Karelia

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU | KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

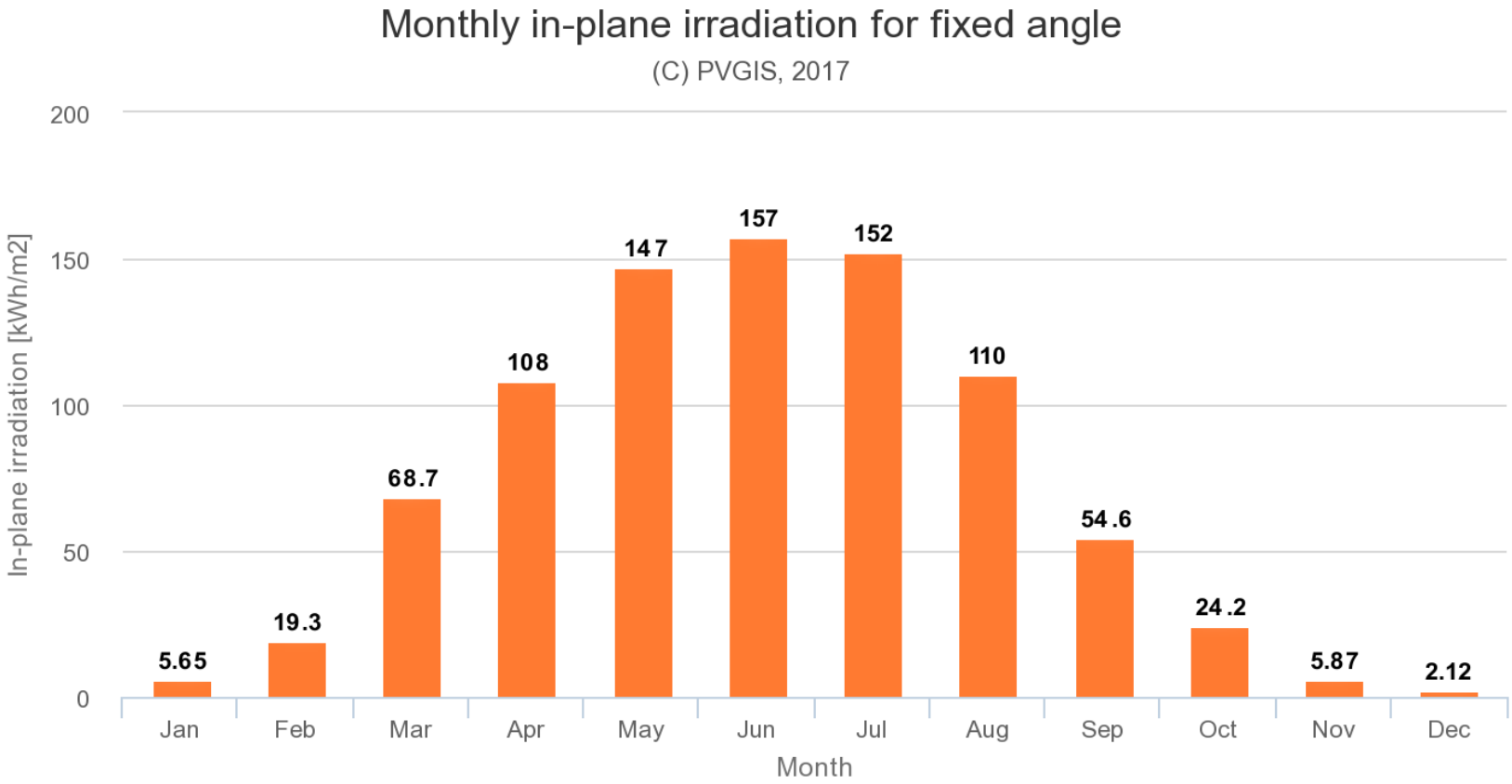
Kodin aurinkosähköjärjestelmät ja sähkön varastointimahdollisuudet

Aurinkoenergia

- Auringon säteilyn teho vuodessa on n. 10 000 kertaa ihmiskunnan käyttämä teho vuodessa
- Tekninen potentiaali 438 000 TWh, ihmiskunta kuluttaa 132 000 TWh
- Kiinassa hyödynnettiin jo 3200 vuotta auringon passiivienergiaa taloissa (asemakaavat, aurinkoenergian käyttö osana politiikkaa)
- Ensimmäiset valmistetut aurinkokeräimet 1800 luvun lopulla Yhdysvalloissa
- 1800-luvulla auringolla toimivia lämpövoimakoneita, parabolisia voimaloita
- Ensimmäinen aurinkosähköpaneeli 1954, hyötysuhde 2,3 % (pientalon sähköistys olisi maksanut 1,4 milj. dollaria silloista rahaa)
- Maailman aurinkosähkön asennuskapasiteetti yli 500 GW
- Suomen aurinkosähkön asennuskapasiteetti yli 100 MW

Aurinkoenergia, Joensuu

- Aurinkoenergiaa saadaan epäsäännöllisesti vuodenajan, sään ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Säteilyn määrä on vuositasolla hyvin ennustettavissa.



Auringon säteilyenergia

- Suora auringonsäteily maanpinnalle
- Hajasäteily = säteily siroutunut tai muuttanut suuntaa ilmakehässä (ainehiukkaset)
- Heijastunut säteily maanpinnasta

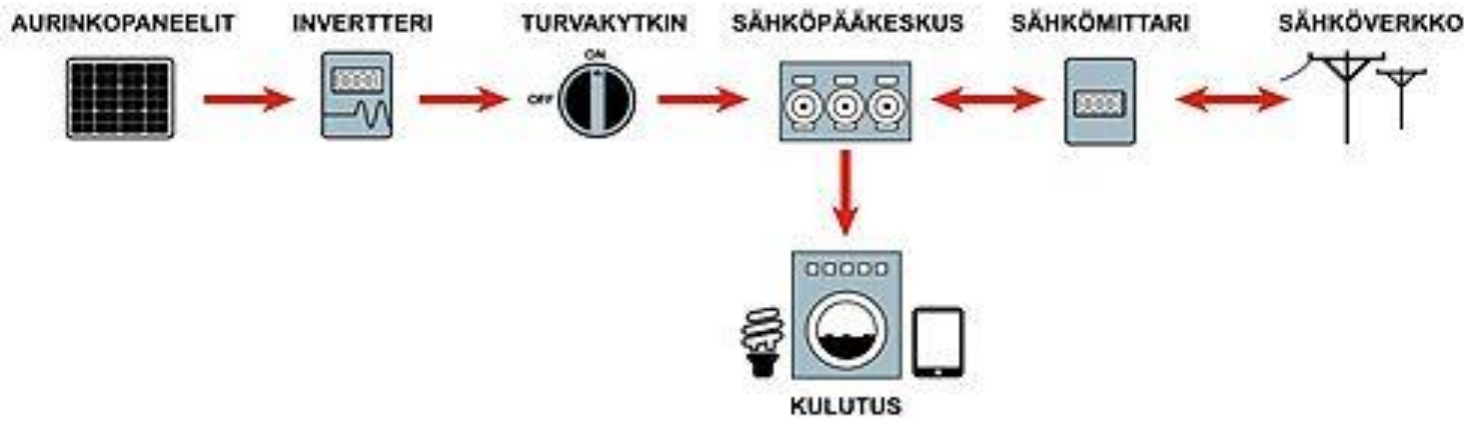
Auringon säteily, Joensuu

Paikka	Säteily vuodessa vaakataso	Ero - %
Suomi, Joensuu	855 kWh/m2	0 %
Suomi, Helsinki	963 kWh/m2	+ 11 %
Tanska, Marstall	1005 kWh/m2	+ 15 %
Saksa, Berlin	1030 kWh/m2	+ 17 %
Itävalta, Wien	1200 kWh/m2	+ 29 %

kWh/m2 vaikuttaa säteilyn kulma ja ilmasuunta, esim. Joensuussa optimikulma etelään on n. 42-45 astetta (koko vuoden tuotanto)

Aurinkosähköjärjestelmä pientaloissa

- Aurinkosähköjärjestelmä muodostuu aurinkosähköpaneeleista, telineistä ja kiinnikkeistä, kytkentäkaapeleista sekä invertteristä.
- Paneelien tuottama tasasähkö muutetaan invertterin avulla vaihtosähköksi ja sitä voidaan hyödyntää kaikissa vaihtosähköä käyttävissä laitteissa
- Tyypillinen koko pientaloissa 3 – 10 kWp.



Kuva: Motiva

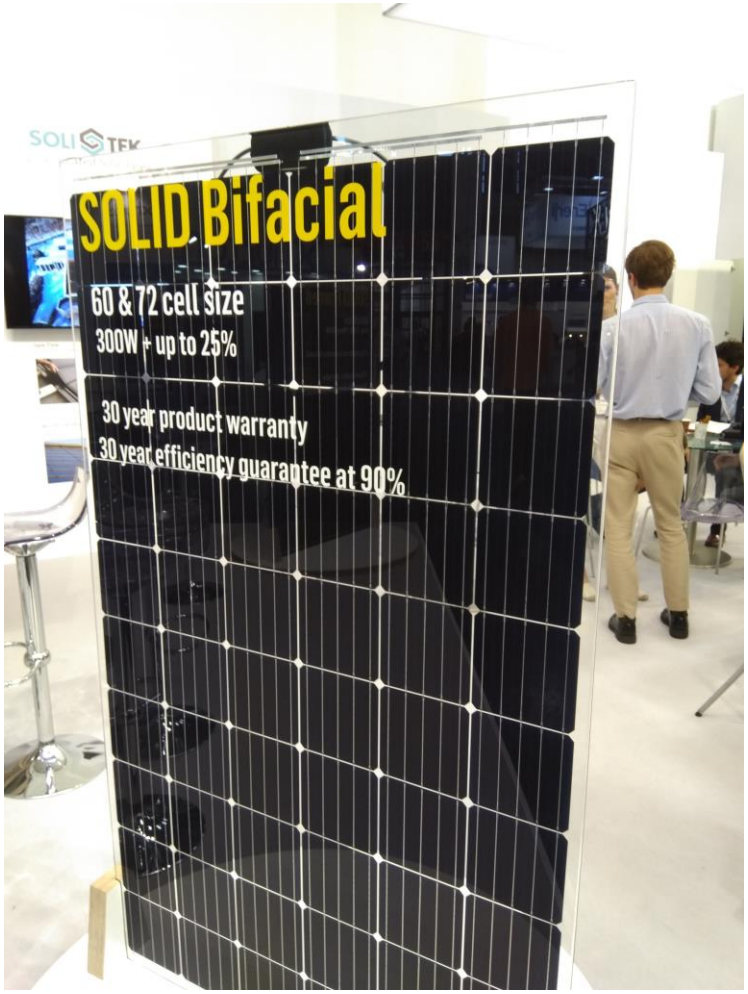
Aurinkosähköjärjestelmä pientaloissa

- Tuotanto keskimäärin 3-10 kWp:n voimaloissa: 2000 – 9500 kWh (riippuu asennuspaikasta)
- Omavaraisuusaste 10-20 % (koko vuosi)
- Kesällä 30-60 % (kuukausi)
- Kesällä vuorokausi 50-70 %

Aurinkosähköpaneeli

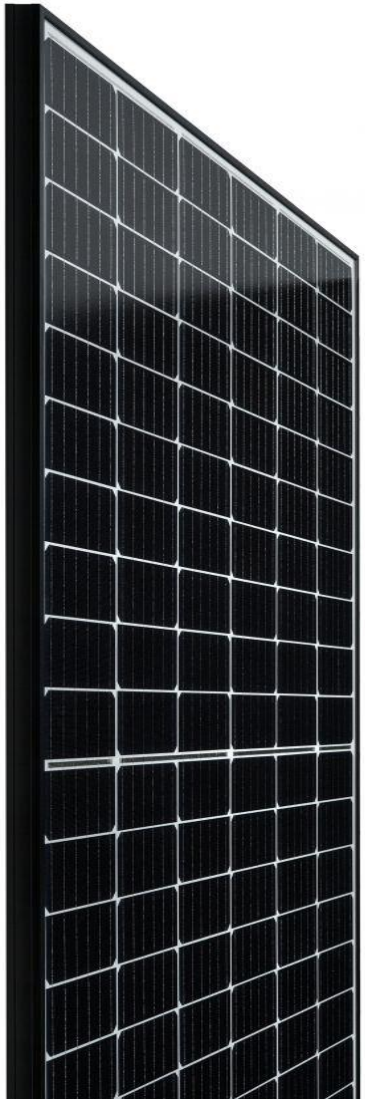
- Yleisin valmistettu aurinkosähköpaneeli on yksi tai monikiteinen piikennoista koostuva paneeli (1.sukupolvi)
- Teho 275 – 325 W
- Perustuvat valosähköiseen ilmiöön
- Hyötysuhteet 13 – 23 %
- 2. sukupolvi (ohutkalvopaneelit)
- 3.sukupolvi (mm. keinotekoiseen fotosynteesiin perustuvat kennot, orgaaniset kennot, puolijohtavat nanopartikkelit)

Lasi/lasi aurinkosähköpaneeli



- Paneelin etu- ja takaosa voivat tuottaa sähköä (voidaan hyödyntää paneelin takaa tulevaa ympäristön albedoa)
- Voidaan käyttää ohuempaa profiilia
- Paneeli voi olla kehyksetön, osana kattorakennetta
- Rakenne on kestävämpi
- Paneeli jäähtyy paremmin
- Lämpölaajenemiskerroin pienempi kuin tavallisen paneeli
- Lämpö aiheuttaa sisäisen jännitteen paneelin komponenttien välille
- Täysin hermeettinen rakenne

Half-cut cell aurinkopaneelit



Kuva: Q.Cell

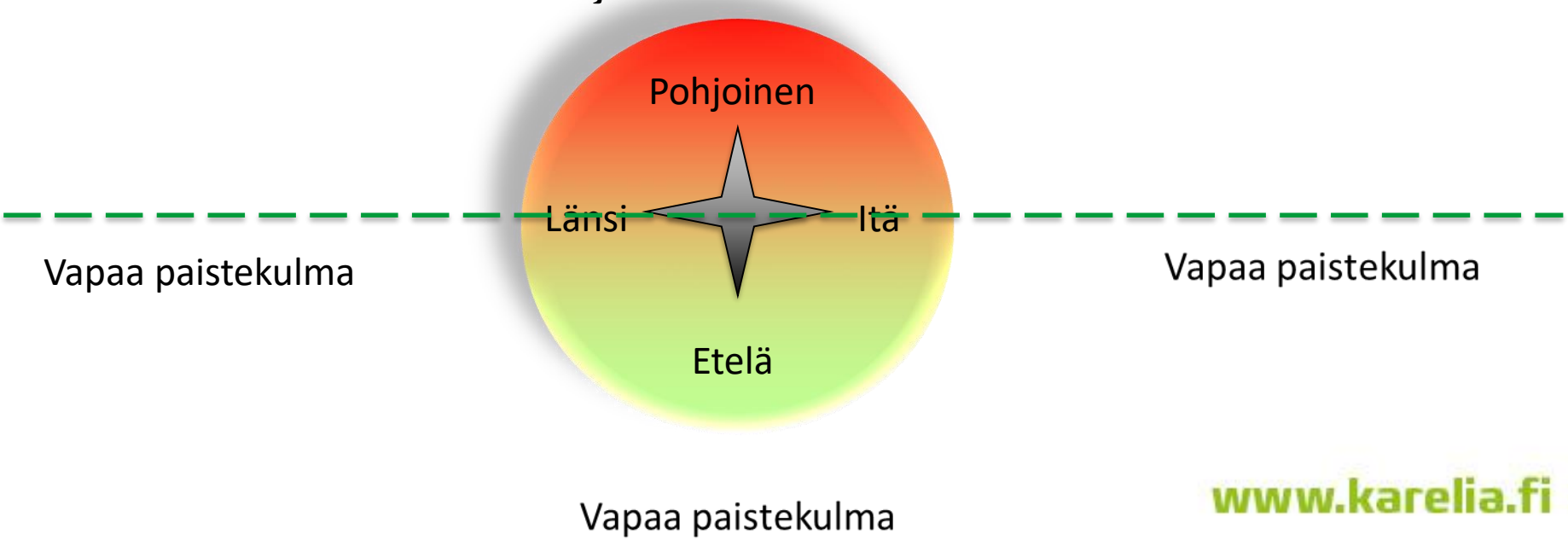
- Puolitetut kennot
- Puolittamalla kennot, puolitetaan virta
- Pienemmän sisäisen virran johdosta vähemmän tehohäviötä, toimivat paremmin myös kuumissa olosuhteissa
- Pienempi kennon ala vähemmän alttiina mm. mikrohalkeamille
- Toimivat osavarjostuksessa paremmin

Invertteri

- muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasasähkön (DC) sähköverkossa käytettäväksi vaihtosähköksi (AC).
- 1-vaiheisia ja 3-vaiheisia
- Hyötysuhteet 97,5-98,5%
- Pientalokokoluokan invertterit 3 – 10 kW (1-2 ulostuloa, MPPT)
- Invertterin toiminnot laajennettavissa (valmistajasta riippuvainen)

Aurinkopaneelien suuntaus

- Varjoton ja esteetön asennusalue (varjot sekä lika heikentävät merkittävästi tuotantoa)
- Eteläinen suuntaus tuottaa parhaiten (maaliskuu-syyskuu)
- Lounas ja Kaakko 5 – 7 % kokonaistuotannosta (vuosi), kesäkuukausina ero voi olla vielä pienempää
- Itä-Länsi 20-23 % kokonaistuotannosta (huipputuotannot aamu ja ilta)
- Muut ilmansuunnat käytännössä kannattamattomia



Aurinkopaneelien asennuskulma

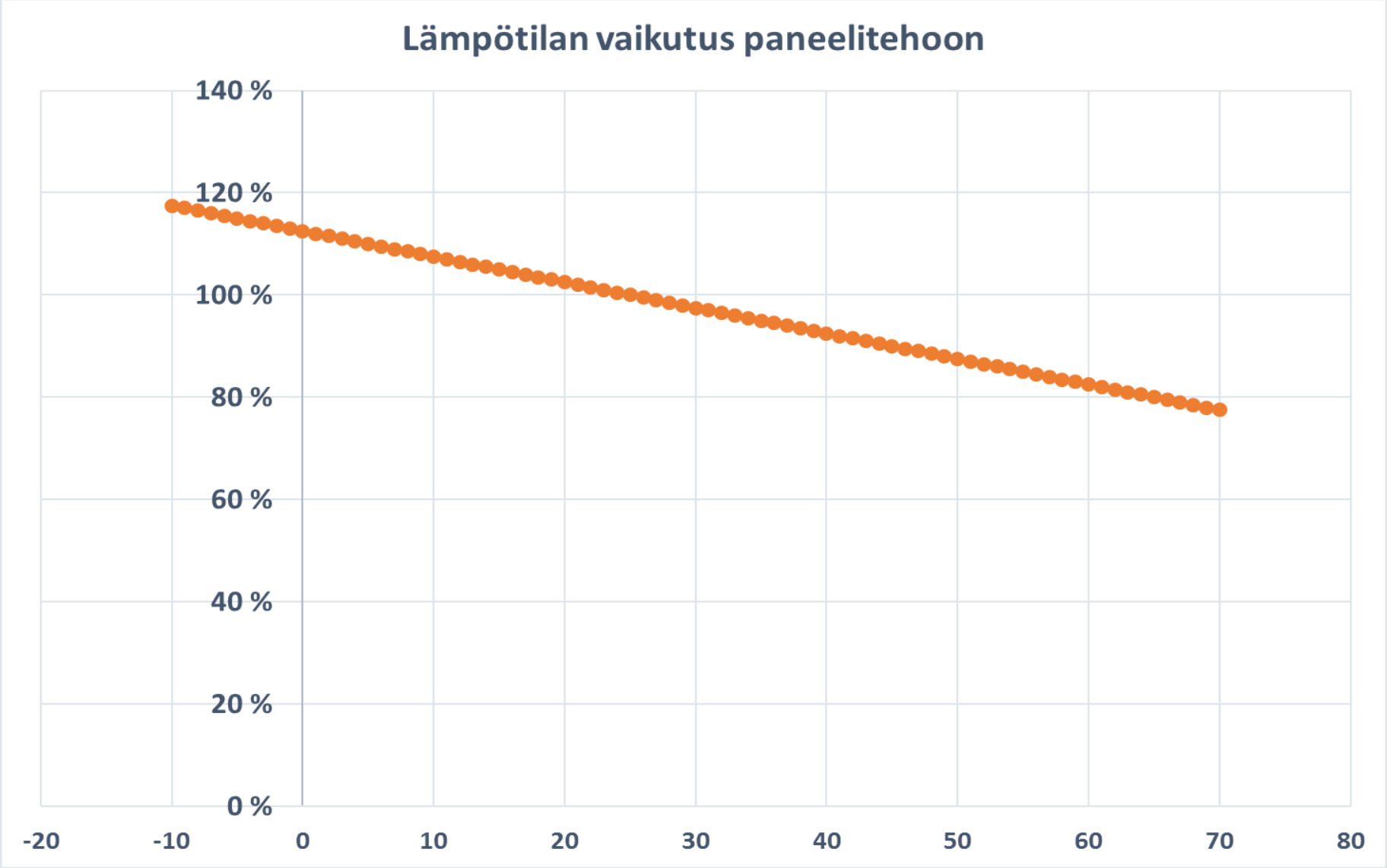
- Pääsääntöisesti asennetaan kattokulman mukaisesti (väh. 15 astetta) Tasakatoilla telineet halutussa kulmassa (15-35 astetta)
- Seinäasennus (seinän mukaisesti tai kulmassa), talvikuukaudet hyödynnettävissä paremmin
- Maa-asennus telineillä haluttuun kulmaan, talvikuukaudet hyödynnettävissä paremmin
- Paras kulma on 40-45 astetta (etelä) koko vuoden tuotantoa ajatellen.

Kulma	Tuotto verrattuna optimiin (42 astetta etelä, Joensuu)
35	- 1 %
30	- 2 %
25	- 4 %
20	- 6%
15	- 9 %
10	- 12 %
5	- 15 %

Paneelien asennustavan vaikutus järjestelmään

- Yleisin asennustapa on hyvin tuulettuva kattoasennus (5-10 cm katosta) – 2 % tehohäviötä
- Integroitu asennus, huonosti tuulettuva – 5 % tehohäviötä
- Maa-asennus on täysin tuulettuva, altis varjostumille
- ”Kelluva asennus” hyvin tuulettuva, yleisin tasakattoasennus (15-30 astetta)

Kuva: www.kuntatekniikka.fi



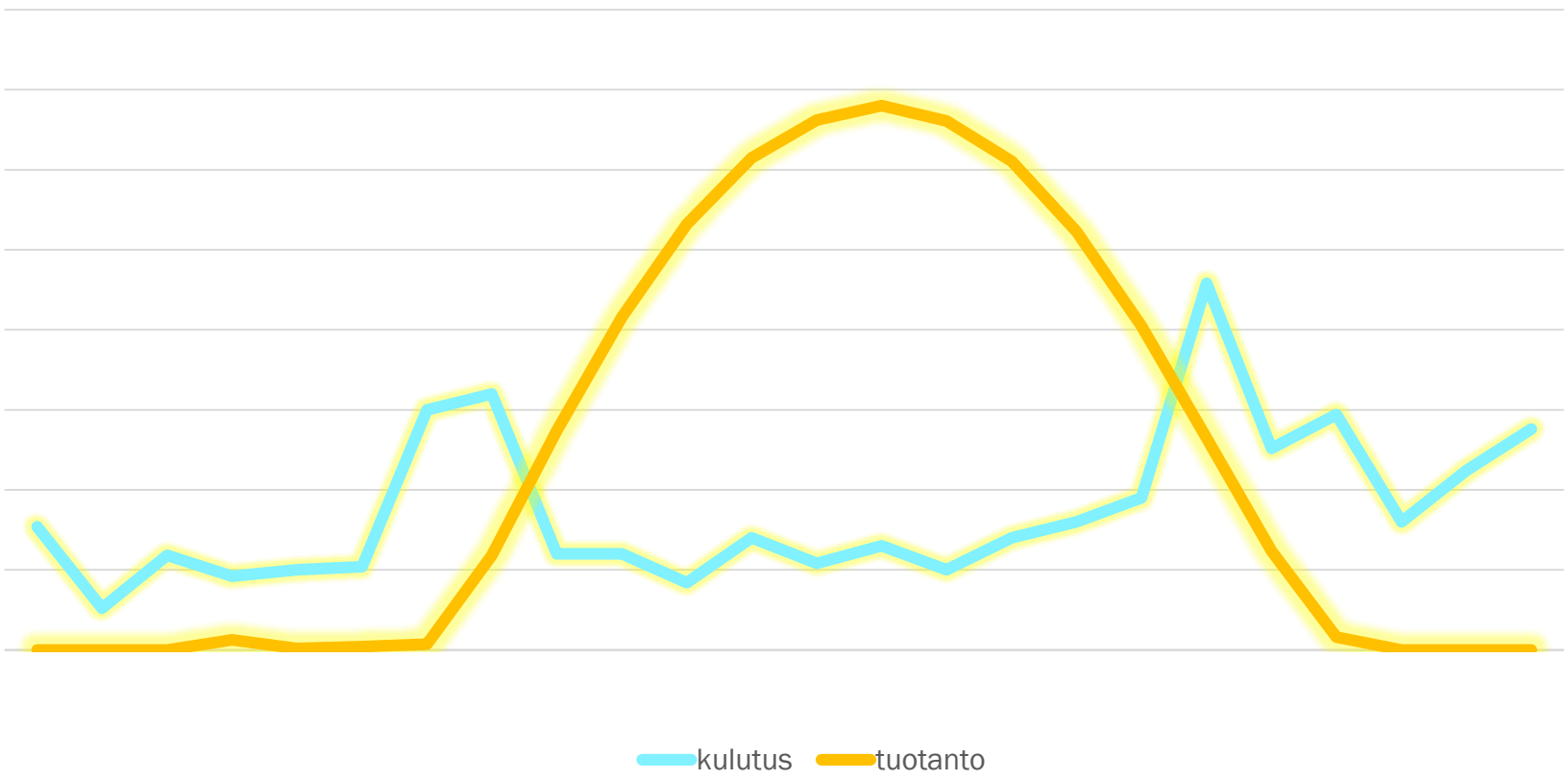
- Lämpötilan noustessa kennon tuottama jännite laskee ja vastaavasti virta taas kasvaa = jännite laskee suuremmin kuin virta kasvaa = teho pienenee

www.karelia.fi

Mitoitusperiaatteita…

- Mahdollisimman suuri osa auringolla tuetetusta sähköstä käytetään itse.
- Mitoitus peruskulutuksen tai keskimääräinen kulutuksen mukaan valoisaan aikaan (tuntiperusteinen tai päiväperusteinen)
- Kannattavan mitoituksen perusteena voidaan yleisesti pitää, että n. 90 % omaan käyttöön ja n. 10 % verkkoon.
- Pienkohteissa omavaraisuusaste on yleensä paljon tätä pienempi
- Kannattavuutta voidaan parantaa mm. ohjaamalla sähköä vesivaraajaan, akut, sähkön myynti parhaaseen hintaan, sähköauton lataus/käyttö varastona, ajallinen tarve
- Sähkövarastollinen järjestelmä voidaan yleensä hieman ylimitoittaa

Kulutus/tuotantoprofiili

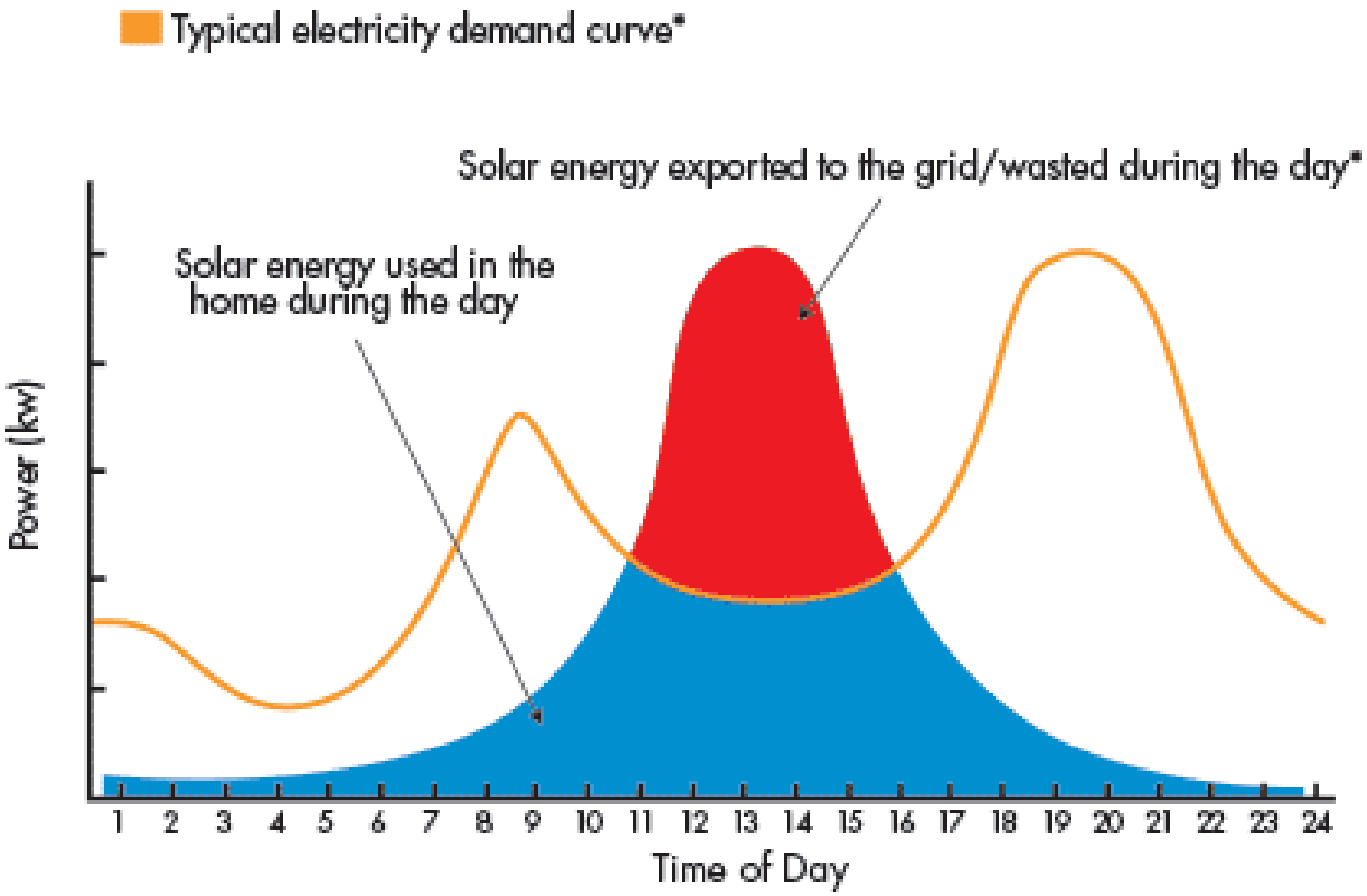


Energian käytön optimointi

- Oikea mitoitus tarpeen mukaan
- Sähkövarastot
- Aurinkosähkön myynti parhaaseen hintaan
- Ylijäämäsähkön ohjaaminen kulutuspisteeseen (vesivaraaja, sähköauton lataus, yms.)
- Tehonsäätäjät

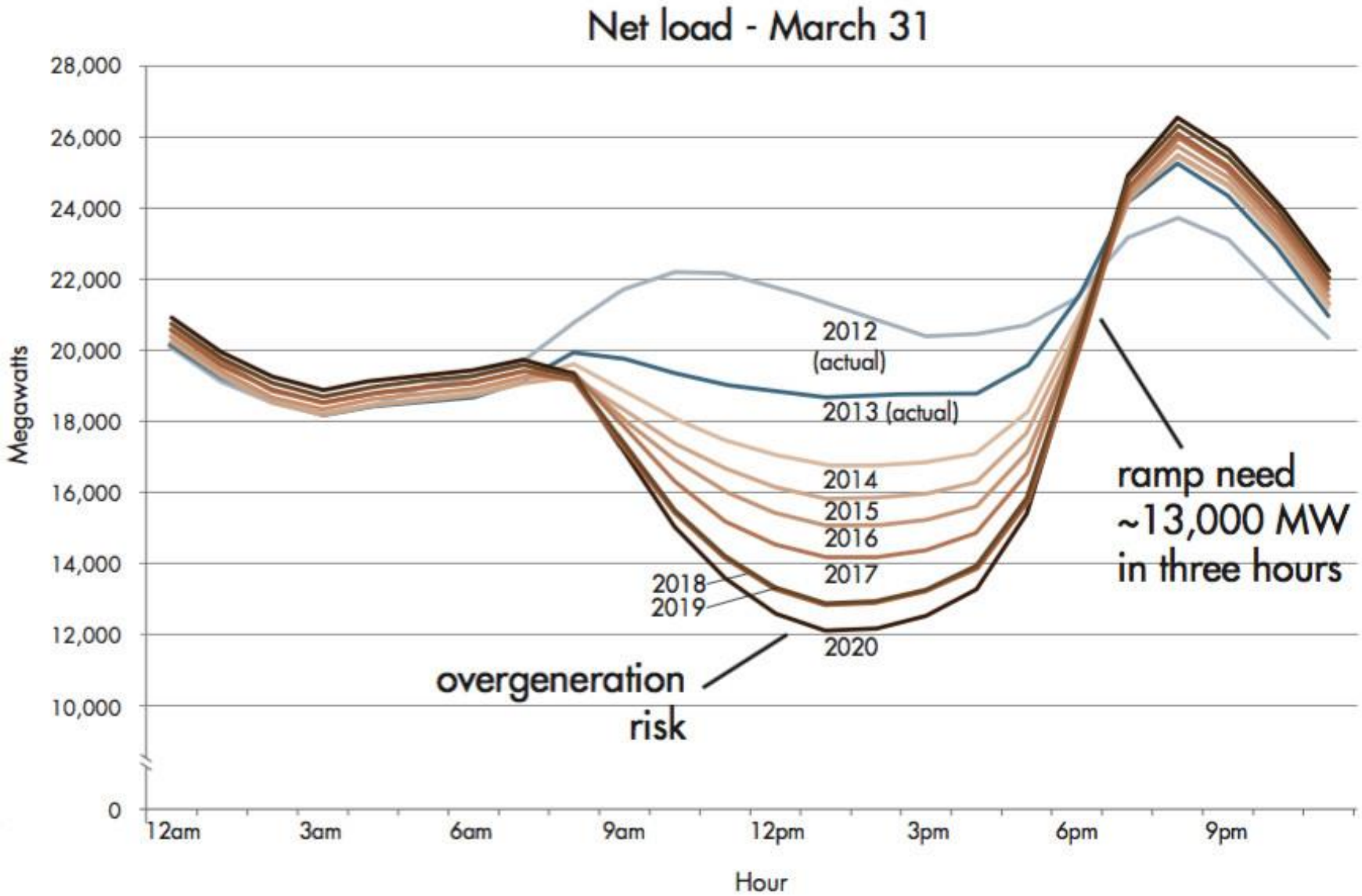
Sähkövarastot

- Varastoidaan uusiutuvaa energiaa
- Kulutusjousto
- Varavirta (huoltovarmuustekijät)
- Virtuaaliakut
- Säätövoima
- Sähköautot sähkövarastona (V2H)



*For illustration purposes only. Profiles and usage patterns shall vary between homes.

Figure 2: The duck curve shows steep ramping needs and overgeneration risk



Yleisimmät teknologiat sähkövarastoissa

- Lyijyakut (AGM): itsenäiset saarekejärjestelmät esim. mökit, varavirtajärjestelmät
- syklinkesto 200-500 (60 – 100 %),

- NihM & Nicad: uusiutuva energia, varavirtajärjestelmät
- Syklinkesto 500 – 2000 (100 %)

- Litiumioniperusteiset akut (yleisin LifePo4), verkkoon kytketyt järjestelmät, saarekejärjestelmät, varavirtajärjestelmät
- syklinkesto 6000 – 15 000 (100 %)

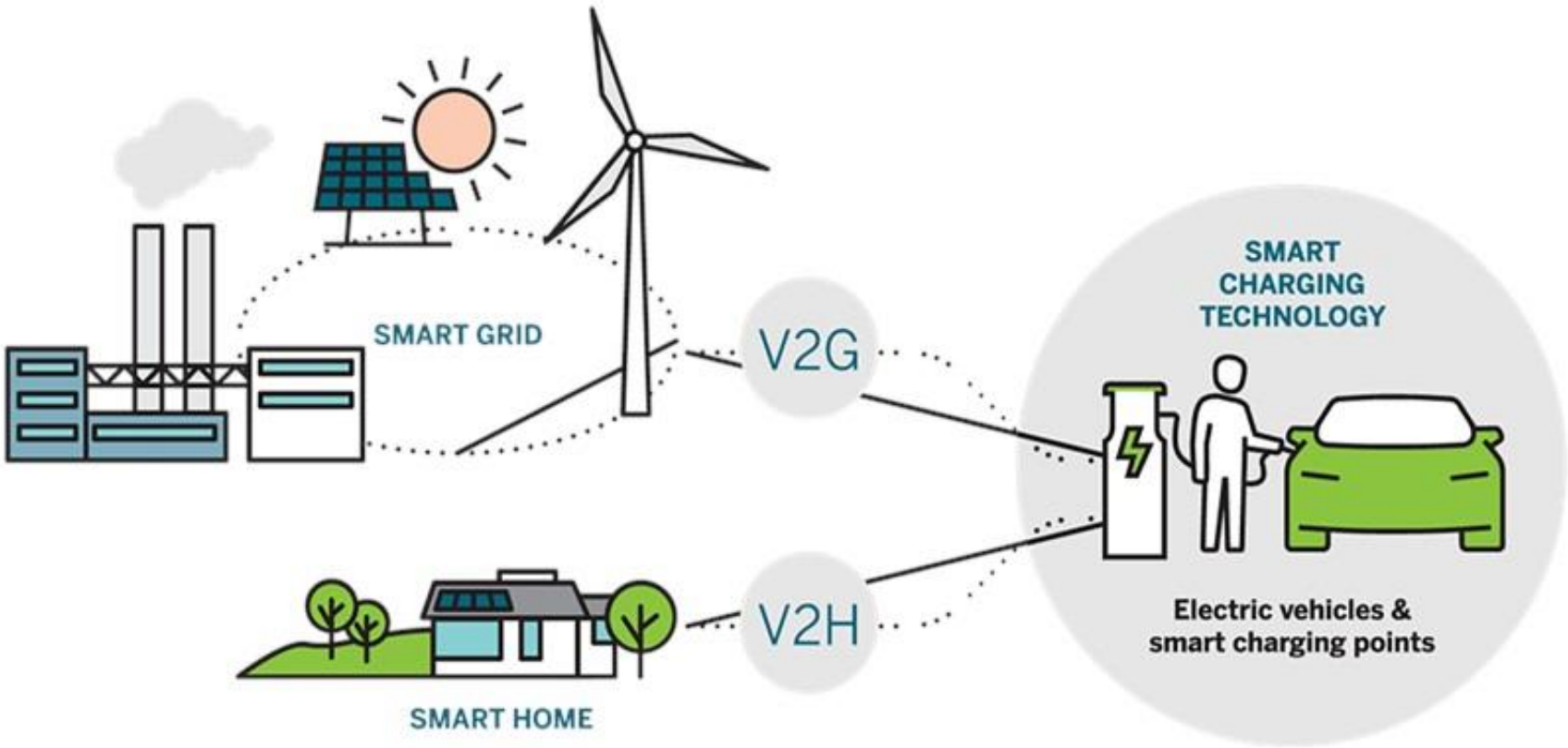
Sähkövarastot

- Kapasiteetti pientalokäytössä 2,5 – 15 kWh (litium)
- Tekninen ikä: 20 vuotta
- Takuut 10 vuotta/ 10 000 lataus-purkusykliä
- Mitoitus esim. klo. 20-05 ajan pohjakulutus

Virtuaaliakut

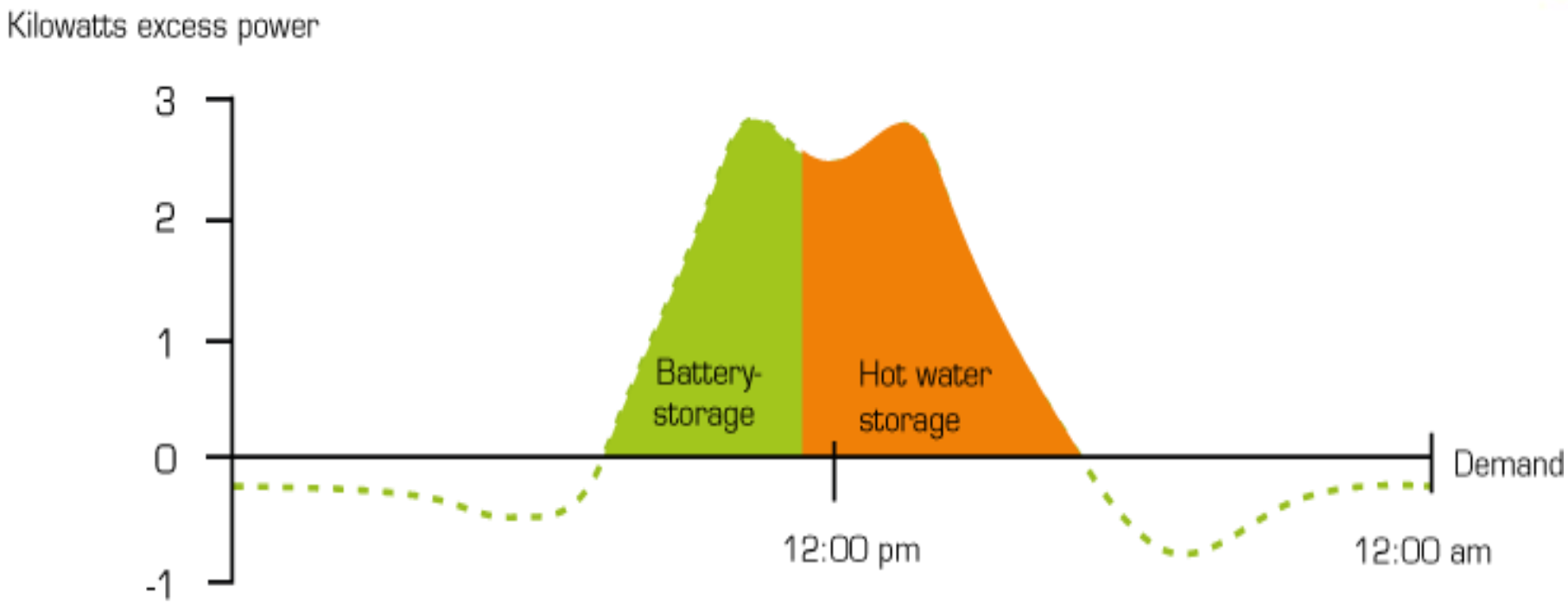
- Virtuaalinen akkukapasiteetin laajennus (esim. Helen), kytketty tarjottuihin tuotteisiin
- Kun fyysinen sähkövarasto täyttyy, varastoituu ylimääräinen aurinkoenergia edelleen virtuaaliakkuun
- Aurinkolataus, jossa ylimääräinen aurinkosähkö ladataan sähköauton latauskortille (esim. Fortum)

Sähköautot sähkövarastona ?



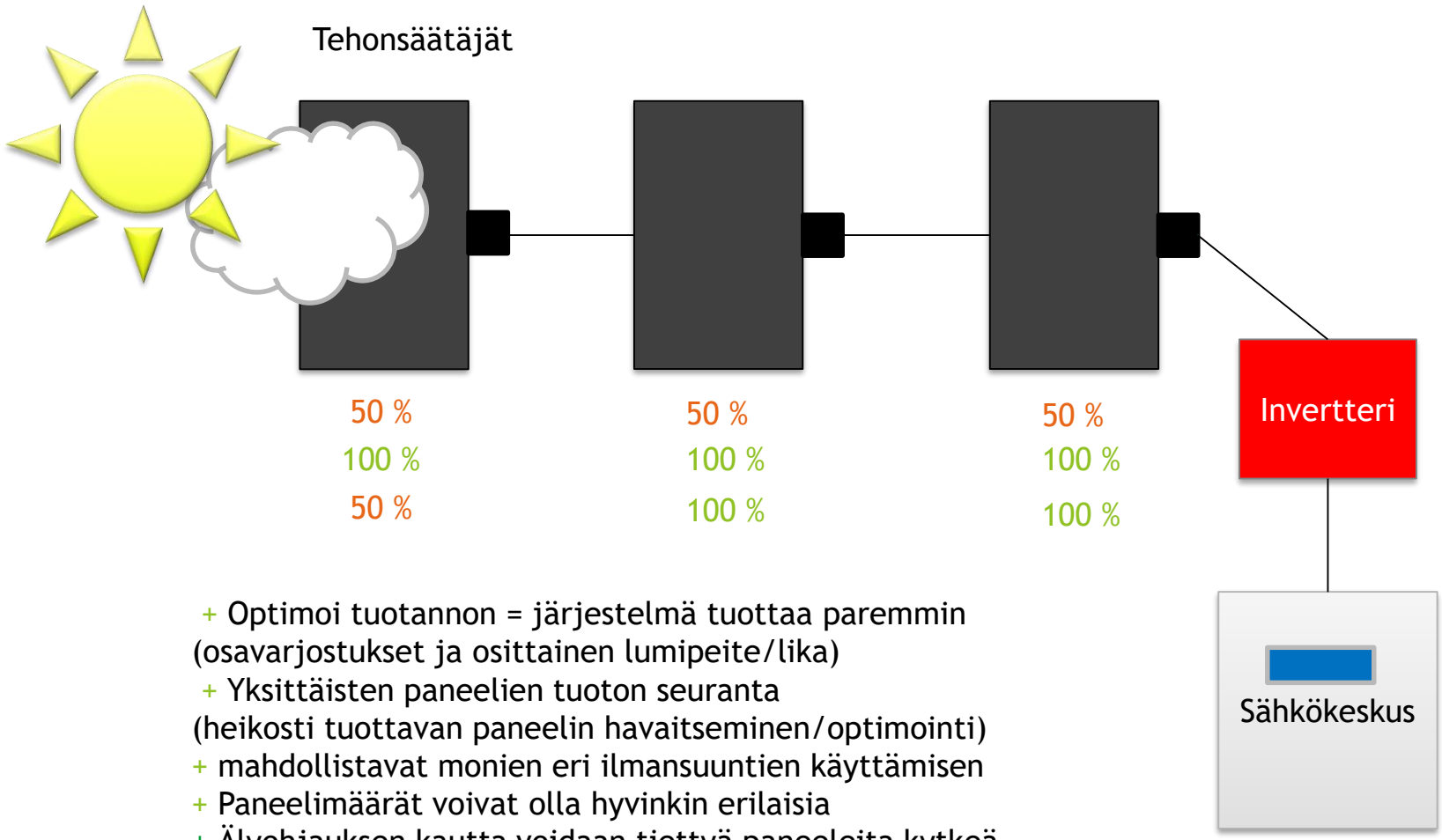
Energian käytön optimointi

Kuva: Biolan

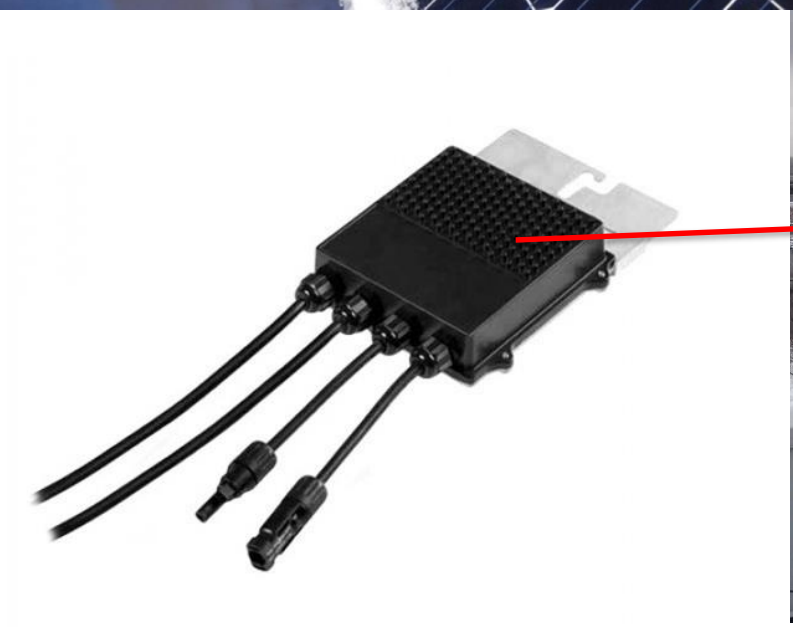

Kilowatts excess power
3
2
1
0
-1
Battery-
storage
Hot water
storage
Demand
12:00 pm
12:00 am

Kuva: MY-PV

Aurinkosähköpaneelien tuotannon tehostaminen/optimointi



+ Optimoi tuotannon = järjestelmä tuottaa paremmin (osavarjostukset ja osittainen lumipeite/lika)
+ Yksittäisten paneelien tuoton seuranta (heikosti tuottavan paneelin havaitseminen/optimointi)
+ mahdollistavat monien eri ilmansuuntien käyttämisen
+ Paneelimäärät voivat olla hyvinkin erilaisia
+ Älyohjauksen kautta voidaan tiettyä paneeleita kytkeä Päälle/pois



Aurinkoenergiajärjestelmien keskimääräisiä hintatasoja pientaloissa

- **Asennettuna 3-10 kWp:** 2 € – 1,3 €/Wp (alv 24 %)
- Hintakehitys paneelien osalta edelleen laskeva (tullit poistui)
- Invertereissä tai työn osuudessa ei yhtä suuria muutoksia kuin paneleeissa
- Teline- ja kiinniratkaisut kehittyneet ja nopeuttavat osittain asennusta

Aurinkosähkön tuotantohintoja, LCOE

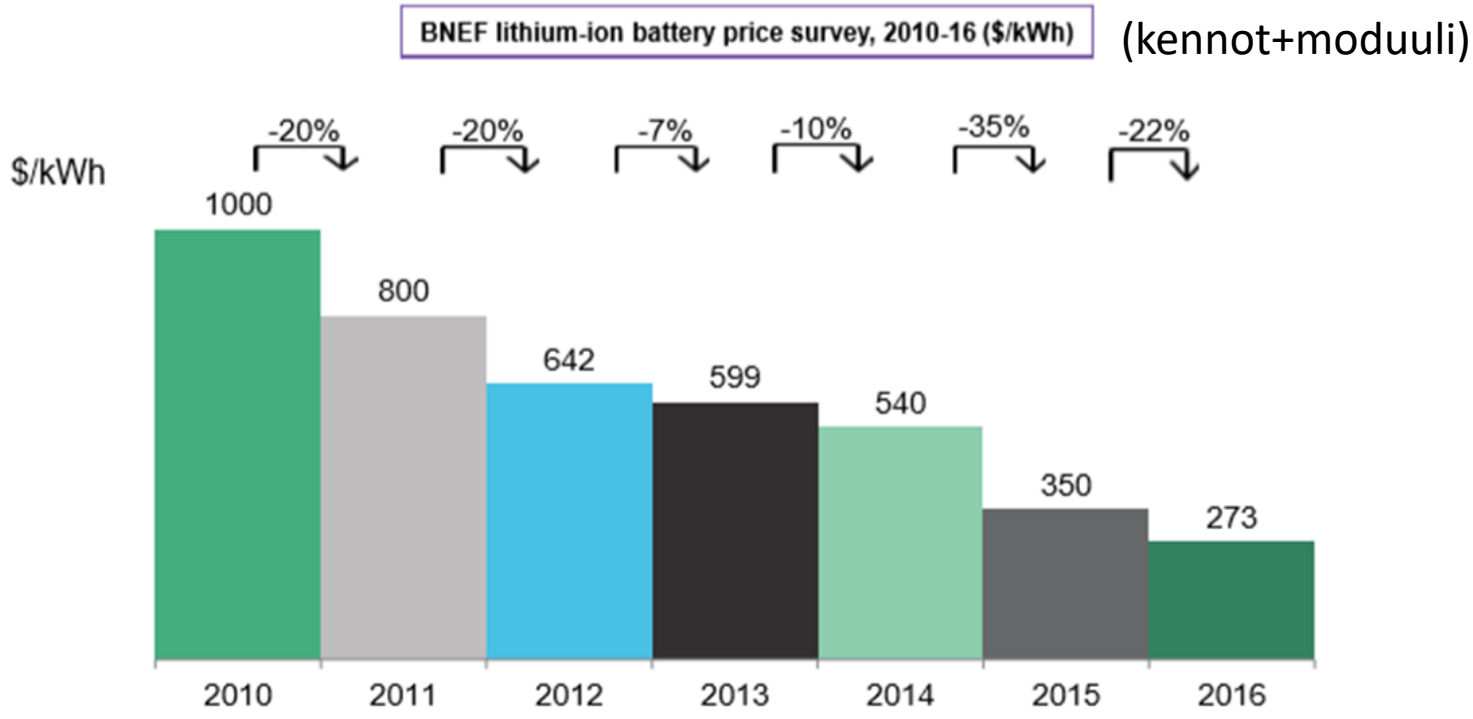
- Aurinkosähkön LCOE (levelized cost of energy) - tuotantohinta muodostuu alkuinvestoinnista sekä käyttöiän aikaisesta tuotosta ja ylläpitokuluista.
- Toteutuneita LCOE tuotantohintoja:
- Pientalot ja omakotitalot 7 – 10 snt/kWh (alv 24 %), kotitalousvähennystä ei huomioitu

Korkotuotto, karkeita esimerkkejä

- Hyvin suunnattujen ja optimoitujen aurinkosähköjärjestelmien sisäinen korkokanta pientaloissa on n. 3 – 6%.
- Perinteinen säästötili tuottaa 0,00 – 1,60 %
- kiinteistösijoitusten kokonaistuotto Suomessa 4,4 %
- Metsän tuottoprosentti ka. 3 – 4 %.

Sähkövarastojen hintakehitys

- 750 – 1500 €/1 kWh (alv 24 %)
- Uusiutuvan energian lisääntyminen, älykkäät sähköverkot ja sähköautot alentavat hintoja



Kuva: Bloomberg New Energy Finance

Aurinkoenergian edut mm.

- Huoltovarmuus
- Ei muuttuvia kustannuksia polttoaineen hankinnan muodossa
- Pitkäikäinen (sähköpaneelien tekninen käyttöikä yli 30 v.)
- Ekologinen (energian takaisinmaksuaika Suomessa n. 2 – 5 vuotta)
- Pitkät takuut (materiaalit 10 – 25 v., sähköntuottotakuu 20 – 40 v.)
- Asentaminen on yleensä yksinkertaista ja nopeaa
- Modulaarinen: järjestelmiä on helppo kasvattaa myös jälkikäteen
- Lisää energiaomavaraisuutta
- Aurinkoenergiainvestoinneilla on korkea kotimaisuusaste. Yli puolet investointien synnyttämästä tulovirrasta jää Suomeen.
- Suhteellisen riskitön sijoitus
- Kiinteistön arvoa nostavat tekijät

Energiaraitti

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto: Eurooppa investoi maaseutualueisiin

- Energiaraitti on uusiutuvan energian ratkaisuista kiinnostuneille suunnattu kohdeverkosto, joka tarjoaa esimerkkejä hajautetun uusiutuvan energian käytännön ratkaisuista ja liiketoimintamalleista.
- www.karelia.fi/energiaraitti