LIGINULLENERGIAHOONED
ENERGIATÕHUSUSE ARVUTAMISE METOODIKAST

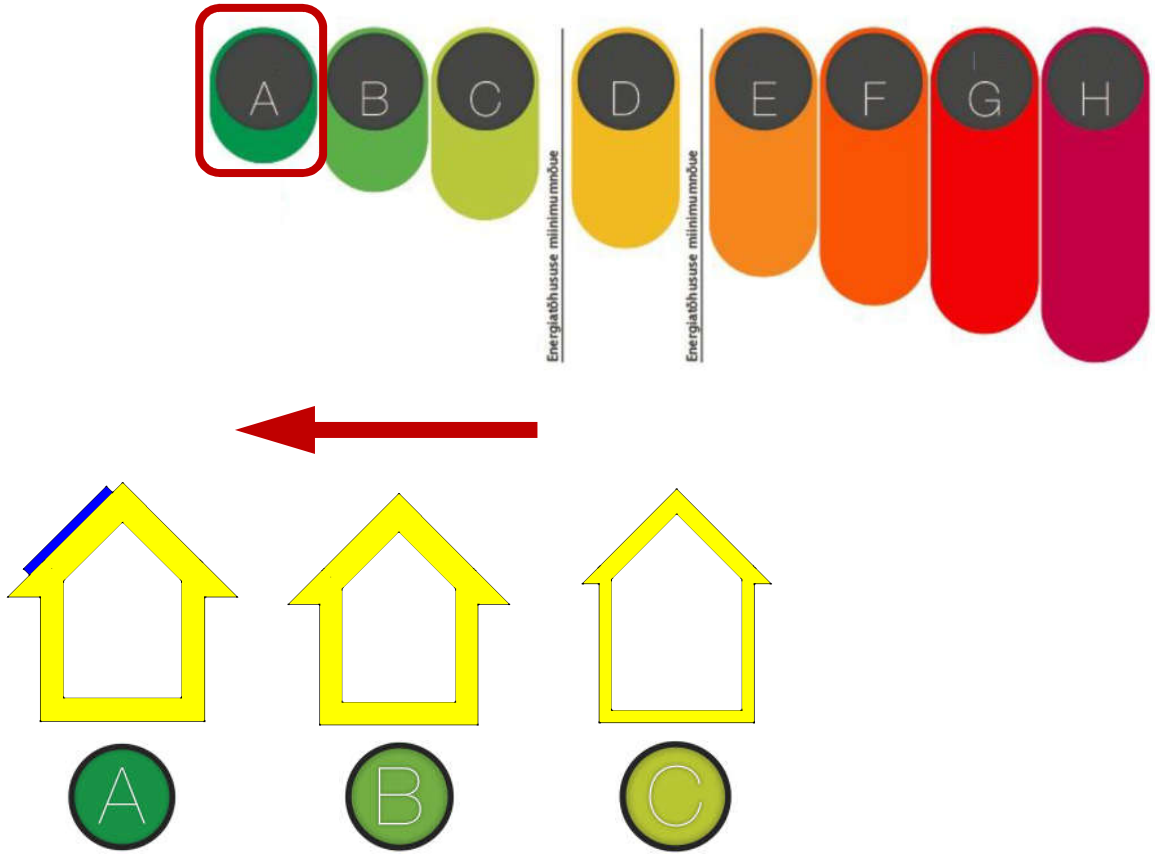
Endrik Arumägi

14.11.2018

EKVÜ, Tallinn

Liginullenergiahooned

Liginullenergiahoone on energiatõhusate ja taastuvenergiatehnoloogia lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone.



Liginullenergiahooned

- ABIMATERJALID JA JUHENDID



http://kredex.ee/energiatohusest/

ETA arvutamise metoodika

- Lihtsustatud tõendamismeetodit võib kasutada hoone puhul, mille:
  + kasutusotstarve on väikeelamu;
  + kütte ja tarbevee soojendamise kombineeritud süsteemi energiaallikas on:
    maasoojuspump, õhk-vesi soojuspump,
    halu- või puidupelletikütusel katel,
    gaaskütusel kondensaatkatel
    kaugküte;
  + ventilatsioonisüsteemi soojustagastuse temperatuuri suhtarv on vähemalt 0,8 ja;
  + ventilatsioonisüsteemi ventilaatorite elektrilise erivõimsuse (SFP) väärtus ei ole kõrgem kui 2,0 [W/(l/s)].

- Lihtsustatud tõendamismeetodi kasutamisel määratakse energiatõhususarvu väärtus Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi veebilehel avaldatud väikeelamu energiatõhususarvu kalkulaatoriga.

- Kõik teised honed - energiaarvutused tuleb teostada nõuetele vastava dünaamilise simulatsiooni tarkvaraga.

TAL TECH

Väikeelamu kalkulaator 1/2

Väikeelamu energiatõhususarvu kalkulaator - sisesta andmed kollasesse väljadesse 13-11-18

Andmed hoone kohta					**Energiaarvutuse teostaja**	
Aadress				Uue hoone püstitamine	Nimi	
Kõetav pind	106.7	m²	Ehitise kasutamise otstarve	11101 - Üksikelamu	Pädevus	
Netopind	106.7	m²	Peamine soojusallikas ruumide kütteks	Maasoojuspump	Allkiri	*allkirjastatud digitaalselt*

Piirdetarind		U_i W/(m²·K)	A_i m²	$H_{juhtivus}$ W/K	Joon-soojusläbivus	Ψ_k W/(m·K)	l_k m	$H_{külmasild}$ W/K	Infiltratsioon	$H_{infiltratsioon}$
Välissein		0.12	85.1	10.2	Välisseina välisnurk	0.060	10.0	0.6	q_{50}, m³/(h·m²)	1.5
Katuslagi		0.10	106.7	10.7	Välisseina sisenurk		0.0	0.0	Korruste arv	1
Põrand pinnasel		0.12	106.7	12.8	Välisseina-katuslagi	0.070	42.7	3.0	$A_{välispiird}$, m²	320.2
				0.0	Välisseina-põrand	0.080	42.7	3.4		
				0.0	Välisseina-vahelagi		0.0	0.0		
				0.0	Välisseina-siseseina	0.010	25.0	0.3		
				0.0	Akna seina-kinnitus	0.020	51.4	1.0		
Välisuks		1.20	2.1	2.5	Ukse seina-kinnitus	0.020	6.3	0.1		
Aken	põhja			0.0	Rõdu seina-kinnitus		0.0	0.0		
Aken	kirdesse	0.90	6.5	6.7						
Aken	itta			0.0	Siseseina-katuslagi	0.010	39.8	0.4		
Aken	kagusse	0.90	2.2	1.2						
Aken	lõunasse			0.0	Siseseina-põrand	0.010	39.8	0.4		
Aken	edelasse	0.90	10.4	5.6						
Aken	läände			0.0				0.0	q_{inf}, m³/s	0.0038
Aken	loodesse	0.90	0.5	0.5						
Summa		$H_{juhtivus}$, W/K		50.3	$H_{külmasild}$, W/K			9.2	$H_{õhuleke}$, W/K	4.6

			Arvuta pindala sõne kõetavasse pindala
$H = H_{juhtivus} + H_{külmasild} + H_{õhuleke}$	W/K	64.0	
Välispiirele summaarne soojuserikadu kõetava pinna kohta H/A	W/(m²·K)	0.60	20%

TAL TECH

Väikeelamu kalkulaator 2/2

Tehnosüsteemid		Soojusallikad		Maasoojuspump	Õhk-vesi soojuspump	Kaugküte	Peletikatel	Gaas-kondensatsioonikatel
Õhk-vesi soojuspumba osakaal, %	92.0	Energiabilanss	Netovajadus kWh/(m²-a)	En.kasutus ja lokaalselt toodetud en. kWh/(m²-a)	En.kasutus ja lokaalselt toodetud en. kWh/(m²-a)	En.kasutus ja lokaalselt toodetud en. kWh/(m²-a)	En.kasutus ja lokaalselt toodetud en. kWh/(m²-a)	En.kasutus ja lokaalselt toodetud en. kWh/(m²-a)
Elekteri osakaal, %	8.0							
Soojuse jaotamise ja väljastamise kasutegur	0.85	Ruumide küte	44.1	15.7	23.3	51.9	61.1	54.7
Küte ringluspumbad, kWh/(m²-a)	2.0	Vent. õhu soojendamine	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
Soojustagastuse temperatuurisuhtarv, %	80%	Tarbevee soojendamine	30.0	11.1	16.2	30.0	35.3	31.6
Heitõhu miinimaalne temperatuur, °C	0.0	Ventilaatorid ja pumbad	6.6	6.6	6.6	8.6	8.6	8.6
Ventilatsioonisüsteemi erivõimsus, kW/(m³/s)	1.5	Valgustus	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
Päikesepaneelide maksimaalne võimsus, kW	0.0	Seadmed	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Kollektori aktiivpindala, m²	0.0	Lokaalne taastuvelekter		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kollektori või paneeli suunatus	lõuna	Summa	114.4	67.1	79.7	124.2	136.6	128.5
Kollektori või paneeli kaldenurk	15°	**ETA-nõue (lima PV)** **165**	ETA (lima PV)	134	159	158	157	171
Paneeli paigaldusviis	mõõduka tuulutusega	**ETA-nõue** **125**	ETA	134	159	158	157	171

TAL TECH

Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika

Määrus kehtestab hoone energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamiseks kasutatava metoodika.

- Vormilised täiendused
- Tüüpilise kasutuse andmete täiendused
- Paremast ehituspraktikast lähtuvad täiendused
- Soojuspumpade käsitlemine energiaarvutustes
- Lokaalse taastuvenergia osakaalu määramine

TAL TECH

Tüüpiline kasutus

- Hoone tüüpiline kasutus ja sellele vastavad suurimad vabasoojused köetava pinna ruutmeetri kohta

Hoone kasutusotstarve	Kasutusaeg			Kasutus-aste	Valgustus[a] W/m²	Seade W/m²	Inimene[b] W/m²	Inimene m²/inim.
	Kellaaeg	h/24h	d/7d					
Väikeelamu köetava pinnaga < 120 m²	00:00–00:00	24	7	0,6	6[c]	3[d]	3	28,3
Väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m² ja ridaelamu	00:00–00:00	24	7	0,6	6[c]	2,4[d]	2	42,5
Väikeelamu köetava pinnaga > 220 m²	00:00–00:00	24	7	0,6	6[c]	2[d]	1,4	60,7
Korterelamu	00:00–00:00	24	7	0,6	8[c]	3[d]	3	28,3
Kasarmu	00:00-00:00	24	7	0,4	10	2	10	8,5
Kontorihoone	07:00–18:00	11	5	0,55	10	12	5	17,0
Majutushoone	00:00–00:00	24	7	0,5	8	1	4	21,3
Ärihoone	12:00–22:00	10	7	0,4	19	4	14	6,1
Avalik hoone	08:00–22:00	14	7	0,5	14	0	5	17,0
Kaubandushoone ja terminal	07:00–21:00	14	7	0,55	19	1	5	17,0
Haridushoone	08:00–16:00	8	5	0,5[e]	12	8	14	5,4
Koolieelse lasteasutuse hoone	07:00–19:00	12	5	0,4	12	4	10	4,0
Ravihoone	07:00–20:00	13	5	0,6	10	4	8	10,6
Tööstushoone	07:00-19:00	12	5	0,55	12	12	4	21,3
Laohoone	00:00-00:00	24	7	0,2	10	0	0	0

[a] esitatud andmete puhul on eeldatud, et mitteelamus kasutatakse päevavalguslampi või vastava efektiivsusega muud valgustit. Toodud soojuseraldus sisaldab nii päevavalguslambi nimivõimsuse kui ka starteri võimsuse, mis on ligikaudu 25% nimivõimsusest.

[b] inimese soojuseraldus sisaldab ainult ilmset soojust. Varjatud soojuse arvessevõtmiseks tuleb toodud väärtused jagada läbi teguriga 0,6.

[c] elamu valgustuse kasutusaste on 0,1.

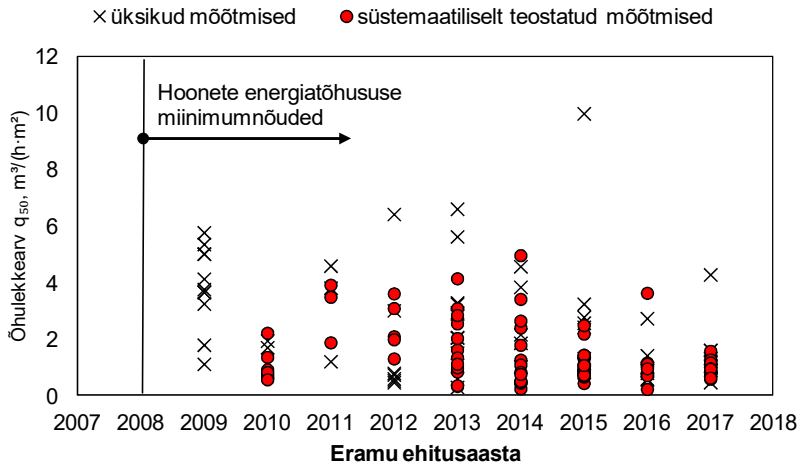
[d] elamu seadme elektritarbimise saamiseks jagada soojuseraldus läbi teguriga 0,7.

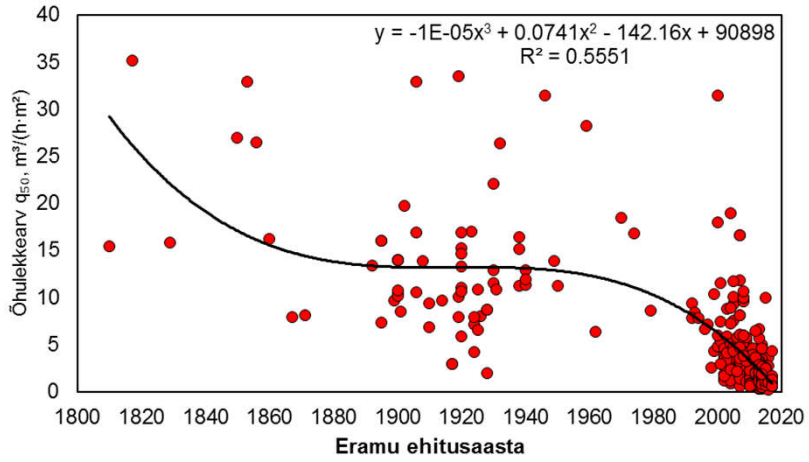
[e] arvestuslikul koolivaheajal 15. juuni kuni 15. august kasutusaste on 0,1 ja ventilatsioon vastab kasutusaja välisele režiimile.

Õhulekkearv

- Hetkel kehtivad õhulekkearvu baasväärtused:
  - uus väikeelamu q_{50} = 6 m³/(h·m²);
  - oluliselt rekonstrueeritud väikeelamu q_{50} = 9 m³/(h·m²);
  - uus muu hoone q_{50} = 3 m³/(h·m²);
  - oluliselt rekonstrueeritud muu hoone q_{50} = 6 m³/(h·m²);

- Eesmärk parendada olukorda





Õhulekkearv

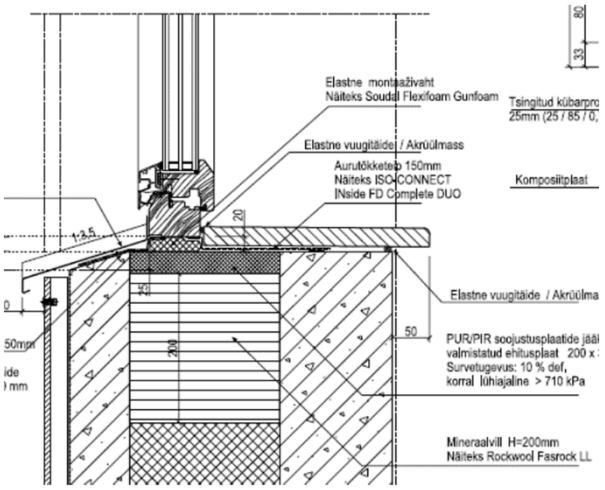
- Hoone energiatõhususarvutuses kasutatakse õhulekkearvu väärtust:
  - 1,5 [$m^3/(h \cdot m^2)$] , kui hoone valmimisel võetakse kohustus teostada õhulekkearvu mõõtmine (raport esitatakse teostusdokumentatsiooni osana);
  - deklareerimismeetodiga määratud õhulekkearvu väärtust;
  - määruses sätestatud baasväärtusega, kui hoone valmimisel ei kavandata läbi viia õhulekkearvu mõõtmist.

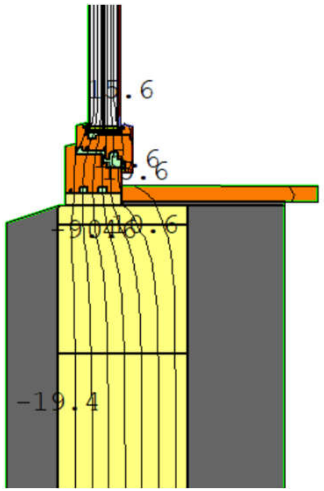
- Baasväärtused korrigeeritud lähtudes tegelikust praktikast:
  - uus väikeelamu q_{50} = 4 $m^3/(h \cdot m^2)$;
  - oluliselt rekonstrueeritud väikeelamu q_{50} = 6 $m^3/(h \cdot m^2)$;
  - uus muu hoone q_{50} = 2,5 $m^3/(h \cdot m^2)$;
  - oluliselt rekonstrueeritud muu hoone q_{50} = 4 $m^3/(h \cdot m^2)$;

TAL TECH

Külmasillad

- Joonsoojusläbivuste käsitlus:
  - KredExi poolt tellitud ja kodulehel on kättesaadavaks tehtud joonsoojusläbivuste arvutamise juhendid ja kataloog;
  - elamute puhul saab lähtuda kataloogi andmetest;
  - mitteeluhoonete puhul tuleb joonsoojusläbivused leida arvutuslikult;
  - joonsoojusläbivuste täpsem käsitlus nihkub eelprojekti staadiumisse;





Soojuspumbad

- soojuspumba töötamine kombineeritud küttesüsteemi osana võetakse arvutuses arvesse, kui osa küttevajaduse tipuvõimsustest kaetakse muu soojusallikaga
- vee- või pinnaseenergiast soojusenergiat tootev maasoojuspump võib katta küttevõimsuse vajaduse osaliselt või täielikult.
- muud soojuspumpa käsitletakse alati ühe osana kombineeritud küttesüsteemist, mis täidab kogu küttevõimsuse vajaduse osaliselt.

- Soojuspumbaga küttesüsteemi elektrienergia kasutus

$$E_{sp} = \frac{Q_{sp,küte}^{ruumid}}{SPF_{ruumid}} + \frac{Q_{sp,küte}^{soe\ vesi}}{SPF_{soe\ vesi}} + E_{lisaküte}$$

E_{sp}	on soojuspumbaga küttesüsteemi elektrienergiakasutus kWh;
$Q_{sp,küte}^{ruumid}$	on soojuspumbaga toodetud ruumide kütteenergia kWh;
$Q_{sp,küte}^{soe\ vesi}$	on soojuspumbaga toodetud tarbevee soojendamise kütteenergia kWh;
SPF_{ruumid}	on soojuspumba aasta keskmine soojustegur ruumide kütmisel -;
$SPF_{soe\ vesi}$	on soojuspumba aasta keskmine soojustegur tarbevee soojendamisel -;
$E_{lisaküte}$	on elektriline lisaküte kWh

TAL TECH

Soojuspumbad

Soojuspumbaga küttesüsteemi elektrienergia kasutus

$$E_{sp} = \frac{Q_{sp,küte}^{ruumid}}{SPF_{ruumid}} + \frac{Q_{sp,küte}^{soe\ vesi}}{SPF_{soe\ vesi}} + E_{lisaküte}$$

- soojuspumba aasta keskmine soojustegur määratakse:
  - detailse tunnipõhise arvutusega, kasutades toote energiamärgise andmeid

$$SPF = \frac{2{,}5\eta}{110}$$

SPF on soojuspumba aasta keskmine soojustegur SPF_{ruumid} *või* $SPF_{soe\ vesi}$

η on energiamärgise tootelehel toodud sesoonne primaarenergiale taandatud külma kliima kasutegur

2,5 on energiamärgise sesoonse kasuteguri arvutamisel kasutatud elektri primaarenergiategur

  - kasutades abitabeli väärtusi

Kütte-graafik	Maasoojus-pump, on/off	Maasoojus-pump, inverter	Õhk-vesi soojuspump	Õhk-õhk soojuspump	Väljatõmbeõhu soojuspump
-				3,0	3,0
30/25	4,5	4,8	3,1		
35/28	4,3	4,7	3,0		
40/33	4,0	4,4	2,9		
45/35	3,8	4,3	2,9		
50/35	3,6	4,2	2,8		
55/40	3,4	4,0	2,7		
60/40	3,3	3,9	2,7		
Soe tarbevesi	2,6	2,7	2,0		

Soojuspumbad

- Soojuspumbaga toodetud soojusenergia osakaal ruumide kütte ja sooja tarbevee netoenergia vajadusest

  - Tabelis

ϕ_{sp}/ϕ_{ruumid} on soojuspumba nominaalse soojusvõimsuse ja ruumide küttekoormuse (arvutuslikul välisõhu temperatuuril) suhe;

$Q_{küte}^{ruumid}/Q_{küte}^{soe\ vesi}$ on ruumide kütte ja tarbevee soojendamise netoenergiate suhe;

T_p on maksimaalne pealevoolu temperatuur.

Nominaalvõimsus ϕ_{sp} antakse:

maasoojuspumbale tööpunktis $T_{vedelik}/T_{pealevool}$ 0/35°C;

õhk-vesi SP tööpunktis $T_{välis}/T_{pealevool}$ +7/35°C;

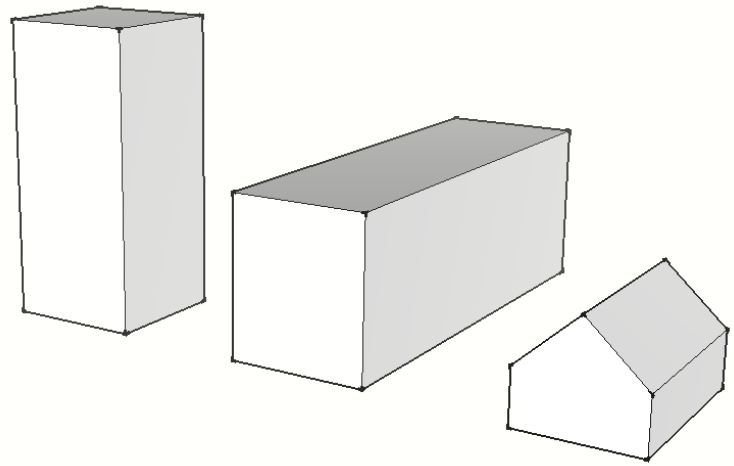
õhk-õhk SP tööpunktis $T_{välis}/T_{sise}$ +7/20°C.

$\frac{\phi_{sp}}{\phi_{ruumid}}$	$\frac{Q_{küte}^{ruumid}}{Q_{küte}^{soe\ vesi}}$	Maasoojuspump T_p				Õhk-vesi SP T_p			
		30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,39	0,39	0,39	0,39	0,33	0,33	0,33	0,33
	1,00	0,47	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,39
	2,00	0,62	0,60	0,58	0,56	0,49	0,48	0,47	0,46
	4,00	0,68	0,65	0,62	0,59	0,56	0,54	0,52	0,50
0,40	0,50	0,52	0,52	0,52	0,52	0,44	0,44	0,44	0,44
	1,00	0,67	0,66	0,65	0,64	0,52	0,52	0,52	0,52
	2,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,63	0,61	0,60	0,58
	4,00	0,84	0,79	0,76	0,73	0,68	0,65	0,63	0,61
0,50	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65	0,54	0,54	0,54	0,54
	1,00	0,82	0,80	0,78	0,76	0,65	0,64	0,64	0,63
	2,00	0,90	0,87	0,84	0,81	0,73	0,71	0,69	0,68
	4,00	0,92	0,89	0,86	0,83	0,78	0,75	0,72	0,70
0,60	0,50	0,81	0,80	0,79	0,78	0,64	0,64	0,64	0,64
	1,00	0,92	0,90	0,88	0,86	0,75	0,74	0,72	0,72
	2,00	0,95	0,93	0,91	0,89	0,82	0,79	0,77	0,75
	4,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,84	0,82	0,80	0,77
0,70	0,50	0,92	0,90	0,88	0,87	0,73	0,73	0,73	0,73
	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,83	0,81	0,80	0,78
	2,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,87	0,85	0,83	0,82
	4,00	0,98	0,97	0,95	0,94	0,89	0,87	0,85	0,83
0,80	0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,81	0,80	0,80	0,79
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,88	0,87	0,85	0,84
	2,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,90	0,89	0,88	0,86
	4,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,91	0,90	0,88	0,87
0,90	0,50	0,99	0,98	0,98	0,97	0,89	0,88	0,88	0,87
	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,91	0,90	0,89
	2,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,91	0,90	0,89
	4,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,91	0,90	0,89
1,00	0,50	1,00	0,99	0,99	0,98	0,92	0,92	0,91	0,90
	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,92	0,92	0,91
	2,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,92	0,92	0,91
	4,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,92	0,91	0,90

Lokaalse taastuvenergia süsteem

- Sätestatakse täpsemad alused päikeseenergiasüsteemi energiatoodangu arvutamiseks
- Arvutuste alusel määratakse päikeseenergiasüsteemi majanduslik põhjendatus antud hoone asukohas ja kehtivate piirangute korral
- Omatarbe osakaal vastavalt hoone tüübile

Katuse/fassaadi kalle ja orientatsioon	1 kW nominaalvõimsusega päikese-elektrisüsteemi aastane toodang, kWh/a							
	Põhi	Kirre	Ida	Kagu	Lõuna	Edel	Lääs	Loe
0°	810	810	810	810	810	810	810	810
15°	690	720	800	880	810	870	800	720
30°	560	620	780	910	960	910	770	620
45°	440	550	750	910	970	900	740	540
60°	380	500	700	880	940	870	690	490
75°	350	460	650	830	870	800	640	450
90°	330	410	580	720	760	710	570	410



Lokaalse taastuvenergia süsteem

- Päikesepaneeliga toodetud aastane elektrienergia

$$E_{pan} = \frac{Q_{päike} \cdot P_{max} \cdot k_{kas}}{I_{ref}}$$

E_{pan} on päikesepaneeliga toodetud aastane elektrienergia kWh/a;

$Q_{päike}$ on päikesepaneeli pinnale, millele ei teki varje, tulev aastane päikesenergia kWh/a;

P_{max} on päikesepaneeli maksimaalne võimsus standardtingimustel kW(I_{ref}= 1 kW/m^2, temperatuur 25 ^{o}C);

k_{kas} on tegur, mis arvestab päikesepaneeli kasutustingimusi;

I_{ref} on standardkiirgus 1 kW/m^2

  - täpsustus aastase päikeseenergia arvutuses lähtuvalt paneeli ilmakaare suunast ning paigaldusnurgast;

$$Q_{päike} = 945 \cdot k_{suund}$$

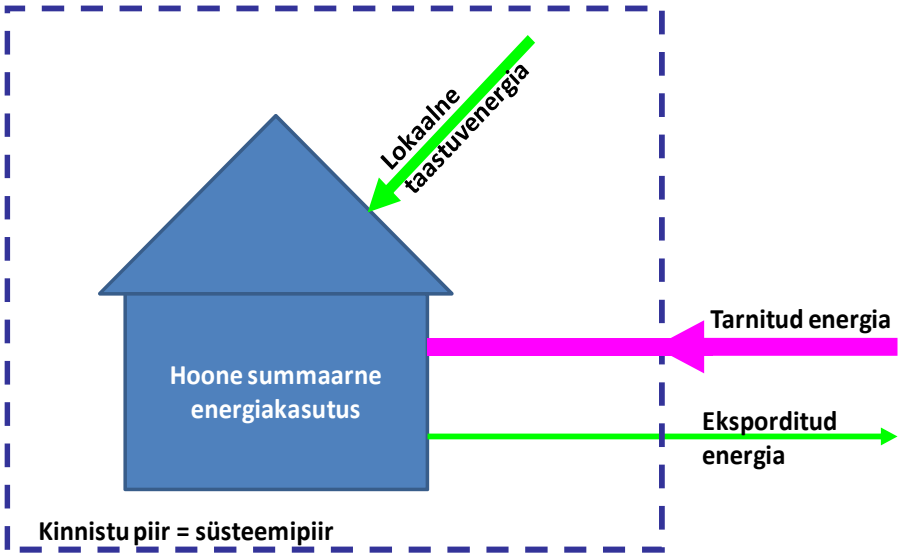
Kaldenurk horisondi suhtes, °	Ilmakaar							
	Põhi	Kirre	Ida	Kagu	Lõuna	Edel	Lääs	Loe
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	0,95	0,97	1,00	1,04	1,05	1,03	1,00	0,96
10°	0,90	0,93	1,00	1,07	1,09	1,06	0,99	0,92
15°	0,85	0,89	1,00	1,09	1,13	1,08	0,98	0,88
20°	0,79	0,86	0,99	1,12	1,16	1,10	0,97	0,84
25°	0,74	0,81	0,98	1,13	1,18	1,12	0,96	0,80
30°	0,68	0,77	0,97	1,15	1,20	1,12	0,95	0,75
35°	0,63	0,74	0,96	1,15	1,21	1,13	0,93	0,71
40°	0,58	0,70	0,95	1,15	1,22	1,13	0,92	0,68
45°	0,54	0,67	0,94	1,15	1,22	1,12	0,90	0,65
50°	0,50	0,65	0,92	1,14	1,21	1,11	0,88	0,62
60°	0,45	0,60	0,88	1,11	1,18	1,07	0,84	0,58
70°	0,42	0,56	0,83	1,05	1,11	1,02	0,79	0,54
80°	0,39	0,52	0,77	0,97	1,03	0,94	0,73	0,50
90°	0,37	0,48	0,70	0,88	0,93	0,85	0,66	0,46

Lokaalse taastuvenergia süsteem

- Hoones kasutatud päikesepaneeliga toodetud elektrienergia
- Päikesepaneeliga toodetud elektrienergia see osa, mis kasutatakse hoones, arvutatakse tunnipõhise energiatoodangu ja energiakasutuse simulatsiooniga või kasutatakse metoodikas esitatud omatarbe osakaalu väärtusi.

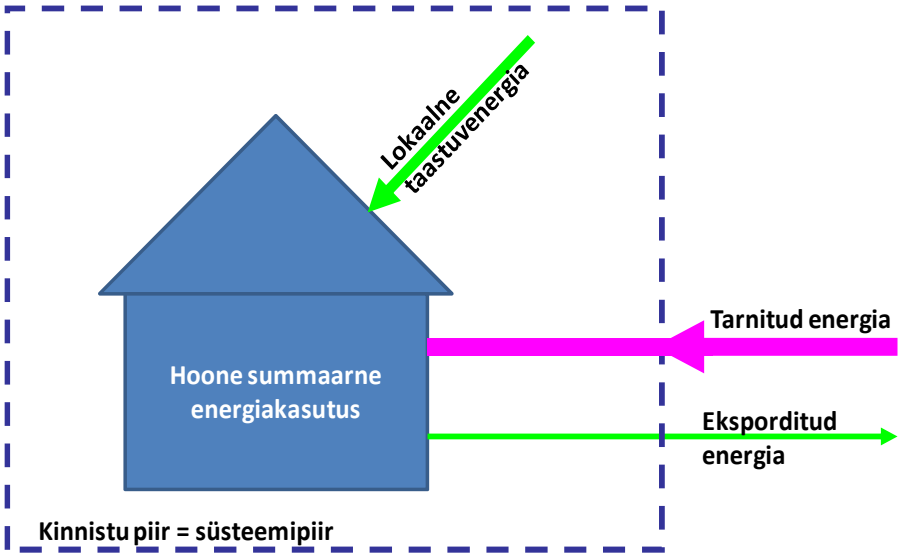
Hoone	Omatarbe osakaal, %
1) väikeelamu köetava pinnaga < 120 m²	45
2) väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m² ja ridaelamu	40
3) väikeelamu köetava pinnaga > 220 m²	35
4) korterelamu	55
5) kasarmu	80
6) kontorihoone	90
7) majutushoone	70
8) ärihoone	60
9) avalik hoone	80
10) kaubandushoone ja terminal	90
11) haridushoone	60
12) koolieelse lasteasutuse hoone	75
13) ravihoone	85
14) laohoone	40
15) tööstushoone	90
16) suure energiatarbega hoone	95

Lokaalse taastuvenergia süsteem



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

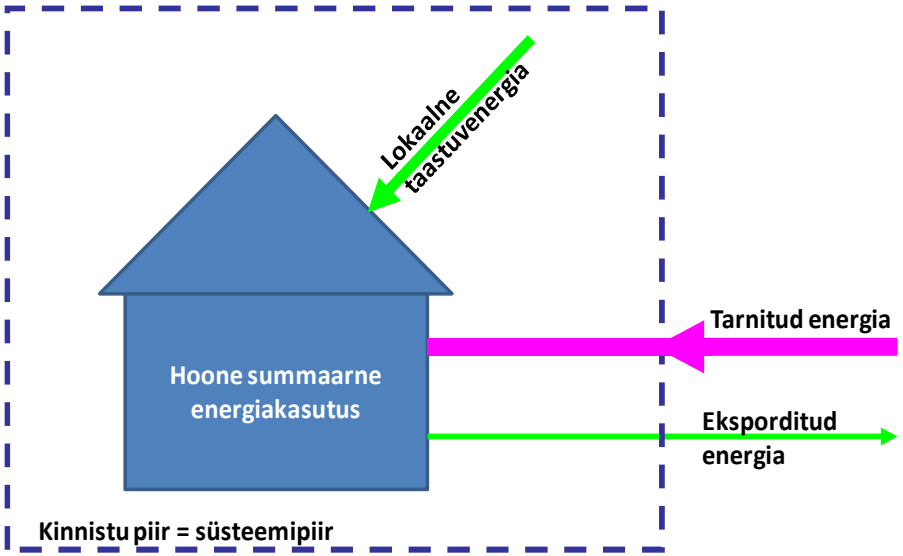
Lokaalse taastuvenergia süsteem



$$ETA = \frac{\sum_i (\quad)_i \times \text{energiakandja kaalumistegur}_i}{\text{köetav pind}}$$

arvutuslik tarbimine - hoones tarbitud lokaalne toodang

Lokaalse taastuvenergia süsteem



	Kaalumistegurid
Maagaas	1,0
Kaugküte	0,9
Tõhus kaugküte	0,65
Kaugjahutus	0,4
Taastuvkütused	0,65
Elekter	2,0

$$\mathrm{ETA} = \frac{\sum_i (\ \textit{tarnitud energia}\ _i) \times \text{energiakandja kaalumistegur}_i}{\text{köetav pind}}$$

Tänan!