

# Nollaenergiahirsi-talo

*Tulevaisuuden hirsi-talo jo tänään*

**Antti Kosonen**

email: [antti.kosonen@lut.fi](mailto:antti.kosonen@lut.fi)

mob. +358 40 833 7749

twitter: [@AnttiJKosonen](https://twitter.com/AnttiJKosonen)

[www.nollaenergiahirsi-talo.fi](http://www.nollaenergiahirsi-talo.fi)

[www.facebook.com/nollaenergiahirsi-talo](https://www.facebook.com/nollaenergiahirsi-talo)

# Esityksen sisältö

1. Johdanto
2. Projektin tavoitteet
3. Suunnittelu ja toteutus
4. Kokemukset tähän asti





# Johdanto



# Miten leikata päästöjä, YLE Uutiset 20.2.2019

## Ruoka

Valitse yksi tai useampi muutos	Vaikutus kg CO2 / vuosi
Pidän yhden kasvisruokapäivän (lakto-ovo) viikossa: 2 pääruokaa päivässä kasvista sekasyönnin sijaan	-114
Pidän vain yhden liharuokapäivän viikossa: 2 pääruokaa päivässä sekaruokaa, muina päivinä kasvista (lakto-ovo)	-685
Silryn kasvisruokavaliioon (lakto-ovo), 2 pääruokaa	-799
Silryn vegaaniruokavaliioon, 2 pääruokaa	-837
Puolitan juuston kulutukseni	-129
Korvaan ulkomaisen lohen kotimaisella särjellä	-13
Korvaan riisin kotimaisilla juureksilla	-16
Korvaan viikottaisen nautanlihapihvin (150g) pavuilla	-253
Puolitan kahvikulutukseni	-39
Korvaan hedelmät itse poimituilla metsämarjoilla	-42
Käytän talvella (joulu-, tammi-, helmikuu) kotimaisia juureksia kasvihuoneviljeltyjen vihannesten sijaan	-48
Vaihdan maidon kauramaitoon	-120
Puolitan hävikkini merkittävimmistä elintarvikeryhmistä (valmisruuat, leipä, vihannekset, liha ja kala)	-37

## Liikkuminen

Valitse yksi tai useampi muutos	Vaikutus kg CO2 / vuosi
Kuljen viikottain 5 km päässä sijaitsevalle harrastuspaikalle bussilla auton sijaan	-78
Kuljen viikottain 5 km päässä sijaitsevalle harrastuspaikalle kimpapyödyillä	-49
Kuljen viikottain 3 km päässä sijaitsevalle kaupalle pyörällä auton sijaan	-58
Kuljen neljä kertaa vuodessa 300 km matkan sukulisin junalla auton sijaan	-216
Kuljen Lappiin edestakaisin junalla auton sijaan	-293
Jätän edestakaisen Etelä-Euroopan lennon väliin	-1 230
Jätän edestakaisen kaukolennon väliin	-2 320
Kuljen päivittäin 3 km työmatkan pyörällä auton sijaan	-289
Kuljen päivittäin 10 km työmatkan hiihtämällä auton sijaan	-936
Ajan sähköllä vuotuiset ajot bensiinin sijaan	-2 440
Ajan biokaasulla vuotuiset ajot bensiinin sijaan	-2 940

## Asuminen

Valitse yksi tai useampi muutos	Vaikutus kg CO2 / vuosi
Muutan 20 m <sup>2</sup> pienempään asuntoon (kerros- tai omakotitalo)	-517
Vaihdan vihreään sähkön kahden hengen kerrostaloasunnossa	-312
Vaihdan vihreään sähkön neljän hengen omakotitalossa	-1 197
Vaihdan ikkunoiden tiivisteet kerrostalossa	-207
Vaihdan ikkunoiden tiivisteet omakotitalossa	-463
Uusin vanhat ikkunat (kerrostaloasunto, ikkunoiden pinta-ala 12 m <sup>2</sup> )	-451
Uusin vanhat ikkunat omakotitalossa (ikkunoiden pinta-ala 25 m <sup>2</sup> )	-940
Vaihdan kaukolämmön maalämpöön omakotitalossa	-3 418
Lasken huonelämpötilaa yhdellä asteella kerrostalossa	-103
Lasken huonelämpötilaa yhdellä asteella omakotitalossa	-231
Vaihdan hehkulamput LED-lamppuihin (10 lampua, päällä 2h/vrk)	-61
Vietän suihkussa 30 minuuttia vähemmän viikossa	-143

- Keskimääräiset suomalaisen päästöt on 10,3 t<sub>CO2</sub>
- Suurin potentiaali vähentää päästöjä ovat liikkuminen ja asuminen tällä hetkellä
- Energiatohokkuudella asumisessa on suuri rooli

## Muu kuluttaminen

Valitse yksi tai useampi muutos	Vaikutus kg CO2 / vuosi
Vähennän 20 € kuukausitasolla vaatteiden kulutuksesta	-96
Vähennän 20 € kuukausitasolla huonekaluista ja sisustuksesta	-96
Vähennän 20 € virkistys- ja kulttuuripalveluista	-48
Vähennän 20 € kuukausitasolla puutarhaan ja lemmikkieläimiin liittyvistä kuluista	-192
Vähennän 20 € kuukausitasolla sanomalehdistä ja kirjoista	-96
Käytän älypuhelinla tasku vuotta yhden vuoden sijaan ennen uuden hankkimista	-48



# Rakentamisen tulevaisuus



- Mitä on tulevaisuuden energiatehokas rakentaminen?
  - Uusiutuva energia, rakenteiden turvallisuus, sisäilman laatu
  - Suunnittelu vs. toteutus (rakennusvirheiden vaikutus)
  - Investointikustannus vs. elinkaarikustannus
- Yhä tiukkenevat rakentamismääräykset
  - Energiatehokkuusdirektiivi (*eng. energy performance of buildings directive, EPBD*)
  - Lähes nollaenergiarakentamisen (*eng. nearly zero energy building, nZEB*) kansalliset määräykset (Suomessa FInZEB-hanke)



# Termit



- Nollaenergiatalo
  - Rakennus, joka tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa vuositasolla
  - Tarvitaan omaa uusiutuvaa energiantuotantoa
  - Käytännössä nettonollaenergiatalo
- Passiivitalo
  - Rakennus, joka ei tarvitse varsinaista lämmitysjärjestelmää
- Nollaenergiatalo  $\neq$  lähes nollaenergiatalo  $\neq$  passiivitalo

# Projektin tavoitteet

## Taustaa



- Tarve omakotitalolle (vuosi 2014)
- Mitä on tulevaisuuden lähes nollaenergiarakentaminen?
  - Oma energiantuotanto
  - Energiatehokkuus ja energian säästöratkaisut
  - Älykkyys ja mahdollisuus kysynnänjoustoon
  - Rakenteiden pitkä elinkaari
- Mitä on terveellinen rakentaminen?
  - Yksinkertainen rakenne ulkovaipassa
  - Tarve lämmitykselle Suomen ilmasto-olosuhteissa
  - Hyvä sisäilman laatu



## Tavoitteet

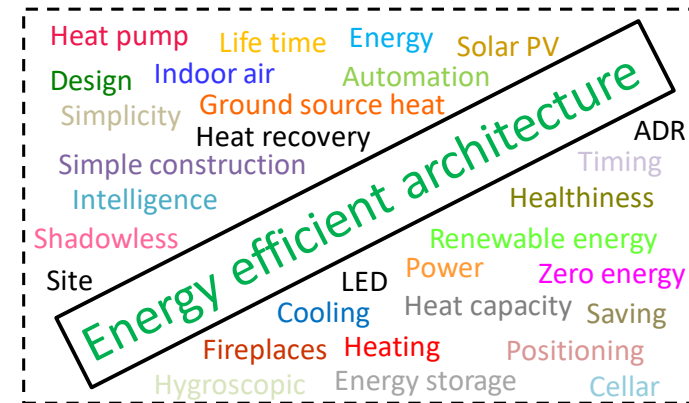


- Ensimmäinen suunnitelmallinen nollaenergiahirsitalo
- Suunnittelun lähtökohdat

# Energiatehokas arkkitehtuuri

## 5) Arkkitehtuurinen ulkomuoto (uusi tapa ajatella)

- Tiedon ja ajatusten avoin jakaminen eri kanavissa
  - [www.nollaenergiahirsitalo.fi](http://www.nollaenergiahirsitalo.fi)
    - Suunnittelu
    - Toteutus
    - Käytäntö
  - <https://www.facebook.com/nollaenergiahirsitalo>
    - Ajantasainen tiedon jakaminen ja interaktiivisuus
  - Hankkeen tukijat ja yhteistyökumppanit
  - Tiedotus muiden kanavien kautta: lehdet ja tilaisuudet
  - Tieteelliset julkaisut



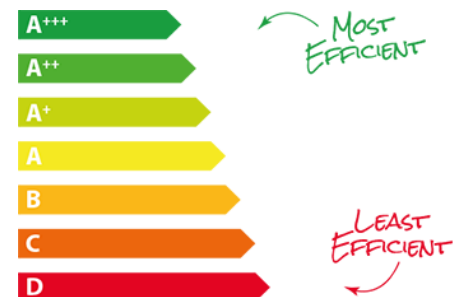
# Suunnittelussa huomioidut asiat

Lämmin tila	Raja-arvo	Maks.arvo	ZELH
Ulkoseinä, W/(m <sup>2</sup> K)	0.17	0.60	0.17
Hirsiseinä, W/(m <sup>2</sup> K)	0.40	0.60	0.40
Yläpohja, W/(m <sup>2</sup> K)	0.09	0.60	0.09
Alapohja, W/(m <sup>2</sup> K)	0.16	0.60	0.16
Ikkunat ja ovet, W/(m <sup>2</sup> K)	1.00	1.80	0.80–0.82 / 0.75
<b>Ilmanvaihto</b>			
LTO vuosihyötysuhde, %	45		77.30
Ilmanvaihdon ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)	2.0		1.10
Ilmatiiveys 50 Pa paine-erolla	4.0		0.60

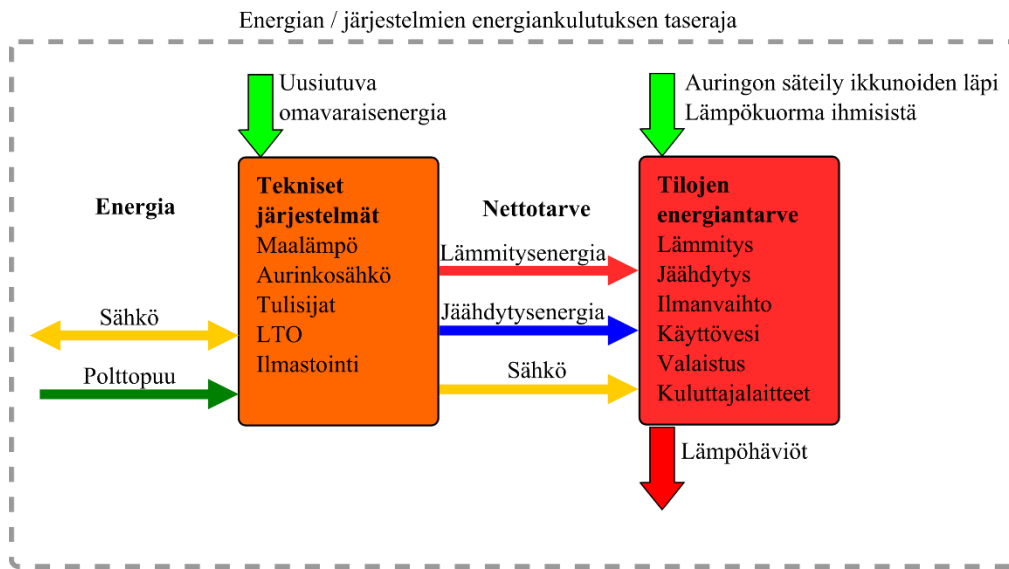
- Tontti
  - Rakennusten asemointi
  - Varjottomuus
- Rakennukset
  - Ulkovaipan rakenteet nykyisillä raja-arvoilla ilman kompensointia
  - Kattopinta-alojen maksimointi ja niiden suuntaus (itä-etelä-länsi)
- Energiatekniset ratkaisut
  - Aurinkosähkö
  - Maalämpö lattialämmityksellä ja 750 l kerrosvaraajalla
  - Energiatehokas ilmanvaihto lämmöntalteenotolla (LTO) ja maapiiriin perustuvalla tuloilman esiviilennyksellä/-lämmityksellä + viilennyskonvektori yläkerrassa
  - Tulisijat: varaava leivinuuni, hella, varaava vesikiertoinen takka, kiuas
  - Muurattu piippu (lämpövarasto)
  - Energiatehokkaat kodinkoneet ja valaistus (LED)
  - Automaatiojärjestelmä lämmitykselle ja visualisointi
  - Maakellari

Lämpötilaero!

$$COP = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$



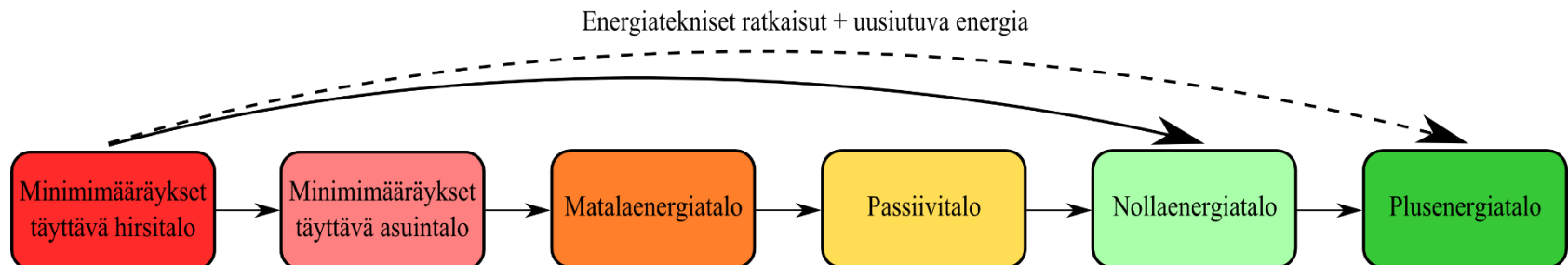
# Lähtökohdat nollaenergiahiritalolle



- Hirsitalosta voidaan tehdä nollaenergiatalo ilman lisäeristystä
- Oma energiantuotanto: aurinkosähkö ja maalämpö/(-kylmä)
- Energiatehokas LTO
- Uusiutuva energia: puu
- Tulisijoista lämpöä ilmaan ja veteen
- Piipusta lämpöä ilmaan

[EXCESS-projektissa](#) rakennetaan Suomeen 8-kerroksinen plusenergiatalo samalla konseptilla!

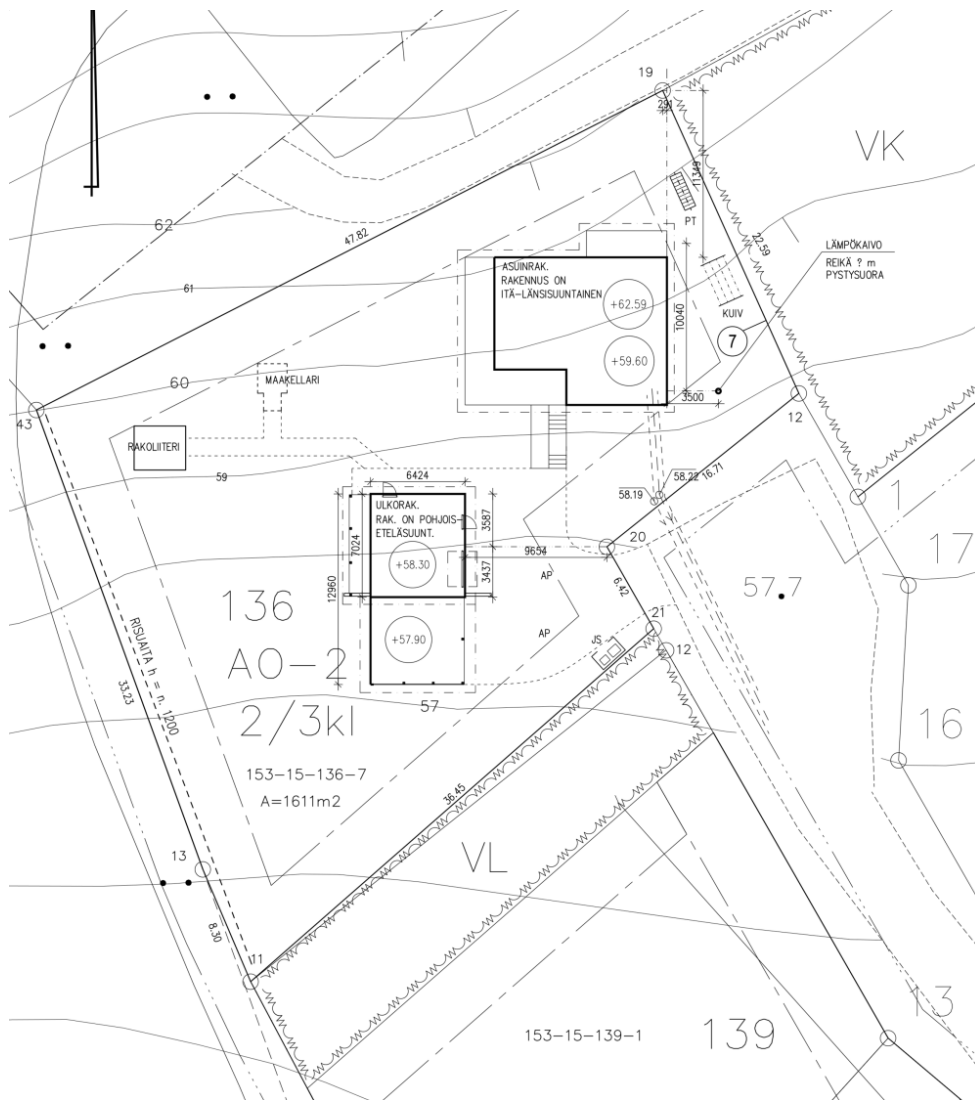
**Kuva.** Nettoenergiankulutuksen taseraja suunniteltavassa nollaenergiahiritalossa.



**Kuva.** Asuinrakennusten energialuokitus. Minimimääräyksin (rakennuksen ulkovaippa) toteutettu asuinrakennus on mahdollista viedä nolla- tai jopa plusenergialuokkaan omalla tuotannolla ja muilla järkevillä teknisillä ratkaisuilla.

# Suunnittelu ja toteutus

# Tontti



- Etelärinnetontti 1611 m<sup>2</sup>
- Rakennusten asemointi kokonaisuuden kannalta parhaalla tavalla
- Kiinteä tracking-järjestelmä aurinkosähkölle kolmeen ilmansuuntaan

Kuva. Asemapiirustus.



# Ulkovaippa

Talon ulkoseinissä  
puuta noin 30 m<sup>3</sup>



**Kuva.** LamelliHIRSI profiili.



**Kuva.** Eristeharkko.

- U-arvo 0,4 W/(m<sup>2</sup>K)
- Puu on hygroskooppinen materiaali
- Massiivinen rakenne varastoi energiaa ja siten tasaa lämpötilaa
- Rakennusmateriaalina, puulla on ±0 hiilijalanjälki
- Loistavat akustiset ominaisuudet

- U-arvo 0,17 W/(m<sup>2</sup>K)
- Ainoa maan alle soveltuva rakennusmateriaali
- Massiivinen rakenne varastoi energiaa ja siten tasaa lämpötilaa
- Betoni on kestävä rakennusmateriaali
- Hyvä ääneneristävyys

# Ilmatiiveysluku

TIIVIYSMITTAUSLUOKITUS		$n_{50}$	$q_{50}$
Alle 0,6	<b>A</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>
0,7-1,0	<b>B</b>		
1,1-1,5	<b>C</b>		
1,6-2,0	<b>D</b>		
2,1-3,0	<b>E</b>		
3,1-4,0	<b>F</b>		
Yli 4,1	<b>G</b>		

**Kuva.** Nollaenergiahiritalon rakennusvaiheen ilmatiiveysluku.

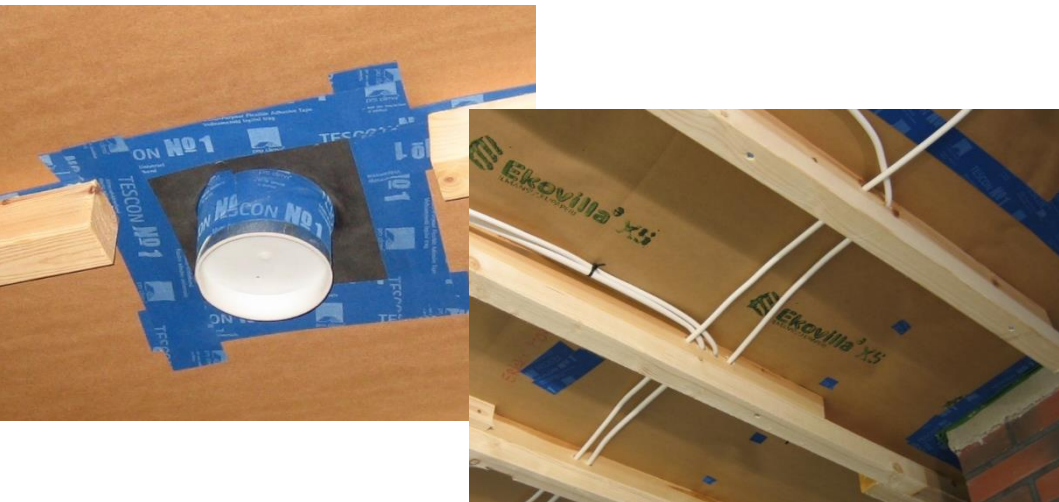


## • Ilmatiiveysluku

- Ilmoitetaan 50 Pa alipaineessa
- Suhteutettu rakennuksen pinta-alaan ( $q_{50}$ ) tai tilavuuteen ( $n_{50}$ )
- Kertoo rakentamisen laadusta yhdestä näkökulmasta
- E-luku laskennassa 4, jos ei mitata
- Hyvä ilmatiiveys mahdollistaa talon ilmanvaihdon hallittua reittiä pitkin oli talossa painovoimainen tai koneellinen ilmanvaihto
- Minimoidaan kosteusriskit
- Ilmatiiveys ja hengittävyys on eri asia

Lähde: *Insinööritoimisto  
Jani Laine*

**Kuva.** Läpiviennit tehdään kunnolla. Johtimet voi vetää sisäpuolella.



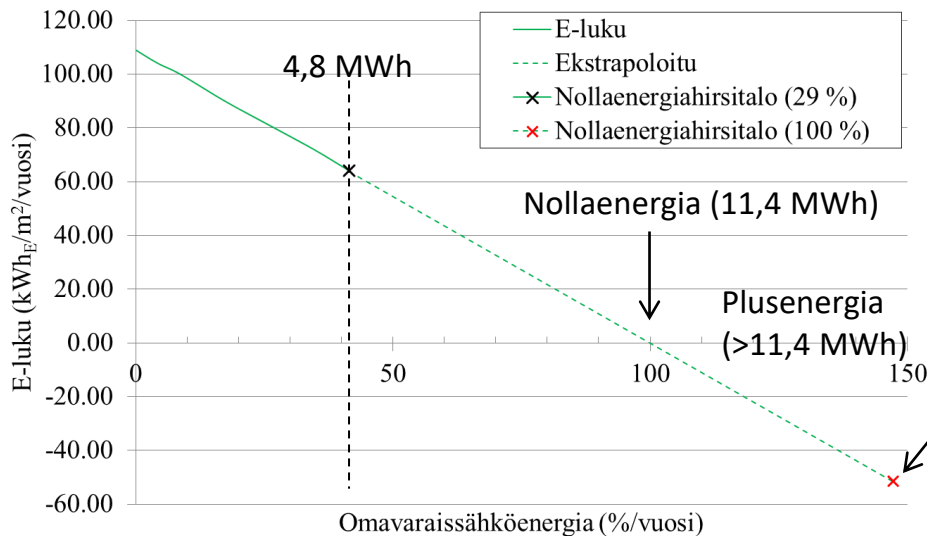
# E-luku

	Energiatodistuksen luokka
<b>A</b>	<b>A</b>
<b>B</b>	
<b>C</b>	
<b>D</b>	
<b>E</b>	
<b>F</b>	
<b>G</b>	

Uudisrakennusten määräystaso 2012

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)  $51 \text{ kWh}_E / (\text{m}^2\text{vuosi})$

**Kuva.** Nollaenergiarahjan E-luku nyky määräysten mukaan.



**Kuva.** E-luku omavaraissähköenergian mukaan.

- Uusiutuva energia energiatodistuksessa
  - Aurinkosähkö 5,0 MWh (17,0 MWh)
  - Maalämpö 9,1 MWh
  - Puu 6,7 MWh
- E-luvussa otetaan huomioon maks. 4,8 MWh omaa sähkön tuotantoa
- Nollaenergiarahja 11,4 MWh (E-luku 0)
- Nollaenergiarahjan taseraja, kun kaikki tuotettu sähkö otetaan huomioon
  - Energia -5,6 MWh
  - E-luku -51
- **Laskelman mukaan talosta tulee plusenergiatalo**

Nollaenergiarahja (17,0 MWh)

Lähde: Insinööritoimisto Jani Laine

# Käytännön kokemukset tähän mennessä, vuosi 2017–2021

# Sähkö kk-tasolla

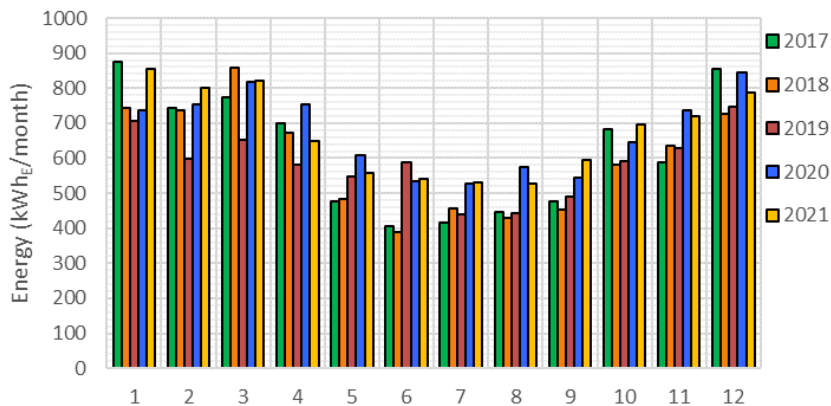
- Kiinteistöakulla omavaraisuusaste mahdollista nostaa yli 60 %:in.
- Sähköautolla omakäyttöaste ylös.



## Plusenergiatalo +200%

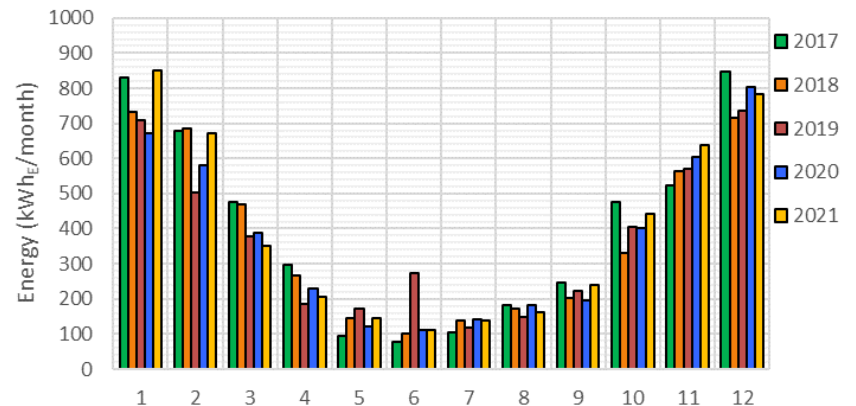
Year	Consump. (kWh)	Production (kWh)	Own use (kWh)	Grid (kWh)	Sold (kWh)	Net (kWh)	Net (kWh/m <sup>2</sup> )	Cost (eur/a)	Grid <sub>avg.</sub> (c/kWh)	Sold <sub>avg.</sub> (c/kWh)
2017	7443	16584	2608	4835	13976	-9141	-41	176	9.78	3.43
2018	7172	18129	2644	4528	15485	-10957	-50	-53	11.64	5.03
2019	7015	17274	2594	4421	14680	-10259	-46	93	12.07	4.57
2020	8070	18691	3639	4431	15053	-10621	-48	207	10.09	3.13
2021	8076	17272	3338	4737	13933	-9196	-42	64	16.56	6.85
<b>Avg.</b>	7555	17590	2965	4591	14625	-10035	-45	97	12.03	4.60

Electricity consumption



Kuva. Sähkön kulutus.

Grid

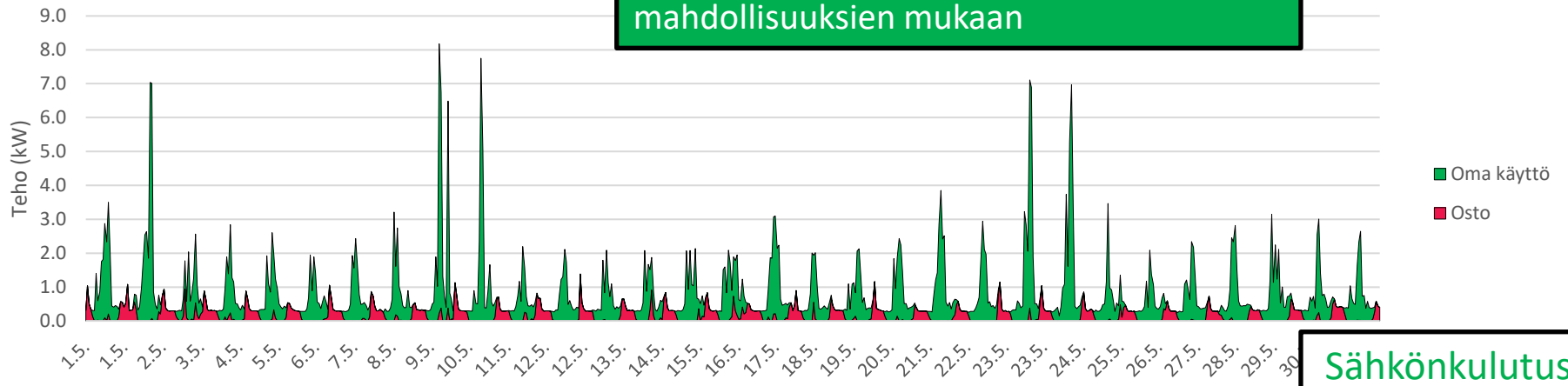


Kuva. Ostosähkö.

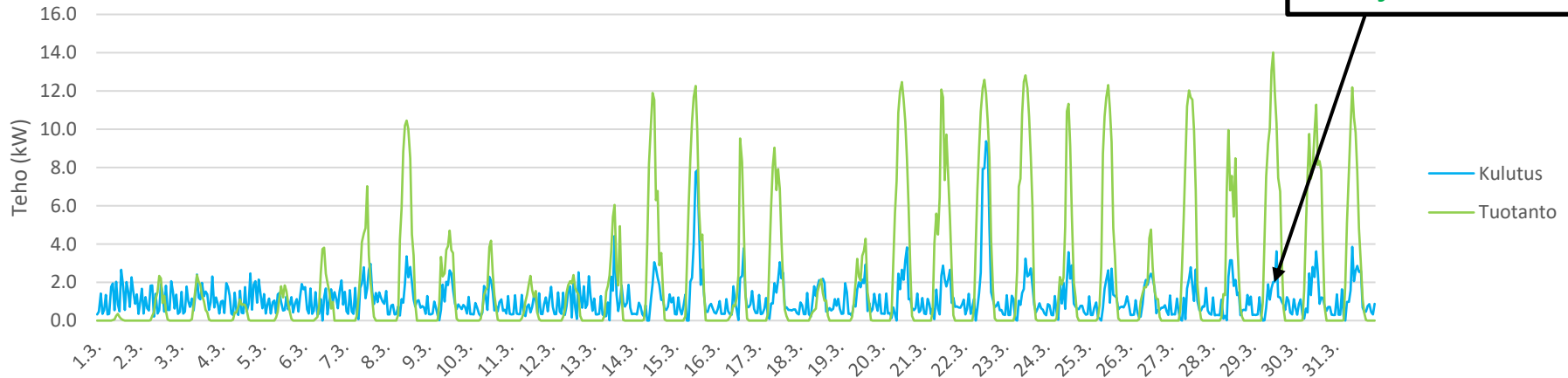


# Sähkö tuntitasolla

Käyttövesi ja lämmitysenergia tuotettu aurinkosähköllä ja lämpöpumpulla mahdollisuuksien mukaan



**Kuva.** Ostosähkö vs. omakäyttö (121 kWh vs. 486 kWh).



**Kuva.** Kulutus vs. tuotanto.

Sähkönkulutus  
maksimoitu  
ohjauksella.

# Ilmanvaihto

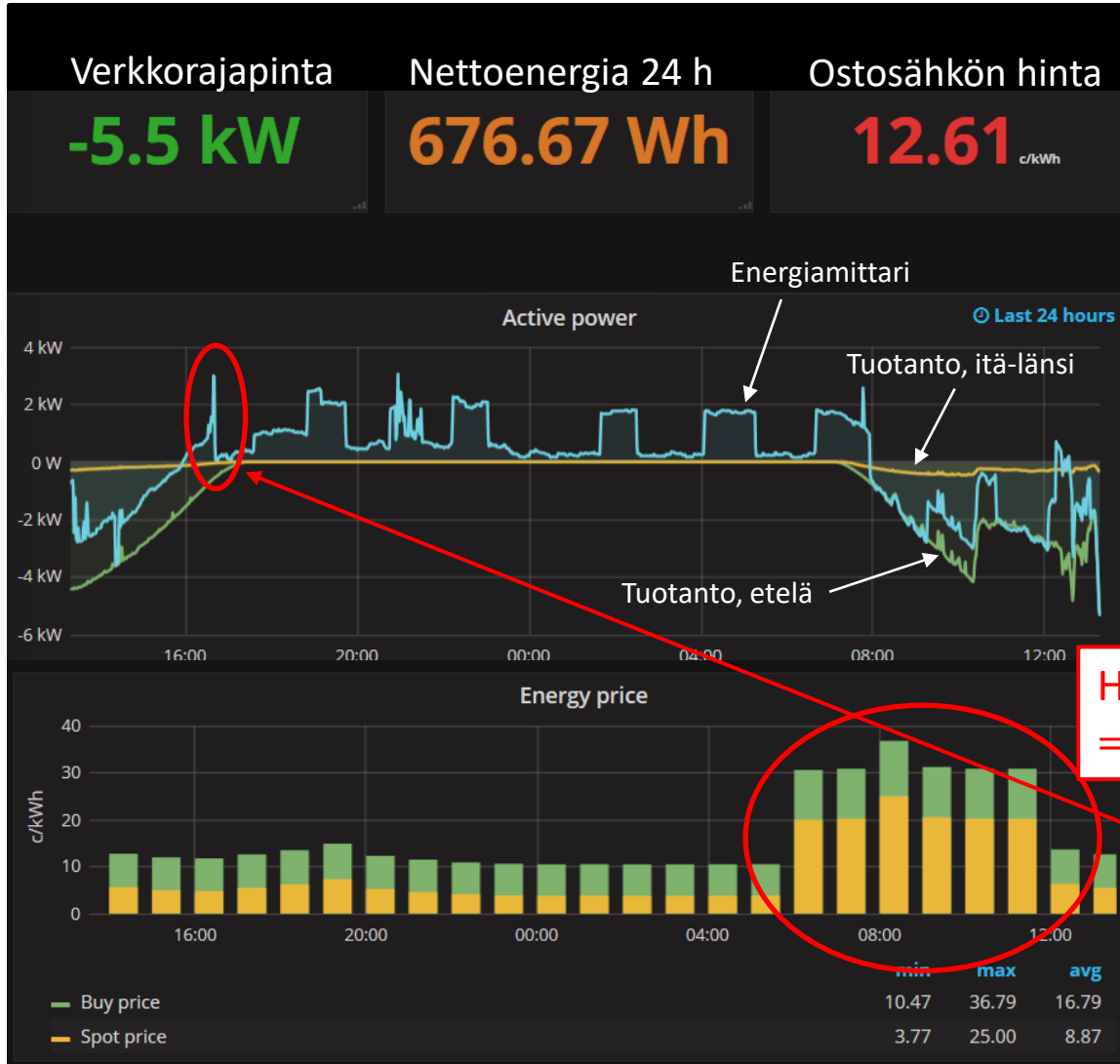
Kesä



Talvi



# Kylmä päivä 28. helmikuuta 2018



**Tehon tarve maksaa tulevaisuudessa – Tehon suhteen tehokkaat talot**

**Huippuhinta Suomessa ⇒ huippukulutus**

**Kahvinkeitin ottaa enemmän tehoa kuin maalämpöpumppu tässä talossa!**

# Tiedotus



## • Esitykset

- Sisäministeri, Maria Ohisalo – 22.9.2020
- Vaasa EnergyWeek, Energy & Buildings – Zero-energy log house – From words to deeds, 23.3.2018
- Aurinkoseminaari, Saimaan LVI-yhdistys ry – Nollaenergiaa auringosta – Ehkä etelässä, ei toimi meillä?, 20.4.2017
- Electrical Engineering in Wind and Solar Systems – LUT opintojakso, 2016–2017
- Tuuli- ja aurinkovoimateknologia ja liiketoiminta – LUT opintojakso, 2016–
- Energy efficiency – LUT opintojakso, 2017–
- Rakentajat virran varrella – Kalamarkkinat, 24.–25.9.2016 & 29.9.2018
- Energianeuvonnan teemapäivät – Ajankohtaista energiasta, 27.10.2015

## • Sanomalehdet

- Helsingin Sanomat 16.7.2019 – Yhä useampi katto peittyy paneeleihin
- Kouvola Sanomat, Kymen Sanomat, Länsi-Savo 4.8.2018; Etelä-Saimaa 6.8.2018 – Talon toimii auringon voimalla
- Uutisuutuksi 17.9.2016 – Talon kuin Meltolan energia
- Omakoti Itä-Suomi 1/2016 – Talon tuottaa enemmän kuin kuluttaa

## • Lehdet

- Meidän Talo 4/2018 – Aurinkoinen tulevaisuus
- Apu 45/2021 – Auringosta irti enemmän
- PV Magazine
  - [Batteries and hydrogen to make residential off-grid PV technically feasible](#)
  - [Photovoltaics and geothermal heat pumps for domestic hot water heating](#)
  - [Residential batteries are less profitable than selling excess power to the grid](#)

## • Internet

- Greenreality-koti – <https://www.greenreality.fi/kodit/kososen-ja-keskisaaren-perhe>
- Energiakokeilut – <http://energiakokeilut.fi/node/158>
- Asu Imatralla, Meltola - <http://www.asuimatralla.fi/>
- Some – yhteistyökumppanit
- [Energiatehokkaan talon voi rakentaa myös hirrestä – energian omatuotanto korvaa lisäeristyksen](#), YLE, 1.4.2016

## • Televisio/radio

- Yle Uutiset Etelä-Karjala, radio 1.4.2016
- Yle Radio Suomi, 1.4.2016
- Yle Uutiset Kaakkois-Suomi, 1.4.2016
- Yle Uutiset 20.30, 1.4.2016



## Batteries and hydrogen to make residential off-grid PV technically feasible

Researchers in Finland have demonstrated the technical feasibility of an off-grid residential PV system combined with short-term battery storage and seasonal hydrogen storage. The proposed model is applicable only to northern climates, as higher levels of solar radiation in southern locations would mean a reduced need for seasonal storage. It was tested in an existing single-family house in Finland with a 21 kW rooftop array and a ground source 6 kW heat pump.

DECEMBER 18, 2020 EMILIANO BELLINI

DISTRIBUTED STORAGE HYDROGEN RESIDENTIAL PV TECHNOLOGY AND R&D FINLAND



Image: Hans, pixabay

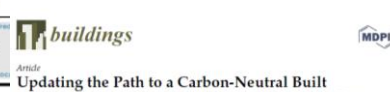


# Lisätietoa julkaisuissa

- Talo voisi toimia irtautuneena sähköverkosta ja tuottaa kaiken käyttämänsä energian.
- Elinkaaripäästöt energian osalta 26,4 t (CO<sub>2</sub>e) ja myyntisähkö huomioiden -42,3 t (CO<sub>2</sub>e)



- A. Kosonen, A. Keskiäsaari, Zero-energy log house – Future concept for an energy efficient building in the Nordic conditions, *Energy Buildings* 228 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110449>.
- A. Kosonen, A. Keskiäsaari, Dataset from the zero-energy log house project, *Data Brief* 33 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106509>.
- P. Puranen, A. Kosonen, J. Ahola, Technical feasibility evaluation of a solar PV based off-grid domestic energy system with battery and hydrogen energy storage in northern climates, *Solar Energy* 213 (2021) 246–259. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.10.089>.
- P. Puranen, A. Kosonen, J. Ahola, Techno-economic viability of energy storage concepts combined with a residential solar photovoltaic system: A case study from Finland, *Appl. Eng.* 298 (2021) 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117199>.
- J. Knuutinen, H. Bööck, V. Ruuskanen, A. Kosonen, P. Immonen, J. Ahola, Ground source heat pump control methods for solar photovoltaic-assisted domestic hot water heating, *Renew. Energy* 177 (2021) 732–742. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.139>.
- M. Vinokurov, K. Grönman, A. Kosonen, M. Luoranen, R. Soukka, Updating path to carbon neutral built environment – What should a single builder do?, *Buildings* 8 (2018) 1–20. <https://doi.org/10.3390/buildings8080112>.



Zero-energy log house – Future concept for an energy efficient building in the Nordic conditions  
Antti Kosonen<sup>a</sup>, Anna Keskiäsaari<sup>a</sup>  
<sup>a</sup>Lappeenranta-Lautta University of Technology, 01501 Lappeenranta, Finland

Technical feasibility evaluation of a solar PV based off-grid domestic energy system with battery and hydrogen energy storage in northern climates  
Pietari Puranen<sup>a</sup>, Antti Kosonen, Jero Ahola  
<sup>a</sup>LUT University, P.O. Box 20, FIN-01501 Lappeenranta, Finland

Techno-economic viability of energy storage concepts combined with a residential solar photovoltaic system: A case study from Finland  
Pietari Puranen<sup>a</sup>, Antti Kosonen, Jero Ahola  
<sup>a</sup>LUT University, P.O. Box 20, FIN-01501 Lappeenranta, Finland

Ground source heat pump control methods for solar assisted domestic hot water heating  
Jere Knuutinen<sup>a</sup>, Herman Bööck<sup>b</sup>, Vera Ruuskanen<sup>a</sup>, Antti Kosonen<sup>a</sup>, Jero Ahola<sup>a</sup>  
<sup>a</sup>LUT University, P.O. Box 20, FIN-01501 Lappeenranta, Finland  
<sup>b</sup>Energy Research Institute, P.O. Box 100, FIN-00001, Helsinki, Finland

Updating the path to a carbon-neutral built environment – What should a single builder do?  
Mihail Vinokurov<sup>a</sup>, Kaisa Grönman<sup>a</sup>, Antti Kosonen, Mika Luoranen and Risto Soukka  
<sup>a</sup>LUT School of Energy Systems, Lappeenranta University of Technology, 01501 Lappeenranta, Finland  
<sup>b</sup>Energy Research Institute, P.O. Box 100, FIN-00001, Helsinki, Finland  
\* Correspondence: mihail.vinokurov@lut.fi; Tel.: +358-50-440-1333

Received: 6 July 2018; Accepted: 16 August 2018; Published: 27 August 2018

**ARTICLE INFO**  
Received: 1 March 2020  
Revised: 10 September 2020  
Accepted: 10 August 2021  
Available online: 1 September 2021

**ARTICLE INFO**  
Received: 18 September 2020  
Revised: 2 November 2020  
Accepted: 3 November 2020  
Available online: 7 November 2020

**ARTICLE INFO**  
Received: 18 September 2020  
Revised: 2 November 2020  
Accepted: 3 November 2020  
Available online: 7 November 2020

**ARTICLE INFO**  
Received: 18 September 2020  
Revised: 2 November 2020  
Accepted: 3 November 2020  
Available online: 7 November 2020

**ARTICLE INFO**  
Received: 18 September 2020  
Revised: 2 November 2020  
Accepted: 3 November 2020  
Available online: 7 November 2020

**ARTICLE INFO**  
Received: 18 September 2020  
Revised: 2 November 2020  
Accepted: 3 November 2020  
Available online: 7 November 2020

**1. Introduction**  
It is generally assumed that a zero-energy house is equivalent to a passive house, or correspondingly, the only way to shift to the zero-energy class is to start from a passive house. This study provides an alternative way of thinking about the building architecture by taking an energy efficiency approach. It is demonstrated that a house can meet the criteria of a net-zero-energy building with energy production of its own and by applying other energy technical solutions even if the building envelope (envelope) is in compliance with the national regulations. The similar idea to focus the investments on renewable energy production technologies and technical systems of the buildings instead of investing in major renovations of the building envelope has been almost omnipresent in renovation of different building types in the Finnish climate towards zero-energy buildings (ZEB) in [1]. The European Union is pushing the construction industry towards lower emissions by the nZEB regulations, which aim at more energy efficient buildings at the national level after 2020 at the latest. In the European Union, 27% of all energy is consumed

**1. Introduction**  
It is generally assumed that a zero-energy house is equivalent to a passive house, or correspondingly, the only way to shift to the zero-energy class is to start from a passive house. This study provides an alternative way of thinking about the building architecture by taking an energy efficiency approach. It is demonstrated that a house can meet the criteria of a net-zero-energy building with energy production of its own and by applying other energy technical solutions even if the building envelope (envelope) is in compliance with the national regulations. The similar idea to focus the investments on renewable energy production technologies and technical systems of the buildings instead of investing in major renovations of the building envelope has been almost omnipresent in renovation of different building types in the Finnish climate towards zero-energy buildings (ZEB) in [1]. The European Union is pushing the construction industry towards lower emissions by the nZEB regulations, which aim at more energy efficient buildings at the national level after 2020 at the latest. In the European Union, 27% of all energy is consumed

**1. Introduction**  
It is generally assumed that a zero-energy house is equivalent to a passive house, or correspondingly, the only way to shift to the zero-energy class is to start from a passive house. This study provides an alternative way of thinking about the building architecture by taking an energy efficiency approach. It is demonstrated that a house can meet the criteria of a net-zero-energy building with energy production of its own and by applying other energy technical solutions even if the building envelope (envelope) is in compliance with the national regulations. The similar idea to focus the investments on renewable energy production technologies and technical systems of the buildings instead of investing in major renovations of the building envelope has been almost omnipresent in renovation of different building types in the Finnish climate towards zero-energy buildings (ZEB) in [1]. The European Union is pushing the construction industry towards lower emissions by the nZEB regulations, which aim at more energy efficient buildings at the national level after 2020 at the latest. In the European Union, 27% of all energy is consumed

**1. Introduction**  
It is generally assumed that a zero-energy house is equivalent to a passive house, or correspondingly, the only way to shift to the zero-energy class is to start from a passive house. This study provides an alternative way of thinking about the building architecture by taking an energy efficiency approach. It is demonstrated that a house can meet the criteria of a net-zero-energy building with energy production of its own and by applying other energy technical solutions even if the building envelope (envelope) is in compliance with the national regulations. The similar idea to focus the investments on renewable energy production technologies and technical systems of the buildings instead of investing in major renovations of the building envelope has been almost omnipresent in renovation of different building types in the Finnish climate towards zero-energy buildings (ZEB) in [1]. The European Union is pushing the construction industry towards lower emissions by the nZEB regulations, which aim at more energy efficient buildings at the national level after 2020 at the latest. In the European Union, 27% of all energy is consumed

**1. Introduction**  
It is generally assumed that a zero-energy house is equivalent to a passive house, or correspondingly, the only way to shift to the zero-energy class is to start from a passive house. This study provides an alternative way of thinking about the building architecture by taking an energy efficiency approach. It is demonstrated that a house can meet the criteria of a net-zero-energy building with energy production of its own and by applying other energy technical solutions even if the building envelope (envelope) is in compliance with the national regulations. The similar idea to focus the investments on renewable energy production technologies and technical systems of the buildings instead of investing in major renovations of the building envelope has been almost omnipresent in renovation of different building types in the Finnish climate towards zero-energy buildings (ZEB) in [1]. The European Union is pushing the construction industry towards lower emissions by the nZEB regulations, which aim at more energy efficient buildings at the national level after 2020 at the latest. In the European Union, 27% of all energy is consumed

**1. Introduction**  
It is generally assumed that a zero-energy house is equivalent to a passive house, or correspondingly, the only way to shift to the zero-energy class is to start from a passive house. This study provides an alternative way of thinking about the building architecture by taking an energy efficiency approach. It is demonstrated that a house can meet the criteria of a net-zero-energy building with energy production of its own and by applying other energy technical solutions even if the building envelope (envelope) is in compliance with the national regulations. The similar idea to focus the investments on renewable energy production technologies and technical systems of the buildings instead of investing in major renovations of the building envelope has been almost omnipresent in renovation of different building types in the Finnish climate towards zero-energy buildings (ZEB) in [1]. The European Union is pushing the construction industry towards lower emissions by the nZEB regulations, which aim at more energy efficient buildings at the national level after 2020 at the latest. In the European Union, 27% of all energy is consumed