	28 (14 %)
Yht.	10 801	768 (7 %)	11 (1.4 %)	96 (12.5 %)



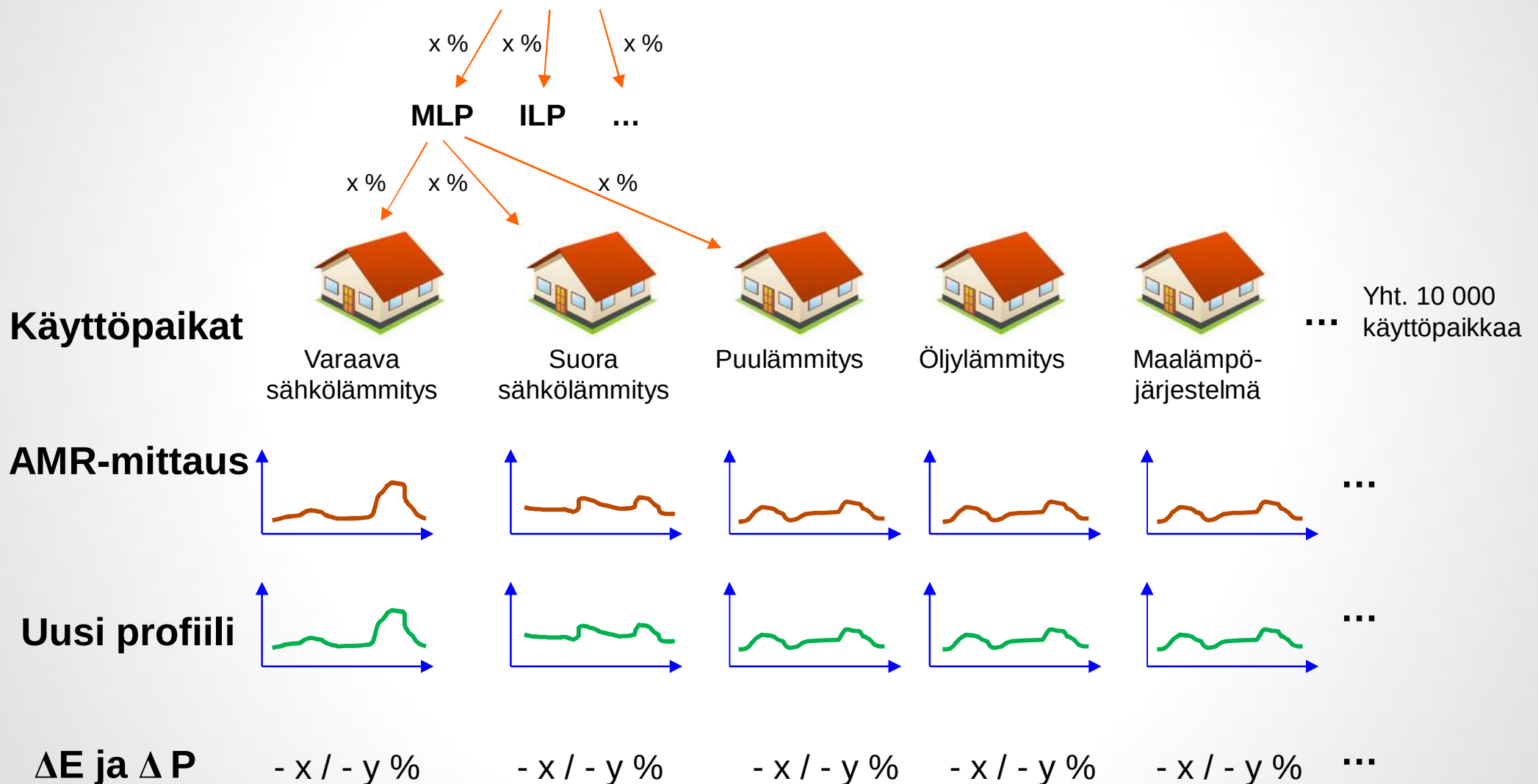
3) Muutostekijöiden kohdistaminen käyttöpaikoille

Aurinkosähkö

Lämmitystapamuutokset

Sähköautot

Hinnoittelumuutos



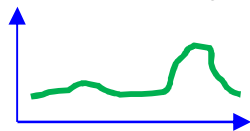
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

4) Verkon kuormittumisanalyysit

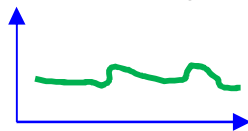
Käyttöpaikat
(id-tieto)



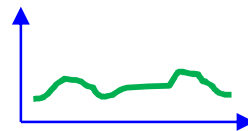
Varaava
sähkölämmitys



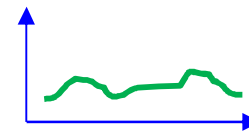
Suora
sähkölämmitys



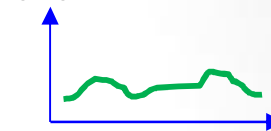
Puulämmitys



Öljylämmitys



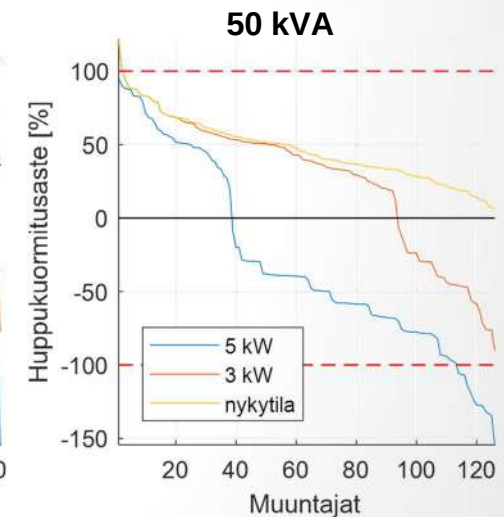
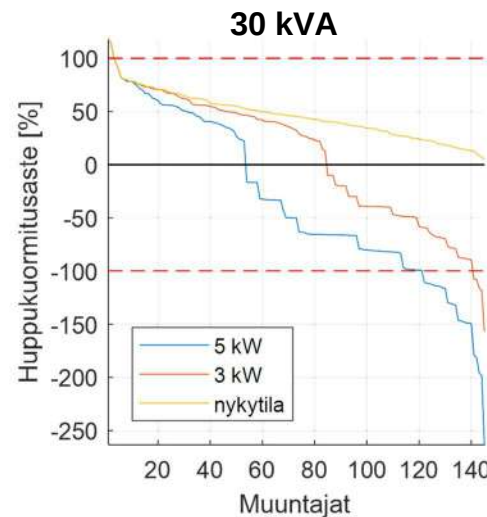
Maalämpö-
järjestelmä



Yht. 10 000
käyttöpaikkaa

Uusi profiili

Uusien profiilien
kohdistaminen
todelliseen
verkkoon



**KAPASITEETTIODOTUKSET
VERKKORATKAISUILLE**

5) Verkkoratkaisut



Ilmajohdorakentaminen



Kaapelointi

1000 V tekniikka, LVDC

Verkstoautomaatio

❖ Tekniikkavalintoihin vaikuttavia tekijöitä

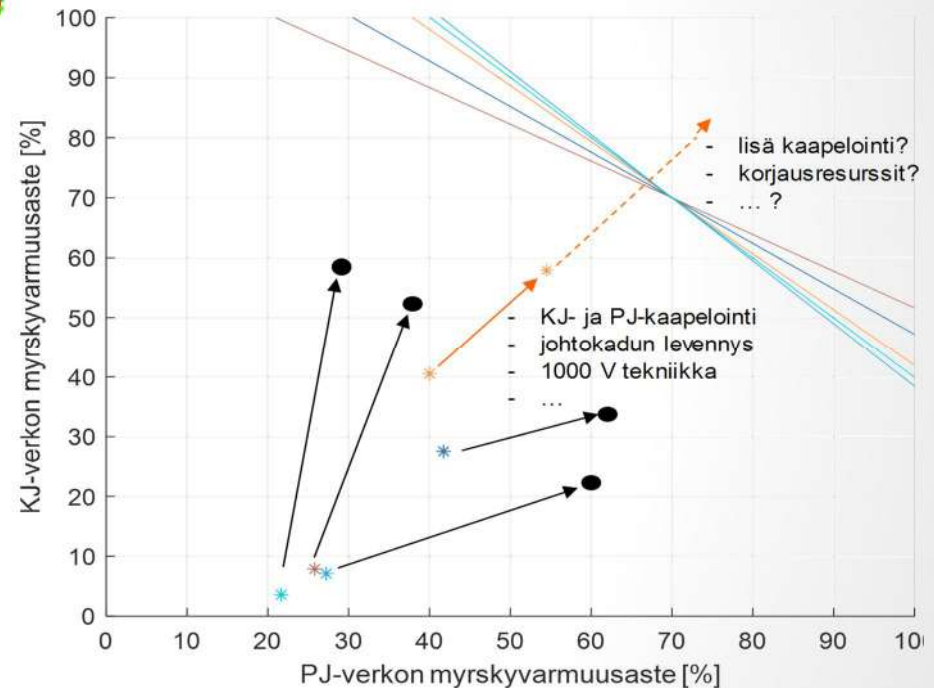
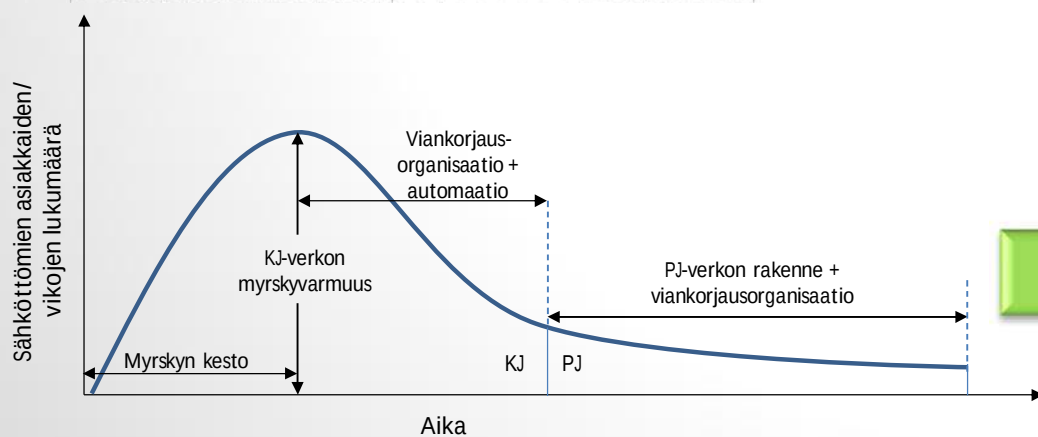
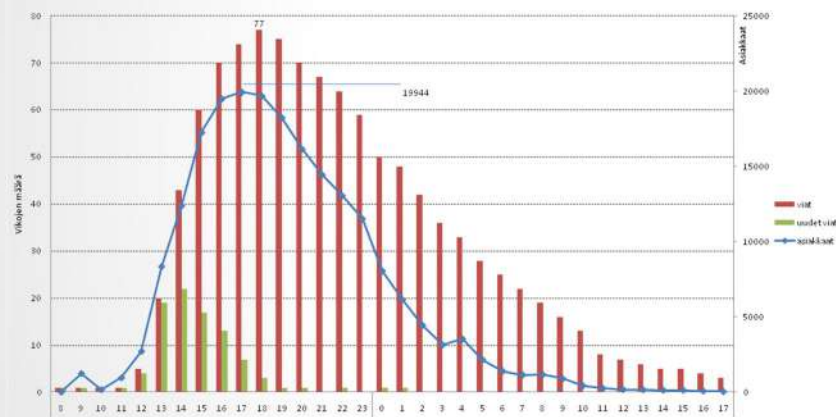
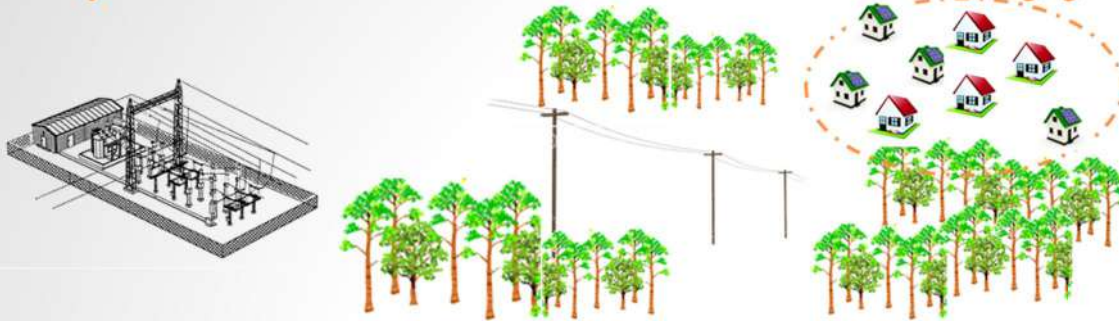
- Alueen vikataajuus ja suurhäiriöriski (metsäisyysaste)
- Nykyisen verkon ikä ja kunto
- Asukastiheys, alueellinen sähkönkäyttövolyymi ja ennuste
- Seututyyppi (mökkialue, kyläkeskittymät, harvaanasuttu seutu, taajamien lähialueet)
- Tekniikoiden hintakehitys
- Maaperän haasteellisuus rakentamisen kannalta (kaapeliauraus, kaivuu)



**ERI TEKNIIKOIDEN HINNAT JA
VAIKUTUKSET LUOTETTAVUUTEEN**

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

6) Verkon luotettavuusanalyysit

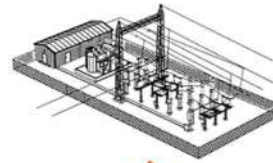


**LUOTETTAVUUSODOTUKSET
VERKKORATKAISUILLE**

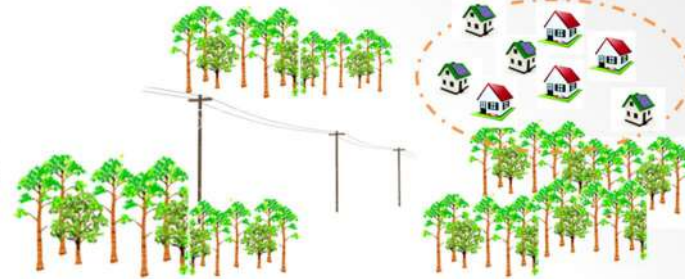
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

7) Elinkaaritarkastelut

Akkuvarasto **kapasiteetin** tehokkaassa käytössä

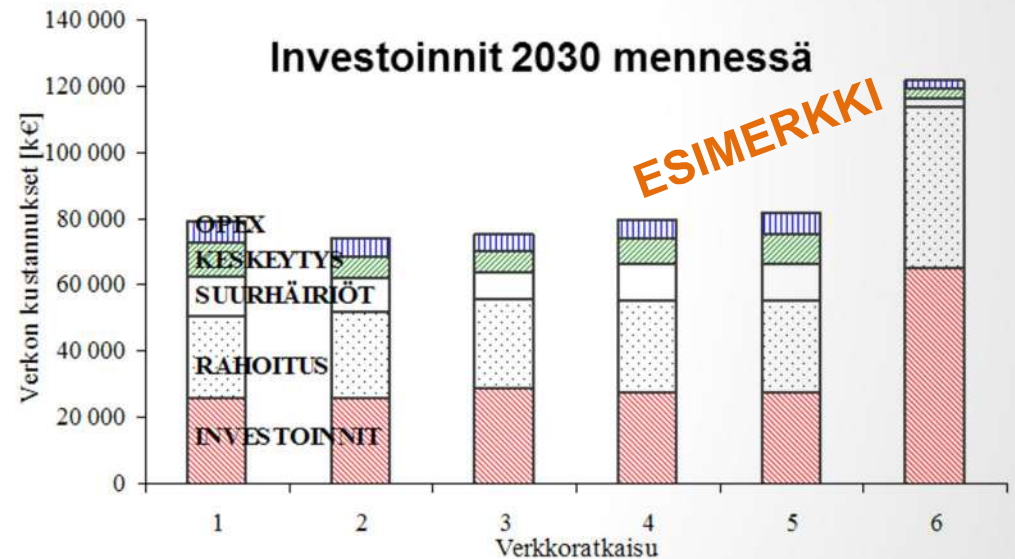


Joustavat
resurssit



Verko-
ratkaisut

Investoinnit 2030 mennessä



Akkuvarasto **toimitusvarmuuden** kehittämisessä



**TOIMITUSVARMUUSTAVOITTEET
JA KAPASITEETTIODOTUKSET
TÄYTTÄVÄT VERKKORATKAISUT**

Tuntimäärä, jonka asiakas voi selvitä 3 kWh akulla kattaen 25 % kuormasta

**SÄHKÖASIAKAS
2030 –
SIIRRETÄÄNKÖ
JATKOSSA
ENERGIAA VAI
TEHOA**

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät ja keskeiset kysymykset

Pientuotanto

Yleistyminen, yksikkökoot ja energia

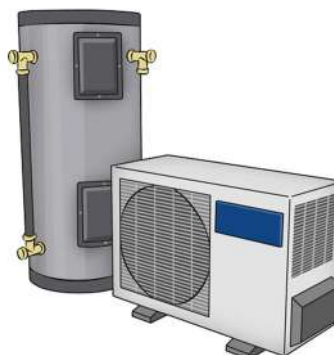
Sähköautoilu

Yleistyminen, latausjärjestelyt
(ajoittuminen, energia ja teho)



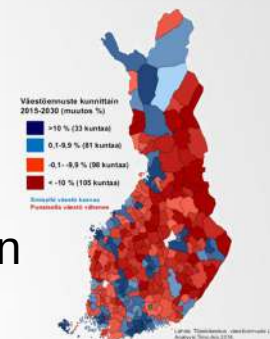
Lämmitysjärjestelmien muutokset

Lämpöpumppujen yleistyminen ja
lämmitysjärjestelmien saneeraus



Muuttoliike

Haja-asutusalueiden
asukasmäärät ja vapaa-ajan
asukkaat ja vaikutukset sähkön
kysyntään



Ilmastomuutos

Ennustettu lämpötilojen kehitys ja
sen vaikutus sähkön kysyntään



Uudet tariffirakenteet

Muutostekijöiden yleistymisen
vaikutukset hinnoittelun
päivitystarpeeseen ja tehotariffin
ohjausvaikutukset sähkönkäyttöön



Muutostekijät Sähköinen liikenne

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähköautot

Taustat tarkasteluille

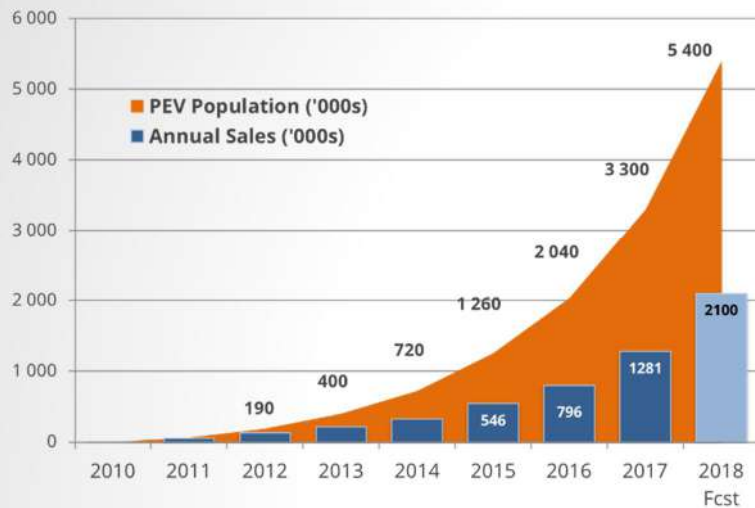
- Kasvava trendi maailmalla
- Merkittävä uusi kuorma kotitalouksille (kWh ja kW)
- Kytkeytyminen jakeluverkkoihin liittymäpisteissä
- Kysyntäprofiili tuntematon
- Vaikutukset verkon siirtokapasiteettiin ja jännitteisiin epäselvät

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

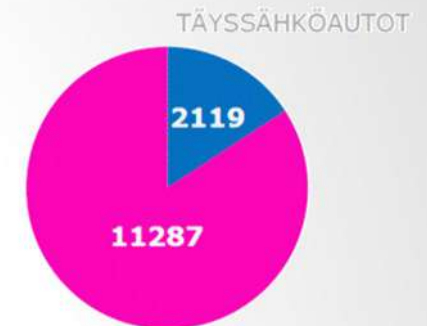
Sähköautot, toteuma

Global Plug-in Vehicle Population

EV VOLUMES.COM



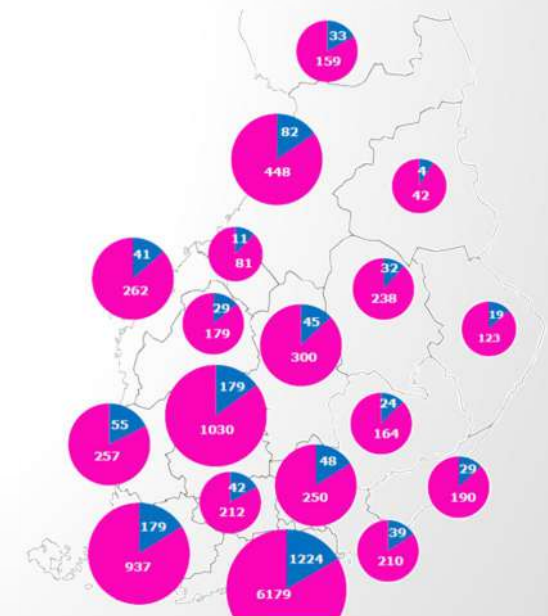
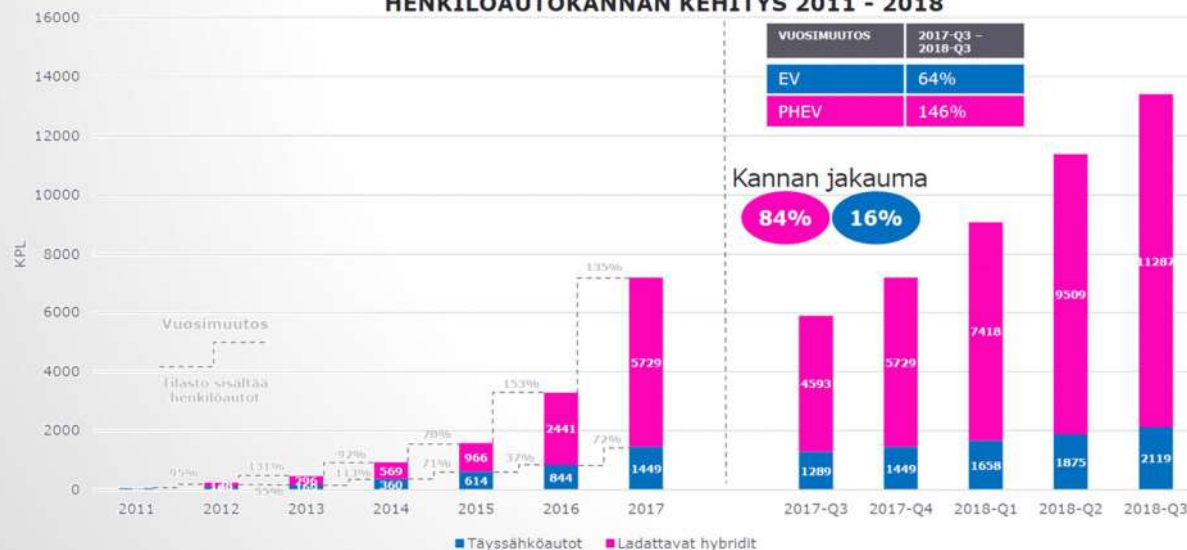
Year	USA	Europe
2012	52,607	43,543
2013	97,507	67,026
2014	122,438	100,060
2015	116,099	193,439
2016	158,614	222,619
2017	199,818	306,143
2018 (Jan-Nov)	312,877	345,312



LADATTAVAT HYBRIDIT

Suomen sähköautokanta 30.09.2018 – 13 406 kpl

HENKILÖAUTOKANNAN KEHITYS 2011 - 2018



22.11.2018 Teknologiaelämys Trafli, Korkia

(B)EV=täyssähköauto
PHEV=ladattava hybridi

12

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähköautot, toteuma ja ennusteet

a) TEM tavoite 2030: 250 000 autoa



**2030: 250 000 kpl eli 9 %
kaikista henkilöautoista**
(vuonna 2017 2,7 miljoonaa
henkilöautoa)

b) LVM teknoskenaario 2030: 904 000 autoa



**2030: 904 000 kpl eli 33 %
kaikista henkilöautoista**

Automääriä vuonna 2030 (ja 2045)

- Sähkökäyttöiset henkilöautot:

- 904 000 kpl (joista täyssähköautoja 877 000 kpl) vuonna 2030
- Vrt. Energia- ja ilmastostrategian tavoite: vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa vuonna 2030



Case-alueilla ja yhtiöissä (2030):

	0.4 kV käyttöpaikat [kpl]	Sähköautot yhtiön alueella [kpl]		Käyttöpaikat case-alueella [kpl]	Sähköautot alueella [kpl]
JSE	102 094	26 400	Case A	1 995	520
KSOY-V	102 573	26 520	Case B	4 026	1 040
PKS	88 625	22 920	Case C	1 988	510
SVV	116 617	30 150	Case D	2 799	720



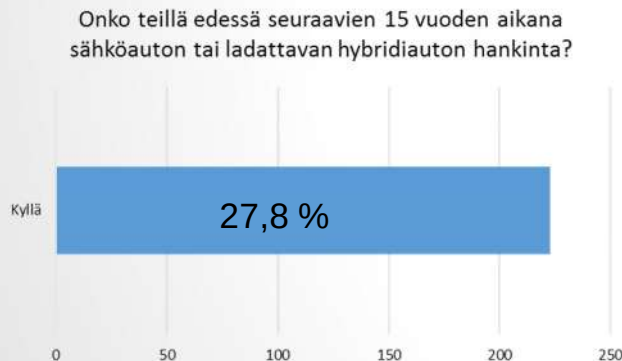
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähköautot, asiakaskyselyt

Voidaanko asiakaskyselyiden perusteella päätellä, minkälaiset asiakkaat (mihin käyttöpaikkoihin) seuraavat sähköautot tulevat?

Asiakaskysely 2017 (n=800):

Vuonna 2030 käyttöpaikoista 28 %:lla on sähköauto



Aurinkosähkökysely 2017 (n=200):

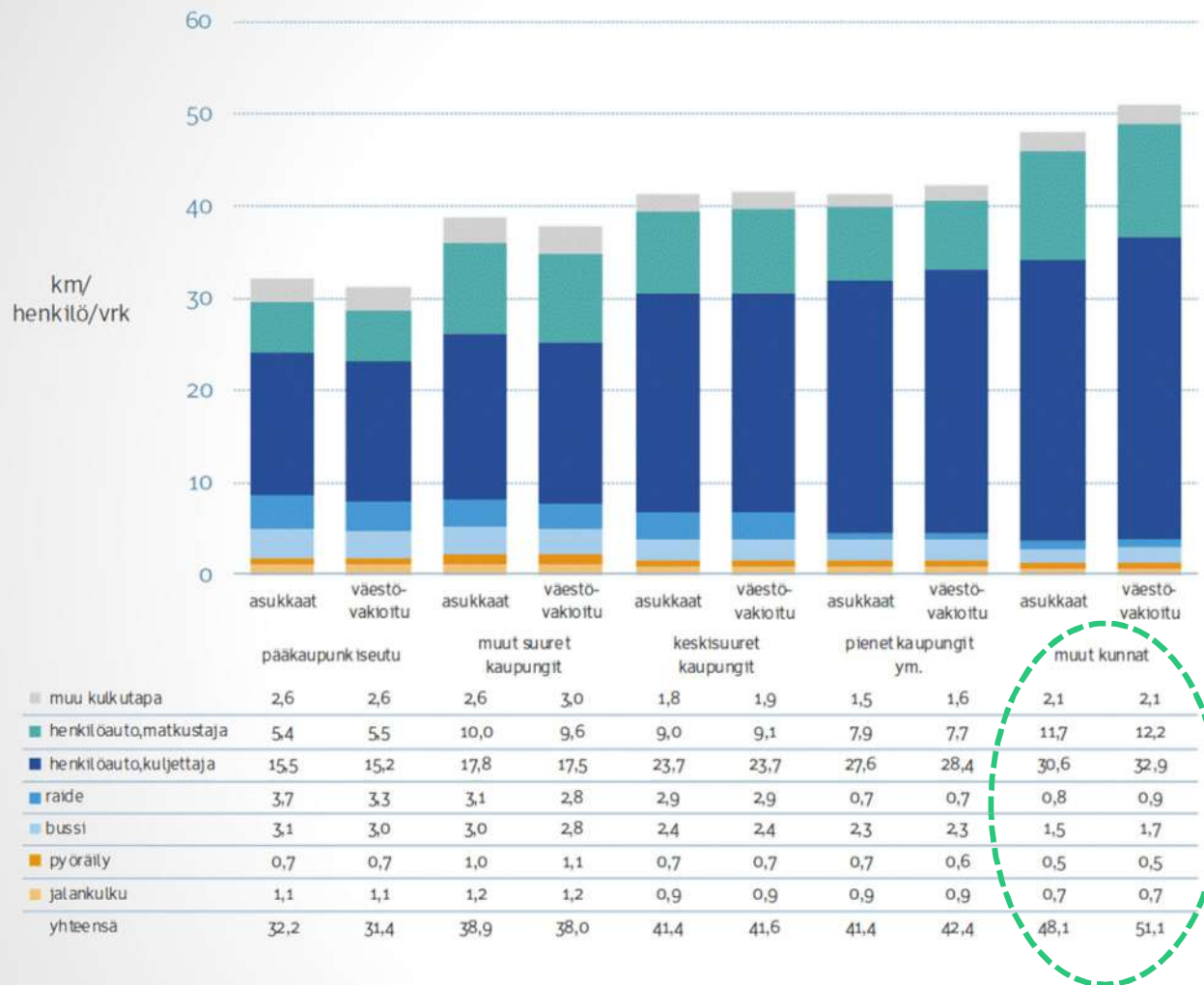
Nykyisin aurinkosähköjärjestelmän omistavista 69 %:lla on vuonna 2030 sähköauto

Ladattavan hybridi- / täyssähköauton hankinta



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähköautot, henkilöliikennetutkimus



_____ kWh?

Kuva 6

Asukkaiden matkasuorite ja väestövakioitu matkasuorite kotimaassa kuntaryhmittäin ja pääkulkutavan mukaan.

Lähde: Henkilöliikennetutkimus, tekninen raportti 2018.

http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/149584/lts_2018-14_978-952-317-522-8.pdf?sequence=5



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähköautot, lataustekniikkaa

Sähköauto	Auton laturin max. kapasiteetti
Nissan LEAF	3,3 kW / 6,6 kW
BMW i3	7,4 kW *
Volkswagen e-Golf	3,6 kW / 7,2 kW
Tesla Model S	10 kW / 20 kW
Tesla Model X	10 kW / 20 kW
Kia Soul EV	6,6 kW
Mitsubishi i-MiEV	3,3 kW

1-vaihelataus

1-v ja 3-v lataus

1-vaihelataus

3-vaihelataus

3-vaihelataus

1-vaihelataus

1-vaihelataus



___ kW?

Lähteet:

Virta, <https://www.virta.global/news-fi/ampeerit-kilowatit-ja-s%C3%A4hk%C3%B6auton-lataaminen-s%C3%A4hk%C3%B6opin-perusteita>

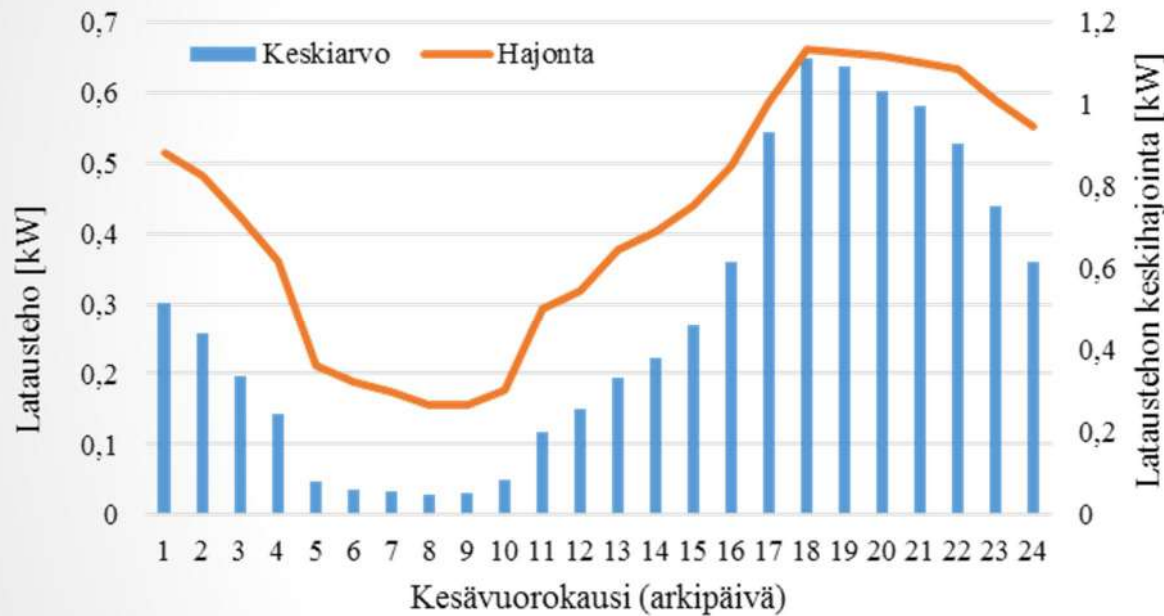
Plugit, <https://plugit.fi/fi-fi>

* BMW i3:lle lisävarusteena joko 7,4 kW 1-v laturi tai 11 kW 3-v laturi

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähköautot, kuormituksen mallintaminen

Esimerkki kesäajan arkipäivän latauskäyrästä



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Analysointiperiaatteet, sähköautot

Lämmitystapamuutokset

Aurinkosähkö

Sähköautot

Hinnoittelumuutos

PAINOTUKSET

Auton omistajan tausta

- Ikä
- Koulutustausta
- Tulotaso

PAINOTUKSET

Käyttöpaikan sijainti

- Taajama, haja-asutusalue
- Etelä-, Pohjois-Suomi

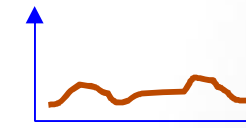
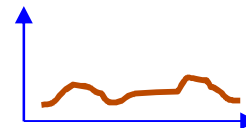
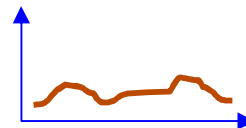
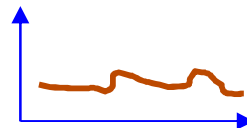
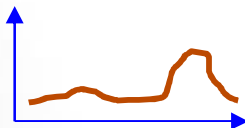
➔ Penetraatioasteet: x % (BAU), x % (+SKEN), x % (-SKEN)

Käyttöpaikat
(id-tieto)



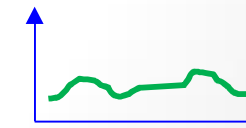
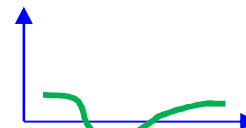
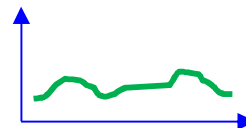
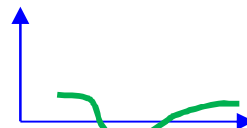
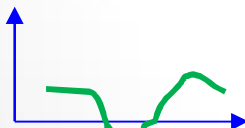
Yht. 10 000
... käyttöpaikkaa

AMR



...

Uusi profiili



...

ΔE ja ΔP

- x / - y %

- x / - y %

- x / - y %

- x / - y %

- x / - y %

...

Muutostekijät

Pientuotanto

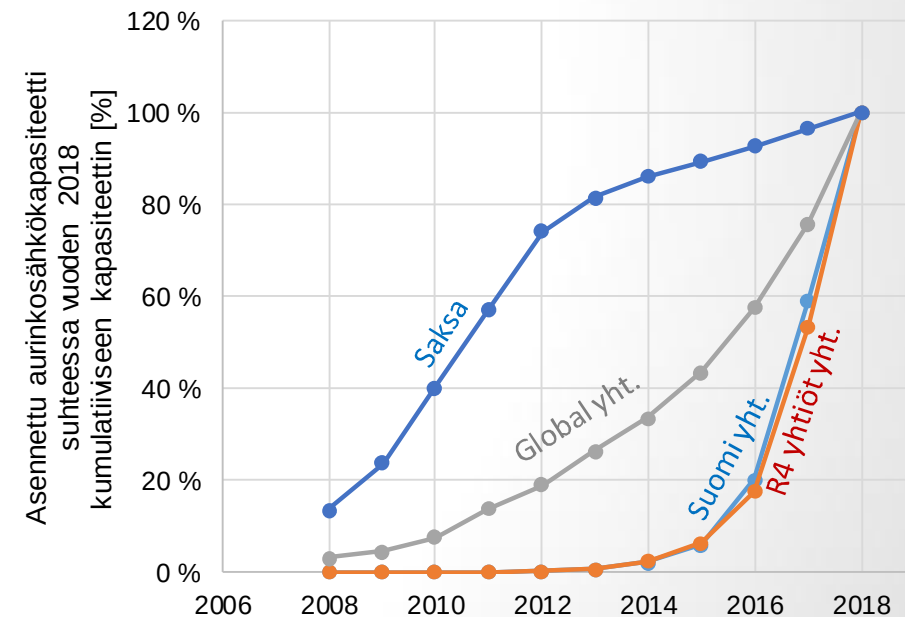
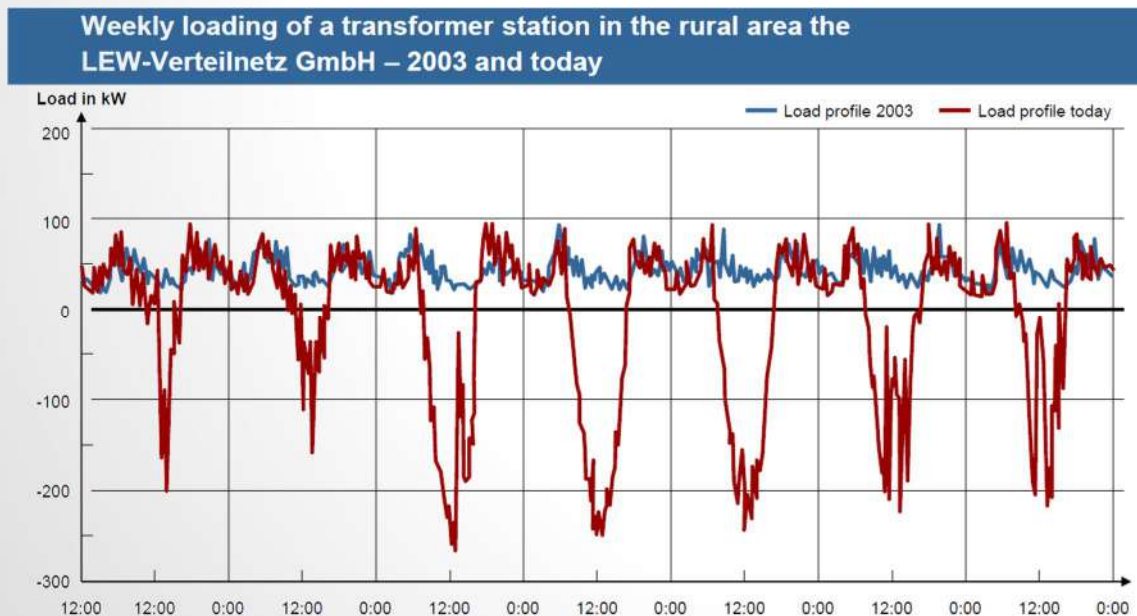
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät: Aurinkosähkö

Taustat tarkasteluille

- Kasvava trendi maailmalla
- Merkittävä uusi kuorma kotitalouksille (kWh ja kW)
- Kytkeytyminen jakeluverkkoihin liittymäpisteissä
- Vaikutukset verkon siirtokapasiteettiin ja jännitteisiin epäselvät

Voiko näin käydä Suomessa?

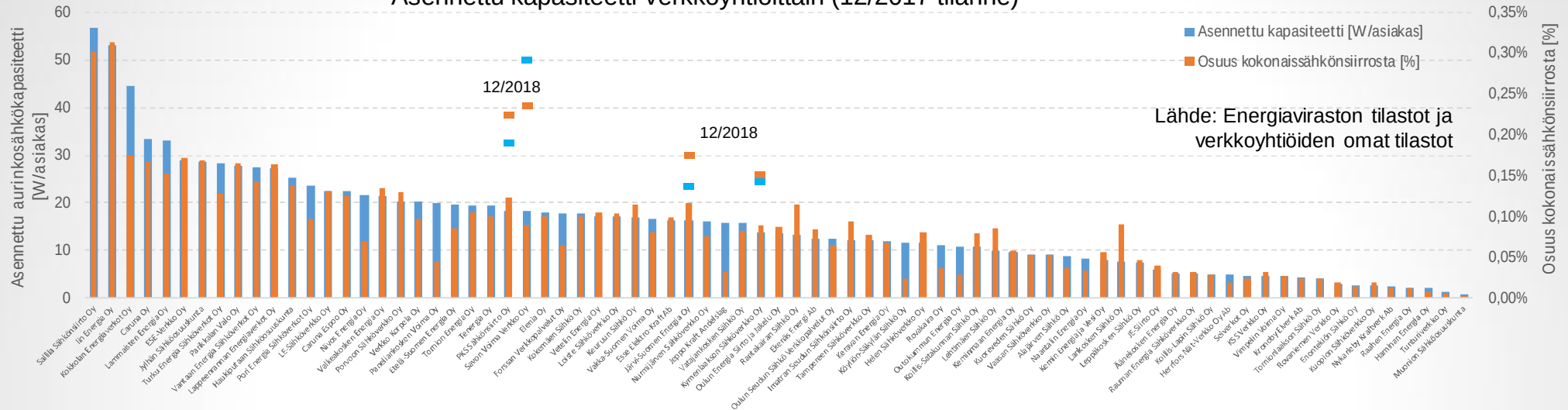


'Global' -ennuste vuoden 2018 lopun tilanteesta (noin 500 GW):
<https://www.pv-magazine.com/2018/06/08/ihs-markit-lowers-2018-outlook-for-world-pv-market-to-105-gw/>

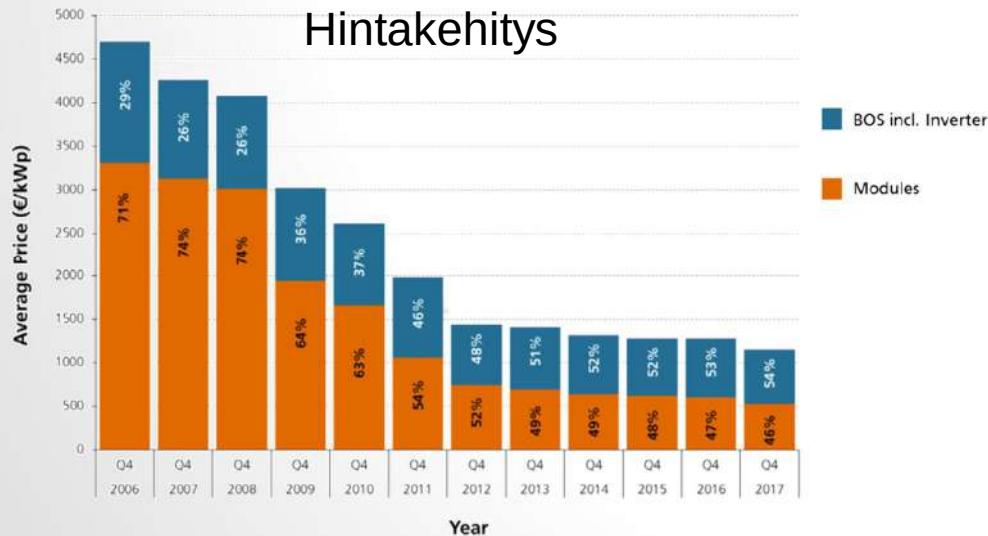
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät: Aurinkosähkö

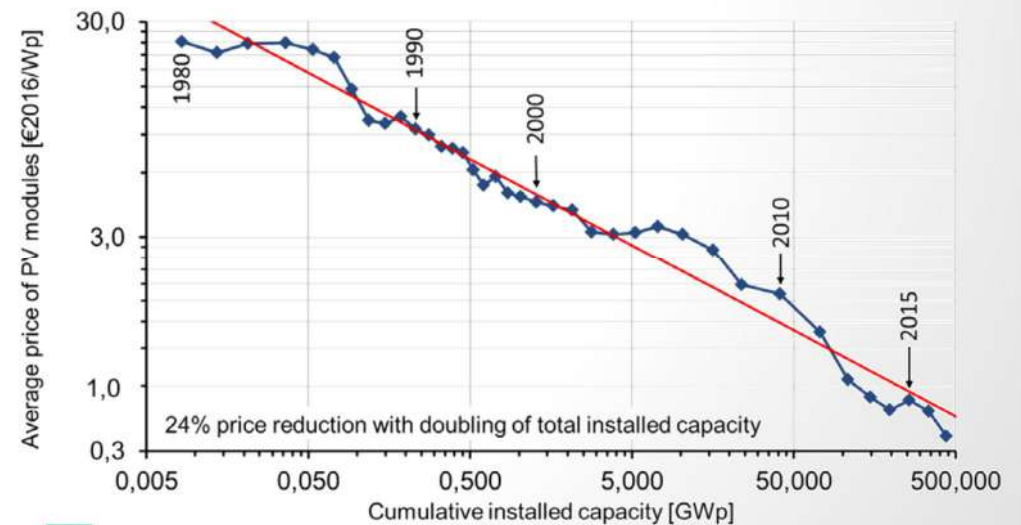
Asennettu kapasiteetti verkkoyhtiöittäin (12/2017 tilanne)



Historical Price Development Germany for 10 to 100 kWp roof-top PV-Systems



Oppimiskäyrä



Lähde: Recent Facts about Photovoltaics in Germany, Fraunhofer ISE, download from <https://www.pv-fakten.de>, version of October 25, 2018

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät: Aurinkosähkö

Ennustemallit aurinkosähköjärjestelmien
yleistymiselle R4-yhtiöissä

Vuonna 2030:

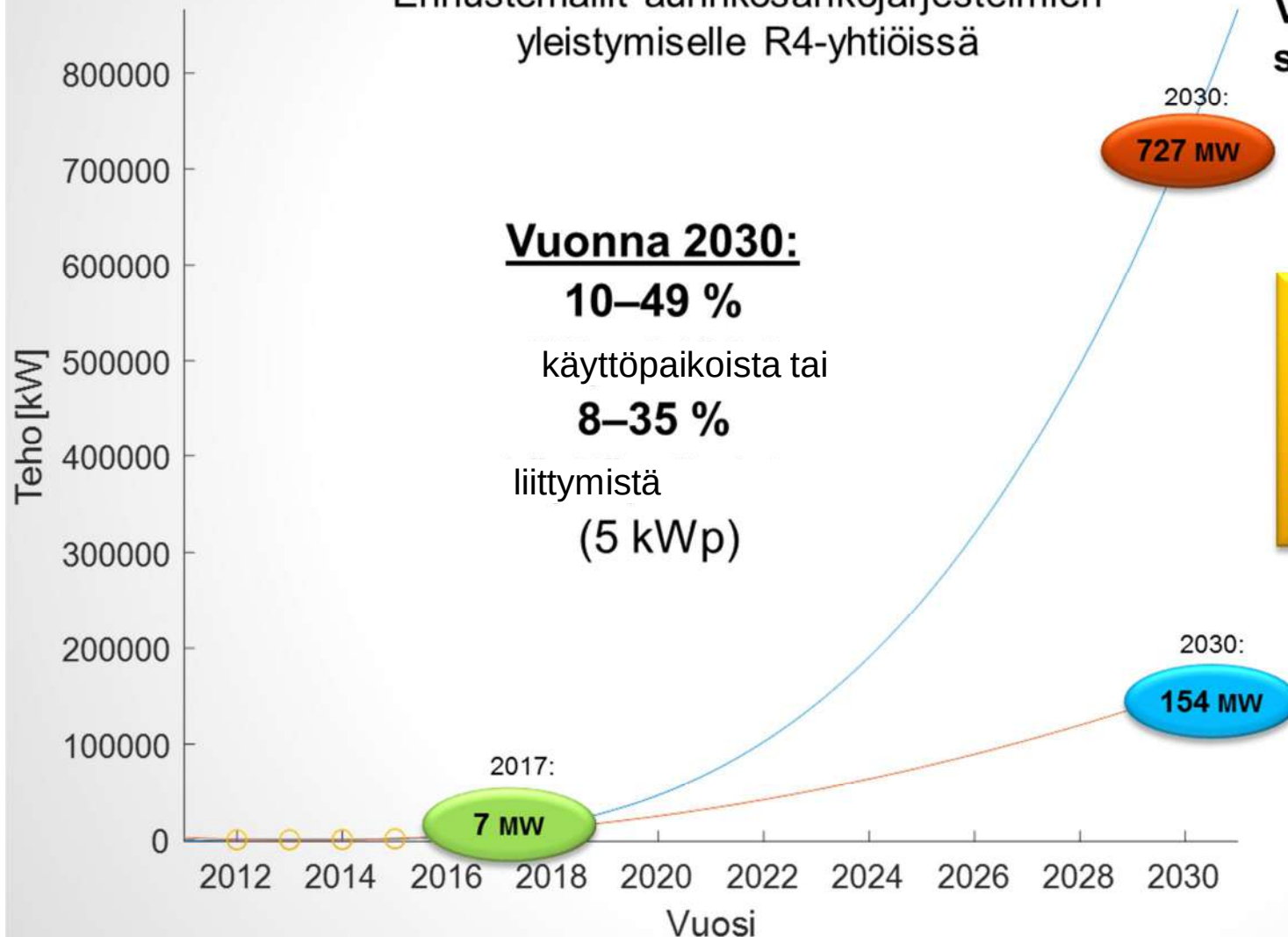
10–49 %

käyttöpaikoista tai

8–35 %

liittymistä

(5 kWp)



**Voimakas
skenaario**

PJ-käyttöpaikoista 49 %

PJ-liittymistä 35 %

→ Valtakunnallisesti pj-
liittymissä 2030: 4200 MW

**Pientuotannon määrä
verkossa siirretystä
energiasta:**

2017: 0.1 %

2030: 2.5–12 %

**Maltillinen
skenaario**

PJ-käyttöpaikoista 10 %

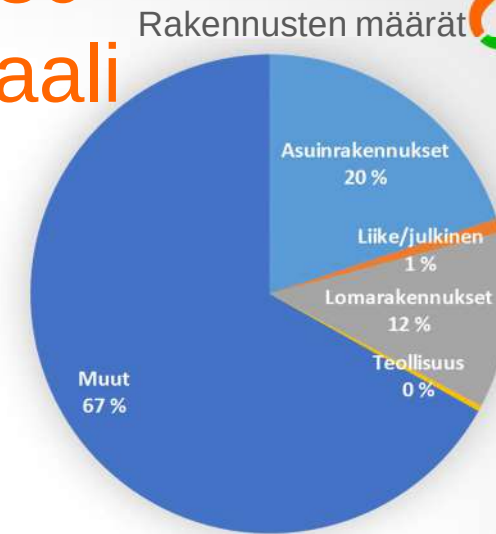
PJ-liittymistä 8 %

→ Valtakunnallisesti pj-
liittymissä 2030: 850 MW

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

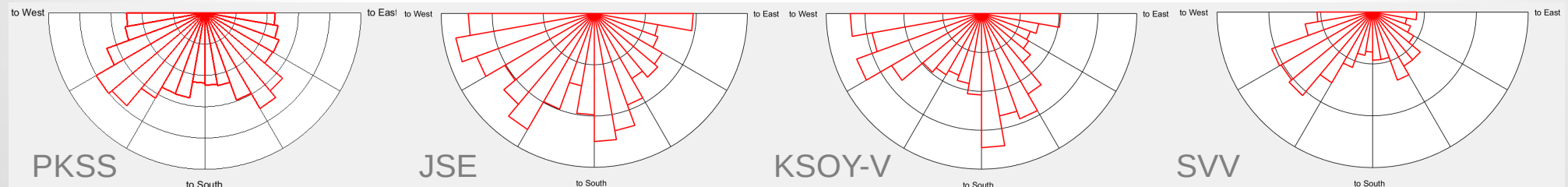
Muutostekijät: Aurinkosähköpotentiaali

Tunnusluvut (EV)	PKSS	JSE	KSOY-V	SVV
Huipputeho, MW	263	258	270	434
Energian siirto, pj, GWh	879	857	1076	1378
Energian siirto, kj, GWh	84	223	155	199



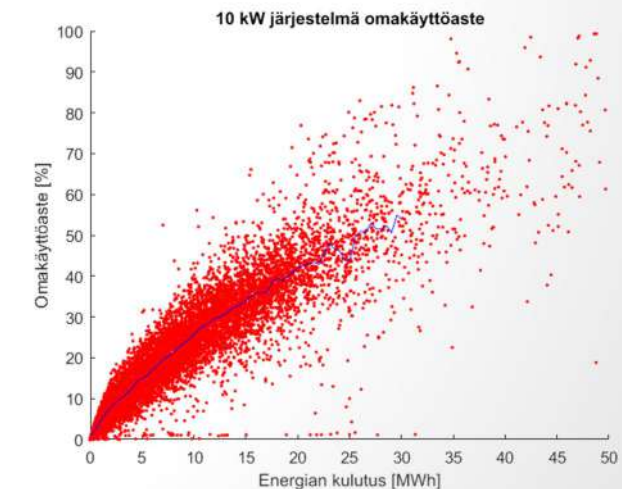
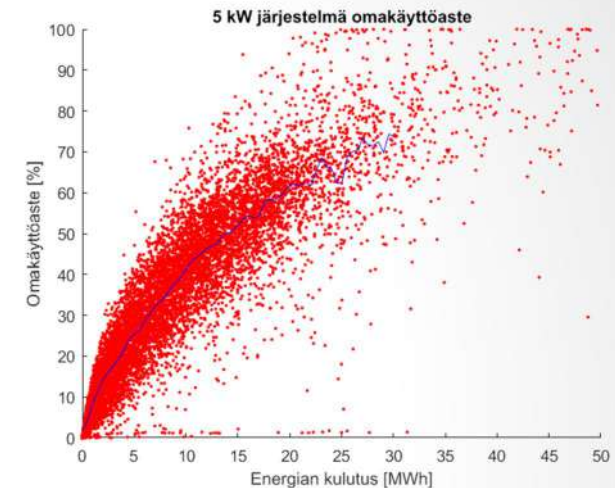
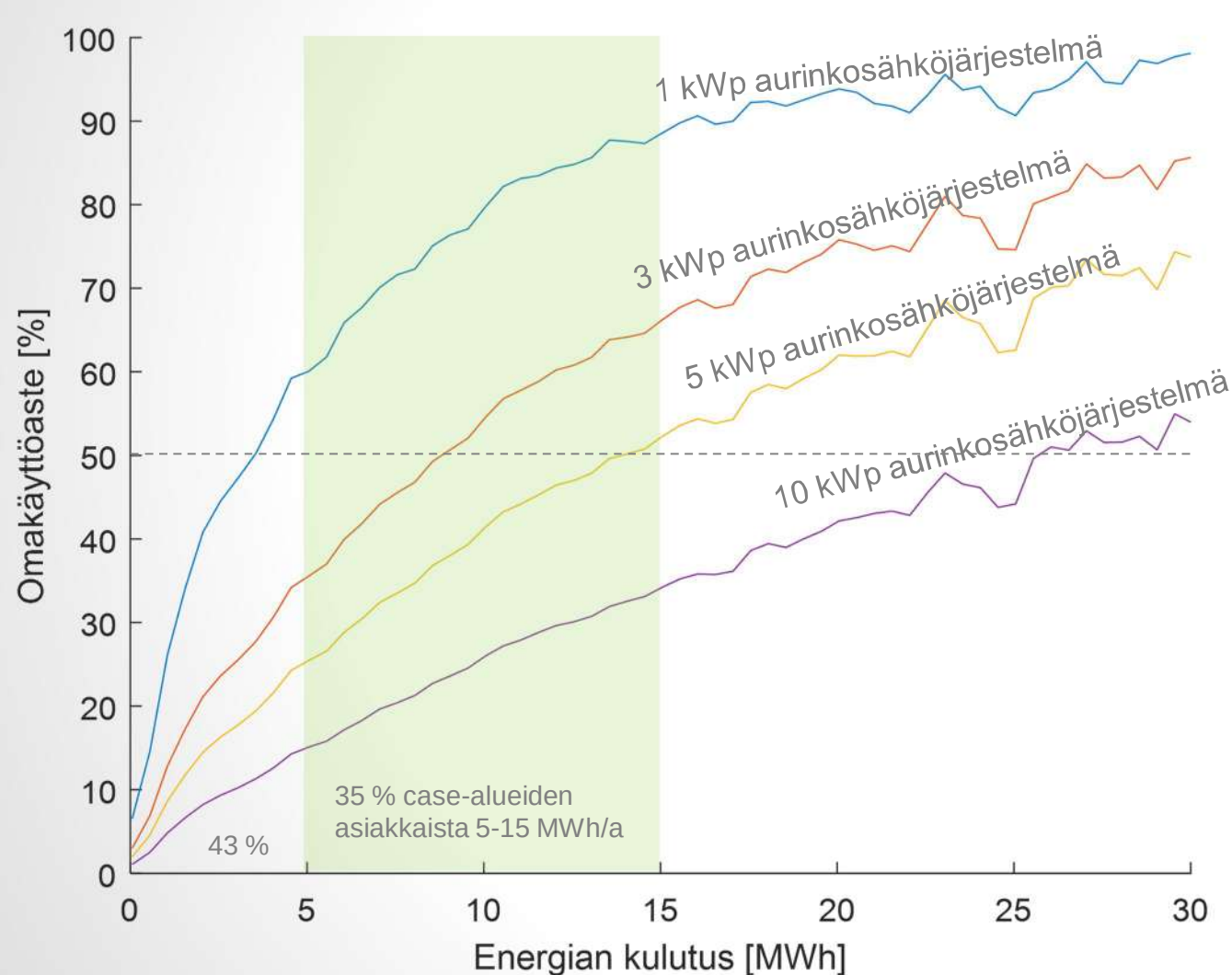
Rakennusluokka	Rakennusten määrä (kpl)				Rakennusten pinta-ala (km ²)				Teoreettinen potentiaali, S _n (MVA)			
	PKS	JSE	KSOY-V	SVV	PKS	JSE	KSOY-V	SVV	PKS	JSE	KSOY-V	SVV
Asuinrakennukset	52 076	46 645	49 274	66 417	7,7	7,2	8,2	10,9	385	359	411	545
Liike/julkinen	2 282	2 226	2 627	3 001	1,3	1,2	1,6	2,1	64	58	78	107
Lomarakennukset	26 532	53 253	18 092	30 590	1,8	3,7	1,3	2,2	90	187	65	111
Teollisuus	852	728	1 325	1 114	1,0	0,8	1,8	1,7	50	41	92	83
Muut	179 121	215 816	117 594	207 928	13,9	15,5	12,7	17,7	695	774	634	888
Yhteensä	260 863	318 668	188 912	309 050	25,7	28,4	25,6	34,7	1 284	1 417	1 279	1 734

Rakennusjakauma ilmansuunnittain



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Aurinkosähkö, tuotannon omakäyttöaste



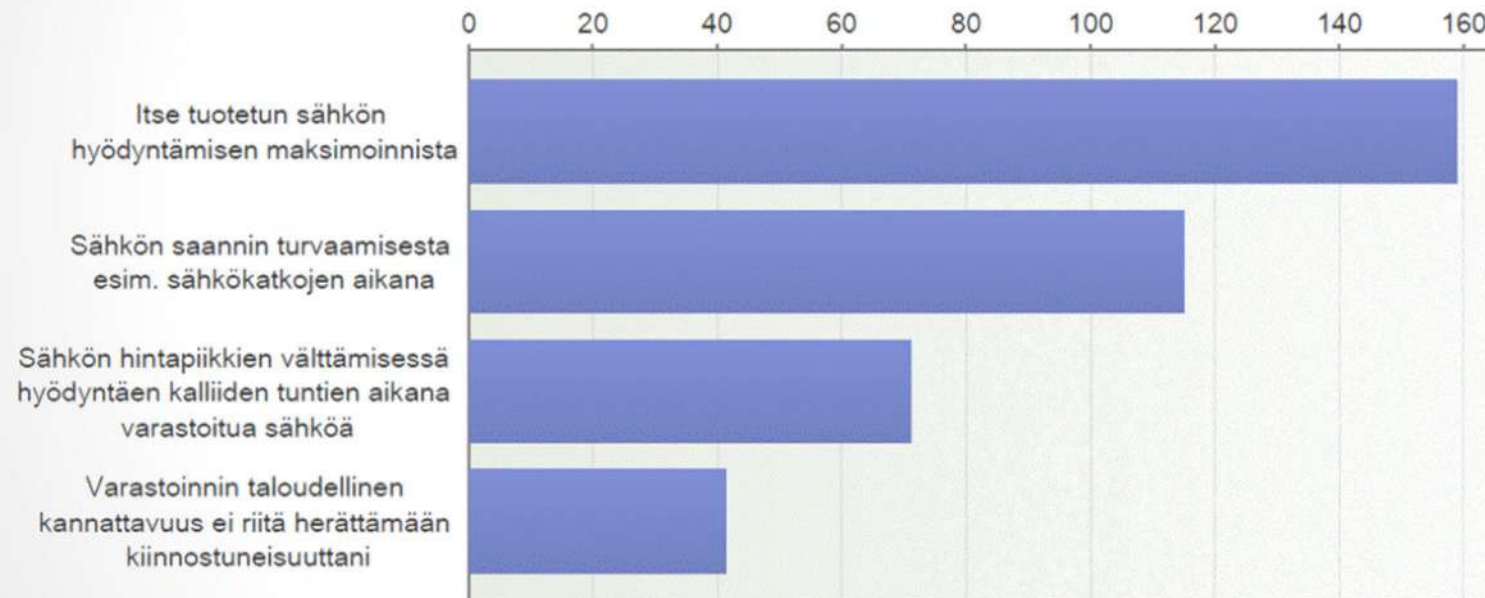
Huom! Omakäyttöasteen määrittely perustuu tuntitietojen käyttöön ja oletukseen vaihenetotuksesta.
Todellisuudessa omakäyttöaste voi olla matalampi.

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Aurinkosähkö, tuotannon omakäyttöaste (PV + BESS)

46. Voisin harkita sähköenergian varastointijärjestelmän hankkimista, jos varastointi osoittautuu taloudellisesti kannattavaksi. Olisin tällöin kiinnostunut: (valitse tarvittaessa useampi vaihtoehto)

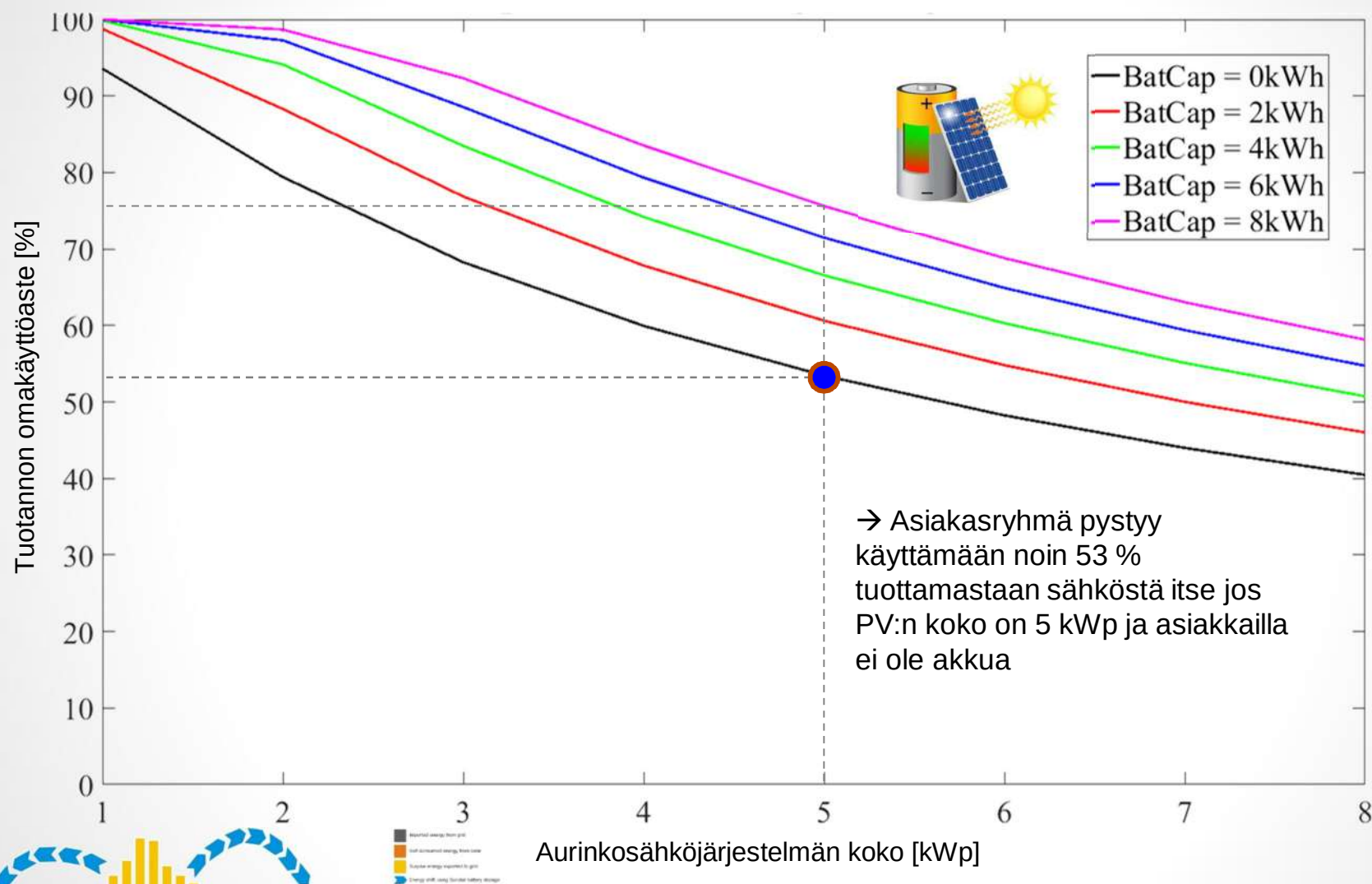
Vastaajien määrä: 222



→ Miten akkuvarastoilla voidaan kasvattaa PV:n omakäyttöastetta?

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Aurinkosähkö, tuotannon omakäyttöaste (PV + BESS)



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Akkuvarastot, hintakehitys

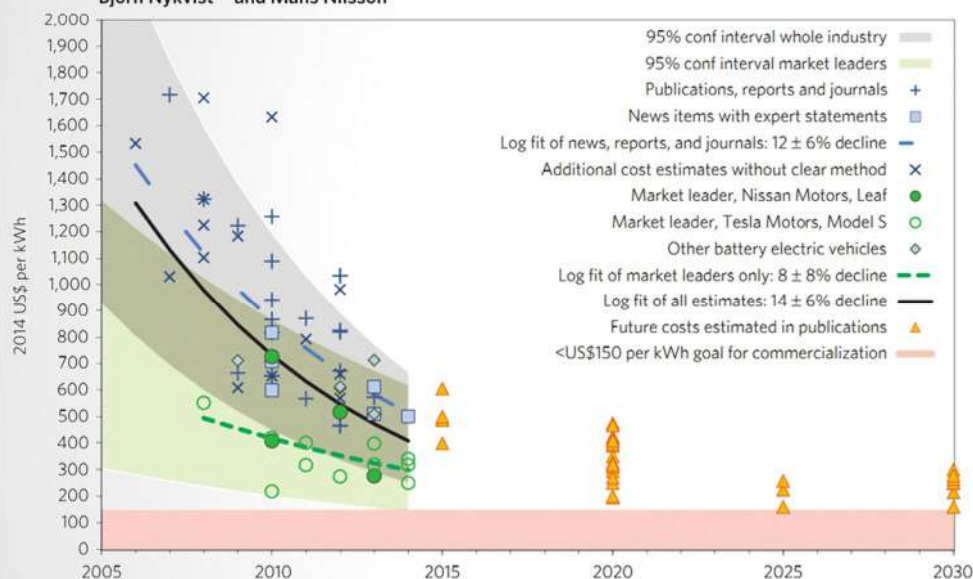
nature
climate change

LETTERS

PUBLISHED ONLINE: 23 MARCH 2015 | DOI: 10.1038/NCLIMATE2564

Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles

Björn Nykvist^{1*} and Måns Nilsson^{1,2}



Analyseissä
akkuvarastojen hintana
käytetään:

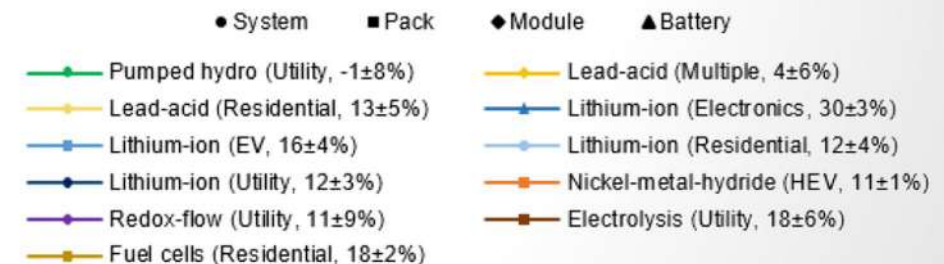
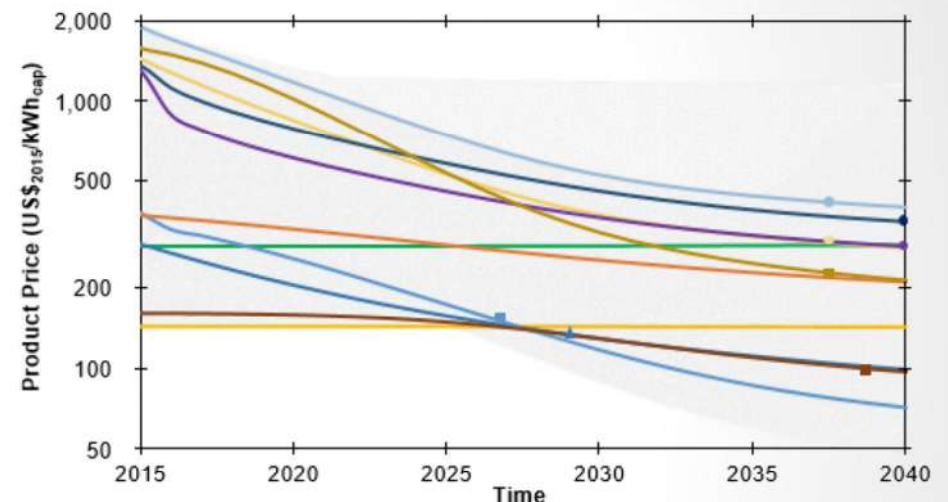
1000 €/kWh

500 €/kWh

200 €/kWh

The future cost of electrical energy storage based on experience rates

O. Schmidt^{1,2*}, A. Hawkes³, A. Gambhir¹ and I. Staffell²



¹Imperial College London, Grantham Institute for Climate Change and the Environment, Exhibition Road, London SW7 2AZ, UK.

²Imperial College London, Centre for Environmental Policy, 14 Princes Gardens, London SW7 1NA, UK.

³Imperial College London, Department of Chemical Engineering, Prince Consort Road, London SW7 2AZ, UK.

*e-mail: o.schmidt15@imperial.ac.uk

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Analysointiperiaatteet, aurinkosähkö



Lämmitystapamuutokset

Aurinkosähkö

Sähköautot

Hinnoittelumuutos

PAINOTUKSET

Asiakaan sähkönkäyttö, kWh/a:
Tuotannon omakäyttöaste:

PAINOTUKSET

Asuinrakennuksen ilmansuunta:
Asuinrakennuksen ikä:

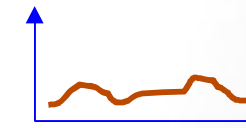
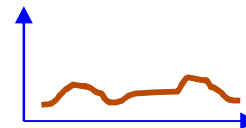
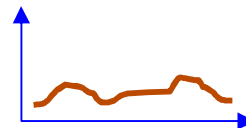
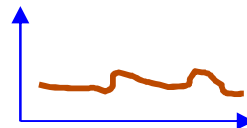
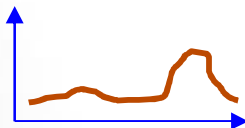
➔ Penetraatioasteet: x % (BAU), x % (+SKEN), x % (-SKEN)

Käyttöpaikat
(id-tieto)



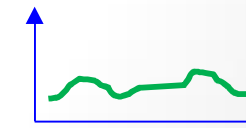
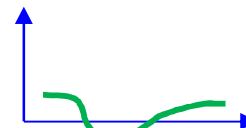
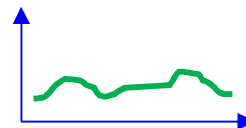
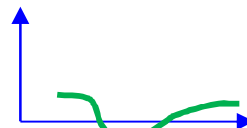
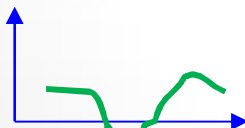
Yht. 10 000
käyttöpaikkaa

AMR



...

Uusi profiili



...

ΔE ja ΔP

- x / - y %

- x / - y %

- x / - y %

- x / - y %

- x / - y %

...

Muutostekijät Lämmitystapa- muutokset

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Lämmitystapamuutokset

Taustat tarkasteluille

- Energiatehokkuuden kehittämistrendi jatkuu
- Merkittävä uusi kuorma kotitalouksille (kWh ja kW)
- Kytkeytyminen jakeluverkkoihin liittymäpisteissä
- Vaikutukset verkon siirtokapasiteettiin ja jännitteisiin epäselvät

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Lämmitystapamuutosten mallintaminen, taustaa

MLP muutokset

Lämmitystavat (lkm)	Nykytila (2016)	2030	Muutos 2016-2030
Kauko- tai aluelämpö	62 983	62 983	0
Öljy	184 985	76 985	-108 000
Kaasu	22 638	13 638	-9 000
Puu	235 079	226 079	-9 000
Suora sähkölämmitys	387 255	378 255	-9 000
Varaava sähkölämmitys	90 048	45 048	-45 000
Muu (kivihiili, turve, ym.)	40 908	40 908	0
Maalämpö	120 000	300 000	+180 000

Lämmitystapamuutokset

Nykytilanne rakennuskannassa

- Väestörekisterikeskuksen
rakennustietokanta

x % x % x %

MLP ILP ...

Valtakunnalliset
kehitysskenaariot
(skaalattuna ja
sovitettuna
tarkastelualueelle)

x % x % x %



Varaava
sähkölämmitys



Öljylämmitys



Puulämmitys



Suora
sähkölämmitys

...

ILP muutokset

Lämmitystavat (lkm)	Nykytila (2016)	2030	Muutos 2016-2030
Kauko- tai aluelämpö	0	0	0
Öljy	35 000	40 000	+5 000
Kaasu	5 000	10 000	+5 000
Puu	160 000	175 000	+15 000
Suora sähkölämmitys	270 000	340 000	+70 000
Varaava sähkölämmitys	30 000	35 000	+5 000
Muu (kivihiili, turve...)	0	0	0
Maalämpö	0	0	0
Ilma-ilmalämpöpumput	500 000	600 000	-

MLP = Maalämpöjärjestelmä
ILP = Ilmalämpöjärjestelmä

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Lämmitystapamuutokset

Maalämpöjärjestelmät 2030

Nykyinen lämmitystapa	Suomi, pientalot	R4-case -alueet, pientalot	R4-case -alueet, käyttöpaikat	Muutos maalämmöksi Suomen pientaloista (Gaian arvio)
Kaukolämpö	6 %	0 %	0 %	0.0 %
Kaasu	2 %	0 %	0 %	39.8 %
Suora sähkö	35 %	46 %	38 %	2.3 %
Varaava sähkö	8 %	3 %	2 %	50.0 %
Öljylämmitykset	17 %	10 %	8 %	58.4 %
Puu	21 %	36 %	49 %	3.8 %
Maalämpö	11 %	4 %	3 %	-

Maalämpöjärjestelmät

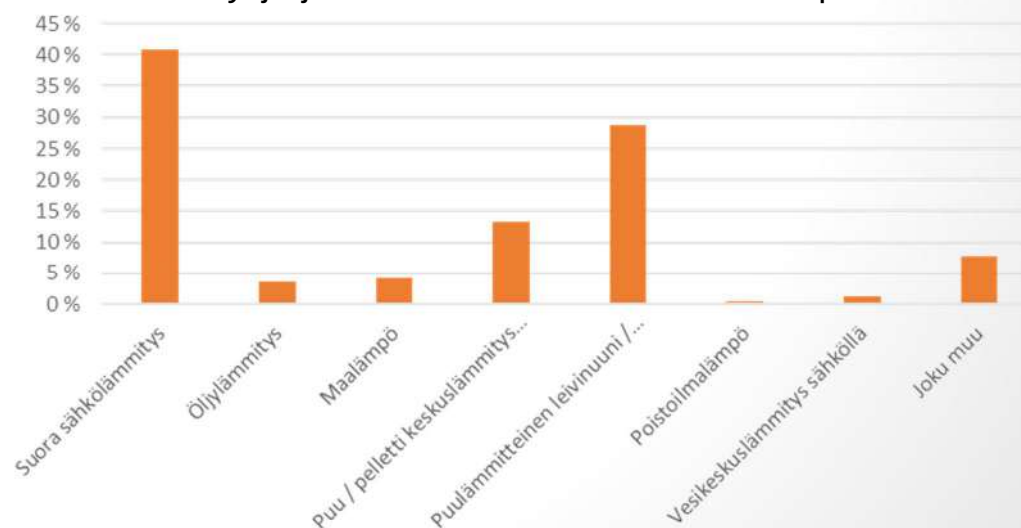
Suomi (Gaia):

- +16%-yksikön lisäys nykyiseen määrään Suomessa (nykytilanne 11 %)

R4 -case-alueet:

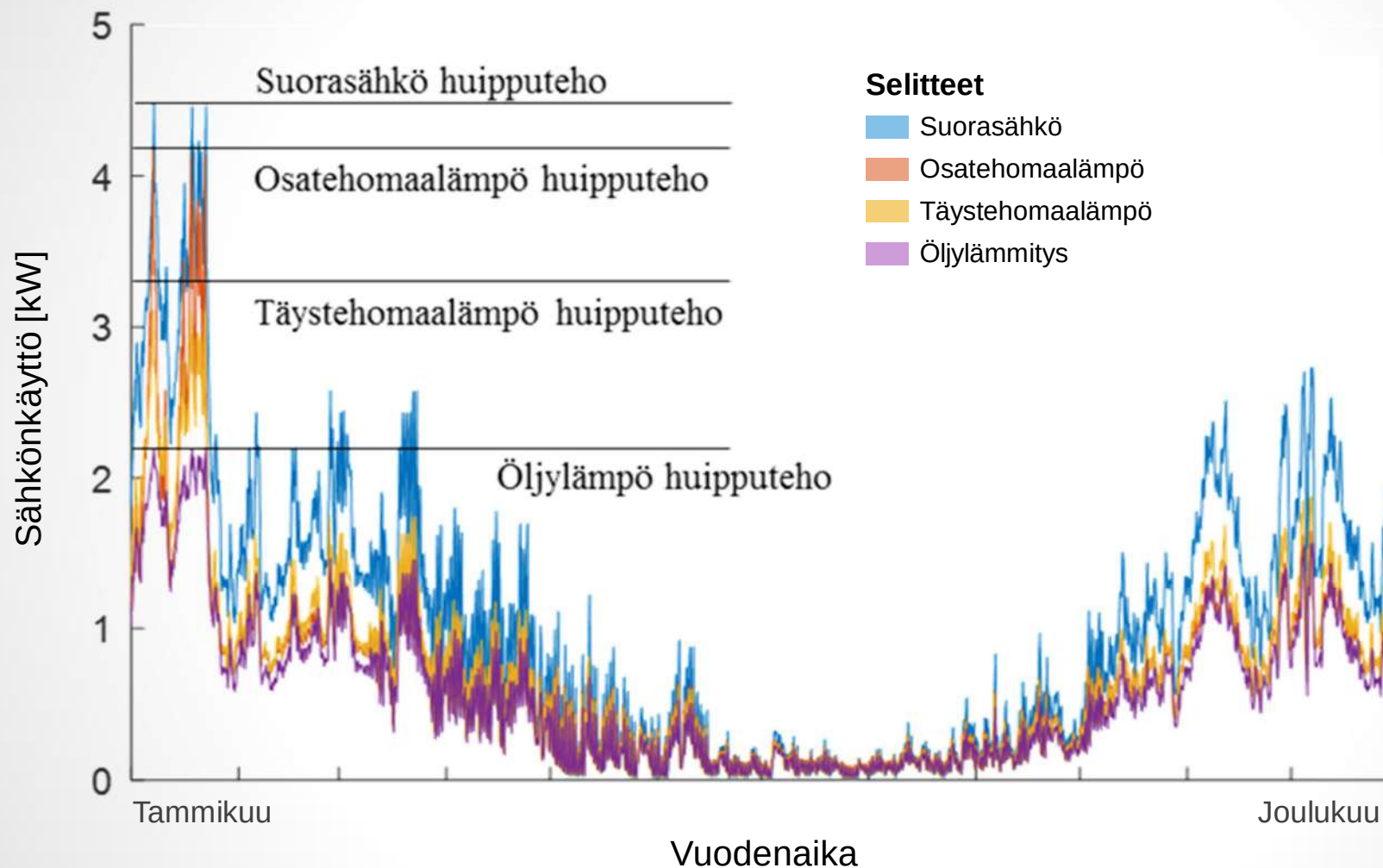
- +9 %-yksikön lisäys pientaloihin (nykytilanne 4.4 %)
- +5 %- yksikön lisäys käyttöpaikkoihin (nykytilanne 3 %)

Lämmitysjärjestelmät asiakashaastatteluiden perusteella



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Maalämpöjärjestelmät



Osatehomitoitetun maalämpöjärjestelmän huipputeho muistuttaa suorasähkölämmitystä. Muutoin tehot ovat lähellä täystehomitoitettua maalämpöjärjestelmää.

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

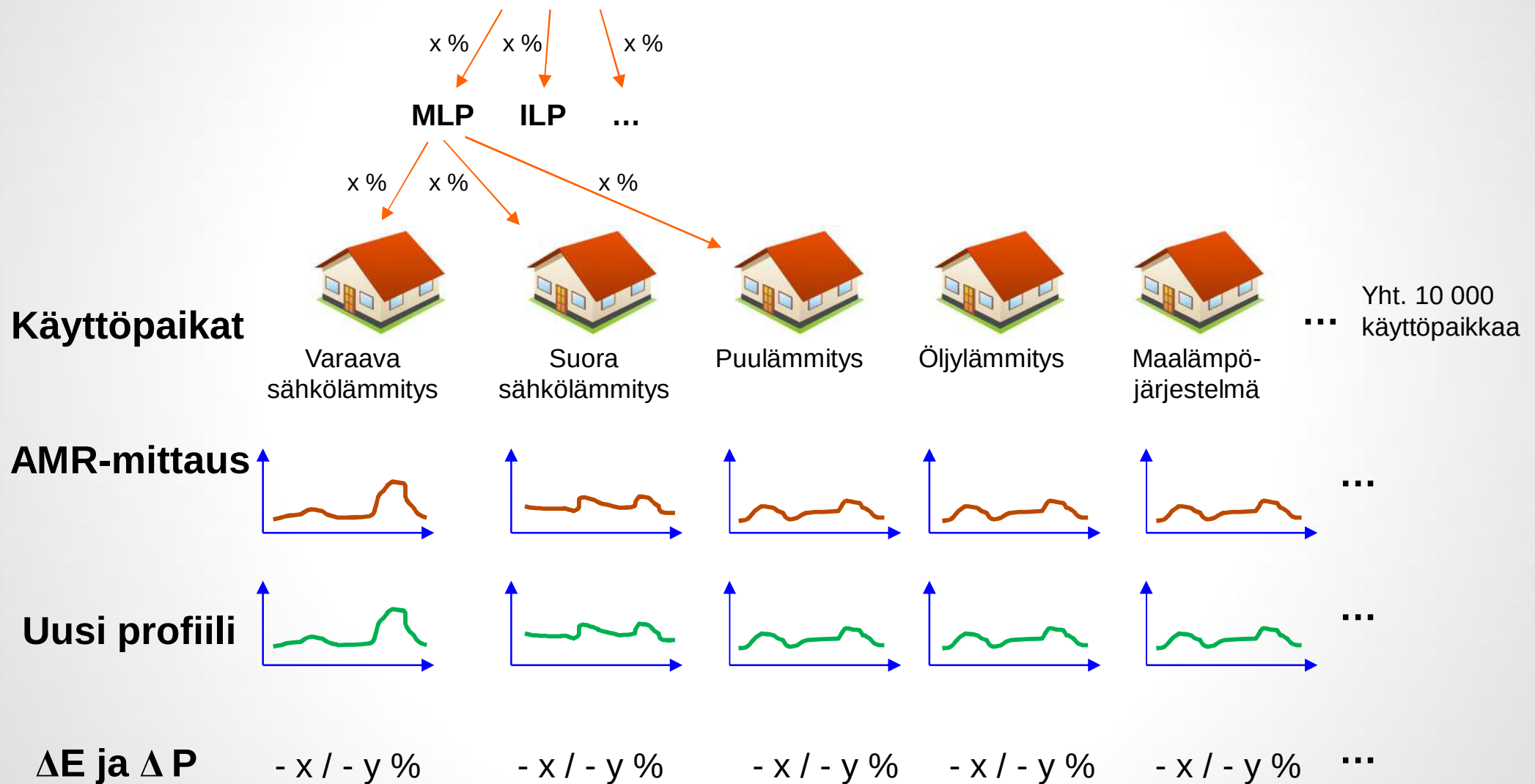
Lämmitystapamuutosten mallintaminen

Aurinkosähkö

Lämmitystapamuutokset

Sähköautot

Hinnoittelumuutos



Muutostekijät
Muuttoliike ja
liittymämäärien
kehittyminen

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

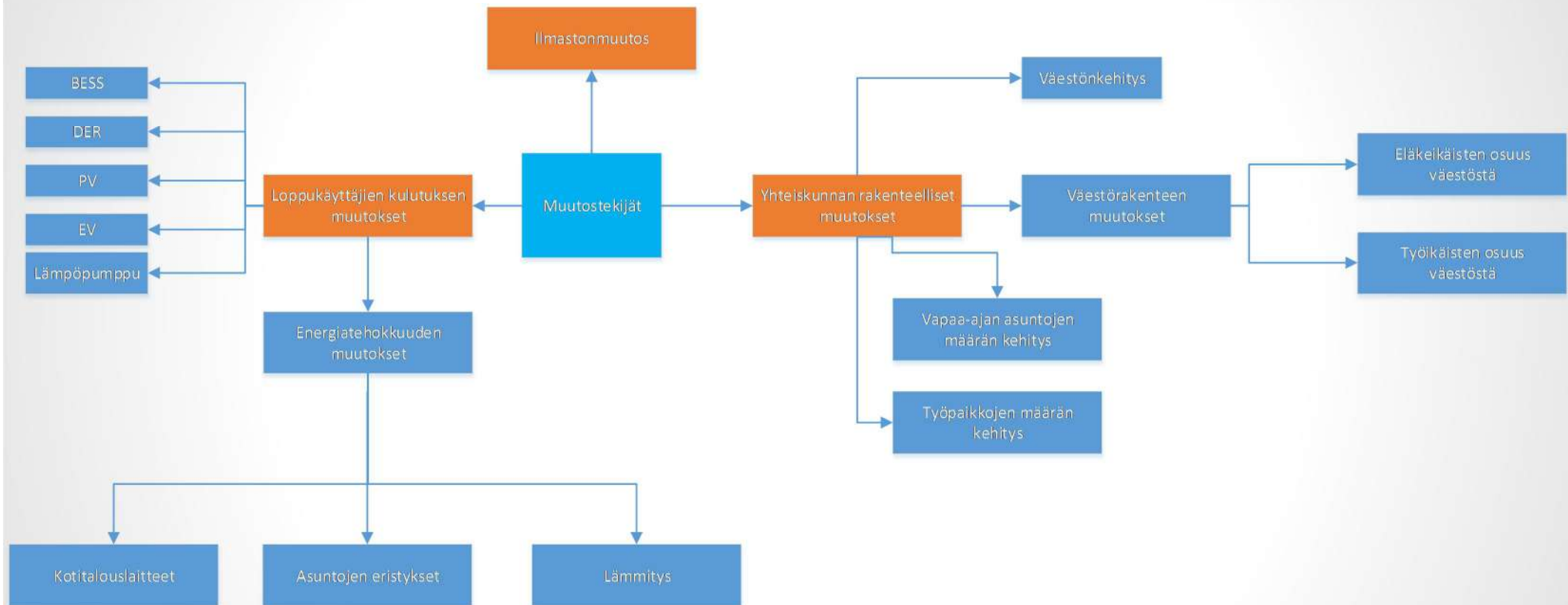
Muutostekijät: Muuttoliike ja liittymämäärät

Taustat tarkasteluille

- Muuttoliike haja-asutusalueilta taajamiin vahva; historia ja ennusteet
- Väestön ikääntyminen
- Etäisyydet ja verkkopituudet suuria; merkittävä omaisuusmassa sitoutunut verkonosiin, joissa tulevaisuuden sähköntarve epävarmaa
- Taloudellinen kannattavuus sähköliittymän hankkimiselle ja pitämiselle heikkenee; pientuotanto ja varastointiratkaisut kehittyvät

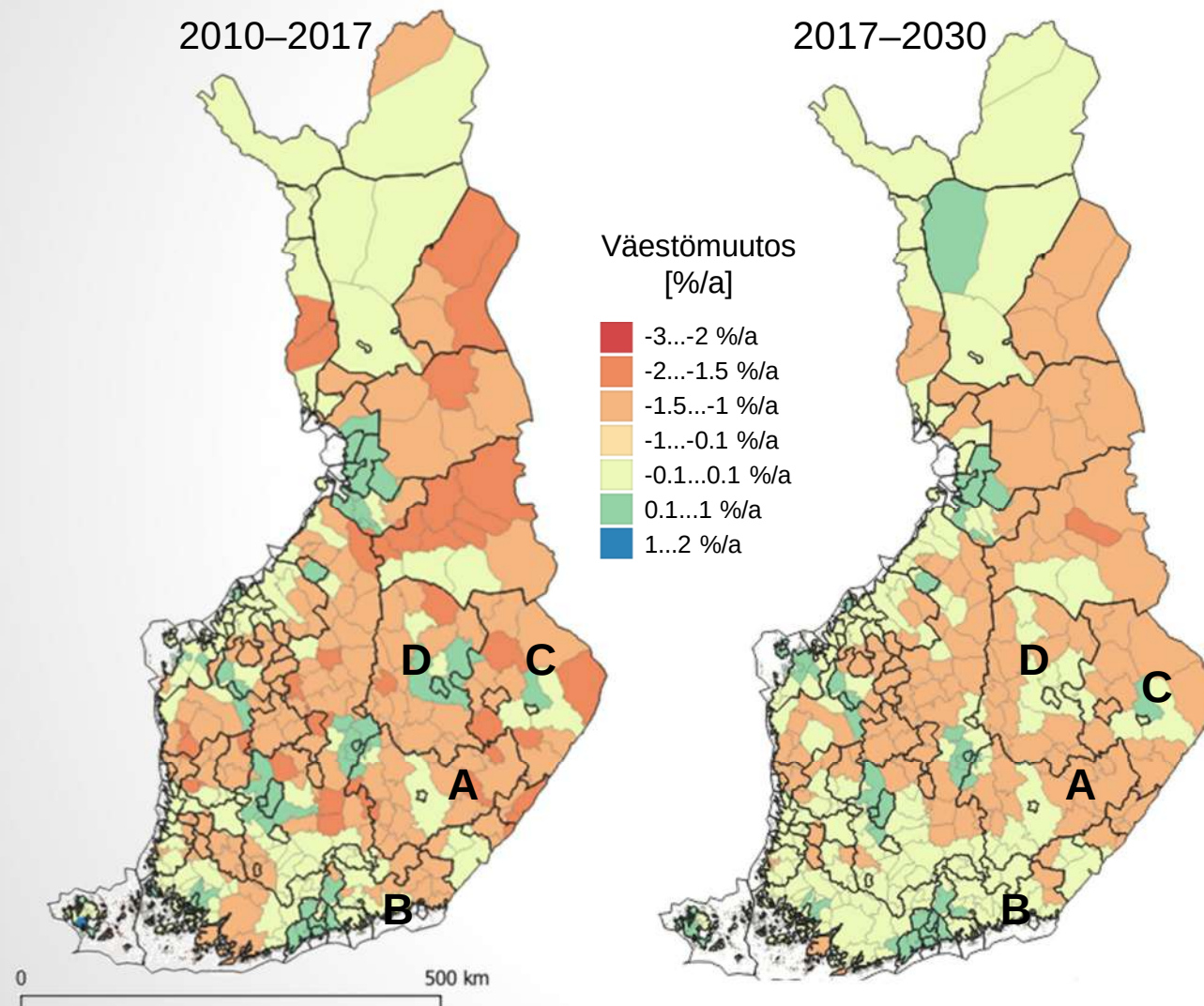
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät: Muuttoliike ja liittymämäärät



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät: Muuttoliike



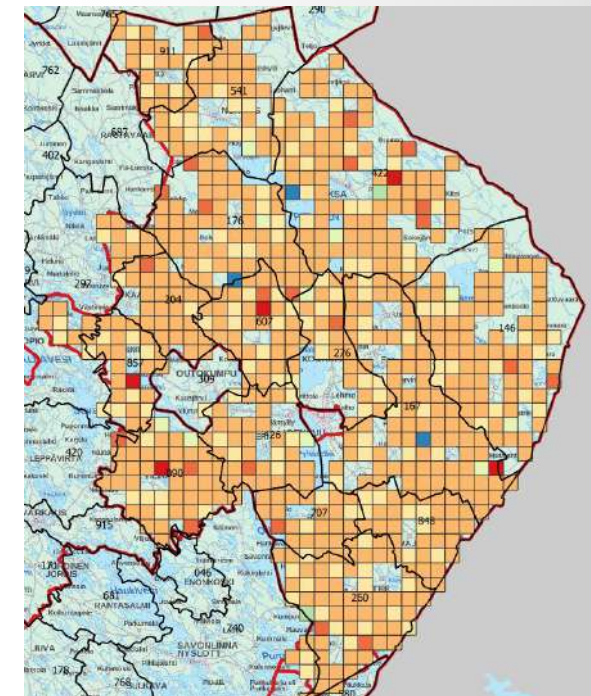
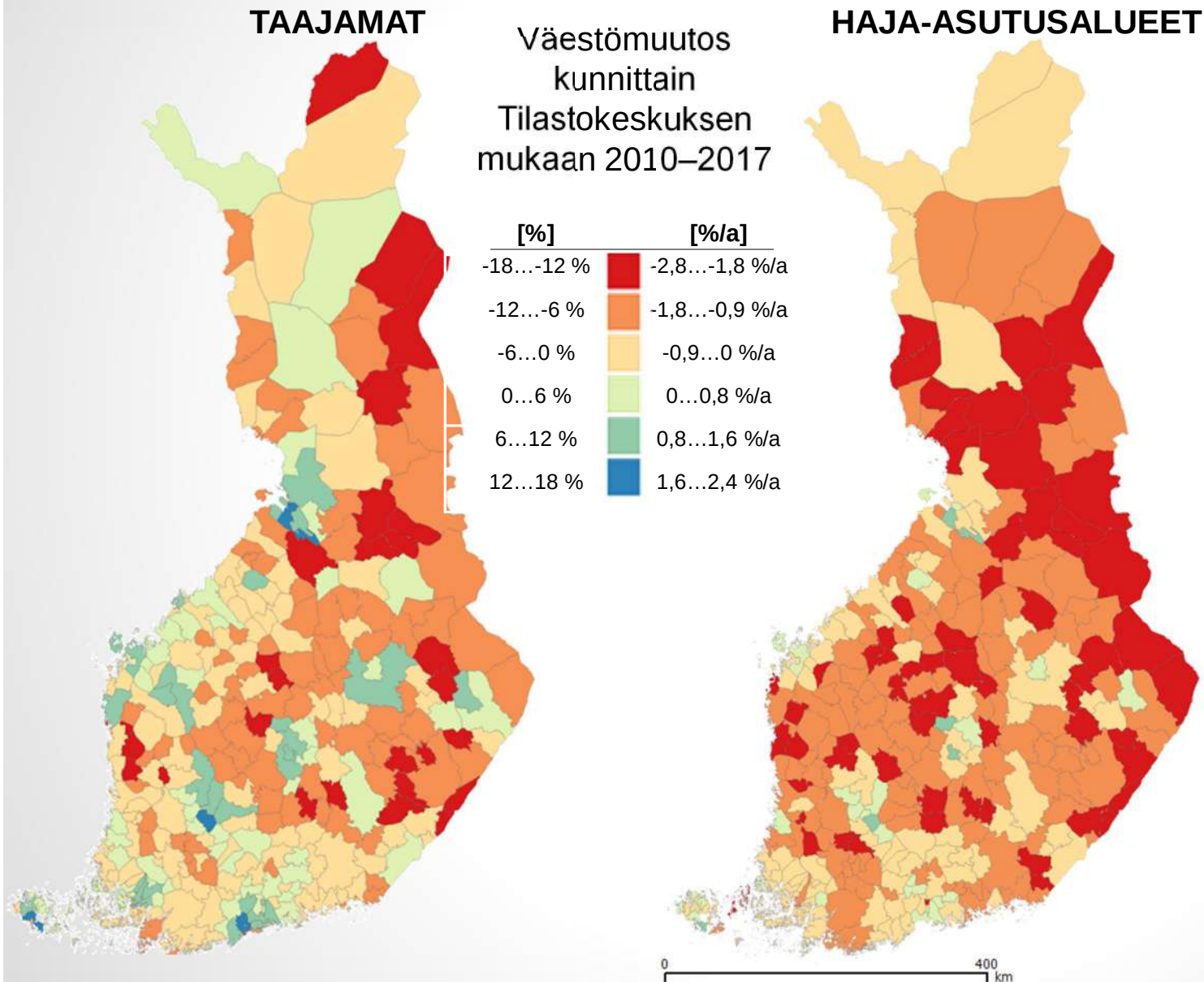
A, B, C, D = R4-yhtiöt

Esimerkkiyhtiö: Väestömuutostarkastelussa mukana olleet kunnat

PKSS						
Kunta ja väestön osuus yhtiön alueella	Taajama- aste	Ikm.	Asukasmäärä		Sähkönkäyttö	
			Muutos [%/a]	[GWh]	Muutos [%/a]	
Heinävesi	100 %	43 %	3 455	-1,6 %	24,1	0,6 %
Ilomantsi	100 %	54 %	5 128	-1,6 %	27,0	0,1 %
Juuka	100 %	46 %	4 817	-1,5 %	27,2	0,0 %
Kaavi	100 %	46 %	3 048	-1,2 %	18,8	0,7 %
Kitee	100 %	56 %	10 486	-1,2 %	61,0	0,3 %
Lieksa	100 %	70 %	11 297	-1,6 %	56,5	0,2 %
Liperi	100 %	57 %	12 150	0,2 %	80,0	1,7 %
Nurmes	100 %	65 %	7 765	-1,2 %	33,6	-0,3 %
Polvijärvi	100 %	31 %	4 414	-1,1 %	26,7	0,3 %
Rääkkylä	100 %	27 %	2 240	-1,6 %	16,4	0,1 %
Tohmajärvi	100 %	34 %	4 571	-1,3 %	28,3	-0,1 %
Tuusniemi	100 %	41 %	2 597	-1,1 %	18,0	0,4 %
Valtimo	100 %	45 %	2 218	-1,8 %	12,7	-0,3 %
			74 186		430	

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijät: Muuttoliike



Tarkastelussa mukana kaikki asukkaat kuntarajojen sisällä. Aineisto perustuu Tilastokeskuksen väestötietoihin 1 km x 1 km rasterijaotteluun.

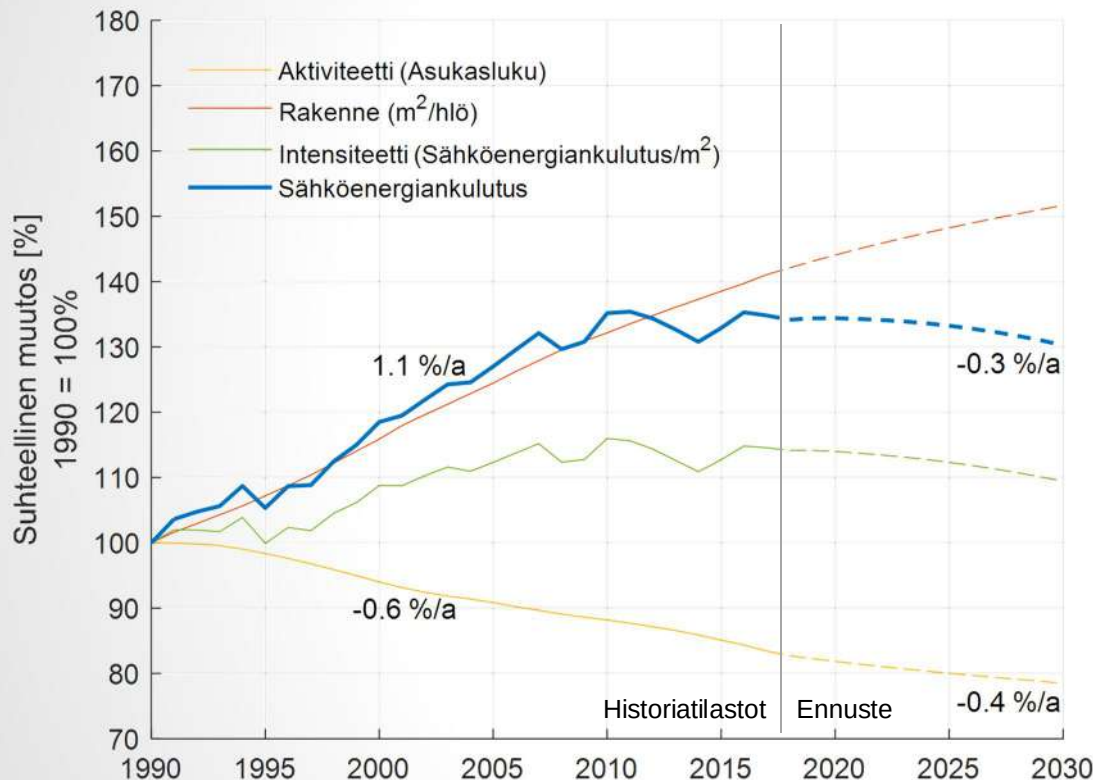
Taajama = Suomen Ympäristökeskuksen taajamarajojen perusteella määritetyt alueet ja väestö verkkoyhtiön toimialueella

Haja-asutus = Muut kuin Suomen Ympäristökeskuksen taajamarajojen perusteella määritetyt alueet ja väestö verkkoyhtiön toimialueella

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Väestömuutos ja sähkönkäyttö, ennustemallit

Taantuvien kuntien kotitalous- ja maataloussektorin sähköenergiankulutus ja väestönmuutos koko Suomessa



Sähköenergiankulutus (kWh) on lämpötilakorjattu. Kulutustiedot koskevat kotitalous- ja maataloussektoria.

Asukasluku kuva väestön määrän kehittymistä kunnissa. Väkiluvun ennustetaan edelleen laskevan taantuvissa kunnissa muuttoliikkeen jatkuessa kasvukeskuksiin.

Historiassa sähköenergian käyttö kasvanut ja väestön määrä vähentynyt.

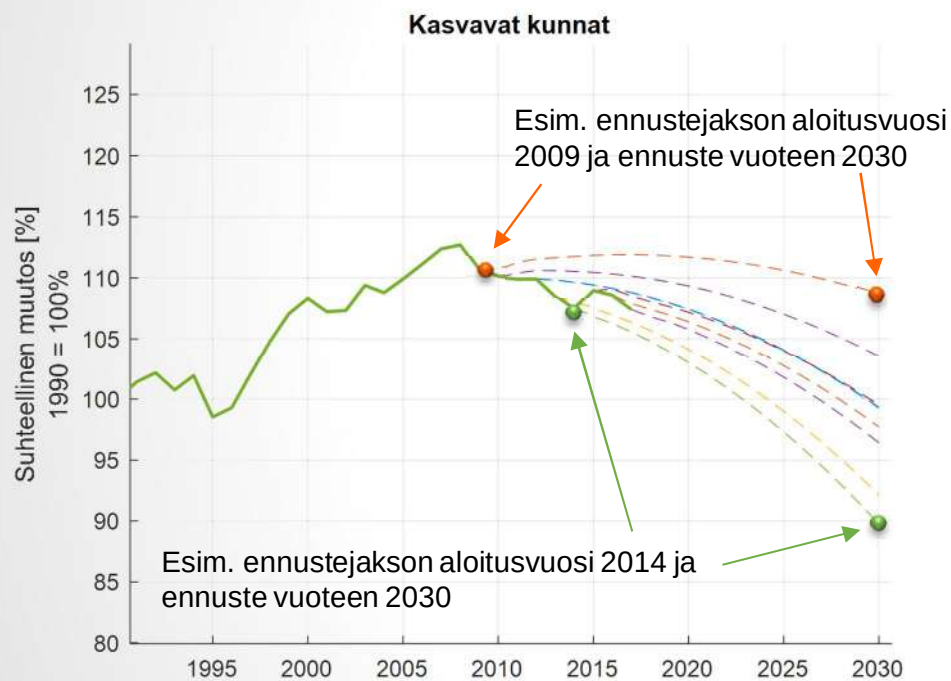
Tilastot ja ennusteet perustuvat kuntakohtaisiin aineistoihin

Vuodet 1990-2017 ovat historiatietoa ja ennuste (katkoviiva) vuoteen 2030 asti. Sähköenergiatietoa ei ole saatavilla vuosilta 2005-2006, joten energiankulutus on näille vuosille linearisoitu.

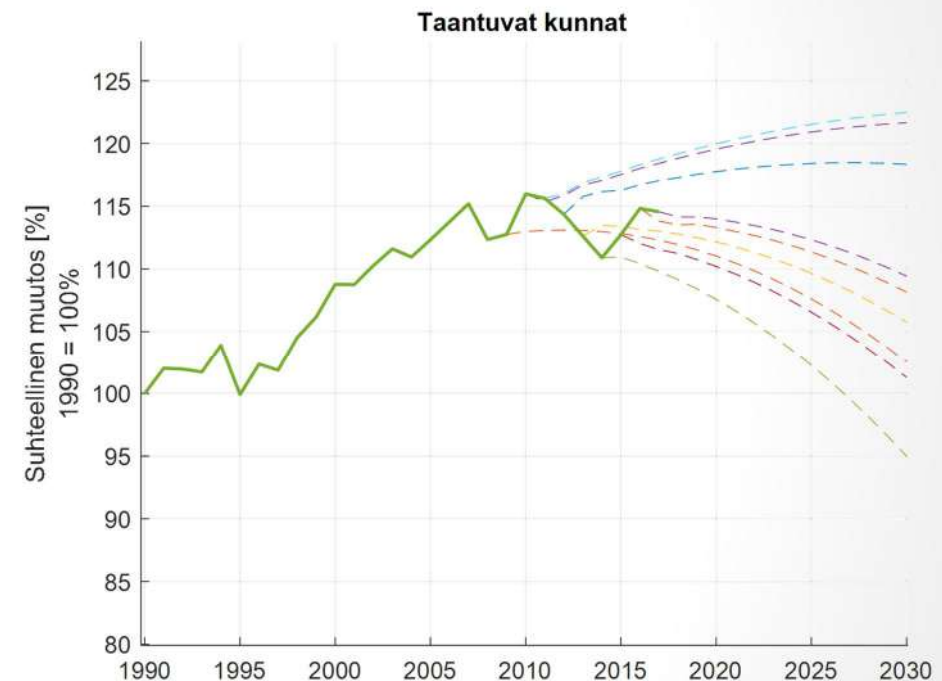
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Väestömuutos ja sähkönkäyttö, ennustemallit

Intensiteetin (sähköenergiankulutus/pinta-ala) ennusteet lähtövuosina 2009-2017 kasvavissa ja taantuvissa kunnissa



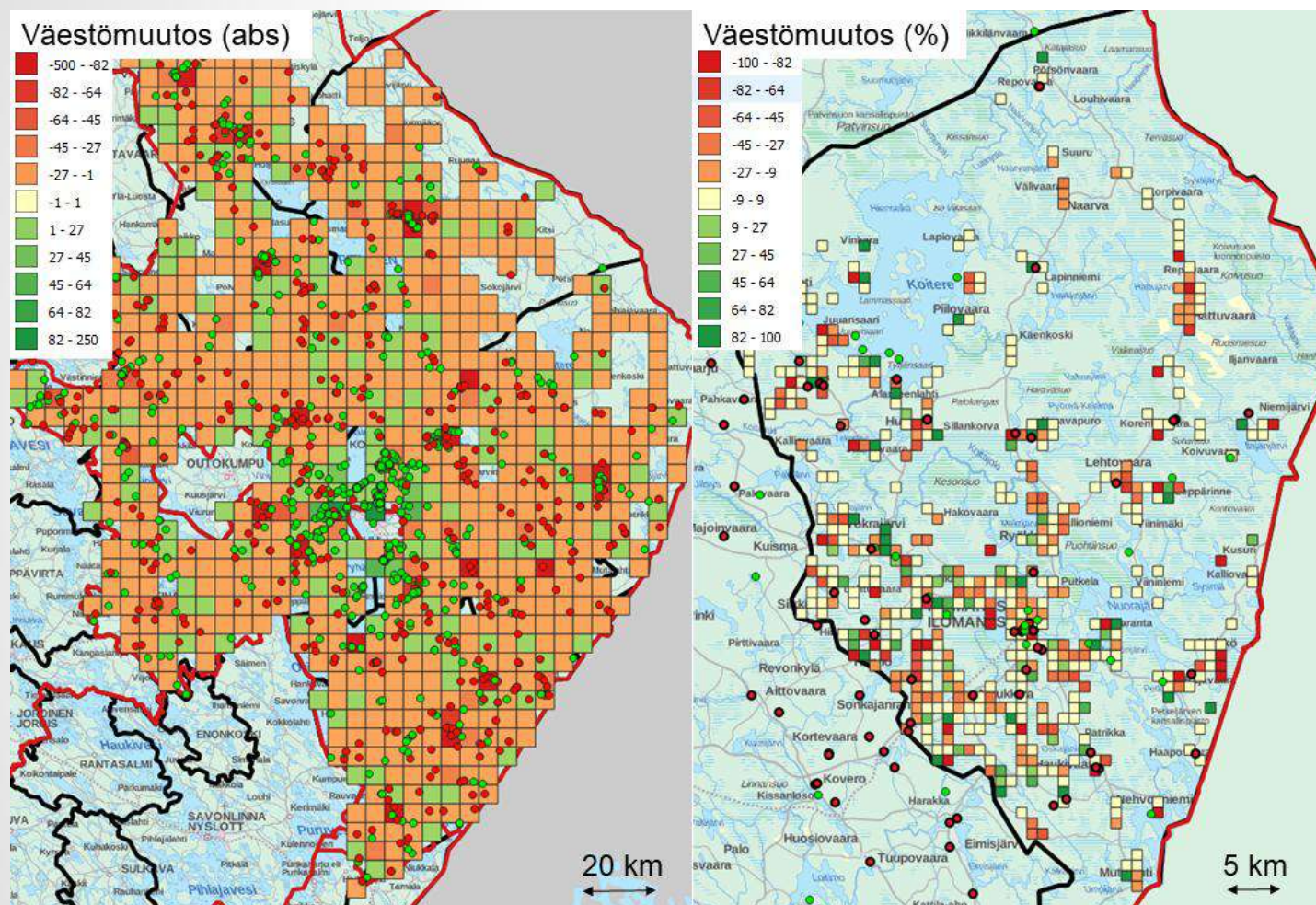
Kasvavien kuntien intensiteetillä on ollut viimeisen 10 vuoden aikana selkeä laskutrendi, jolloin myös kaikki ennusteet ovat laskevia alkuvuodesta riippumatta.



Taantuvien kuntien intensiteetin trendi ei ole yhtä selkeä kuin kasvavilla kunnilla, jonka vuoksi ennusteilla on suurempi hajonta. Viimeisten 5 vuoden ennusteiden kulmakertoimet näyttävät olevan hyvin samanlaisia, mutta alkupisteiden tasoerojen vuoksi ne päätyvät erilaisiin lopputuloksiin.

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Liittymien irtisanomisten ennustaminen



- ❑ Väestömuutos vahvasti negatiivinen taajamien ulkopuolella (muuttoliike maaseudulta taajamiin ja kasvukeskuksiin)
- ❑ Väestön poismuutto ei välttämättä näy liittymätilastoissa (kiinteistö voi jäädä vapaa-ajan asunnoksi tms.)
- ❑ Liittymäpurkujen kohdistaminen väestökehitystä seuraamalla haastavaa
- ❑ Kohdekohtainen sähkönkäytön seuranta keskeistä (mm. ns. nolla-asiakkaat)

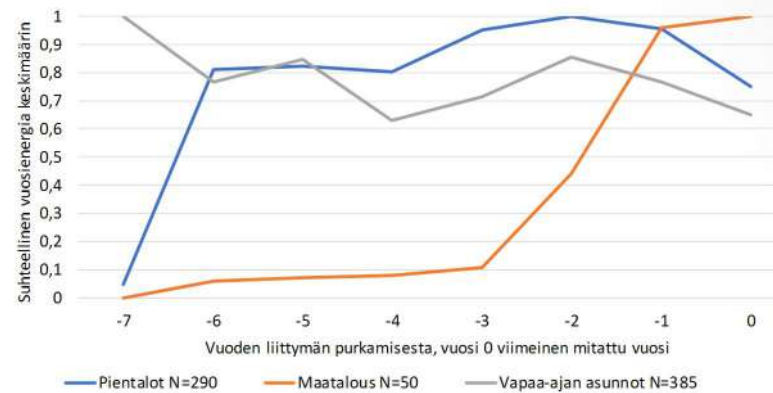
Kuva: PKSS:n verkkoalueen väestömuutos absoluuttisena ja Iloman sin väestömuutos prosentuaalisena esitettynä uusien ja purettujen sähköliittymien kanssa. Uudet liittymät esitetty vihreinä ympyröinä ja purettu liittymät punaisina. Taustakartta ja kuntarajat ©MML, väestötiedot ©Tilastokeskus, liittymätiedot ©PKSS, verkkoyhtiörajat ©Energiateollisuus.

Lähde: Haakana, diplomityö

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

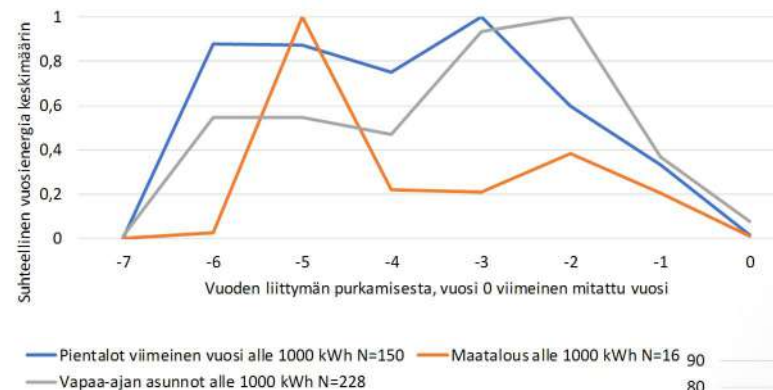
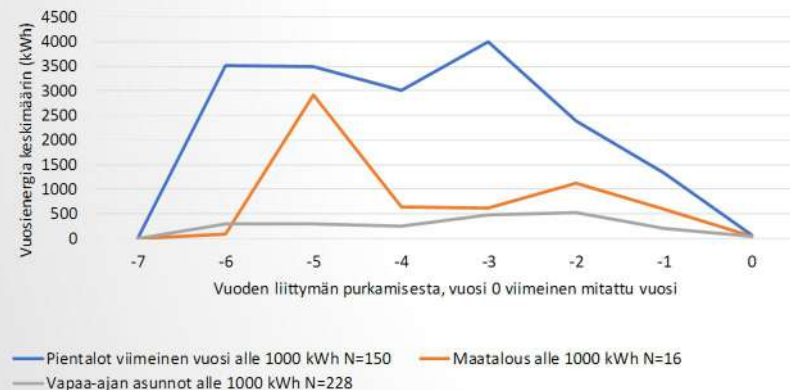
Liittymien irtisanomisten ennustaminen

PURETTUJEN LIITTYMIEN VIIMEISEN VUODEN KULUTUSTA EI RAJOITETTU



Purettujen liittymien osalla ei selkeää sähkönkäytön hiipuvaa trendiä

PURETUN LIITTYMÄN VIIMEISEN VUODEN KULUTUS ALLE 1000 kWh



Purettujen liittymien osalta näkyy sähkönkäytön hiipuva trendi

Liittymien purkajat on jaettavissa kahteen ryhmään:

1. Sähkönkäyttö loppuu kerralla
2. Sähkönkäyttö on hiipunut pikkuhiljaa

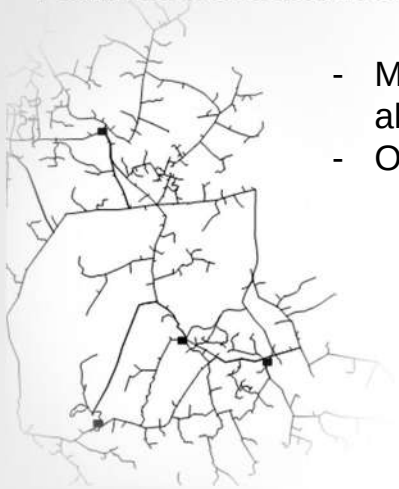


Muutostekijät Ilmastomuutos

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Ilmastomuutos

Verkkoliiketoiminta



- Muutokset keskilämpötiloissa; alueellinen sähkön kysyntä
- Omaisuusmassan kehittäminen

Verkostosuunnittelu



- Muutokset huipputehoissa; poikkipinta- ja muuntajakokomitoitus
- Myrskyt, lumikuormat, sadanta; tekniikkavalinnat

Rakentaminen



- Sadanta, maaperän kantavuus (routiminen); ajankohta-, tekniikka- ja reittivalinnat

Käyttötoiminta



- Muutokset huipputehoissa; toiminta ääritilanteissa

Viankorjaus



- Myrskyjen lisääntyminen, lumikuormat, sadanta, maaperän kantavuus; korjaustoiminnan hallinta

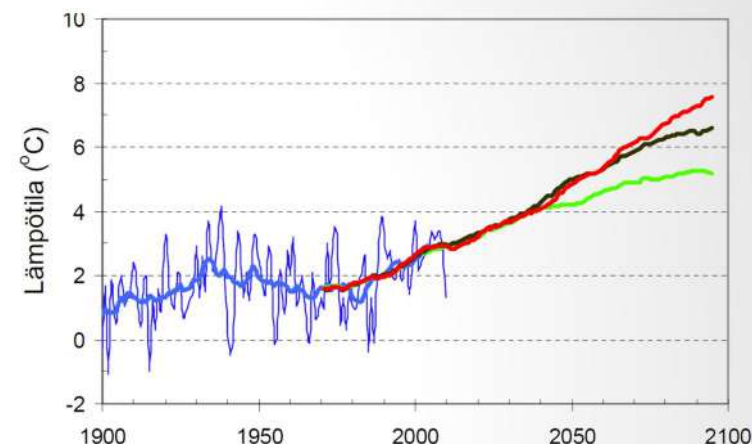
Taustaa: Ilmastonmuutos Suomessa (1/3)

Suomen ilmaston ennustetaan muuttuvan enemmän talvella kuin kesällä

Suomen lämpötila nousee tulevaisuudessa enemmän ja nopeammin kuin maapallolla keskimäärin. Myös sademäärien arvioidaan kasvavan. Talvella muutokset ovat suurempia kuin kesällä. Arvioidut muutokset voidaan tiivistää seuraavasti:

Lämpötila kohoaa

- Etenkin **talvien keskilämpötilat** kohoavat.
- Lämpeneminen on nopeinta Pohjois-Suomessa.
- Hyvin alhaiset lämpötilat näyttävät harvinaistuvan.
- **Hellejaksot yleistyvät ja pidentyvät.**
- **Kaikkein korkeimmat lämpötilat todennäköisesti kohoavat.**
- Kasvukausi pidentyy ja muuttuu lämpimämmäksi.



- Lämpenemisen keskimääräinen nopeus $\sim 0.4 \pm 0.1^\circ\text{C}/10 \text{ v}$ kaikissa skenaarioissa noin vuoteen 2040 saakka.
- Myöhemmin erot eri ilmastoskenaarioiden välillä kasvavat ja suurimpien päästöjen skenaarioissa muutokset ovat jo huomattavia.

https://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=5244fc3a-2653-403a-9756-55cc32ae5ad2&groupId=30106



<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>



Taustaa: Ilmastomuutos Suomessa(2/3)

Sademäärät kasvavat

- Etenkin talvipuolella vuotta sateet lisääntyvät, ja tulevat yhä useammin vetenä.
- Kesällä rankkasateet voimistunevat enemmän kuin keskimääräiset sateet.
- Talvella ja keväällä pisimmät sateettomat jaksot lyhenevät jonkin verran.

Myrskytuulissa tapahtuu muutoksia

- Keskimääräisissä tuulennopeuksissa ei juurikaan ole odotettavissa muutoksia, joskin eri mallien tulokset poikkeavat toisistaan paljon.
- Myrskytuulten arvioidaan voimistuvan etenkin Suomen merialueilla, mutta myös rannikoilla ja mahdollisesti sisämaassakin. RCP4.5 mukaan myrskytuulien voimistuminen on todennäköistä maan etelä- ja länsirannikolla, sillä Suomenlahden, Itämeren ja Selkämeren myrskytuulien on arvioitu voimistuvan. RCP8.5 mukaan myrskytuulten voimistuminen on mahdollista kaikilla merialueilla sekä myös maan etelä ja keskiosassa aina eteläisimpään Lappiin saakka.
- Ilmastomuutosarvioita tukee myös uusi tutkimustulos Euroopan manneralueiden myrskyistä. Niin sanotut katastrofiset myrskyt ovat todistetusti jo nyt voimistuneet tilastollisesti merkittävästi vuoden 1990 jälkeen alueella, joka kattaa Länsi-, Keski- ja Pohjois-Euroopan.

RCP-skenaariot (representative concentration pathways eli pitoisuuksien kehityskulun skenaariot)

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Taustaa: Ilmastonmuutos Suomessa (3/3)

Lumipeite ja routa vähenevät

- Lumipeiteaika lyhenee.
- Lumen vesiarvo ja paksuus vähenevät.
- Routaa on nykyistä vähemmän.
- Lauhojen ja sateisten talvien aikana maaperä on usein märkä ja sen kantavuus on huono.

Pilvisyys lisääntyy ja auringonpaiste vähenee

- Talvista tulee entistäkin pilvisempiä, ja aurinko paistaa harvemmin.
- Kesällä pilvisyys säilyy suurin piirtein entisellään tai hiukan vähenee.

Itämeren pinnankorkeus nousee ja jääpeite supistuu

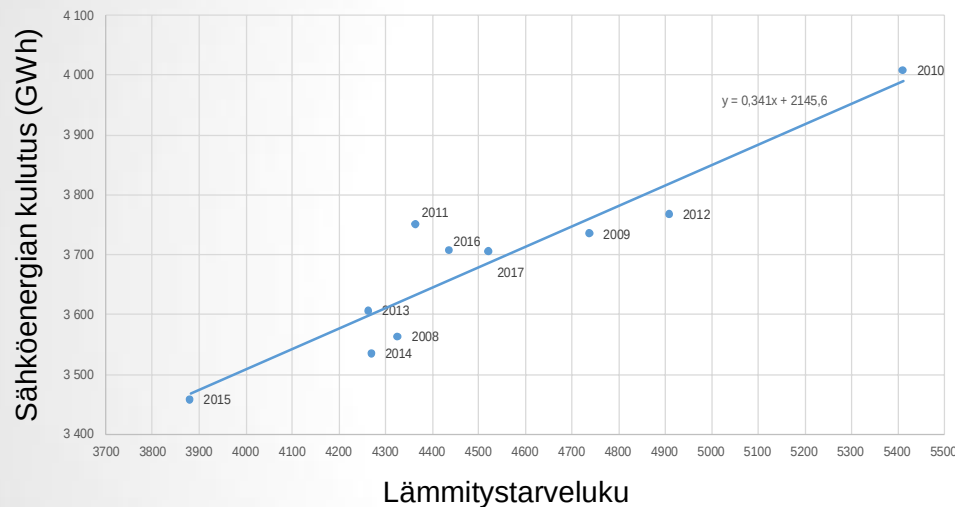
- Suomenlahdella vedenkorkeus saattaa kääntyä nousuun, ja Perämerellä meri vetäytyy entistä hitaammin.
- Itämeren jääpeite supistuu ja ohenee.



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Ilmastomuutos; astepäiväluja ja arvio muutoksesta

Astepäiväluvun ja **asumisen ja maatalouden** sähköenergiankulutuksen vaihtelu 2008–17 case-yhtiöiden alueella



Esimerkki: 2 °C-asteen lämpötilamuutos tarkoittaisi $0.341 \cdot 730 = 250$ GWh muutosta sähköenergiankulutuksessa.
Lämmitystarveluvun referenssipaiikkakunnaksi on valittu Kuopio.

Ilmastonlämpenemisen vaikutus **kotitalous- ja maataloussektorin sähköenergian-kulutukseen (%)**. Vaikutus laskettu suhteessa vuoden 2017 kulutukseen.

	Muutos sähkön käytössä (%)		
	+ 2 °C	+ 1 °C	+ 0.5 °C
JSE	-7.1 %	-3.5 %	-1.8 %
KSOY-V	-7.8 %	-3.9 %	-2.0 %
PKSS	-6.2 %	-3.1 %	-1.5 %
SVV	-7.3 %	-3.7 %	-1.8 %
Case-yhtiöt	-6.7 %	-3.4 %	-1.7 %

Yhtiö ja sen alueen kuntien koti- ja maataloussektorin sähkönkäyttö	Muutos sähkön käytössä 2030 mennessä (GWh)		
	+ 2 °C	+ 1 °C	+ 0.5 °C
JSE (801 GWh)	-57	-28	-14
KSOY-V (1140 GWh)	-89	-44	-22
PKSS (501 GWh)	-31	-15	-8
SVV (1264 GWh)	-93	-46	-23
Case-yhtiöt (3707 GWh)	-249	-124	-62

SÄHKÖASIAKAS 2030

– SIIRRETÄÄNKÖ

JATKOSSA ENERGIAA

VAI TEHOA

YHTEENVETO

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijöiden skenaariot (→ 2030)

Ehdotus skenaariojaottelusta ja eri muutostekijöiden penetraatioasteista

MUUTOSTEKIJÄ ja SKENAARIO*	BAU	+++ SKEN	--- SKEN
Aurinkosähkö	8 % käyttöpaikoista	35 % käyttöpaikoista	4 % käyttöpaikoista
Sähköautot	7 % käyttöpaikoista	30 % käyttöpaikoista	4 % käyttöpaikoista
Lämmitystapa- muutokset	Maalämpö 2-9 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin Ilmalämpö 4-6 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin	Maalämpö 4-18 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin Ilmalämpö 8-12 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin	Maalämpö 1-4 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin Ilmalämpö 2-3 %-yks. lisäys käyttöpaikkoihin
Väestömuutokset	-1 %/a	-3 %/a	-0.5 %/a
Ilmastomuutos	Kansallinen arvio ilmaston lämpenemisestä ja muista vaikutuksista (kts. erillinen kalvosarja) Lisäksi arvioidaan tavanomaista kylmempien talvien vaikutus sähkön kysyntään		

Skenaariomääritelmät

- BAU = Business As Usual, toimintaympäristö ja muutostekijät kehittyvät yleisen arvion mukaisesti
- +++ SKEN = Arvioitua voimakkaampi muutos -skenaario verkkoliiketoiminnan ja omaisuuden hallinnan näkökulmasta
- SKEN = maltillinen muutos -skenaario

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Kysyntäennuste 2030

Tarkastelualueita koskevat tulokset

	Case A	Case B	Case C	Case D	Case A	Case B	Case C	Case D
Vuosienergia ja nykyinen huipputeho	12,9 GWh	56,1 GWh	18,2 GWh	36,7 GWh	3,6 MW	14,3 MW	5,0 MW	10,4 MW
Muutostekijä (ja penetraatio)	Muutos energiassa v. 2030 [%]				Muutos huipputehossa v. 2030 [%]			
Aurinkosähkö (8 %)	-4,9	-2,3	-3,5	-2,4	0	0	0	0
Lämpöpumput (2–9 %)	-4,0	-1,8	-3,1	-2,7	-2,4	-0,6	-0,9	-0,8
Sähköautot (7 %)	+2,9	+1,4	+2,1	+1,5	+7,4	+3,4	+5,6	+1,0
Muutosten yhteisvaikutus	-6,0	-2,7	-4,5	-3,6	+5,5	+2,7	+4,9	+0,2

Muutostekijä (ja penetraatio)	Muutos energiassa v. 2030 [%]				Muutos huipputehossa v. 2030 [%]			
Aurinkosähkö (35 %)	-21,7	-10,0	-15,3	-10,7	0	0	0	0
Lämpöpumput (4–18 %)	-4,7	-2,7	-3,8	-3,8	-2,0	-1,2	-1,3	-2,3
Sähköautot (30 %)	+12,5	+5,9	+8,9	+6,2	+21,6	+10,4	+14,7	+3,8
Muutosten yhteisvaikutus	-13,8	-6,9	-10,2	-8,2	+21,4	+9,2	+14,1	+1,7

Muutostekijät: Summeeraus

- Haja-asutusalueille kohdistuu useita nopeasti kehittyviä muutostekijöitä
- Kokonaisuutena pienentävät siirrettävää sähköenergiaa (-kWh), mutta kasvattavat sähkötehoa (+kW)
- Sähköautot ja pientuotanto keskeisimpiä näköpiirissä olevia kysyntäprofiilia laaja-alaisesti vaikuttavia muutostekijöitä
- Alueelliset erot muutoksissa suuria
 - Esimerkiksi alueilla, joissa nykyisellään yöpainoiteista sähkönkäyttöä, muutokset jakeluverkon huipputehoon eivät yhtä merkittäviä kuin alueilla, joissa päivä-/iltapainoiteista sähkönkäyttöä
- Verkkoyhtiöillä vaikuttamismahdollisuus mm. asiakaspäässä tapahtuviin teknisiin valintoihin
- Avoimilla julkisilla aineistoilla ja tietorajapinnoilla jatkossa yhä keskeisempi rooli sähkön kysynnän kehittymisen arvioinnissa
- Jatkossa tärkeää seurata trendien kehittymistä ja reagoida tarpeen mukaan

**HAJA-
ASUTUSALUEEN
SÄHKÖNJAKELU
2030 –
TARVITAANKO
VERKKOJA?**

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähkönjakelu ja muutostekijät

Verkon ikä, kunto ja toimitusvarmuus

Edellyttääkö investointeja?
(milloin, mihin, miten paljon, millä tekniikalla, mikä vaikutus?)

Pientuotanto

Vaikuttaako verkon suunnitteluun ja käyttöön?
(millä aikataululla, mihin, miten suurina, miten suuri tuotannon omakäyttö, joustavuus, mikä vaikutus?)

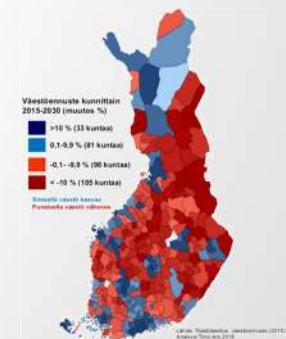
Sähköautoilu

Vaikuttaako verkon suunnitteluun ja käyttöön?
(millä aikataululla, mihin, latausten ajoittuminen ja energiatarve, joustavuus, mikä vaikutus?)



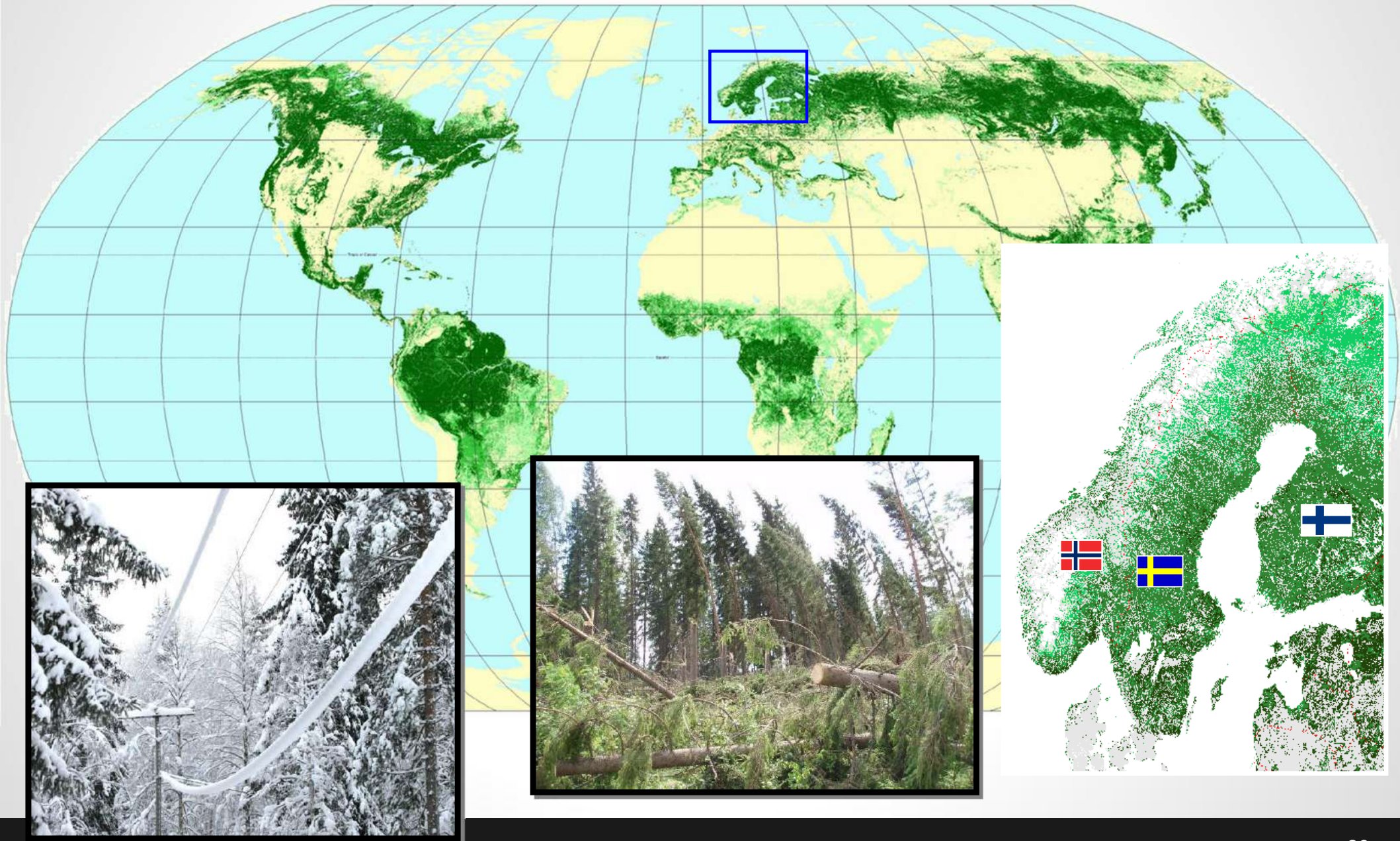
Muuttoliike ja liittymät

Voidaanko huomioida verkon suunnittelussa?
(millä aikataululla, mistä ja mihin, mikä vaikutus?)



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Sähkönjakelu ja muutostekijät



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Hankkeen taustatiedot

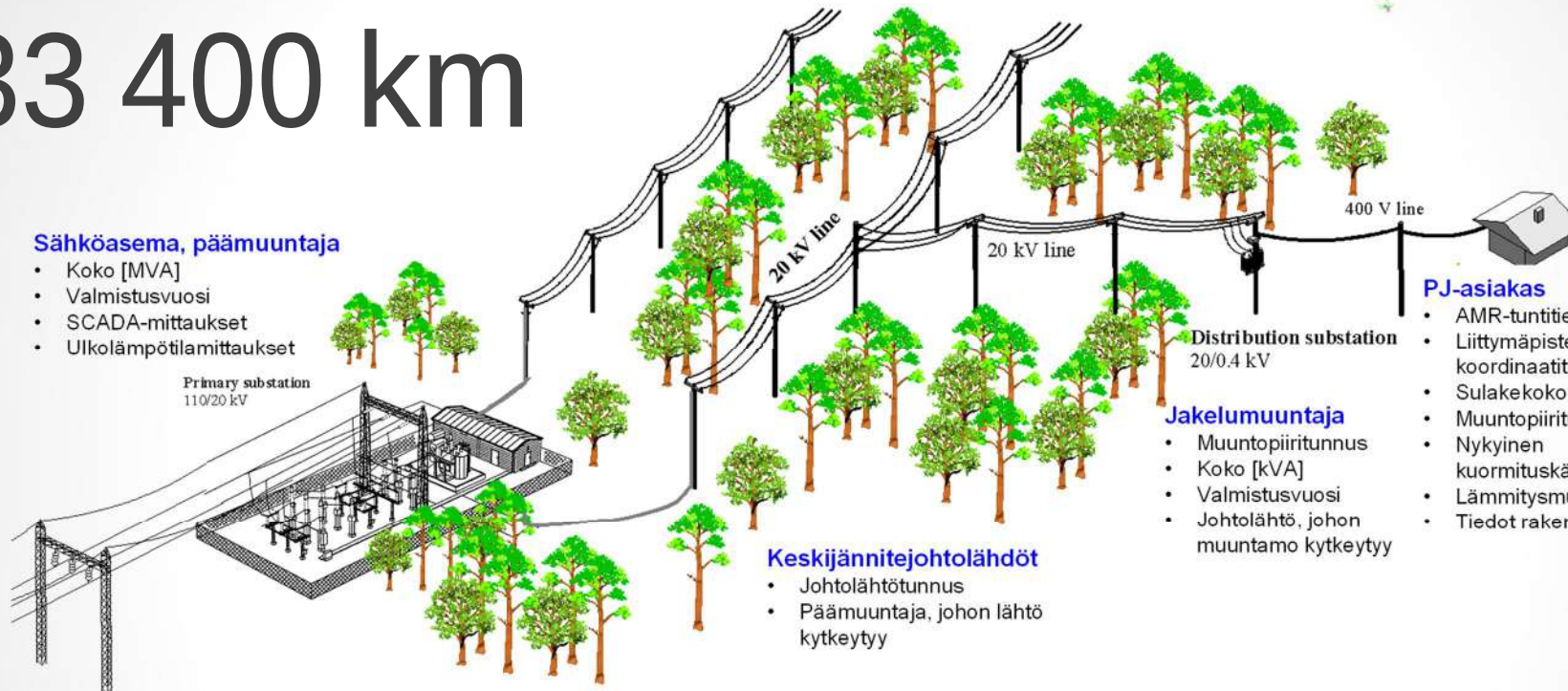
R4-yhtiöiden keskijänniteverkot

33 400 km

Sähköasema, päämuuntaja

- Koko [MVA]
- Valmistusvuosi
- SCADA-mittaukset
- Ulkolämpötilamittaukset

Primary substation
110/20 kV



PJ-asiakas

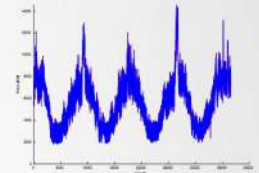
- AMR-tuntitiedot
- Liittymäpisteen koordinaatit
- Sulakekoko
- Muuntopiiritunnus
- Nykyinen kuormituskäyräluokittelu
- Lämmitysmuoto
- Tiedot rakennuksesta

Jakelumuuntaja

- Muuntopiiritunnus
- Koko [kVA]
- Valmistusvuosi
- Johtolähtö, johon muuntamo kytkeytyy

Keskijännitejohtolähdöt

- Johtolähtötunnus
- Päämuuntaja, johon lähtö kytkeytyy



46 %



28 %



18 %

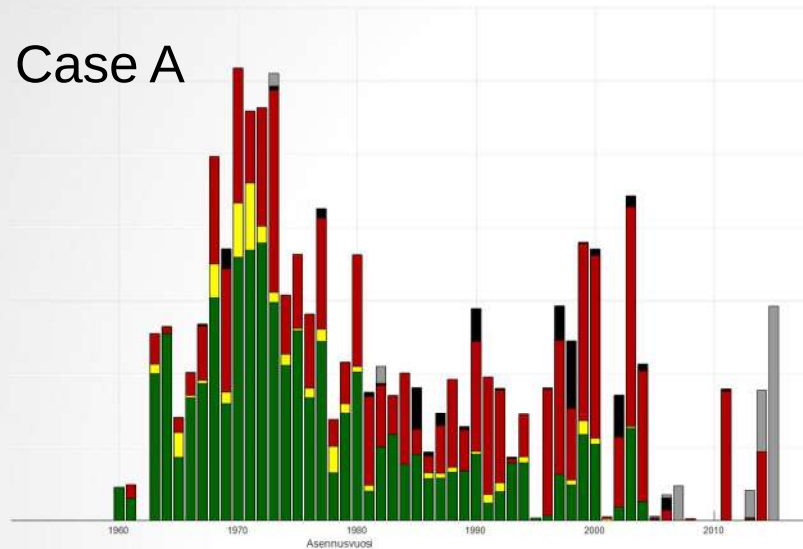


8 %

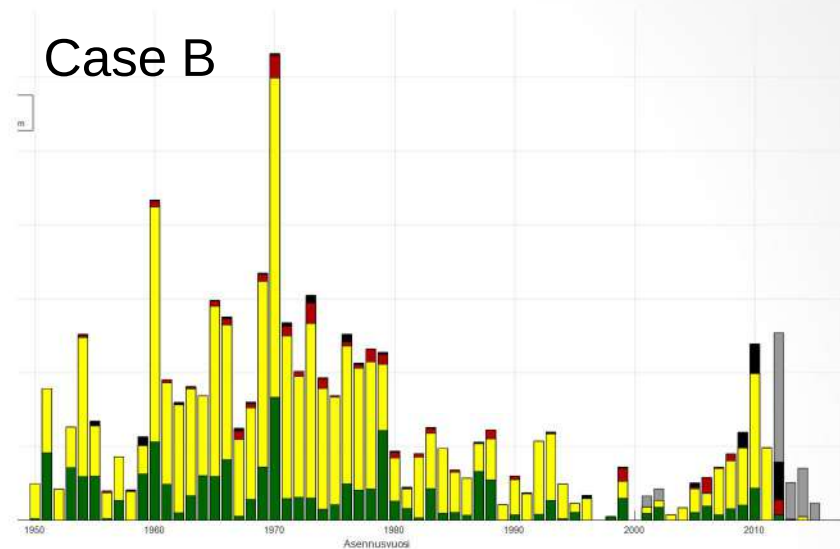
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon ikä ja sijainti (keskijännite)

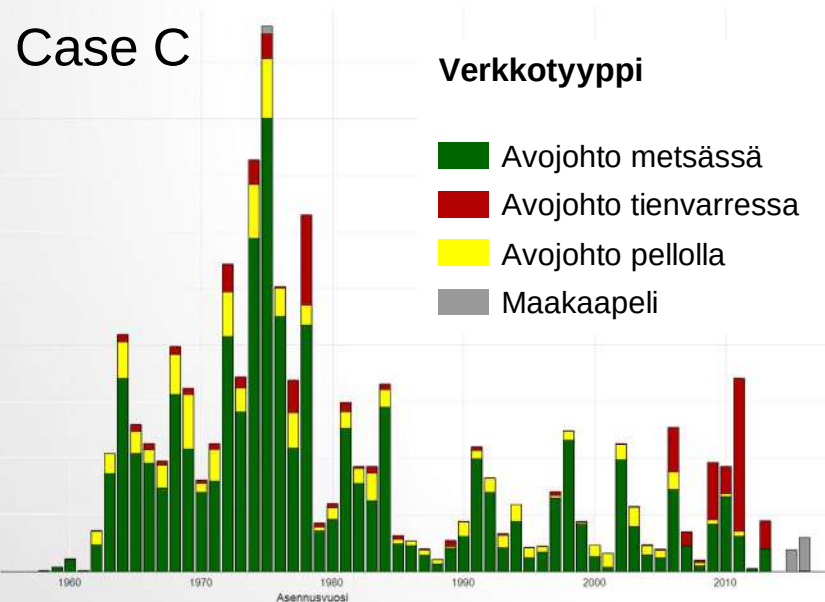
Case A



Case B



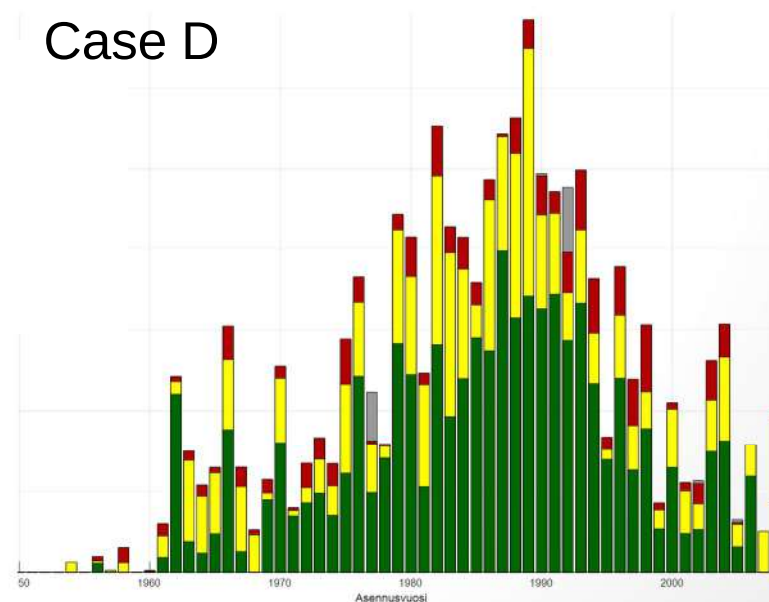
Case C



Verkkotyyppi

- Avojohto metsässä
- Avojohto tienvarressa
- Avojohto pellolla
- Maakaapeli

Case D



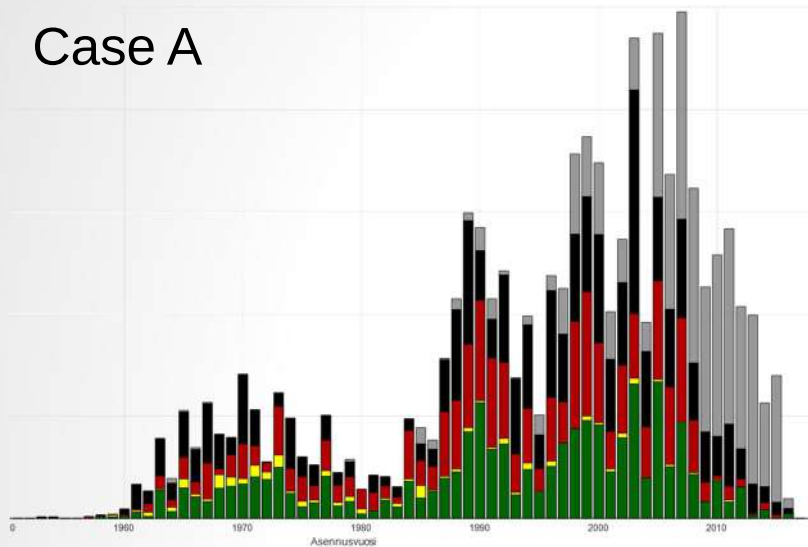
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon ikä ja sijainti (pienjännite)

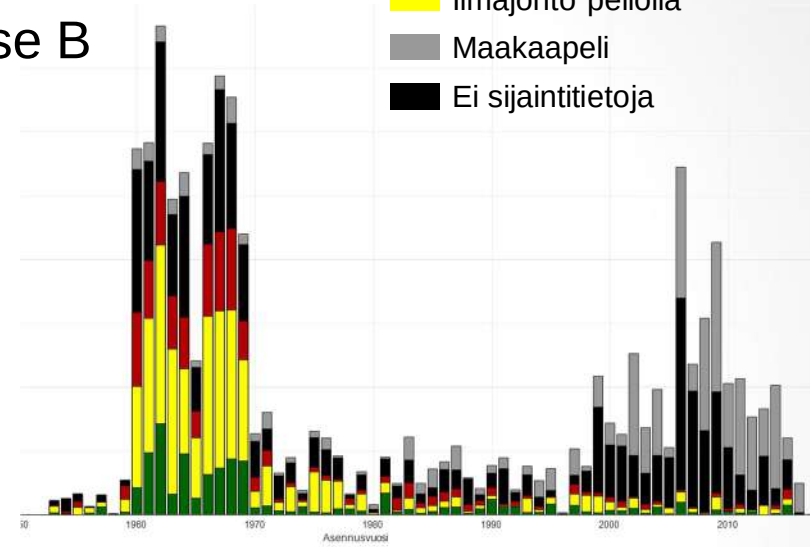
Verkkotyyppi

- Ilmajohto metsässä
- Ilmajohto tienvarressa
- Ilmajohto pellolla
- Maakaapeli
- Ei sijaintitietoja

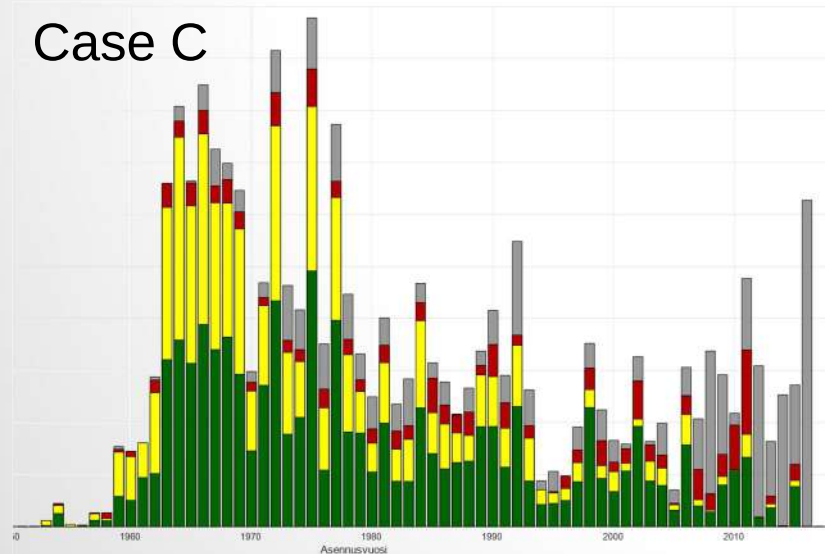
Case A



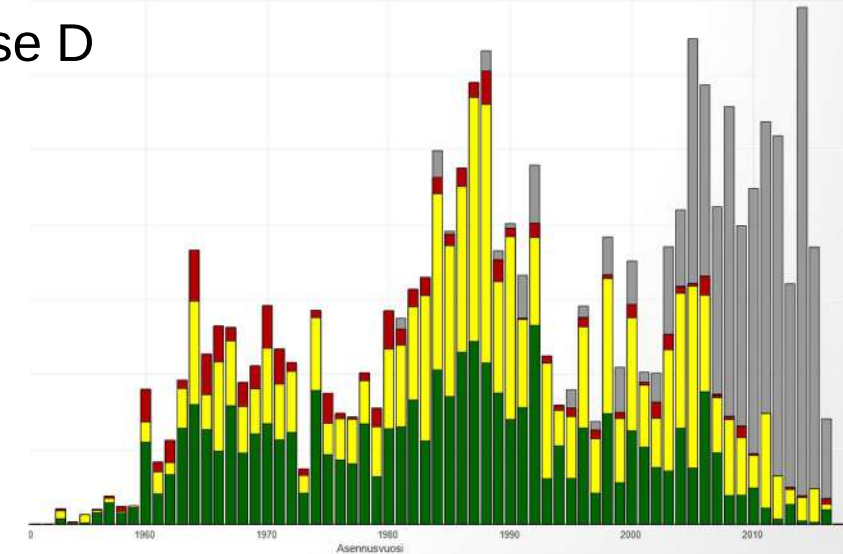
Case B



Case C

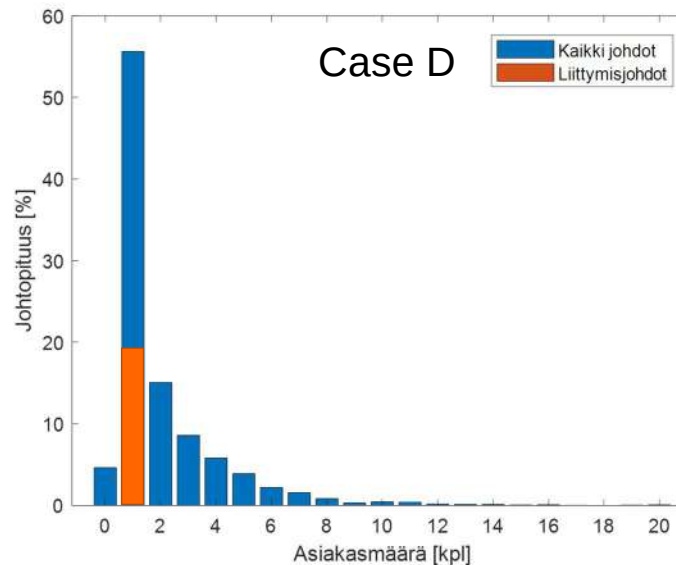
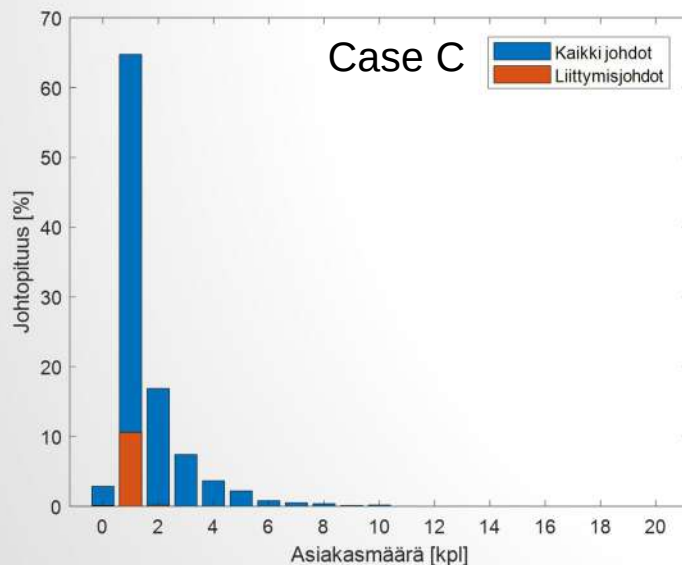
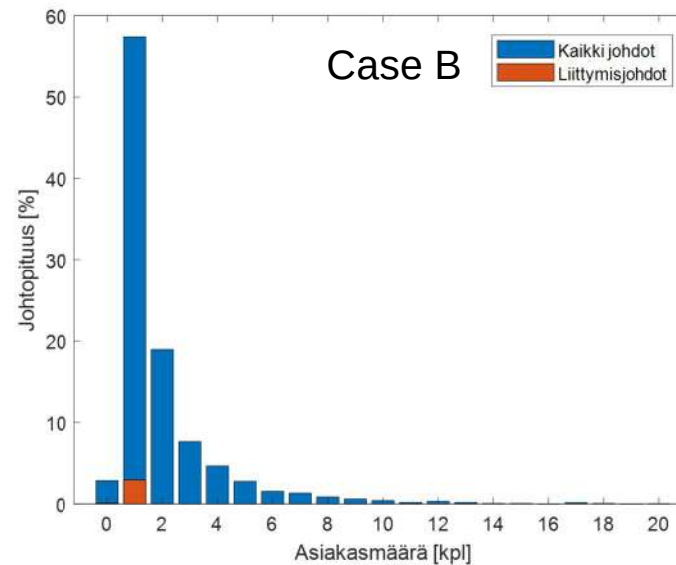
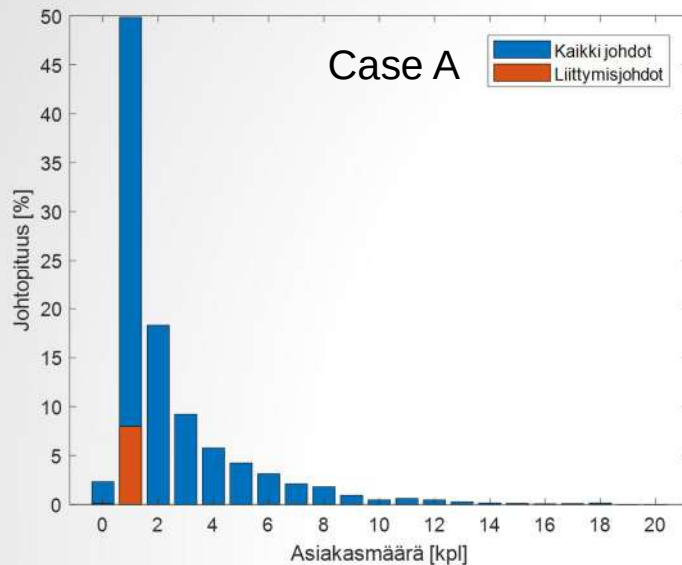


Case D



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon rakenne, pj-verkko (yhden asiakkaan johdot)



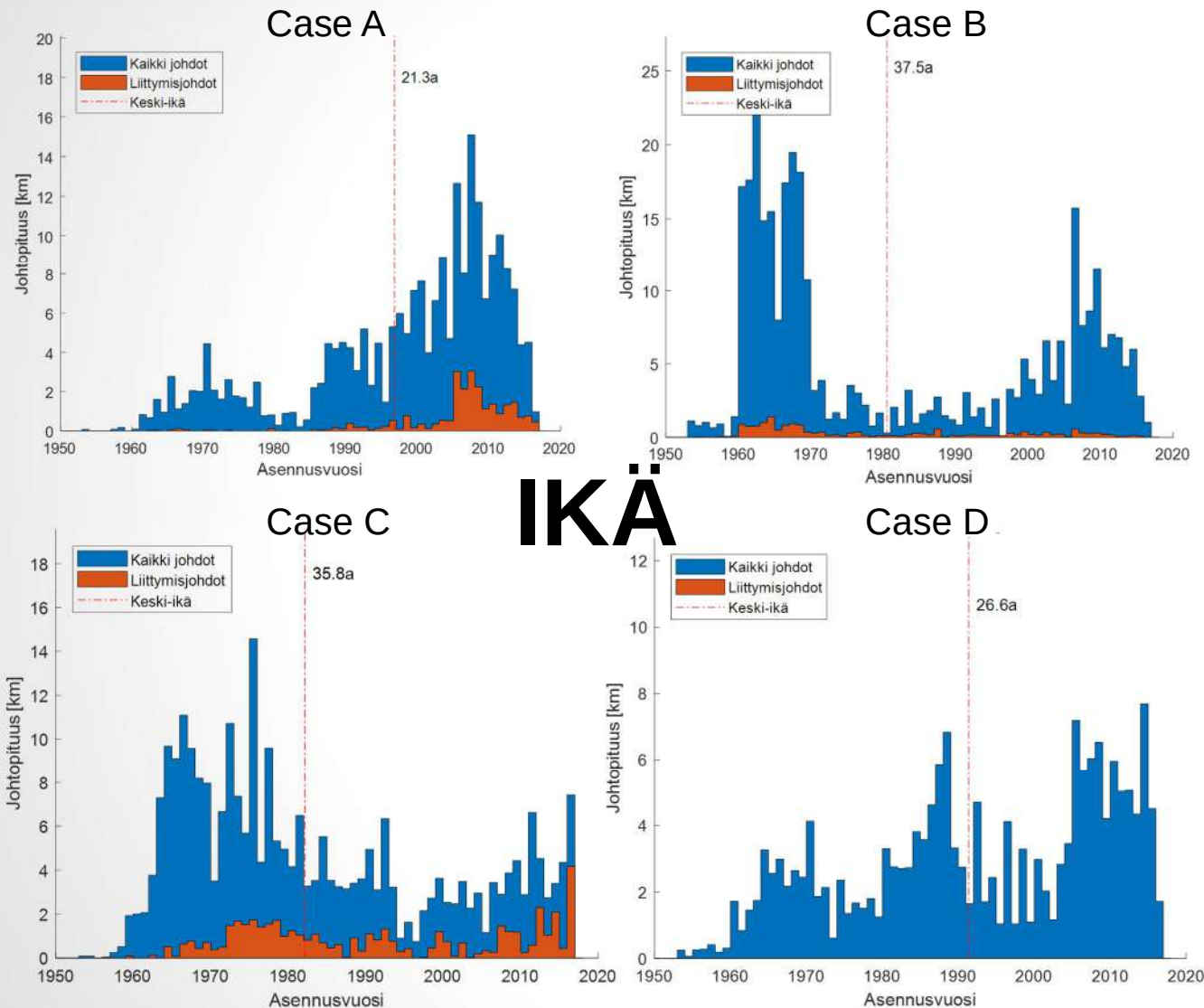
Merkittävä osa jakeluverkko-omaisuudesta yhden käyttöpaikan pj-johtoja: selvitettävä näiden johto-osuuksien asiakkaiden

- **tulevaisuuden näkymät,**
- **johto-osuuksien iät,**
- **jännitejäykkyudet ja**
- **suurhäiriövarmuus (rakenne ja sijainti)**

Case D -alueella kokonaismäärätieto liittymisjohdoista, muilla case-alueilla tieto kohdennettu yksittäisiin johtoihin.

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon rakenne, pj-verkko (yhden asiakkaan johdot)



Pj-verkon ikä ja saneerausstrategia

Case A:

- Pj-verkko varsin nuori yhden asiakkaan johtojen osalta. → Mahdollistaa saneerausten lykkäämisen ja muutostekijöiden seuraamisen

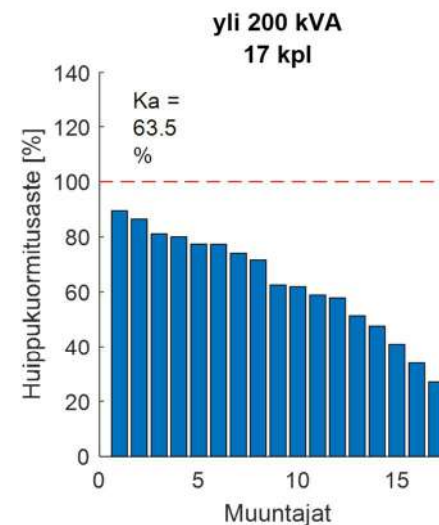
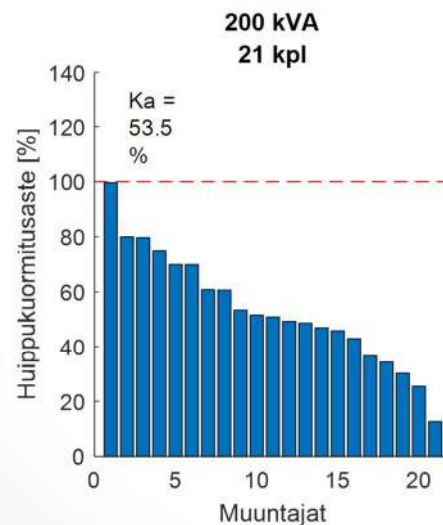
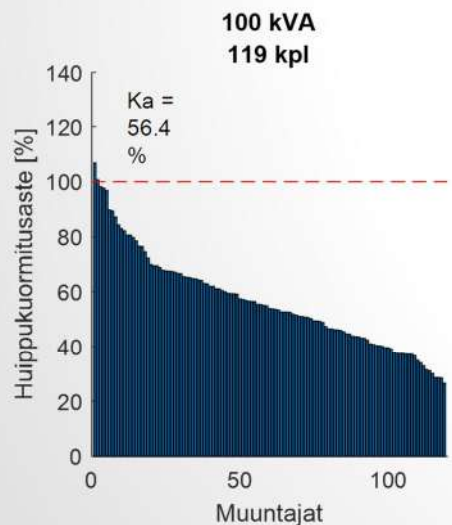
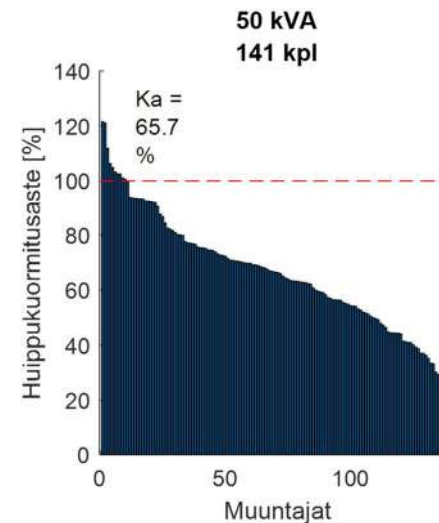
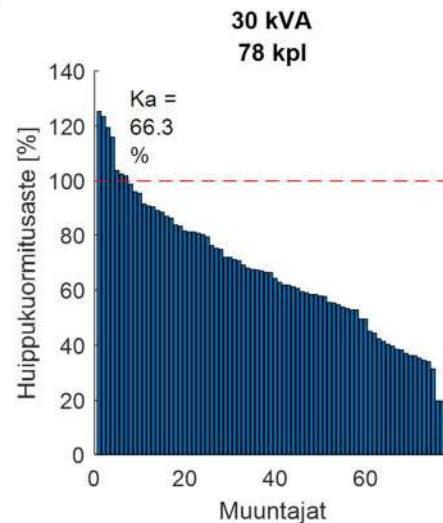
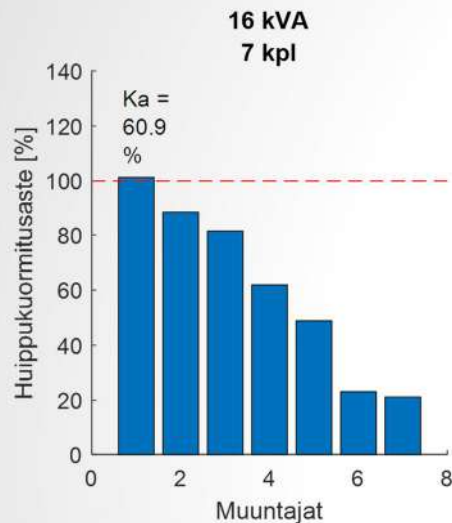
Case B ja C:

- Merkittävä osa case-alueen pj-verkosta ikääntynyttä. Ratkaisu saneerauksesta tai saneeraamatta jättämisestä tehtävä nopeasti (onko riittävästi tietoa päätöksen teon tueksi?)

Huom. Case D -alueesta liittymisjohtoja ei yksilöity. Case A -alueella liittymisjohtojen ikätiedon kattavuus heikempi kuin alueilla Case B ja C.

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

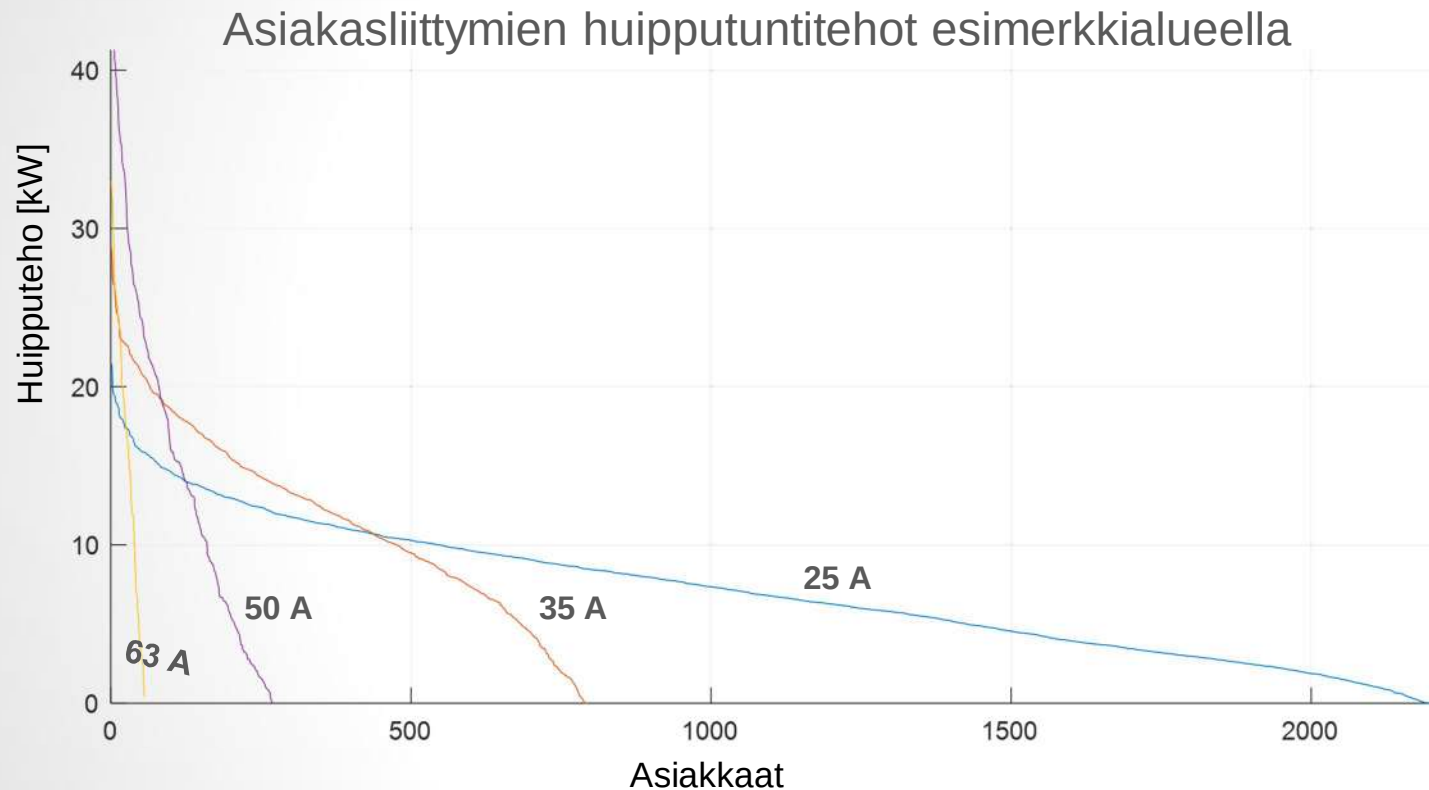
Verkon kuormittuminen, nykytila (muuntajat)



- ❑ Jakelumuuntajien huippukuormitus tyypillisesti 50–70% välillä
- ❑ Kapasiteettia jäljellä kuormituksen kasvuille
- ❑ Muuntajien keski-ikä korkea → saneeraustarve

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

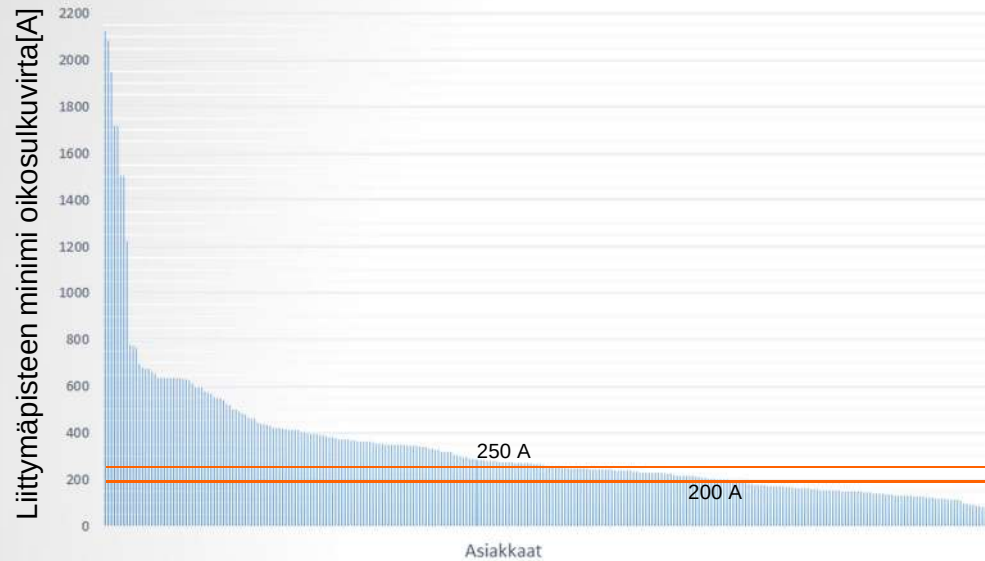
Verkon kuormat, nykytila (liittymät)



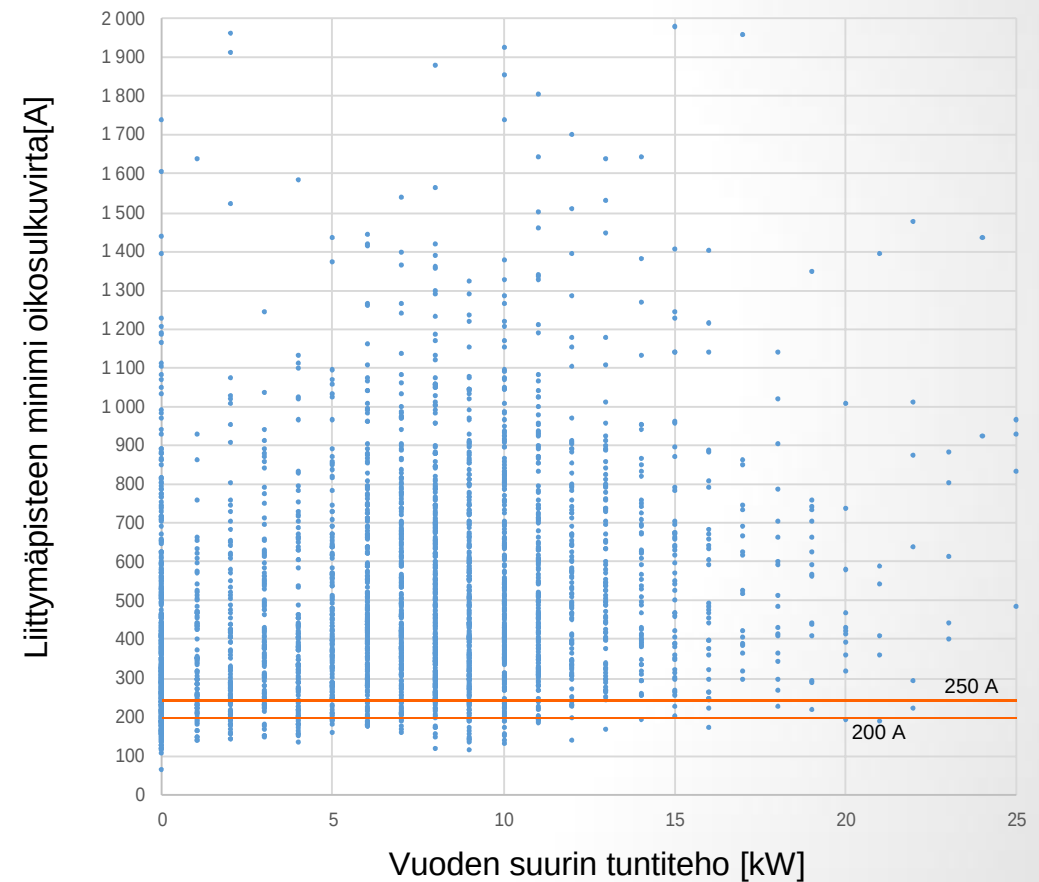
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon kuormat ja vikavirrat

Oikosulkuvirrat liittymissä



Oikosulkuvirrat liittymissä vs. tuntihuippu

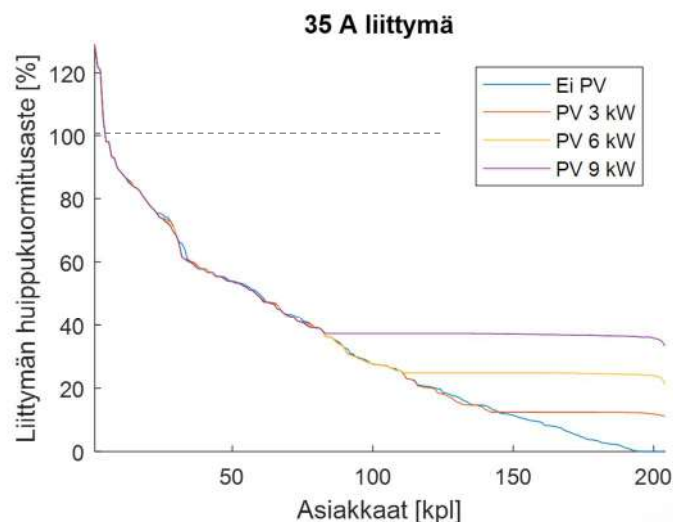
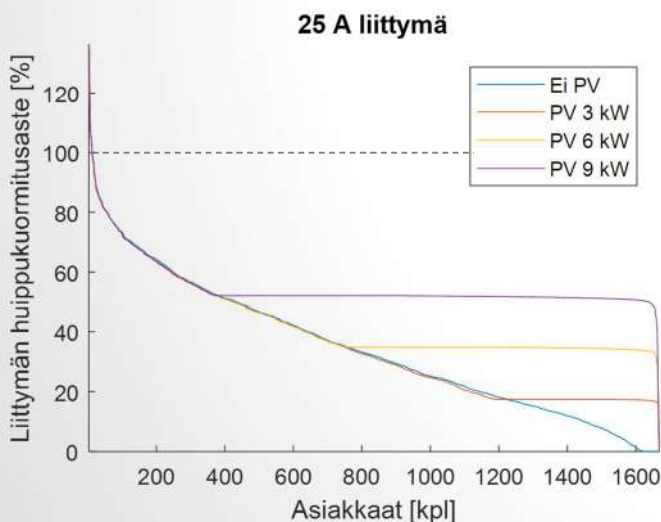
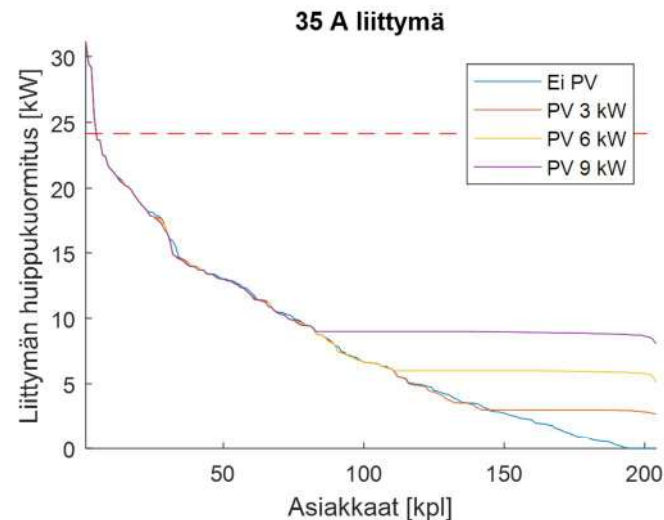
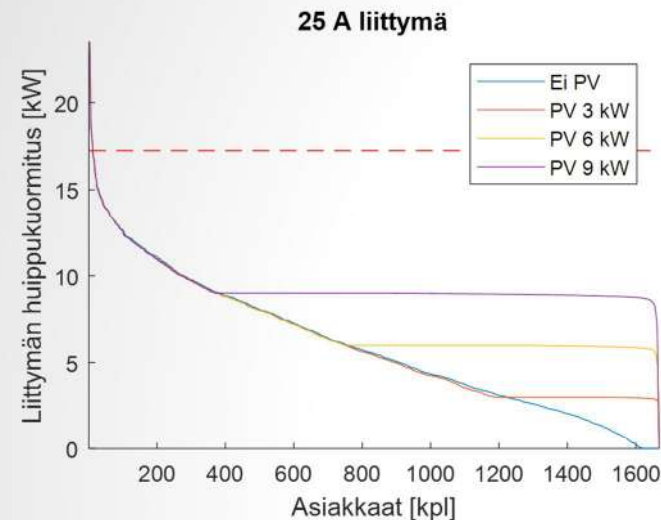


Verkkojen kuormittuminen 2030

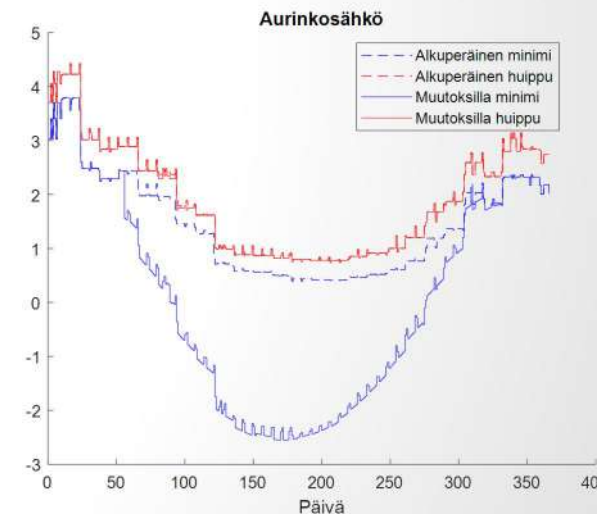
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon kuormittuminen, aurinkosähkö (liittymät)

Tuntitehojen kehittyminen eri aurinkosähköjärjestelmillä (3-9 kW), kaikki asiakkaat



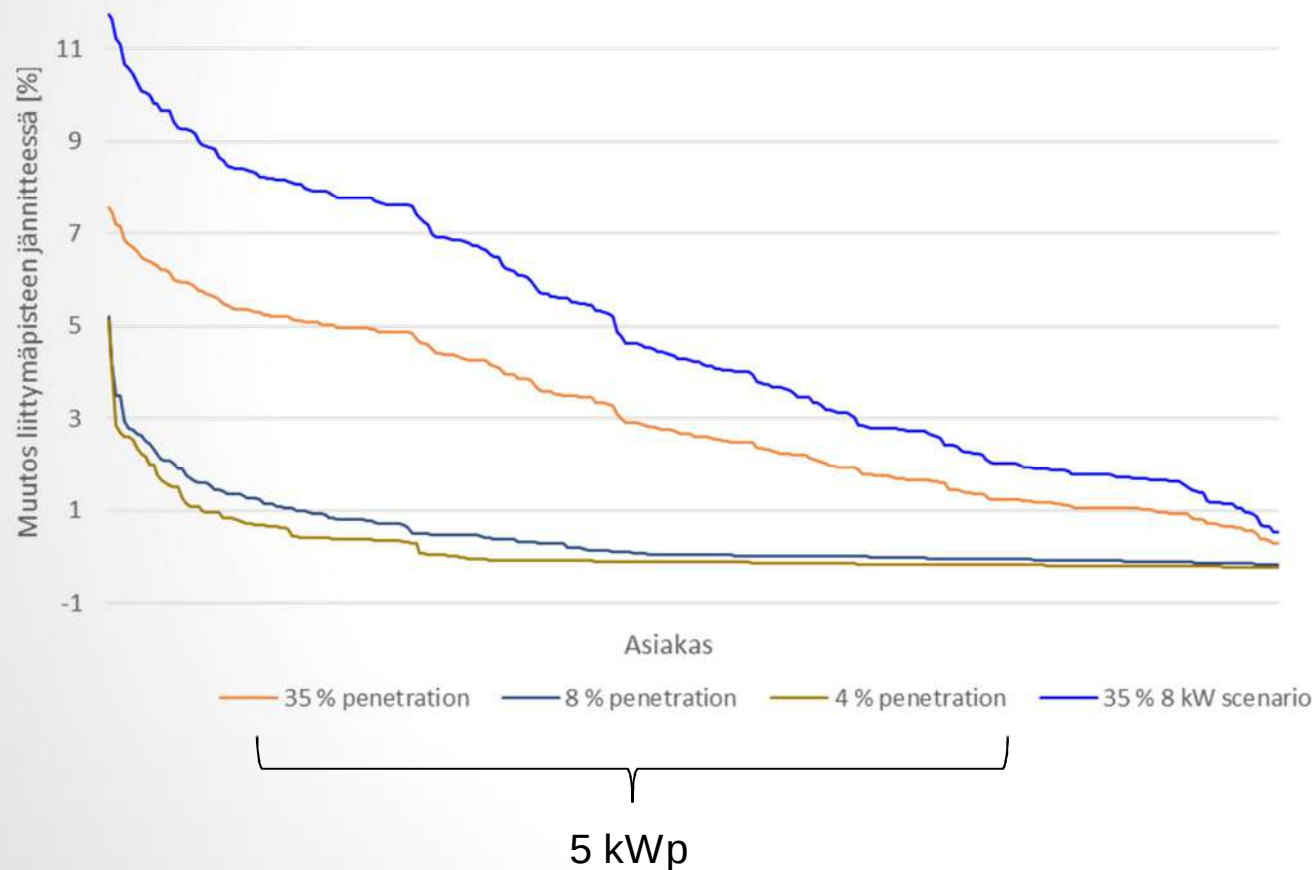
Suhteutettu pääsulakkeiden sallimaan huipputehoon
Mallinnuksessa kaikille kuluttajille oletettu aurinkosähköjärjestelmä Aurinkosähkötuotannon mallintamiseen käytetty ideaalista säteilydataa, jolla 1 kW järjestelmä tuottaa 1 kW:n huipputehon.



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon kuormittuminen, aurinkosähkö (liittymät)

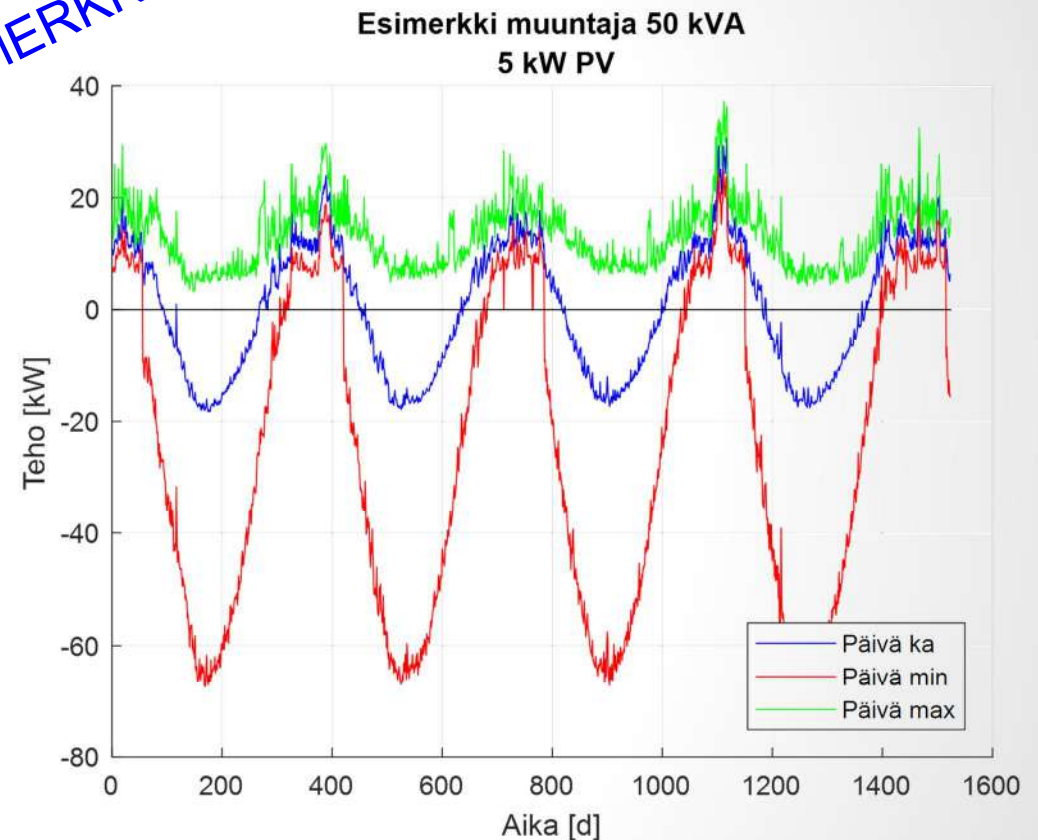
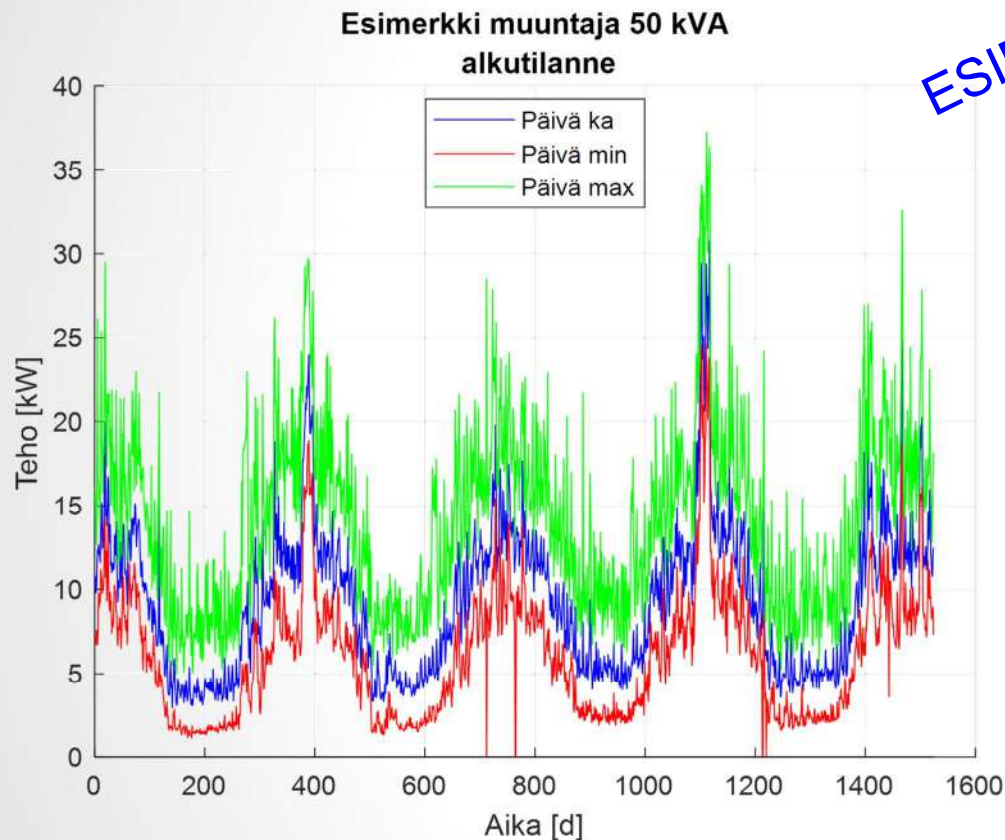
Liittymäpisteiden jännitteet eri aurinkosähköpenetraatioissa pienen taustakuorman aikana esimerkijohdolla



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon kuormittuminen, aurinkosähkö (muuntaja)

ESIMERKKI

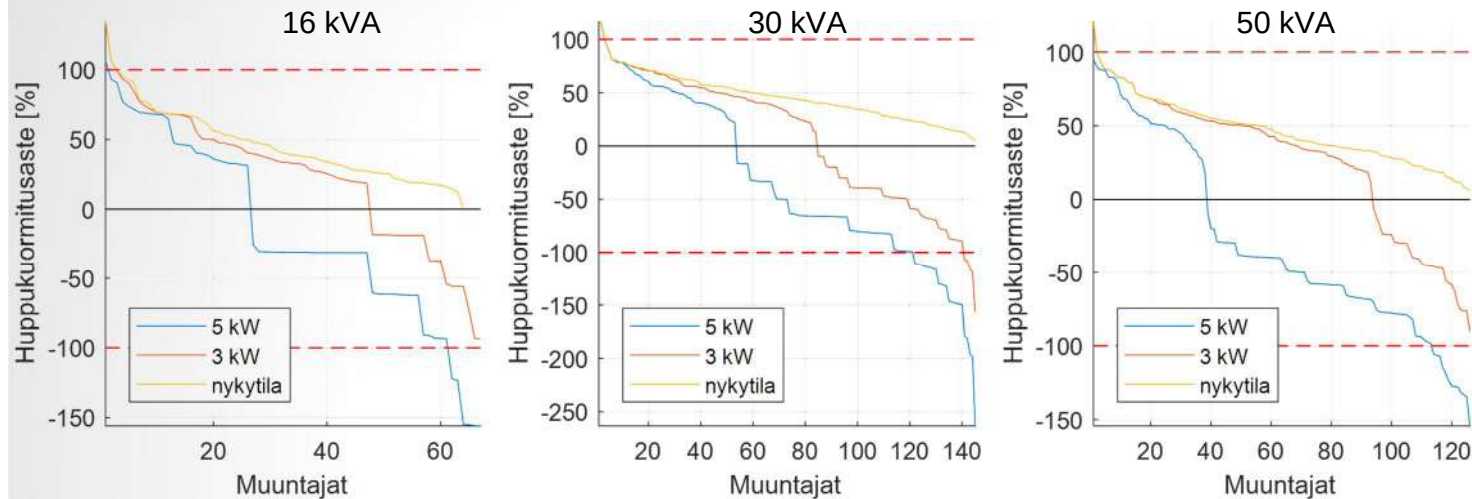


Asiakkaita muuntopiirissä 14 ja kaikille mallinnettu 5 kWp aurinkosähköjärjestelmä.

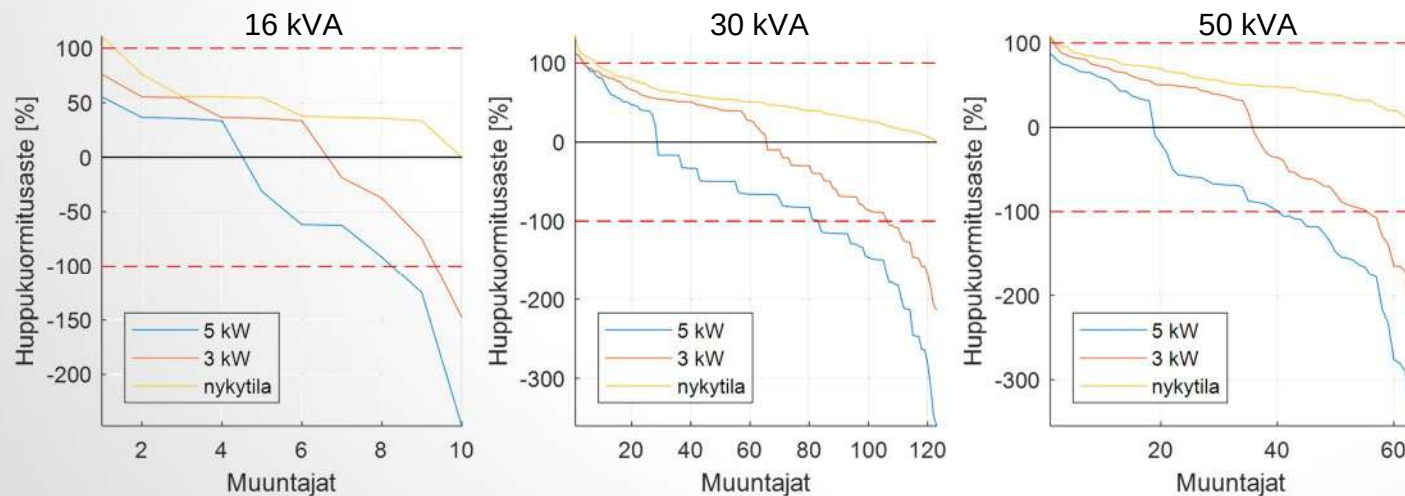
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon kuormittuminen, aurinkosähkö (muuntajat)

Case-alue: **Harvaan asuttu haja-asutusalue**



Case-alue: **Vapaa-ajan asutopainotteinen haja-asutusalue**

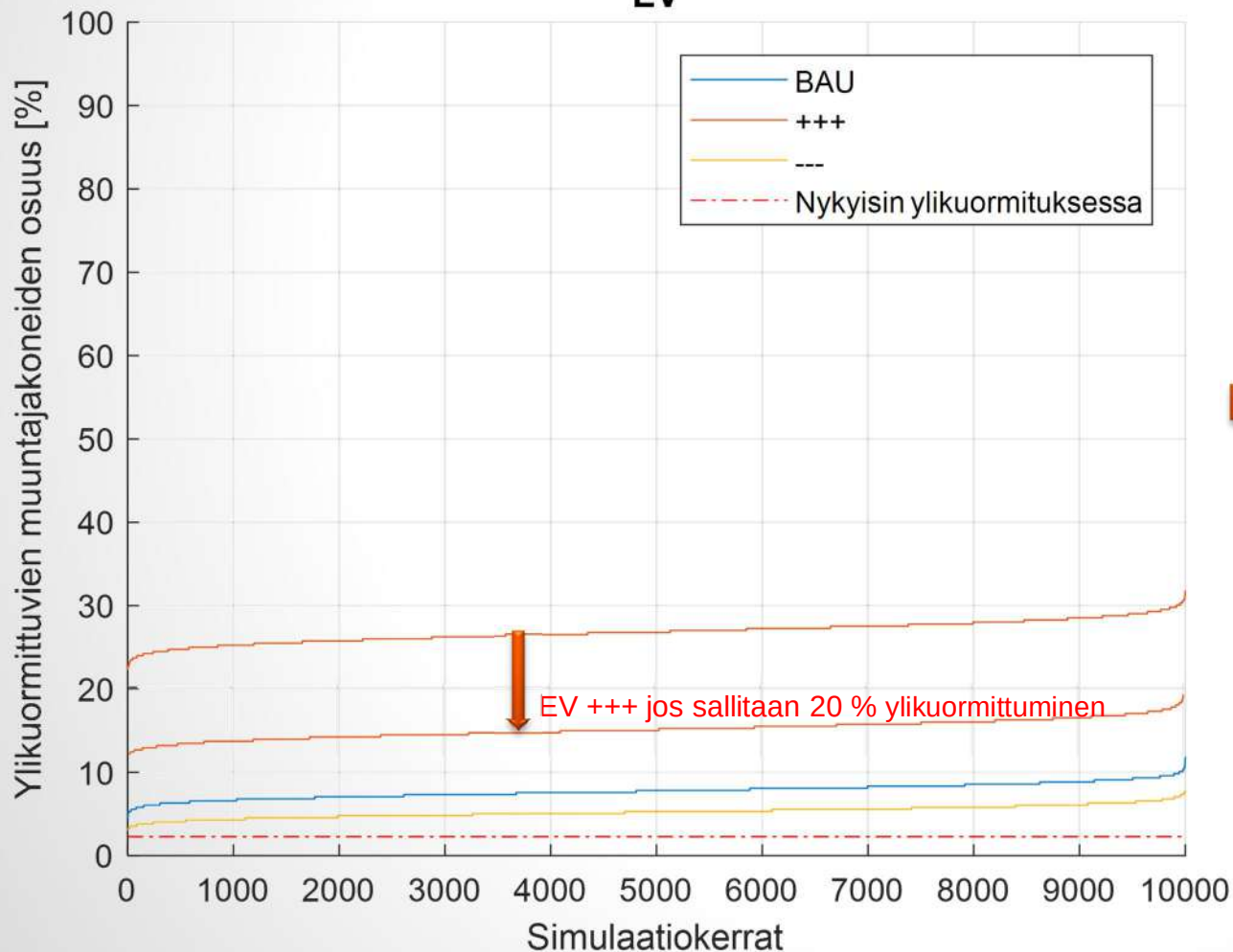


Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkon kuormittuminen, sähköautot (muuntajat)

Sähköautojen (EV) vaikutus jakelumuuntajiin

EV



Ylikuormittuvien jakelumuuntajien osuus kaikista case-alueen muuntajista on noin 5–28 % skenaarion voimakkuudesta riippuen.

Sähköautoilla on merkittävä rooli jakelumuuntajien ylikuormittumisriskiä arvioitaessa.

Simulaatiokerroilla huomioidaan satunnaisuus sähköautojen kohdistumisista eri käyttöpaikoille. Ylikuormittuminen =
 $\text{tuntihuipputeho} > 100 \% \times S_n$

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Verkkovaikutukset, mitoitusperiaatteet

	Sähköautot	Pientuotanto	Lämpöpumput	Väestömuutos	Siirtohinnoittelu
Liittymä P (kW) U (V, %)	Nykyinen liittymäkaista riittää, kun asiakas valitsee latauslaitteiston ja –ajankohdan muun kuormituksen huomioiden	Nykyinen liittymäkaista riittää, kun asiakas huomioi sen laitteistokoon valinnassa	Nykyinen liittymäkaista riittää, kun asiakas huomioi sen laitteistokoon ja -tyypin valinnassa	Merkittävä osa pj-verkoista (50–60 % case-alueella) syöttää vain yhtä asiakasta. Saneerauksen yhteydessä selvitettävä, voidaanko mahdollinen sähkönkäytön hiipuminen huomioida saneerauksessa	Luo kannusteen asiakkaalle välttää oman huipputehon kasvua (esimerkiksi sähköautojen lataustehon optimointi tai aurinkosähköjärjestelmän mitoitus)
	Jännitejäykkyys (minimi oikosulkuvirta) varmistettava latauslaitteisto huomioiden	Jännitejäykkyys (minimi oikosulkuvirta) varmistettava laitteisto huomioiden	Jännitejäykkyys (minimi oikosulkuvirta) varmistettava laitteistokoko ja -tyyppi huomioiden		
PJ-verkko	Arvioitava latausten kerrostuminen nykyisen huippukuorman päälle. Johdoista 50–65 % on sellaisia, jotka syöttävät useampaa kuin yhtä asiakasta.	Arvioitava asennuspotentiaali ja huipputuotantotehot eri johto-osuuksilla.			Arvioitava pitkän aikavälin vaikutukset (voidaanko huomioida kapasiteetin mitoituksessa).
Jakelu-muuntaja	Arvioitava latausten kerrostuminen nykyisen huippukuorman päälle. Vahvimmassa skenaariossa (+++) 20–30 % muuntajista ylikuormassa.	Arvioitava tuotannon kerrostuminen pienellä kuormituksella (+++)			
KJ-verkko	Arvioitava latausten kerrostuminen nykyisen huippukuorman päälle. Vahvimmassa skenaariossa (+++) huipputehot kasvavat keskimäärin 10–20 %.*	Arvioitava tuotannon kerrostuminen pienellä kuormituksella (+++)	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Pää-muuntaja	Arvioitava latausten kerrostuminen nykyisen huippukuorman päälle. Vahvimmassa skenaariossa (+++) huipputehot kasvavat noin 10–15 %.*	Arvioitava tuotannon kerrostuminen pienellä kuormituksella (+++)	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta

* Huomioitava esimerkiksi sähköasemien korvaustarkasteluissa (varmistettava riittävät siirto- ja päämuuntokapasiteetit korvaustilanteissa)

Elinkaarikustannustehokkaat ratkaisut

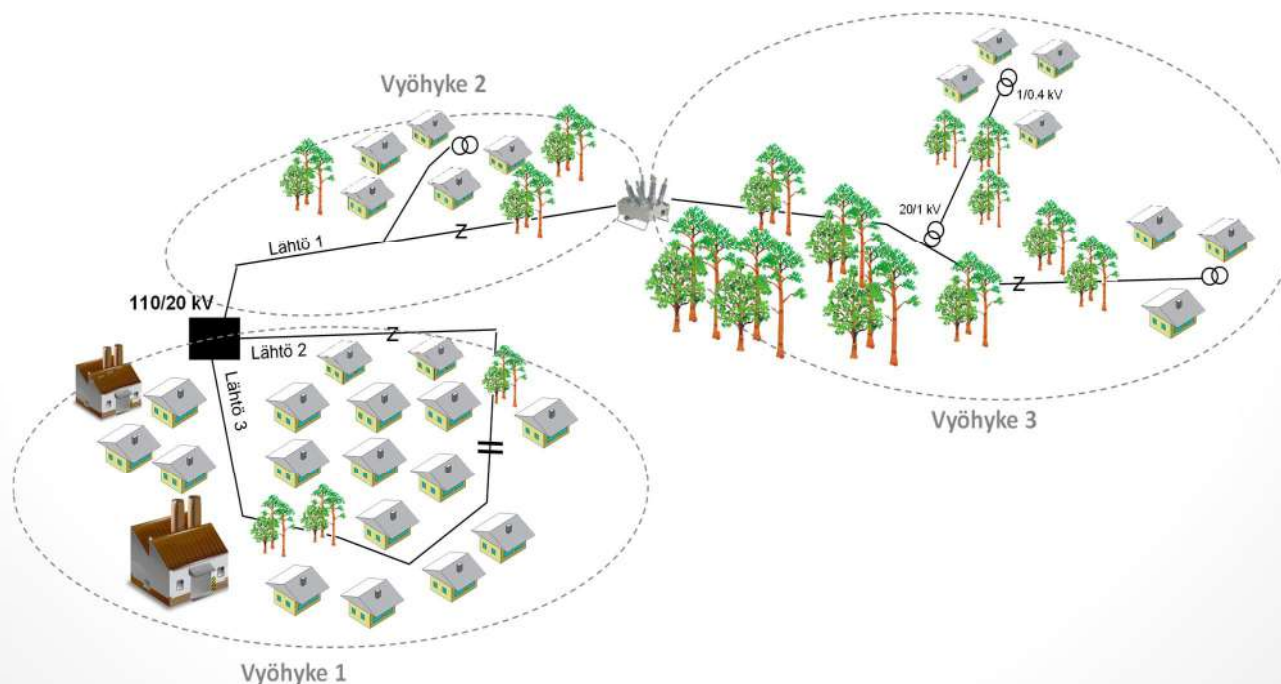
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tarkasteluperiaatteet (strategiat)

Strategia

Vyöhyke - kaapelipainotteinen

*Taajamat (vyöhyke I) kaapeloidaan.
Saneerataan ikäpainotteisesti sähköasemien lähialueilta (vyöhyke II) maakaapeloiden sekä kauempana sähköasemasta (vyöhyke III) ilmajohtoina tienvarteen sekä nuoremmilla johtosuuksilla leveitä johtokatuja.*



Strategia

Vyöhyke - ilmajohtopainotteinen

*Taajamat (vyöhyke I) kaapeloidaan.
Saneerataan (vyöhyke II ja III) ilmajohtoratkaisuihin sieltä, mistä verkon ikä ja toimitusvarmuus edellyttävät. Johtojen saneerauksessa suositetaan tienvarteen siirtoa, nuoremmilla johtosuuksilla leveitä johtokatuja.*

Kaikissa strategioissa saavutetaan lain vaatimat tavoitetasot

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tarkasteluperiaatteet (strategiat)

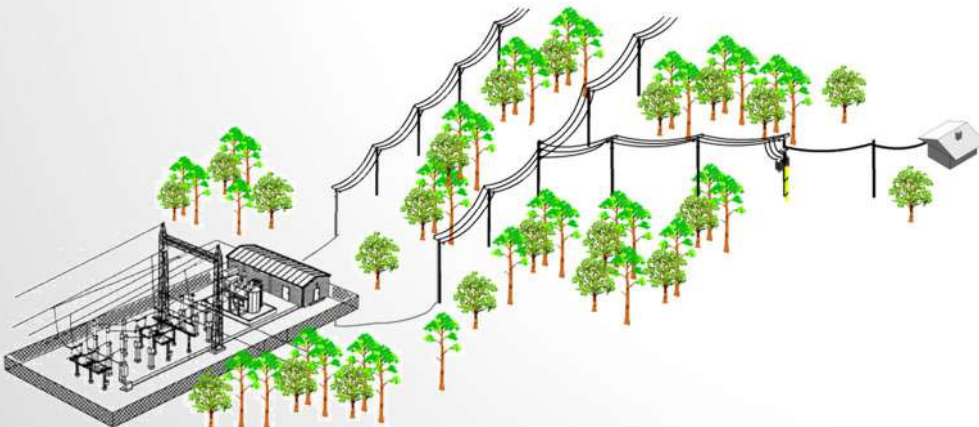
Yhteiset periaatteet strategioiden taustalla

1. Tavoiteverkko 2028 tai 2036 toimivarmuuden näkökulmasta

- Vuonna 2028/2036 täyttyy 6/36 h toimitusvarmuustavoite

2. Strategian mukainen verkko 2058

- Elinkaaritarkasteluajanjaksolla (**40 vuotta**) saneerataan kaikki verkon osat sitä mukaa kun komponenttien pitoaika tulee täyteen
- Pienjänniteverkot maakaapeloidaan aina kun järkevää
- Hyödynnetään 1 kV tekniikkaa siellä, missä teknistaloudellisesti perusteltua
- Toimitusvarmuustavoitteen täyttämiseksi levennetään johtokatuja tarpeen mukaan



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tarkasteluperiaatteet (elinkaarikustannukset)

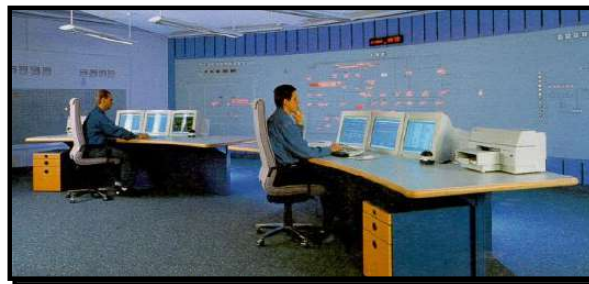
$$C_{\text{tot}} = \min \int_0^T \left(C_{\text{inv}}(t) + C_{\text{opex}}(t) + C_{\text{keskeytys}}(t) \right) dt$$

Investointikustannukset



- Rakentaminen
- Materiaalit
- Pääomakustannukset
- Suunnittelu, tutkimus ja kehitys
- Varastointi, kuljetukset

Käyttö- ja kunnossapitokustannukset



- Verkon käyttötoiminta
- Verkon kunnossapitotoiminta
- Verkon sähköiset häviöt
- Viankorjaus

Keskeytyskustannukset

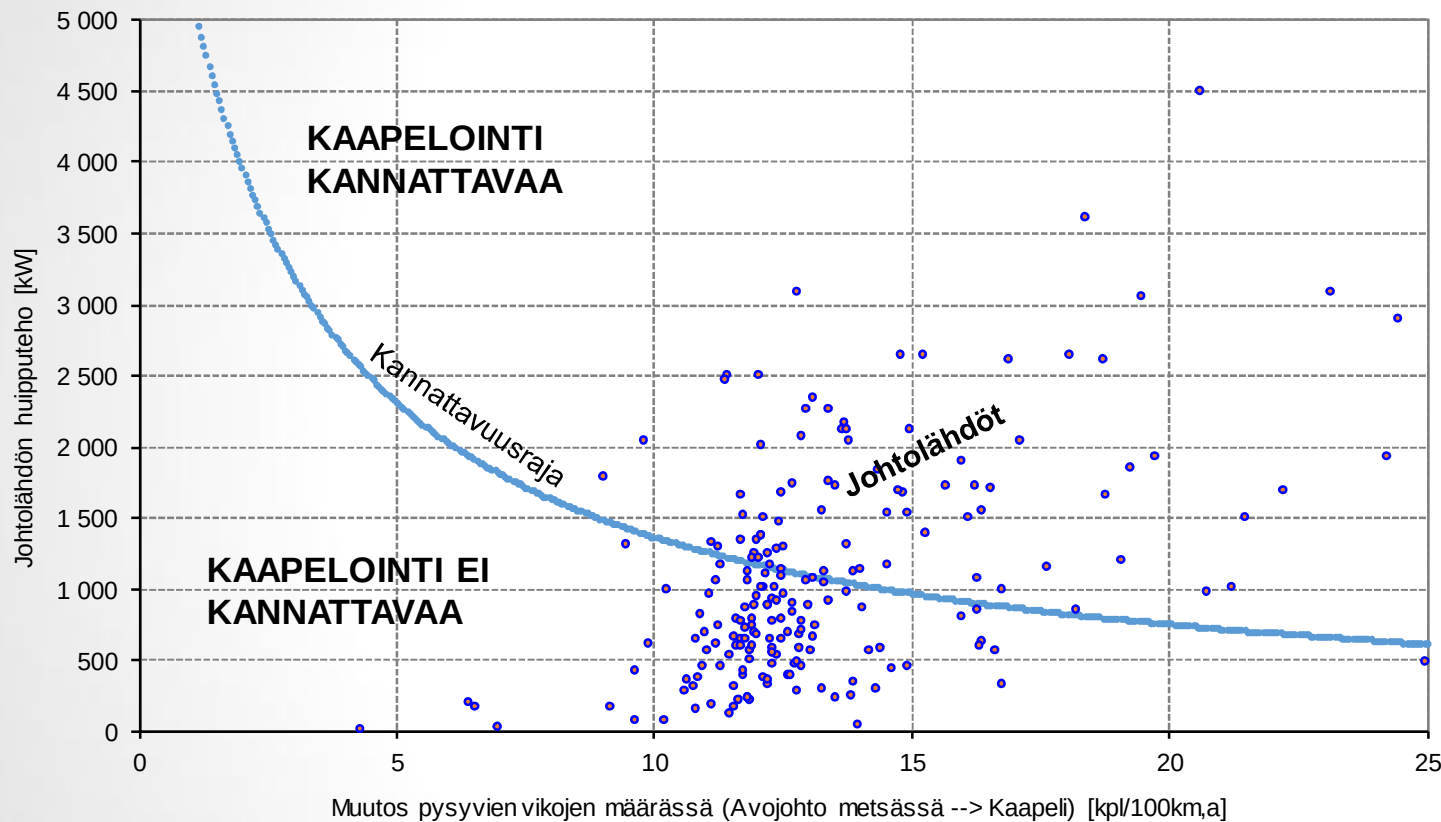


- Asiakkaiden kokema sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuva taloudellinen haitta

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijöiden huomioiminen suunnittelussa

Esimerkki: Maakaapeloinnin kannattavuus (KAH-tarkastelu)



MUUTOS VIKOJEN MÄÄRÄSSÄ

Laskentaparametrit

- Pitoaika: 40 a
- Korkokanta: 5 %
- Kuormituksen kasvu: 0 %/a
- Huipunkäyttöaika: 3 100 h
- Keskeytyksestä aiheutuneen haitan arvostus alkuhetkellä, hinnan kasvu 1 %/a:
 - Pysyvät viat (määrä): 1,35 €/kW
 - Pysyvät viat (kesto): 13,51 €/kWh
 - Työkeskeytykset (määrä): 0,61 €/kW
 - Työkeskeytykset (kesto): 8,35 €/kW
 - Pikajälleenkytkennät: 0,68 €/kW
 - Aikajälleenkytkennät: 1,35 €/kW

Maakaapeloinnin hinta, €/km

- Kaapelointi (70 mm²): 24 300
- Kaivuu: 10 700
- Muuntamo: 8 600
- Kompensointi: 3 000
- **Yhteensä:** 51 600

Avojohtojen hinta, €/km

- Raven (AF62): 25 100
- Muuntamo: 6 400
- **Yhteensä:** 31 500

Käyttö- ja kunnossapito, €/km

- Avojohto: 260
- Maakaapeli: 100

Korjausaika (tai vian erotusaika)

- Avojohto: 1 h
- Maakaapeli: 1 h

Jälleenkytkennät avojohtolla

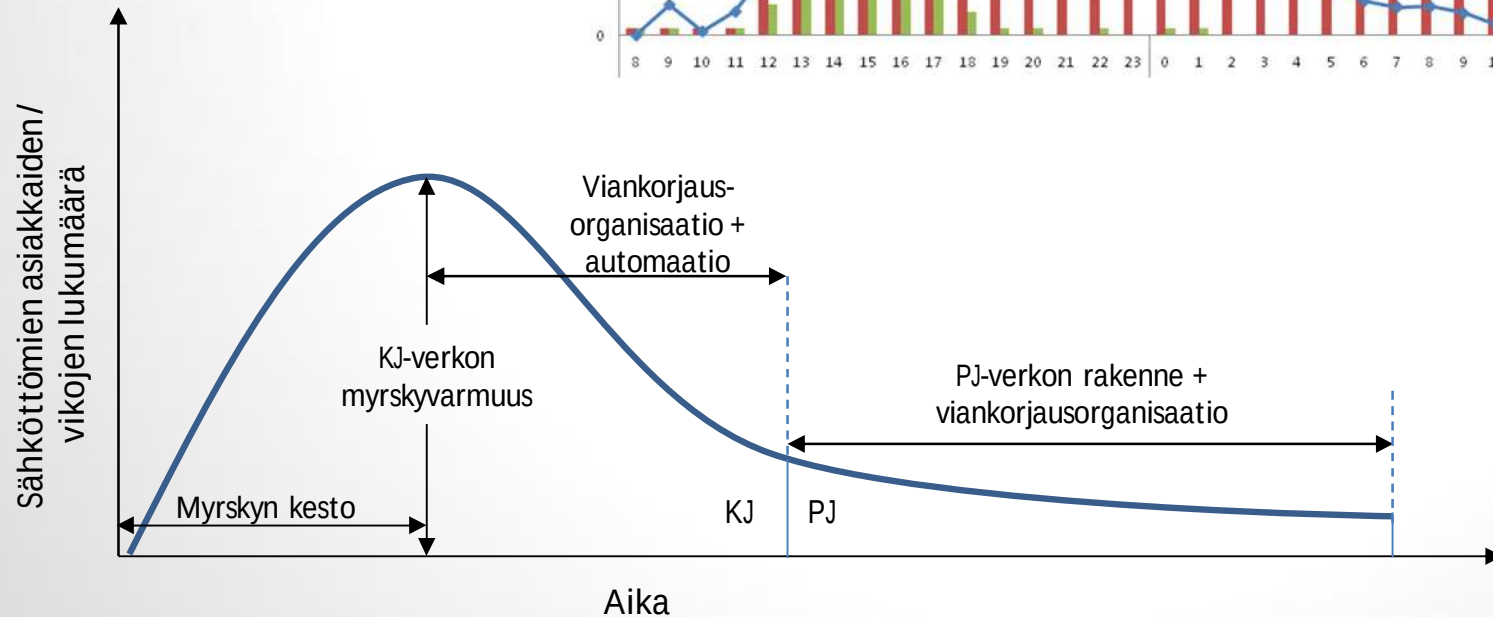
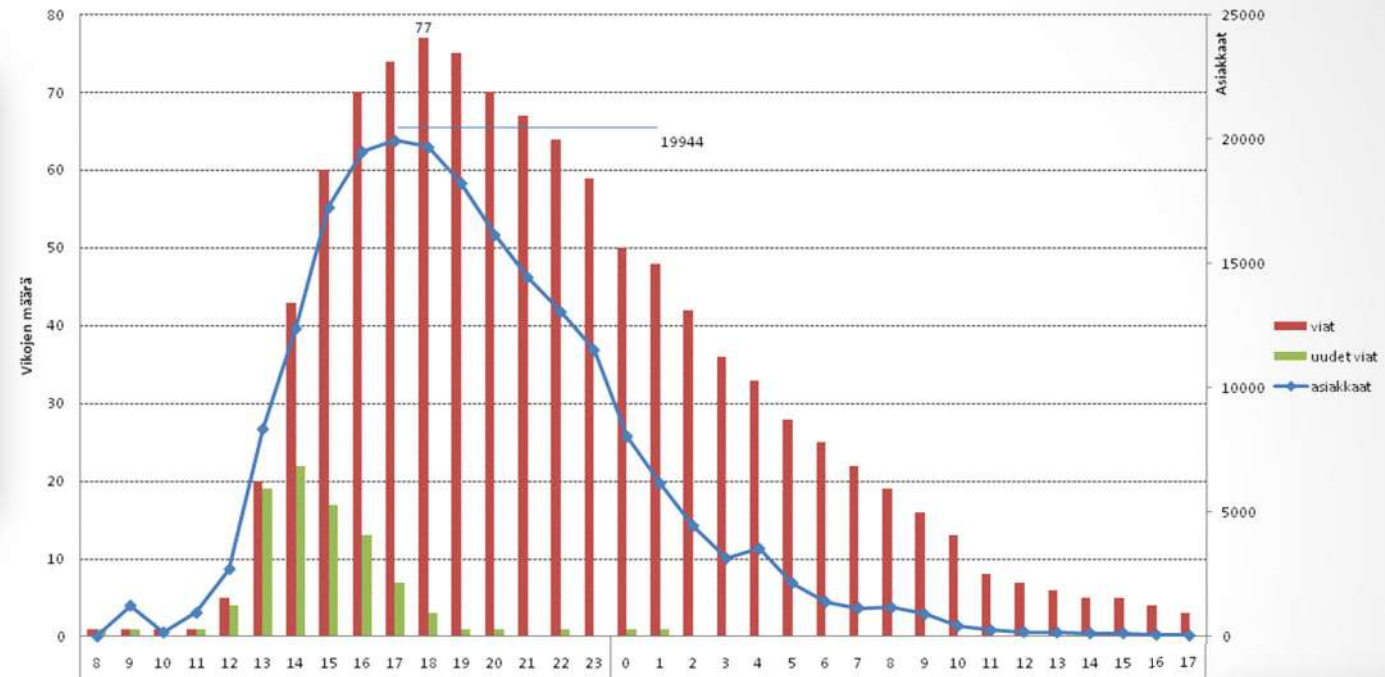
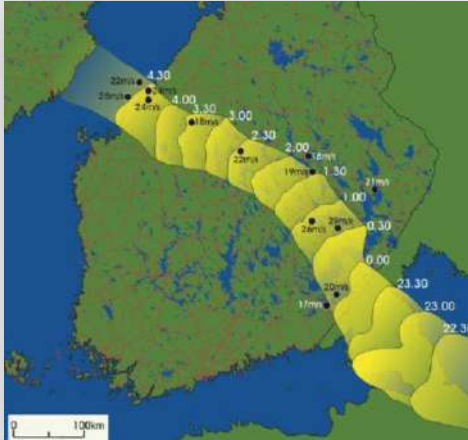
- Pikajälleenkytkennät: 30 kpl/100km,a
- Aikajälleenkytkennät: 10 kpl/100km,a

- Erotinvälejä johtolähdöllä: 15 kpl
- Työkeskeytyksen kesto: 4 h

Muutos pysyvien vikojen määrässä = johtolähdön nykyisen ilmajohtoverkon (metsäosuuksien) vikataajuuden ja kaapelin vikataajuuden erotus. Mitä suurempi arvo, sitä suurempi vaikutus kaapeloinnilla olisi saneerattaviin, nykyisin metsässä olevien ilmajohto-osuuksien vikataajuuteen

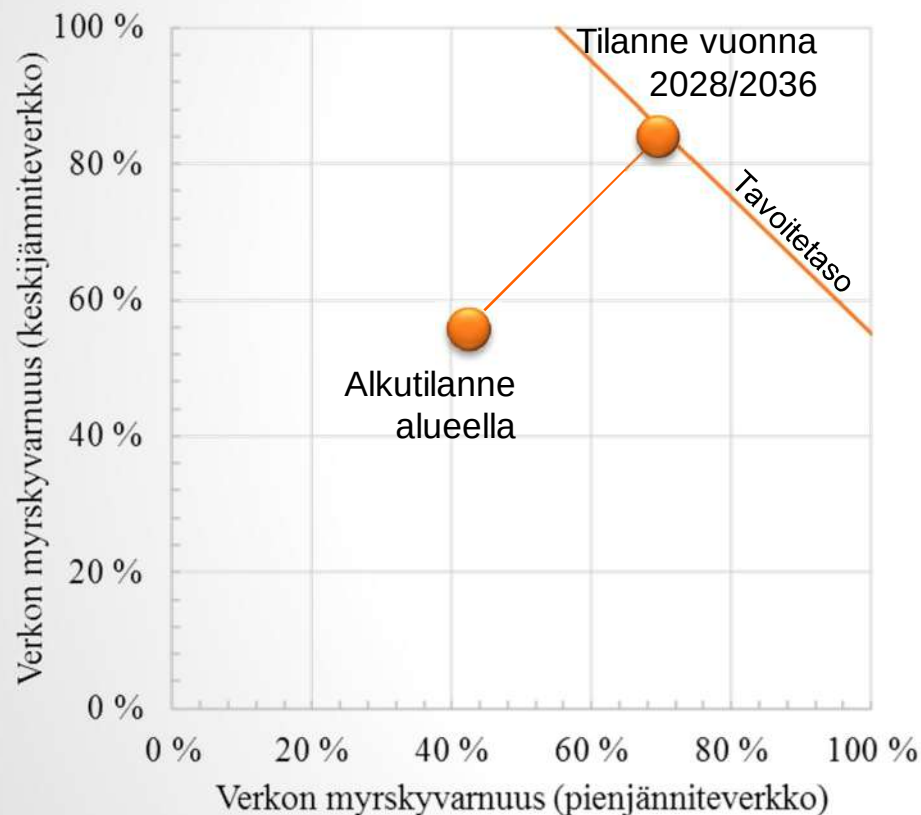
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Suurhäiriömallintaminen



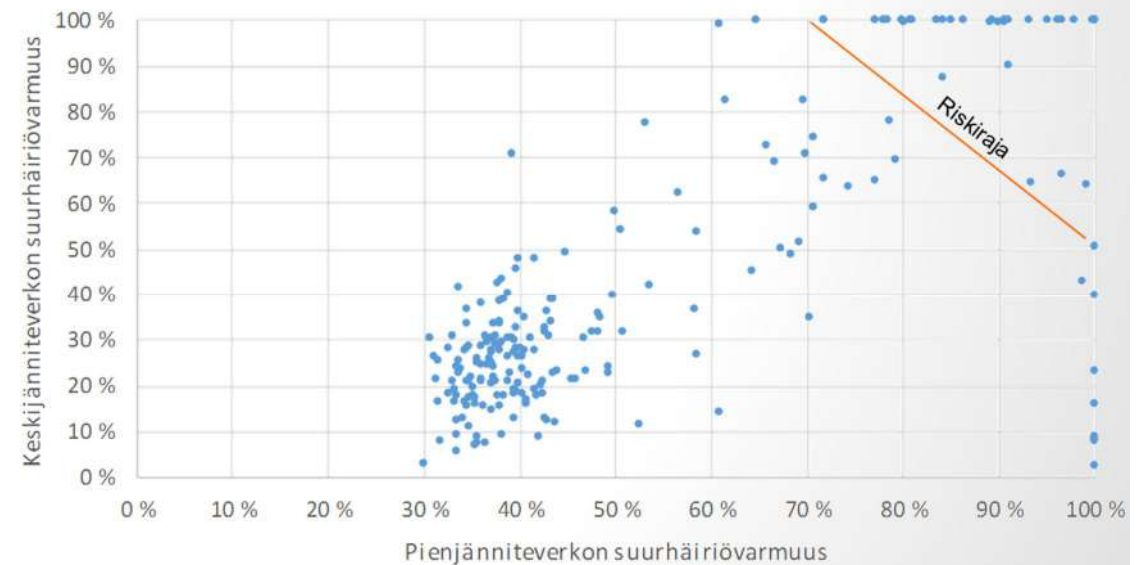
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Suurhäiriövarmuus, saneerausten vaikutus



Tausta-analyysit yhtiötasolla tavoiteverkon suunnittelun tueksi

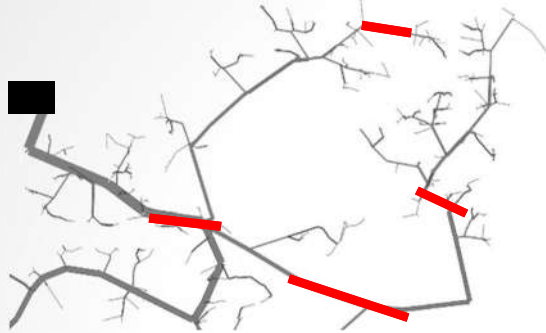
- Suurhäiriö- ja myrskyhistorian perusteella määritetään vähimmäistavoitetaso, jolla jakeluverkko täyttää sähkömarkkilain mukaisen toimitusvarmuustason.
- Määritetään suurhäiriövarmat verkon osat nykytilanteessa (johtolähdöt ja yhtiön keskiarvo)



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Saneerausten kohdistaminen ja saneerausmäärät, periaatteita

1) Verkon ikä (ja mekaaninen kunto)



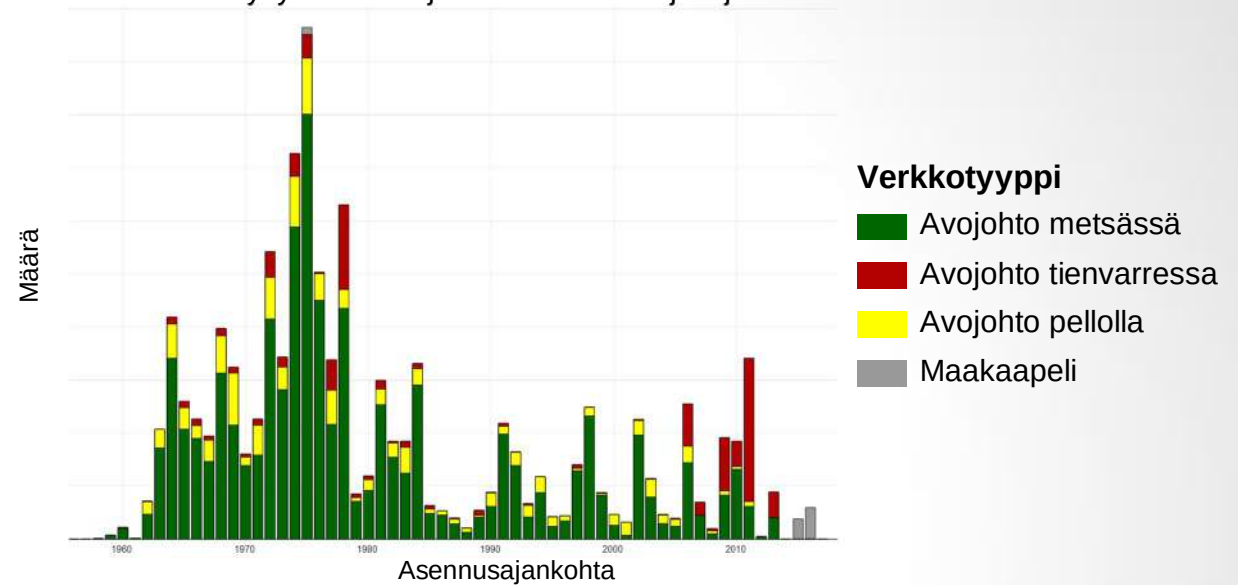
2) Myrskyvarmuus



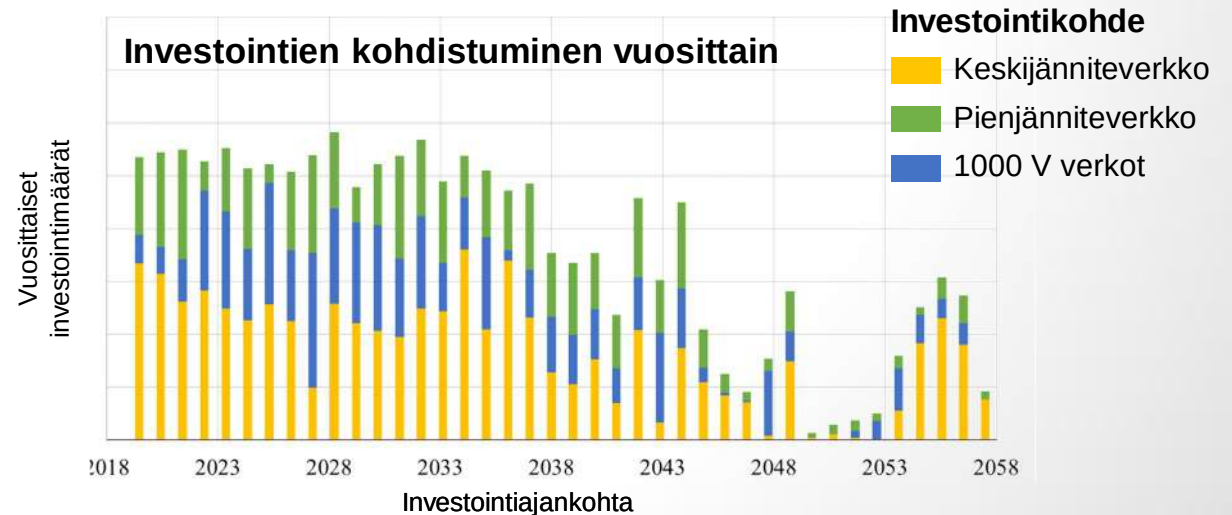
3) 1000 V potentiaali



Nykyisen keskijänniteverkon ikä ja sijainti



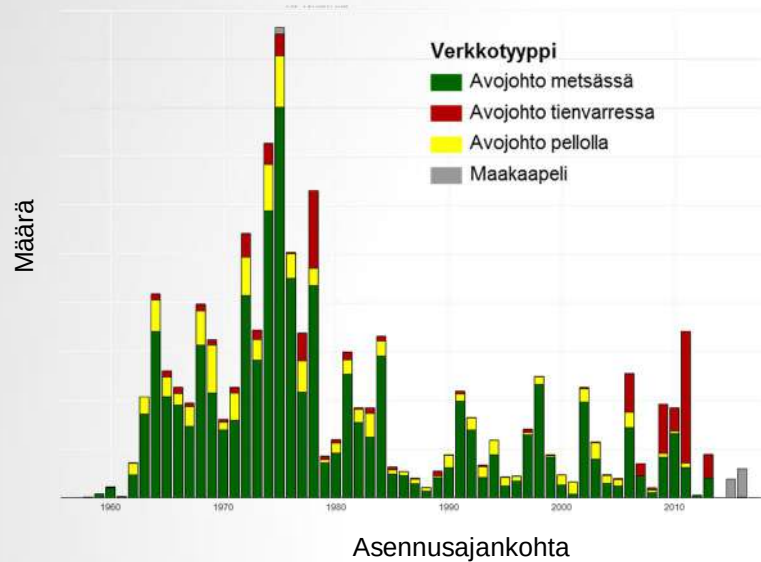
Investointien kohdistuminen vuosittain



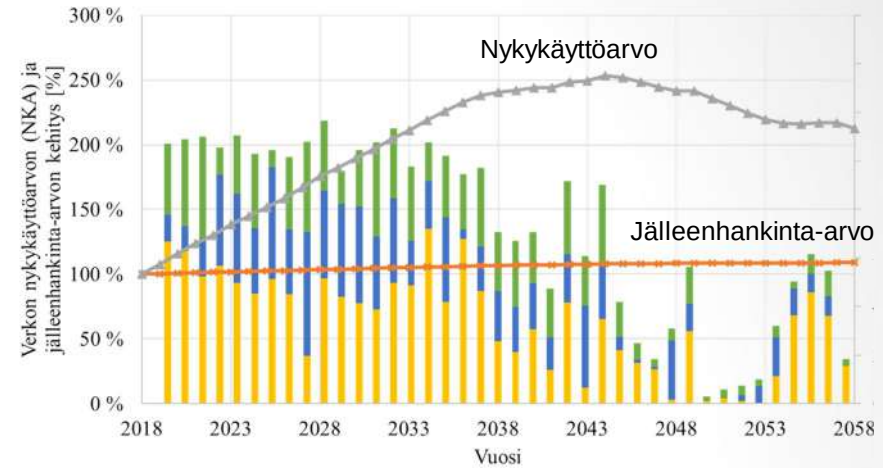
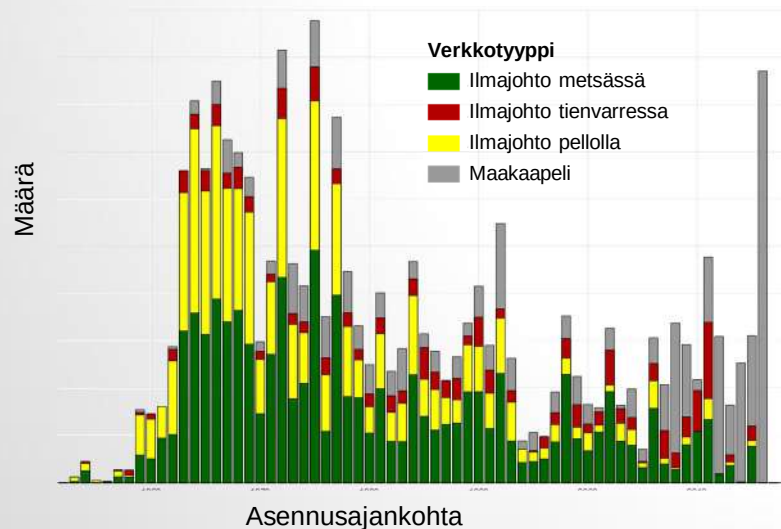
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Saneerausten kohdistaminen ja saneerausmäärät, periaatteita

Nykyisen keskijänniteverkon ikä ja sijainti

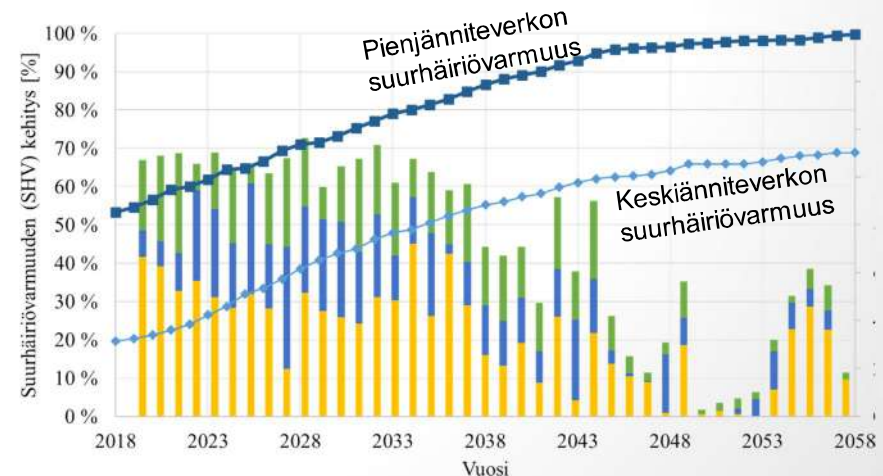


Nykyisen pienjänniteverkon ikä ja sijainti



Selitteet

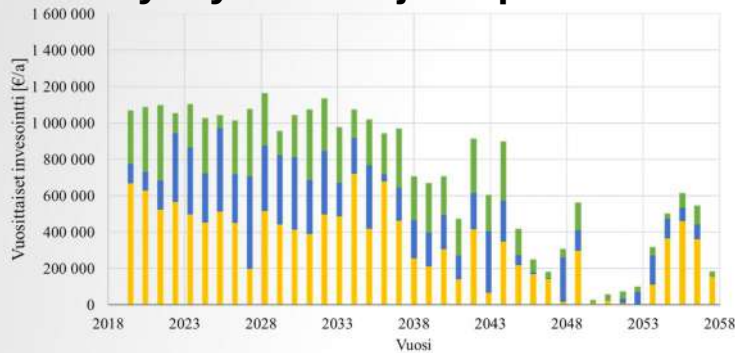
- Investoinnit KJ-verkko
- Investoinnit PJ-verkko
- Investoinnit 1000 V verkot
- Jälleenhankinta-arvo
- Nykykäyttöarvo
- Suurhäiriövarmuus (KJ)
- Suurhäiriövarmuus (PJ)



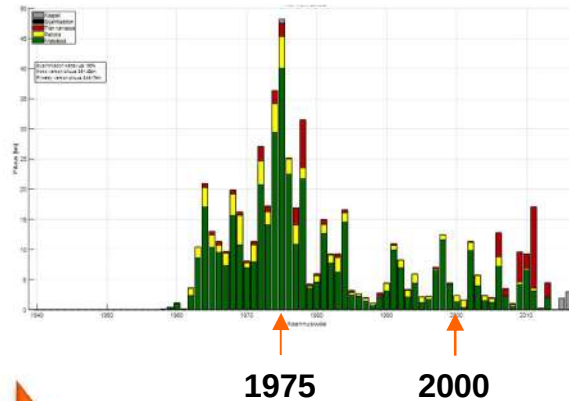
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Strategiavertailu (investoinnit)

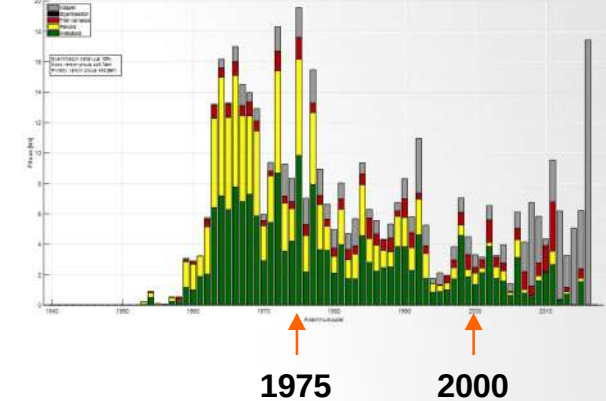
”Vyöhyke - ilmajohtopainotteinen”



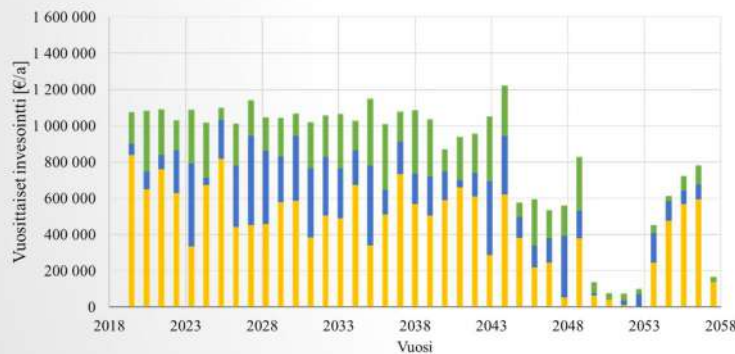
Keskijänniteverkon ikäjakauma



Pienjänniteverkon ikäjakauma



”Vyöhyke - kaapelipainotteinen”



Investointikohde

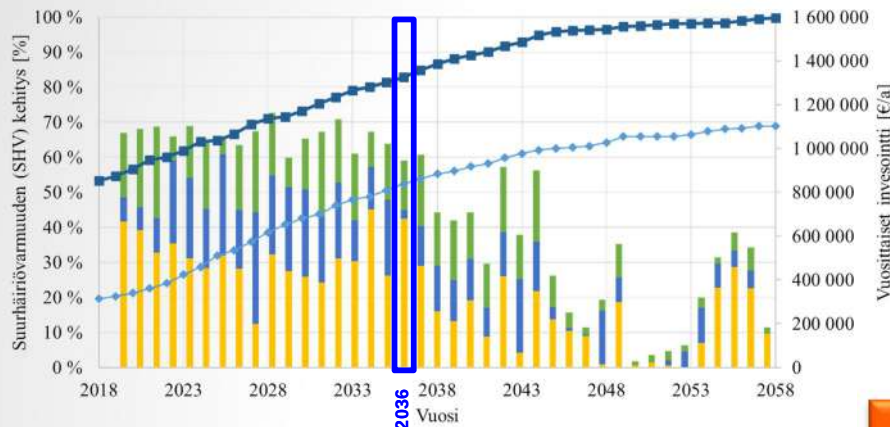
- Keskijänniteverkko
- Pienjänniteverkko
- 1000 V verkot

- Kaapelointipainotteisessa strategiassa investointitasot pysyvät korkealla pidempään
 - Verkko ei nuorene yhtä nopeasti kuin ilmajohtopainotteisessa, jolloin ikääntynyt verkko vaatii suurempaa huoltoa kuin verrokkistrategioissa
- Ilmajohtopainotteisessa strategiassa investoinnit alkavat laskea vuoden 2036 jälkeen
- Kaapelointipainotteisessa strategiassa vuoden 2044 jälkeen

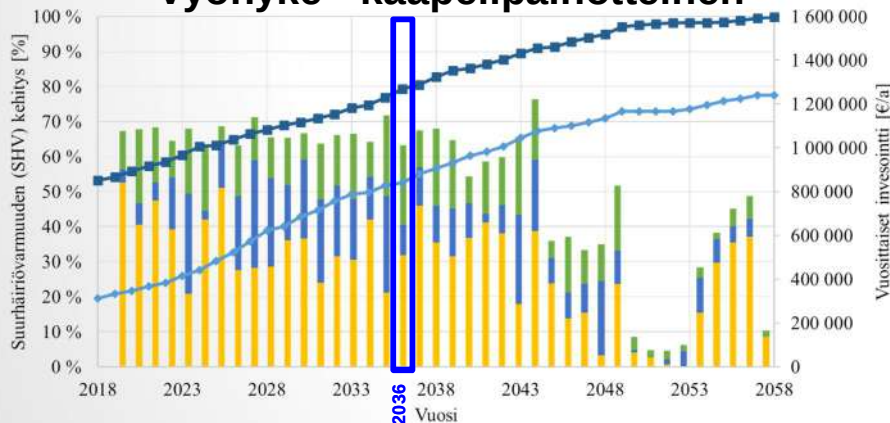
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Strategiavertailu (suurhäiriövarmuus)

”Vyöhyke - ilmajohtopainotteinen”



”Vyöhyke - kaapelipainotteinen”



- ❑ Molemmat strategiat täyttävät sähkömarkkinalain asettaman toimitusvarmuustavoitteen
- ❑ Kaapelointipainotteisella strategialla saavutetaan pitkällä aikavälillä hieman parempi suurhäiriövarmuustaso sähkönjakelussa kuin ilmajohtopainotteisella strategialla
- ❑ Pienjänniteverkkojen suurhäiriösietoisuus kasvaa lähes 100 %:iin pj-maakaapeloinnista johtuen (pj-maakaapeloinnissa elinkaarikustannukset pienemmät tai lähes samaa taso kuin pj-ilmajohtoverkossa)

Maakaapelointiasteet

	Keskijännite- kaapelointiaste
Vyöhyke - ilmajohtopainotteinen	3,2 %
Vyöhyke - maakaapelipainotteinen	33,3 %

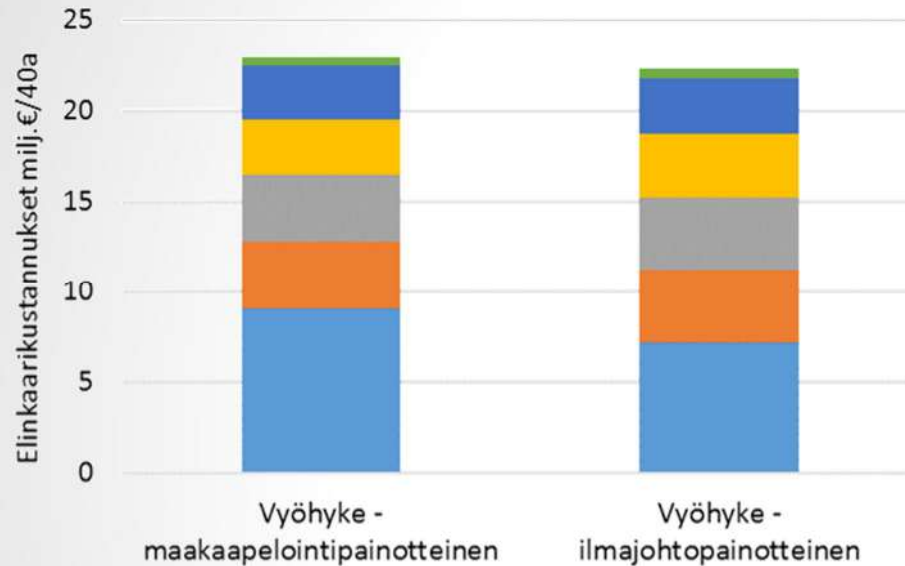
Molemmissa strategioissa huomioitu 1 kV -tekniikan potentiaali (25 % nykyisestä keskijänniteverkon pituudesta)

Selitteet

- Investoinnit KJ-verkko
- Investoinnit PJ-verkko
- Investoinnit 1000 V verkot
- Suurhäiriövarmuus (KJ)
- Suurhäiriövarmuus (PJ)

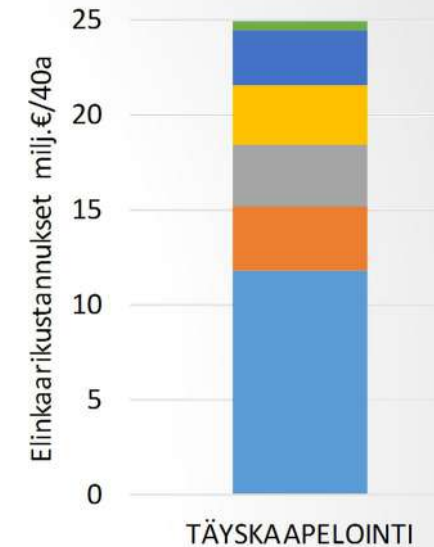
Tarkastelut on tehty Energiaviraston yksikköhinnoilla ja eri tekniikoiden välistä tulevaisuuden hintakehitystä ja mahdollisia toimialuekohtaisia eroja ei ole tarkasteluissa huomioitu.

Esimerkkialueen elinkaarikustannukset 40 vuoden pitoajalta



Selitteet

- Investoinnit (keskijänniteverkko)
- Investoinnit (pienjänniteverkko)
- Investoinnit (1000V verkot)
- Keskeytyskustannukset
- Operatiiviset kustannukset
- Alaskirjaukset



Huom!

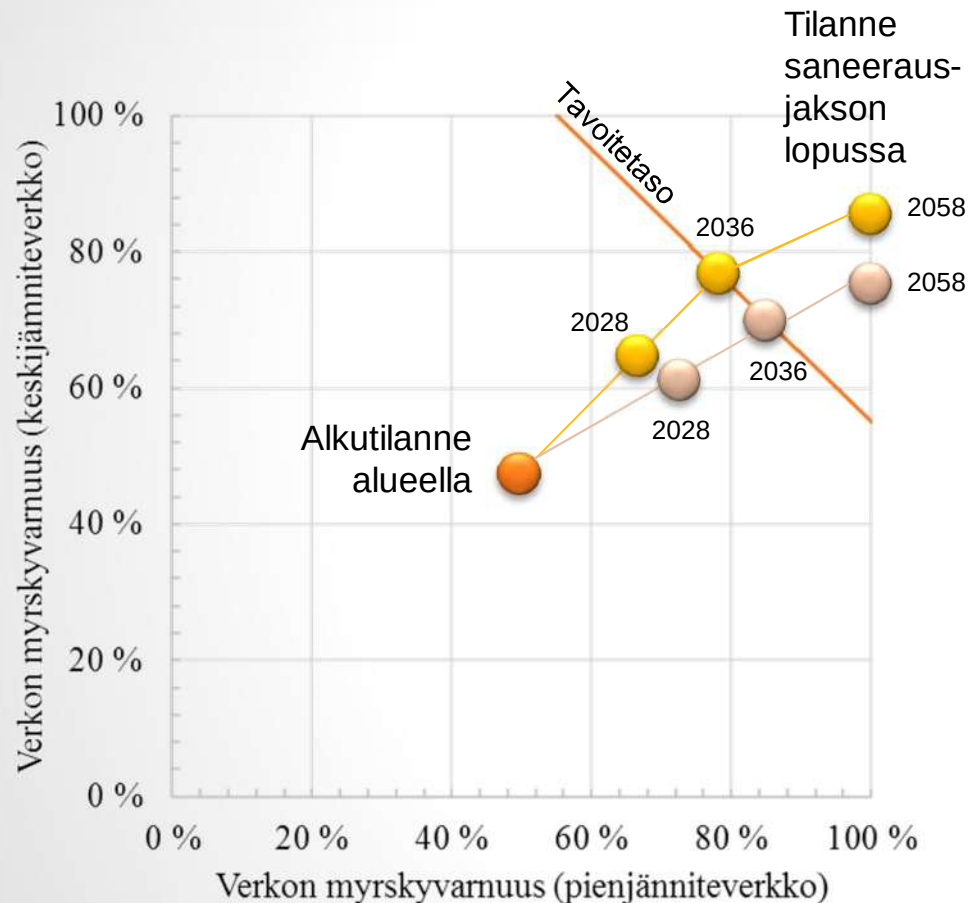
- 1 kV hyödyntämispotentialiaali kaikissa strategioissa sama. Investointipalkkien erot johtuvat ajoittumiseroista (ja laskentakorosta)
- "Vyöhyke" –strategiassa KJ-verkon maakaapelointi nostaa
- Laskelmissa huomioitu korko 5 %
- Laskettu Energiaviraston yksikköhinnoilla

Investointikustannusjaottelu

- Keskijänniteinvestoinnit** (kj-johdot ja kaivuu, 20/0,4 kV muuntajat ja muuntamot)
- Pienjänniteinvestoinnit** (0,4 kV johdot ja kaivuu, nykyiset 1 kV johdot ja kaivuu)
- 1 kV investoinnit** (KJ → 1 kV johdot ja kaivuu, 1/0,4 kV muuntajat ja muuntamot)

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Suurhäiriövarmuus, saneerausten vaikutus



-  Vyöhyke - maakaapelointipainotteinen
-  Vyöhyke - ilmajohtopainotteinen

Verkon myrskyvarmuus =

myrskyvarmoiksi verkonosiksi luetaan maakaapeliverkot, avomaalla sijaitsevat ilmajohtoverkot sekä laskennallisesti puolet teiden varsilla sijaitsevista ilmajohdoista

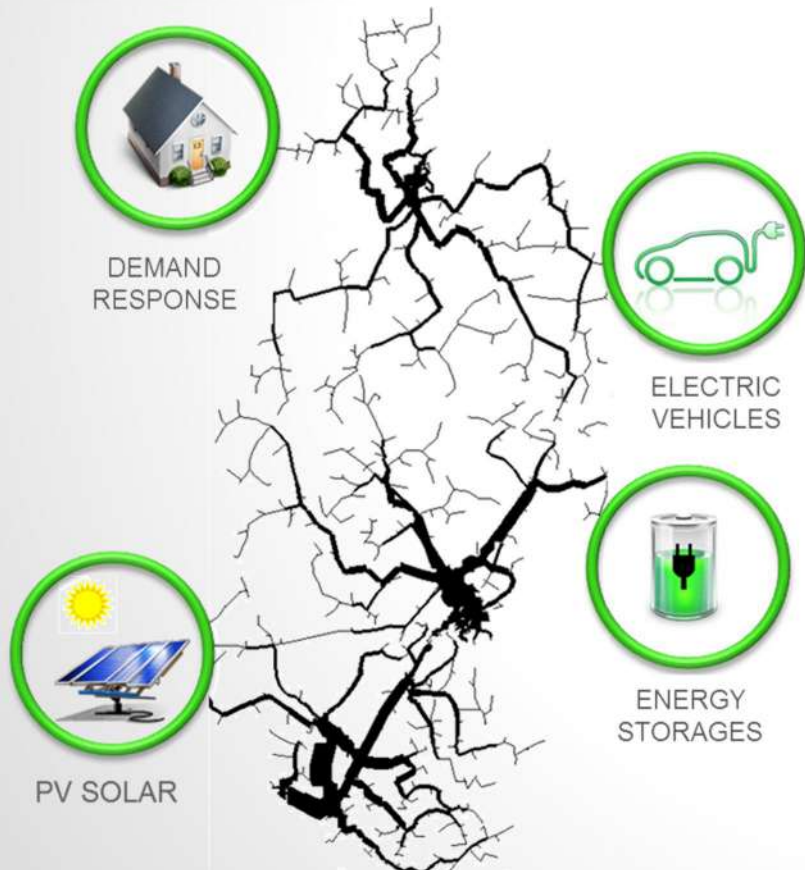
Tavoitetaso = taso, jonka mukainen suurhäiriövarmuus pitäisi saavuttaa keski- ja pienjänniteverkoissa, jotta myrskyistä ja lumikuormista selvittäisiin 36 h tunnissa.

**Joustavat elementit
kapasiteetin ja
toimitusvarmuuden
kehittämisessä**

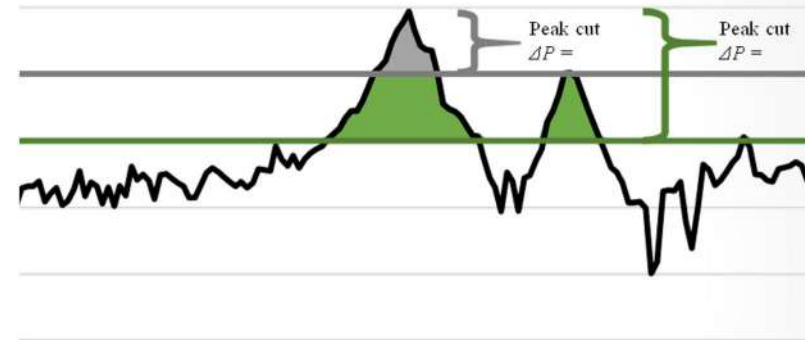
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tavoite ja kysymykset

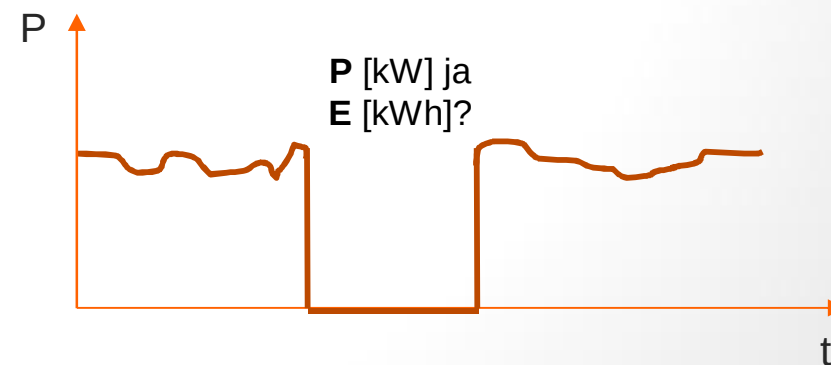
- ☐ Mitä joustoelementtejä on tulevaisuuden verkoissa?
- ☐ Mikä vaikutus näillä on verkon kehittämiseen?



Kaistan tehokas käyttö



Toimitusvarmuus



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

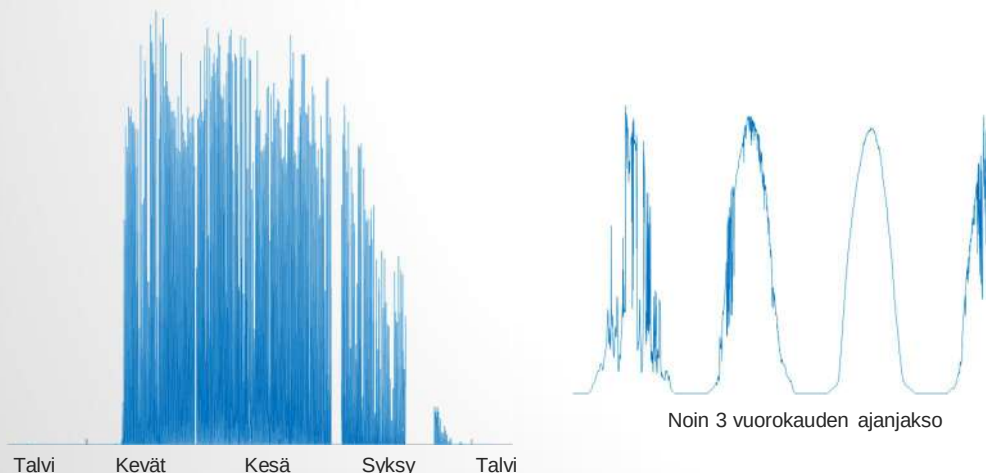
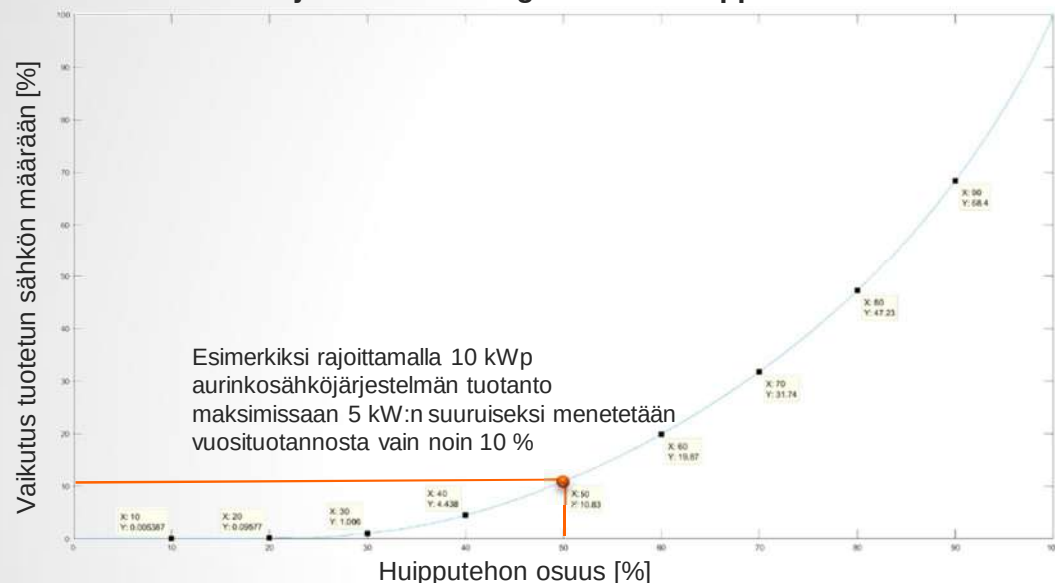
Joustoelementit verkkotoiminnassa

- **Tehojen hallinta (huipputehot)**
 - Olemassa olevan siirto- ja muuntokapasiteetin tehokas hyödyntäminen
 - Tehon kasvun mahdollistaminen ilman saneerauksia tai kapasiteetin kasvattamista
 - Mahdollisuus maltillisempaan verkon komponenttien mitoittamiseen
 - Sähköautojen hallittu lataus, pientuotannon mitoittaminen ja kysynnänjousto, energiavarastot, lämmitysjärjestelmien tekninen toteutus
- **Toimitusvarmuus ja keskeytysten hallinta (suurhäiriöriskin ja keskeytyskustannusten pienentäminen)**
 - Sähköntoimitusvarmuusvaatimusten täyttäminen (sähkömarkkinalaki)
 - Keskeytyskustannusten pienentäminen
 - Verkon eri tasoihin sijoitetut energiavarastot ja kysynnänjousto (mm. kuormien priorisointi)
- **Jännitteenlaatu**
 - Jännitteen laadun varmistaminen erityisesti kohteissa, joissa pienet vikavirrat
 - Saneerausinvestointien hallittu lykkääminen/poistaminen
 - Päämuuntajien käämikytkimet, mikroverkot, uudet jakelumuuntajaratkaisut, tehoelektroniikka pientuotannon yhteydessä, kysynnän jousto
- **Loistehon hallinta**
 - Loistemaksujen ja ylimääräisten investointien välttäminen
 - Tehoelektroniikka pientuotannon ja akkuvarastojen yhteydessä

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Jousto: Aurinkosähkö ja tuotantopiikkien leikkaus

Aurinkosähköjärjestelmän tuotantotehon ja tuotetun energian välinen riippuvuus



Tarkasteluaineistona todellinen aurinkosähkön tuotanto kahden vuoden ajalta 1 minuutin aikaresoluutiolla käsiteltynä

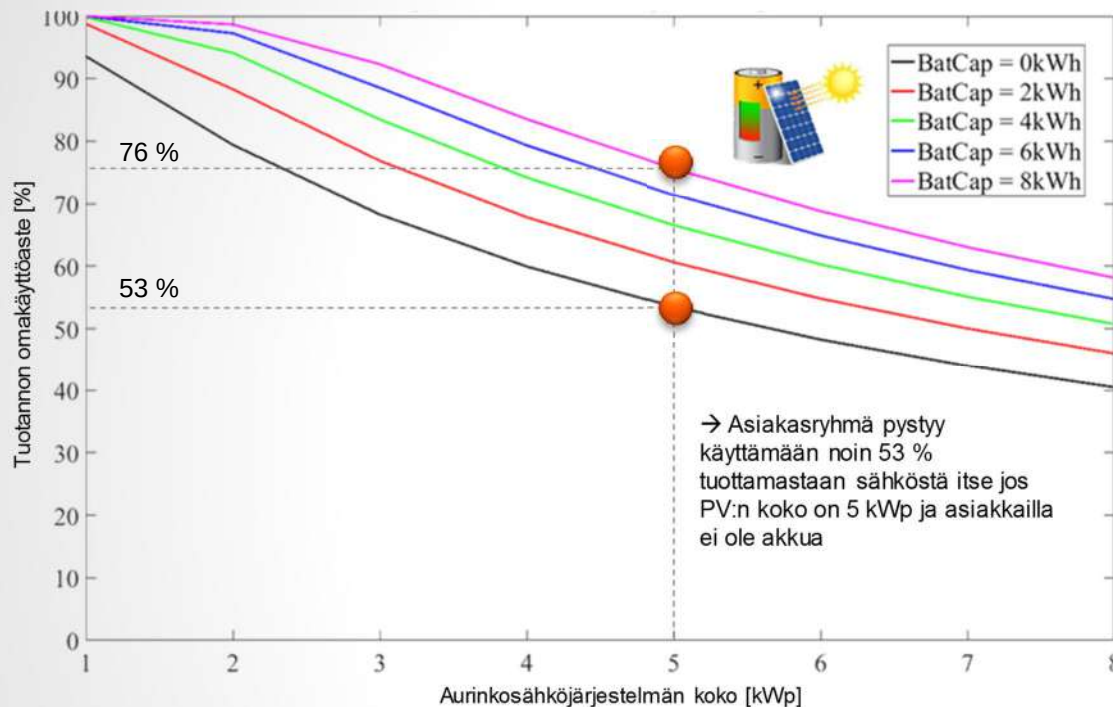
- ☐ Tuotannon huipunkäyttöaika lyhyt
- ☐ Merkittävä osa aurinkosähkön energian tuotannosta tapahtuu järjestelmän kokoon nähden pienillä tehoilla (90 % vuosituotannosta <50 % teholla)
- ☐ Asiakas hyötyy vain vähän järjestelmän ylilimitoimisesta
- ☐ Negatiiviset vaikutukset sähköverkoille ja lopulta sähkönkäyttäjälle suuret

Esimerkki: 10 kWp vs. 5 kWp

- ☐ PV-paneelit molemmissa tapauksissa 10 kWp
- ☐ Tehoelektroniikka 10 kW tai 5 kW
- ☐ Investointiero tehoelektroniikan osalta: 5 kW x 20 snt/W = 1000 € (säästö)
- ☐ Menetetty tuotanto: 10 % x 10 kWp x 900 h/a = 900 kWh ~ 45 €/a (menetys)
- ☐ Verkkoyhtiölle lisäkapasiteetista kustannukset
- ☐ Asiakkaalle lisäksi mahdollinen kannustin tehopohjaisen hinnoittelun muodossa

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Jousto: Aurinkosähkö ja omakäyttöasteen kasvattaminen



- ❑ Kuvan käyrästöt perustuvat todelliseen sähkölämmittäjäasiakasjoukkoon (tuntitehomittauksiin)
- ❑ Yksittäisen asiakkaan osalla omakäyttöaste voi vaihdella merkittävästi sähkönkäytön ajallisista tottumuksista johtuen

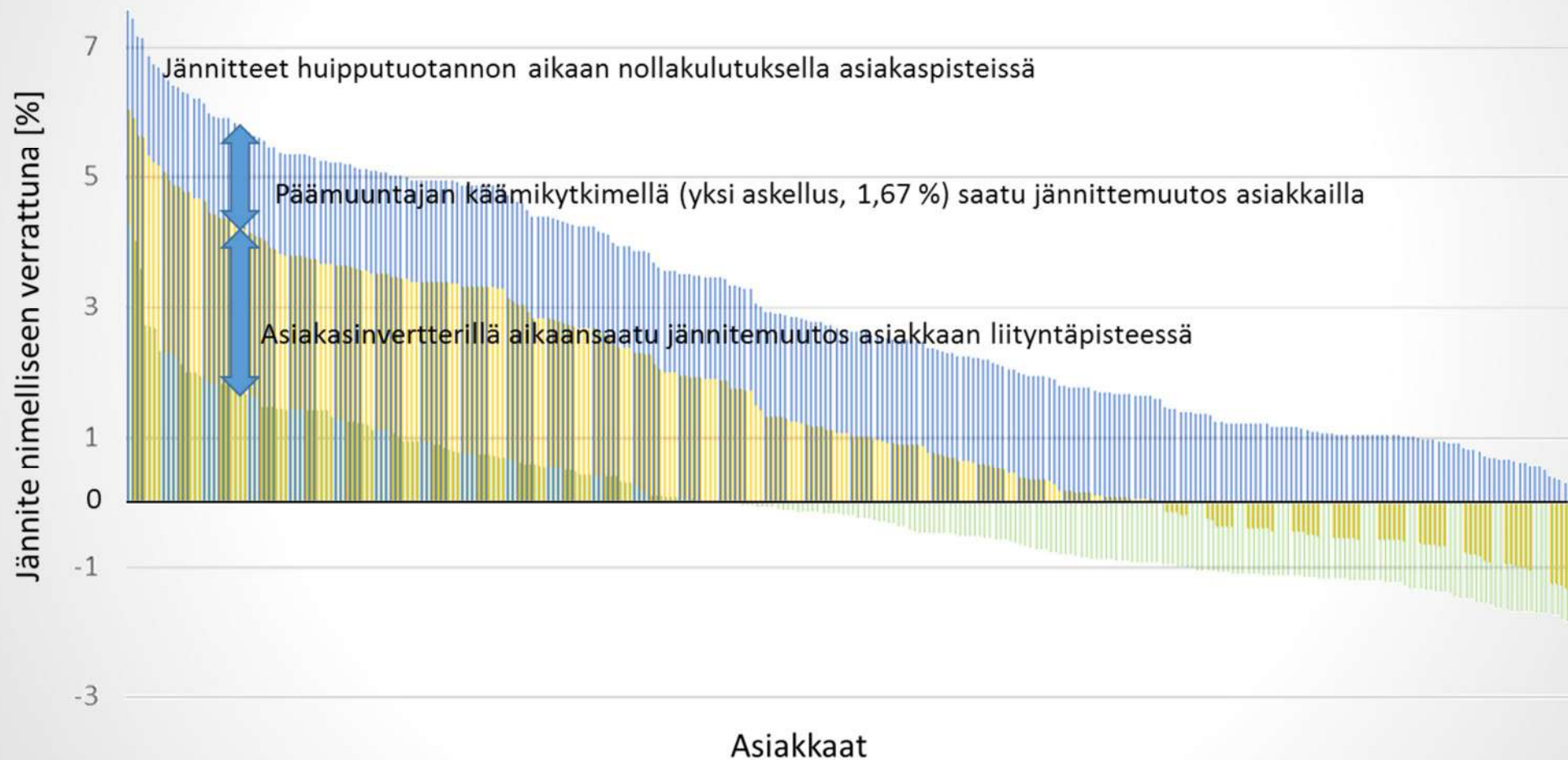
- ❑ Omakäyttöasteet verrattain matalia (kotitalouksien sähköntarve painottuu iltoihin, aurinkosähkön tuotanto päivään)
- ❑ Akustolla voidaan parantaa omakäyttöastetta (akkuja ladataan tuotannon aikana, puretaan kysynnän mukaan)

Esimerkki: 5 kWp solar + 8 kWh akku

- ❑ Vuosituotanto $5 \text{ kWp} \times 900 \text{ h/a} = 4500 \text{ kWh}$
- ❑ Sähkön kokonaishinta: 13 snt/kWh
- ❑ Ylijäämänsähkön hinta: 5 snt/kWh
- ❑ Omakäyttöasteen muutos 53 %:sta 76 %:iin.
- ❑ $= (76 \% - 53 \%) \times 4500 \text{ kWh} = 1035 \text{ kWh}$
- ❑ Muutos sähkön käytön kustannuksissa: $1035 \text{ kWh} \times (13 - 5) \text{ snt/kWh} = 1035 \text{ kWh} \times 8 \text{ snt/kWh} = 83 \text{ €/a}$
- ❑ Akkujärjestelmän hinta: 6 snt/kWh (huomioiden investointihinta ja sykli-ikä)
- ❑ Akun käytön hinta: $1035 \text{ kWh} \times 6 \text{ snt/kWh} = 62 \text{ €/a}$
- ❑ Säästö: $83 \text{ €/a} - 62 \text{ €/a} = 21 \text{ €/a}$

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

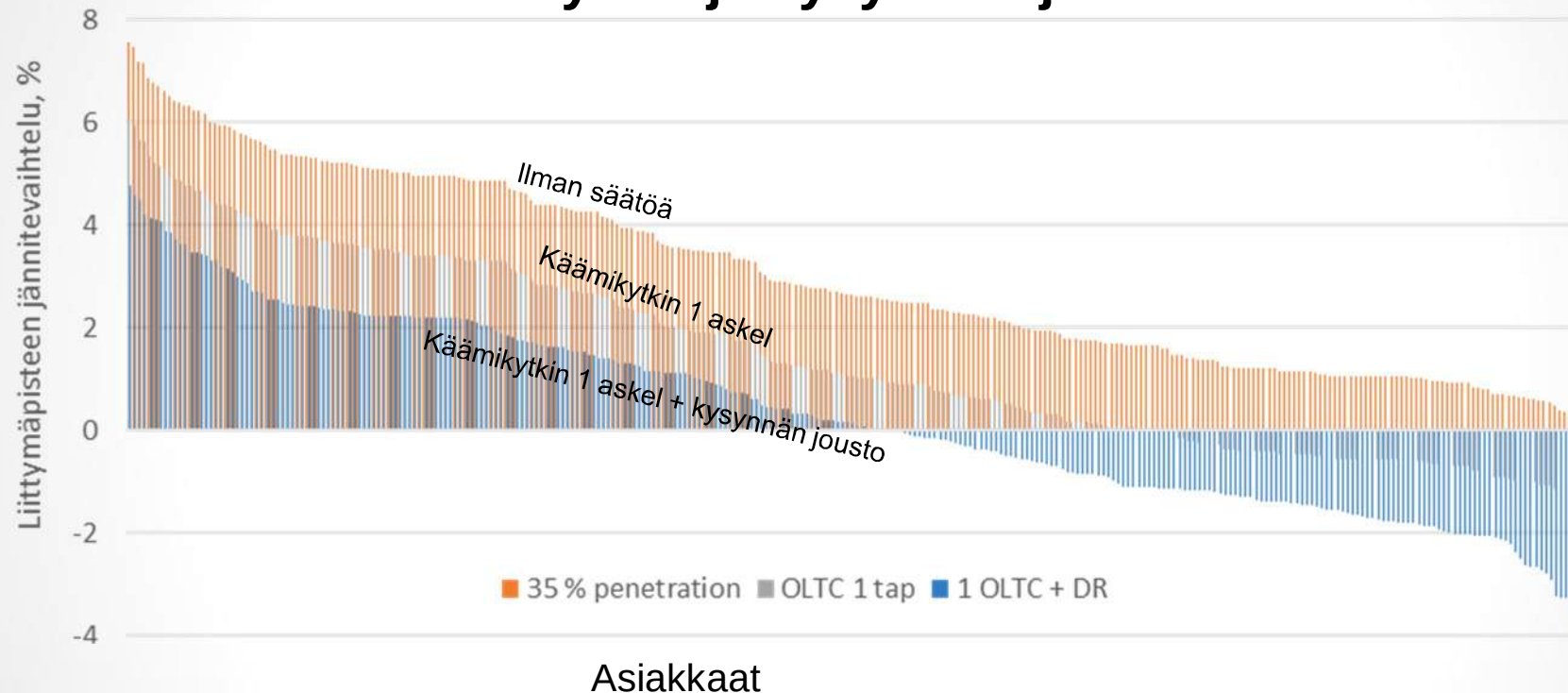
Jousto: Aurinkosähkö ja jännitteensäätö



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Jousto: Aurinkosähkö ja jännitteensäätö

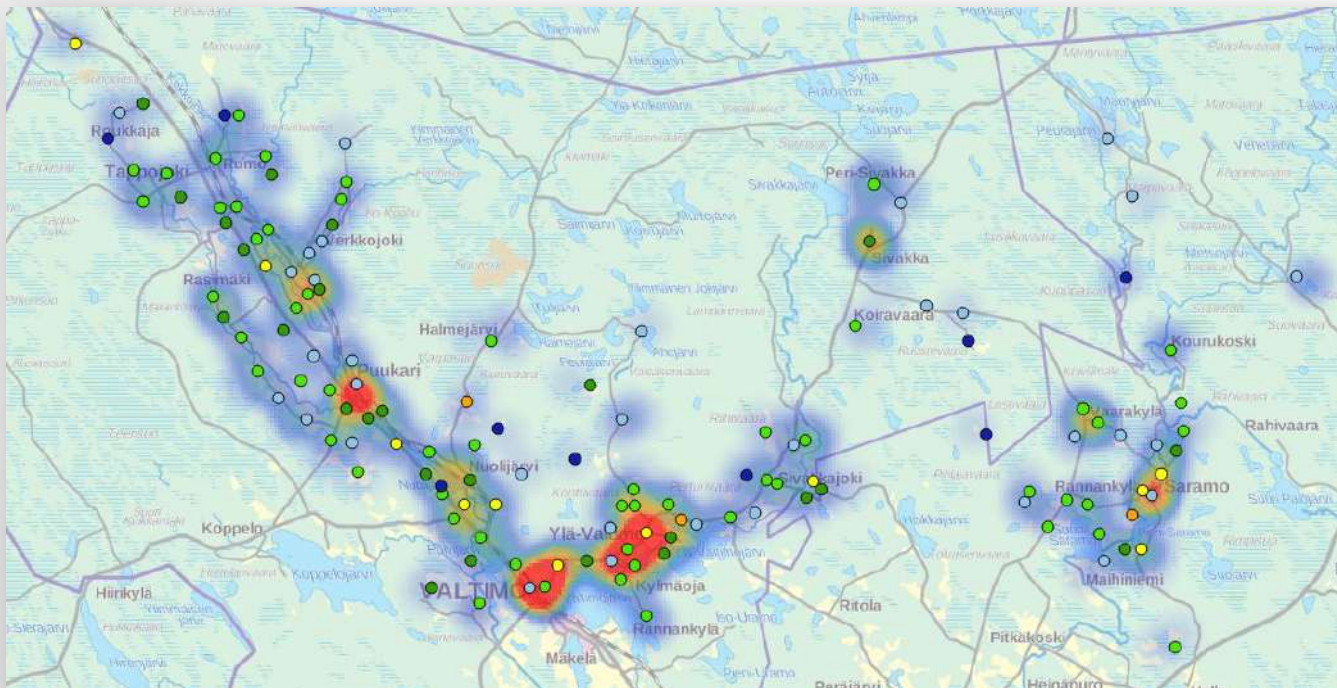
Käämikytkin ja kysynnän jousto



Liittymäpisteiden jännitteet 35 % aurinkosähköpenetraatioissa (5 kWp) pienen taustakuorman aikana kun

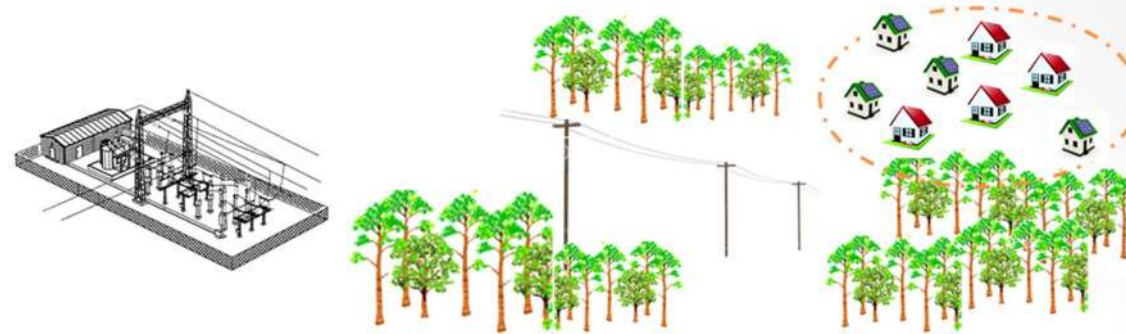
- 1) päämuuntajan (OLTC) käämikytkintä ohjataan 1 askel
- 2) Edellisen lisäksi asiakas lisää omaa sähkönkäyttöään (20 % vuoden huipputehosta)

Mikä kannattavuus toimitusvarmuuden varmistamiselle on haja-asutusalueiden ”kuormitussaarekkeille” esimerkiksi mikroverkkoratkaisuja hyödyntäen?

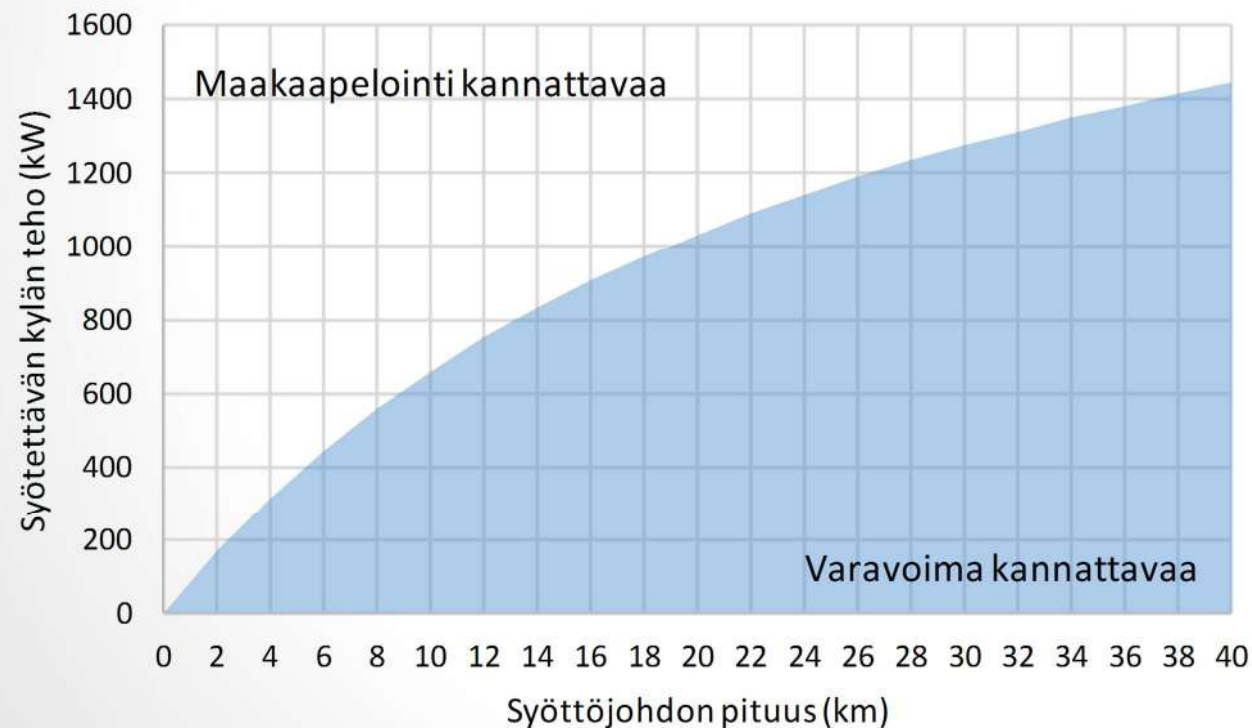


Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Jousto: Toimitusvarmuus (suurhäiriöt)



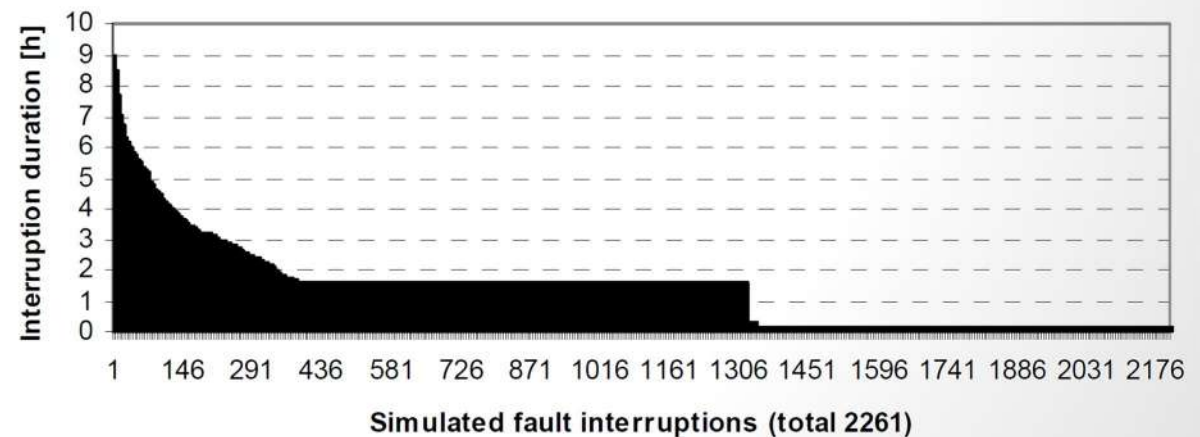
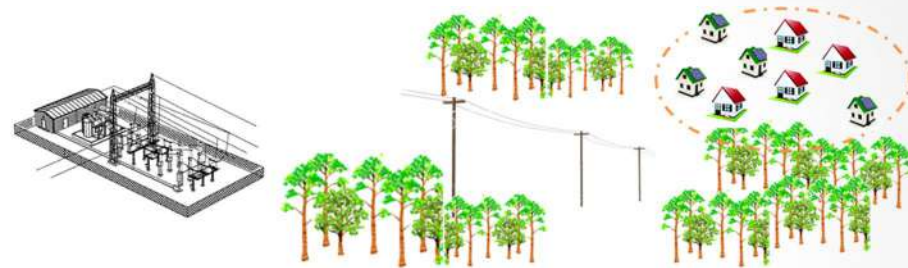
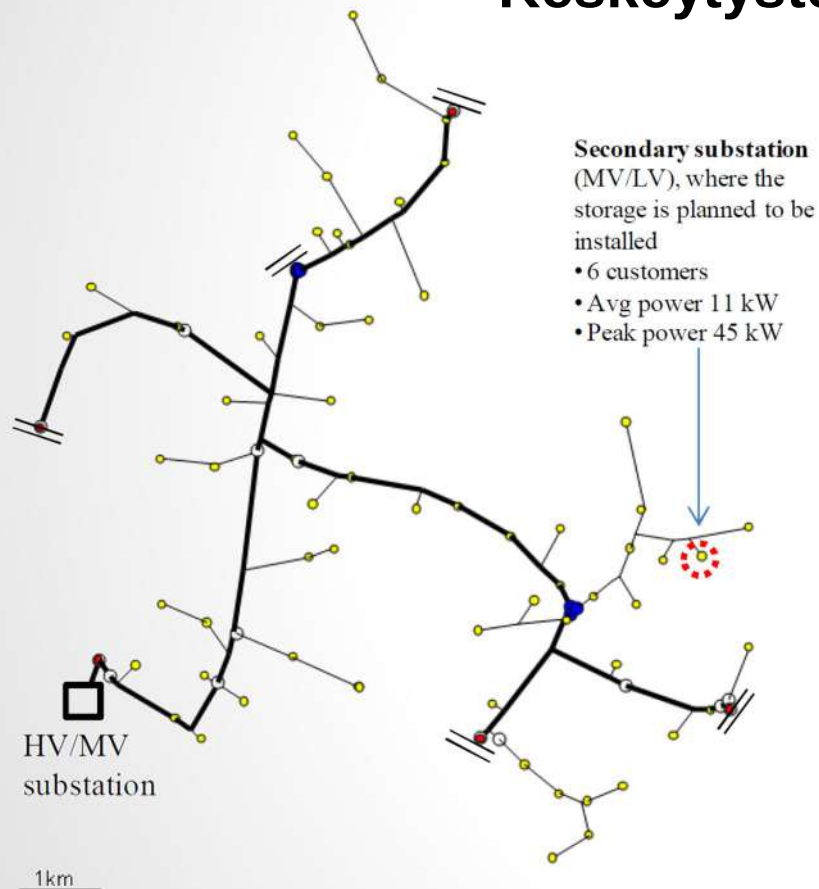
Maakaapelointi vs. mikroverkkoratkaisut



Suurhäiriöriskin hallinta

Kustannusten näkökulmasta haja-asutusalueen kuormituskeskittymien sähkönsaanti kannattaisi turvata kaapeloinnin sijaan erilaisilla mikroverkkoratkaisuilla

Keskeytysten hallinta varastoilla

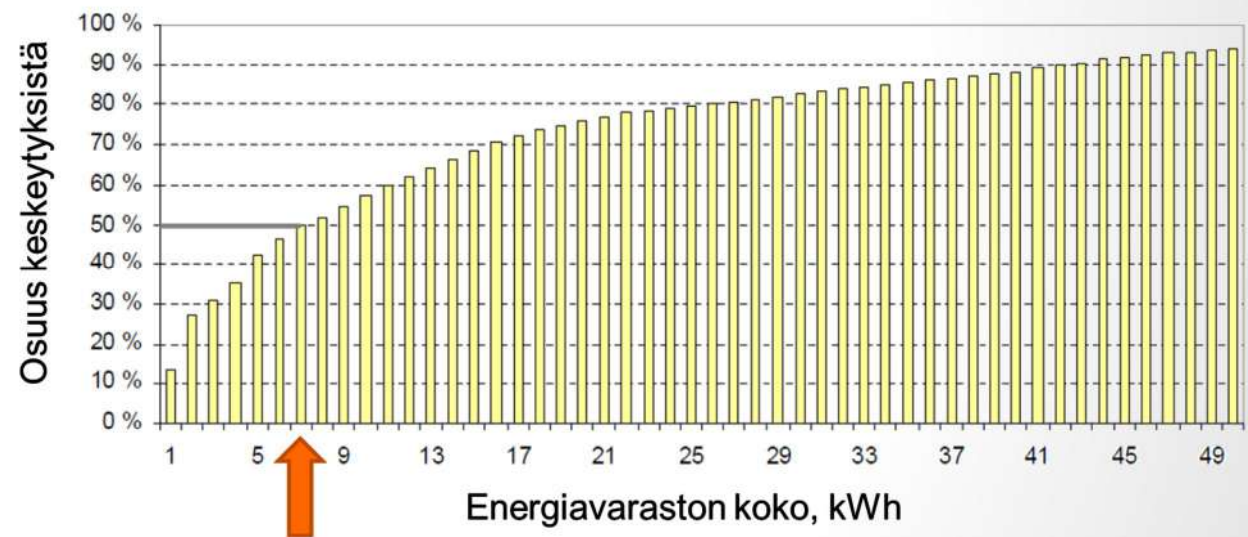
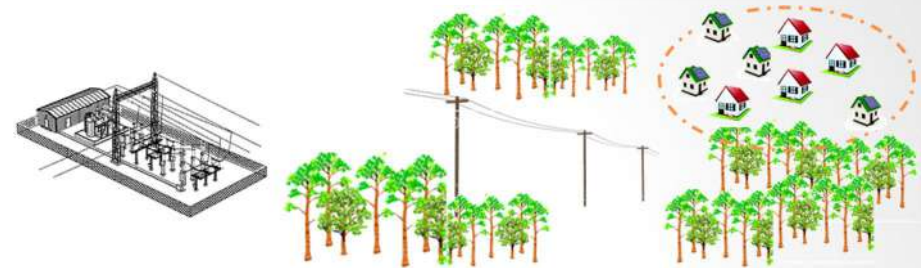


Keskeytysten hallinta varastoilla

Esimerkkitarkastelu kuuden käyttöpaikan muuntopiiristä:

→ Puolet pitkistä keskeytyksistä voidaan välttää keskitetyllä 7 kWh varastolla

Huipputeho 45 kW, asiakkaiden vuosikulutus 9-28 MWh/a.

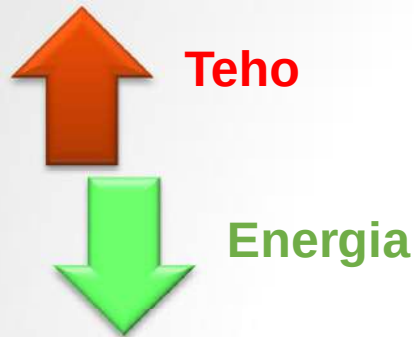


→ Suuri osa keskeytyksistä verrattain lyhyitä (sähkön palautus kytkentätilaa muuttamalla). Riippuvainen verkkotopologiasta.

OmaisuuDENhallinnan ja verkostosuunnittelun uudet lähtökohdat

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Lähtökohdat ja odotusarvot eri osapuolille



Yritysjohdo

- Kokonaistaloudellisuus; elinkaarikustannusten minimointi
- Hinnoittelun haasteet ja mahdollisuudet

Omaisuuksien hallinta

- Kustannustehokkaasti toimitusvarmuustavoitteiden täyttymiseen vastaavien kehittämismenetelmien soveltaminen
- Asiakaskadon huomioiminen, mm. saneerausten hallittu lykkäys

Verkostosuunnittelija

- Verkon tekniikka-, mitoitus- ja topologiakysymykset
- Sähköautot ja pientuotanto

Verkon käyttö ja viiankorjaus

- Jännitteiden ja siirtokapasiteetin varmistaminen (DG, EV, ilmastomuutos)
- Sekaverkot ja vikatilanteiden hallinta (osaaminen, olosuhteet)
- Hajautettu tuotanto ja sähköautot

Verkon rakentaminen

- Olosuhteet ilmastomuutoksen myötä haasteellisemmat?

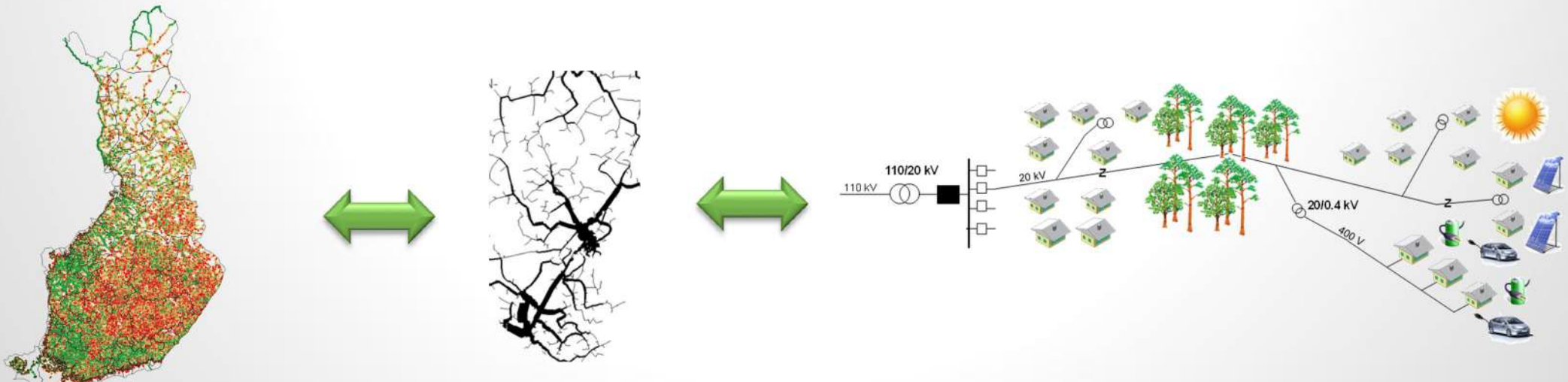
Tietojärjestelmätoimittajat

- Mittausdatan kasvun hallinta, 'open datan' integrointi
- Analyysitarpeiden ymmärtäminen ja työkalujen kehittäminen

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

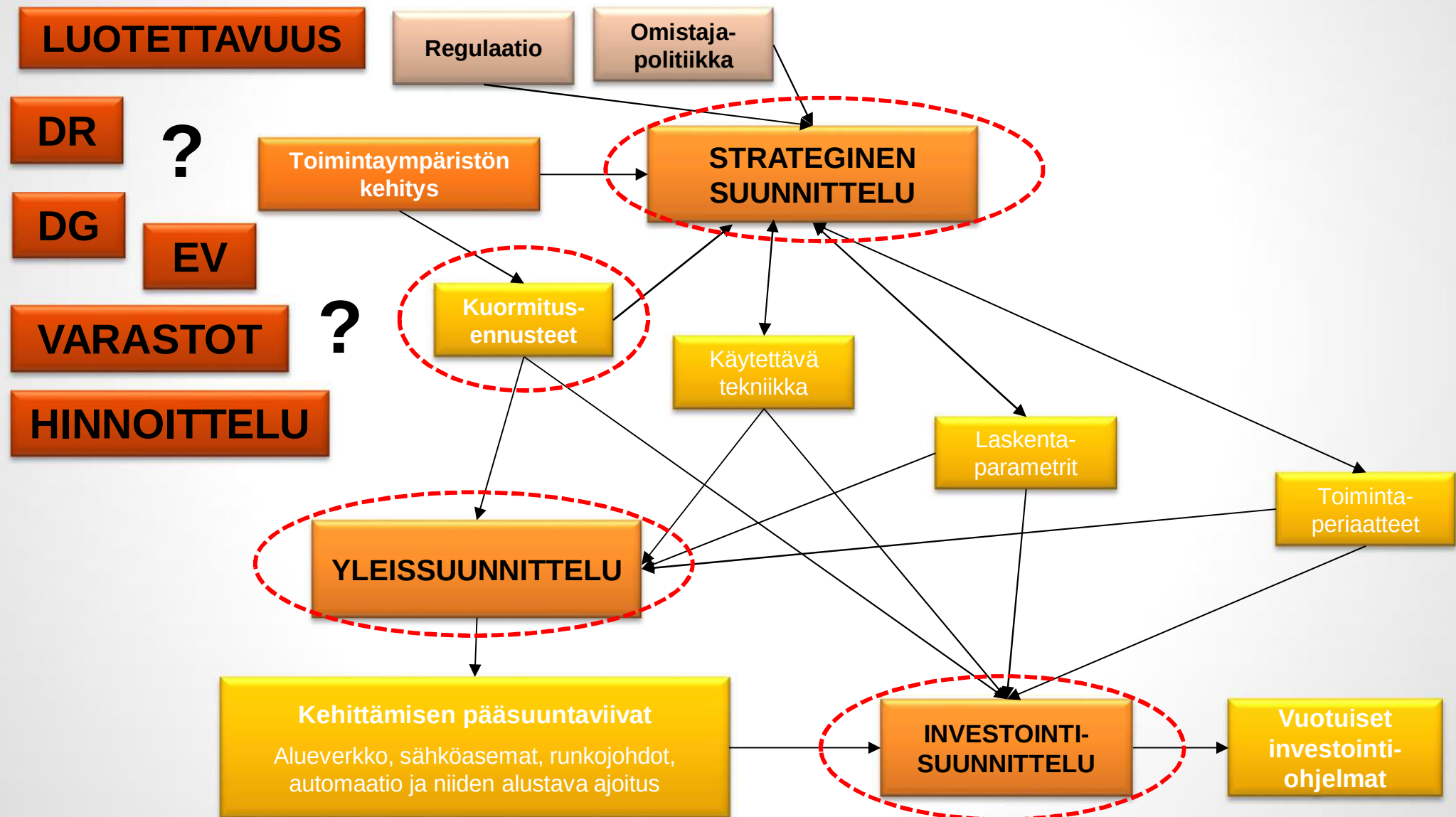
Muutostekijät ja omaisuudenhallinta

- Mitkä muutostekijät ovat keskeisimmät verkkotoiminnan kannalta?
- Minkälaisia kasvuskenaarioita muutostekijöille arvioidaan tapahtuvan?
- Mitkä ovat niiden sähkön kysyntä ja verkkovaikutukset?
- Mitä muutostekijöitä seurataan?
- Millä mittareilla muutostekijöitä seurataan?
- Miten usein kehitystä peilataan alkuperäisiin arvioihin ja mitkä "hälytysrajat"?
- Voidaanko muutostekijöiden kehittymisiin ja vaikutuksiin vaikuttaa omalla toiminnalla?
- Miten muutostekijät huomioidaan verkkoliiketoiminnan eri osa-alueilla?



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijöiden huomioiminen suunnittelussa



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Muutostekijöiden huomioiminen suunnittelussa

AURINKOSÄHKÖ

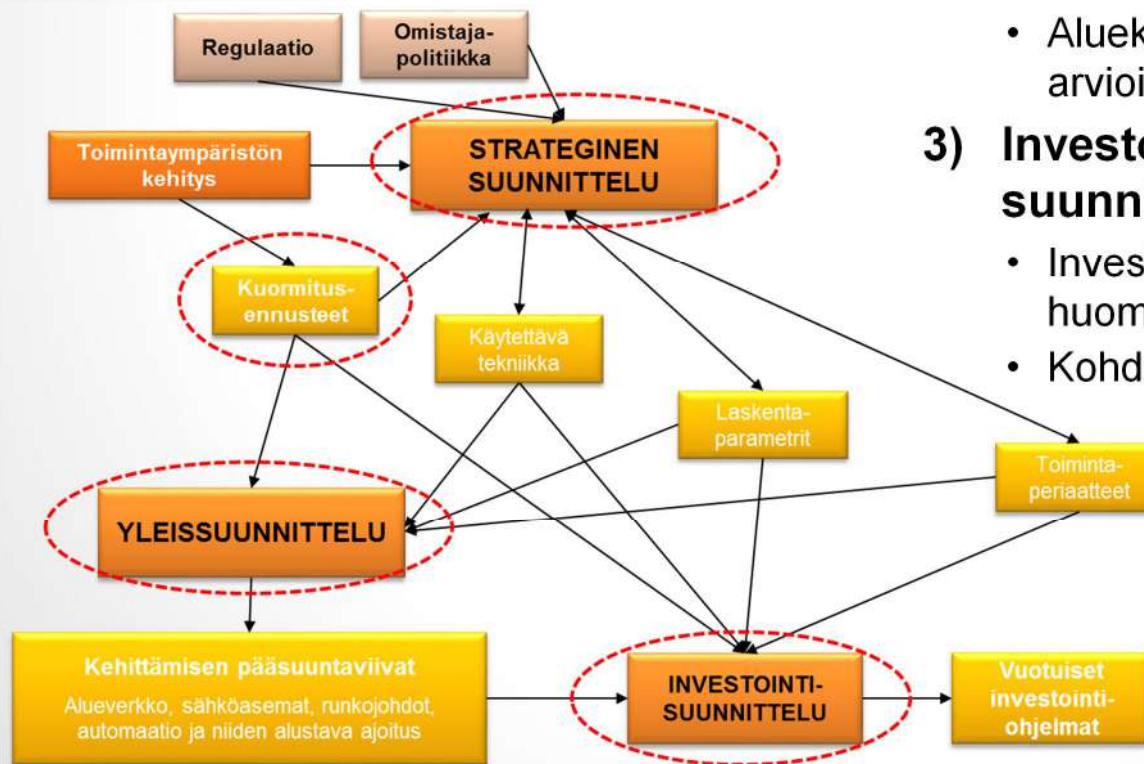
DR

EV

VARASTOT

HINNOITTELU

LUOTETTAVUUS



Esim. aurinkosähkö

1) Strateginen taso

- Yleistymisskenaariot
- Vaikutus sähkön kysyntään
- Vaikutus mitoitusperiaatteisiin ja tekniikkavalintoihin
- Asiakasindikoinnit ja vaikuttaminen/valistus

2) Yleissuunnittelu

- Aluekohtaiset verkostanalyysit ja kriittisyyksien arviointi

3) Investointisuunnittelu ja sähkötekniinen suunnittelu

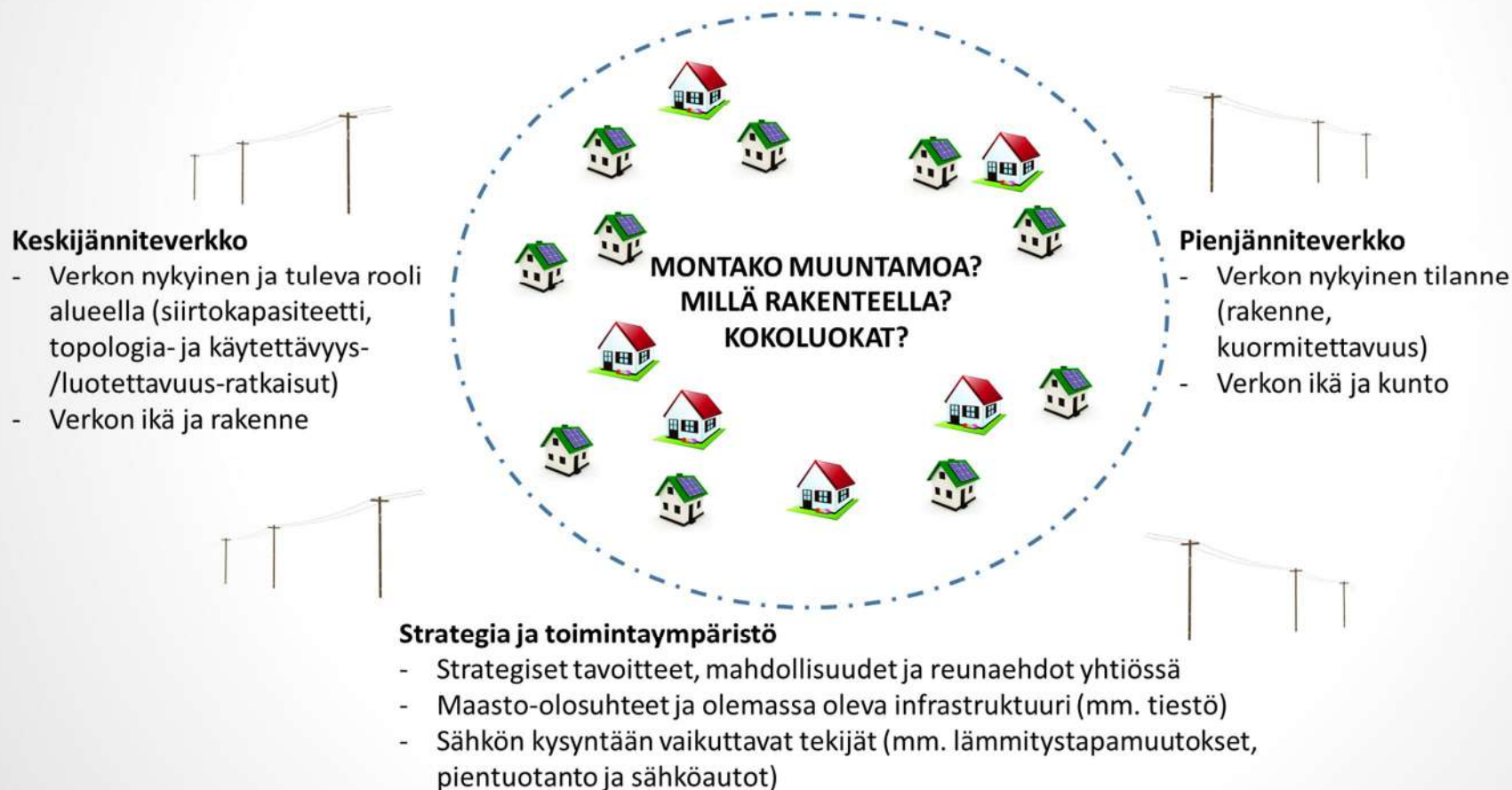
- Investointikohteiden priorisointi muutostekijä huomioiden
- Kohdemitointus

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Suunnittelumetodiikan kehittäminen

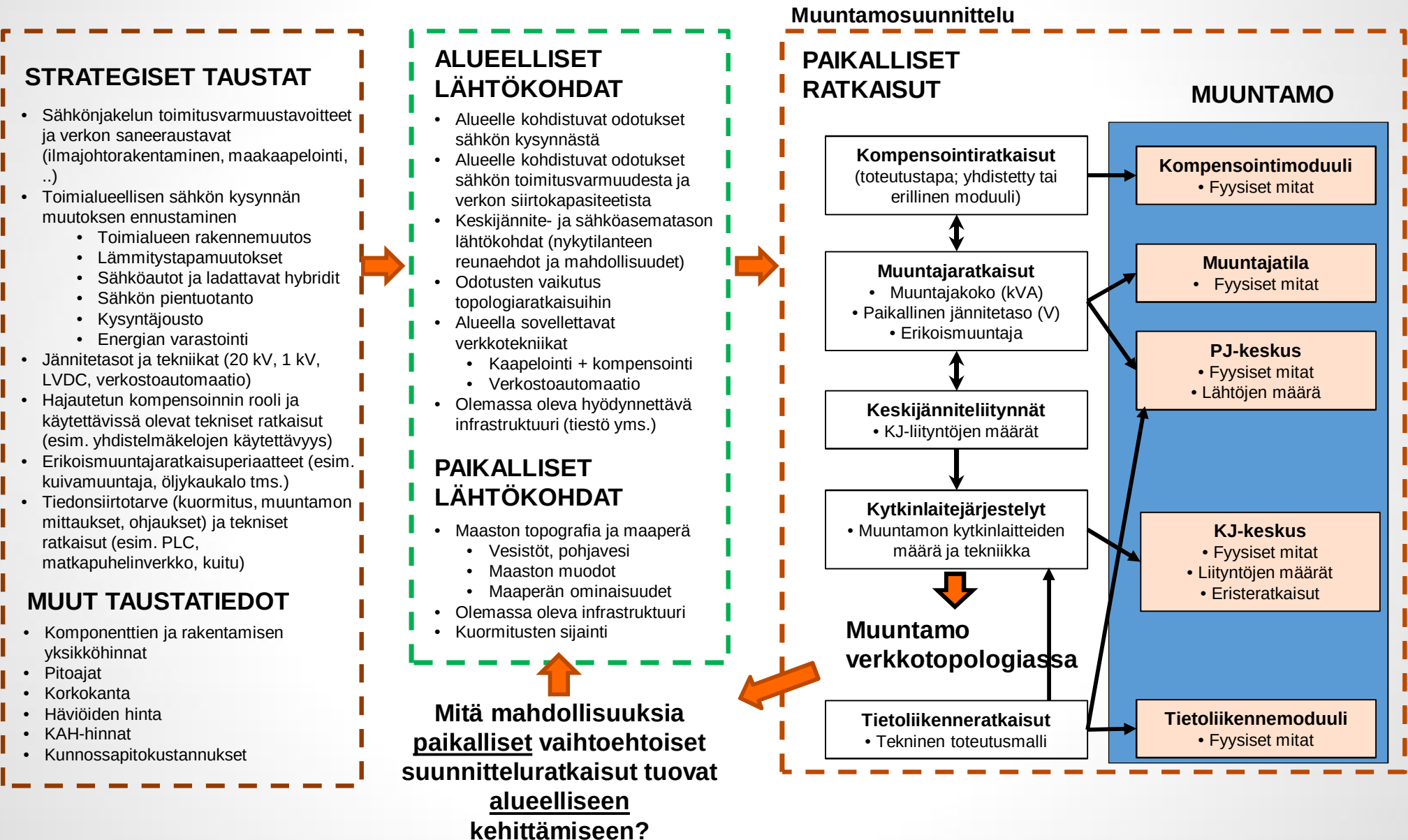
Haja-asutusalueelle soveltuva muuntamokonsepti

MUUNTAMOSUUNNITTELU



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

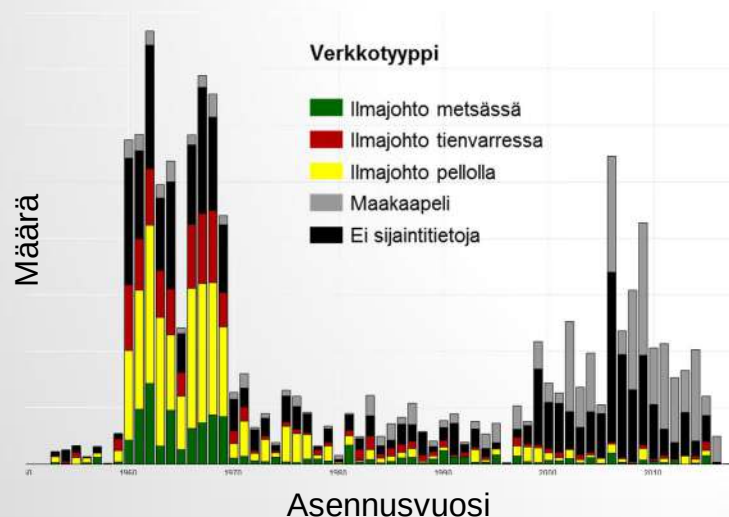
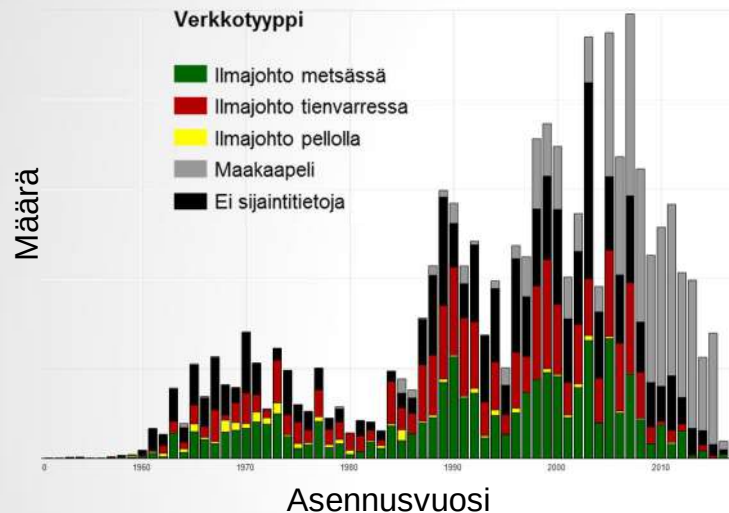
Suunnittelumetodiikan kehittäminen



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Elinkaarianalyysit, verkon ikä ja sijainti

Lähtökohta



Haasteet

- Verkossa paljon metsäosuuksia joilla vielä elinikää jäljellä → Toimitusvarmuuden täytyminen aikataulussa jos investoinnit tehdään ikäperusteisesti?
- Verkossa paljon ikääntyneitä johto-osuuksia → Saneeraukset aloitettava välittömästä. Resurssointi, tekniikka ja mitoitus? Investoidaanko, lykätäänkö vai puretaanko?

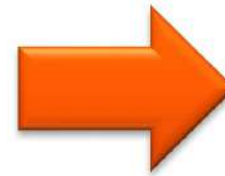
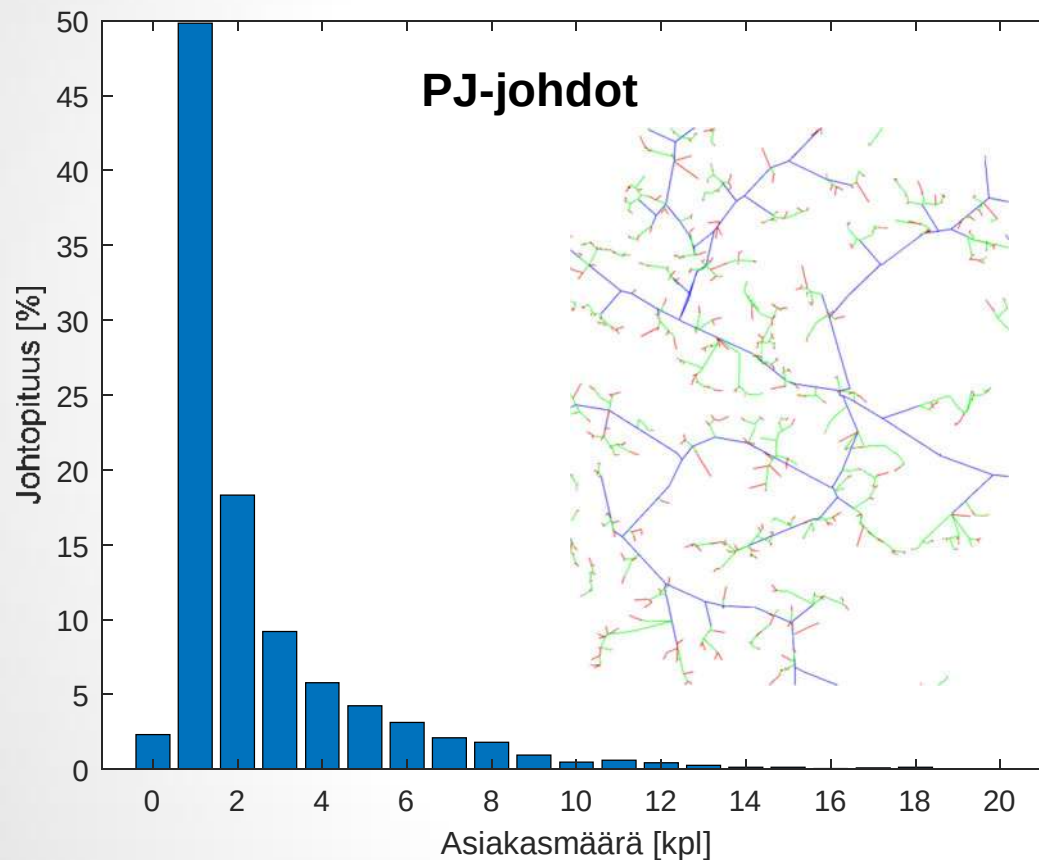
Mahdollisuudet

- Verkon keski-ikä matala → Ikäperusteiselle saneeraukselle ei kiirettä. Voidaan 'seurata' muutosilmiöiden (aurinkosähkö, sähköautot, muuttoliike) kehittymistä.
- Verkon keski-ikä korkea → Ikäperusteiset saneerausvelvoitteet mahdollistavat samalla verkon suurihäiriövarmuuden parantamisen aikataulussa. Toisaalta, ikääntynyt verkko pellolla ja tienvarressa (pääosin suurihäiriövarmaa)

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Pienjänniteverkkoanalyysi

Esimerkki asiakasmäärien kohdistumisesta eri verkkokomponenteille



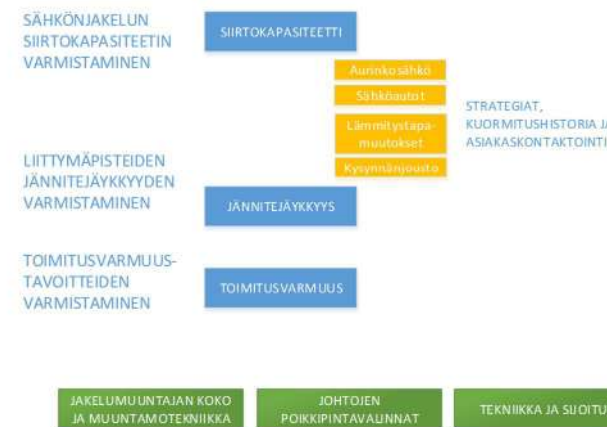
Merkittävä osa jakeluverkko-omaisuudesta yhden käyttöpaikan pj-johtoja: selvitettävä näiden johto-osuuksien asiakkaiden

- **tulevaisuuden näkymät,**
- **johto-osuuksien iät,**
- **jännitejäykkyudet ja**
- **suurhäiriövarmuus (rakenne ja sijainti)**



- [illegible]

SANEERAUSLISTALLE
(UUDEN VERKON RAKENTAMINEN)



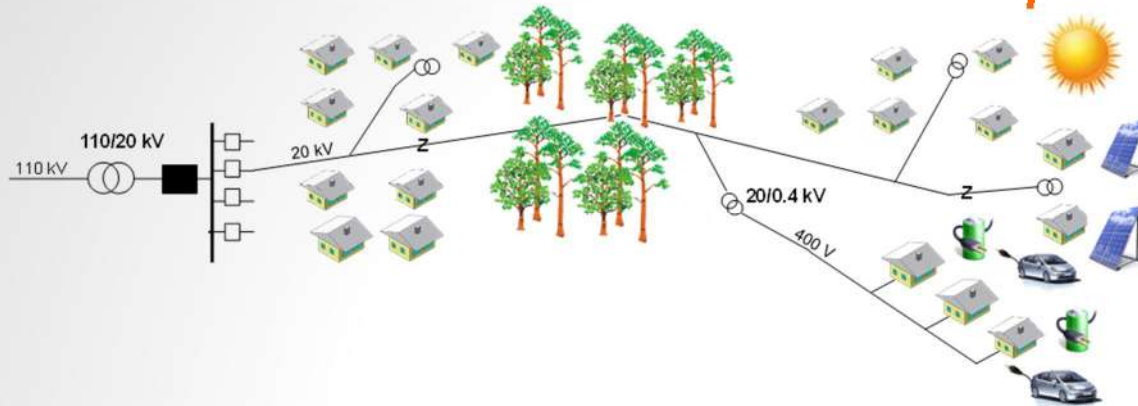
B) SANEER AUS

JOHTO VOIDAAN HYÖDYNTÄÄ
MAHDOLLISUUKSIEN MUKAAN SELLAISENAAN

C) LYKKÄYS

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Yleissuunnittelusta muuntopiirisuunnitteluun



Alkutilanne ja reunaehdot investointistrategiasta

- 1) Alueella saneerattava jakeluverkkoa ____ km toimitusvarmuustavoitteiden saavuttamiseksi
- 2) Alueen verkko ikääntynyttä, saneeraaminen kohdistettava vanhimpiin verkonosiin, mikäli kuormitus edellyttää sitä ja toimitusvarmuus paranee samalla
- 3) Käytetään x ja y tekniikkaa

Kysymykset suunnittelijalle

- 1) Investointistrategian mukaisten kohteiden (kj- ja pj-verkot) kartoitus ja järjestäminen esim. toimitusvarmuus- ja ikälähtöisesti
- 2) Alueen sähkönjakelun topologisten odotusarvojen huomiointi (sähköasemat, asemien ja johtolähtöjen väliset yhdysjohdot). Taustalla mm. sähköasemien tarve- ja korvaustarkastelut.
- 3) Alueen sähkönkysynnän (teho ja energia) kehittymisestä tulevat odotusarvot jakeluverkolle
- 4) Pienjänniteverkon liittymien tarpeellisuuden ja sähkönkysynnän muutostekijöiden kohdekohtainen arviointi (käyttöpaikka-analyysi)
- 5) Pienjänniteverkon johto-osien tarpeellisuuden arviointi ja toimitusvarmuus- ja ikälähtöisten saneeraustarpeiden arviointi (johtoanalyysi)
- 6) Sähkön kysynnän kehityksen mukaiset odotusarvot jakelumuuntamoille; tiheys, paikka, teho (pj-muuntamoanalyysi)
- 7) Keskijänniteverkon toimitusvarmuuden kehittämisen asettamat odotusarvot muuntamolle; rakenne (kj-muuntamoanalyysi)

**Tehohinnoittelusta apua
alalle?**

**Verkosta irtoaminen ja
liittymättä jättäminen**

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu muuttuvassa ympäristössä

Taustat tarkasteluille

- Monet muutostrendit lisäävät tehon painoarvoa sähkön siirrossa
- Perinteisesti hinnoittelu koostunut kiinteästä liittymäkokoperusteisesta kuukausimaksusta sekä sähköenergian kulutuksesta riippuvasta energiamaksusta
- Sähköenergian kulutus vähenee – Huipputehot kasvavat
 - Nykyhinnoittelussa ei kannusteita kapasiteettitehokkaaseen verkon hyödyntämiseen
- Tehohinnoittelu ratkaisuna?

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu muuttuvassa ympäristössä

Uudet liittymät?



Siirtokapasiteetti?

Muuntokapasiteetti?

20/0.4 kV



Toiminta-
ympäristö A

- Sähköautojen lataaminen?
- Aurinkosähkö?
- Lämmitystapamuutokset?
- Verkkoliittymän kannattavuus?
- Haasteet haja-asutusalueella?



Verkon tarpeellisuus/
saneerausaikataulu?

Sähkön toimitusvarmuus ja
saneeraustekniikka?

Kapasiteetti?

Lämmitystapamuutokset?



Toiminta-
ympäristö B

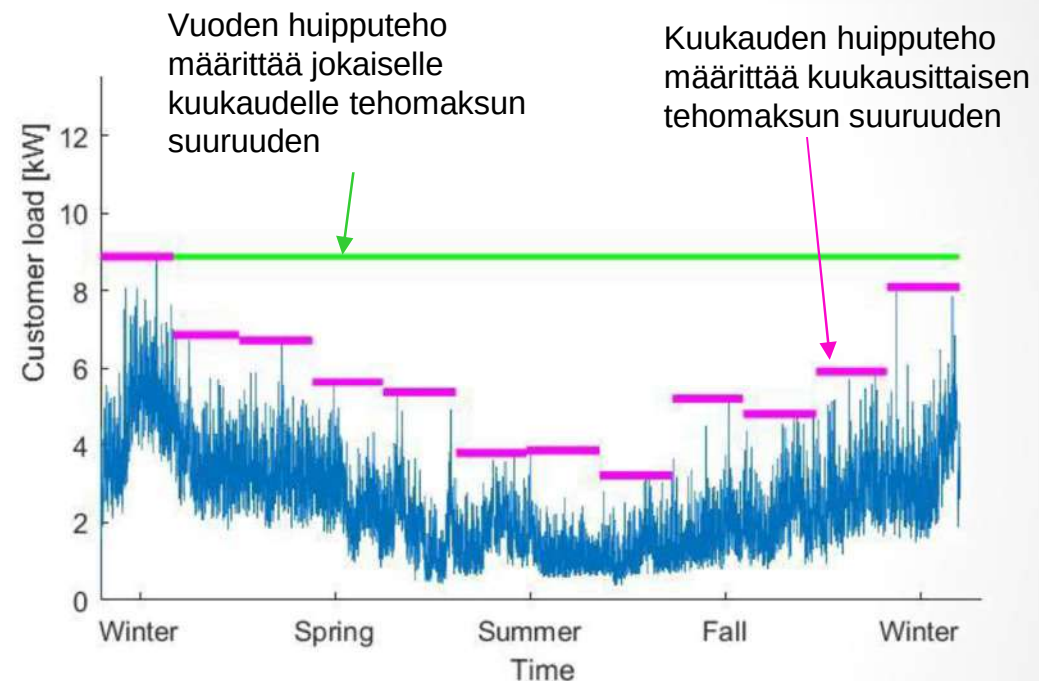
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu muuttuvassa ympäristössä

Vuositariffi vs. kuukausitariffi

Esimerkki

Vuosihinta [€/kW]	Vastaava kuukausihinta [€/kW]
1,00	1,49
1,50	2,23
2,00	2,97
2,50	3,72
3,00	4,46
3,50	5,20
4,00	5,94
4,50	6,69
5,00	7,43
5,50	8,17



Esimerkiksi vuosihinnoitteluun perustuvassa tehotariffissa 4,5 €/kW siirtohintaa vastaavaa kuukausihinta olisi 6,69 €/kW, jotta asiakasjoukosta kertyisi sama liikevaihto.

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu – Sähköautot



Sähköauton latauksen kustannus

3 kW lataus vs. 10 kW lataus

- Tehotariffin hinta esim. **3 €/kW,kk**, kuukausikohtaisella huipputeholla
- Jos lataustehojen erotus ($10 - 3 \text{ kW} = 7 \text{ kW}$) näkyisi suoraan asiakkaan huipputehossa, olisi asiakkaan kuukaudessa maksama ylimääräinen kustannus 10 kW lataustehosta 21 €/kk ($= 7 \text{ kW} \times 3 \text{ €/kW,kk}$).
 - Lisäkustannus olisi tällöin 252 €/a

Asiakkaalla kannustin lataustehon ja latausajankohdan optimointiin

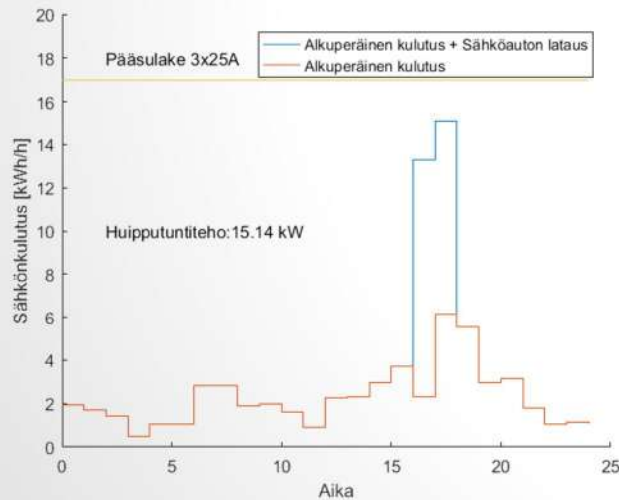
Sähköauto	Auton laturin max. kapasiteetti
Nissan LEAF	3,3 kW / 6,6 kW
BMW i3	7,4 kW
Volkswagen e-Golf	3,6 kW / 7,2 kW
Tesla Model S	10 kW / 20 kW
Tesla Model X	10 kW / 20 kW
Kia Soul EV	6,6 kW
Mitsubishi i-MiEV	3,3 kW

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

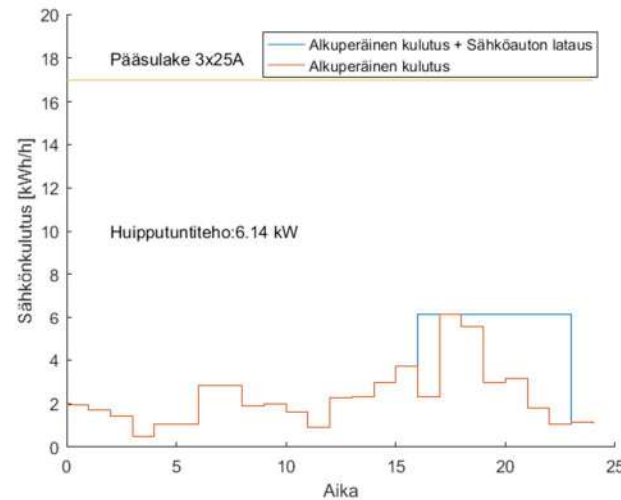
Tehohinnoittelu – Sähköautot

- Kannustin lataamisen ohjaamiselle niin ettei latausta suoriteta samaan aikaan muun oman huippukuormituksen kanssa
 - Energiakomponentin pienentymisen seurauksena lataaminen voi olla jopa nykyistä edullisempaa
 - Tehotariffin maksuperiaate (kuukausi vs. vuosi) vaikuttaa merkittävästi asiakkaan kannattavuuteen ohjata latausta
- Esimerkki 10 kW latauksen vaikutuksesta:

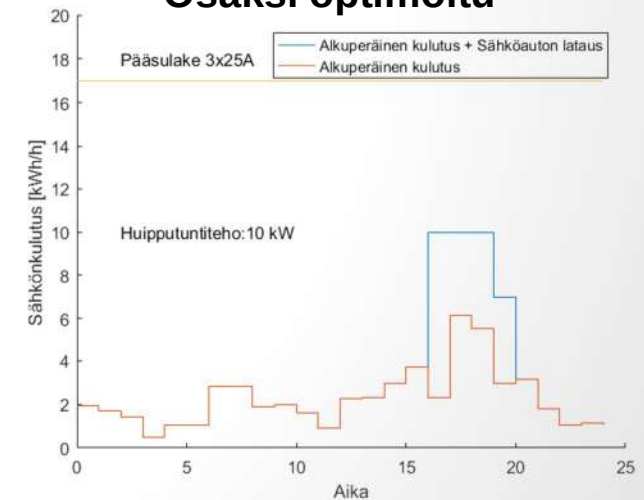
Ohjaamaton lataus



Täysin optimoitu



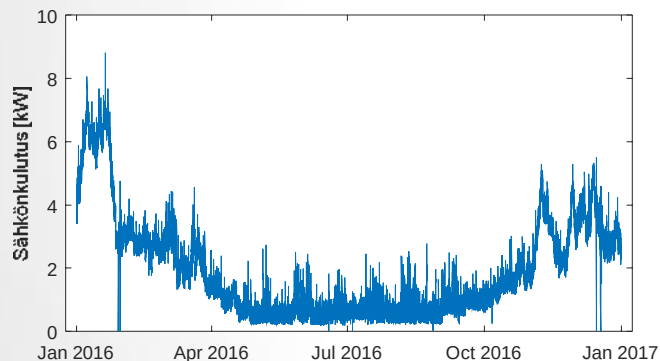
Osaksi optimoitu



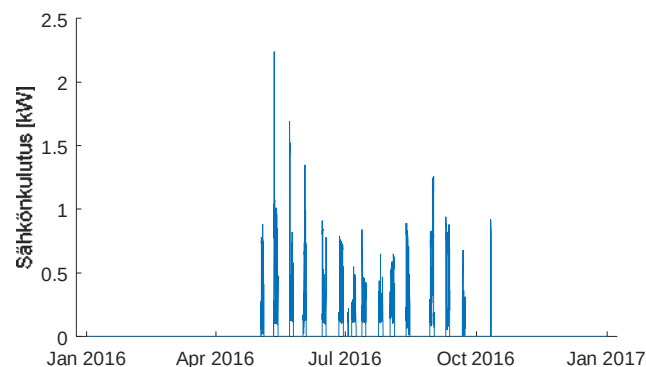
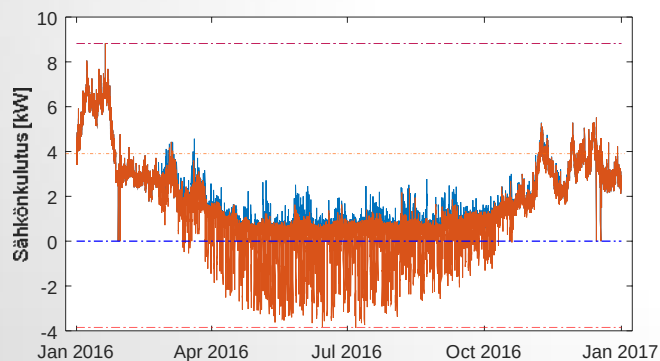
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu – Aurinkosähkö

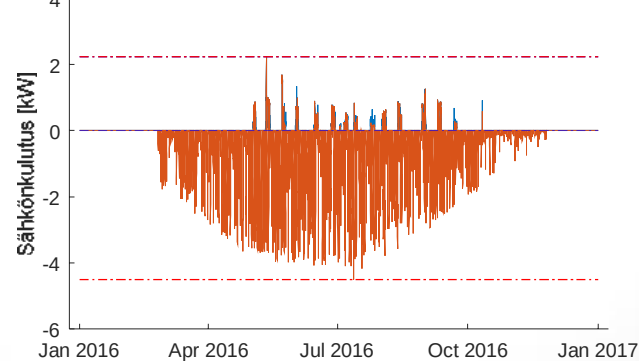
- Olisiko tulevaisuudessa järkevää että tehohinnoittelu koskisi myös verkkoon syötettyä tehoa?
 - Nykylainsäädäntö ei mahdollista kuin pienen siirtomaksun tuotannolle.
 - Onko kansantaloudellisesti järkevää rakentaa järjestelmä huipputuotantotehoa vasten vai luoda kannuste asiakkaalle kapasiteetin kannalta järkeviin valintoihin?



Aurinkosähkö sähkölämmittäjällä



Aurinkosähkö kesämökillä

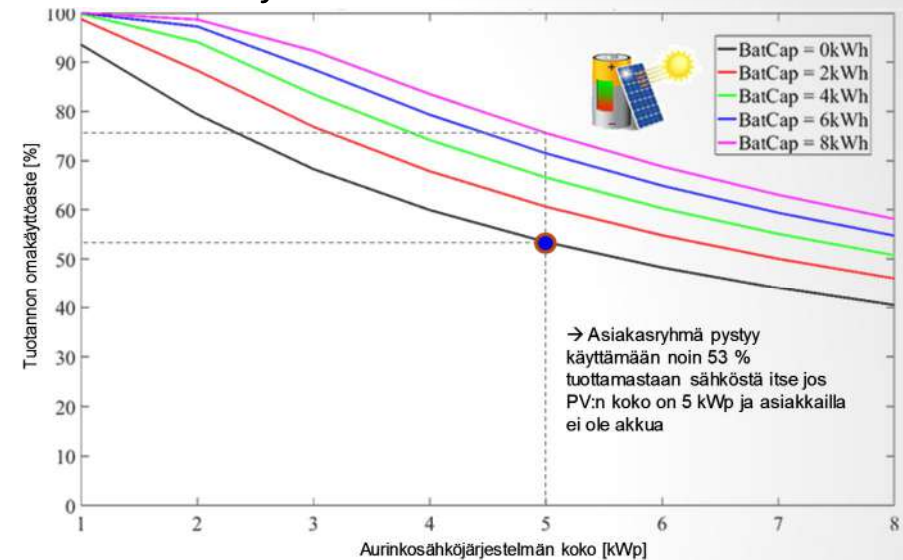


Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu – Aurinkosähkö

- Tehotariffi voisi toimia kannusteena mitoittaa oma tuotanto myös huipputuotantotehon perusteella
 - Verkkoon syötettävän huipputuotantotehon leikkaaminen ei leikkaa merkittävästi energiantuotantoa
- Tehotariffin hinnoitteluperiaate vaikuttaa merkittävästi asiakkaan kannusteisiin
 - Vuositariffilla sähkölämmittäjillä talven huippukulutus yleensä merkitsevä
- Tehotariffi kannustaa pienentämään huipputehoa esimerkiksi sähköenergiavarastolla. Energiavarastoa voisi hyödyntää aurinkosähkön omakäyttöasteen parantamiseen.

Omakäyttöasteen kasvattaminen varastolla



Huipputehon leikkaus energiavarastolla

Unit price of BESS	200 €/kWh	400 €/kWh	600 €/kWh
Load demand price			
1 €/kW.month	5069 pcs 1.7 kWh LV: 10.4% TF: 4.3% MV: 1.9%	-	
2 €/kW.month	6239 pcs 2.9 kWh LV: 17.9% TF: 7.2% MV: 3.4%	5069 pcs 1.7 kWh LV: 10.4% TF: 4.3% MV: 1.9%	-
3 €/kW.month	6454 pcs 4.1 kWh LV: 22.2% TF: 9.4% MV: 4.5%	5836 pcs 1.8 kWh LV: 12.8% TF: 5.1% MV: 2.4%	5069 pcs 1.7 kWh LV: 10.4% TF: 4.3% MV: 1.9%

67%
asiakkaista
(yht. 7600 kpl)

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

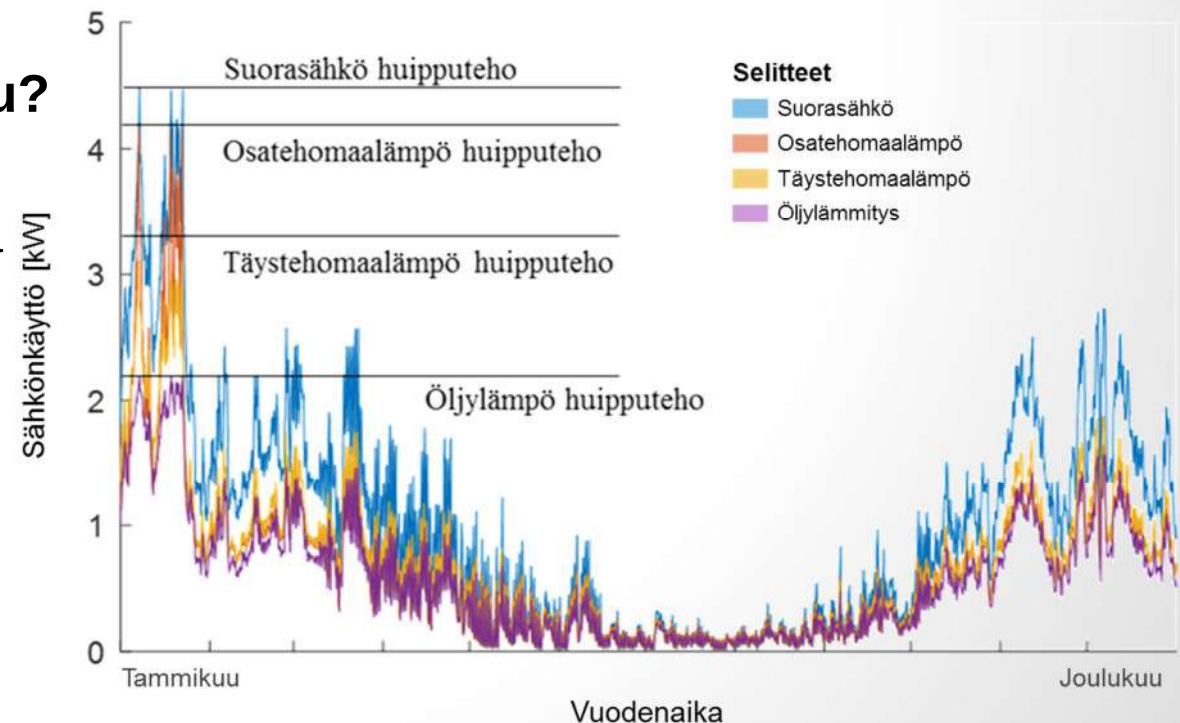
Tehohinnoittelu – Lämmitystapamuutokset

■ Maalämpöjärjestelmä ja kapasiteettinäkökulma

- Investointikustannuksiltaan edullisempi osatehojärjestelmä tuottaa merkittävän osan vuoden lämmitysenergian tarpeesta. Huippuhetkien lämmitys joudutaan kuitenkin hoitamaan sähkövastuksilla.
 - Verkon näkökulmasta huippukuormitus lähellä suoraa sähkölämmittäjää, mutta energiankulutus selvästi matalampi

■ Kuukausi- vs. vuosihinnoittelu?

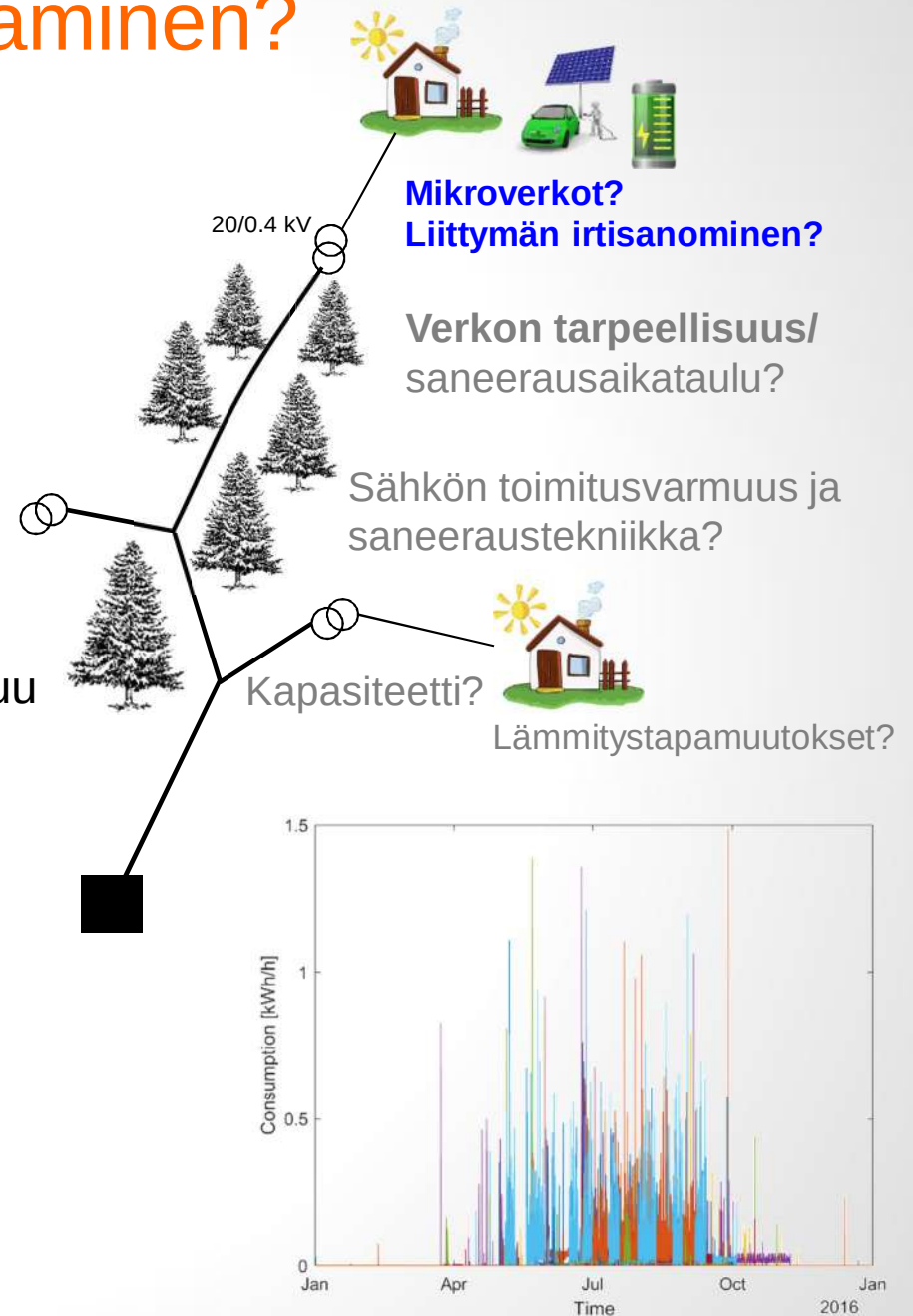
- Vuosihinnoittelussa selvästi suurempi kannuste mitoittaa maalämpöjärjestelmä kattamaan myös kovat pakkaset



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Tehohinnoittelu – Verkosta irtoaminen?

- **Aurinkosähkön ja sähköenergiavarastojen** kustannukset pienenevät massatuotannon seurauksena
 - Nykyisessä hinnoittelussa kiinteä maksu muodostaa kannusteen harkita verkosta irtoamista
 - Hyvin vähän sähköä tarvitseville irtoaminen verkosta voi tulla kannattavaksi
 - Tehotariffin vaikutus verkosta irtoamisiin riippuu haja-asutusalueella merkittävästi siitä tuleeko tehotariffiin minimilaskutusteho vai ei
 - Verkkoyhtiön kannalta on oleellista tunnistaa mahdolliset irtoajat ennakkoon ja huomioida nämä investoinneissa
 - Yhteydenpito asiakkaaseen yhä tärkeämpää



Hinnoittelun kustannusvastaavuus

■ Maksutasapainon säilyttäminen?

- Haja-asutusalueella on asiakkaita, jotka käyttävät sähköä harvoin ja vähän, esim. loma-asuntoja, silti verkko tarvitaan
- Voimakkaasti huipputehoon perustuvassa hinnoittelussa kustannusvastaavuus voisi olla haja-asutusalueella heikko
 - Asiakkaan verkkoliittymän olemassa olo aiheuttaa merkittävän osan kustannuksista
 - Minimilaskutusteho tai kiinteä maksu oleellinen osa hinnoittelua haja-asutusalueen verkoissa
- Verkkoyhtiöt koostuvat monesti kaupungeista, taajamista ja haja-asutusalueista ja hinnoittelun tulee olla sama kaikille samanlaisille asiakkaille sijainnista riippumatta.
Hinnoitteluratkaisujen vaikutuksia tuleekin tarkastella laajemmin kokonaisuutena.

**TULOKSISTA
HYÖDYNNETTÄVÄÄ
KOKO TOIMIALALLE?**

Katsaus avoimiin aineistoihin

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Avoimet aineistot

Aineistot:

- Hydrografia
- Kiinteistöt
- Demografia
- Maankäyttö
- Liikenneverkot ja -virrat
- Maanpeite
- Geologia
- Energiavarat
- Osoitteistot, paikannimet
- MML aineisto
- yms.



Aineistot:

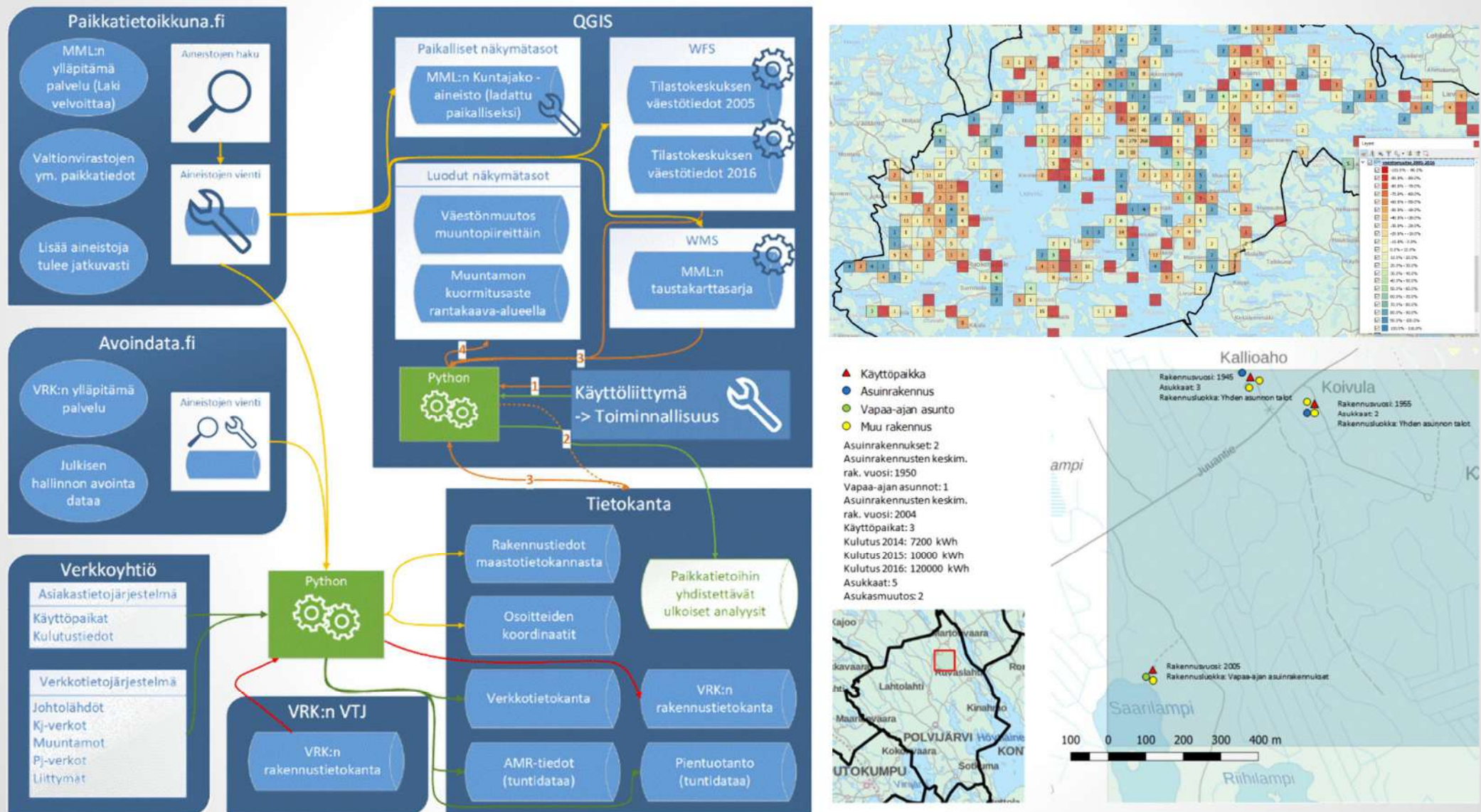
- Tilastokeskus
- Energiavirasto
- Maanmittauslaitos
- FMI
- Energiateollisuus
- ...



Lisätietoja : <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/inspire-direktiivi>

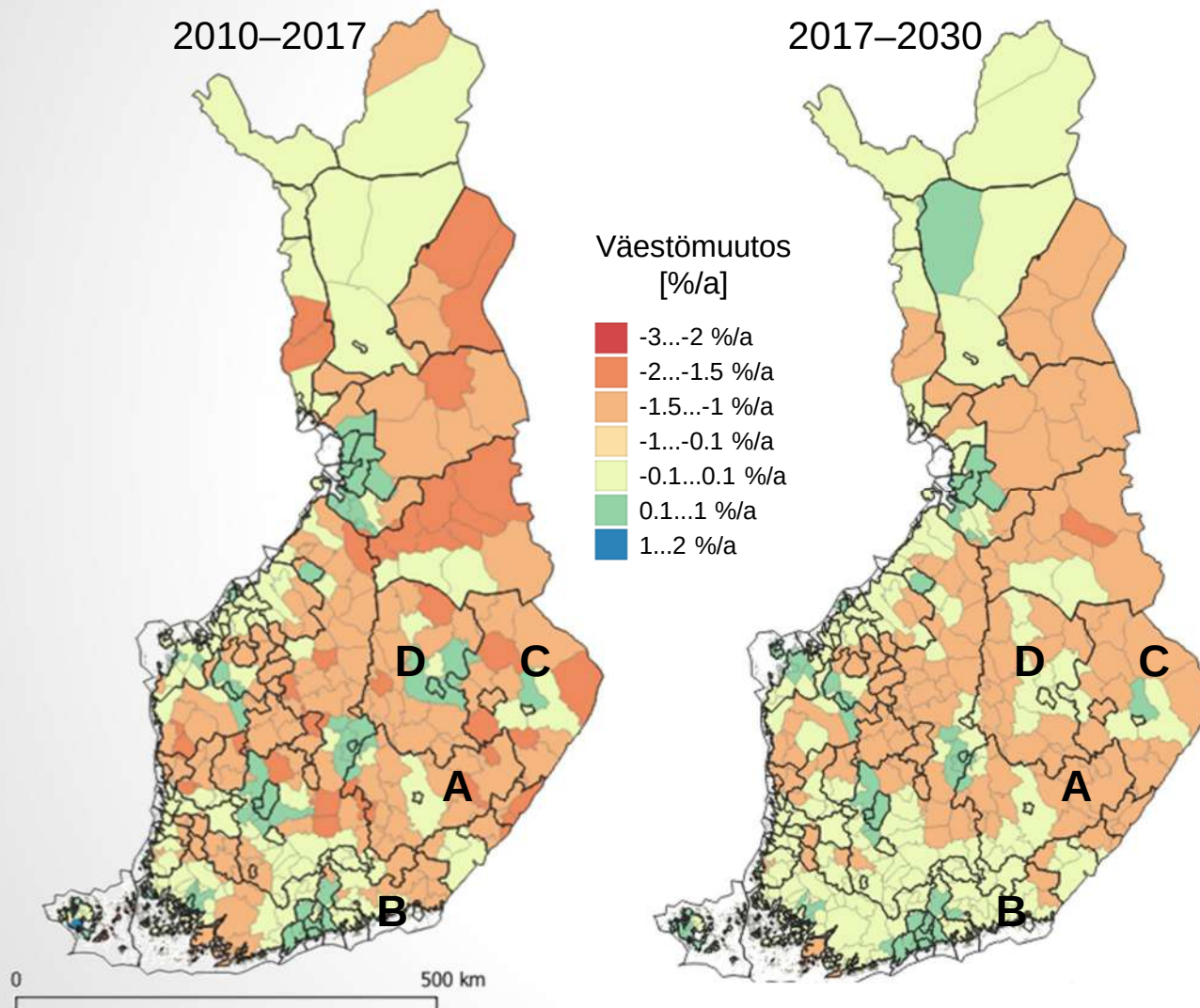
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Suunnittelua tukevat taustatiedot ja niiden käsittely



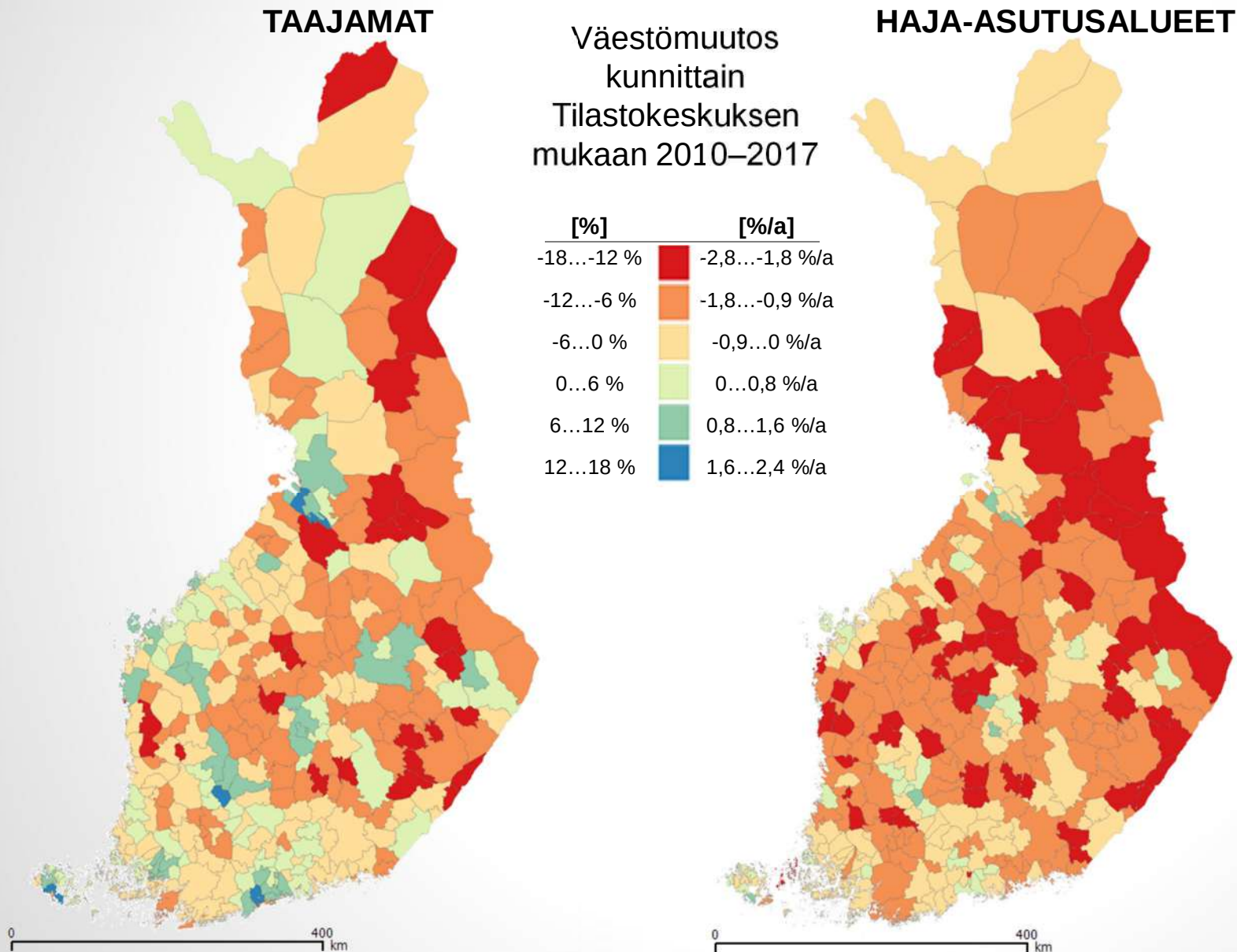
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Valtakunnalliset tunnusluvut, muuttoliike



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Valtakunnalliset tunnusluvut, muuttoliike



Tarkastelussa mukana kaikki asukkaat kuntarajojen sisällä. Aineisto perustuu Tilastokeskuksen väestötietoihin 1 km x 1 km rasterijaotteluun.

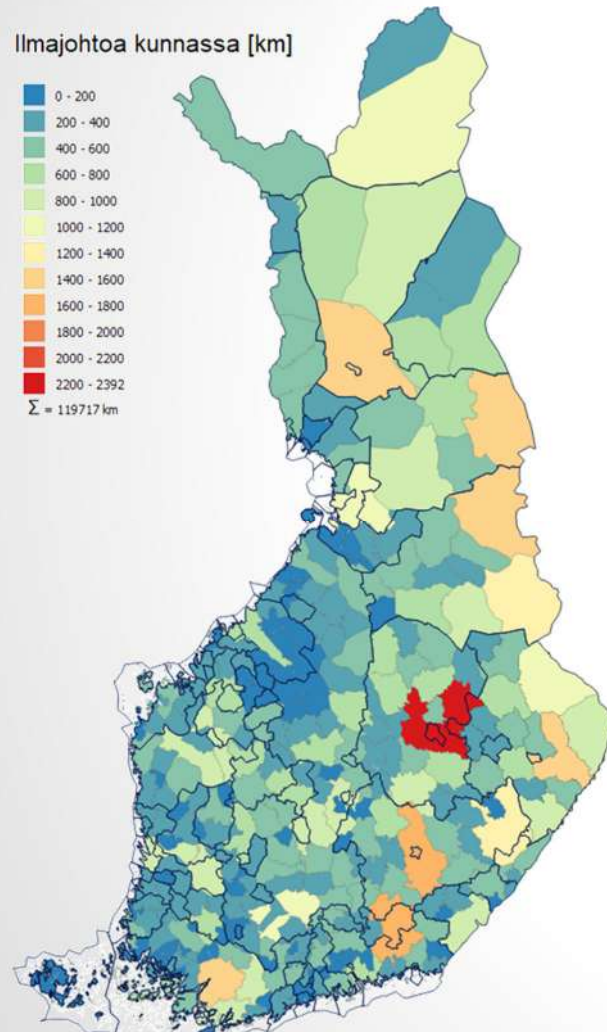
Taajama = Suomen Ympäristökeskuksen taajamarajojen perusteella määritetyt alueet ja väestö verkkoyhtiön toimialueella

Haja-asutus = Muut kuin Suomen Ympäristökeskuksen taajamarajojen perusteella määritetyt alueet ja väestö verkkoyhtiön toimialueella

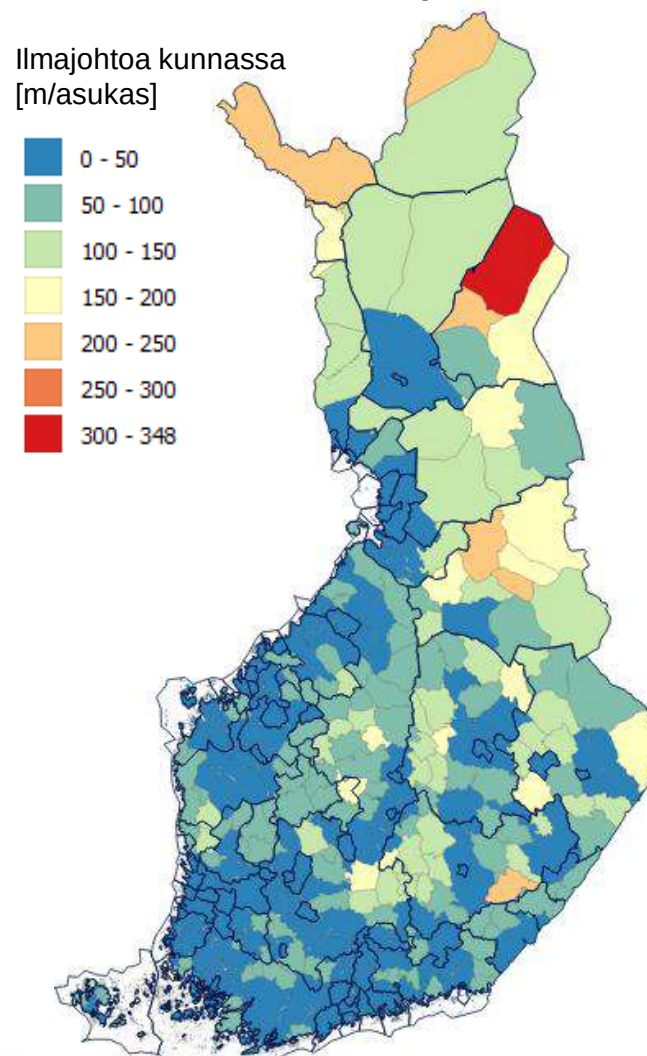
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Valtakunnalliset tunnusluvut, verkkopituudet

Keskijännite

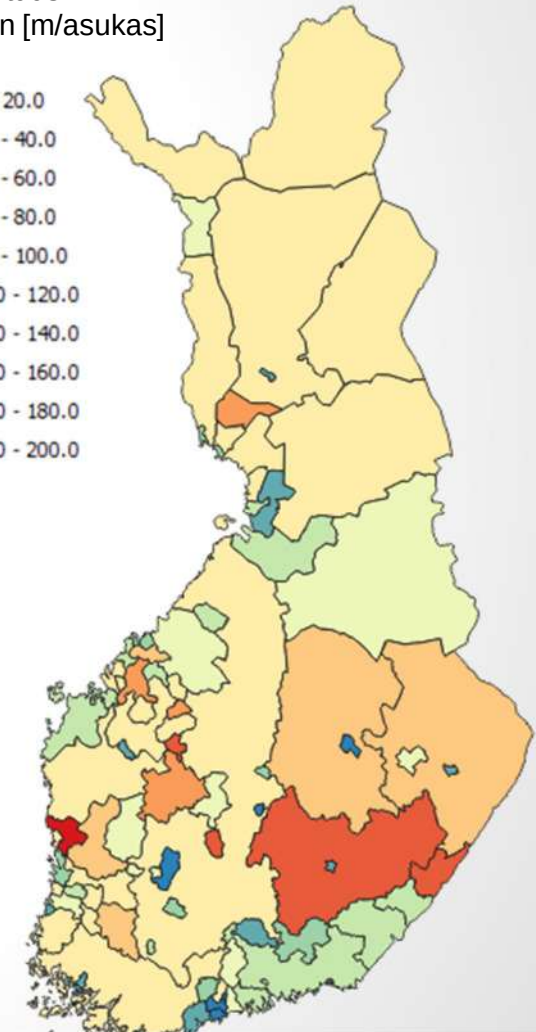
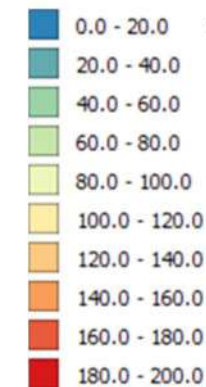


Keskijännite



Pienjännite

Verkkopituus
yhtiöittäin [m/asukas]



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Suurhäiriövarmuus

Aineisto

Keskijänniteilmajohtojen määrä perustuu maanmittauslaitoksen koordinaattipohjaiseen vektoriaineistoon (vastaa määrältään parhaiten Energiaviraston mukaisia tunnuslukuja vuodelta 2013). Ilmajohtojen (kj-verkko) kokonaismäärä 120 000 km.

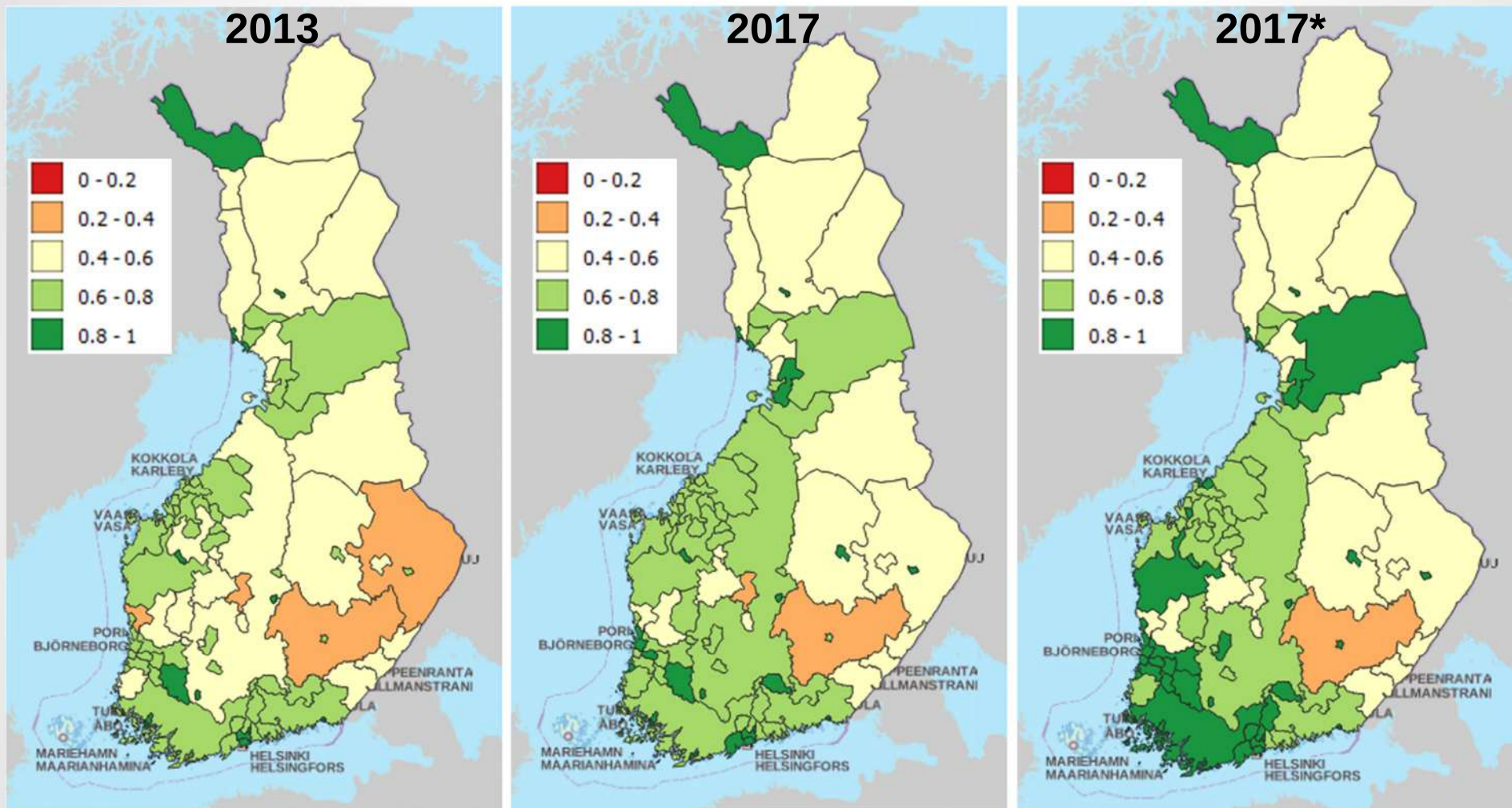
Periaatteet

Arvioidaan valtakunnallisesta aineistosta (metsän peitto-osuus ja puuston pituus) ilmajohtojen osuudet, jotka ovat myrskytuhoille alttiita.



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Skaalaukset, suurhäiriövarmuus (kj-verkot)



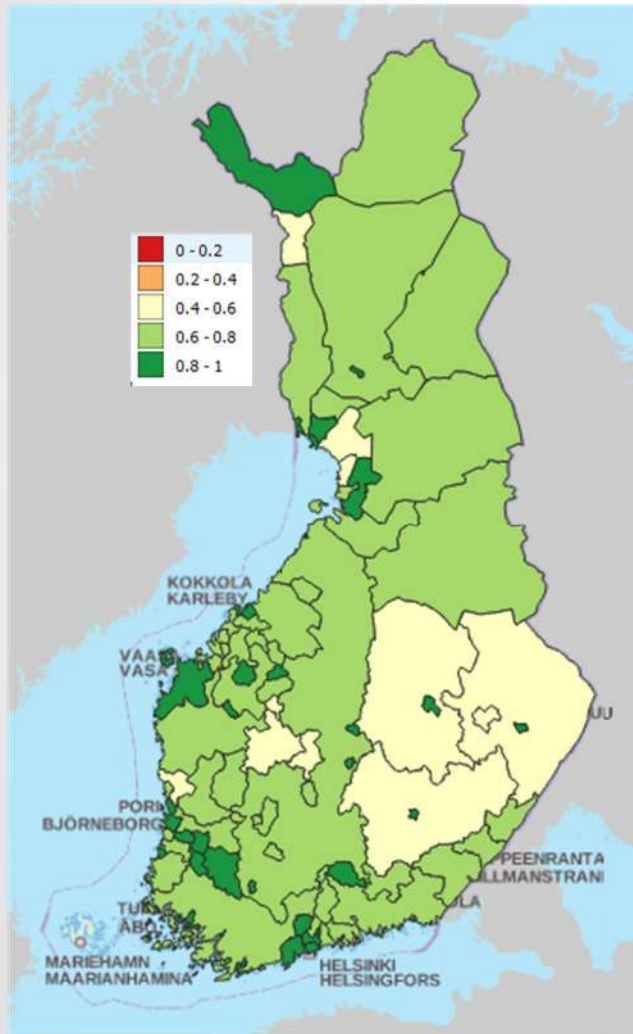
Keskijänniteilmajohtojen määrä perustuu maanmittauslaitoksen koordinaattipohjaiseen vektoriaineistoon (vastaa määrältään parhaiten vuoden 2013 EV-aineistoa). Vuoden 2017 aineistossa huomioitu lisääntynyt kaapelointi (jäljellä olevan ilmajohtoverkon suurhäiriövarmuusprosentti vuoden 2013 tasolla).

*) Oletettu, että kaikki uusi, vuoden 2013 jälkeen rakennettu verkko on suurhäiriövarmaa (ilmajohtot ja kaapeliverkko)

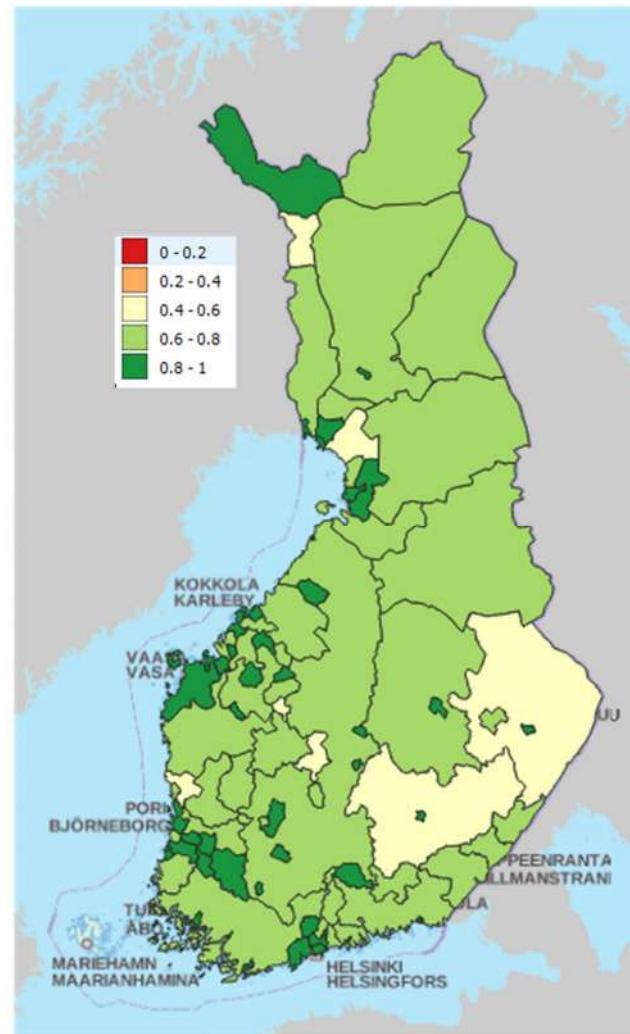
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Skaalaukset, suurhäiriövarmuus (pj-verkot)

2013



2017



Pienjänniteverkon (ilmajohdot) osalta suurhäiriövarmuus oletettu samaksi kuin keskijänniteverkon ilmajohtojen suurhäiriövarmuus.

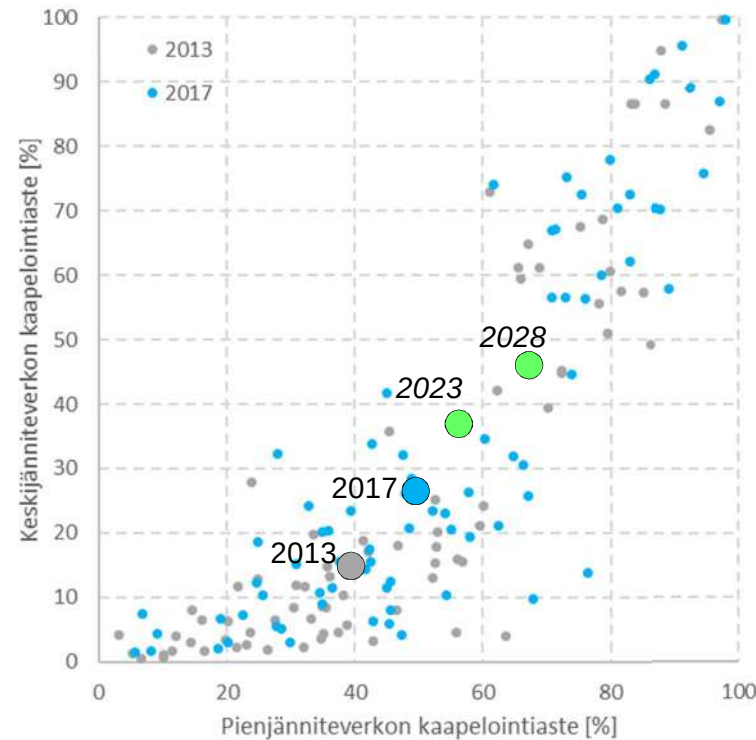
Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Skaalaukset, suurhäiriövarmuus

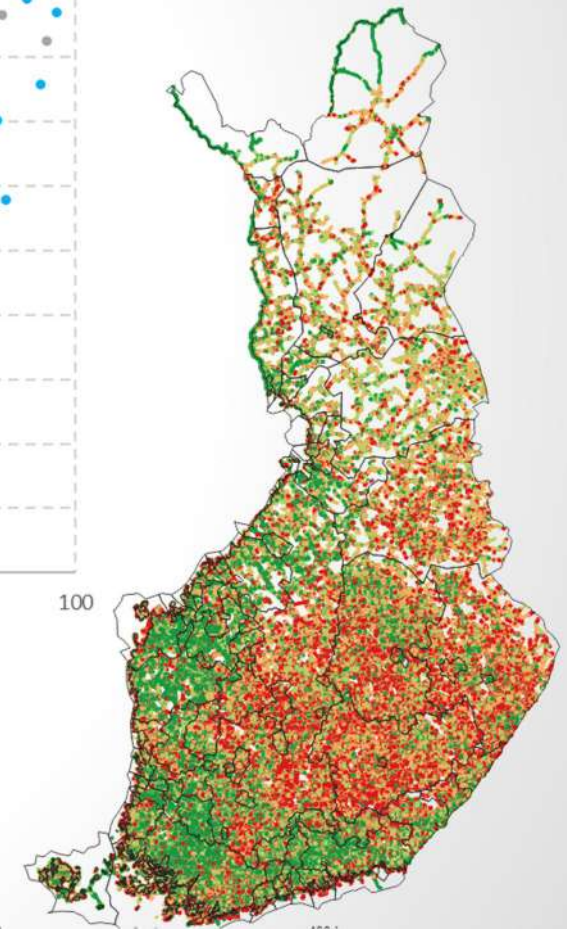
Suurhäiriövarmuus



Kaapelointiaste



Huom! Myrsky/lumikuorma-alttius voi vaihdella suuresti yhtiöittäin ja siten myös tavoitetaso verkon saneeraamisessa. Suuremmat pisteet kuvaavat koko valtakunnan verkkopituuksilla painotettua keskiarvoa. Ennustearvot (2023 ja 2028) perustuvat Energiaviraston julkistamiin valtakunnan keskiarvoihin kaapelointiasteen kehittymisestä. Suurhäiriövarmuuden kehitysennusteessa on oletettu, että kaapeloinnit eivät lisää kokonaisverkkopituutta ja ne kohdistuvat riskiosuuksille (metsäosuudet)



Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Julkaisuja, opinnäytteet



Diplomityö I: Sähkönkäyttäjien luokittelu ja sähkönkäytön ennustaminen sähkönkulutustietojen avulla (Viljakainen, 10/2017), <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201710058901>

Diplomityö II: Haja-asutusalueelle soveltuva muuntamokonsepti (Suhonen, 11/2017)
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2017121155563>

Diplomityö III: Maakaapelointikonseptin kehittäminen haja-asutusalueille (Villanen, 3/2018)
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018042618527>

Diplomityö IV: Haja-asutusalueiden sähköverkkoratkaisut (Silventoinen, 5/2018)
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018051524145>

Diplomityö V: Paikkatietoaineistojen ja avoimien tietolähteiden hyödyntäminen sähköverkkojen pitkän aikavälin suunnittelussa (Haakana, 9/2018) <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018083034327>

Diplomityö VI: Sähköenergiankulutuksen ennustemallin kehittäminen avoimia tietokantoja hyödyntäen (Räisänen, 12/2018) <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018121150495>

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Julkaisuja, konferenssiartikkelit

■ Konferenssiartikkelit:

- Electricity customer 2030 - Long-term electricity consumption scenarios for rural areas (15th International Conference on the European Energy Market 2018, EEM 2018)
- Changing to Power-Based Grid Pricing - An Incentive for Grid Defections in Nordic Conditions? EEM 2018
- Methodology to define a BESS operating strategy for the end-customer in the changing business environment EEM 2018
- Multi-objective Role of BESS in an Energy System (CIRED Workshop 2018)

Cired 2019 julkaisut (Artikkelit lähetetty konferenssiorganisaatiolle arvioitaviksi, päätös huhtikuun alussa)

- Effects of the future trends in distribution networks
- Electricity demand profile for residential customer 2030
- Power-based distribution tariffs for residential customers – A risk for overloading of network in areas with high penetration of Time-of-Use DSO tariffs?
- DSO tariff driven customer grid defections – Techno-economical risks for DSO?
- Electricity demand forecasting 2030 by decomposition analysis of open data

Yhteenveto

Yhteenvedo (sähkönkysynnän ennustaminen)

- ☐ Useita muutostekijöitä kohdistuu haja-asutusalueille
- ☐ Vaikutukset näkyvät sekä siirrettyssä energiassa (-kWh), että tehossa (+kW)
- ☐ Muutoksista keskeisimmät liikenteen sähköistyminen ja pientuotanto
- ☐ Asiakaskato vaikuttaa erityisesti liittymäpurkujen kautta
- ☐ Tekniikan kehittyminen ja sähkönkäytön kustannukset luovat kannustimet vaihtoehtoisille ratkaisuille
- ☐ Kohdekohtainen sähkönkäytön seuranta ja asiakaskontaktointi keskeisessä roolissa (mm. nolla-asiakkaiden huomioiminen, sähköautojen hankinnat, pientuotannon mitoitus yms.)

Sähköasiakas ja sähköverkko 2030

Yhteenveto (sähkön toimitusvarmuus)

- ☐ Muutostekijät lisäävät odotusarvoa katkottomalle sähkön toimitukselle (mm. liikenteen sähköistyminen)
- ☐ Taantuvilla alueilla saneerausten hallitulle lykkäämiselle merkittävät kannustimet. Huomattava osa pienjänniteverkosta palvelee vain yhtä asiakasta.
- ☐ Suunnitteluprosesseja päivitettävä ja kehitettävä siten, että muutostekijät pystytään huomioimaan tehokkaasti prosessien eri vaiheissa. Esim. joustoratkaisut voivat olla tulevaisuudessa työkalu sähkönjakelun kehittämisessä
- ☐ Elinkaarikustannustehokkaimmat saneerausratkaisut ovat aluekohtaisia

Tutkimusyhteistyö jatkossa

- **Tulevaisuuden sähkönjakelu** (keskustelut käynnissä)
 - Sähköautot ja pientuotanto
 - Mikroverkot
 - Tehopohjainen hinnoittelu
 - Verkkojen käyttötoiminta
- **Valmiudet erilaisten tutkimushankkeiden toteuttamiseen**
- **Opinnäytetyöt (diplomityöt)**
 - mm. pitkän aikavälin jakeluverkkojen kehittämissuunnitelmat

Palautekysely