

# Demand response systems

Tero Ahonen and Samuli Honkapuro, Lappeenranta University of Technology, [tero.ahonen@lut.fi](mailto:tero.ahonen@lut.fi)

Digitalization and climate change are megatrends behind the occurrence of new digital services for electricity users. This background paper introduces the happened change in the energy sector and present digital services for electricity users.

*In the future, more demand-side flexibility will be needed for electricity production*

bilities are limited. This structural change in generation mix will also decrease inertia in power system. Hence, there is an increasing need for novel solutions for regulating power, and this will call also for participation of the demand-side resources.

Typically, demand response (DR) is realized by some kind of

## Demand response

In traditional power system, balance between supply and demand is achieved by regulating the output power of generators. However, in the future, growing share of the electricity production will be based on intermittent generation (i.e. wind and solar), of which power output is variable and regulating possi-

automated control of the end-user loads. For such load control, there are different technical solutions available, as illustrated in figure below. Loads can be controlled via BACS (Building Automation and Control System), HEMS (Home Energy Management System), by device-specific IoT solutions, or by using the AMR (Automatic Meter Reading) system.

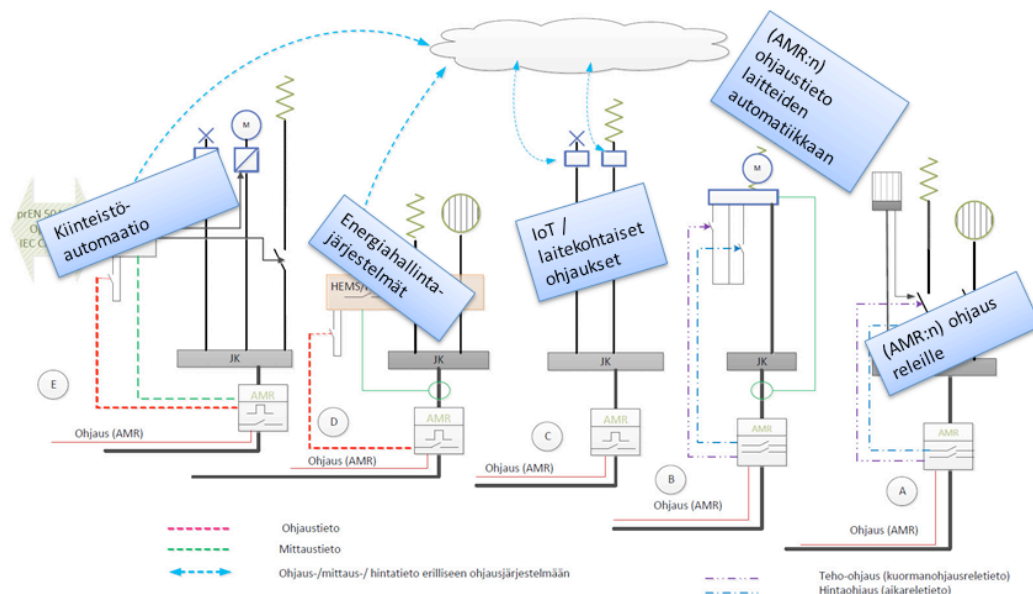
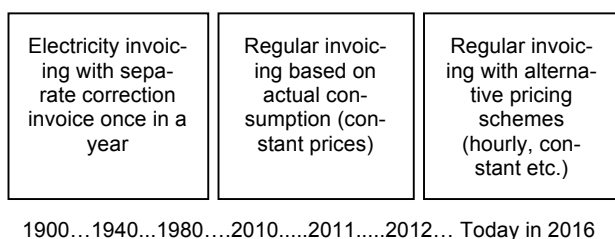


Fig. 1. Different principles for end-user load control (Järventausta et al. 2015).

## How AMR has changed electricity invoicing so far

Nordic countries have been frontrunners in the use of automatic meter reading systems for continuous monitoring of the electricity consumption. Besides monitoring benefits for the distribution system operator, AMR systems and balance settlement based on measured hourly consumption have allowed the transformation to the regular invoicing based on the actual consumption instead of regular estimation invoices corrected with a separate correction electricity invoice once in a year.



**Fig. 2. Development in the electricity invoicing.**

Already this change has been drastic, as it has meant nation-wide installation of new electricity meters and a clear transformation in the invoicing principles for private customers. Currently in Nordic countries, consumers can have electricity contracts with hourly varying electricity prices, which are based on day-ahead (Elspot) market prices. This invoicing principle reflects the ongoing change in the Nordic energy sector, where the share of renewable energy systems with intermittent production is increasing.

### Present digital services for electricity users

For distribution system operators, AMR systems have provided means to monitor the distribution system operation and also localize system failures e.g. due to the fallen trees. For electricity users, the installation of AMR systems and change in the invoicing principles has led to the development of Internet-

based services where customers can monitor their electricity consumption in one hour interval and compare it against the ambient temperature. In some cases, these services are also giving indicative values about the average consumption of similar households, so customers can compare their energy consumption against others.

The availability of hour-based pricing schemes and the wide use of electricity heating in Finnish households has also brought front services determining the cheapest hours for operating the heating systems. In Finland, for instance energy company Fortum is providing such services under the brand Fortum Fiksu with hardware solution manufactured by There Corporation (<http://www.therecorporation.com/>). Cleworks (<http://www.cleworks.fi/>) is also providing similar kind of hardware solution under the brand CleBox, which allows the price-based control of heating systems and remote control of electric appliances. Also heat pump manufacturers are starting provide systems with corresponding functionality.

### Existing potential for DR services in Finland

Approach of these services to avoid most expensive electricity prices, the availability of Internet connection for remote monitoring and control of heating systems with heat storage capability makes them a technically feasible solution for demand response control (There 2014). In addition, large number of Finnish households are hold with electric heating systems, which traditionally have been operated with two-tariff pricing scheme (day and night-time prices). In (Fortum 2016), power reserve potential of electric heating systems is told to be at least 300 MW, whereas the overall power consumption in Finnish energy system is typically around 10 000 MW.

In national level, there are about 1000 MW of heating loads, which are at the moment

controlled based on day and night-time prices via AMR meters. However, the control logic of these loads can be changed, by some software changes, from day-/night-time control to control based on day-ahead market prices. Furthermore, it has been estimated that about same amount of heating loads (1 000 MW) can be controlled via load-reduction control relay, and hence used in intra-day markets.

#### *Pilot setups implying upcoming services*

Heating-related services introduced above provide grounds also for realising demand response systems. The traditional two-tariff pricing scheme has advised to the operation of heating system during night time (after 10 o'clock in the evening) and already available commercial services are doing the heating systems control in hourly price basis, which is related to the expected availability of electricity.

Currently, there are two pilot projects that may imply future DR services for electricity users: Helen has a pilot service where electric heating systems are operating as emergency reserve system when needed (taajuusohjattu häiriöreservi). Fortum has a similar kind of pilot project where 70 households are forming a virtual power plant working as a part of frequency-controlled reserve system (Fortum 2016).

This setup is working constantly so that the heating systems are operated based on their current temperature and the need for frequency control (indicating the power balance between the production and consumption; taajuusohjattu käyttöreservi).

#### *Challenges*

Although the existing smart meter infrastructure and market places of the DR, there are still some hindrances for the efficient implementation of the demand response resources.

In the case of the demand response via smart meter, which is owned by distribution system operator, the roles and responsibilities of the different stakeholders in the practical implementation of the DR are unclear. Furthermore, there may appear conflicting interests, as the sharing of the costs and benefits seem to be unequal in some cases, and contradicting needs for load controls between stakeholders may occur.

However, key challenge seems to be how to engage customers to demand response services. Typically, economic savings of the demand response for end-user are quite modest, and hence, investments for needed equipments might not be profitable. Moreover, large part of the households' loads are such that customers consider them as unshiftable, and there is also limited knowledge among consumers about the demand response (Annala 2014)

#### **Sources:**

(Annala 2014) Does Knowledge Contribute to the Acceptance of Demand Response? S. Annala, S. Viljainen, J. Tuunanen, S. Honkapuro. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. vol. 2. pp. 51-60.

(Fortum 2016) Virtuaalivoimalaitos. <http://www.fortum.com/fi/konserni/tutkimus-ja-kehitys/virtuaalivoimalaitos/sivut/default.aspx>

(Järventausta et al. 2015) Demand Response – Practical Solutions and Impacts for DSOs in Finland (Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkko-yhtiöille). P. Järventausta et al. Research report.

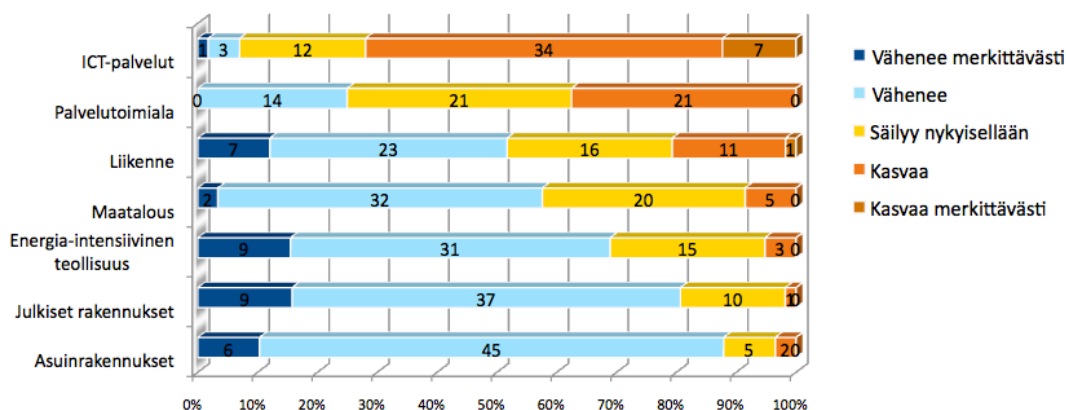
(There 2014) Kysynnänjouston pilottiprojekti. Ilkka Palola. <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaliitteet/Kysynt%C3%A4jousto/Kysynna%CC%88njouston%20pilottiprojekti%20Loppuraportti%20Julkinen.pdf>

## SET-asiantuntijakyselyn 1. kierroksen tuloksia...

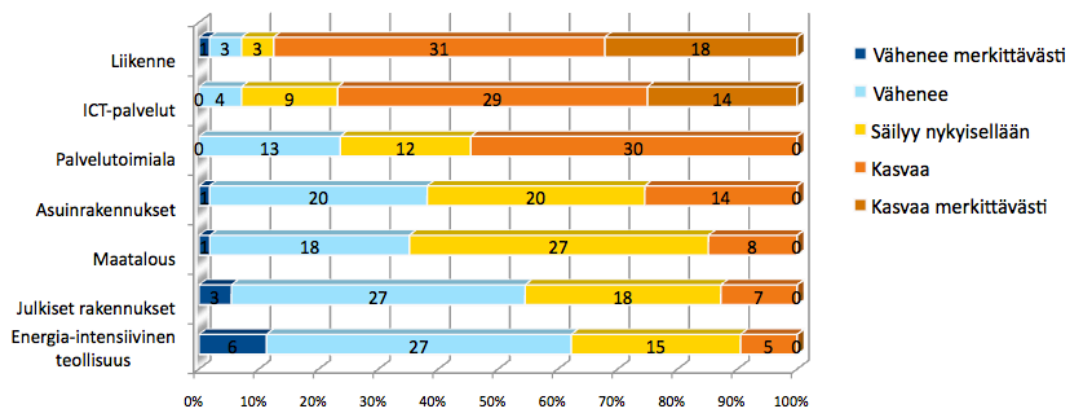
### Energian- ja sähkönkulutuksen kehitys vuoteen 2030 mennessä

Delfoi-kyselyn ensimmäinen kierros alkoi arvioilla energiankulutuksen kehityksestä 2030 mennessä. Kysymykset olivat sektorikohtaisia, mutta antavat kuvaa myös kokonaiskysynnän muutoksesta. Vastajat arvelivat monien sektorien energiatarpeen vähenevän, ja ainoastaan palvelualan ja ICT palveluiden energiatarpeen kasvavan. Sähkönkulutuksen arveltiin kasvavan merkittävästi liikenteessä ja ICT-palveluissa.

#### Primäärienergiankulutus Suomessa vuonna 2030:



#### Sähkönkulutus Suomessa vuonna 2030:



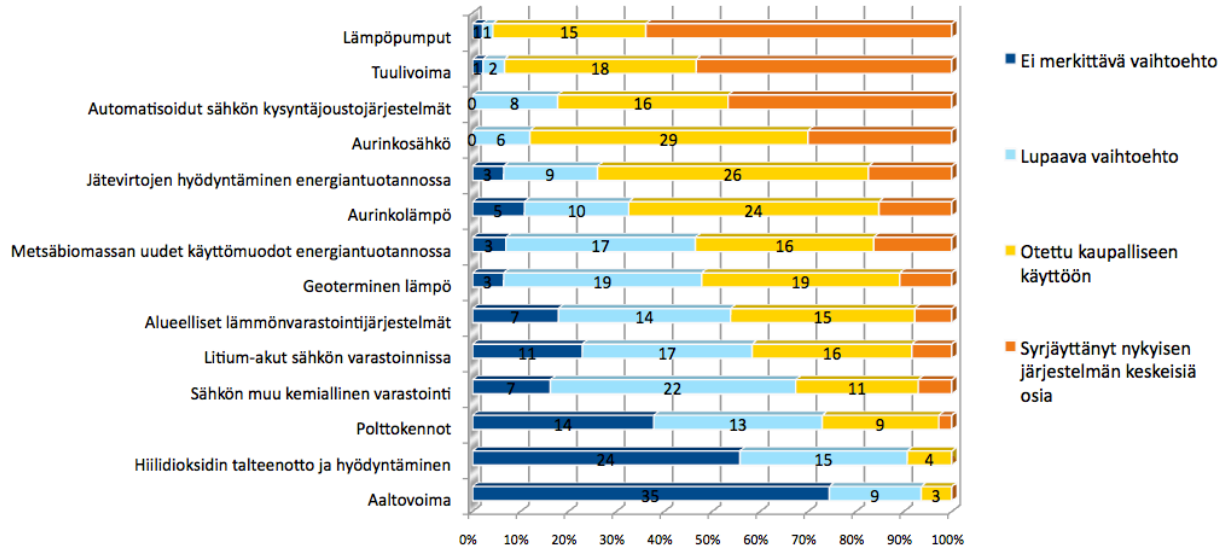
Energiankäytön muutoksia koskevia arvioita on perusteltu eri tavoin. Yleisemmällä tasolla perusteltiin alhaisen talouskasvun ja teknologian kehityksen johtavan siihen, että kokonaisenergiankulutus ei ainakaan lisäänty. Energia-intensiivisen teollisuuden kulutuksen oletettiin myöskin pysyvän enintään samana ja usein jopa laskevan.

*"Uskon että julkisten rakennusten lukumäärä vähenee ja koko kasvaa, jolloin energiatehokkuustoimet purevat. Myös julkisten palvelujen sijoittaminen muiden palvelujen yhteyteen vähentää energian kulutusta. Asuinrakennusten kulutus pienenee sekä energiatehokkuustoimien että rakennemuutoksen kautta: yhä useampi asuu kaupungissa/taajamassa kerrostalossa. Energiaintensiivisen teollisuuden odotan kokonaisuutena pysyvän samana ja energiatehokkuus vähentää kulutusta siellä. [...] Palvelut kasvavat ja maatalous pysyy samana tai kasvaa hiukan, koneellistuu mutta myös muuttuu energiatehokkaammaksi. ICT palvelut kasvavat niin paljon, ettei energiatehokkuus pure niiden primäärienergian kulutukseen. Katsoin OECD:n pitkän aikavälin euromaiden kasvuennusteen ja se on n. 2% vuodessa, sekin voi olla vähän optimistinen. Ei tarvita kovin kummoista energiantensiteetin vähenemistä, että se kumoo tuon vaatimattoman kasvun."*

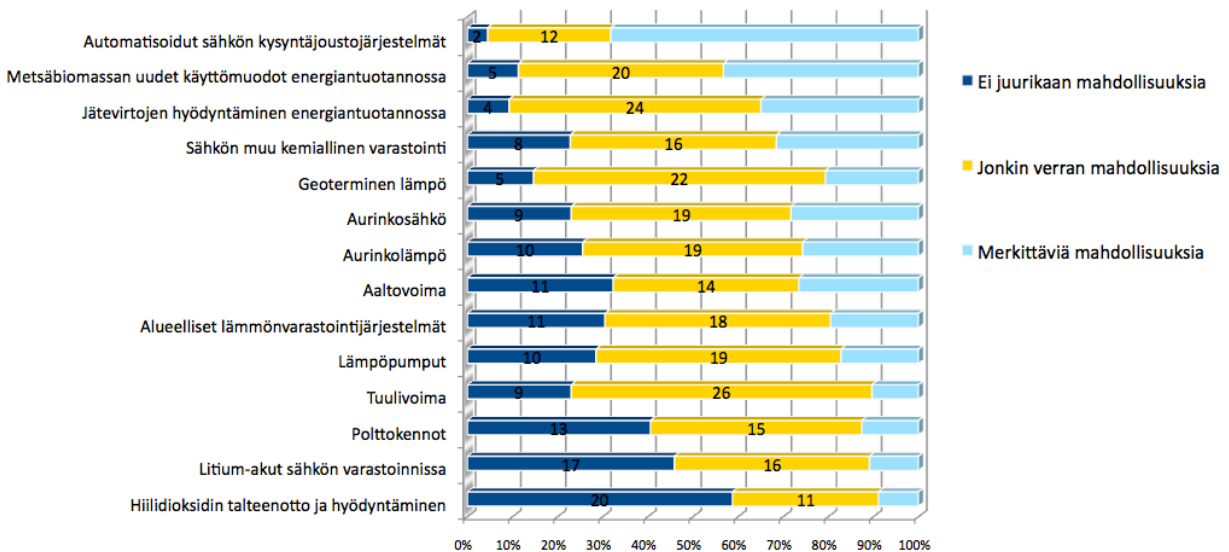
## Eri energiatekniologioiden merkitys vuonna 2030 Suomen energiajärjestelmässä

Ensimmäisellä kierroksella kysyimme myös vastaajien näkemyksiä teknologioiden käyttöönottoon Suomessa ja niiden vientimahdollisuuksiin. Teknologioista kaikkein merkittävimpinä tai selvimpinä tulokkaina pidettiin lämpöpumppuja, tuulivoimaa ja automatisoitua kysyntäjoustojärjestelmää. Myös aurinkosähkön ennakoitiin syrjäyttävän muita tuotantomuotoja.

### Eri teknologioiden merkitys Suomen energiajärjestelmässä vuonna 2030:

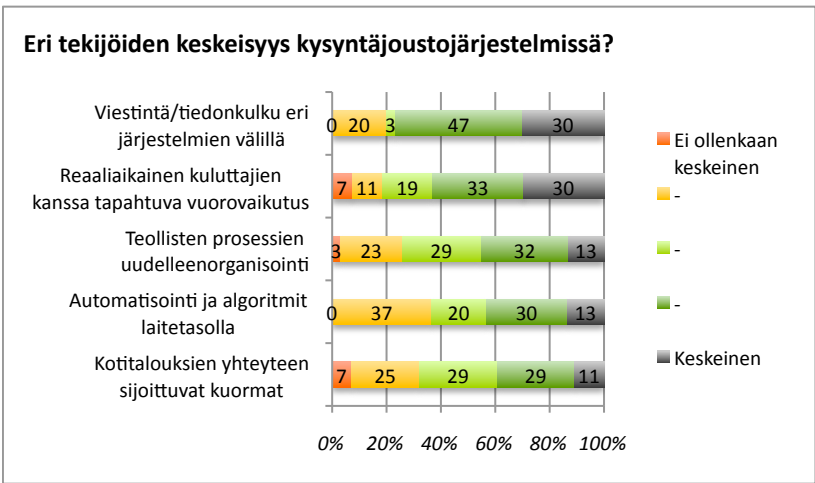
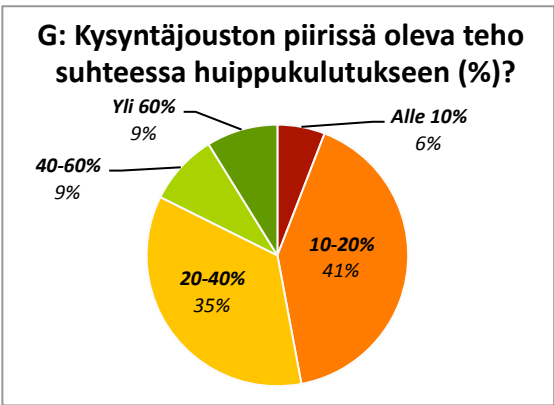
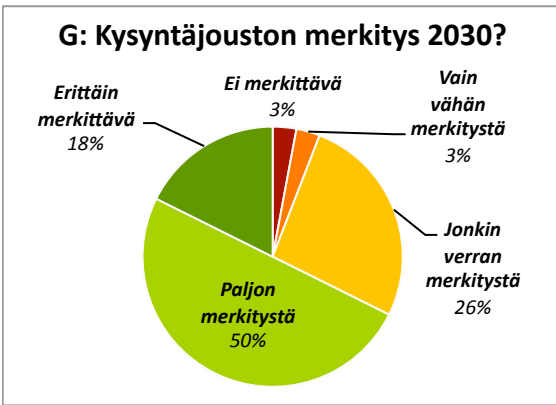


### Teknologioiden vientipotentiaali vuonna 2030:



Ensimmäisen kierroksen teknologiakohtaisia tuloksia ja huomioita esitellään kunkin teeman ensimmäisellä sivulla.

**G: Digitalisointi ja kysyntäjoustop automatisointi**



## Kysyntäjuoston automatisointi

### Kuinka paljon:

sähkölämmitystalojen pitäisi olla pakotettu johonkin joustopalveluun. Niissä ei hetkellinen tehonrajoitus näy mitenkään asumismukavuudessa.

Visioni: huippukulutuksen piikit eivät nouse jatkossa korkealle, koska älykäs sähköjärjestelmä keskustelee käytössä olevien laitteiden kanssa ja rytmittää niiden toiminnan järkevästi. (Poliitikkojen pitäisi vain päättää kuka tämän järjestelmän rakentaa ja kenen vastuulla se on?):

Mikko: Kuvista päätellen sähkön varastointiin 2030 ei vielä juurikaan uskota. Kysyntäjousto on huomattavasti tärkeämpi. Kysyntäkäyrien tasoittumista ennakoi moni .

### Miten

On väärin markkinoida yleisölle otollisia saunomisaikoja tai parasta kinkunpaistohetkeä, jollei samalla markkinoi reaaliaikaista sähköhinnoittelua eli taloudellista hyötyä sähkökäytön siirtämisestä toiseen ajankohtaan. [Kommentti] Kyllä kansalaisia muutenkin neuvotaan, mm. välttämään juhannusruuhkia; miksi ei sähkön käyttöä? Ei kukaan kuole, vaikkei joutuisi vähän siirtämään saunomisaikaa.

Älykkäisiin IT-ratkaisuihin ei ole halua investoida eikä teknologiaa kehittää ja kokeilla tarpeeksi, koska yritykset eivät näe siinä tarpeeksi suurta ansaintamahdollisuutta. Poliitikkojen tulisi asettaa taho rakentamaan keskustelevan älyverkon, jolloin huipputeho- ja varavoimaongelma olisi pieni.

Älykäs järjestelmähän haistaisi sähkön hinnan nousun jo paljon ennen kuin huipputehotilanne lähestyisi, eikä siis niitä piikkejä edes syntyisi samalla lailla kuin nykyään.

Nyt alkaa olla kysyntäjoustoille teknisiä ratkaisuja. Seuraava haaste on yhdistää pohjoismaiset kysyntäjoustop järjestelmät - sammuttaa kulutusta Ruotsissa, kun Suomessa tarvitaan sähköä.

Mikko: Kuvioissa yllättää se, kuinka keskeistä reaaliaikaisen kuluttajien kanssa tehtävän vuorovaikutuksen ajatellaan olevan.

Esteitä: Kuluttajien asenteet, esim. luvan antaminen sähköyhtiölle kysyntäjoustop automaattiseksi käyttöön ottamiseksi. Virus-/tietosuojaturvakysymykset voivat muodostua haastaviksi. Yritysten tietosuojat huomioitava, kaikki ei voi olla avointa data kilpailusyistä.

Poliittista tahtoa ja kansallista edelläkävijyyttä tarvitaan ja pakottavaa lainsäädäntöä laittaa järjestelmät ja laitteet keskustelemaan! Miksi kuluttajilta edes tarvitsisi kysyä sallivatko he kulutuksensa ohjauksen, koska teknologisilla ratkaisuilla tilanne on mahdollista saada sellaiseksi, ettei kuluttaja edes huomaa sääntelyä missään.