

Liginullenergia eluhooned

Tüüplahendused ja näidisprojektid

Teadmistepõhine ehitus 27.04.2017

Endrik Arumägi
Liginullenergiahoonete uurimisrühm



Liginullenergia eluhooned

Projekti osapooled

- ✓ Sihtasutus KredEx
- ✓ Majandus-ja Kommunikatsiooniministeerium



- ✓ 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

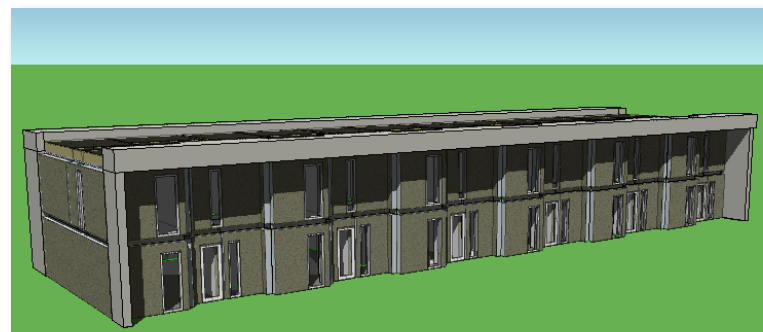
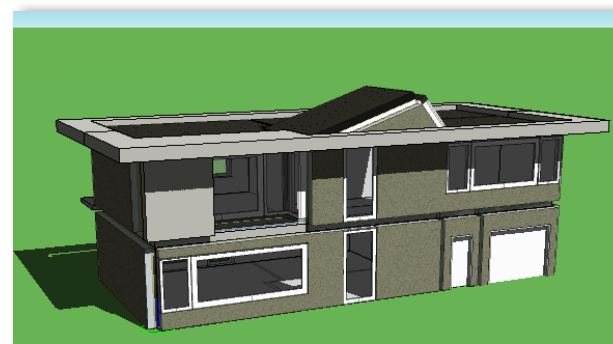
- ✓ üksikelamu lahendused
- ✓ korter- ja ridaelamu lahendused
 - lahenduste juures esitatakse
 - ehitusprojekti koostamise juhend
 - arhitektuursed ja eriosade joonised koos tehniliste lahenduste ja sõlmedega
- ✓ energiaarvutuste metoodika väljatöötamine
 - lähteandmed ja energiaarvutus
 - osuvine ruumitemperatuuri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



Liginullenergia eluhooned

Väikelamud

- ühekorruseline üksikelamu
 - ✓ köetav pind $\approx 100 \text{ m}^2$
 - ✓ puitkonstruktsioonis
- kahekorruseline üksikelamu
 - ✓ köetav pind $\approx 200 \text{ m}^2$
 - ✓ kivikonstruktsioonis
- kahekorruseline ridaelamu
 - ✓ köetav pind $\approx 585 \text{ m}^2$
 - ✓ puitkonstruktsioonis





Liginullenergia eluhooned

Korterelamud

- Väiksem korterelamu
 - ✓ kolmekorruseline
 - ✓ köetav pind $\approx 1700 \text{ m}^2$
 - ✓ betoonplokk
 - ✓ soojustus+õhekrohv
- Suurem korterelamu
 - ✓ kuuekorruseline
 - ✓ köetav pind $\approx 6400 \text{ m}^2$
 - ✓ betoonelement





Liginullenergia eluhooned

Välispiirete kulutõhusus

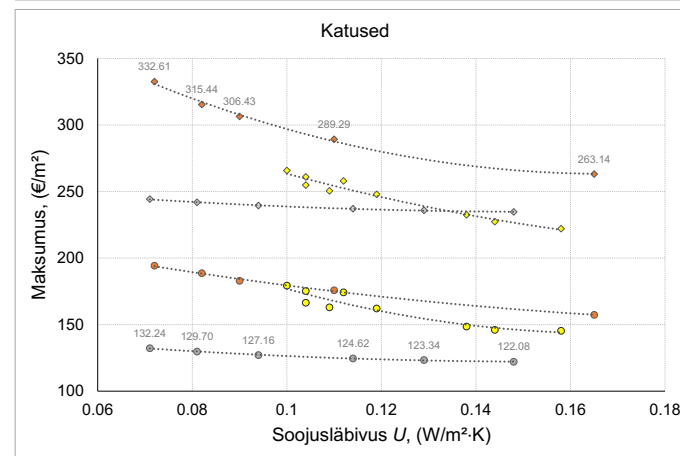
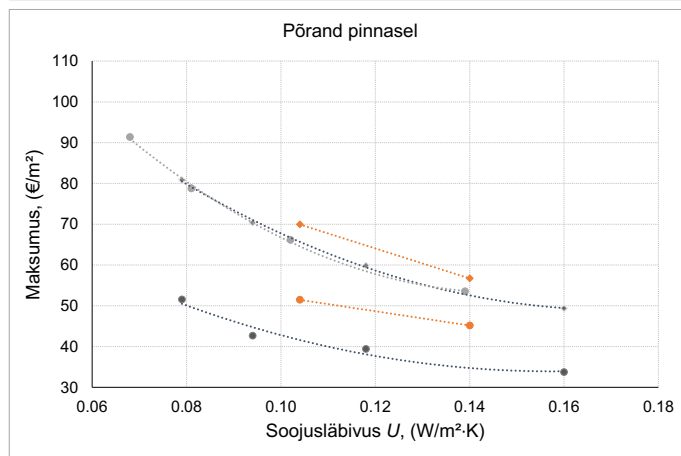
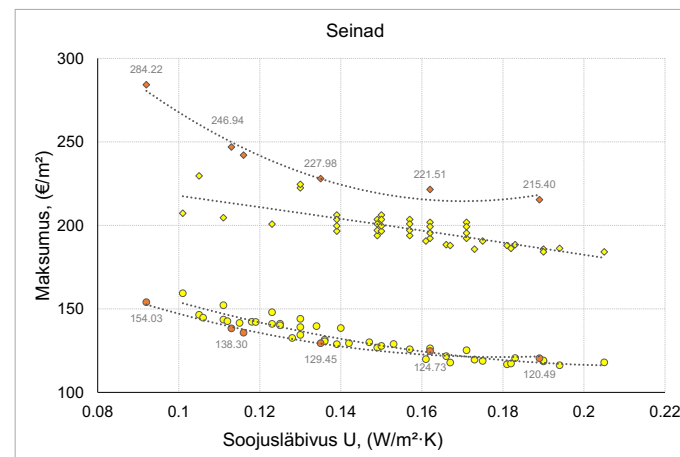
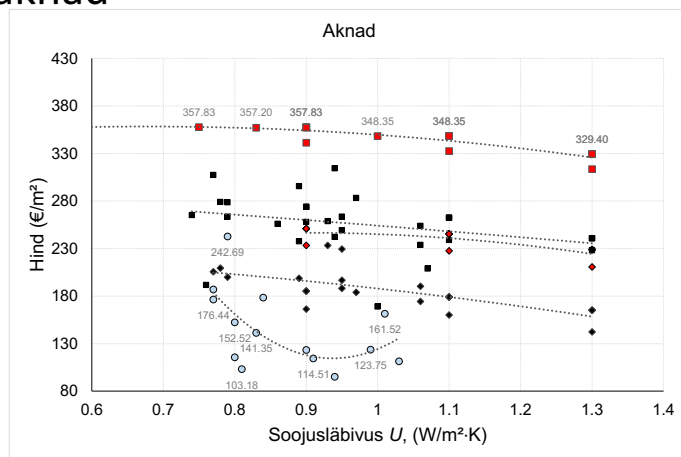
- Arvutuse lähteandmed
 - ✓ nüüdisväärtuse meetod (ΔNPV)
 - ✓ investeering – tarindite, avatäidete ja tehnosüsteemide maksumus
 - ✓ tulu – energia kokkuhoiust saadav sääst
 - ✓ arvutusperiood 30 aastat
 - ✓ reaalintruss 2.5%;
 - ✓ energia hinna eskalatsioon 1% aastas
 - ✓ tarindite, avatäidete ja tehnosüsteemide maksumused ehitajalt
 - ✓ energia hinnad käibemaksuga
 - elekter: kortermaja $0.1132 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$; eramaja $0.1265 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$;
 - elekter: müük võrku $0.035 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
 - kaugküte: $0.060 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
 - gaas: $0.048 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$



Liginullenergia eluhooned

- Tarindite ja akende maksumused ehitajalt

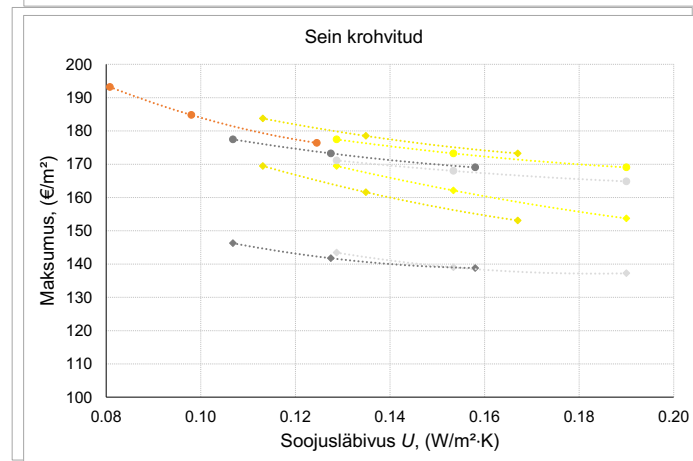
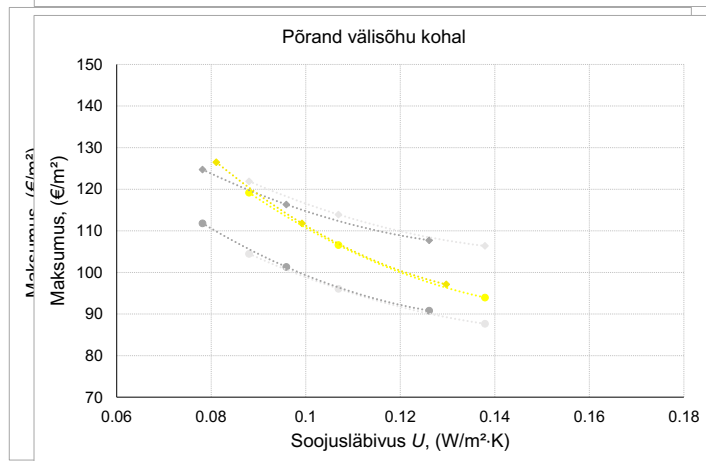
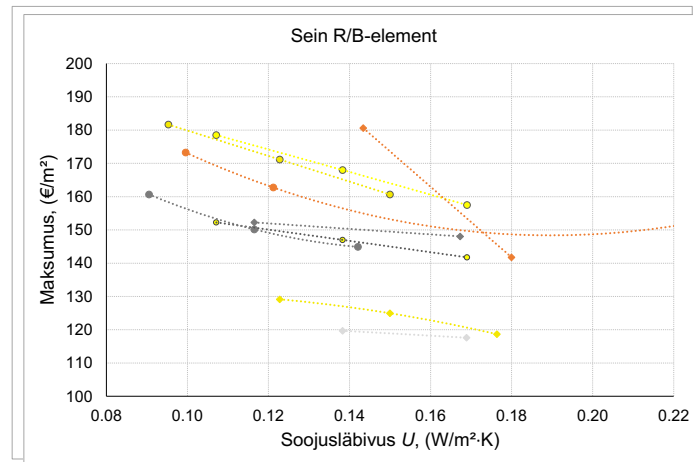
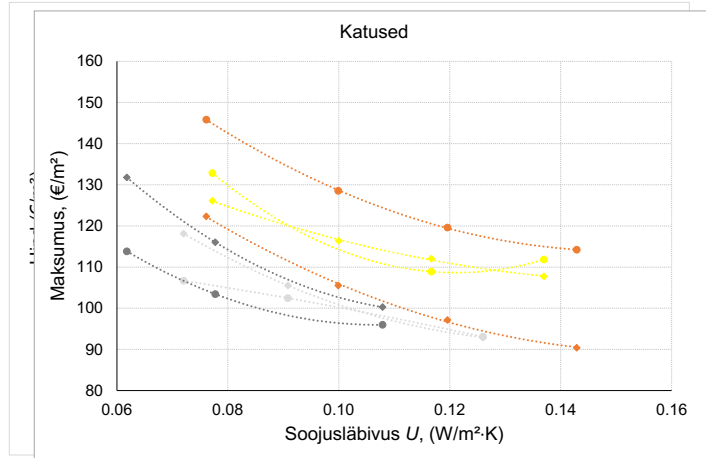
- ✓ puitkonstruktsioonis seinad
- ✓ puitkonstruktsioonis katused
- ✓ aknad





Liginullenergia eluhooned

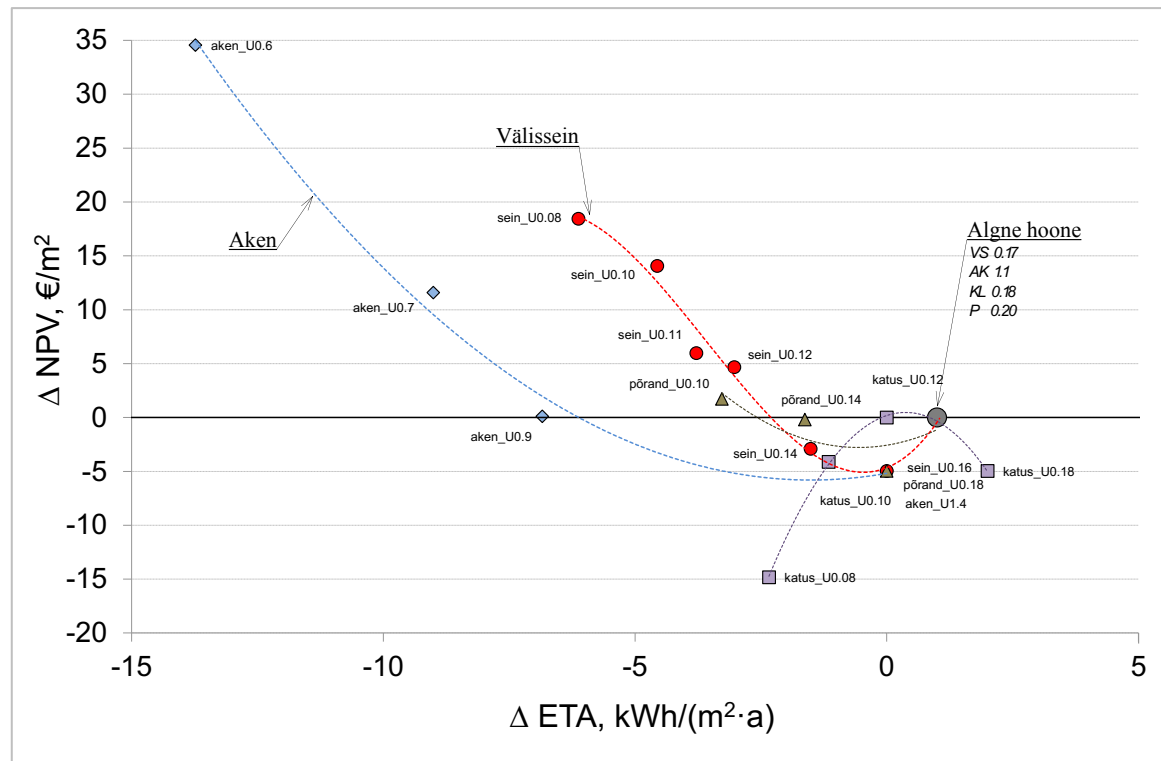
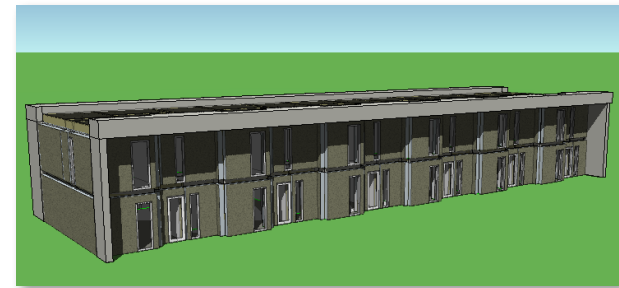
- Tarindite ja akende maksumused ehitajalt
 - ✓ krohvitud plokksein ja R/B-element seinad
 - ✓ R/B katused
 - ✓ põrandad





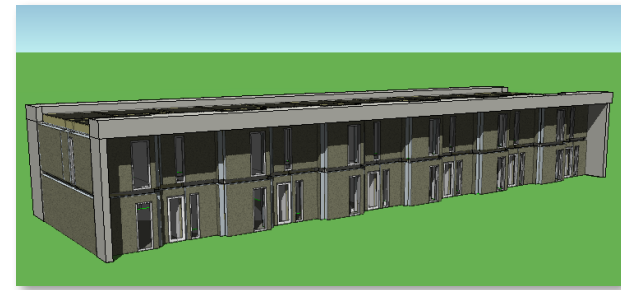
Liginullenergia eluhooned

- Välispiirete kulutõhusus
 - ✓ Sein, katus, põrand, aken



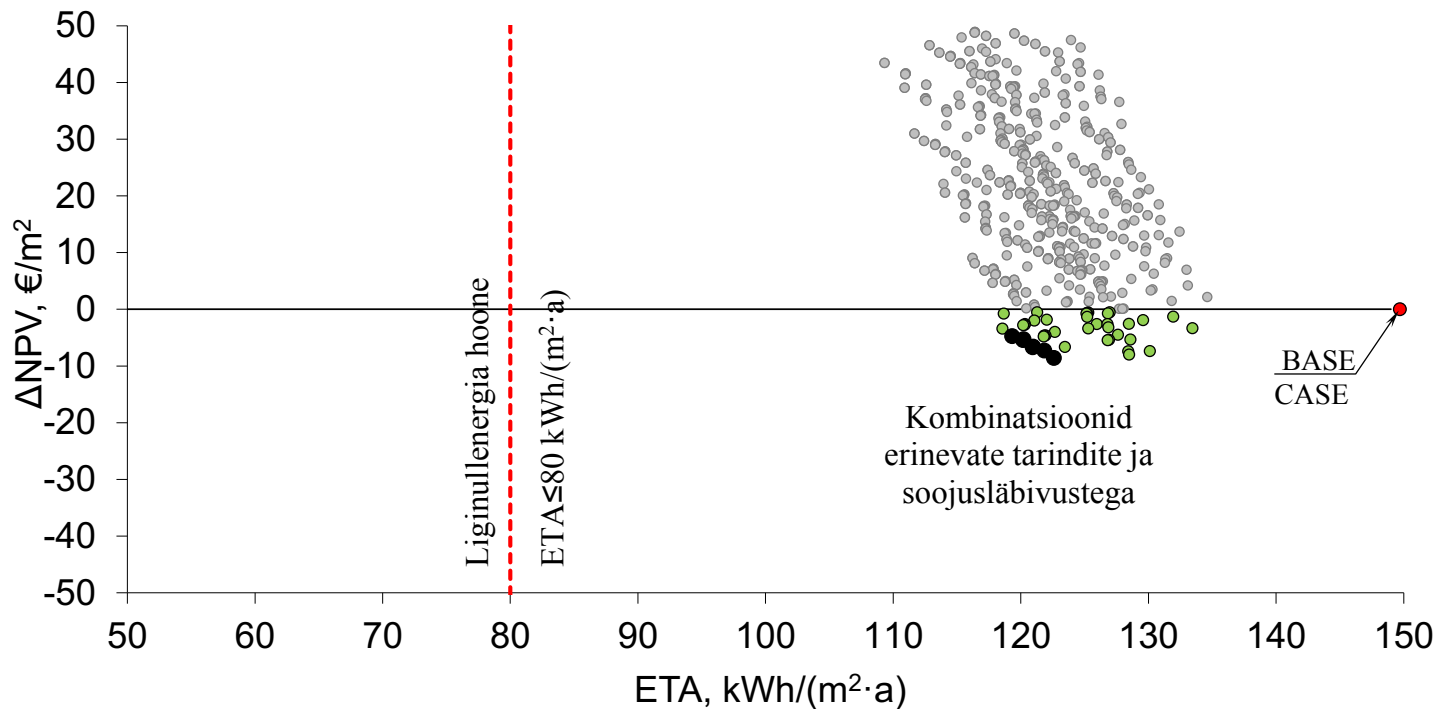


Liginullenergia eluhooned



- Välispiirete kulutõhusus

- ✓ Sein, katus, põrand, aken – soojuslähivus
- ✓ Kombinatsioonid – erinevad tarindid ja soojuslähivused





Liginullenergia eluhooned

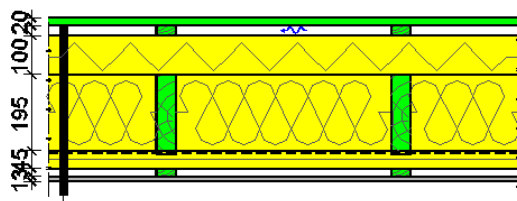
Tarindi lahendused



	Energiaklass	ETA kWh/m ² ·a	Tarindid								Süsteem			
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q ₅₀		SV kollektor PV 2.5kW	
			U=0.16 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=0.09 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.15 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=1.1 W/m ² ·K	U=0.9 W/m ² ·K	6 m ³ /(h·m ²)	1.5 m ³ /(h·m ²)		
Algversioon	C	154	X		X		X		X		X		gaasikatel	
Projekteeritav	A	≤100		X		X		X		X		X	X	X

sein

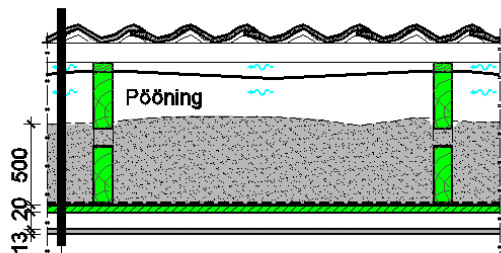
VS-W/MW0.04_RKL100_r U=0,119W/(m²K)



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 aurutõkketihendus (liide kvaliteetiteibitud)	0,2mm
Karkass 45x45 s. ≥600mm + min.vill (λ≤0,037-40W/(mK))	50mm
45mm	
Installatsioonilatt 20x45mm	20mm
Kipsplaat	13mm

katus

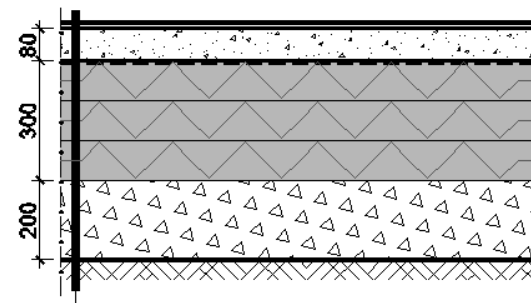
KL-W/CW0.045-500 U=0,094W/(m²K)



Katusekate	
Alusroovid 50x50mm	
Tuulutuslatti 25x50mm	
Aluskate	
Fermi ül.vöö/sarikas	
Tuulutatav katusaelune	
Fermi al.vöö/laetala 150x45 mm s. ≥900mm + puistevill (λ≤0,037-45W/(mK))	40kg/m ³ 500mm
Aurutõke	
(Sulundservaga õhutihe puitaastplaat	20mm
Installatsioonilatt 45x45mm	45mm
Kipsplaat	13mm

põrand

PP-C/EP50.040-300_ktga U=0,118W/(m²K)



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



Liginullenergia eluhooned

- Tarindi lahendused



	Energiaklass	ETA kWh/m ² ·a	Tarindid								Süsteem			
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q ₅₀		SV kollektor PV 7kW	
			U=0.20 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.27 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=1.1 W/m ² ·K	U=0.9 W/m ² ·K	6 m ³ /(h·m ²)	1.5 m ³ /(h·m ²)		
Algversioon	C	192	X		X		X		X		X		gaasikatel	
Projekteeritav	A	≤100		X		X		X		X		X	X	X

sein

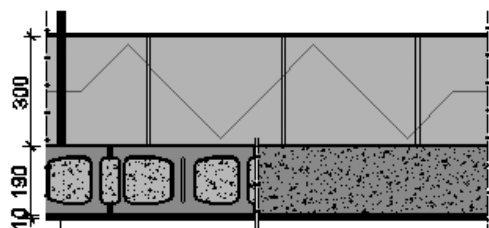
katus

põrand

VS-ETICS-C/EPSt0.033-300 U=0,12W/(m²K)

KL-C/EPStsilver0.033-350 U=0,10W/(m²K)

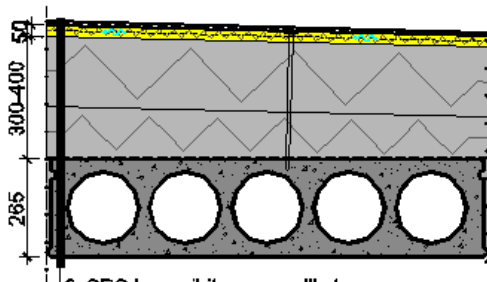
PP-C/EPSt0.040-300_ktga U=0,118W/(m²K)



Soojustuse krohvisüsteem

EPSt0.037-40; EPStsilver (U=0,032-33 W/(mK)) 300mm

Betoonsein või täisbetoonesitid ja krohvitud väikeplokid 200mm



2xSBS kummibituumen rullkate

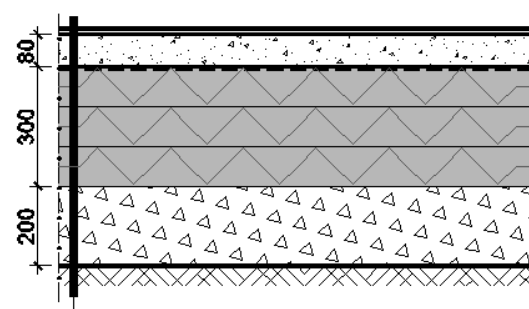
Katuse pealiskihiks (0,037-40 W/(mK), sulundseis, dritsioonitavol) 30mm

Soojustus vahtpolüstüreen (0,032-33 W/(mK)) kahes kihis, alumine kiht on kaldu lõigatud 300-400mm

Õhu- ja aurutõkke bituumen rullkate (ka aluline, ehitusaegne vihmakalitse)

Raudbetoon sõnespaneel või monoliitne raudbetoon

Sisevimistlus



Põrandaviimistlus

Lihvitud raudbetoonplaat

Vahtpolüstüreen (0,037-40; 0,032-33 W/(mK)) 300mm

Geotekstiil (või kile)

Tihendatud killustikalus

pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks ≥200mm

Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja



Liginullenergia eluhooned

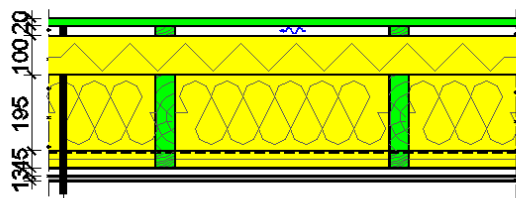
Tarindi lahendused



	Energiaklass	ETA kWh/m ² ·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q ₅₀		SV kollektor PV 7kW	
			U=0.20 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.27 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=1.1 W/m ² ·K	U=0.9 W/m ² ·K	6 m ³ /(h·m ²)	1.5 m ³ /(h·m ²)		
Algversioon	C	192	X		X		X		X		X		gaasikatel	
Projekteeritav	A	≤100		X		X		X		X		X	X	X

sein

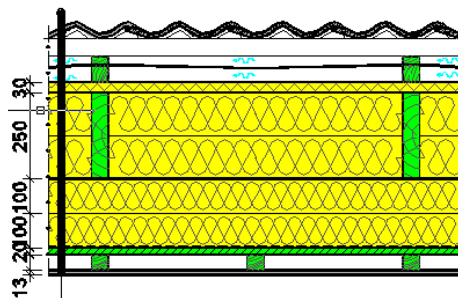
VS-W/MW0.033_RKL100 U=0,111W/(m²K)



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

katus

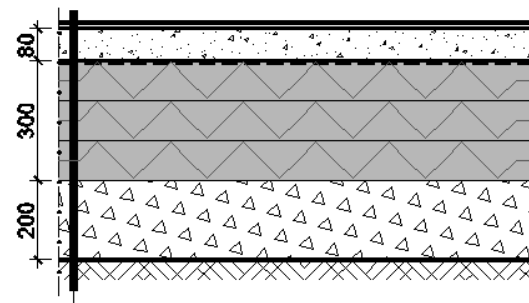
KL-MW0.033-450_RKL30 U=0,10W/(m²K)



Katusekate	
Roovid 50x50mm	
Vaheliist 20x50mm / tuulutusvahe	
Aluskate	
Vaheliist 50x50mm / tuulutusvahe	
Tuuletõkkeplaat RKL30 (telbitud liited)	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 (ilide kvaliteetiselbitud)	0,2mm
(Sulundservaga õhutihe puitaastplaat)	20mm
Karkass 45x45 s. ≥400mm	45mm
Kipsplaat	13mm

põrand

PP-C/EPS0.040-300_ktga U=0,118W/(m²K)

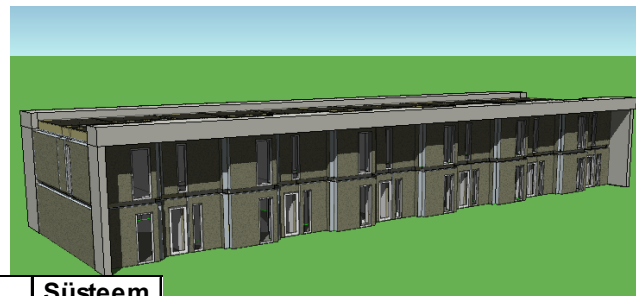


Põrandaviimistlus	
Lihvitud raudbetoonplaat	
Vahtpoliistüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK))	300mm
Geotekstiil (või kile)	
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks	≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja	



Liginullenergia eluhooned

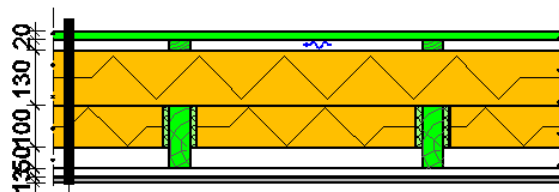
- Tarindi lahendused



	Energiaklass	ETA kWh/m ² ·a	Tarindid								Süsteem			
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q ₅₀			
			U=0.17 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.24 W/m ² ·K	U=0.12 W/m ² ·K	U=1.1 W/m ² ·K	U=0.9 W/m ² ·K	6 m ³ /(h·m ²)	1.5 m ³ /(h·m ²)	SV kollektor	PV 15kW
Algversioon	C	149	X		X		X		X		X		gaasikatel	
Projekteeritav	A	≤80		X		X		X		X		X	X	X

sein

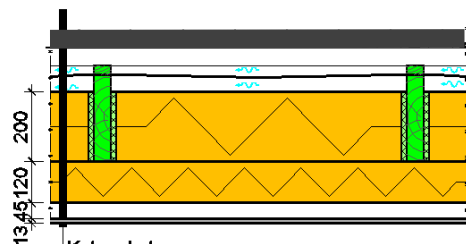
VS-W/PIR0.025_100+130 U=0,116W/(m²K)



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

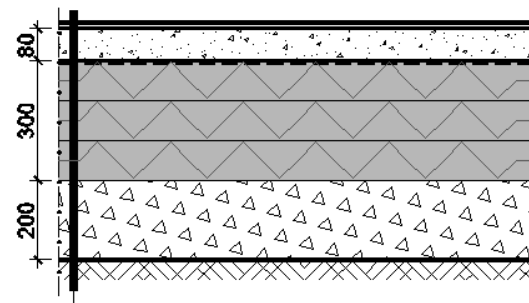
KL-PIR0.025-320 U=0,09 W/(m²K)



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)

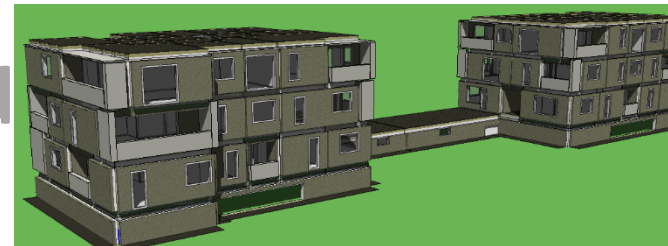


Põrandaviimistlus	
Lihvitud raudbetoonplaat	
Vahtpolüstüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK))	300mm
Geotekstiil (või kile)	
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks	≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja	



Liginullenergia eluhooned

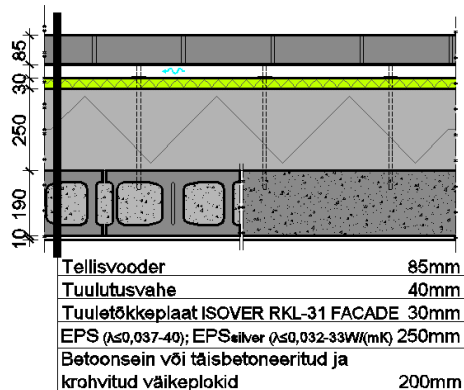
- Tarindi lahendused



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

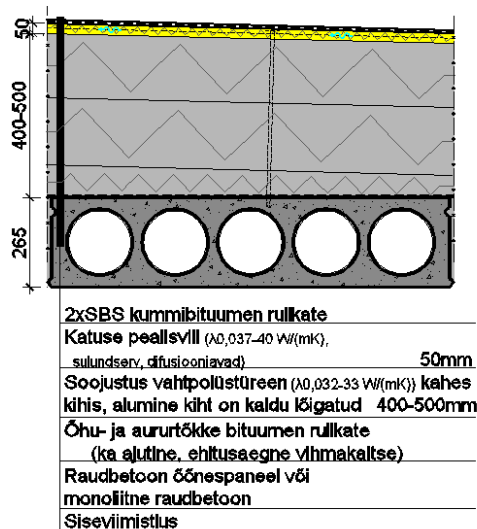
sein

VS-C/EPS0.033-250_RKL30 U=0,14W/(m²K)



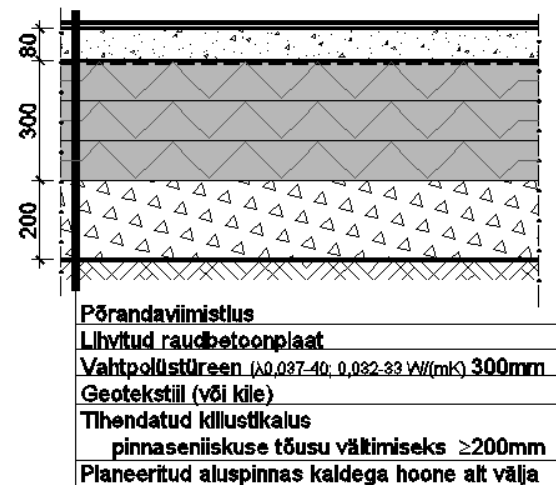
katus

KL-C/EPS_{silver}0.033-450 U=0,10W/(m²K)



põrand välisõhu kohal

PP-C/EPS0.040-300_ktga U=0,118W/(m²K)





Liginullenergia eluhooned

- Tarindi lahendused



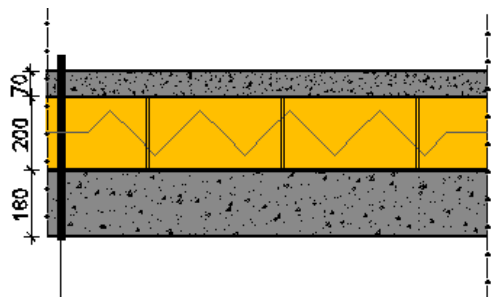
	Energiaklass	ETA kWh/m ² ·a	Tarindid										Süsteem	
			Sein		Katus		Põrand		Aken		q ₅₀		SV kollektor PV 58kW	
			U=0.17 W/m ² ·K	U=0.14 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.10 W/m ² ·K	U=0.21 W/m ² ·K	U=0.14 W/m ² ·K	U=1.1 W/m ² ·K	U=0.9 W/m ² ·K	3 m ³ /(h·m ²)	1.5 m ³ /(h·m ²)		
Algversioon	C	130	X		X		X		X		X		kaugküte	
Projekteeritav	A	≤100		X		X		X		X		X	X	X

sein

katus

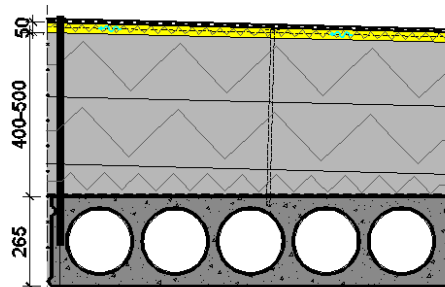
põrand

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



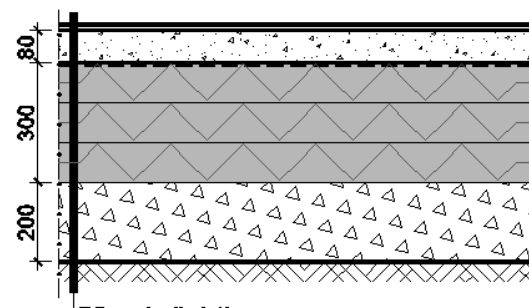
Betoonist väliskoort 70mm
PIR/PUR (λ≥0,022-25W/(mK)) 200mm
Betoonist kandesein 150-180mm

KL-C/EPSSilver0.033-450 U=0,10W/(m²K)



2xSBS kummi-bituumen rullkate
Katuse pealiskihvill (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 aurutõkke bituumen rullkate (ka aluline, ehitusaegne vihmakaltse)
Raudbetoon sõnespaneel või monoliitne raudbetoon
Siseviimistlus

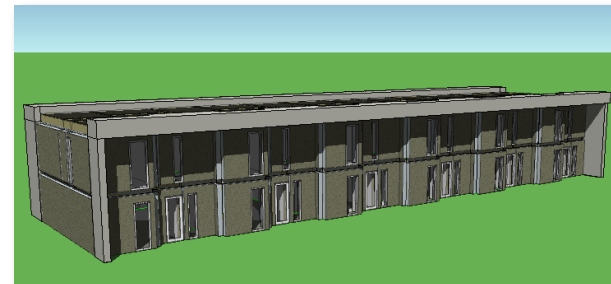
PP-C/EPSS0.040-300_ktga U=0,118W/(m²K)



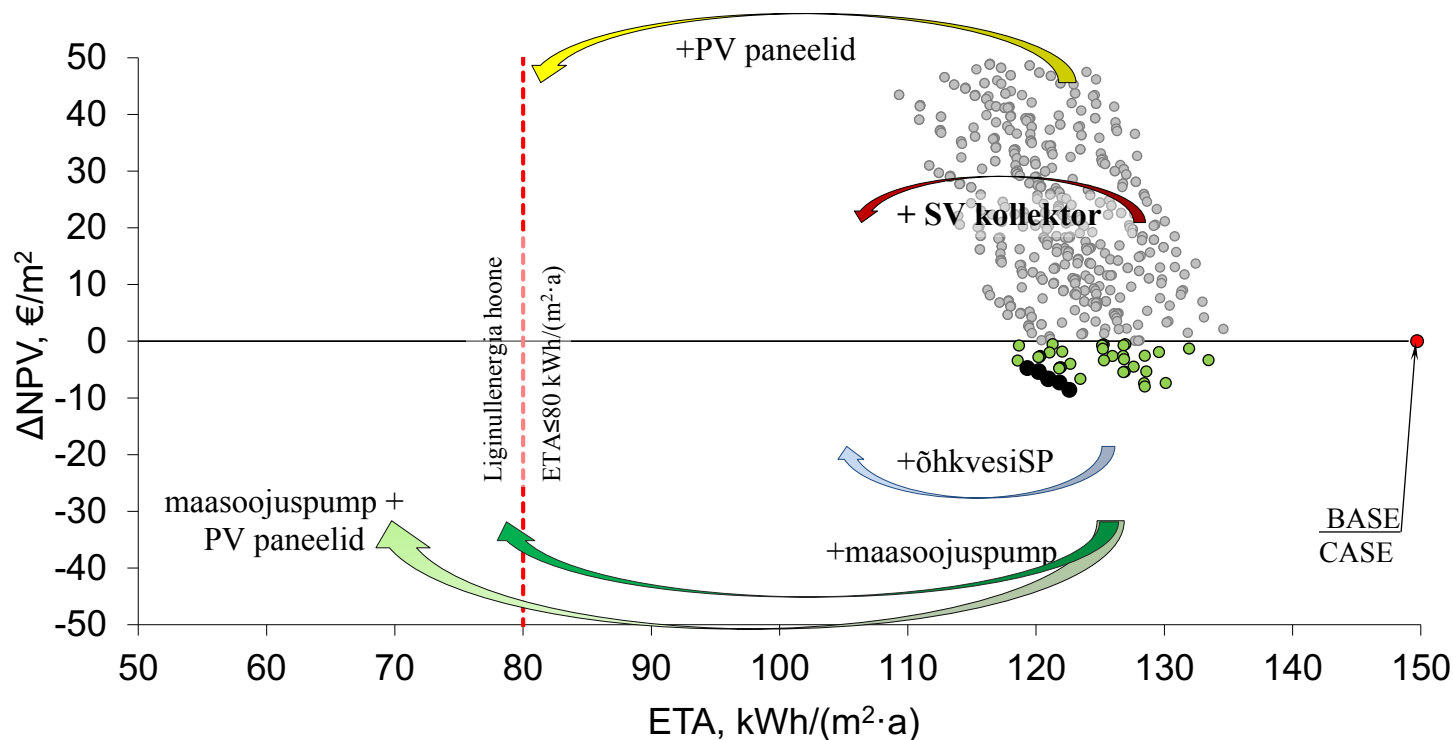
Põrandaviimistlus
Lihvitud raudbetoonplaat
Vahtpolüstüreen (λ0,037-40; 0,032-33 W/(mK)) 300mm
Geotekstiil (või kile)
Tihendatud killustikalus pinnaseniiskuse tõusu vältimiseks ≥200mm
Planeeritud aluspinnas kaldega hoone alt välja



Liginullenergia eluhooned

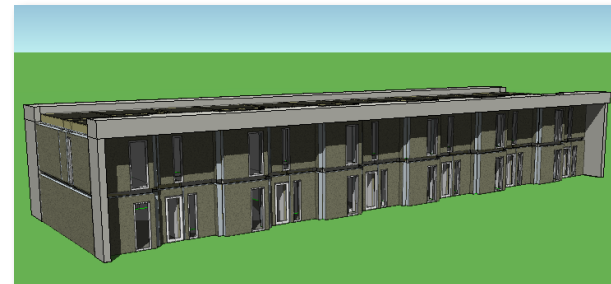


- Liginullenergia taseme saavutamiseks
 - ✓ Tarindid + lokaalne taastuv energia
 - ✓ Kombinatsioonid – erinevad tarindid ja tehnosüsteemid

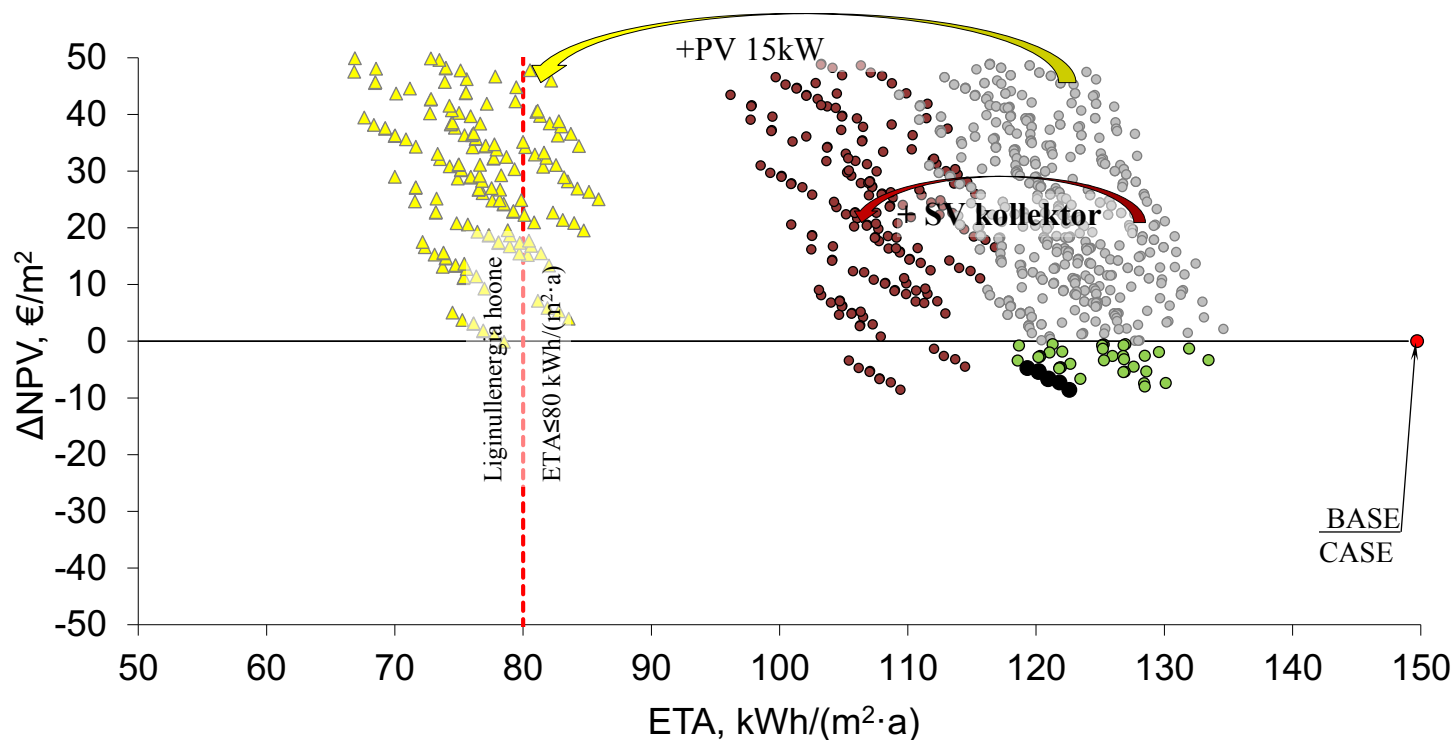




Liginullenergia eluhooned

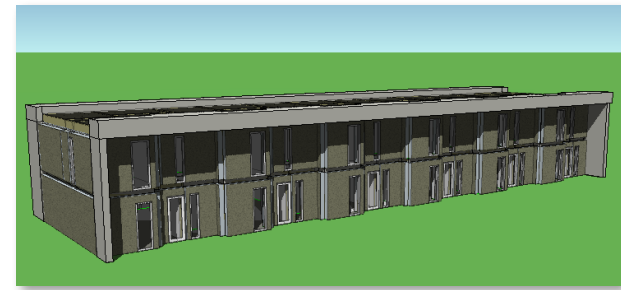


- Liginullenergia taseme saavutamiseks
 - ✓ Tarindid + lokaalne taastuv energia
 - ✓ Kombinatsioonid – erinevad tarindid ja tehnosüsteemid

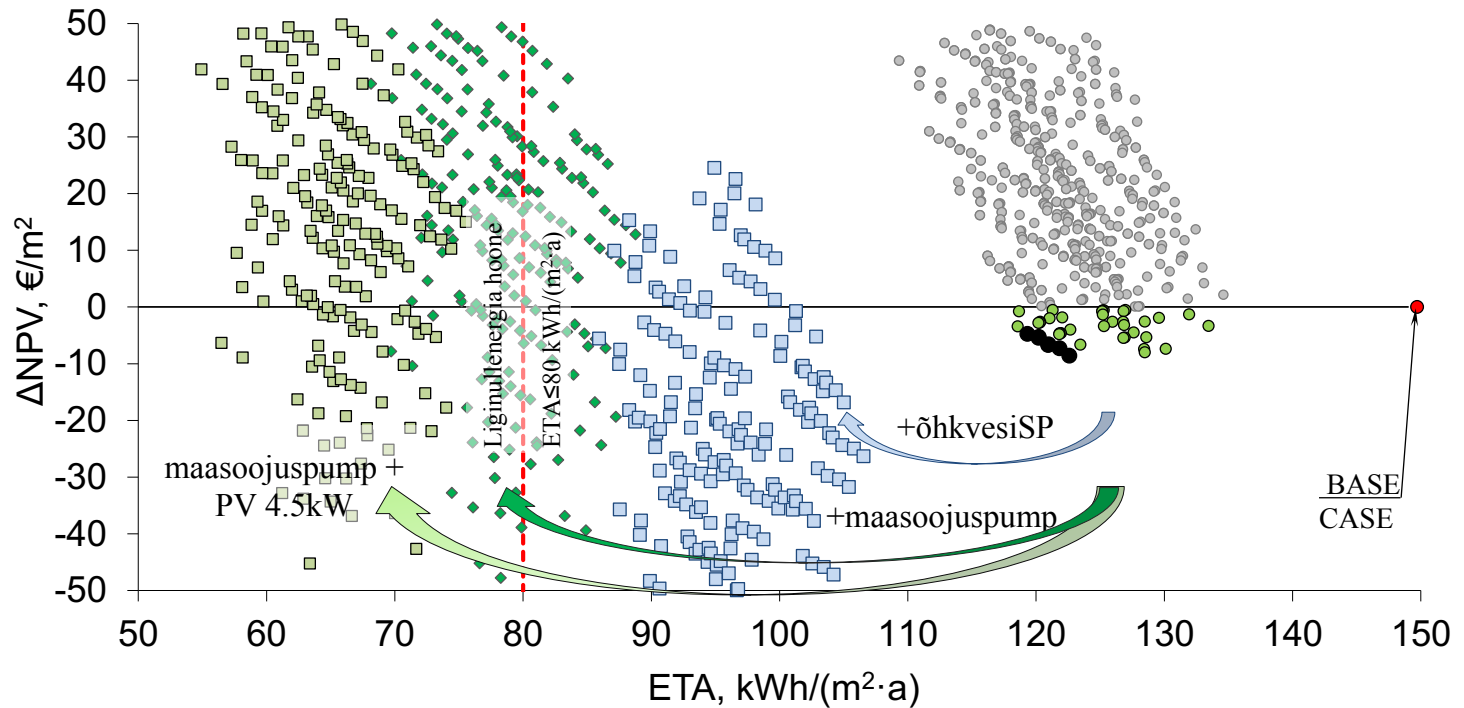




Liginullenergia eluhooned

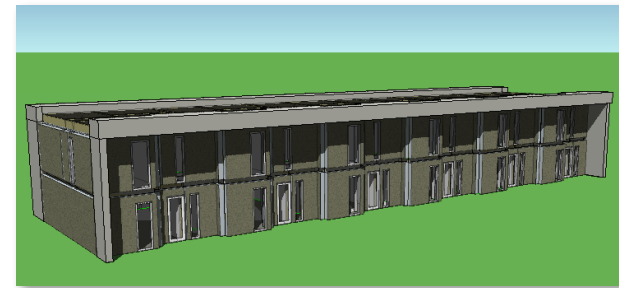


- Liginullenergia taseme saavutamiseks
 - ✓ Tarindid + lokaalne taastuv energia
 - ✓ Kombinatsioonid – erinevad tarindid ja tehnosüsteemid

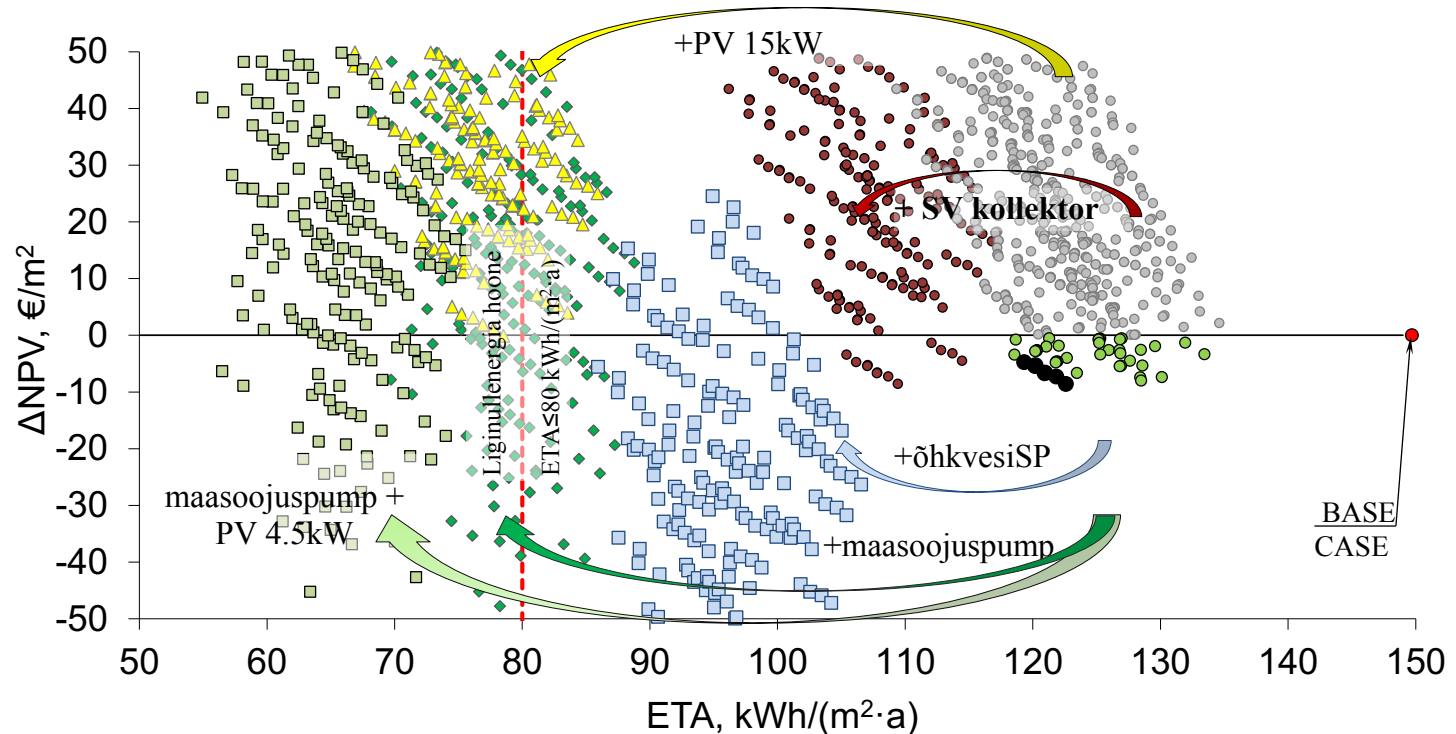




Liginullenergia eluhooned

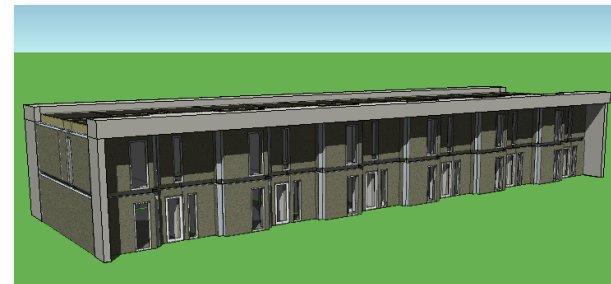


- Liginullenergia taseme saavutamiseks
 - ✓ Tarindid + lokaalne taastuv energia
 - ✓ Kombinatsioonid – erinevad tarindid ja tehnosüsteemid

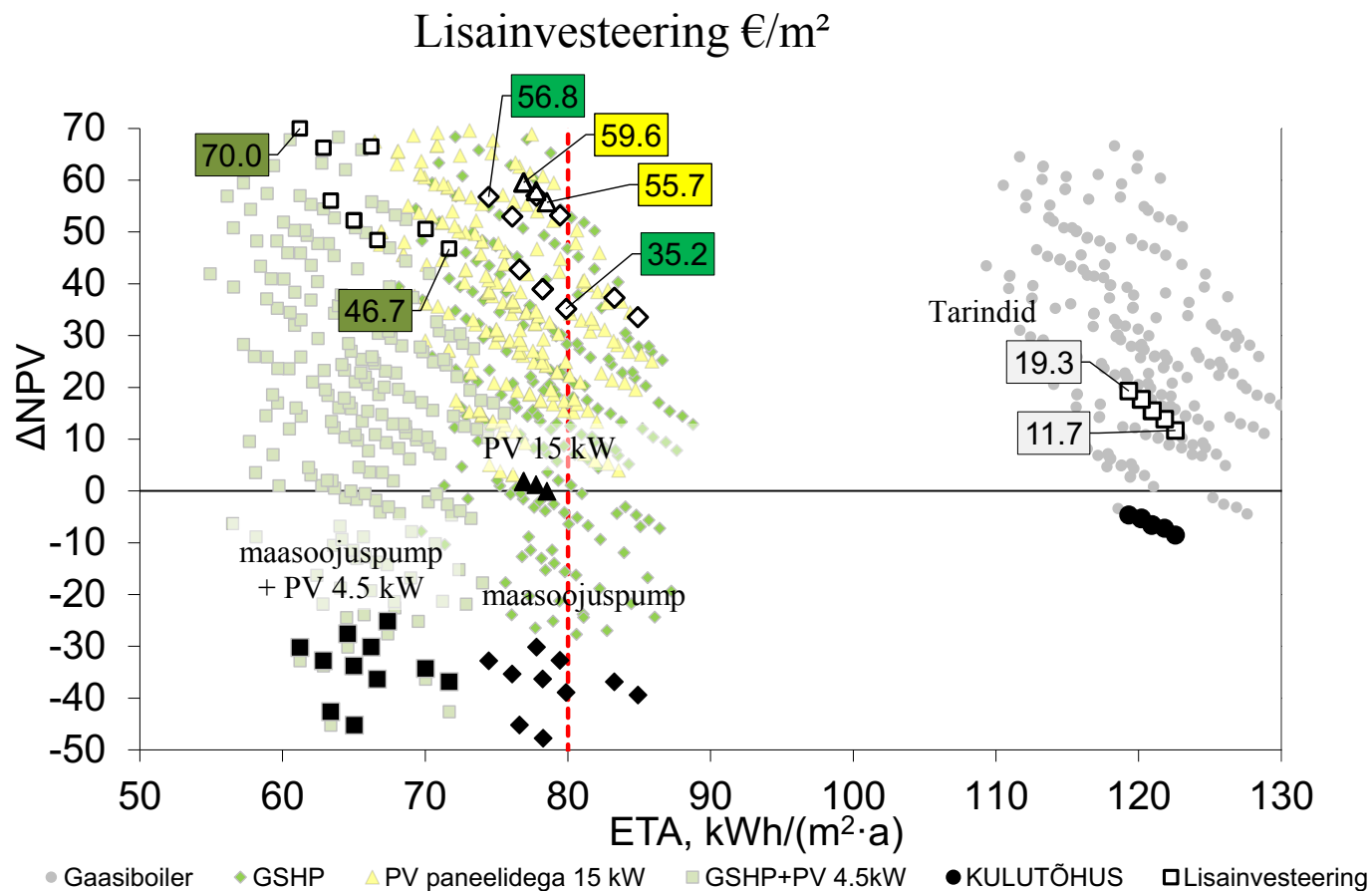




Liginullenergia eluhooned



- Liginullenergia taseme saavutamiseks
 - ✓ Tarindid + lokaalne taastuv energia
 - ✓ Kombinatsioonid – erinevad tarindid ja tehnosüsteemid





Liginullenergia eluhooned

Kokkuvõtteks

- ✓ Liginullenergia taseme ETA piirväärtused
- ✓ Liginullenergia taseme saavutamise lahendusvariantide kuluefektiivsus
- ✓ Sisend energiatõhususe arvutusmetoodika uuendamiseks
 - lähteandmed - külmasillad, õhupidavus
 - suvise ülekuumenemise kontroll
 - kombineeritud küttesüsteemid (päikesekollektor)
 - Soojuspumpade arvutusmeetod/juhend
- ✓ Koostatakse 5 liginullenergiahoone nõuetele vastava eluhoone projekti
 - Tüüptarindid, sõlmed
 - Tehnosüsteemid
 - Lokaalne taastuvenergia lahendus