

„Изменение климата и управление сферой энергетики  
на уровне местного самоуправления“

Игорь Крупенский

HeatConsult OÜ  
Juhatuses liige  
Eur Ing, Ph.D

Tallinna Tehnikaülikool  
Energiatehnoloogia Instituut, lektor

26.05.2022

# Kes olen mina? (Igor)

## Haridus



- 2010** TalTech, soojusenergeetika (doktorikraad)
- 2011** TalTech, tehnikaõpetaja (magistrikraad)
- 2013** TalTech, ärikorraldus MBA (magistrikraad)

## Töökogemus



- 2011 - ...** Tallinna Tehnikaülikooli lektor (energeetika)  
Õppetöö, teadustöö, lõputööde juhendamine
- 2011 - ...** HeatConsult OÜ / Fimpec (Soome)  
Insener (energeetika), kaasasutaja
- 09.2022 - ...** Eesti Inseneride Liidu president

## Kutsetunnistused



- 2013** Euroopa Insener (EUR ING) - nr. 32181
- 2012** Rahvusvaheline insenerpedagoog (IGIP) - nr. EE-34
- 2010** Nominant Vabariigi Presidendi noore teadlase teaduspreemiaks
- 2009** Volitatud soojusenergeetikainsener - 8 tase, nr. 096048

## Muu tegevus



- ESTIS-e juhatuse liige ja kutsekomisjoni esimees
- TalTech spordinõukogu liige
- EOK maletreenerite kutsekomisjoni esimees
- Eesti Maletõetusühingu nõukogu liige
- Maleakadeemia Vabaettur juhatuse liige

# Какой вид энергии потребляем больше всего?

## Эстония / Европейский Союз



Elektrienergia



Soojusenergia

Küte, soe vesi, tööstus



Transport

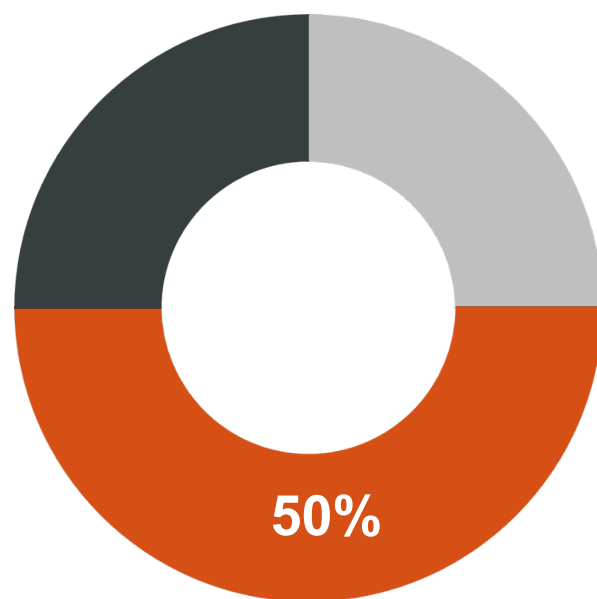


Jahutusenergia

Jahutus, tööstus

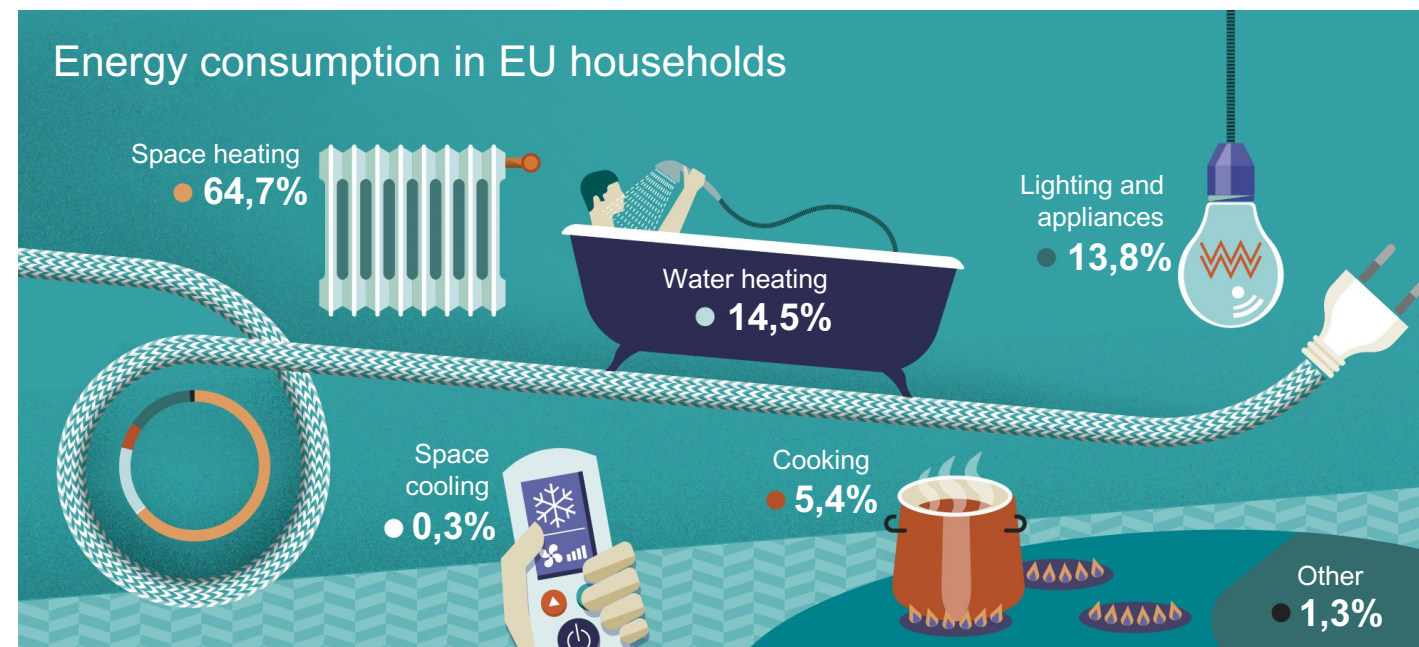
# Потребление энергии в зданиях

**Heating & Cooling** represents **50%** of the EU total annual energy consumption



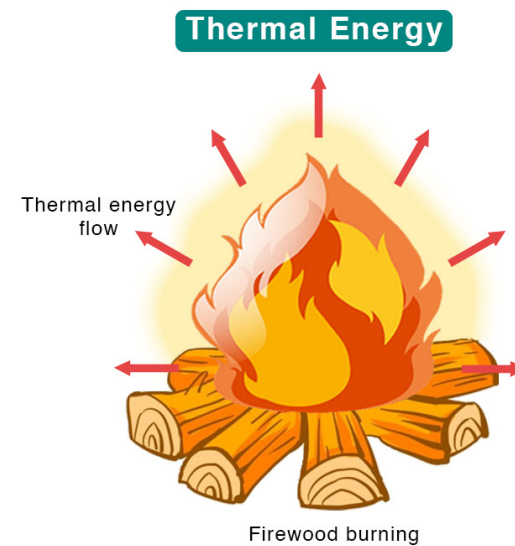
● Electricity ● Transport ● Heat

**Heating & Hot water**, in EU households account for **79%** of total final energy use



[ec.europa.eu/eurostat](https://ec.europa.eu/eurostat)

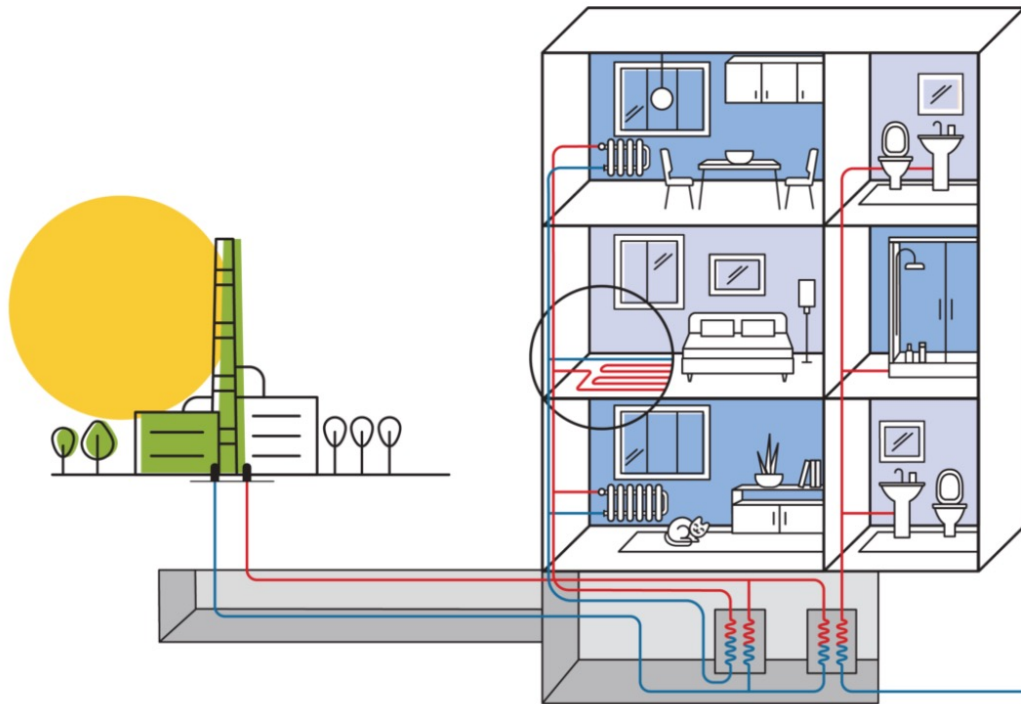
# Тепловая энергия



ScienceFacts.eu

# Центральное теплоснабжение

Allikas: Utilitas, Riigiteataja



Kaugküte ja soojussõlm

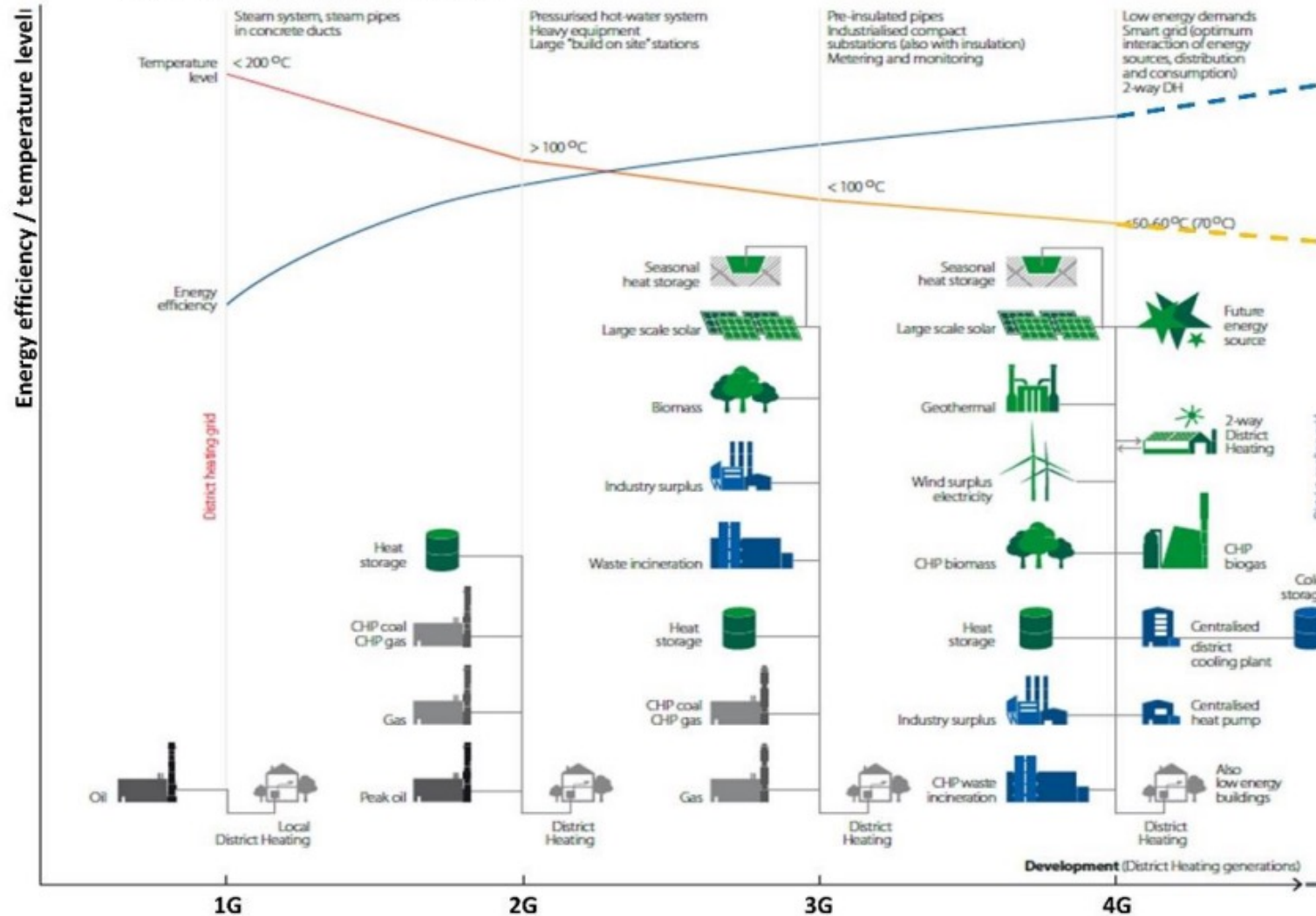


(4<sup>1</sup>) Kaugküttepiirkonnas võivad tarbijad lisaks kaugküttevõrgust saadavale soojusele osta ka kütusevabadest ja taastuvatest allikatest muundatud soojusenergiat selle tootjatelt.

12) kütusevabad taastuvad allikad on päikeseenergia ja sellest muundatud soojusenergia, tuuleenergia ja sellest muundatud soojusenergia, maasoojus ja sellest muundatud soojusenergia, kasutades selleks taastuvallikaist valmistatud elektrienergiat, hoones kasutatud ja sealt (ventilatsiooni, kanalisatsiooni jms kaudu) eralduv soojus ja sellest muundatud soojusenergia, kasutades selleks taastuvallikaist muundatud elektrienergiat.

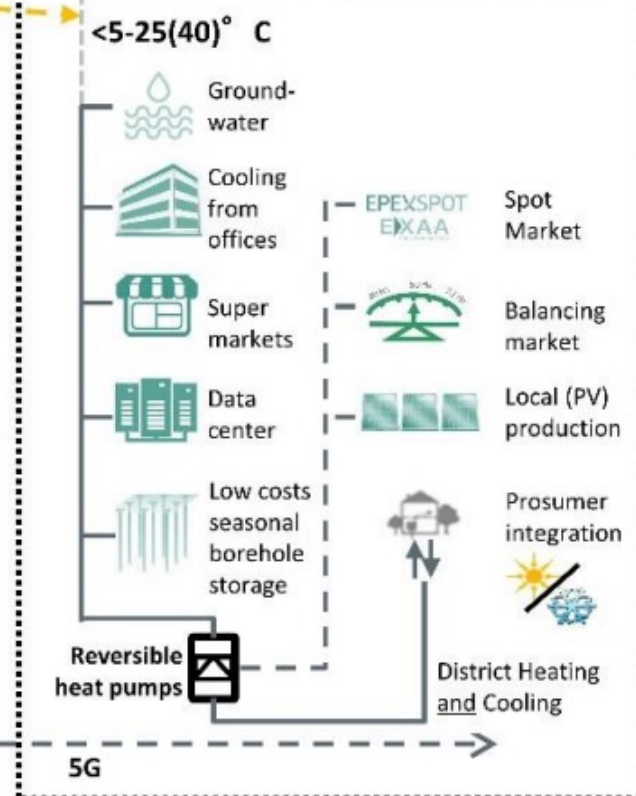
# 4 (5) поколений теплоснабжения

a) Initial concept for the 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> DHC generation  
(Lund, Werner et. al; Energy 68, 2014)



b) Extension to the 5th DHC generation:

Heating and cooling in the same network, neutral network temperatures are enabling bi-directional heat flow, using decentralised heat pumps on the demand side; enabling a full energy system integration in local energy communities and electricity markets



Allikas: S.Werner



# Стоимость центрального теплоснабжения

<https://www.konkurentsiamet.ee/et/vesi-soojus/soojus/kooskolastatud-soojuse-piirhinnad>

## Narva Soojusvõrk AS

Tegevuspiirkond: Narva linn



## Utilitas Tallinn AS

Tegevuspiirkond: Tallinn



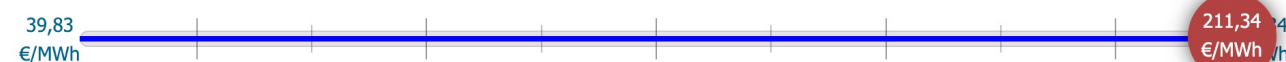
## Adven Eesti AS

Tegevuspiirkond: Tallinn, Kesklinna-Pirita (Kesklinn)



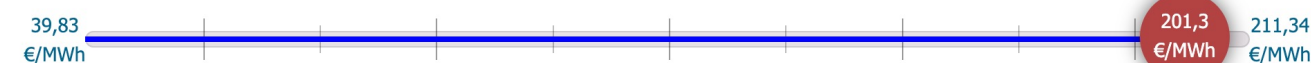
## Rakvere Soojus AS

Tegevuspiirkond: Näpi



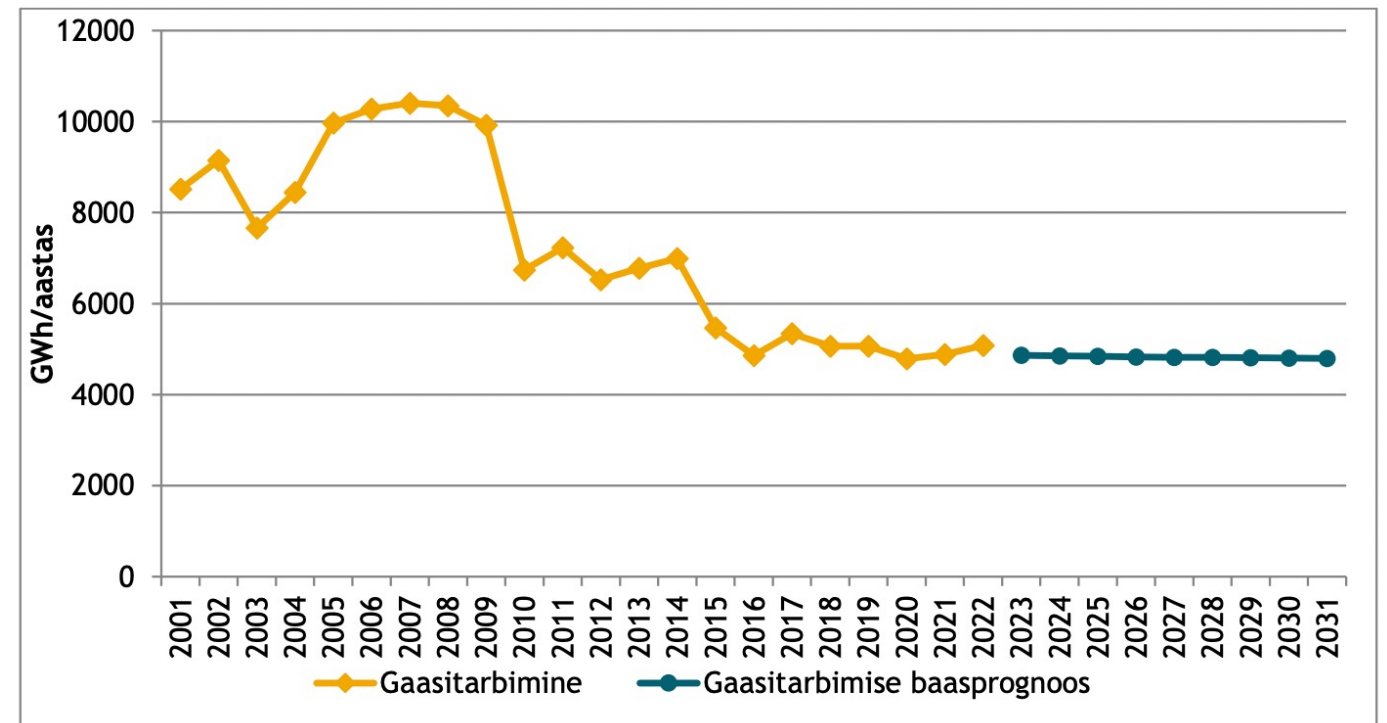
## Adven Eesti AS

Tegevuspiirkond: Vändra





# Природный газ в Эстонии

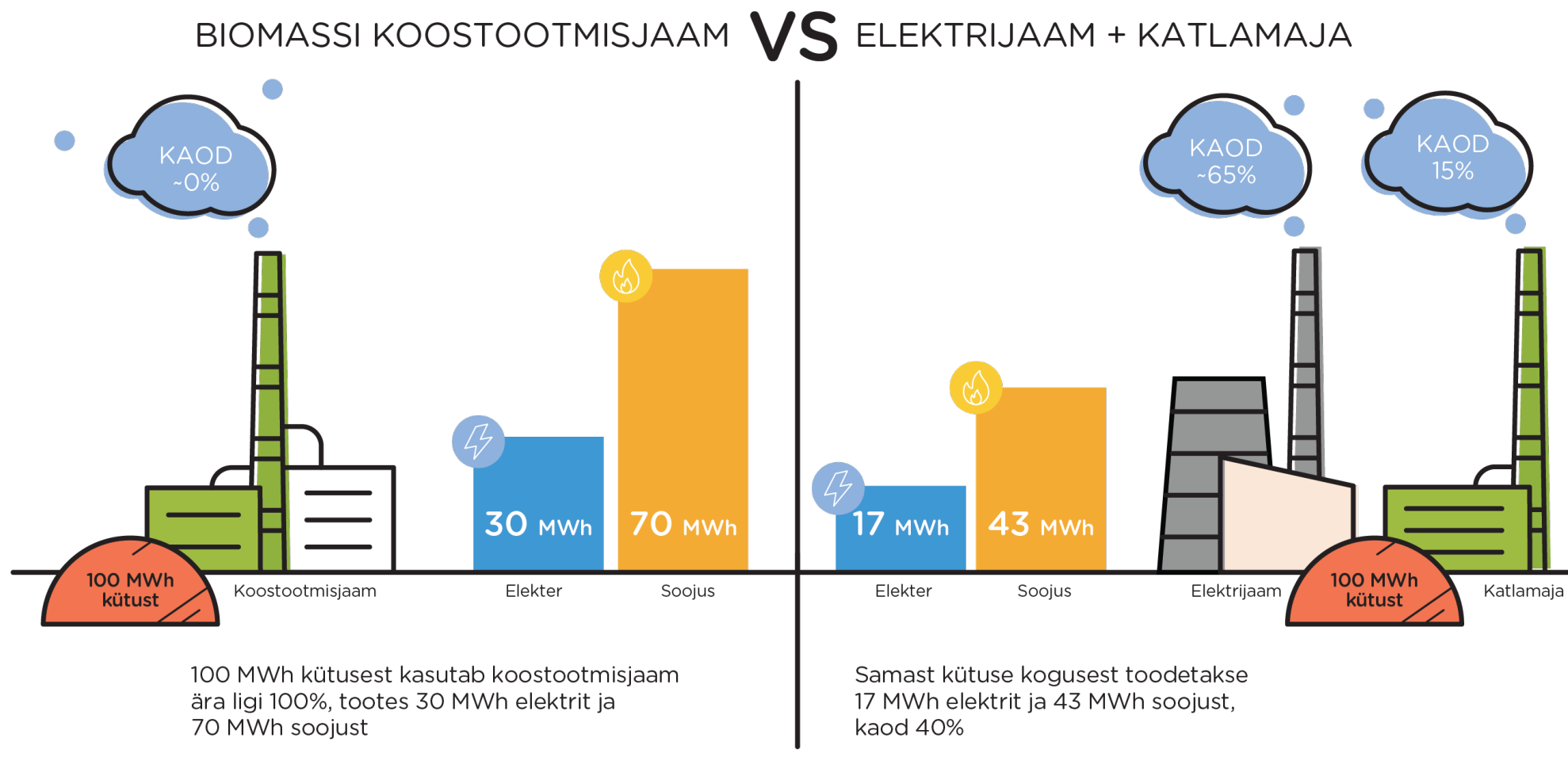


# Сланцевое масло вместо газа?

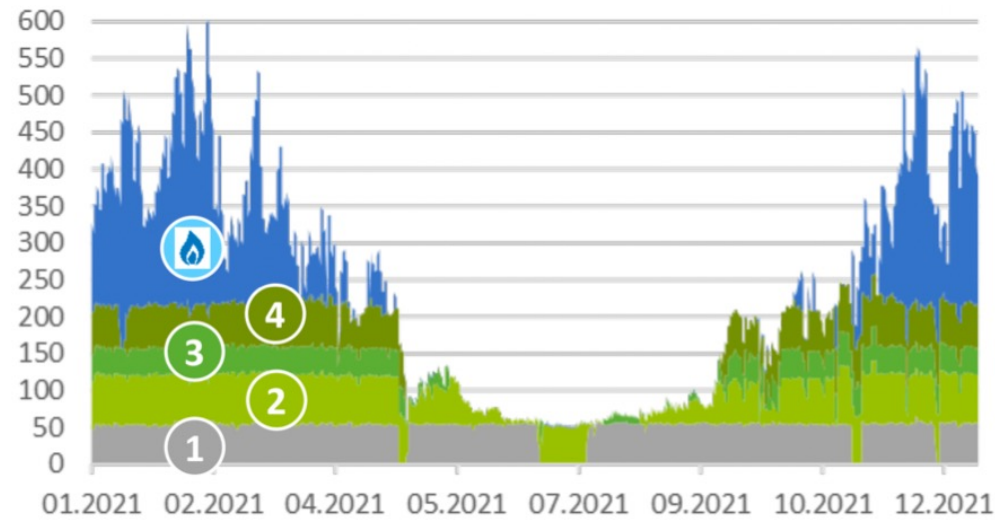


# Теплоэлектростанция (koostootmisjaam)

Koostootmisjaama efektiivsus: 100 MWh kütusest saab:



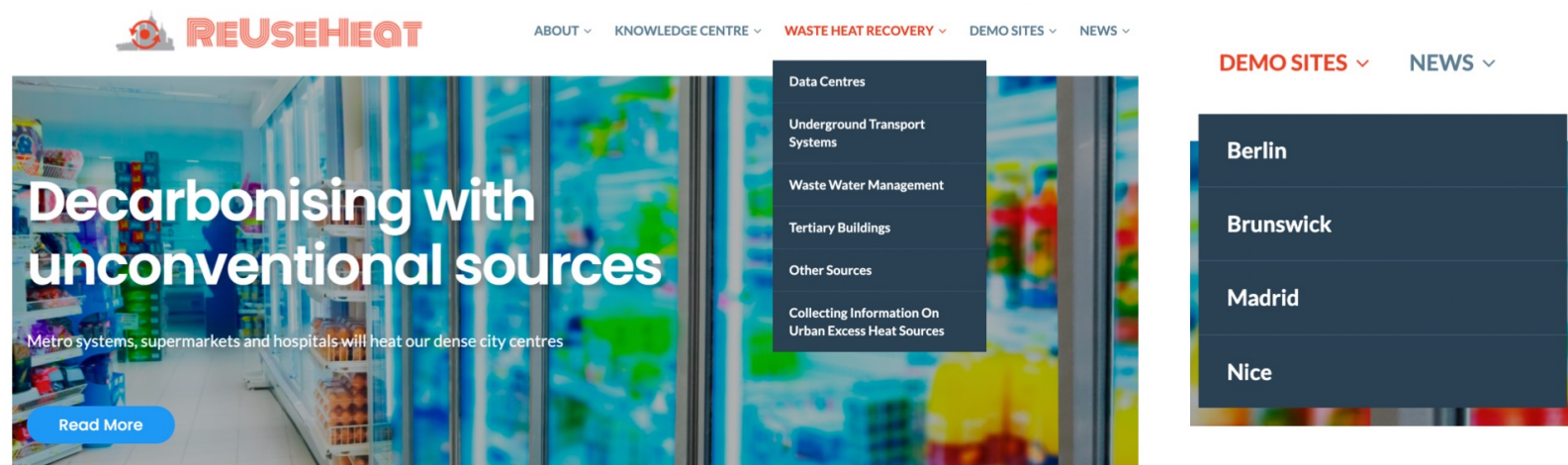
# Тепловые насосы в сети центрального отопления?



JRK.NR	SOOJUSALLIKAS	KÜTUS
1	Enefit Green IRU KTJ	
2	Utilitas Vao 2 KTJ	
3	Utilitas Mustamäe KTJ	
4	Utilitas Vao 1 KTJ	
	Utilitas katlamajad	
	Enefit Green IRU gaasiüksus	



# Остаточное тепло + геотермальная энергия



Finnish geothermal pilot project in Espoo on track to deliver heat in October 2020



## Alvar Soesoo: kas Eesti on maha maganud ühe rohelise energialahenduse?



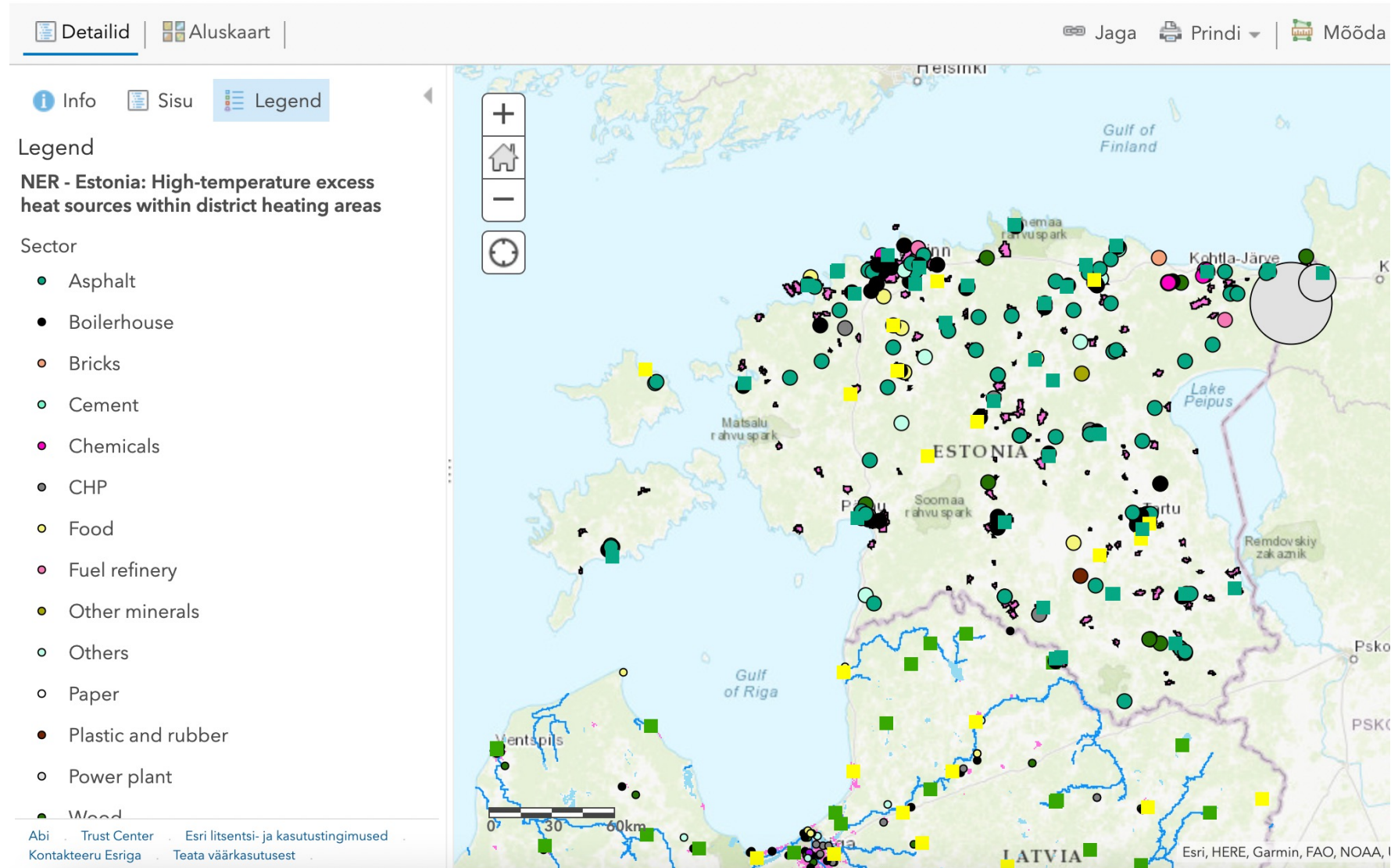
Alvar Soesoo, Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituudi professor  
14. oktoober 2021, 0:02

- Maapõueenergia potentsiaali tuleks kindlasti uurida
- Paljusid lahendusi on ka võimalik Eestis rakendada
- See on oluline võimalus fossiilsete kütuste vähendamiseks

Maasoojus võib anda küttekuludelt olulist kokkuhoidu, kirjutab Taltech'i maavarade ja rakendusgeoloogia professor Alvar Soesoo.

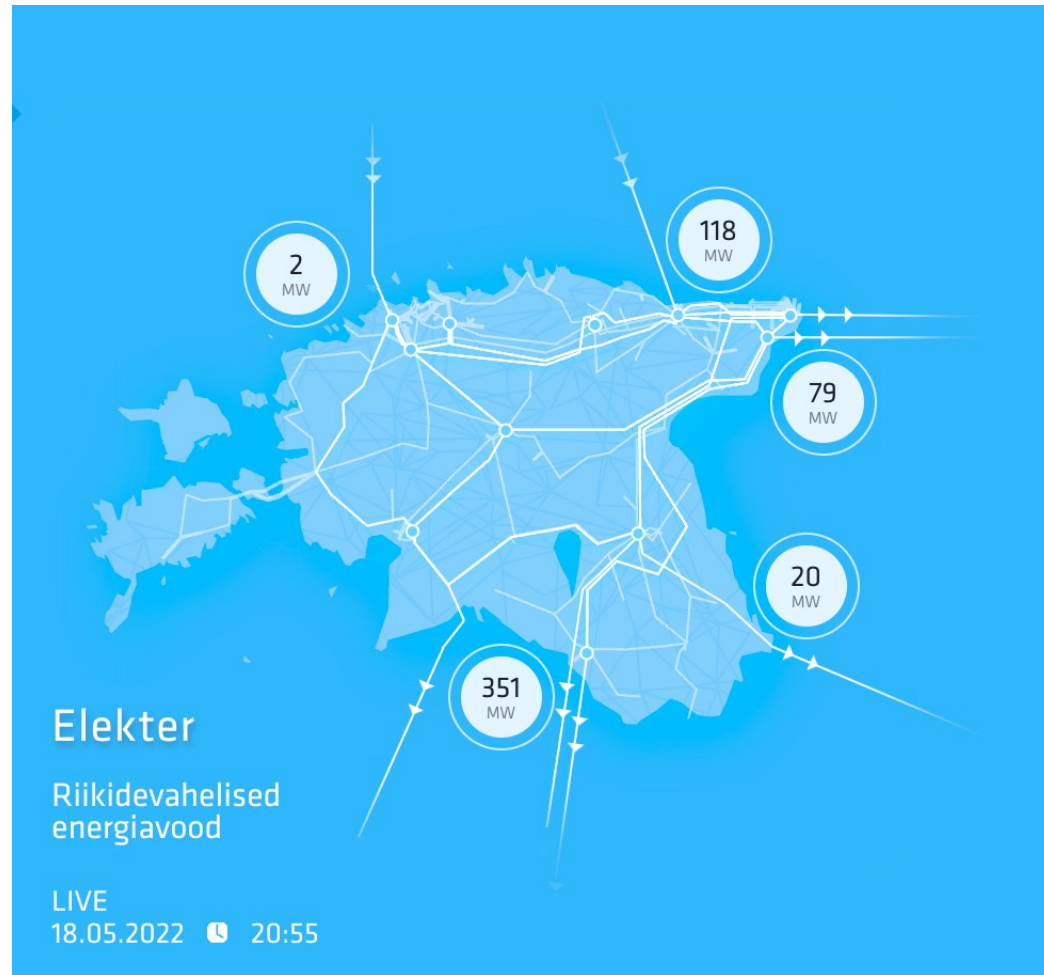
# Потенциал для тепловых насосов

Esileht ▾ Heat sources for large scale heat pumps and district heating in the Baltic

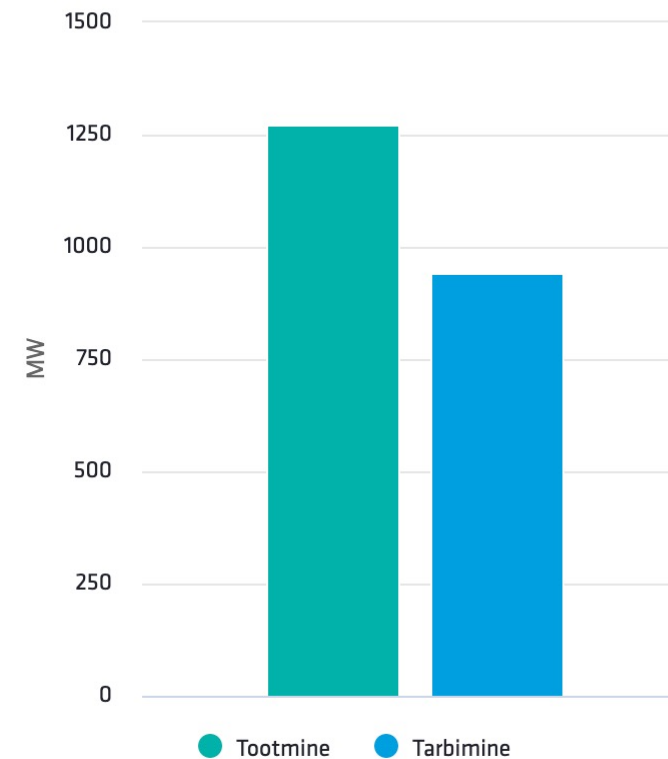


<https://www.nordicenergy.org/publications/heat-pump-potential-in-the-baltic-states/>

# Сеть электроэнергетики



Elektri tootmine ja  
tarbimine

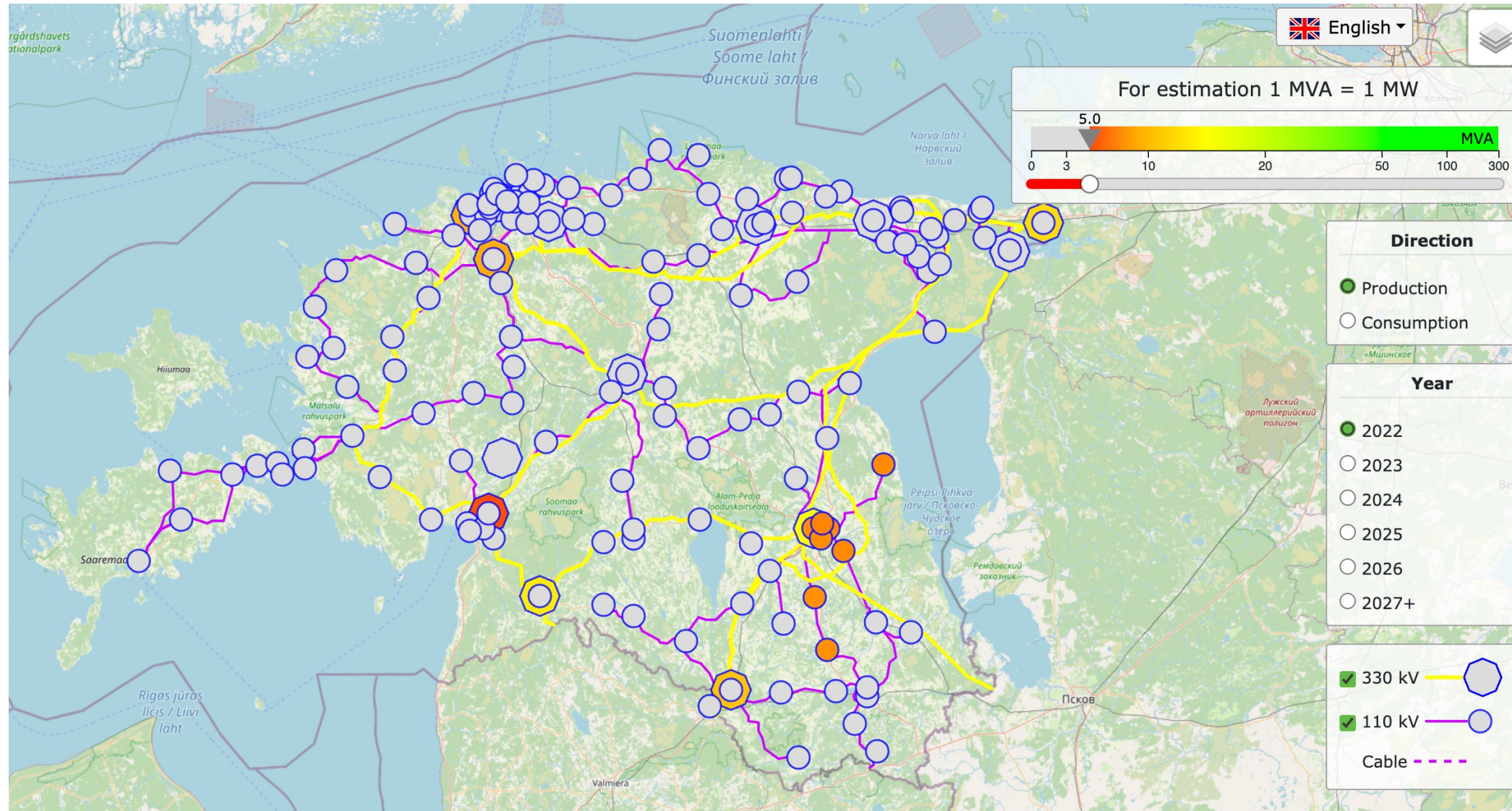


Elektri jooksva tunni hind

**273.28**  
€/MWh

Allikas: Elering

# Свободные мощности для потребления / производства электроэнергии?



<https://vla.elering.ee/?lang=en>



# Paekalda piirkond



17 ha

Arendus 180 000 m<sup>2</sup>  
37 hoonet (korterelamud)

Põrandaküte + soe vesi  
Soojuslik võimsus 15 MW

## LOW TEMPERATURE DISTRICT HEATING NETWORK ENERGY CASCADE CONNECTION TO RETURN LINE OF HIGH TEMPERATURE DISTRICT HEATING NETWORK

I.Krupenski, A.Volkova, A.Ledvanov, E.Latõšov, A.Hlebnikov, K.Lepiksaar, V.Mašatin  
Tallinn University of Technology, HeatConsult OÜ, Utilitas Tallinn AS

# Paekalda *case study*

### Ettekanne:

Smart Energy Systems konverentsil  
Kopenhagenis 2019

### Teadusartikkel (1.1):



Energy  
Volume 198, 1 May 2020, 117304



# Питание нового района от «обратки»

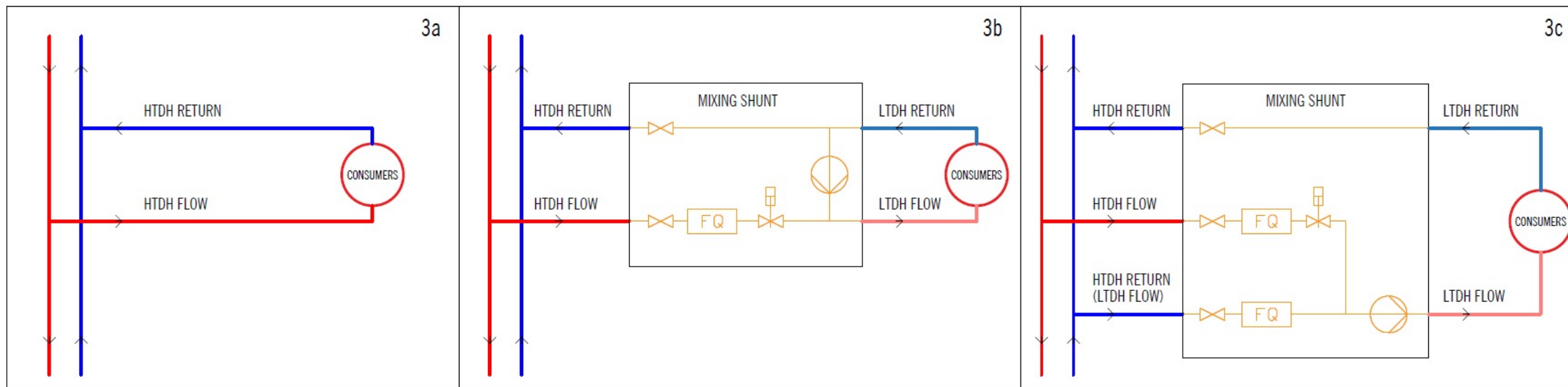


Table 4: Benefits due to 2<sup>nd</sup> option implementation

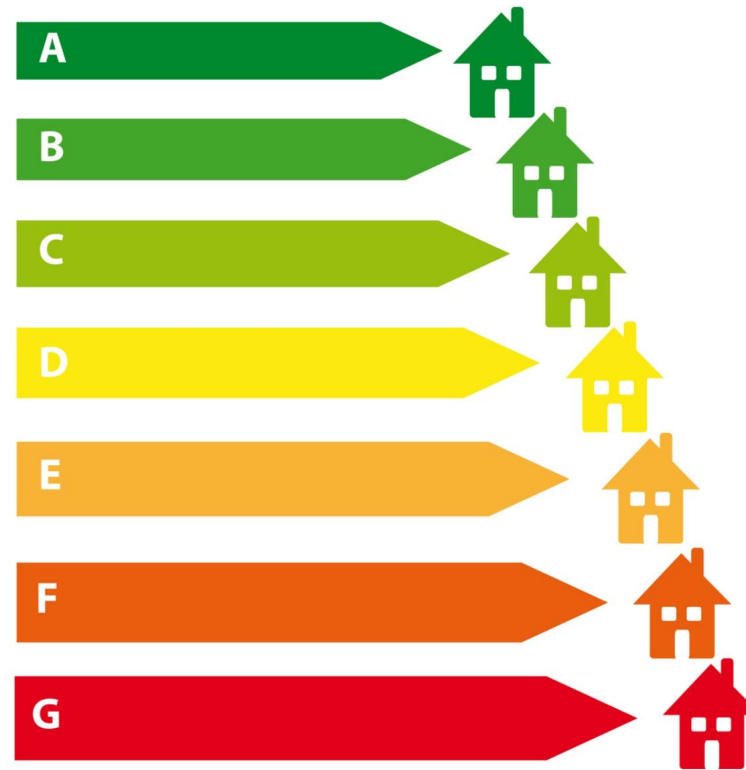
Benefit	Amount	Price	Income
Heat losses decrease in large DH networks	207 MWh	35 EUR/MWh	7 245 EUR
Electricity generation increase	400 MWh <sub>el</sub>	90 EUR/MWh	36 000 EUR
Heat recovery increase in FGC	1015 MWh	35 EUR/MWh	35 525 EUR
Heat loss savings in new LTDHN sector	31 MWh	35 EUR/MWh	1 085 EUR
		Total	79 855 EUR

HTDH: 115 / 70 °C

LTDH: 65 / 35 °C

Option	Piping without fittings (EUR)	Fittings (EUR)	Piping with fittings (EUR)	Pumping station (EUR)	Heat exchangers (EUR)	Total
1	200,246	103,922	304,168	0	41,050	345,218
2	228,488	56,396	284,884	49,100	77,514	411,498

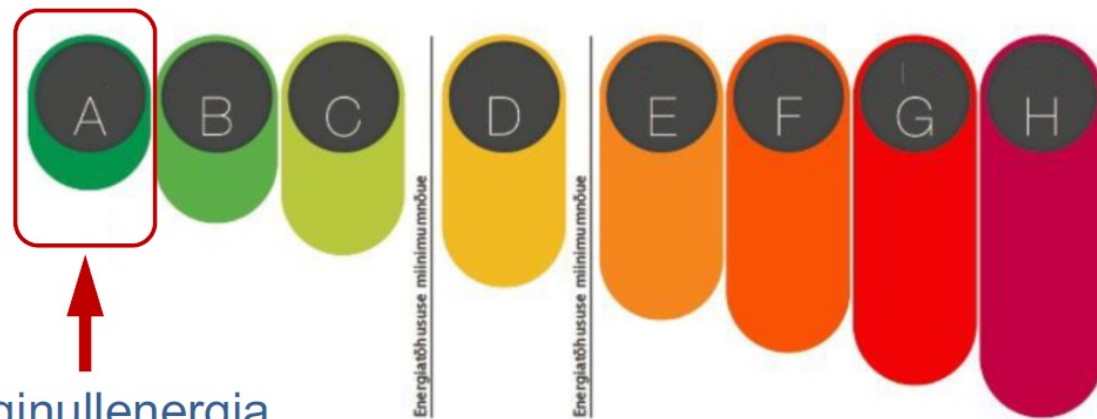
# Энергоэффективность



# Здания почти с нулевым потреблением энергии

## Liginullenergiahoone mõiste

**Liginullenergiahoone** on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone



Liginullenergia

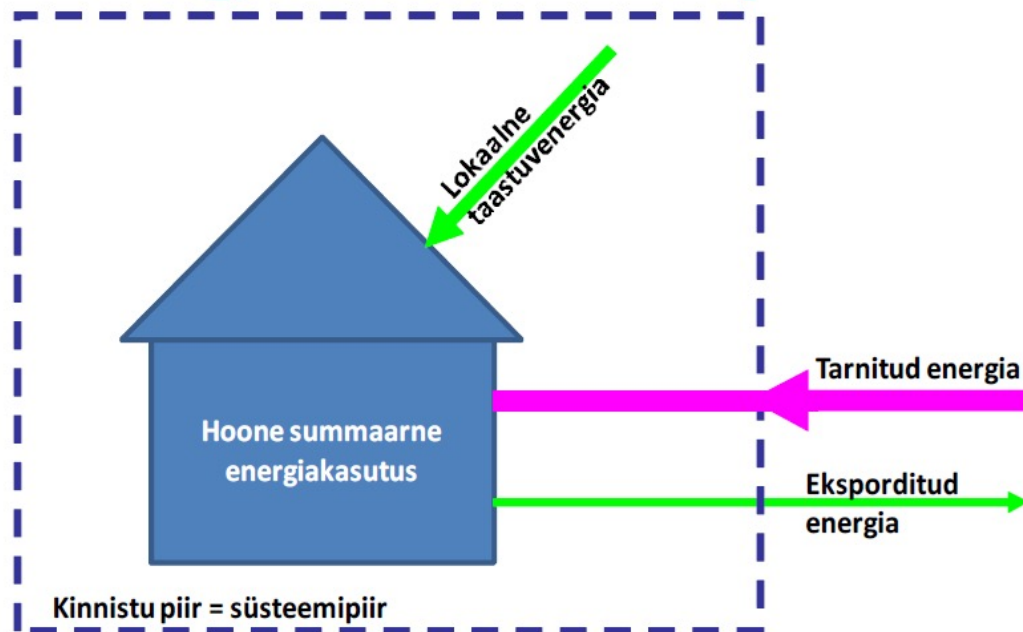
**Madalenergiahoone** on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, **mille puhul ei eeldata lokaalset elektri tootmist taastuenergiaallikast**

## HOONETE ENERGIATÕHUSUSE DIREKTIIV 2010/31/EL

- pärast 31. detsembrit 2018 on uusehitised, mida kasutavad ja omavad riigiasutused, **liginullenergiahooned**
- pärast 31. detsembrit 2020 on kõik uusehitised **liginullenergiahooned**

# Критерии энергоэффективности

## Energiatõhususe põhimõisted



Ühe energiakandja puhul:

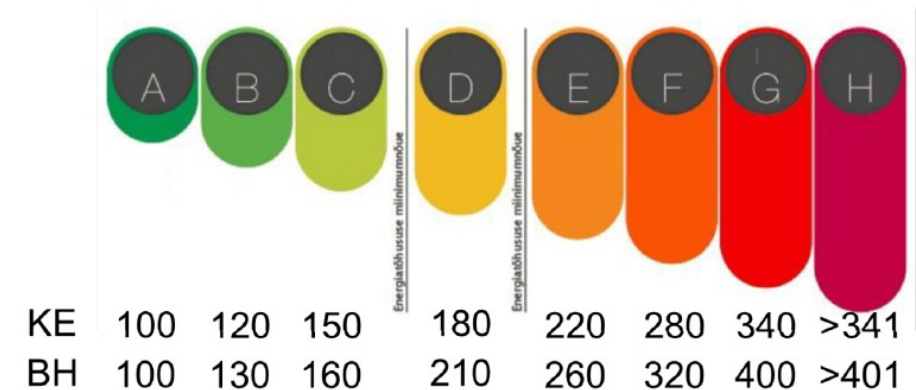
**Tarnitud – eksporditud energia = summaarne energiakasutus – lokaalne taastuv**

Energiatõhususarv ETA,  $i$  – energiakandja (elekter, kütus, kaugküte) kWh/(m<sup>2</sup> a):

$$ETA = \frac{\sum_i (\text{tarnitud}_i - \text{eksporditud}_i) \times \text{energiakandja kaalumistegur}_i}{\text{kõetav pind}}$$

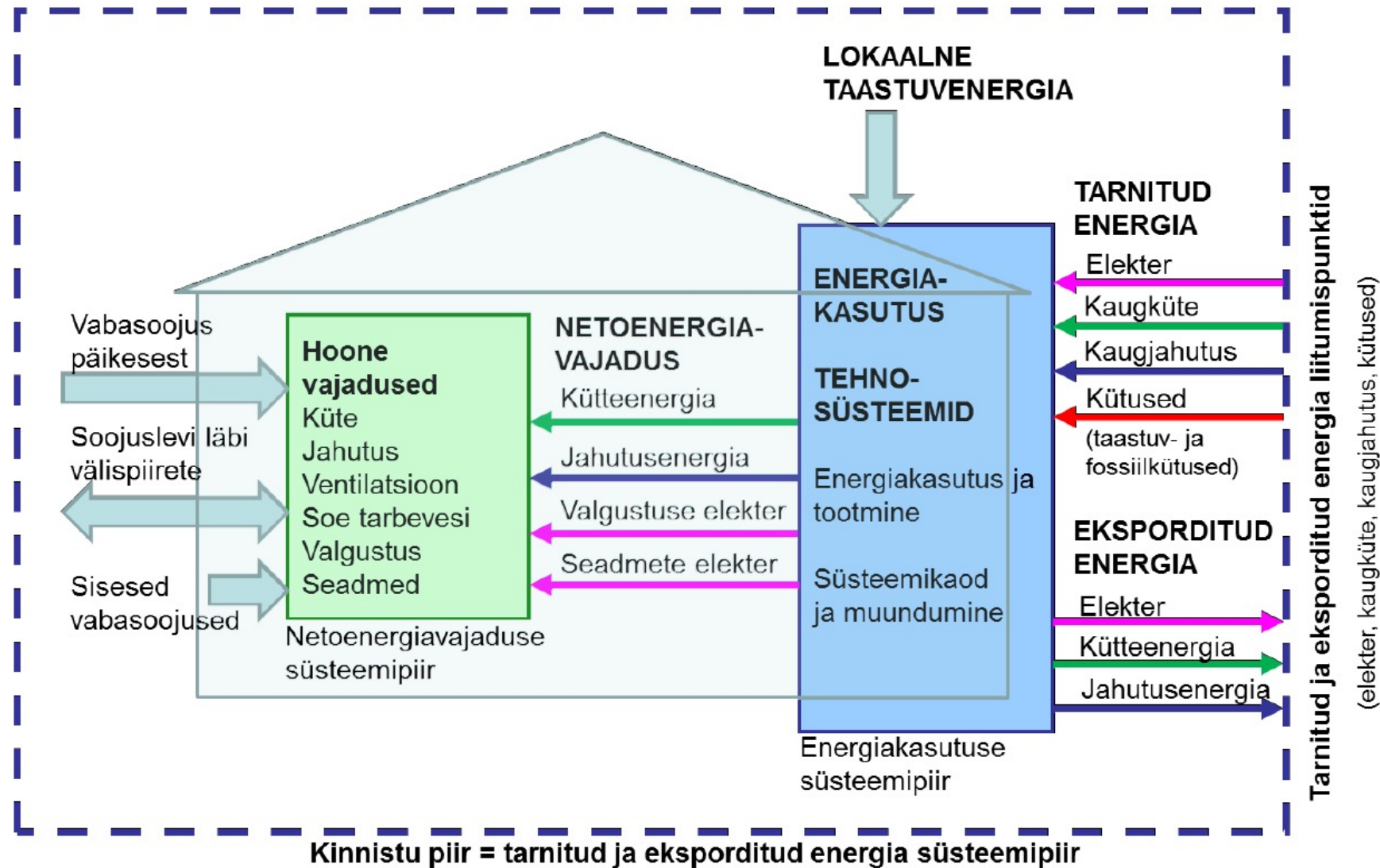
## Energiamärgise skaala

- Energiamärgise skaala näitab kui palju võib energiakasutus kõikuda – G klass vastab kõige kehvemas seisundis olevatele hoonetele, D klass on olulise rekonstrueerimise miinimumnõue, C klass uute hoonete miinimumnõue ja A klass liginullenergiahoonete nõue:



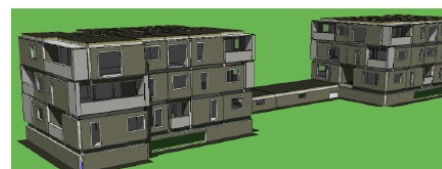
- F ja G klass – vanemad olemasolevad hooned, E klass 10 a vanused
- Praegused uued hooned kasutavad ligikaudu poole vähem energiat
- Liginullenergiahooned kasutavad veel ca 40% vähem energiat, võrreldes enamiku olemasolevate hoonetega on erinevus 3-4 kordne

# Потребление энергии в здании



# Как попасть в «А» класс?

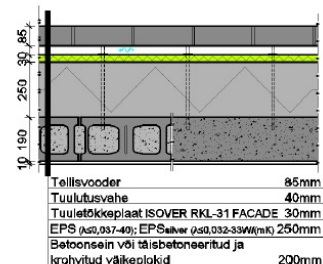
## Välispiirete kulutõhusus



	Energiaklass	ETA kWh/m <sup>2</sup> ·a	Tarindid					Süsteem						
			Sein	Katus	Põrand	Aken	q <sub>50</sub>	SV kollektor	PV 30kW					
Algversioon	C	139	U=0.19 W/m <sup>2</sup> ·K	U=0.14 W/m <sup>2</sup> ·K	U=0.17 W/m <sup>2</sup> ·K	U=0.10 W/m <sup>2</sup> ·K	U=0.15 W/m <sup>2</sup> ·K	U=0.14 W/m <sup>2</sup> ·K	U=1.1 W/m <sup>2</sup> ·K	U=0.9 W/m <sup>2</sup> ·K	3 m <sup>2</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	1.5 m <sup>2</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	SV kollektor	PV 30kW
Projekteeritav	A	≤100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	kaugküte	X

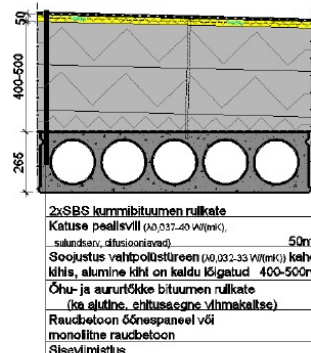
sein

VS-C/EPS0.033-250\_RKL30 U=0,14W/(m<sup>2</sup>K)



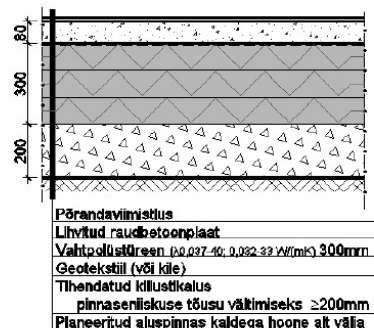
katus

KL-C/EPS<sub>alv</sub>0.033-450 U=0,10W/(m<sup>2</sup>K)



põrand välisõhu kohal

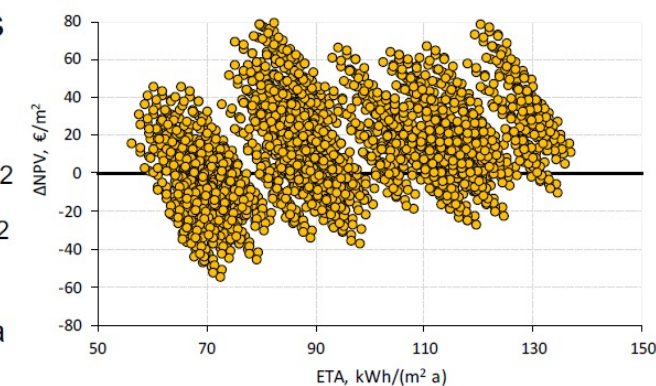
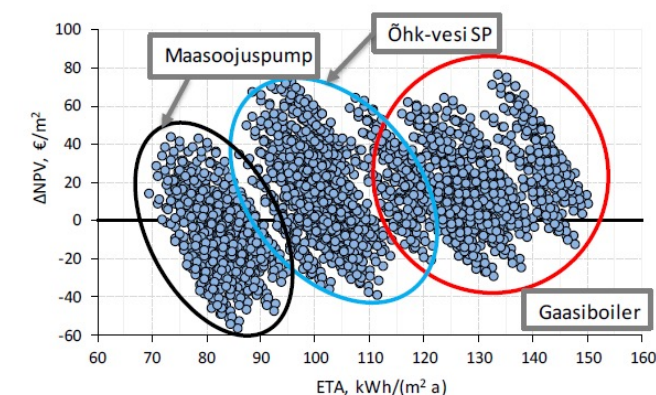
PP-C/EPS0.040-300\_ktga U=0,118W/(m<sup>2</sup>K)



## Kuluoptimaalsus

Ridaelamu näide:

- Ülemine joonis ilma päikeseelektrita
- Alumisel joonisel PV lisatud
- Kuluoptimaalse ETA=71 kWh/(m<sup>2</sup> a) lisamaksumus ca 40 €/m<sup>2</sup>
- Korterelamutes ca 25 €/m<sup>2</sup>
- Väikeelamutes 50-65 €/m<sup>2</sup>
- Lisamaksumused käibemaksuga köetava pinna m<sup>2</sup> kohta





# Коэффициенты примарной энергии

## § 9. Energiakandjate kaalumistegurid ja kütuse energiasisaldus

(1) Energiakandjate kaalumistegurid on järgmised:

1) taastuvtoormel põhinev kütus, puit ja puidupõhine kütus ning muu biokütus, välja arvatud turvas ja turbabrikett – 0,65;

2) kaugküte – 0,9;

3) tõhus kaugküte – 0,65;

4) kaugjahutus – 0,4;

5) tõhus kaugjahutus – 0,2;

6) vedelkütus, kütteõli ja vedelgaas – 1,0;

7) maagaas – 1,0;

8) tahke fossiilkütus – 1,0;

9) turvas ja turbabrikett – 1,0;

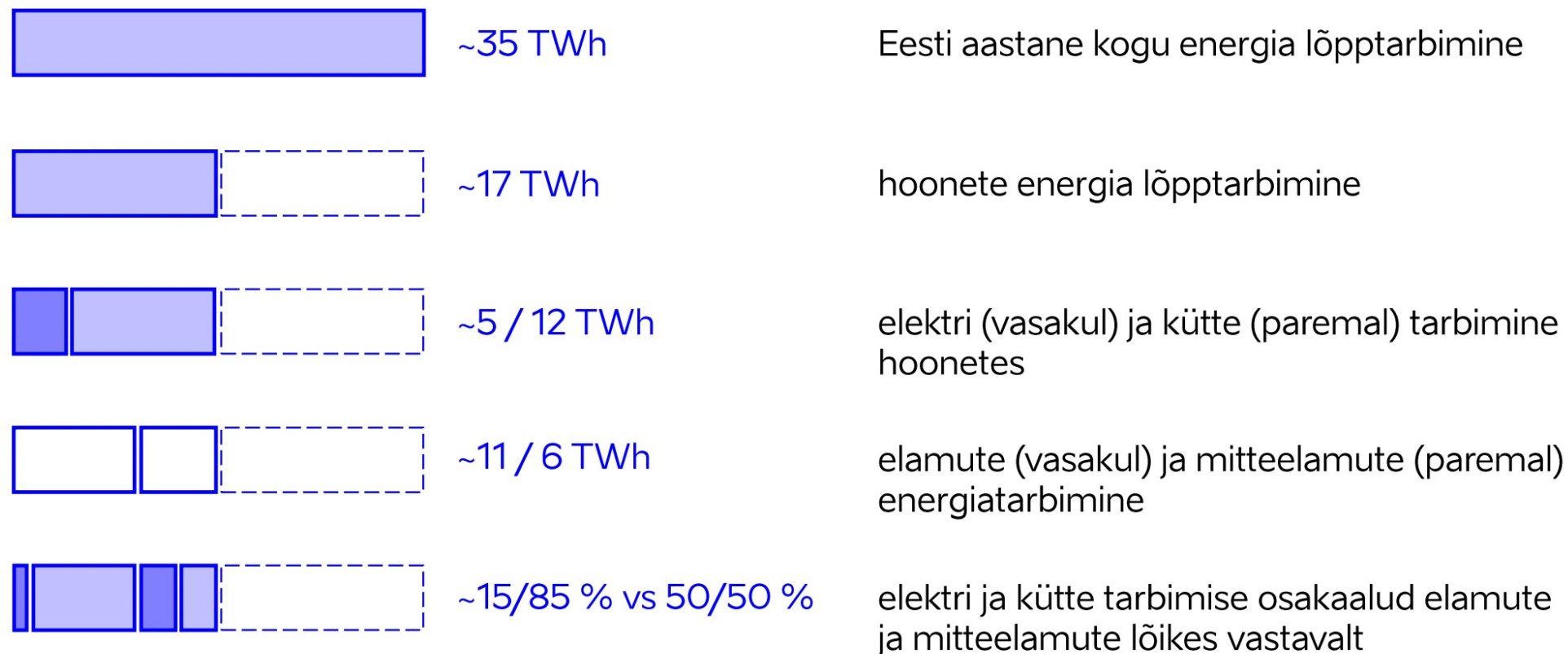
10) elekter – 2,0.

Soojuspumba COP = 3,  
seega  $2,0/3 = 0,66$

(22) Tõhus kaugküte või -jahutus käesoleva määruse tähenduses on kaugkütte- või kaugjahutussüsteem, mis kasutab vähemalt 50 protsenti taastuvenergiat, 50 protsenti heitsoojust, 75 protsenti koostoodetud soojust või 50 protsenti sellise energia ja soojuse kombinatsiooni.

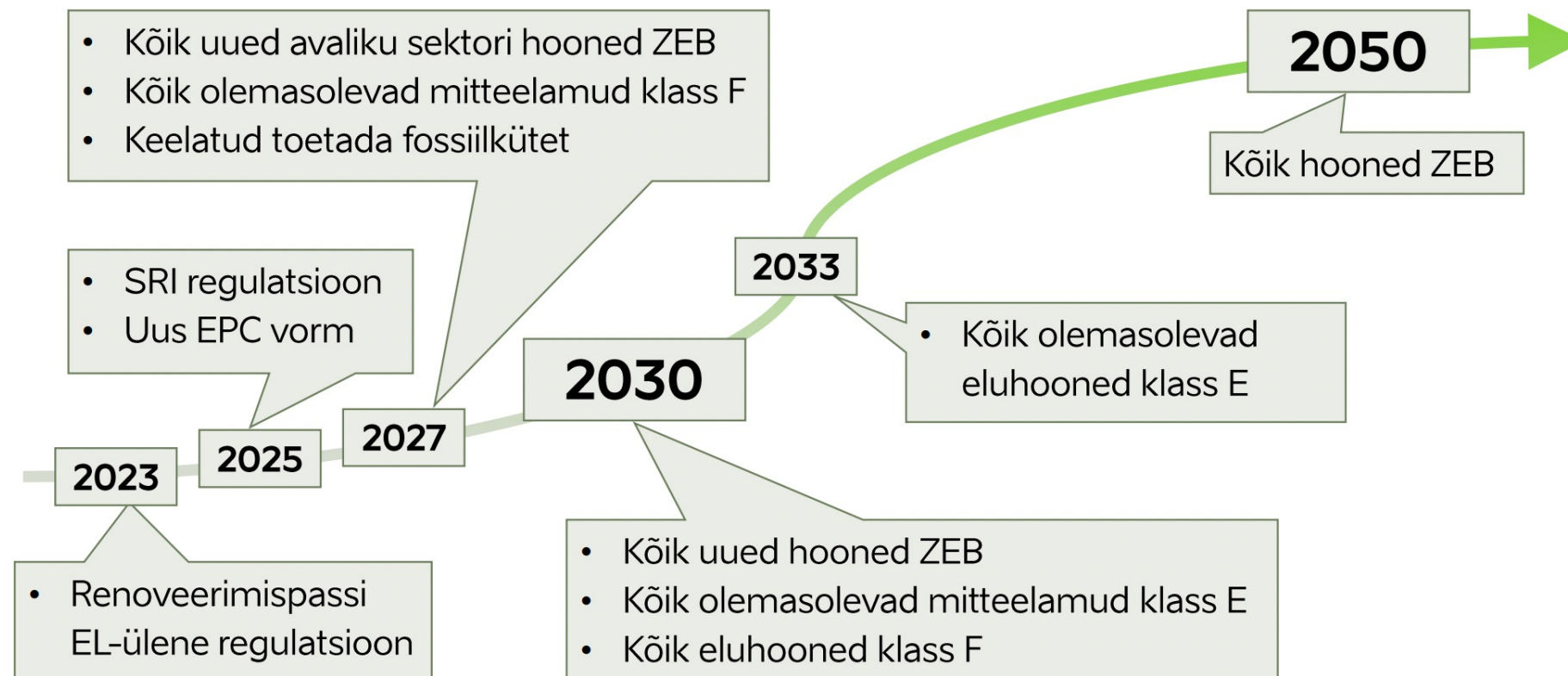
# Потребление энергии в зданиях

## Hoonete osa Eesti energiatarbimises



# Новая директива энергоэффективности

## EPBD muutmine 2021-22 (eel nõu)



# Искусственный интеллект в энергетике

## Mainor Ülemiste case

R8Tec poolt pakutav automaatse operaatori teenus pakkus meile huvi just selle tõttu, et teenusega lubatakse teha **energiasäästu** ainult **jälgides kokku lepitud sisekliima parameetreid**.

Võtsime kasutusele kahe korpuselises Öpiku hoones. Hoone suletud brutopind on ca 44 000m<sup>2</sup>.

Täna võime öelda et teenus on meie jaoks toimima saadud.

Tulemused: 2021 aastas sääst 63 800 EUR.

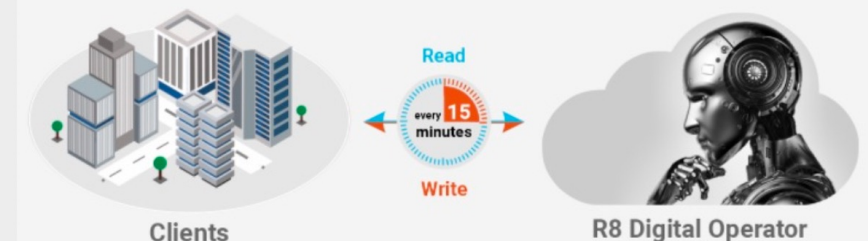
Säästust lahutatakse teenuse kulu.



Developed by:



## Kuidas töötab?



R8 liidestatakse BMS süsteemiga üle IP protokolliga.

Süsteemi luuakse hoone kohta vajalikest süsteemidest digitaalne mudel.

Määratakse need andmepunktid, mille väärtused aitavad teha optimeerimisotsuseid.

Määratakse need jutsignaalid, mille väärtust muutes saab mõjutada seadmete töö efektiivsust, mõõtes pidevalt samal ajal etteantud kliimaparametreid.

R8 süsteem võimaldab seada esikohale sisekliima või valida igale hoone ruumile/piirkonnale erinev tasakaal sisekliima ja säästu vahel

Developed by:



# Зарядки для электромобилей

## Fit for 55

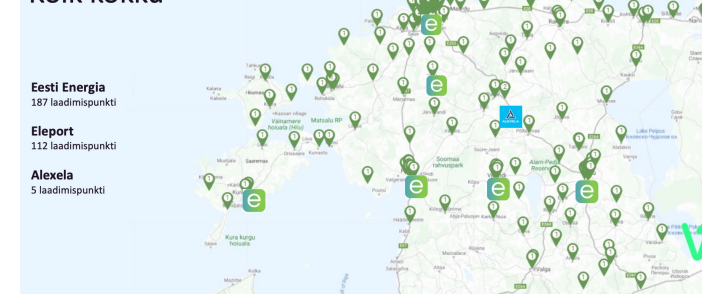
**Hoonetele** (Direktiiv (2018/844/EU) - alates 10.03.2021)

Elamuhooned	Mitteelamud
Laadimisvalmidus iga parkimiskoha jaoks	Laadimisvalmidus iga viienda parkimiskoha kohta ning ühe laadija paigaldus aastaks 2025, uutel hoonetel kohe.

Regulatsioon	Reeglid			
CO2 emissioonide standardid uutele autodele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autod: -55% GHG emissioone vähem aastaks 2030 ja -100% aastaks 2035</li> <li>Kaubikud: -50% GHG emissioone vähem aastaks 2030 ning -100% aastaks 2035</li> </ul>			
Alternatiivkütuste laadimistaristu regulatsioon	TENT- põhivõrk		TEN-T üldvõrk	
	2025	2030	2030	2035
Autod ja kaubikud	300kW laadimispunktid iga 60 km tagant	600kW laadimispunktid iga 60 km tagant	300kW laadimispunktid iga 60 km tagant	600kW laadimispunktid iga 60 km tagant
Raskeveokid	1400kW laadimispunktid iga 60 km tagant	3500kW laadimispunktid iga 60 km tagant	1400kW laadimispunktid iga 100 km tagant	3500kW laadimispunktid iga 100 km tagant

### Avalike laadijate kaart

Kõik kokku



# Спасибо за внимание!

## Вопросы?