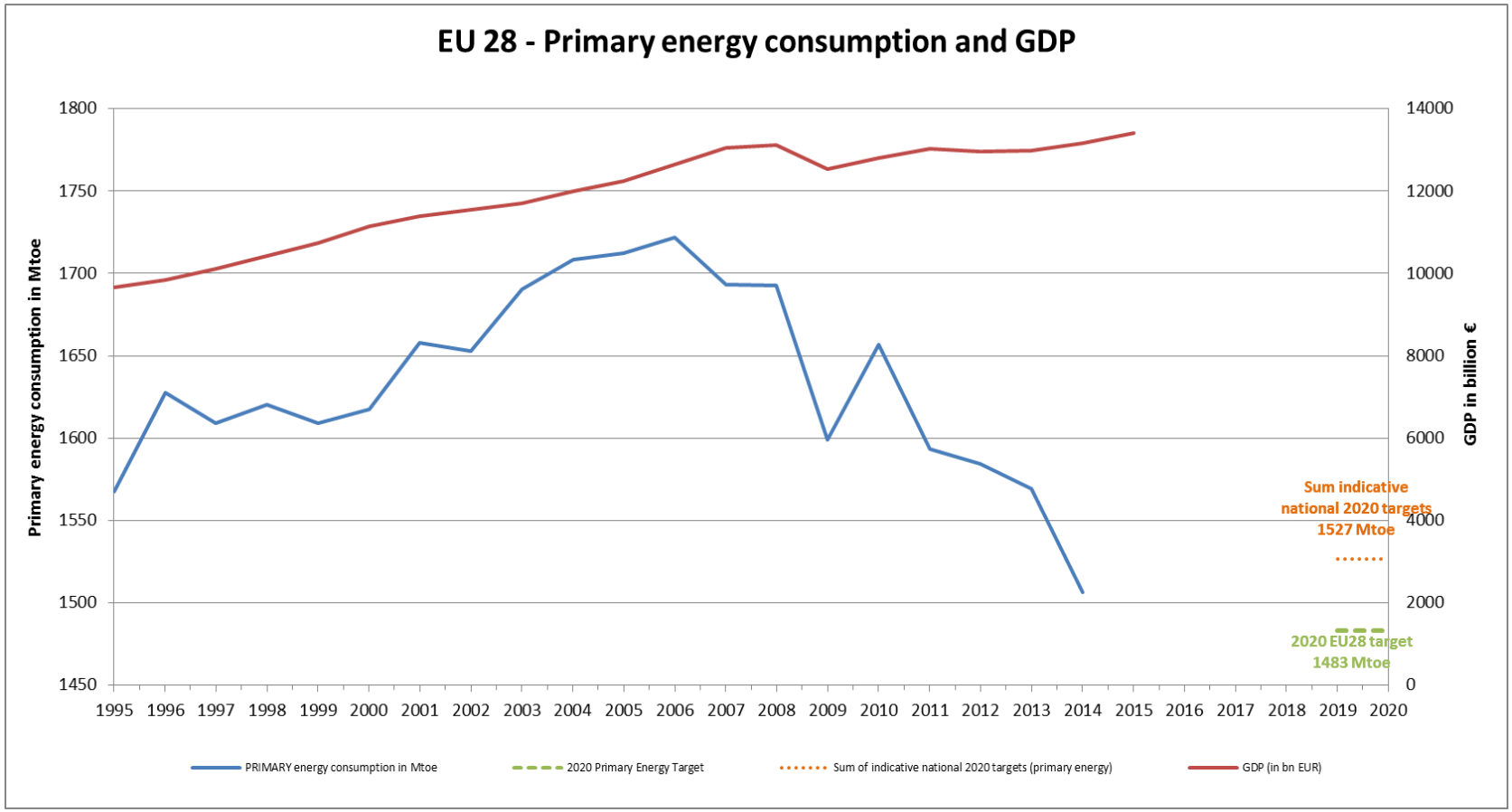
Liginullenergiahoonete nõuded, tehnilised lahendused ja maksumus

16.10.2017 Soojustehnikainseneride Seltsi koolitus

Jarek Kurnitski

www.nzeb.ee

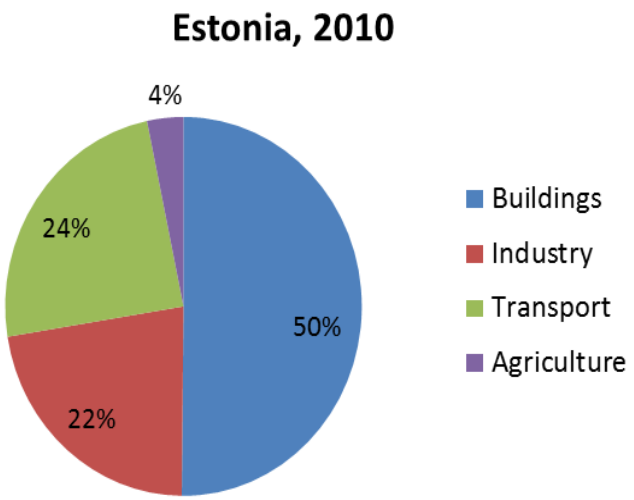
State of play: Energy Efficiency

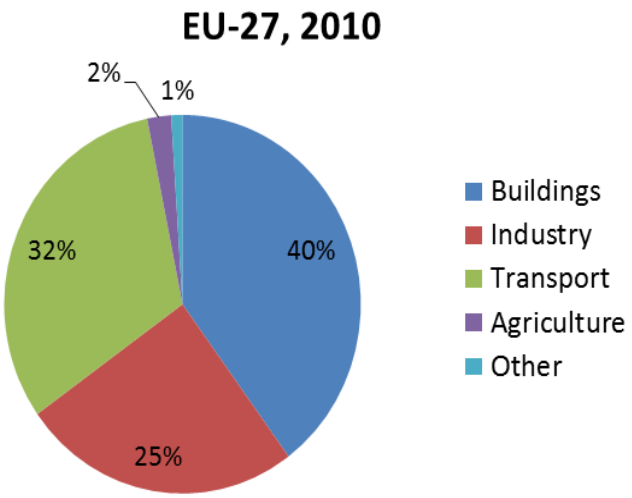


European Commission

Hoonete energiakasutus on ebaproportsionaalselt suur

- Energia lõpptarbimine Eestis 33-34 TWh/a
- Hoonete osakaal 50% (ilma tööstushooneteta)
- EL keskmine 40%

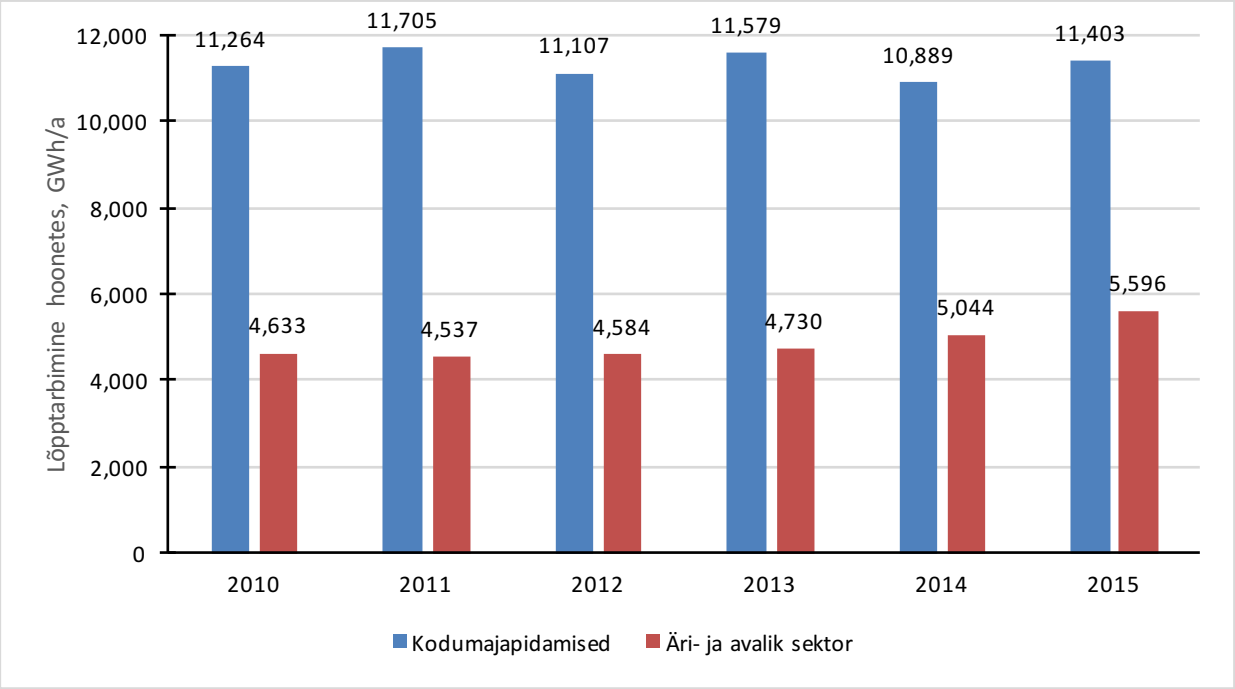




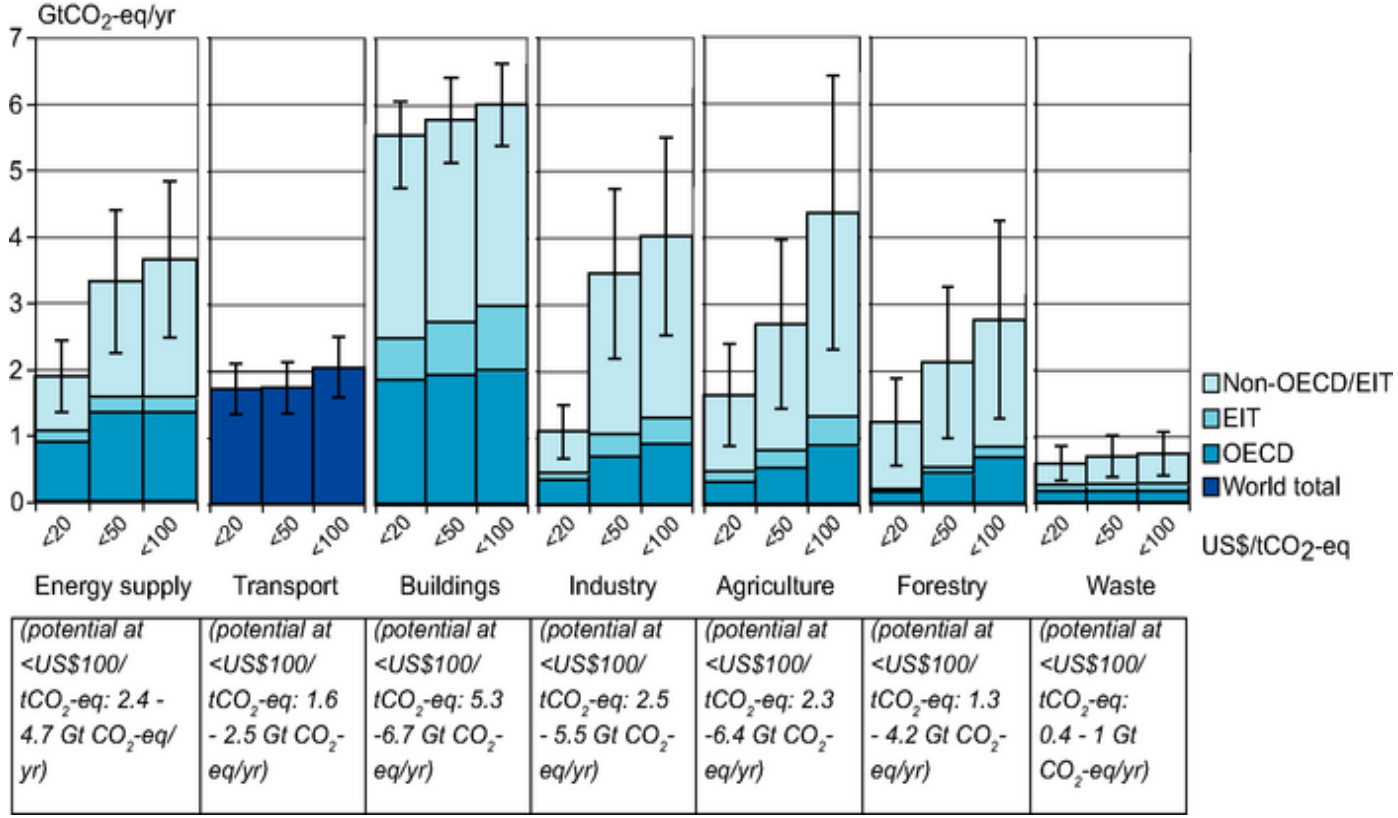
http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/c/c1/ENMAK-Hoonete-uuring-20.09.2013.pdf

Hoonete energiakasutus Eestis

- Energia lõpptarbimine Eestis ca 33→32 TWh/a (2010–2015)
- Hoonete osakaal kasvamas üle 50% (ilma tööstushooneteta)
  - EL keskmine 40%
- Normaalaastale taandatud lõpptarbimine hoonetes:



IPCC: Hoonetes on globaalselt majanduslikult kõige suurem potentsiaal



- http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html
- http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/spmsspm-c.html
- Hoonete energiatõhusus on globaalselt kõige suurem ja kõige soodsam sektor emissioonide vähendamiseks

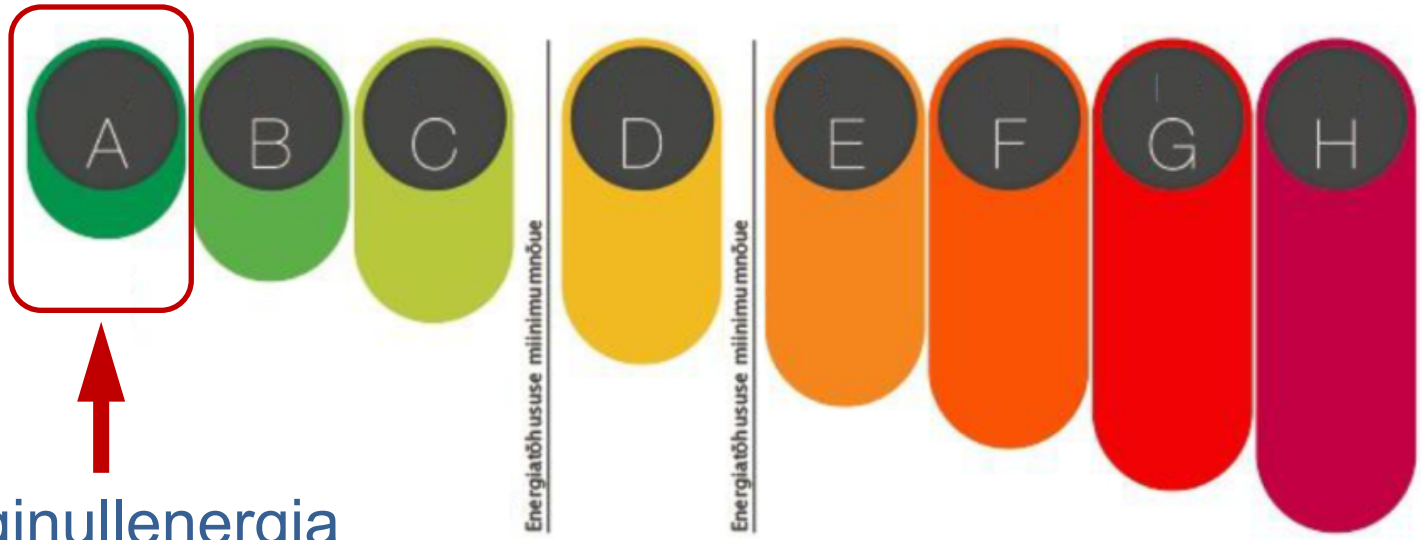
nZEB development evaluation in Member States

MS	NZEB Definition	RES included in the NZEB concept	Qualitative and quantitative intermediate targets	Measures promoting deep or NZEB renovation
AT				
BE Brussels				
BE Flanders				
BE Wallonia				
BG				
CY				
CZ				
DE				
DK				
EE				
EL				
ES				
FI				
FR				
HR				
HU				
IE				
IT				
LV				
LT				
LU				
MT				
NL				
PL				
PT				
RO				
SI				
SK				
SE				
UK				

NZEB level of energy performance	Mediterranean Zone 1: Catania (others: Athens, Larnaca, Luga, Seville, Palermo)	Oceanic Zone 4: Paris (others: Amsterdam, Berlin, Brussels, Copenhagen, Dublin, London, Macon, Nancy, Prague, Warszawa)	Continental Zone 3: Budapest (others: Bratislava, Ljubljana, Milan, Vienna)	Nordic Zone 5: Stockholm (Helsinki, Riga, Stockholm, Gdansk, Tovarene)
	Offices kWh/(m2/y)			
net primary energy	20-30	40-55	40-55	55-70
primary energy use	80-90	85-100	85-100	85-100
on-site RES sources	60	45	45	30
	New single family house kWh/(m2/y)			
net primary energy	0-15	15-30	20-40	40-65
primary energy use	50-65	50-65	50-70	65-90
on-site RES sources	50	35	30	25

Liginullenergiahoone mõiste

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



Liginullenergia

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

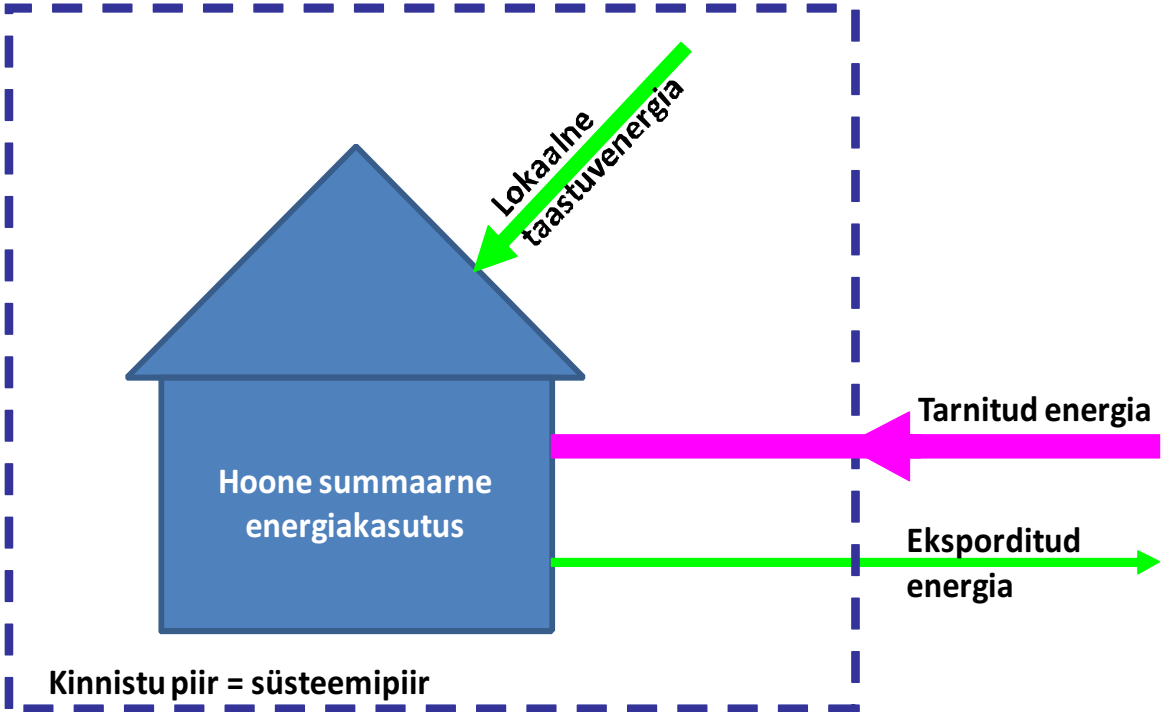
Energiatõhususarv ja energiamärgis

- Hoonete energiatõhusust mõõdetakse energiatõhususarvu ETA (arvutuslik) ja kaalutud energiakasutuse KEK (tarbimisandmetel) abil
- ETA ja KEK = summaarne kaalutud energiakasutus köetava pinna ruudu kohta
- ETA ja KEK-i arvutus meenutab energiakulude arvutust, aga ühikuna on kWh-i köetava pinna ruutmeetri kohta aastas
- Tarnitud energiate kogused korrutatakse läbi kaalumisteguritega, mis tulenevad mittetaastuvast primaarenergiast, ning tulemus jagatakse köetava pinnaga.
- Kui hoone kasutab elektrit ja kaugkütet:

$$ETA = \frac{elekter(kWh/a)\cdot 2{,}0 + kaugküte(kWh/a)\cdot 0{,}9}{köetav\ pind(m^2)}$$

- energiakandja kaalumistegur on gaasi puhul 1,0 (fossiilne kütus) ning puidu puhul 0,75 (taastuvkütus)

Energiatõhususe põhimõisted



Ühe energiakandja puhul:

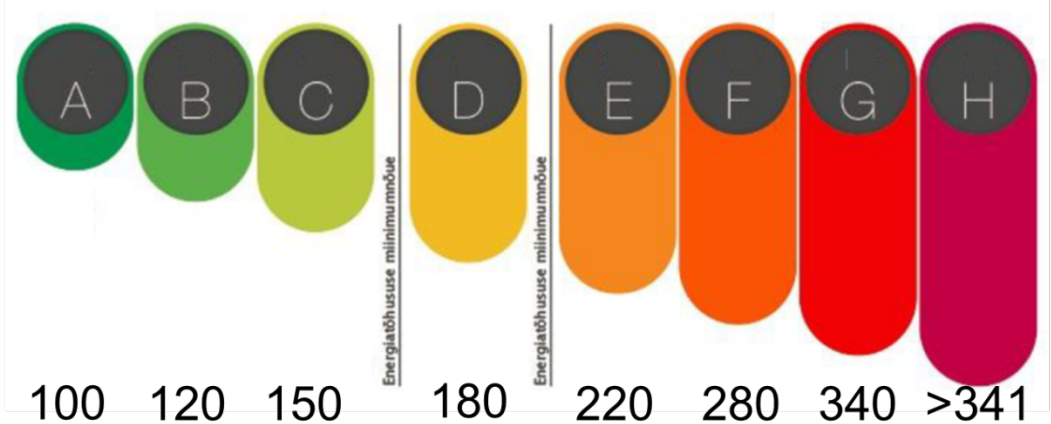
Tarnitud – eksporditud energia = summaarne energiakasutus – lokaalne taastuv

Energiatõhususarv ETA, *i* – energiakandja (elekter, kütus, kaugküte) kWh/(m^2 a):

$$\mathrm{ETA} = \frac{\sum_i \left(\text{tarnitud}_i - \text{eksporditud}_i\right) \times \text{energiakandja kaalumistegur}_i}{\text{köetav pind}}$$

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:



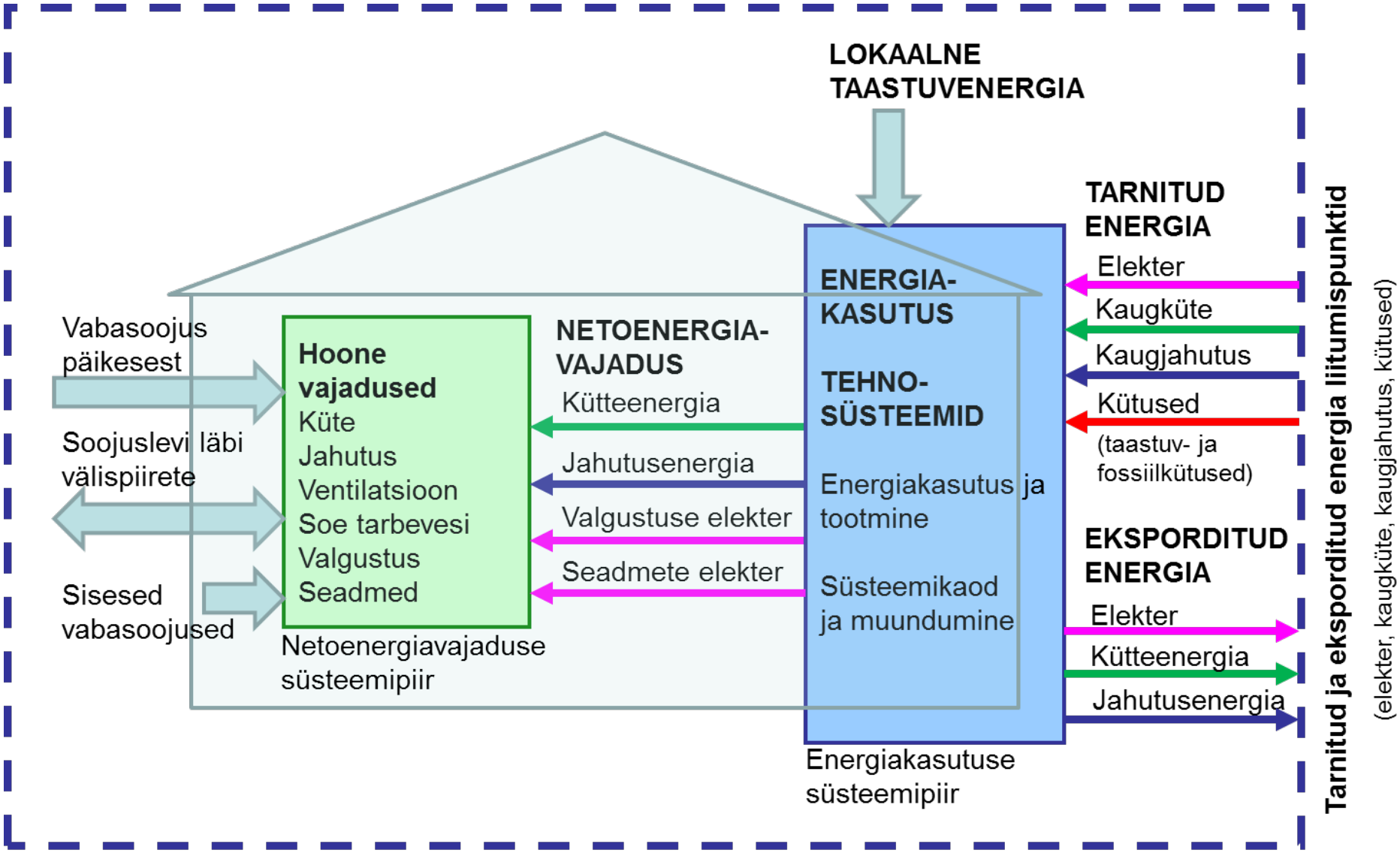
KE	100	120	150	180	220	280	340	>341
BH	100	130	160	210	260	320	400	>401

- 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

Nõuded ja metoodika vastavalt määrustele

- **MTM nr 55: Hoone energiatõhususe miinimumnõuded**
- **MTM nr 58: Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika**
- **MTM nr 36: Energiamärgise vorm ja väljaandmise kord**
- Uuendatud määrused jõustusid 09.01.2013

Määruse süsteemipiir



Kinnistu piir = tarnitud ja eksporditud energia süsteemipiir

Liginullenergiahooned Eestis

- Defineeritud ja nõuded toodud MTM määruses nr 55 (30.08.2012, jõustus 09.01.2013) **Energiatõhususe miinimumnõuded**
- Liginullenergiahoonete ehitamine ei ole kohustuslik, kuid selleks, et nimetada hoonet liginullenergiahooneks tuleb täita määruse nr 55 nõue – **energiatõhususarvu piirväärtus**

Energiatõhususarvude piirväärtused ehitatavatele ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele

Hoone kasutusotstarve	Liginullenergia-hoone A kWh/(m^2 a)	Madalenergia-hoone B kWh/(m^2 a)	Miinimum-nõue C kWh/(m^2 a)	Oluline rekonstrueerimine D kWh/(m^2 a)
Väikeelamutes	**50**	120	160	210
Korterelamutes	**100**	120	150	180
Büroohoonetes, raamatukogudes ja teadushoonetes	**100**	130	160	210
Ärihoonetes	**130**	160	210	270
Avalikes hoonetes	**120**	150	200	250
Kaubandushoonetes ja terminalides	**130**	160	230	280
Haridushoonetes	**90**	120	160	200
Koolieelsetes lasteasutustes	**100**	140	190	240
Tervishoiuhoonetes	**270**	300	380	460

JRC 2016 data: Energy performance expressed by Member States

Country	Residential Buildings (kWh/m²/y or Energy Class)		Non-Residential Buildings (kWh/m²/y or Energy Class)	
	New	Existing	New	Existing
Austria	160	200	170	250
Belgium	45 (Brussels region) 30 (Flemish region) 60 (Walloon region)	~54	(95–2.5) *(V/S) (Brussels region) 40 (Flemish region) 60 (Walloon region)	~108
Bulgaria	~30–50	~40–60	~30–50	~40–60
Cyprus	100	100	125	125
Czech Republic	75%–80% PE	75%–80% PE	90% PE	90% PE
Germany	40% PE	55% PE	n/a	n/a
Denmark	20	20	25	25
Estonia	50 (detached house)	n/a n/a n/a n/a	100 (office buildings) 130 (hotels, restaurants) 120 (public buildings) 130 (shopping malls)	n/a n/a n/a n/a
	100 (apartment blocks)	n/a n/a n/a	90 (schools) 100 (day care centres) 270 (hospitals)	n/a n/a n/a
France	40–65	80 n/a	70 (offices without AC) 110 (offices with AC)	60% PE n/a
Croatia	33–41	n/a	n/a	n/a
Hungary	50–72	n/a	60–115	n/a
Ireland	45 (Energy load)	75–150	~60% PE	n/a
Italy	Class A1	Class A1	Class A1	Class A1
Latvia	95	95	95	95
Lithuania	Class A++	Class A++	Class A++	Class A++
Luxemburg	Class AAA	n/a	Class AAA	n/a
Malta	40	n/a	60	n/a
Netherlands	0	n/a	0	n/a
Poland	60–75	n/a	45–70–190	n/a
Romania	93–217	n/a	50–192	n/a
Spain	Class A	n/a	Class A	n/a
Sweden	30–75	n/a	30–105	n/a
Slovenia	45–50	70–90	70	100
Slovakia	32 (apartment buildings) 54 (family houses)	n/a n/a	60–96 (offices) 34 (schools)	n/a n/a
UK	~44	n/a	n/a	n/a

Towards nearly zero energy buildings Denmark

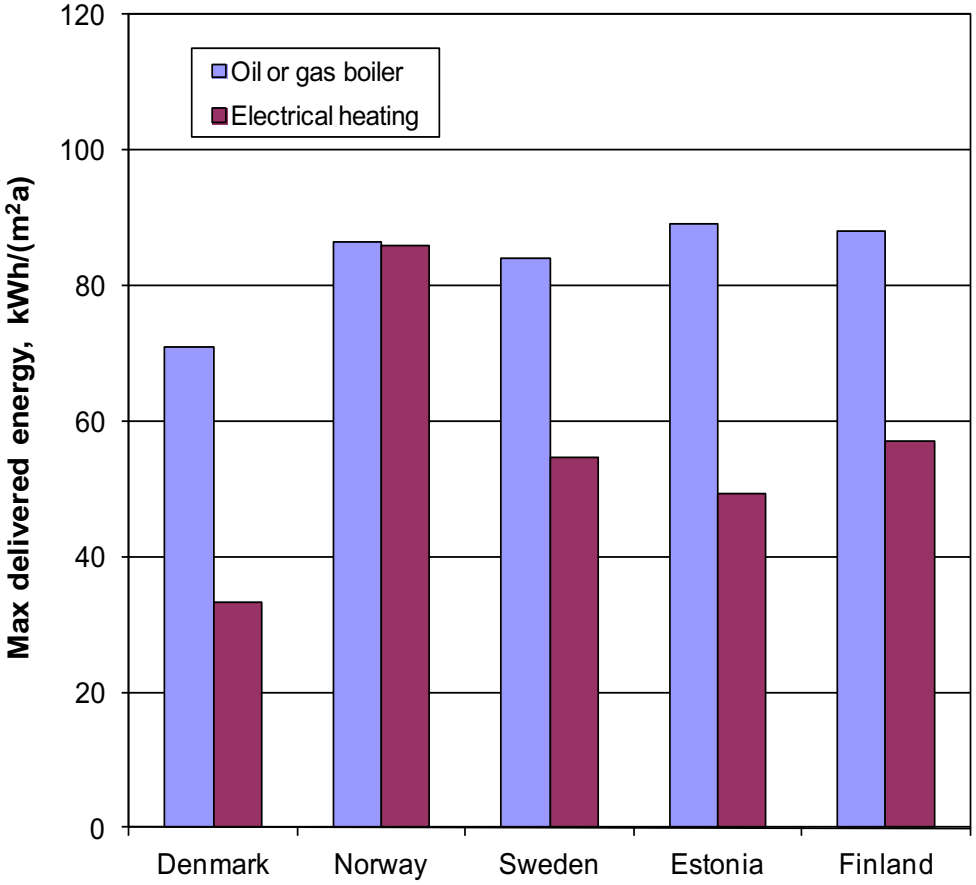
Indicator		Energy frame 2010	Energy frame 2015	Energy frame 2020
Maximum of primary energy to	Residential buildings (houses, hotels, etc.)	52.5 + 1650/A in kWh/m²a	30 + 1000/A in kWh/m²a	**20 kWh/m²a**
	Non-residential buildings (offices, schools, institutions and other buildings)	71.3 + 1650/A in kWh/m²a	41 + 1000/A in kWh/m²a	**25 kWh/m²a**
Primary energy factors	Electricity	2.5	2.5	1.8
	District heating	1.0	0.8	0.6

Nõuete areng

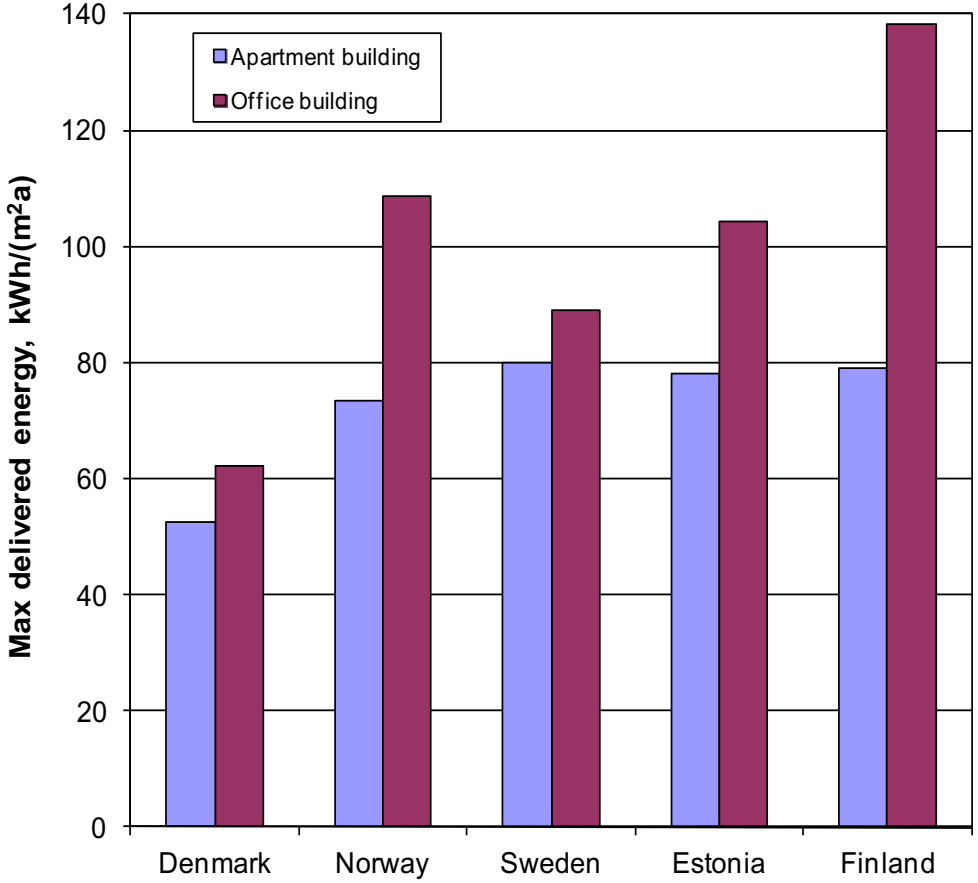
- 2008 summaarse energiakasutuse nõuded hakkasid kehtima
- 2013 a 20-40% rangemad nõuded sõltuvalt hoonetüübist ja kasutatud energiaallikatest, nn. kuluoptimaalsed energiatõhususe tasemed
- Kuluoptimaalseks tasemeks nimetatakse sellistele tehnilistele lahendustele vastavat energiatõhusust, mis tagab minimaalsed kogukulud (ehitusmaksumus, energia, hooldus jne.) nüüdisväärtuse meetodil 30 ja 20 aasta elutsükli jooksul vastavalt elamutes ja mitteelamutes
- Liginullenergiahoonete nõuded uutes avalikes hoonetes 2019 ja kõikides uutes hoonetes 2021

Eesti nõuded vs. muud maad: väikemaja (2013 andmed)

- Miinimumnõuete võrdlus 150 m^2 väikeelamu puhul
- Erinevat tüüpi nõuete tõttu ei saa ETA-sid otse võrrelda
- Joonis näitab maksimaalse lubatud **tarnitud energia ilma seadmete ja valgustuseta** (=tarnitud energia kütte-, sooja tarbevee ja ventilatsiooni-süsteemi)
- Oletatud ventilaatorite elektriks 5 kWh/(m^2a) ja vesikeskkütte ringluspumbale 3 kWh/(m^2a) (elekterküttel 0 kWh/(m^2a))
- Kraadpäevade korrektsioon (baas 17°C) Kopenhaagenisse, normitud soe vesi 25 kWh/(m^2a)

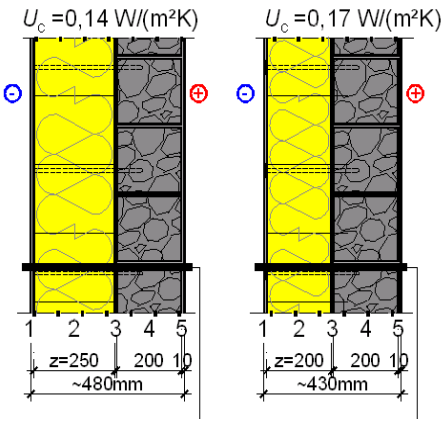


Korterelamu ja büroohoone kaugküttel (2013 andmed)



- Maksimaalne lubatud tarnitud energia kütte-, sooja vee ja ventilatsioonisüsteemidesse korterelamutes ning büroohoonetes, kus tarnitud energiasse kuuluvad ka valgustus ja jahutus

Praeguste nõuete (C-klass, 2011 kuluoptimaalne tase) ligikaudsed lahendused

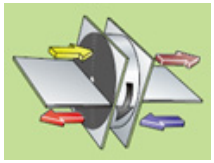


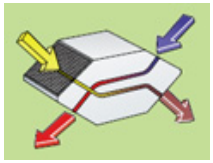
Välispiirded:

- Välissein U=0.14…0.17 (väike/suur maja)
- Aken U=0.8
- Katuslagi ja põrand U=0.09…0.14

Tehnosüsteemid:

- Ventilatsiooni erivõimsus SFP=1.7…2.0
- Soojustagastus ≈80% (võimalik ka väljatõmbe-õhusoojuspumbaga/ventilatsiooniradiaatorid)
- Efektiivne valgustus <12 W/m^2
- Vesikeskküte (elekterküte välistatud)
- Vabajahutuskontuuriga jahutus





Arhitektuursed eeldused:

- Mõistlik kompaktsus
- Päikesevarjestus
- Mõistliku suurusega klaasipinnad ("klaaskast" nõuab topeltfassaadi)

Liginullenergia eluhooned

Projekti osapooled

- Sihtasutus KredEx
- Majandus-ja Kommunikatsiooniministeeriu…

- Tallinna Tehnikaülikool
- Hevac OÜ
- AS YIT Ehitus
- KAMP arhitektid OÜ
- AS MERKO Ehitus Eesti
- Arhitektuuribüroo JVR OÜ
- Timbeco Woodhouse OÜ
- QP Arhitektid OÜ
- AS Matek
- Energiamaja OÜ

Liginullenergia eluhooned

Projekti eesmärk

- 5 liginullenergiahoone nõuetele vastava elamu ehitusprojektlahenduste väljatöötamine

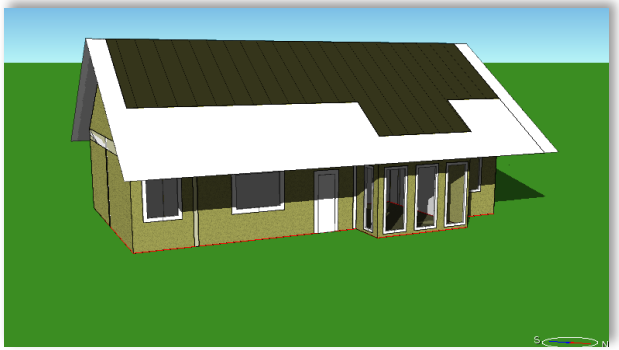
Projekti sisu

- üksikelamu lahendused
- korter- ja ridaelamu lahendused
    - lahenduste juures esitatakse
        - ehitusprojekti koostamise juhend
        - arhitektuursed ja eriosade joonised koos tehniliste lahenduste ja sõlmedega
- energiaarvutuste metoodika väljatöötamine
    - lähteandmed ja energiaarvutus
    - suvine ruumitemperatuuri kontroll

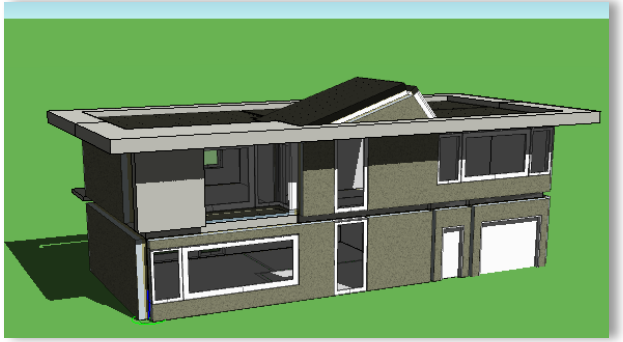
Liginullenergia eluhooned

Väikelamud

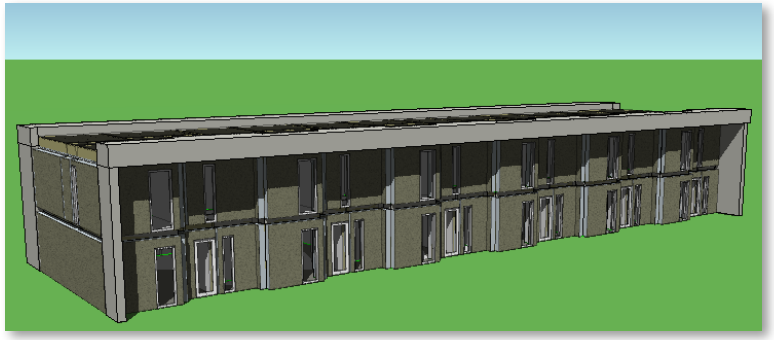
- ühekorruseline üksikelamu
  - köetav pind ≈100 m²
  - puitkonstruktsioonis



- kahekorruseline üksikelamu
  - köetav pind ≈200 m²
  - kivikonstruktsioonis



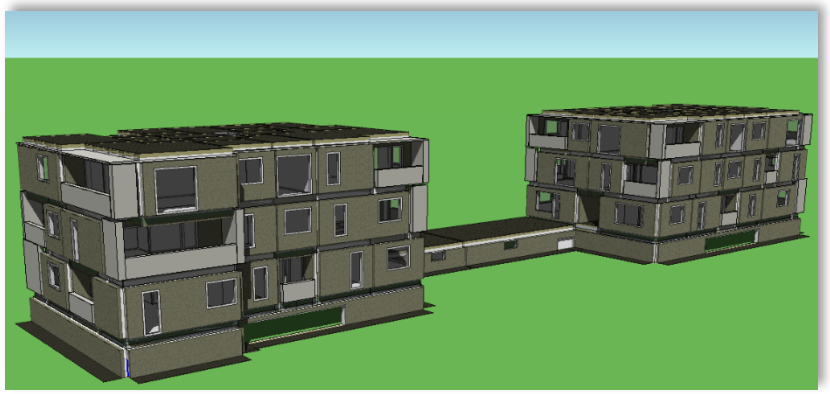
- kahekorruseline ridaelamu
  - köetav pind ≈585 m²
  - puitkonstruktsioonis



Liginullenergia eluhooned

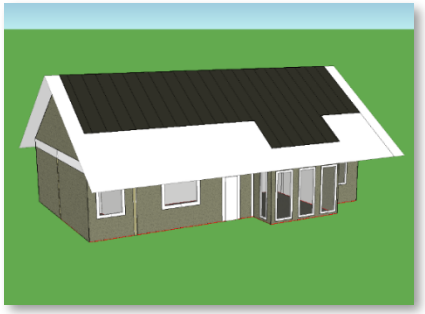
Korterelamud

- Väiksem korterelamu
  - kolmekorruseline
  - köetav pind ≈1700 m²
  - betoonplokk
  - soojustus+õhekrohv



- Suurem korterelamu
  - kuuekorruseline
  - köetav pind ≈6400 m²
  - betoonelement

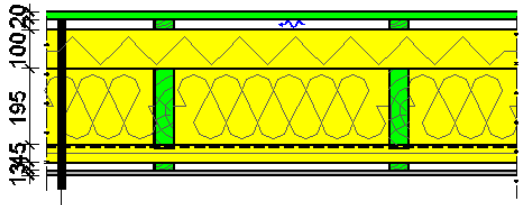
Välispiirete kulutõhusus



	Energiaklass	ETA kWh/m²·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q_{50}			
			U=0.16 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=0.09 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.15 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=1.1 W/m²·K	U=0.9 W/m²·K	6 m³/(h·m²)	1.5 m³/(h·m²)	SV kollektor	PV paneelid
Algversioon	*C*	*154*	x		x		x		x		x		*gaasikatel*	
Projekteeritav	*A*	*≤100*		x		x		x		x		x	x	x

sein

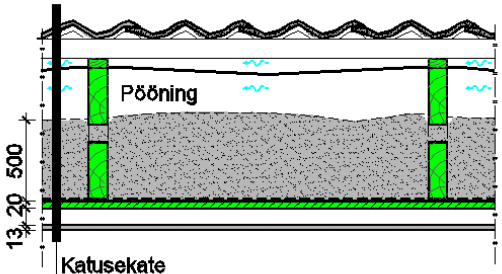
VS-W/MW0.04_RKL100_r *U*=0,119W/(m²K)



Voodrilaud peensaetud	20mm
Tuulutuslatt 20x45	20mm
Tuuletõkkeplaat RKL/WPS (teibitud liited)	100mm
Karkass 195x45 s. ≥400mm + min.vill (λ≤0,037-40W/(mK) 200mm	195mm
Õhu- ja aurutõkkekile (liide kvaliteeteibitud)	0,2mm
Karkass 45x45 s. ≥600mm + min.vill (λ≤0,037-40W/(mK) 50mm	45mm
Installatsioonilatt 20x45mm	20mm
Kipsplaat	13mm

katus

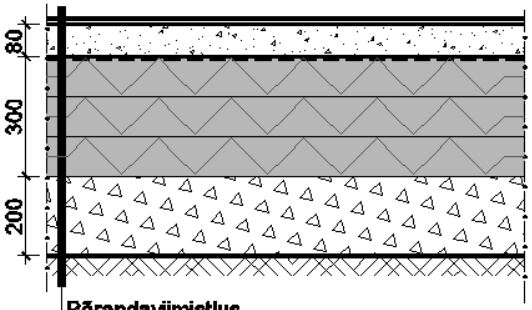
KL-W/CW0.045-500 *U*=0,094W/(m²K)



Katusekate	
Alusroovid 50x50mm	
Tuulutusliist 25x50mm	
Aluskate	
Fermi ül.vöö/sarikas	
Tuulutatav katusaelune	
Fermi al.vöö/laetala 150x45 mm s. ≥900mm + puistevill (λ≤0,037-45W/(mK) 40kg/m³	500mm
Aurutõke	
(Sulundservaga õhutihe puitlaastplaat	20mm)
Installatsioonilatt 45x45mm	45mm
Kipsplaat	13mm

põrand

PP-C/EPS0.040-300_ktga *U*=0,118W/(m²K)



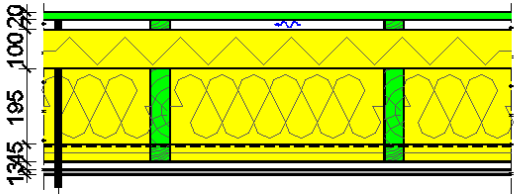
Põrandaviimistlus
Lihvitud raudbetoonplaat
Vahtpolüstüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK) 300mm
Geotekstiil (või kile)
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks ≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja

Välispiirete kulutõhusus

	Energiaklass	ETA kWh/m²·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q_{50}			
			U=0.18 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.26 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=1.1 W/m²·K	U=0.9 W/m²·K	6 m³/(h·m²)	1.5 m³/(h·m²)	SV kollektor	PV paneelid
Algversioon	*C*	*157*	x		x		x		x		x		*gaasikatel*	
Projekteeritav	*A*	*≤80*		x		x		x		x		x	x	x

sein

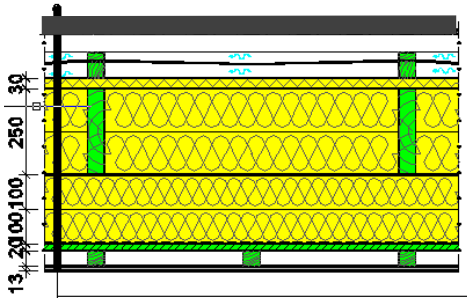
VS-W/MW0.033_RKL100 *U*=0,111W/(m²K)



Voodrilaud peensaetud	20mm
Tuulutuslatt 20x45	20mm
Tuuletõkkeplaat RKL/WPS (telbitud litted)	50mm
Karkass 195x45 s. ≥400mm + min.vill (λ≤0,032-33W/(mK) 200mm	195mm
Õhu- ja aurutõkkekile (liitekohi karkassi vahel)	0,2mm
Karkass 45x45 s. ≥400mm + min.vill (λ≤0,032-33W/(mK) 50mm	45mm
Installatsioonilatt 20x45mm	20mm
Kipsplaat	13mm

katus

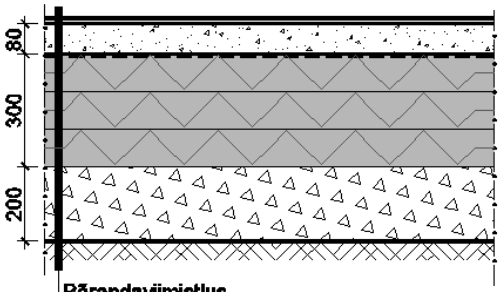
KL-MW0.033-450_RKL30 *U*=0,10W/(m²K)



Katusekate	
Roovid 50x50mm	
Vahelíist 20x50mm / tuulutusvahe	
Aluskate	
Vahelíist 50x50mm / tuulutusvahe	
Tuuletõkkeplaat RKL30 (telbitud litted)	30mm
Sarikad 250x50 s. ≥600mm + min.vill (λ≤0,033W/(mK) 250mm	250mm
Roovid 150x50 s. ≥600mm + min.vill (λ≤0,037-40/0,033-35/0,033-32W/(mK) 200mm	200mm
Õhu- ja aurutõkkekile (liide kvalitseettelbitud)	0,2mm
(Sulundservaga õhutihe puitlaastplaat	20mm)
Karkass 45x45 s. ≥400mm	45mm
Kipsplaat	13mm

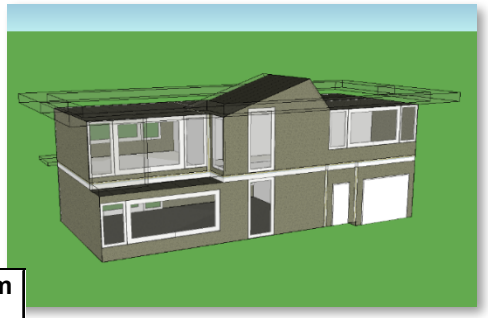
põrand

PP-C/EPS0.040-300_ktga *U*=0,118W/(m²K)



Põrandaviimistlus
Lihvitud raudbetoonplaat
Vahtpolüstüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK) 300mm
Geotekstiil (või kile)
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks ≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja

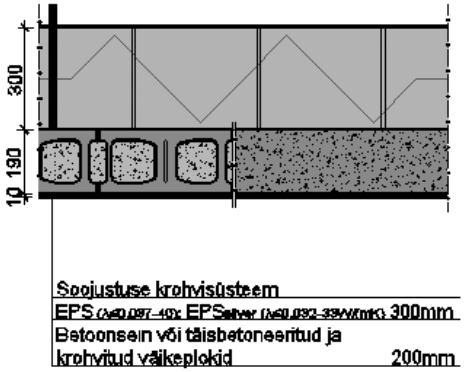
Välispiirete kulutõhusus



	Energiaklass	ETA kWh/m²·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q_{50}			
			U=0.20 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.27 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=1.1 W/m²·K	U=0.9 W/m²·K	6 m³/(h·m²)	1.5 m³/(h·m²)	SV kollektor	PV paneelid
Algversioon	*C*	*192*	x		x		x		x		x		*gaasikatel*	
Projekteeritav	*A*	*≤50*		x		x		x		x		x	x	x

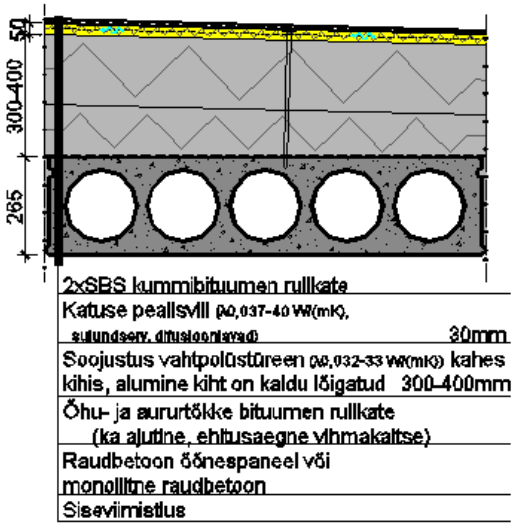
sein

VS-ETICS-C/EPS0.033-300 *U*=0,12W/(m²K)



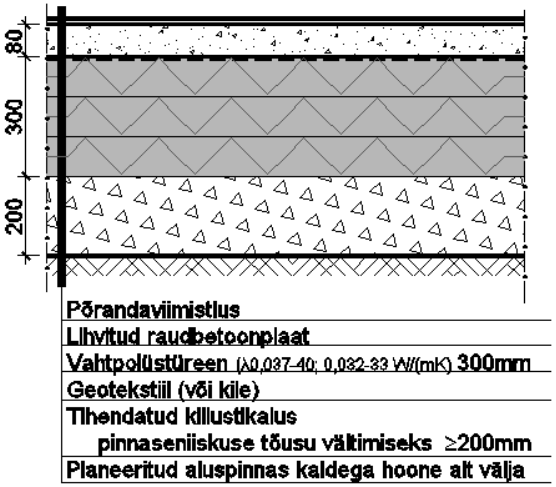
katus

KL-C/EPSsilver0.033-350 *U*=0,10W/(m²K)

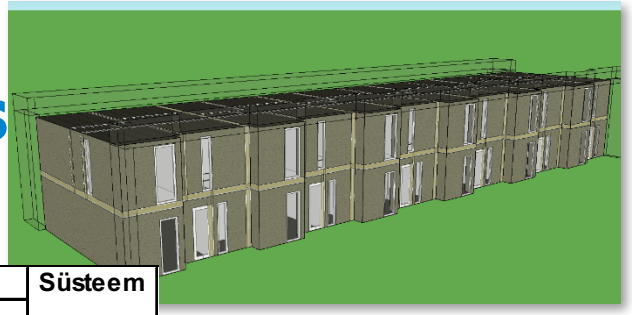


põrand

PP-C/EPS0.040-300_ktga *U*=0,118W/(m²K)



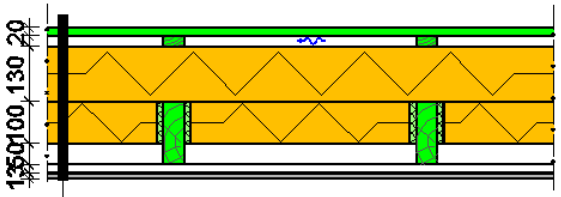
Välispiirete kulutõhusus



	Energiaklass	ETA kWh/m²·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q_{50}			
			U=0.17 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.24 W/m²·K	U=0.12 W/m²·K	U=1.1 W/m²·K	U=0.9 W/m²·K	6 m³/(h·m²)	1.5 m³/(h·m²)	SV kollektor	PV paneelid
Algversioon	*C*	*149*	x		x		x		x		x		*gaasikatel*	
Projekteeritav	*A*	*≤100*		x		x		x		x		x	x	x

sein

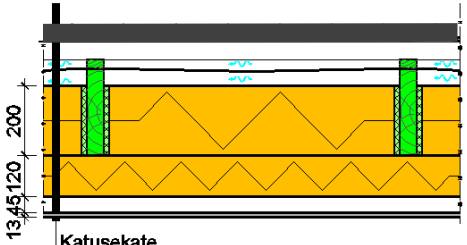
VS-W/PIR0.025_100+130 *U*=0,116W/(m²K)



Voodrilaud peensaetud	20mm
Tuulutuslatt 20x45	20mm
PIR/PUR (λ≥0,022-25W/(mK))	130mm
Karkass 150x50 s. ≥400mm + PIR/PUR (λ≥0,022-25W/(mK))	100mm
Karkassivahe	50mm
Installatsioonilatt 20x45mm	20mm
Kipsplaat	13mm

katus

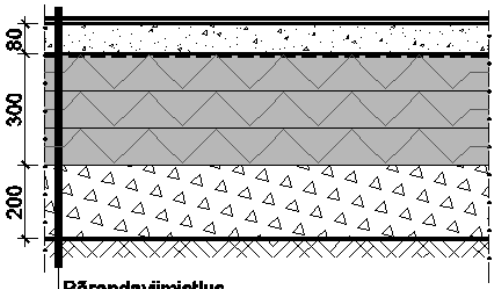
KL-PIR0.025-320 *U*=0,09 W/(m²K)



Katusekate	
Roovid 50x50mm	
Roovid 20x50mm / tuulutusvahe	
Aluskate	
Roovid 50x50mm / tuulutusvahe	
Sarikas 250x50 mm s. ≥600mm + PIR/PUR (λ≤0,022-25W/(mK)	200mm
PIR/PUR (λ≤0,022-25W/(mK)	120mm
Installatsioonilatt 45x45mm	45mm
Kipsplaat	13mm

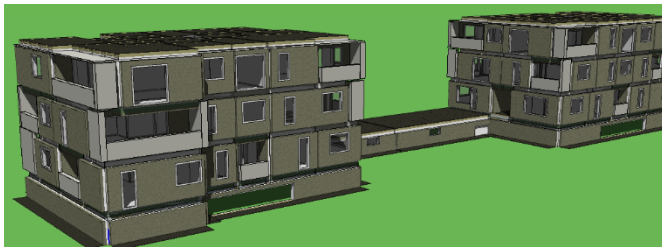
põrand

PP-C/EPS0.040-300_ktga *U*=0,118W/(m²K)



Põrandaviimistlus	
Lihvitud raudbetoonplaat	
Vahtpolüstüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK)	300mm
Geotekstiil (või kile)	
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks	≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja	

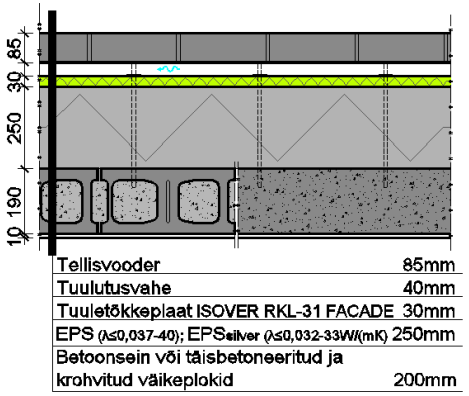
Välispiirete kulutõhusus



	Energiaklass	ETA kWh/m²·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q_{50}			
			U=0.19 W/m²·K	U=0.14 W/m²·K	U=0.17 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.15 W/m²·K	U=0.14 W/m²·K	U=1.1 W/m²·K	U=0.9 W/m²·K	3 m³/(h·m²)	1.5 m³/(h·m²)	SV kollektor	PV 30kW
Algversioon	*C*	*139*	x		x		x		x		x		*kaugküte*	
Projekteeritav	*A*	*≤100*		x		x		x		x		x	x	x

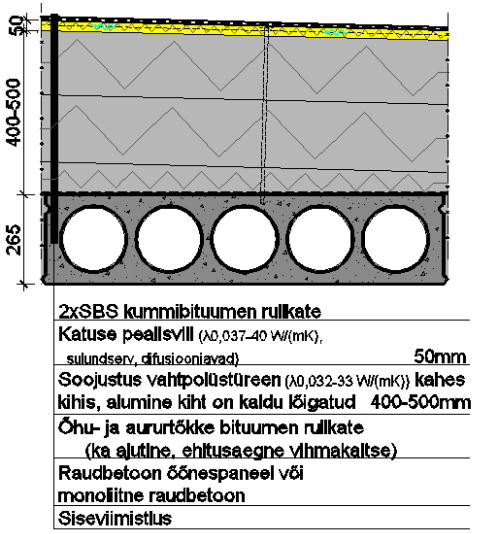
sein

VS-C/EPS0.033-250_RKL30 *U*=0,14W/(m²K)



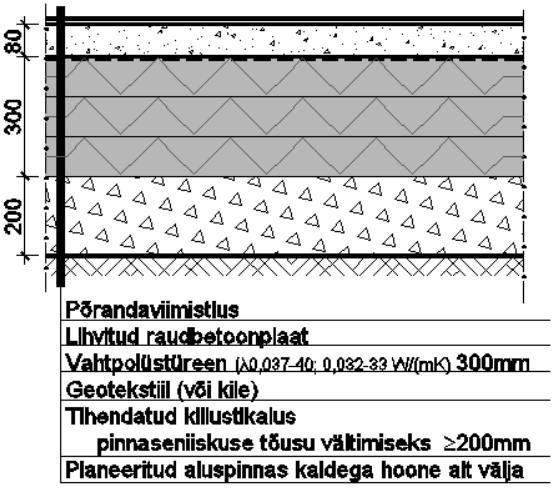
katus

KL-C/EPSsilver0.033-450 *U*=0,10W/(m²K)



põrand välisõhu kohal

PP-C/EPS0.040-300_ktga *U*=0,118W/(m²K)

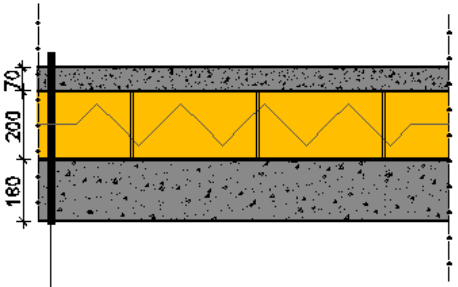


Välispiirete kulutõhusus

	Energiaklass	ETA kWh/m²·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q_{50}			
			U=0.17 W/m²·K	U=0.14 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.10 W/m²·K	U=0.21 W/m²·K	U=0.14 W/m²·K	U=1.1 W/m²·K	U=0.9 W/m²·K	3 m³/(h·m²)	1.5 m³/(h·m²)	SV kollektor	PV paneelid
Algversioon	*C*	*130*	x		x		x		x		x		*kaugküte*	
Projekteeritav	*A*	*≤100*		x		x		x		x		x	x	x

sein

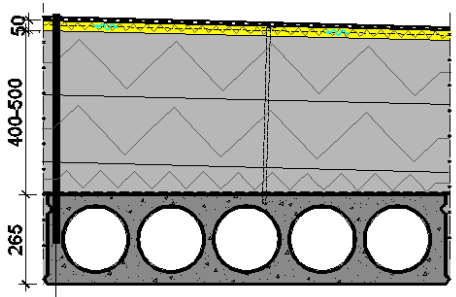
VS-CSW/PIR0.023-200_ktga *U*=0,135W/(m²K)



Betoonist välisvoorik	70mm
PIR/PUR (λ≥0,022-25W/(mK))	200mm
Betoonist kandesein	150-180mm

katus

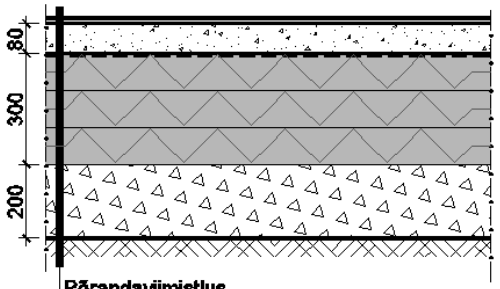
KL-C/EPS$_{silver}$0.033-450 *U*=0,10W/(m²K)



2xSBS kummibituumen rullkate
Katuse peallsvill (λ0,037-40 W/(mK), sulundserv, difusiooniavad) 50mm
Soojustus vahtpolüstüreen (λ0,032-33 W/(mK)) kahes kihis, alumine kiht on kaldu lõigatud 400-500mm
Õhu- ja aururõkke bituumen rullkate (ka ajutine, ehitusaegne vihmakaitse)
Raudbetoon õõnespaneel või monoliitne raudbetoon
Siseviimistlus

põrand

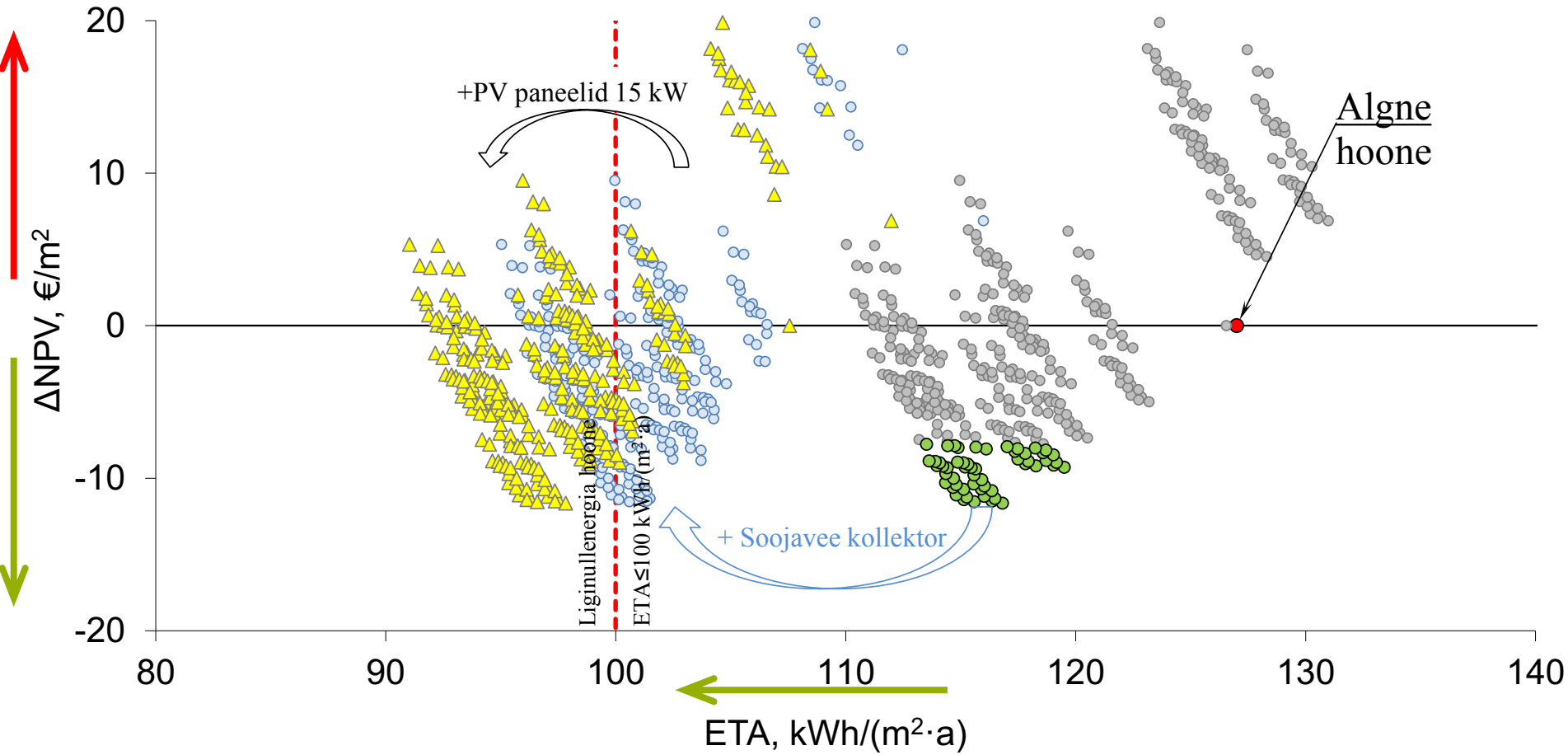
PP-C/EPS0.040-300_ktga *U*=0,118W/(m²K)



Põrandaviimistlus
Lihvitud raudbetoonplaat
Vahtpolüstüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK)) 300mm
Geotekstiil (või kile)
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks ≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja

Kuluoptimaalsus

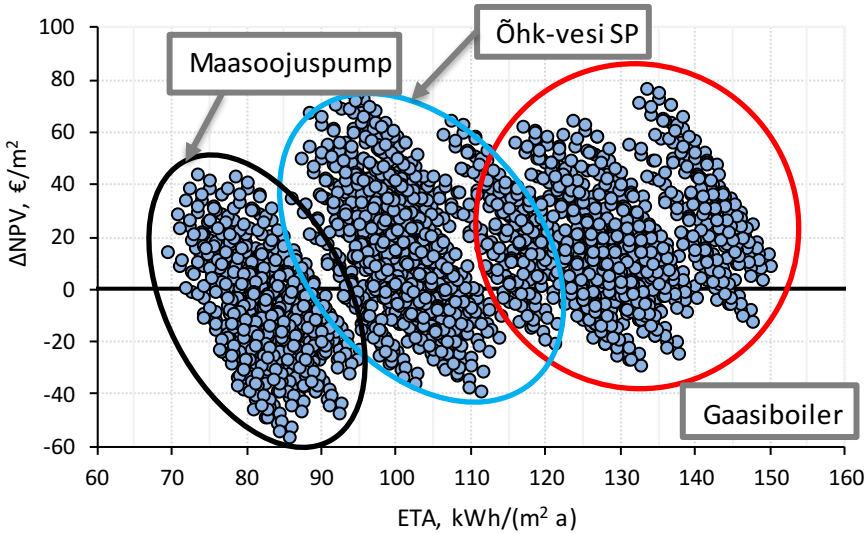
- NPV arvutus näitab liginullenergia investeeringu tasuvust
- Joonisel välispiirded, õhupidavus, päikesekollektor ja PV



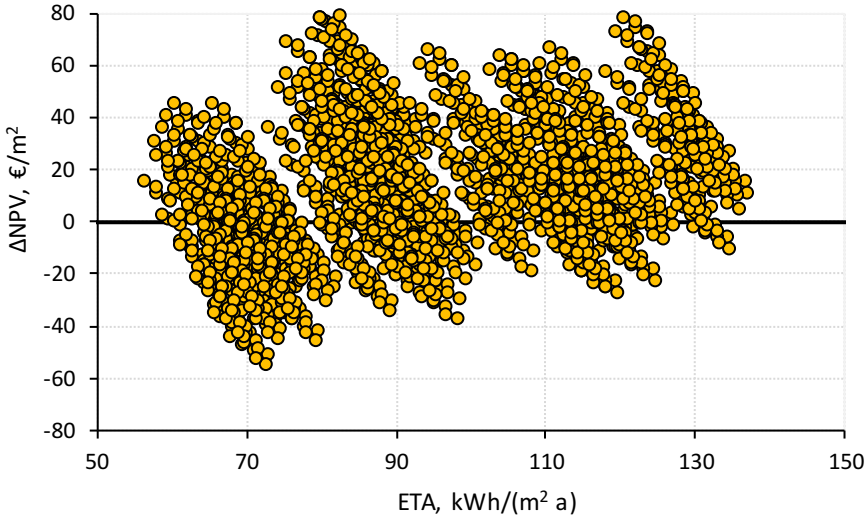
Kuluoptimaalsus

Ridaelamu näide:

- Ülemine joonis ilma päikeseelektrita
- Alumisel joonisel PV lisatud



- Kuluoptimaalse ETA=71 kWh/(m^2 a) lisamaksumus ca 40 €/m^2

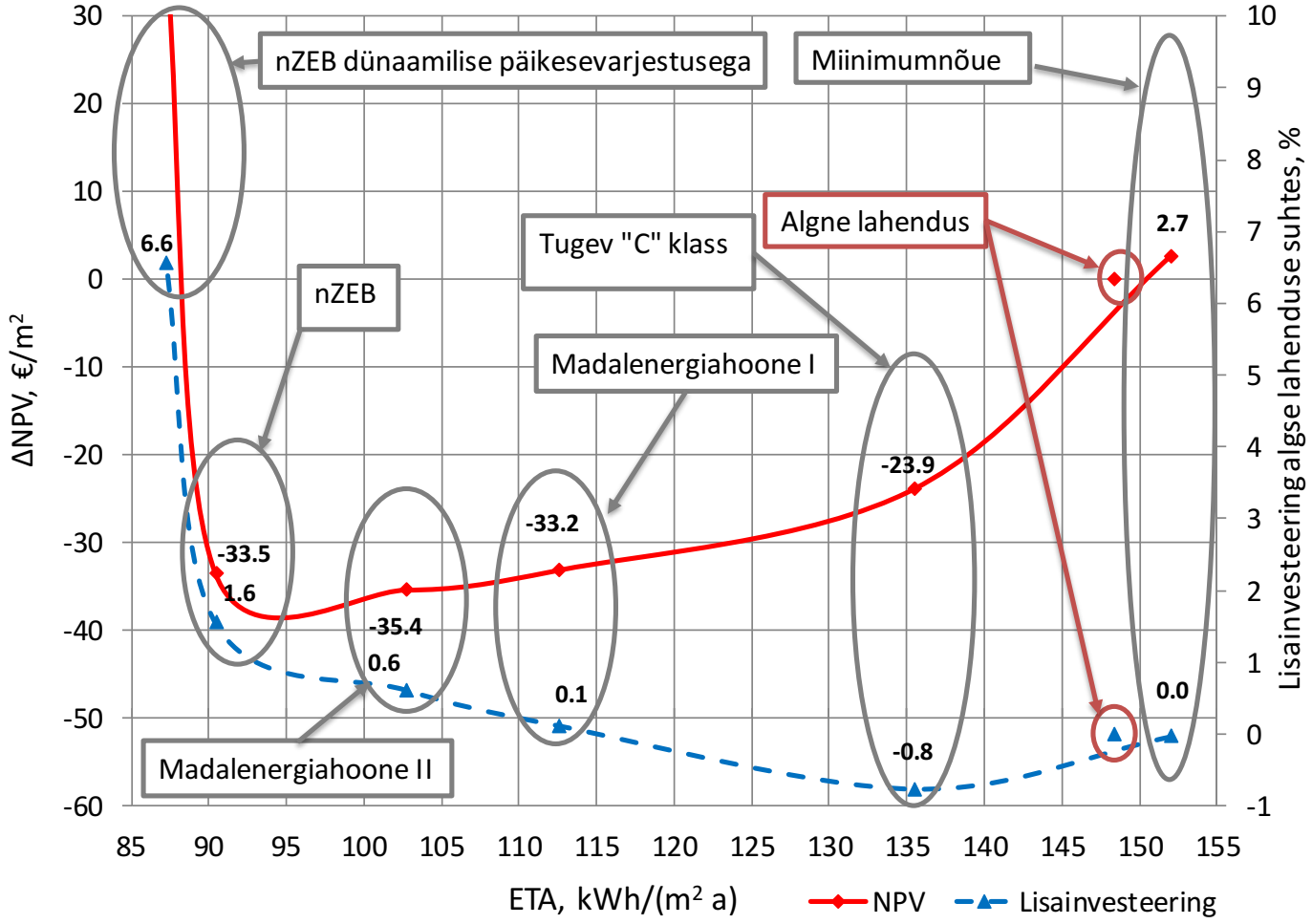


- Korterelamutes ca 25 €/m^2
- Väikeelamutes 50-65 €/m^2

- Lisamaksumused käibemaksuga köetava pinna m^2 kohta

Büroohoone lisamaksumus

- Antud näites lisamaksumus 1,6% (23 €/m²-neto km-ga = 17 €/m²-bruto ilma km-ta)



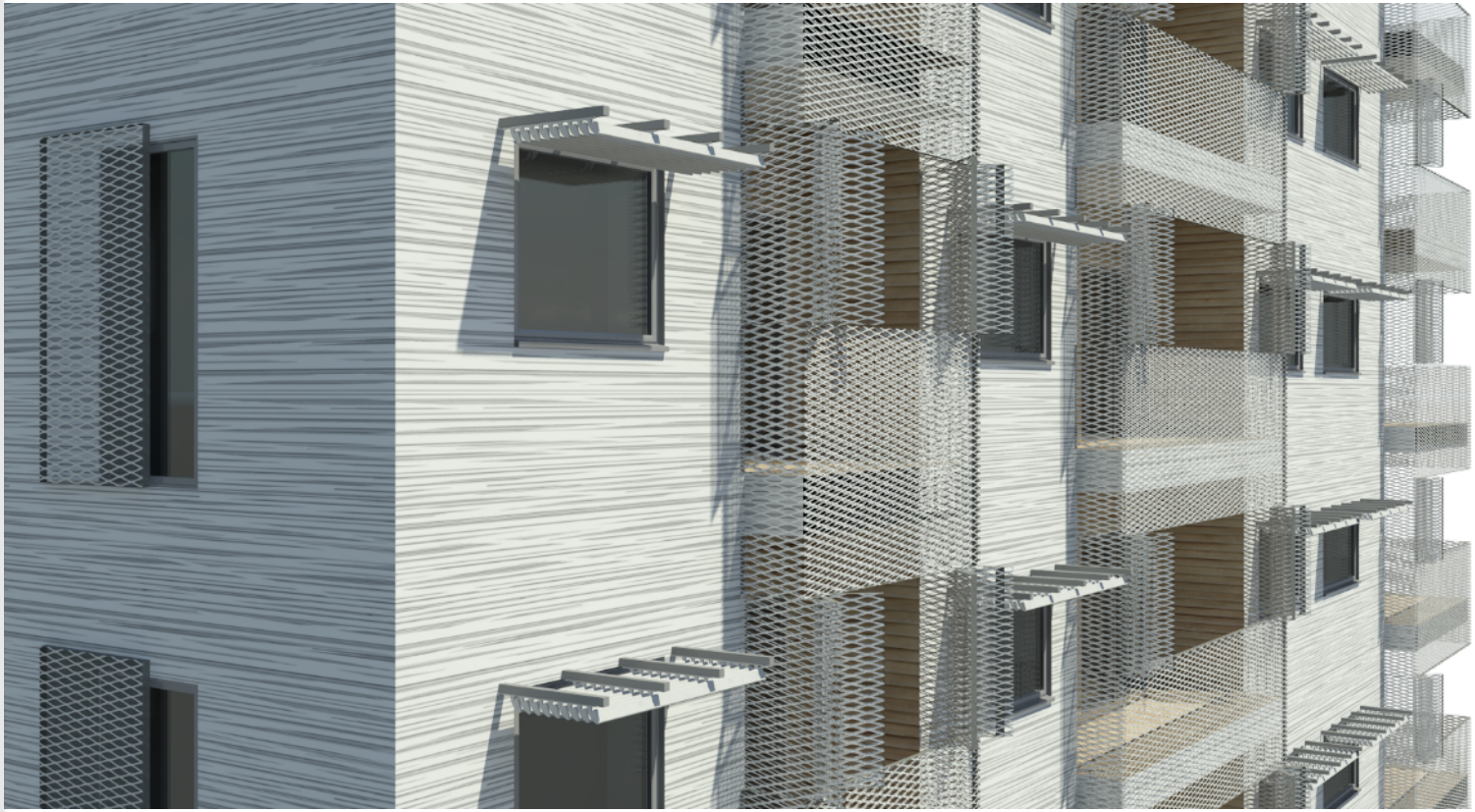
Tavapärased korterelamud

- Arvutatud ka mitmeid muid korterelamuid
- Eeldus, et nõudeid peab olema võimalik täita gaasiküttel
- Liginull = praegune parim praktika + PV katusele

Liginullenergia korterelamu: Tallinna Õpetajate maja (Uuslinna 3a)

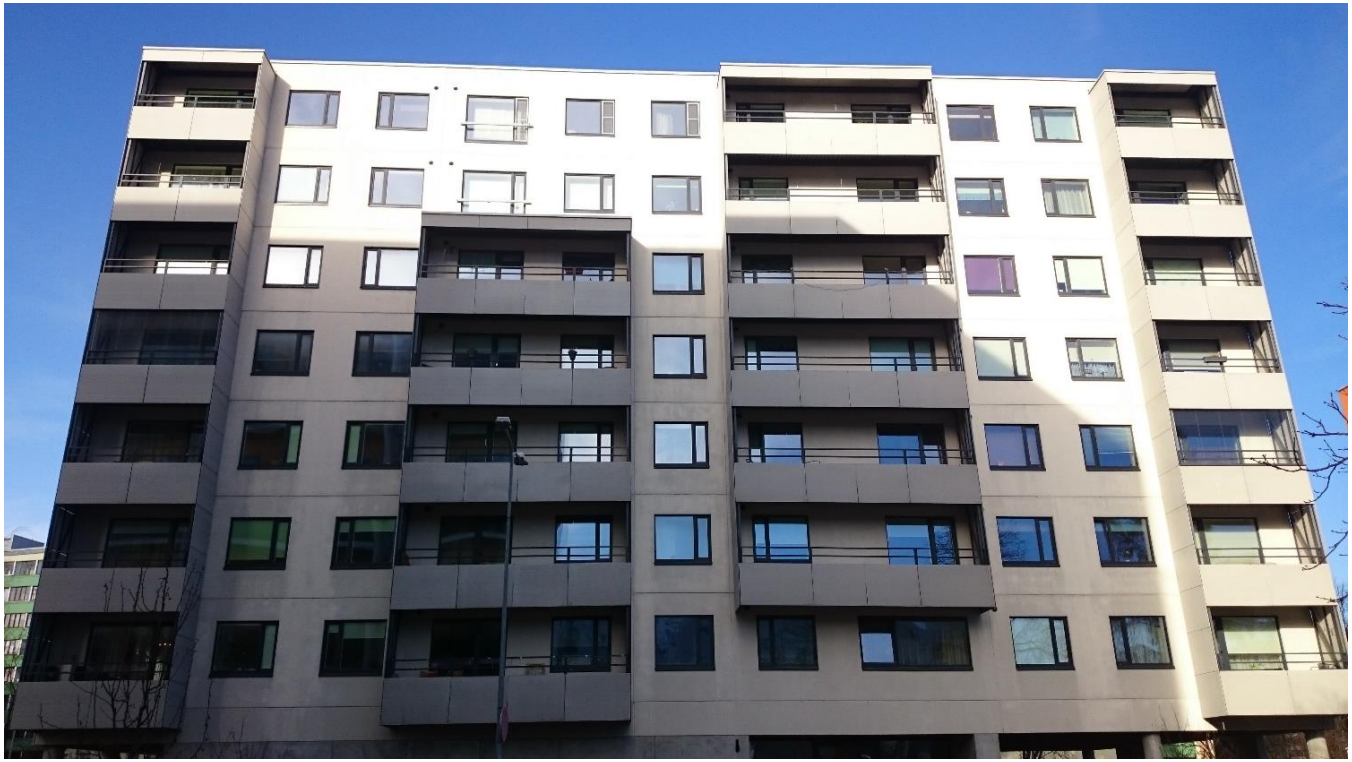
Liginullenergia korterelamu: Tallinna Õpetajate maja (Uuslinna 3a)

Liginullenergia korterelamu: Tallinna Õpetajate maja (Uuslinna 3a)



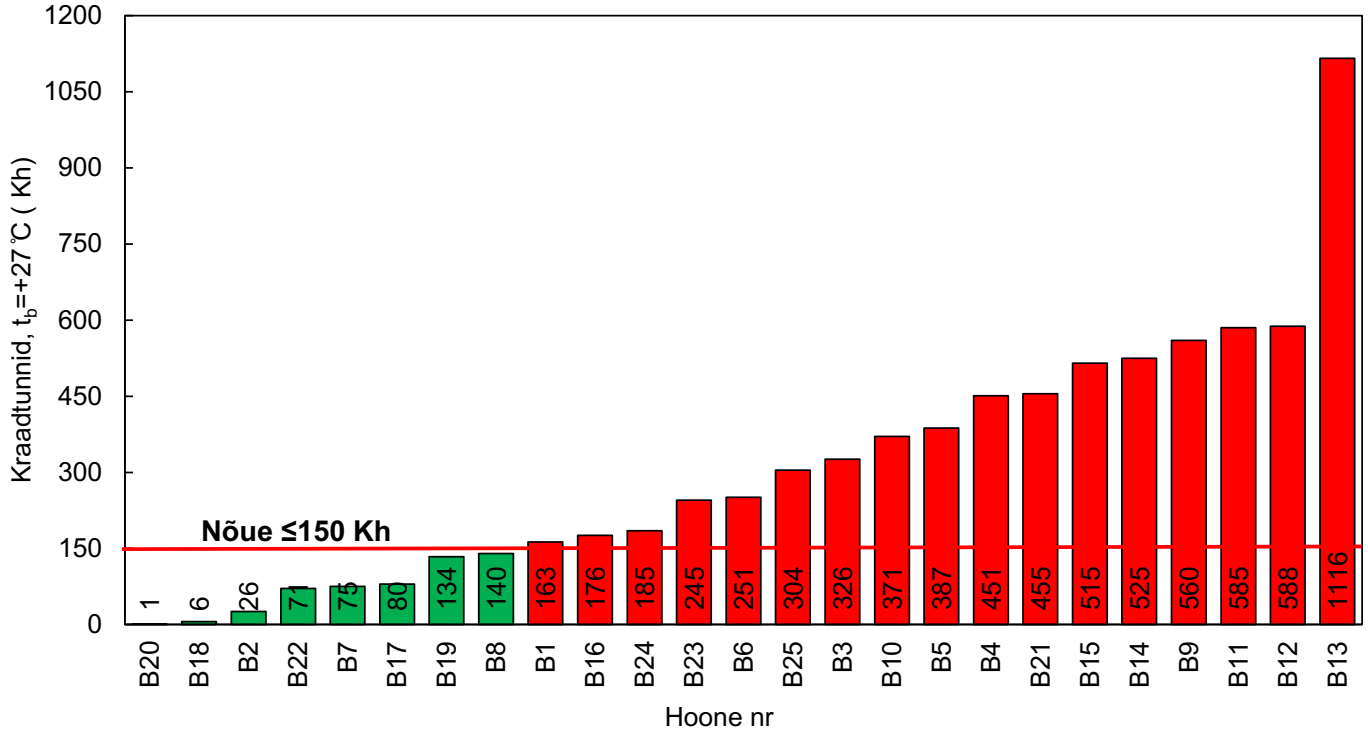
Suvine ülekuumenemine

- lõunasse/läände orienteeritud aknad
- välise varjestuse puudumine
- akende avatava osa osakaal alla 5%
- mõõdetud tunnikeskmised temperatuurid üle +32 ℃



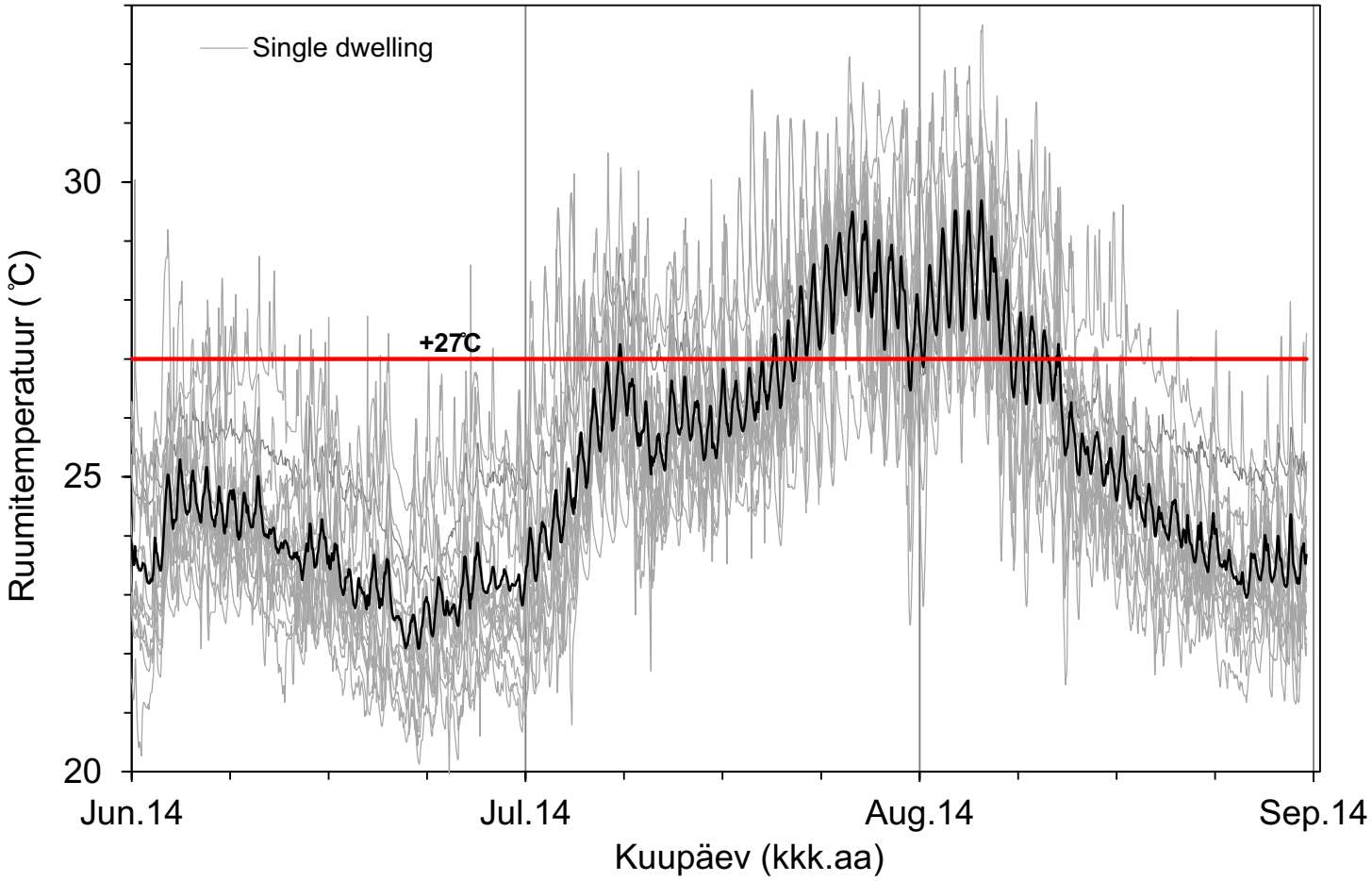
Suvine ülekuumenemine

- Elamute ruumitemperatuur ei tohi ületada piirtemperatuuri 27 °C rohkem kui 150 kraadtundi (°Ch)
- 2014 suvel mõõdeti ruumitemperatuure ja teostati simulatsioonarvutused 25 uues korterelamus (QualiCheck)
- 17 (68%) ei täitnud suvise ruumitemperatuuri nõudeid



Suvine ülekuumenemine

- Tunnikeskmised temperatuurid ulatusid üle +32 ℃
- Enamus korterites oli ruumitemperatuur üle +27 ℃ märkimisväärsel osal ajast

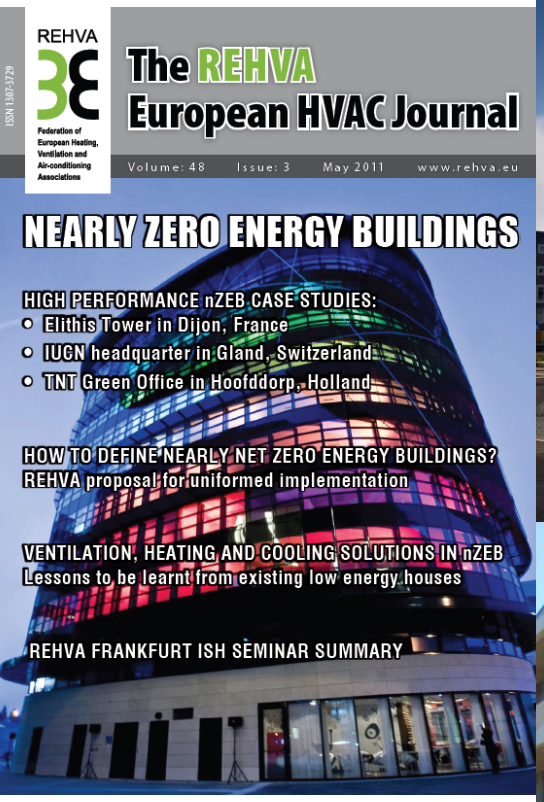


Mitteelamute näiteid

	Asukoht	Tüüp	Andmed	Küte	Jahutus	Taastuven.
FRA	Dijon, Prantsusmaa	Büroo	Mõõdetud	Biokütus	Vaba- ja kompressorijahutus	Päikeseelekter
SUI	Gland, Sveits	Büroo	Simulatsioon	Maasoojus pump	Puuraugud	Päikeseelekter
NL1	Hoofddrop, Holland	Büroo	Simulatsioon	Maasoojus pump	Maasoojuspump, energiakaevud	Bioõliga koostootmisjaam
FIN	Helsingi, Soome	Büroo	Simulatsioon	Kaugküte	Puuraugud	Päikeseelekter
NL2	Haarlem, Holland	Kooli-maja	Simulatsioon	Maasoojus pump	Maasoojuspump, energiakaevud	Päikeseelekter
SWE1	Stockholm, Rootsi	Büroo	Simulatsioon	Kaugküte	Puuraugud	Tuulepark (eemalseisev)
SWE2	Helsingborg, Rootsi	Büroo	Mõõdetud	Maasoojus pump	Puuraugud	Päikeseelekter
EST	Rakvere, Eesti	Büroo	Simulatsioon	Kaugküte	Energiakaevud	Päikeseelekter

„Vanemad“ liginullenergiahooned

- Buildings 1-4 are nZEB office buildings in France, Netherlands, Switzerland and Finland
- Reported in REHVA Journal (3/2011, 2/2012, 5/2012)



REHVA nZEB Task Force uued hooned 5-8

DSK-II school, Haarlem, the Netherlands

Construction year 2014

3 900 m²

Extra nZEB cost 250 €/m² estimated

General description	Primary school with zero energy consumption, meaning the total amount of energy used for the building itself on an annual basis is roughly equal to the amount of renewable energy produced on site.
Energy performance	**Net-zero energy building** without accounting small power equipment loads, achieved with large on-site PV, heat pumps and energy wells.

Entré Lindhagen office building, Sweden

Construction year 2014

65 000 m²

Extra nZEB cost 55 €/m² estimated (w/o wind farm investment)

General description	Skanska head office, Nordea office nZEB building, energy consumption 55 % less than code requirement, building demonstrates low speed ventilation and Skanska Deep Green Cooling, a ground cooling system without heat pump or chiller. Triple Leed Platinum. For core and shell, for Skanska interior design, for Nordea interior design.
Energy performance	**Net-zero energy building** (small power equipment loads accounted) without accounting district heat, achieved with nearby wind farm, district heating and boreholes. **Nearly zero energy building** if the share of wind farm is not accounted.

Väla Gård office building, Sweden

Construction year 2013

1 750 m²

Extra nZEB cost 230 €/m² estimated

General description	Skanska office in Helsingborg. A nZEB office building, energy consumption is nearly zero or plus including tenant power over the year. LEED certified Platinum.
Energy performance	**Net zero energy building** (small power equipment loads accounted) or **plus energy building** w/o small power, achieved with extensive on-site PV, ground source heat pump and boreholes.

Rakvere Smart Building Competence Centre office building, Estonia

Construction year 2014-2015

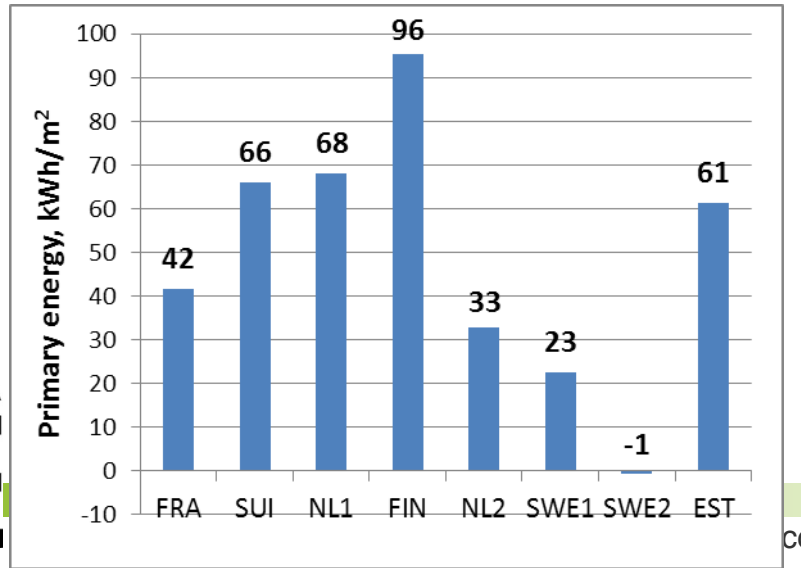
2 170 m²

Extra nZEB cost 200-300 €/m² estimated

General description	Estonian first nZEB office building, primary energy consumption 60 % less than code requirement, building demonstrates smart building automation systems.
Energy performance	**Nearly zero energy building** (small power equipment loads accounted), achieved with on-site PV, district heating and energy wells.

Tarnitud, lokaalne taastuv, lähedal toodetud ja primaarenergia

	FRA	SUI	NL1	FIN	NL2	SWE1	SWE2	EST
Küte	10,5	6,0	13,3	38,3	20,5	32,2	10,0	25,0
Jahutus	2,4	6,7	3,3	0,3	3,2	1,3	0,5	2,0
Ventilatsioon	6,5	8,1	17,5	9,4	11,8	13,2	3,0	9,7
Valgustus	3,7	16,3	21,1	12,5	12,5	16,5	12,6	11,3
Seadmed	21,2	26,8	19,2	19,3	5,0	16,9	12,6	18,5
Lokaalne taastuv	-15,6	-30,9	-73,8	-7,1	-36,5		-39,0	-19,6
Tuulepargi elekter						-47,9		
Koostootmise kütus			184					
Eksporditud soojus			-50,0					
Energiatõhususarv	**42**	**66**	**68**	**96**	**33**	**23**	**-1**	**61**



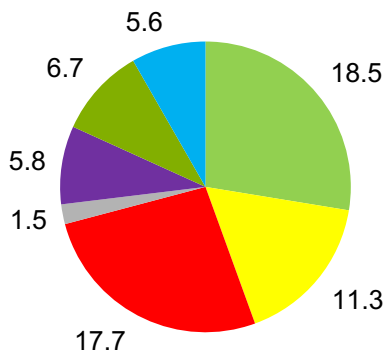
	Primary energy factors		
	nren	ren	tot
Biofuel	**0.5**	0.5	1.0
District heat	**0.7**	0.3	1.0
Electricity	**2.0**	0.2	2.2

Example (Rakvere, EST)

System boundary of delivered and exported energy on site

Solar and internal heat gains/loads

ENERGY NEED (65.4 kWh/(m² a))



Heat transmission through the building envelope

ENERGY NEED (56.1 kWh/(m² a))

25.0 heating

12.3 cooling

18.5 appliances

11. lighting

Solar panels

19.6 PV electricity, from which 12.5 is used in the building and 7.1 exported

BUILDING TECHNICAL SYSTEMS

District heat 25.0/1.0 = 25.0

Free cooling 6.7/17.5 = 0.4

Compressor cooling 5.6/3.5 = 1.6

Fans and pumps 9.7

Appliances 18.5

Lighting 11.3

(Sum of electricity 41.5)

DELIVERED ENERGY

District heat 25.0 (30% renewable)

Electricity 29.0 (20% renewable)

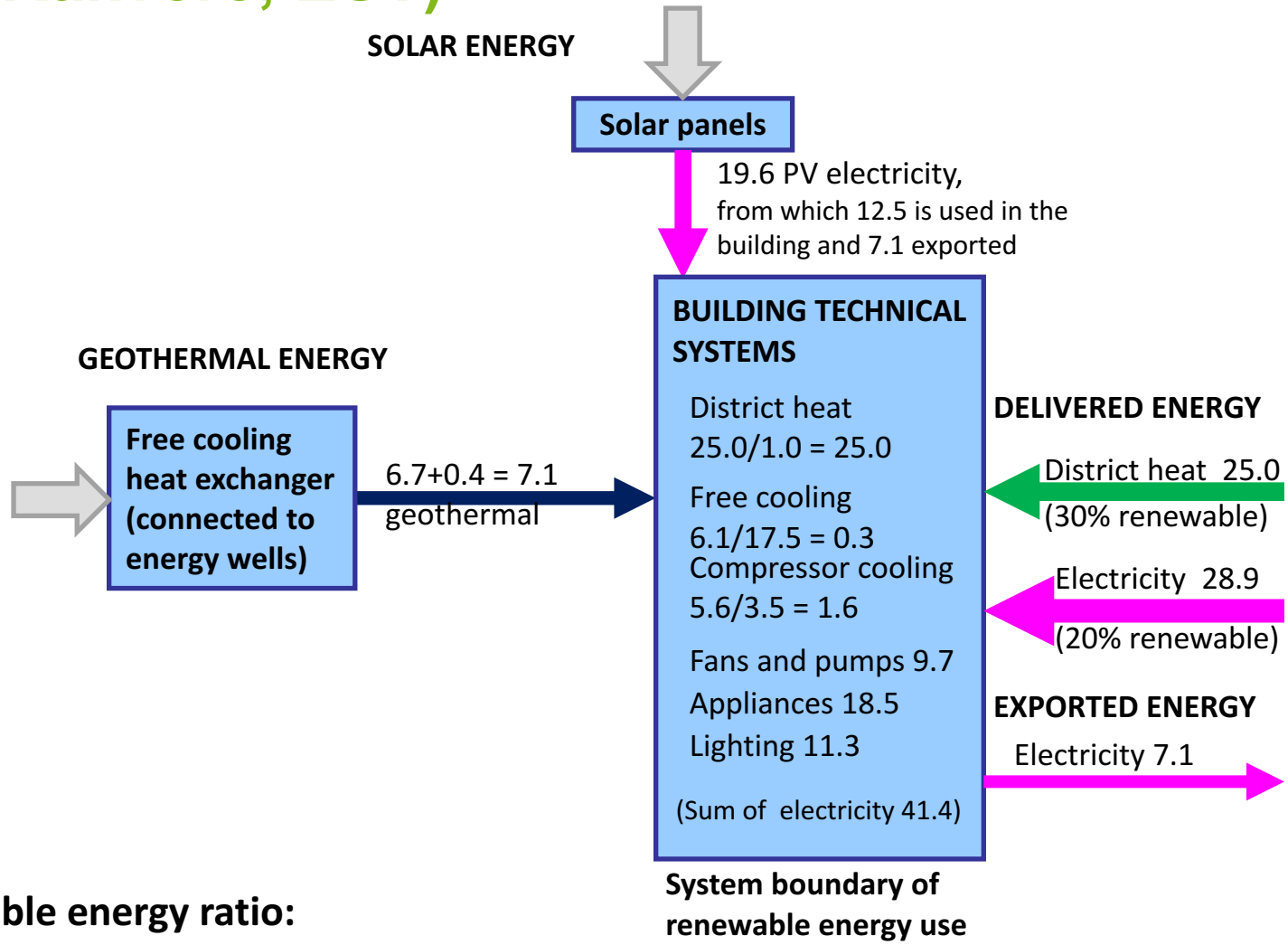
EXPORTED ENERGY

Electricity 7.1

Delivered and exported energy on site

Primary energy: $EP_P = 25.0 \cdot 0.7 + 29.0 \cdot 2.0 - 7.1 \cdot 2.0 = 61.3 \frac{kWh}{m^2 a}$

Example (Rakvere, EST)



Renewable energy ratio:

$$RER_P = \frac{19.6 + 7.1 + (2.2 - 2.0) \cdot 29.0 + (1.0 - 0.7) \cdot 25.0}{19.6 + 7.1 + 25.0 \cdot 1.0 + 29.0 \cdot 2.2 - 7.1 \cdot 2.2} = \frac{40.0}{99.9} = 0.40$$

Tehnilised lahendused

- Kõigis hoonetes arvestatud energiatõhususe põhitõdedega:
  - Mõistlik kompaktsus
  - Piisav soojustus
  - Soojustagastusega sissepuhke ja väljatõmbeventilatsioon
  - Madalatemperatuuriline küte soojuspumpade korral
  - Kõrgetemperatuuriline jahutus puuraukude või kaevude korral

- Lisaks sellele erinevaid lahendusi hoonete mahu, fassaadide, tehnosüsteemide, energiavarustuse ja taastuvenergia osas

Tehnilised lahendused (5-8)

nZEB buildings	Mass & built form	Façade design	HVAC, lighting and controls	Energy supply	On-site RES and storage
FIN Ympäristötalo, office building, Finland, 2011, No 1 nZEB office in Finland	Compactness and deep span achieved with inner courtyards covered with insulated roofs	Carefully sized windows, South façade is double skin façade with integrated PV and solar shading	Low pressure DCV and CAV ventilation, occupancy and photocell controlled dimming	District heating	Borehole cooling = zero energy cooling, PV system (roof and South façade) + battery storage
NL2 DSK-II school, Haarlem, the Netherlands, net-zero building, 2014	Functions on North and West façade, where solar load is after school day	Fixed Louvre system on the South façade	Low pressure DCV ventilation, floor cooling and heating, LED lighting	Two open wells for energy storage and heat pump for heating and cooling	Energy wells, solar collector for hot water, and PV
SWE1 Entré Lindhagen office building, Sweden, 2014, Triple Leed Platinum	Large building of 65 000 m²	Automated shading, behind outer single glass of double skin or fixed blinds	Low speed ventilation, occupancy and photocell controlled dimming	District heating	Borehole cooling = zero energy cooling, nearby wind farm share
SWE2 Väla Gård office building, Sweden, 2013, Net-zero (or Energy Plus w/o small power)	Compact massing, roof slope for PV	External automated blinds, carefully sized windows, 1/3 of building has fixed horizontal blinds	DCV ventilation, medium-temp. radiator heating, occupancy and photocell controlled dimming	Ground source heat pump for heating and cooling	Extensive solar PV system and free cooling from ground source
EST Rakvere SBCC office building, Estonia, 2014, Estonian first nZEB office	Compact massing, the building is attached to the existing building	Double façade with automated solar blinds (W), fix shades (S),	CAV and DCV ventilation, occupancy and photocell controlled dimming	District heating, two energy wells for cooling	Open energy wells for cooling = zero energy cooling and PV system

Ympäristötalo, Helsingi keskkonnaamet, Soome (FIN)	
  Ehitusaasta 2011 6 800 m² Liginulli lisamaksumus 70-100 €/m²	
Kirjeldus	Helsingi keskkonnaameti hoone Ympäristötalo on siiamaani parima energiatõhususega büroohoone Soomes. Energiatõhususarv 85 kWh/(m² a) on võrreldav Eesti nõuetega, kuna arvutusmetoodikad on sarnased. Hoone on integreeritud projekteerimise ülihea näide, tänu teadliku tellija ja kindlalt korraldatud projekteerimise projektijuhtimise tõttu kujunes liginullenergia lisamaksumuseks ainult 3–4% võrreldes tavapärase büroohoonega.
Energiatõhusus	**Liginullenergiahoone,** saavutatud kaugkütte, päikeseelektrisüsteemi ning jahutuseks kasutatavate puuraukudega. Kompaktne maht on saavutatud kaetud siseõuedega. Lõunapoolne fassaad on päikesepaneelidega topeltfassaad, mille taga soojustatud seinad, ribikardinad ja mõistliku suurusega aknad. Hoones on nõudluspõhine ventilatsioon ja valgustus ning õhustus 100% vabajahutusega puuraukudest.

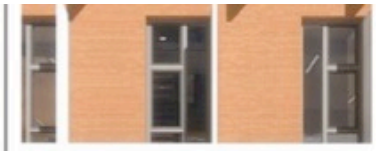
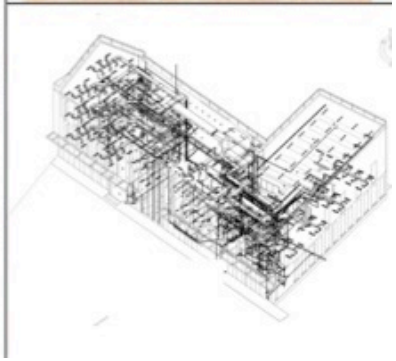
Entré Lindhagen büroohoone, Rootsi (SWE1)

Ehitusaasta 2014

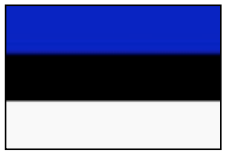
65 000 m²

Liginulli lisamaksumus 55 €/m² (ilma tuulepargi investeeringuta)

Kirjeldus	Skanska peakontor ja Nordea büroohoone, üks maailma energiatõhusaimatest suurtest büroohoonetest, mille energiakasutus on 55 % parem kui miinimumnõue. Kolmekordne Leed Platinum (Core and shell, Skanska interior design, Nordea interior design.)
Energiatõhusus	**Netonullenergiahoone** ilma keskkütet arvestamata, saavutatud eemalseisva tuulepargi investeeringuga, kaugküttega ja puuraukudega. Aastane energiabilanss moodustub ainult väikesest kogusest kaugkütteenergiast. Kui tuulepargi elektritoodangut ei arvestata siis muutub liginullenergiahooneks. Suure mahuga hoones on madala kiirusega (mehaaniline) ventilatsioon, mis on enamuses ruumides konstantse õhuvooluhulgaga ja praktiliselt hooldusvaba ning Skanska Deep Green Cooling, mis on 100% vabajahutus puuraukudest ilma kompressorjahutuseta.

DSK-II koolimaja, Haarlem, Holland (NL2)	
Ehitusaasta 2014 3 900 m² Liginulli lisamaksumus 250 €/m²	 
Üldkirjeldus	Koolimaja klassiruumid on paigutatud põhja- ja läänekülje le, kuhu päikesepaiste jõuab alles pärast koolipäeva lõppu. Üks Hollandi parima energiatõhususega koolimajadest, mille juures on kasutatud ridamisi aktiivseid ja passiivseid lahendusi.
Energiatõhusus	**Netonullenergiahoone** kui ei arvestata seadmete energiakasutusega (tuleneb Hollandi metoodikast). Lõunafassaadil on fikseeritud varjestus. Küte ja jahutus on kahel energiakaevul põhineva soojuspumbaga. Lisaks suuremõõtmeline päikeseelektrisüsteem.

Rakvere Targa maja kompetentsikeskuse büroohoone, Eesti (EST)



Ehitusaasta 2015 (valmimas)

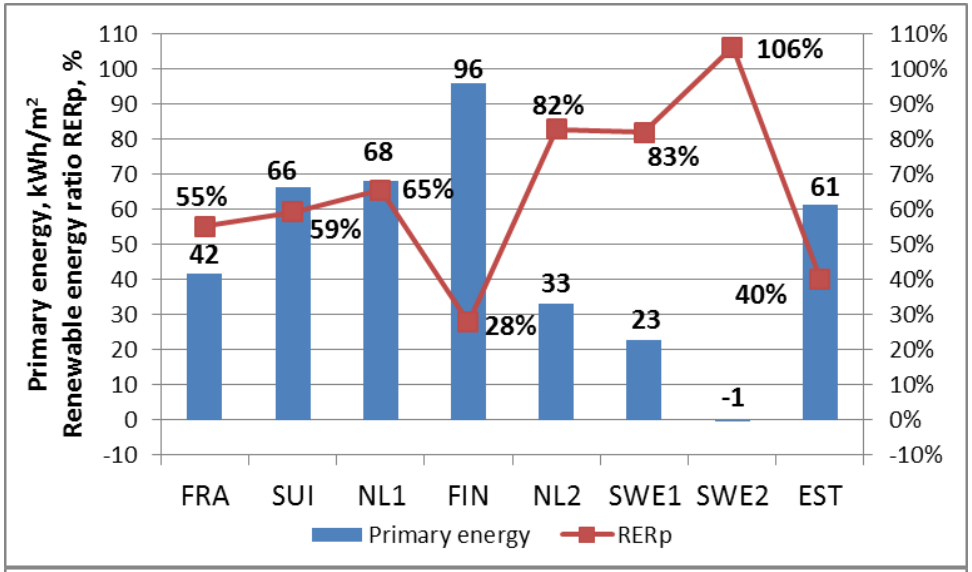
2 170 m²

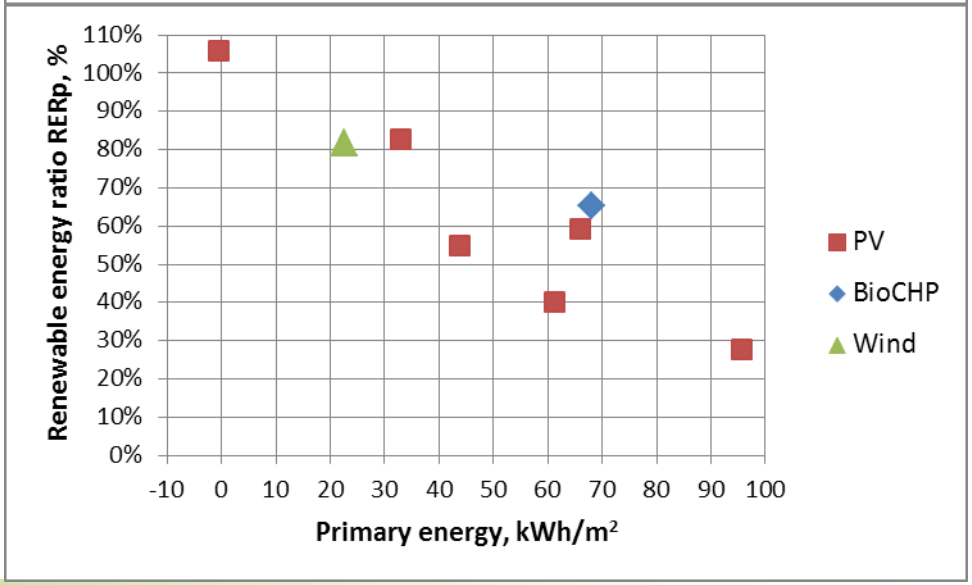
Liginulli lisamaksumus 200 €/m²

Kirjeldus	Eesti esimene liginullenergiabüroohoone, mille energiakasutus on miinimumnõudest 60 % võrra parem. Hoones on mitmed demokeskkonnad targa maja hooneautomaatikasüsteemide demonstreerimiseks, mis lisavad ka ehitusmaksumust. Eestis esmakordselt teostatud integreeritud projekteerimise näide, mille tulemusel oli võimalik ehitada tagasihoidliku eelarvega liginullenergiahoone.
Energiatõhusus	**Liginullenergiahoone,** saavutatud kaugkütte, jahutuseks kasutatavate energiakaevude ja päikeseelektrisüsteemiga. Kompaktse vormiga uus hoone on liidetud olemasoleva linnavalitsuse hoonega. Demonstreerib topeltfassaadi ja automaatselt juhitava päikesevarjestuse lahendusi, mis on kombineeritud päevalguse ja elektrivalgustuse juhtimisega. Osaliselt nõudluspõhine ventilatsioon ja õhustus 100% vabajahutusena energiakaevudest.

Taastuvenergia osakaal vs. ETA

- Good (negative) correlation between primary energy and RER
- Not very technology dependent
- >100% RERp does not allow to draw conclusions on the grid load





Metoodika täpsustused

Liginullenergiahoone nõuete erandite väljatöötamine

- päikesekiirguse olemasolu krundil
- kõrgus- ja ruuminurgad ehitatava hoone katuse kõrguselt ning kõrgemate hoonete puhul ka fassaadidelt, mis tagavad päikesekiirguse saadavuse kiirguskoridorid
- põhjendatud erandid, kui tootlikkus alla 80% ilma varjudeta tootlikkusest
- eraldi tähelepanu kõrghoonetele tihedas linnakeskkonnas
- erandi rakendumisel nõutakse B-klassi ning lokaalse taastuvelektri süsteemi ei ole vaja paigaldada

Metoodika täpsustused

Väikeelamu lihtsustatud tõendamine A- ja B-klassile

- Lihtsustatud metoodika “arhitekti võimekusega” säilitatakse
- Baseerub praegusel soojuserikao arvutamise tabelil, millesse edaspidi sisestatakse aknad kolme ilmasuuna järgi
- Arvutab välja ETA, võimalik esitada ka tabeliväärtuste kujul

Metoodika ja nõuete täpsustused:

- Kasutusotstarvete täpsustused, nt garaažid, tootmishooned, kasarmud
- standardkasutusele taandamine olemasolevate hoonete tarbimisandmete põhjal, energiaarvestid standardkasutusse mitte sisalduvate tarbijate grupidele
- väikeelamute jagamine köetava pinna järgi kolme kategooriasse
- Üksikute ETA väärtuste parandusettepanekud

Kokkuvõte

- Liginullenergiamajade ehitamine läheneb:
  - Avalike hoonete projekteerimine on juba alanud
  - Muud uued hooned tuleb projekteerida liginullenergiahoonetena 2019
  - Ministeerium väljastab täpsed ehitusloa tähtajad
- Juhendmaterjalid ja näidisprojektid valmimas
- Liginullenergianõuded on muutunud kuluoptimaalseks, lisamaksumus 20-50 €/m^2
- Põhjalikum projekteerimine ja vähene tellimise/projekteerimise kogemus kõige suuremad väljakutsed