



Eesti esimene liginullenergia koolihoone Põlvas. Energiatõhususe aspektid õppehoonete ehitamisel ja renoveerimisel.

Sven Saar

Riigi Kinnisvara AS, projektijuht



MIS ON LIGINULLENERGIAHOONE?

- Liginullenergiahoone** – parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuvenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhususarv ei tohi haridushoonetel ületada **90kW/m²** aastas (Majandus- ja taristuministri määrus nr 55, 03.06.2016)

Hoone kasutusotstarve	Liginullenergiahoone kWh/(m ² a)	Madalenergia- hoone kWh/(m ² a)	Miimumnõue kWh/(m ² a)
Väikeelamutes	50	120	160
Korterelamutes	100	120	150
Büroohoonetes, raamatukogudes ja teadushoonetes	100	130	160
Ärihoonetes	130	160	210
Avalikes hoonetes	120	150	200
Kaubandushoonetes ja terminalides	130	160	230
Haridushoonetes	90	120	160
Koolieelsetes lasteasutustes	100	140	190
Tervishoiuhoonetes	270	300	380

HANKED

PROJEKTEERIMINE

- Arhitekti kutsekvalifikatsioon – rahvusvaheline sertifikaat „Certified European Passive House Designer“.
- Energiatõhususe eksperdi kutsekvalifikatsioon – vähemalt diplomeeritud energiatõhususe spetsialist 7 tase.
- Koostada tuleb vähemalt 3 erinevat eskiisi koos 3D piltidega.
- Igale eskiisile teha energiaarvutus ja temperatuuri-simulatsioonid ja eeldatav ehitustööde maksumustabel.

KOLM PÕLVA RG ESKIISI



PROJEKTEERIMINE

Jrk nr	Nimi	Registrikood	Pakkumuse ID	Maksumus	
1			27276	97 650,00	3.
2	aktsiaselts Resand	10134173	27554	110 985,00	4.
3			27685	49 507,00	1.
4			27716	91 606,20	2.
5			27718	260 085,00	
6			27721	143 010,00	

EHITUS

- Energiatõhususe ekspert – vähemalt diplomeeritud energiatõhususe spetsialist, tase 7.
- Ehitajal tuleb tagada hoone välispiirete nõutav õhupidavus (õhulekkearv $q_{50} \leq 0,6 \text{ m}^3 / (\text{h} \times \text{m}^2)$).

EHITUS

Jrk nr	Nimi	Registrikood	Pakkumuse ID	Maksumus
1			70049	3 120 039,21
2	Ehitus5ECO OÜ	11715995	70284	3 078 900,00
3			70743	2 987 465,03
4			70783	3 079 078,57
5			70811	3 428 352,33
6			71280	2 876 973,76
7			71720	3 090 947,00
8			71771	3 123 372,00
9			71772	3 921 385,61
10			71791	3 272 640,00

3.

2.

1.

EHITUSMAKSUMUS

Riigigümnaasium

- Viljandi Gümnaasium
- Jõgevamaa Gümnaasium
- Võru Gümnaasium
- Tartu Tamme Gümnaasium
- Põlva Gümnaasium

Ruutmeetri maksumus

- **~1 009 €/m²** (5 348,5m²)
uus osa **~1 280€/m²**
- **~1 004 €/m²** (2 893,8m²)
- **~1 064€/m²** (3 321,7m²)
uus osa **~1 223€/m²**
- **~704 €/m²** (8 055,9m²)
- **~1 302 €/m²** (2 321,6m²)

OMANIKUJÄRELEVALVE

- Energiatõhususe konsultant – rahvusvaheline sertifikaat „Certified European Passive House Designer/Consultant“.
- Kogemus teenuse osutamisel – vähemalt ühe rahvusvaheliselt tunnustatud passiivmaja sertifitseerimisprotsessis osalemine.
- Töövõtja kõik spetsialistid peavad iga kuu lõpus teostama kogu ehitusobjekti ülevaatuse, mille kohta koostatakse vastav tabel.

OMANIKUJÄRELEVALVE

- OJV hankemenetlus viidi läbi „Majanduslikult soodsaim pakkumuse“ põhimõttel:
 - Pakkumuse maksumus: **20** punkti;
 - Suuliselt esitletud tööprogramm: **80** punkti.
- Tööprogrammi 80 punkti jagunes järgmiselt:
 - Organisatsioonilise juhtimise ja kvaliteedikontrolli plaan 24 (+6) lisaväärtuspunkti.
 - Omanikujärelevalve korraldamise plaan 24 (+6) lisaväärtuspunkti.
 - Passiivmaja sertifikaadi nõuete täitmise näidisprogramm 16 (+4) lisaväärtuspunkti.

OMANIKUJÄRELEVALVE

Jrk nr	Nimi	Registrikood	Pakkumuse ID	Maksumus
1			86214	55 250,74
2	OÜ KESKKONNAPROJEKT aktsiaselts VALLIKRAAVI KINNISVARA	10769210 10051688	86597	95 891,93
3			86634	141 345,75
4			86847	215 177,45

1.
2.

PÕLVA GÜMAASIUM



PÕLVA GÜMNAASIUM

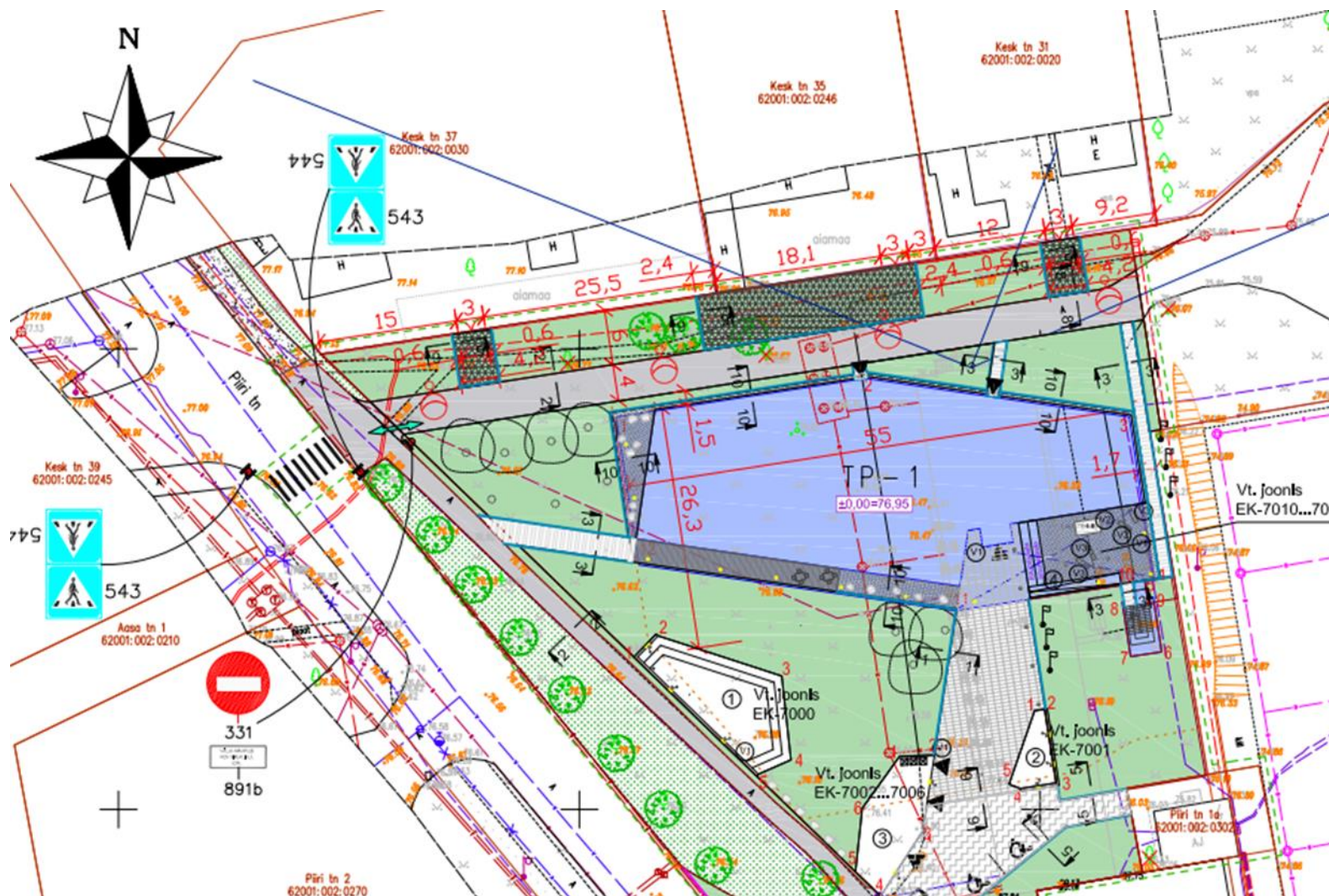
- ÕPILASTE ARV: **252 õpilast**
- SULETUD NETOPIND: **2321,6m²**
- EHITUSMAKSUMUS: **3 028 732,01€ + km**
- EHITUSPERIOOD: **01.12.2015 – 11.10.2016**
(45 nädalat)
- PROJEKTEERIJA: **AS Resand**
- EHITAJA: **Ehitus5ECO OÜ**
- OMANIKUJÄRELEVALVE: **OÜ Keskkonnaprojekt /
AS Vallikraavi Kinnisvara**

LIGINULLENERGIAHOONE

EELDUSED LIGINULLEENERGIAHOONELE

1. Asukoht
2. Arhitektuur
3. Soojapidavus
4. Õhutihedus
5. Tehnosüsteemid
6. Taastuenergia

1. Paiknemine ilmakaarte



1. Põhjas võimalikult vähe aknaid

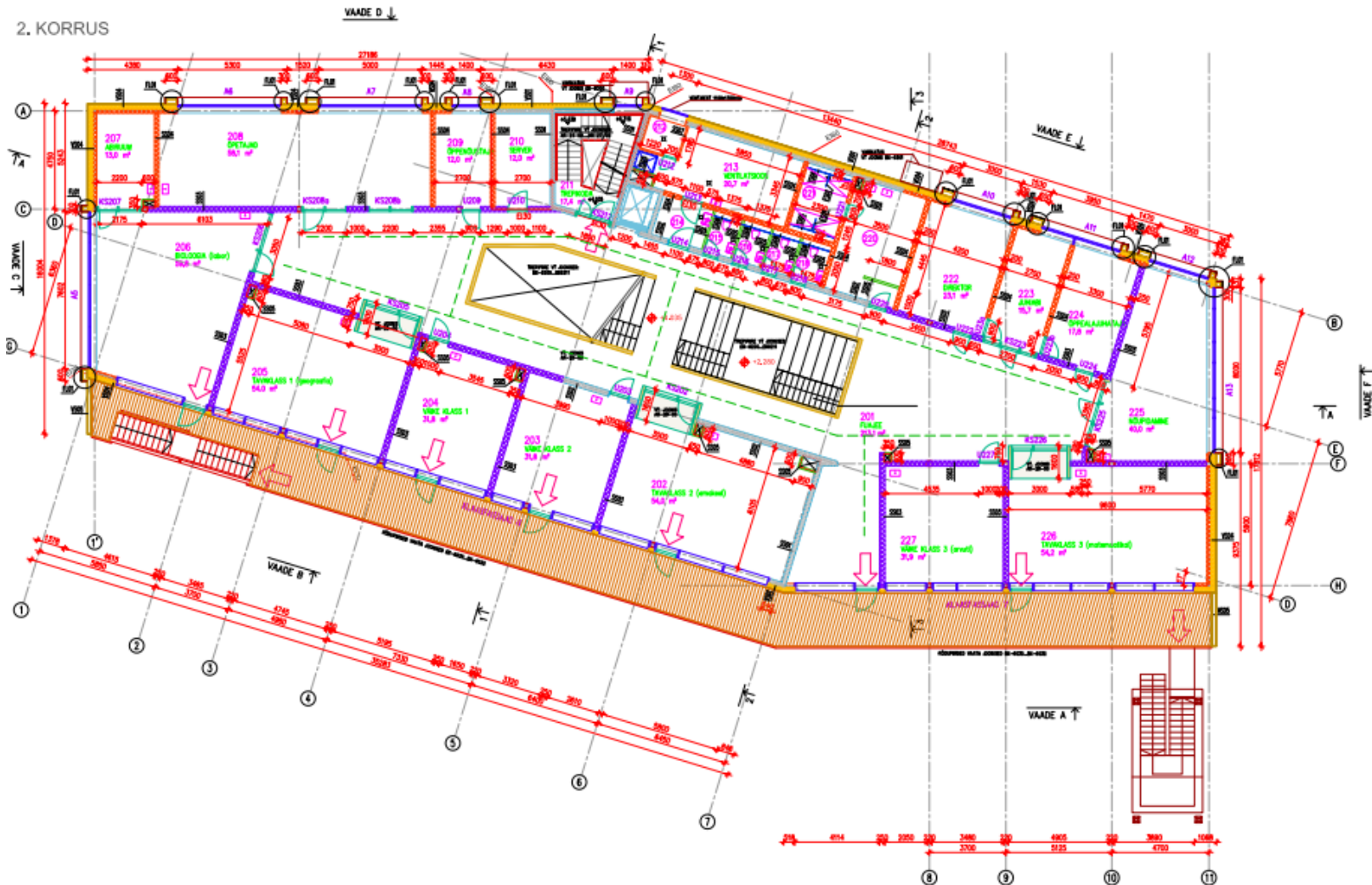


1. Akende passiivne varjestus lõuna suunal

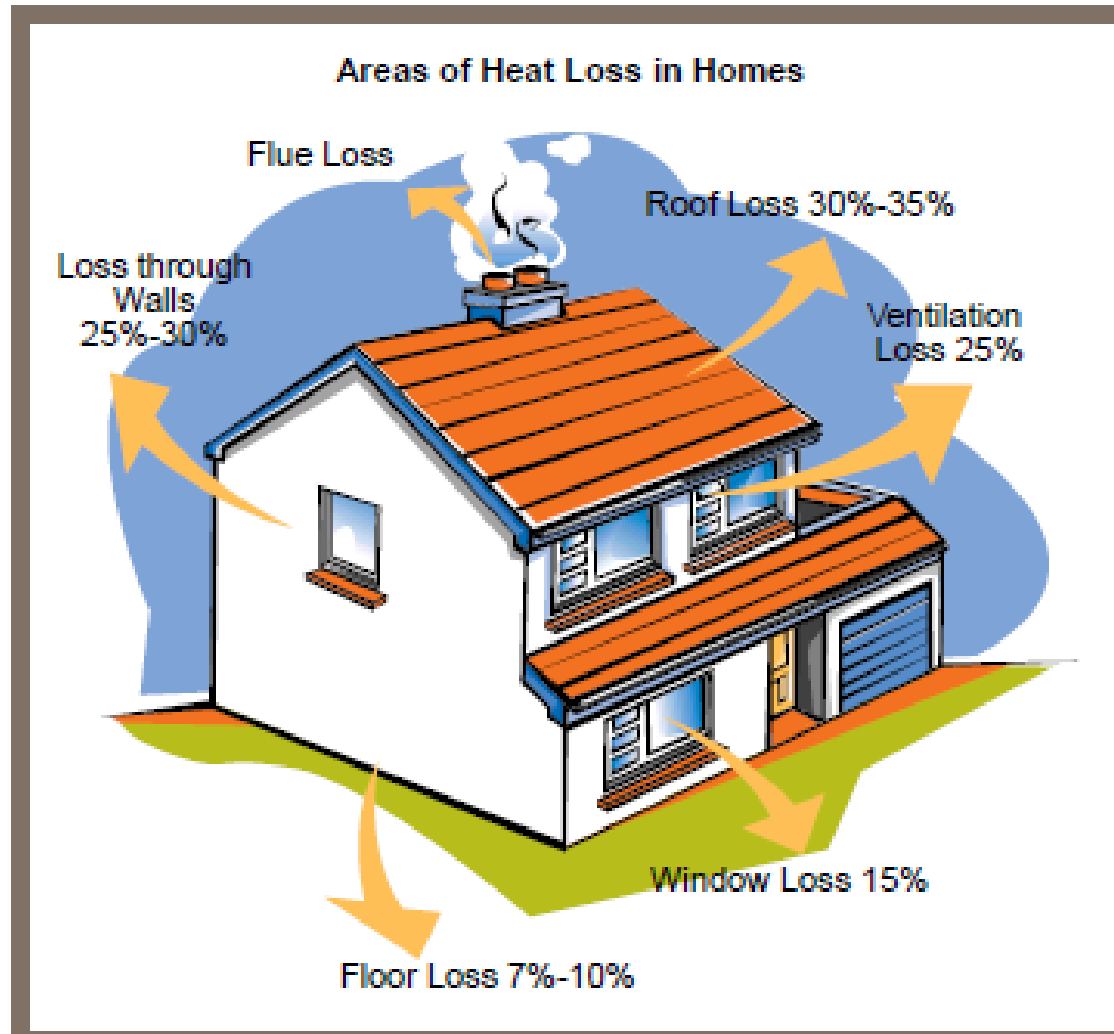


2. Hoone arhitektuur

2. KORRUS



2. Avatäidete, seina, katuse, põranda maht



2. Avatäidete, seina, katuse, põranda maht

Objekt		
	Hoone A	Hoone B
Köetav pind, m ²	2356	2935
Korruseid, -	8	7
Välispiirete pindala, m ²	2077	2598
Välisseina pindala, m ²	1614	973
Akende pindala, m ²	463	645
Akende osakaal välisseinast, %	22,3%	39,9%
$A_{\text{välispiirded}}/A_{\text{köetav}}$, -	1,80	0,89
Erisoojuskadu H/A , W/m ²	0,48	0,52
Energiatõhususarv, kWh/m ²	133	136
Energiatõhususklass, -	B	C

3. Välispiirete soojapidavus

- PÕRAND: $U = 0,098\text{W/m}^2\text{K}$
- VÄLISSEIN betoon: $U = 0,12\text{W/m}^2\text{K}$
- VÄLISSEIN väikeplokk: $U = 0,12\text{W/m}^2\text{K}$
- KATUSLAGI: $U = 0,064\text{W/m}^2\text{K}$
- AKEN: $U = 0,73\text{W/m}^2\text{K}$

3. Välispiirete soojapidavus

PÕRAND ($U = 0,098\text{W/m}^2\text{K}$)



3. Külmasilla vältimine konstruktsioonis



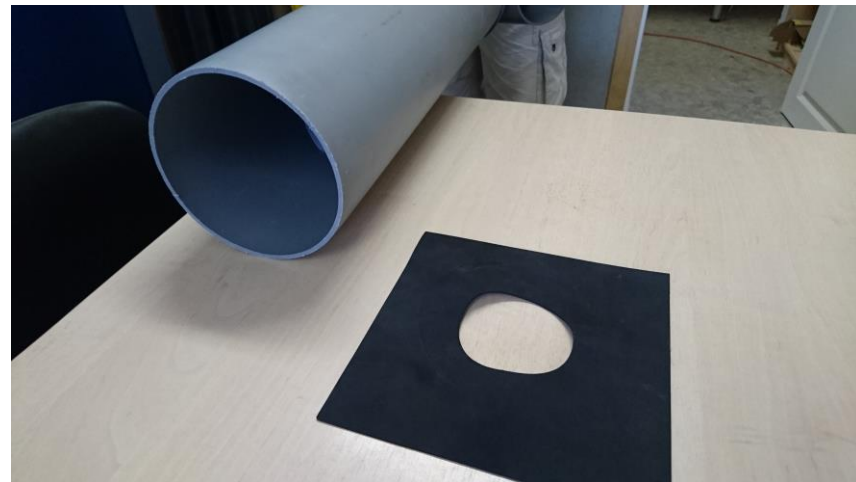
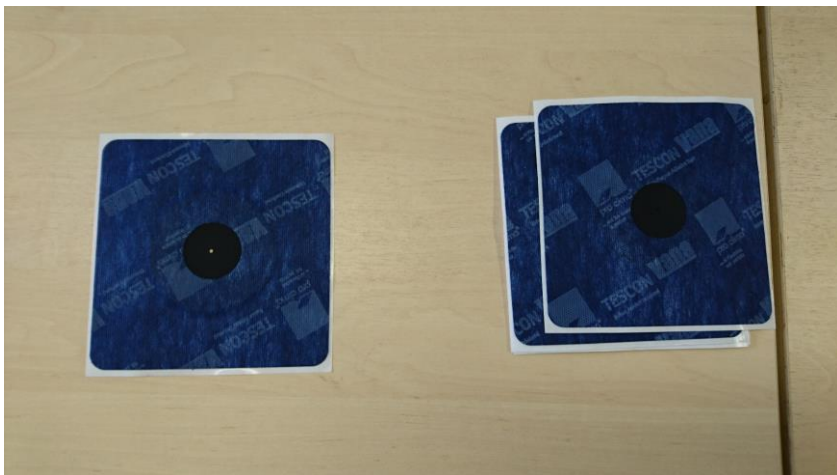
4. Õhupidavus



4. Õhupidavus



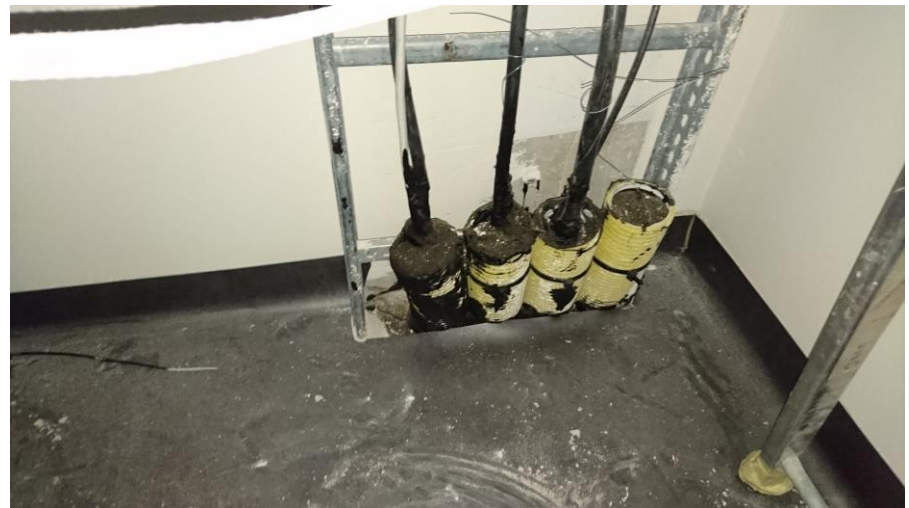
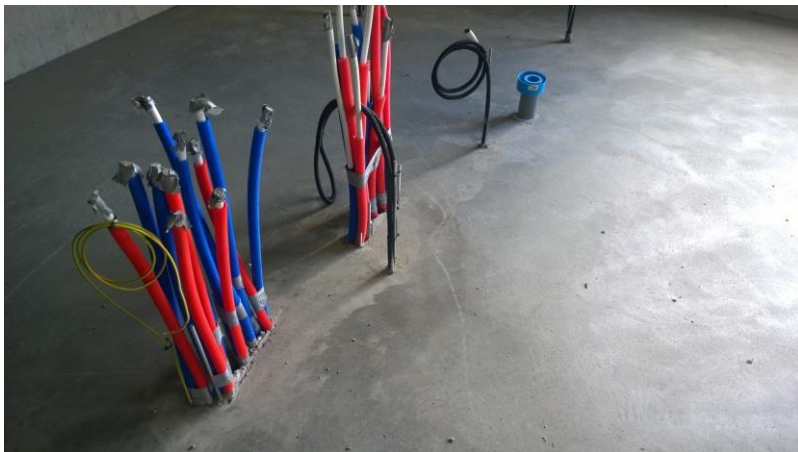
4. Õhupidavus



4. Õhupidavus



4. Õhupidavus



4. Õhupidavus



4. Õhupidavuse põhimõtted

- Õhutiheduseks vajalik teipimine teostatakse väliskonstruktsioonide sisepinnas.
- Kõikide erinevate konstruktsioonimaterjalide liitekohad tuleb teipida (ei pea teipima R/B monoliidi ja monteeritava liitekohta)
- Katuslaes teibitakse kõik õõnespaneelidesse tehtud avad (ripplagede karkassi kinnistuskohti ei teibita).
- Ei ole vahet, kas seintele paigaldatakse teip krohvi alla või peale (tulekaitsevärvi puhul värvi alla).
- Põranda ja seinte liitekohtade teipimine vahelagedel teostatakse õõnespaneeli pealt enne aluspõranda valamist.

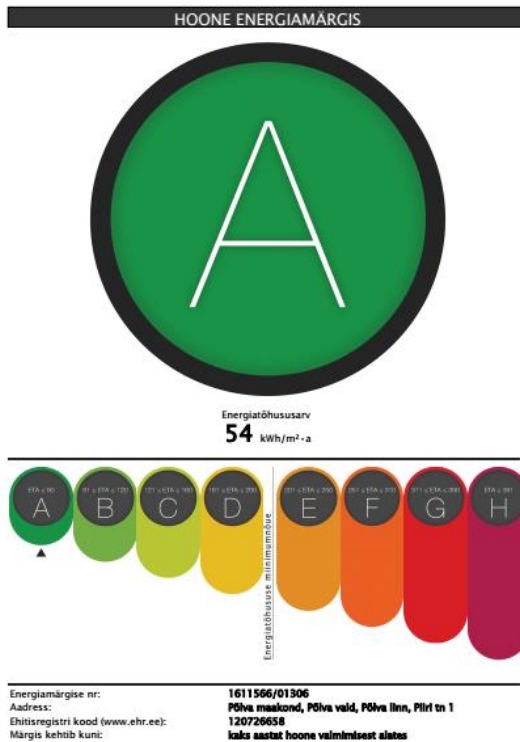
4. Õhupidavuse põhimõtted

- Pinnasel põrandal teibitakse kõik seinad ja põranda liitekohad (sh sisemised kandeseinad) ja kohtades kus teipi kasutada ei saa, kasutatakse spetsiaalset kummimassi.
- Plokkseintesse süvistatud harutooside tagused täidetakse enne toosi paigaldust krohviseguga. Samuti krohvitakse freesitud kaablite ja torude tagused.
- Imavad (krohv, betoon, plokid jne) pinnad eelnevalt kruntida. Kruntimine peab toimuma vahetult enne teibi paigaldamist, sest krundi pind jääb ajas mitte vajalikele osakestele nakkuvaks.
- Kindlasti peab teibid hõõruma spetsiaalse labidaga vastu aluspind (rulliga paigaldus ei ole aktsepteeritav).

3. Soojapidavus

4. Õhupidavus

• Energiamärgis



• Õhulekketest

BlowerDoor GmbH
Messsysteme für Luftdichtheit

BUILDING LEAKAGE TEST

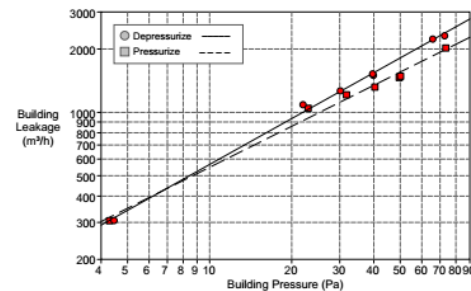
Date of Test: 18.08.2016 Test File: Test_20160830	Technician: Targo Kalamees Project Number:
Customer: Nordic Energy Solutions Regati pst. 1 Tallinn, 11911 Phone: +3725540585 Fax: Email: indrek.naide@nordicenergy.eu Website: http://www.nordicenergy.eu	Building Address: Riigigümnaasium Põlvi 1 Põlva,

	Depressurization	Pressurization	Average
Test Results at 50 Pascals:			
V50: m³/h Airflow	1815 (+/- 4.9 %)	1554 (+/- 7.3 %)	1684
n50: 1/h (Air Change Rate)	0.17	0.15	0.16
u50: m³/h·m² Floor Area	0.78	0.67	0.73
q50: m³/h·m² Envelope Area	0.52	0.44	0.48
Leakage Areas:			
Canadian Eq.A @ 10 Pa (cm²)	631.1 (+/- 6.8 %)	611.6 (+/- 10.2 %)	621.4
cm²/m² Surface Area	0.18	0.18	0.18
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)	314.0 (+/- 10.6 %)	326.4 (+/- 16.0 %)	320.2
cm²/m² Surface Area	0.09	0.09	0.09
Building Leakage Curve:			
Air Flow Coefficient (Cen) (m³/hPa)	106.5 (+/- 17.0 %)	123.1 (+/- 25.5 %)	
Air Leakage Coefficient (CL) (m³/hPa)	106.7 (+/- 17.0 %)	123.4 (+/- 25.5 %)	
Exponent (n)	0.724 (+/- 0.048)	0.647 (+/- 0.073)	
Correlation Coefficient	0.99831	0.99528	
Test Standard:	EN 13829		
Test Mode:	Depressurization and Pressurization		
Type of Test Method:	B		
Regulation complied with:			



Average

1684
0.16
0.73
0.48



5. Tehnosüsteemid

	Tavahoone	Madal- ja liginullenergiahoone
Hoone soojapidavus $H/A_{net,0}$, $W/(K m^2)$		
$A_{net,0} = 500 m^2$	0,8	0,4
$A_{net,0} = 1000 m^2$	0,6	0,3
$A_{net,0} = 2000 m^2$	0,5	0,25
$A_{net,0} \geq 4000 m^2$	0,4	0,2
Välispiirete soojapidavus H/A_{vp} , $W/(K m^2)$	0,5	0,25
Akna summaarne soojuslähivus U , $W/(m^2 K)$	1,4	$\leq 0,7$
Akna päikeselähivustegur g , -	0,3–0,5	optimeeritud
Välisseina soojuslähivus U , $W/(m^2 K)$	0,25	0,14–0,18
Õhupidavus q_{s0} , $m^3/(h m^2)$	≤ 3	$\leq 0,6$
Päikesevarjestus		väline
Keskmine päevavalgustegur, %	2	2
Akende osakaal fassaadist, %	40–90	25–30
Tüüpruumide jahutusvõimsus, W/m^2	50–100	≤ 40
Soojustagastuse temperatuuri suhtarv, %	≥ 70	≥ 80
Ventilatsiooni erivõimsus SFP, $kW/(m^3 s)$	2–2,5	1–1,5
Nõudluspõhine ventilatsioon		nõupidamised ja vastavad
Jahutustegur ESEER	2–3	≥ 5
Paigaldatud valgustusvõimsus, W/m^2	≤ 12	≤ 5
Valgustuse juhtimine	aegjuhtimine	juhitavad valgustid ja multiandurid
Küttesüsteemi primaarenergia kasutegur, -		$\geq 0,90$
Lokaalse taastuvenergia osakaal, %		liginull ≥ 10

Energiatõhususe põhiparameetrite kontrollarvud madal- ja liginullenergiahoonete projekteerimiseks.

5. Tehnosüsteemid



Air handling with the focus on LCC

Envistar Flex

Tehnilised andmed

1 (3)



Objekt	Põlva Gümnaasium
Süsteem	SV1
Suurus	480 1,99/2,02 m³/s

SFP (Specific fan Power)

Väljund	Kogu seade	1,13	kW/m³/s
	Ökodisain 2016-Vastab! 2018-Vastab!		

ROOTORSOOJUSVAHETI

	Rootori tüüp	HP	
	Rootori läbimõõt	D1	
Sisend	Õhu temperatuur sisse	-28,0	°C
	Välisõhu suhteline niiskus	90	%
	Väljatõmbeõhu temperatuur	21,0	°C
	Väljatõmbeõhu suhteline niiskus	20	%
Väljund	SP õhu Temp. peale soojusvahetit	14,5	°C
	Sissepuhke õhu suhteline niiskus	24,2	%
	SP õhu eri niiskus	2,5	g/kg
	Sissepuhke õhu entalpia	20,8	kJ/kg
	Temperatuuri kasutegur kuiv (EN308)	86,8	%
	Temperatuuri kasutegur võrdsetel õhuhulkadel 86,1%		
	Kasutegur arvestades niiskust	85,7	%
	Väljaviske õhu temperatuur	-20,9	°C

5. Tehnosüsteemid



6. Taastuvenergia



6. Taastuvenergia

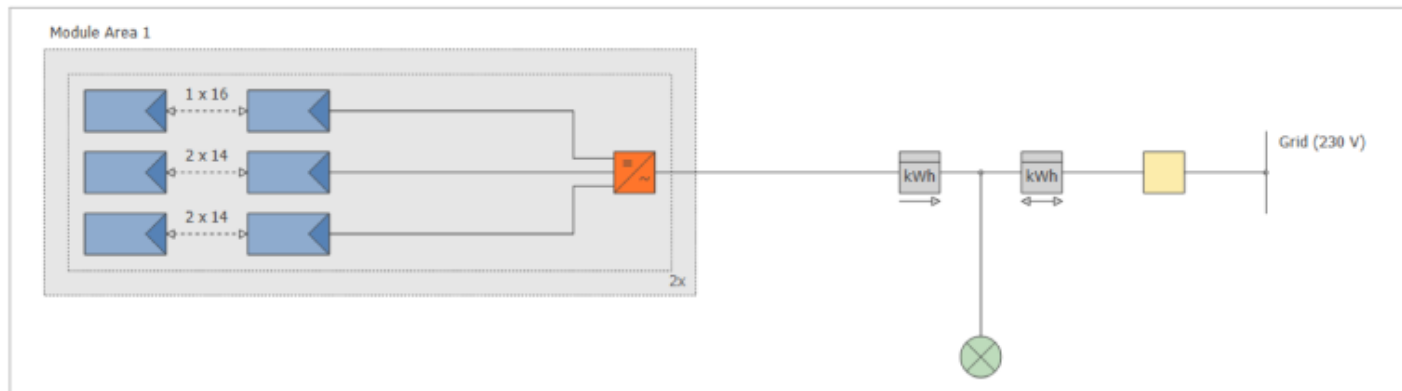
Project Number: PV030816
Date of Offer: 3.08.2016

Project Designer: Priit Pikk
Company: Heliost OÜ

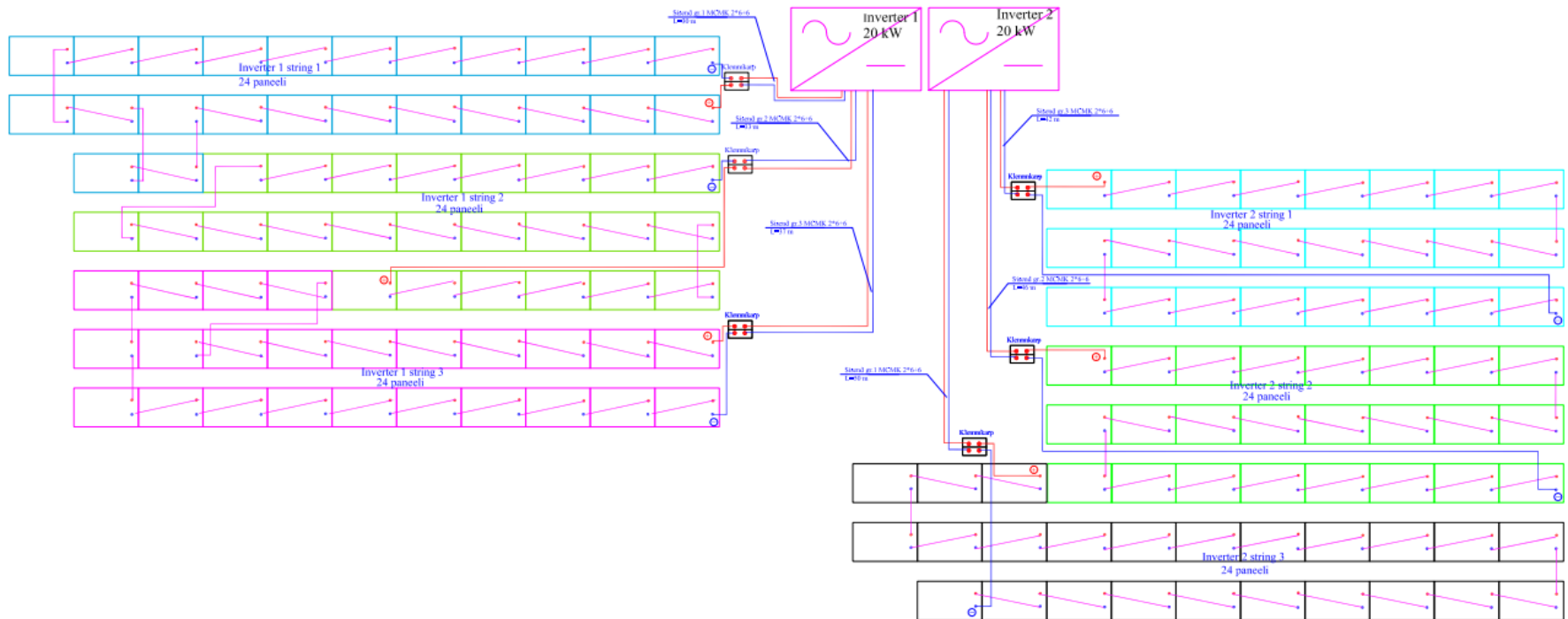
Polva RG

Grid connected PV System with Electrical Appliances - Net Metering

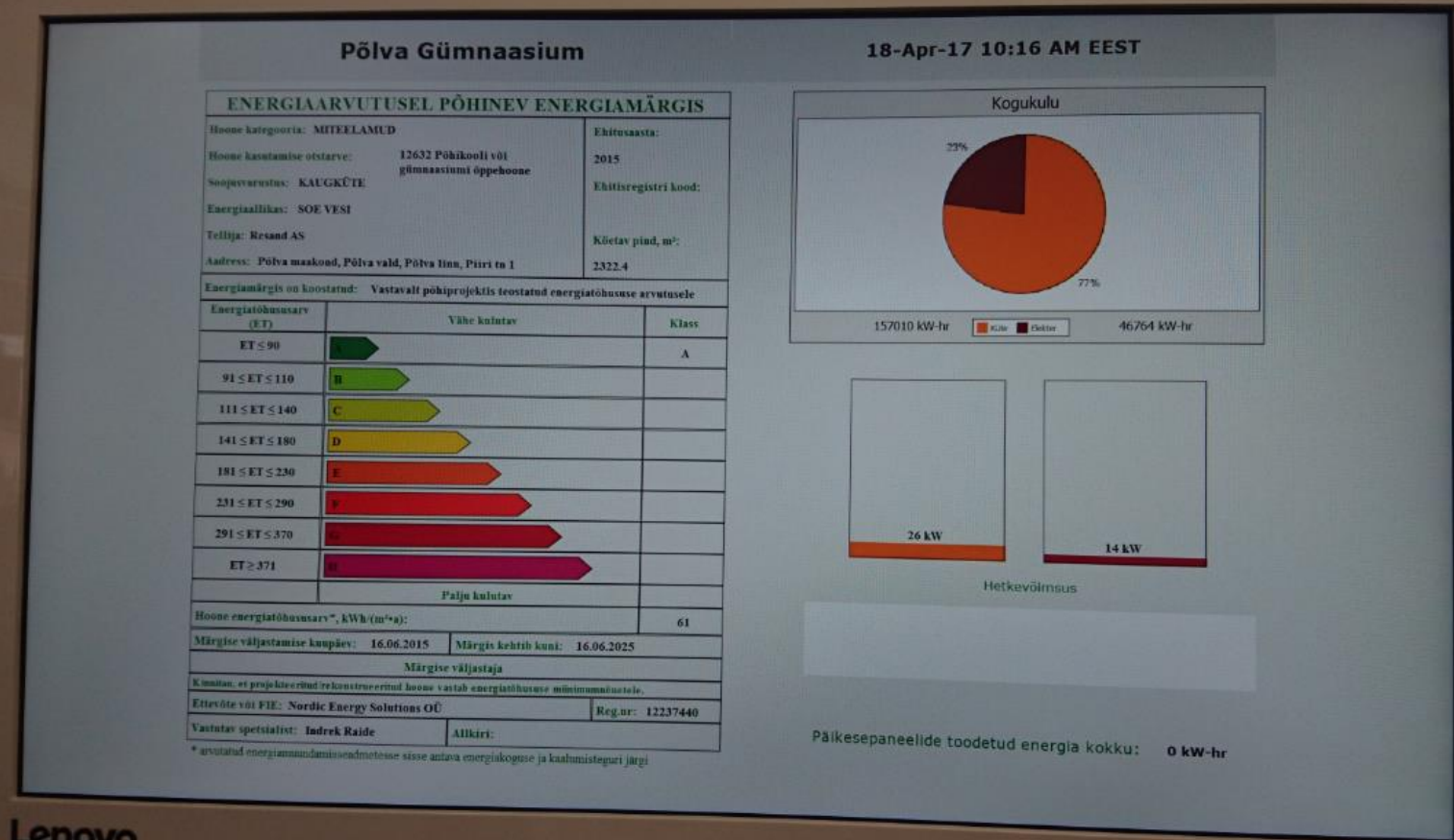
City	Põlva
Climate Data	Tartu
PV Generator Output	37.4 kWp
Generator Surface	240 m ²
Number of PV Modules	144
Number of Inverter	2



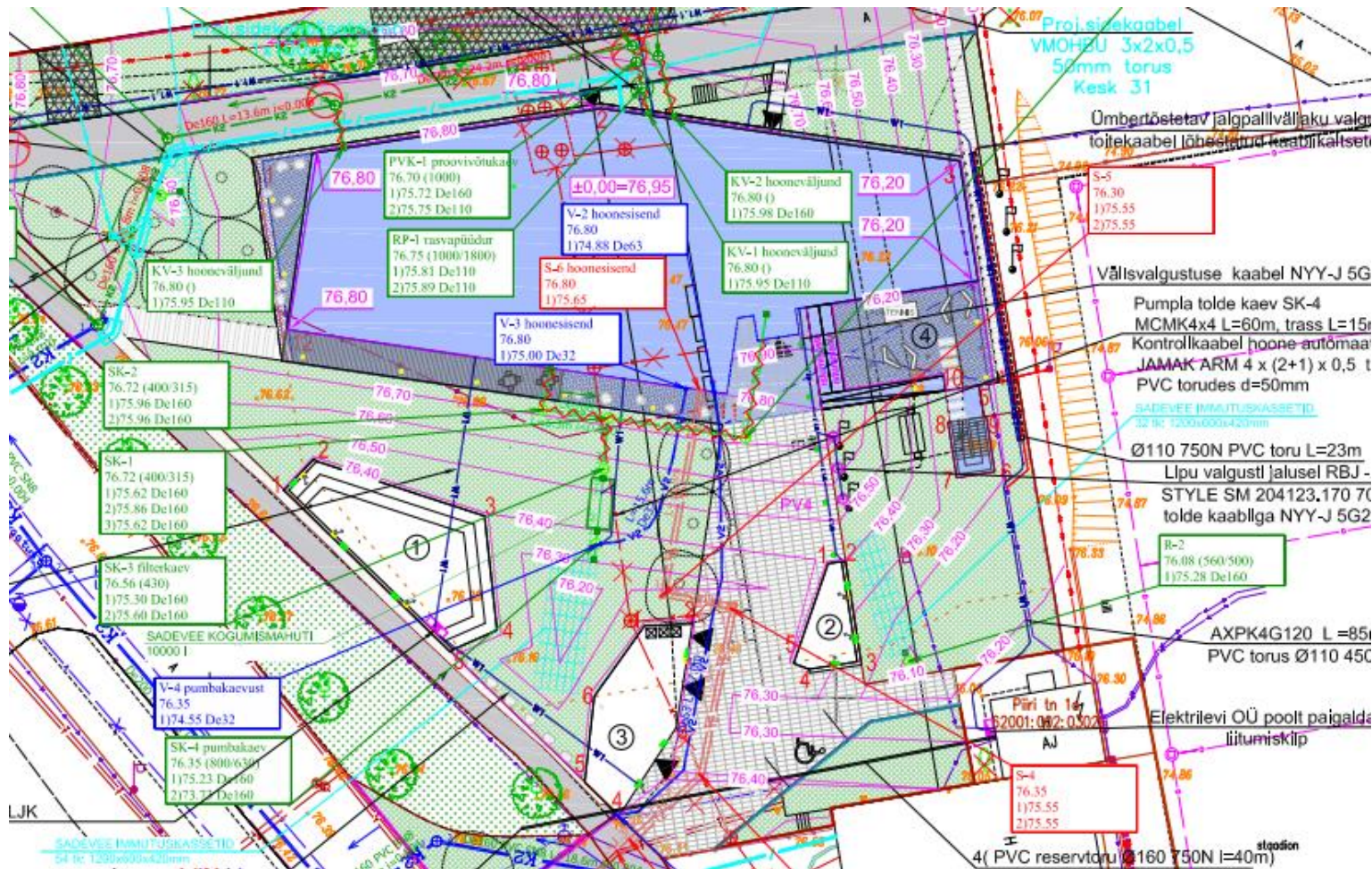
6. Taastuvenergia



Hetke tarbimine

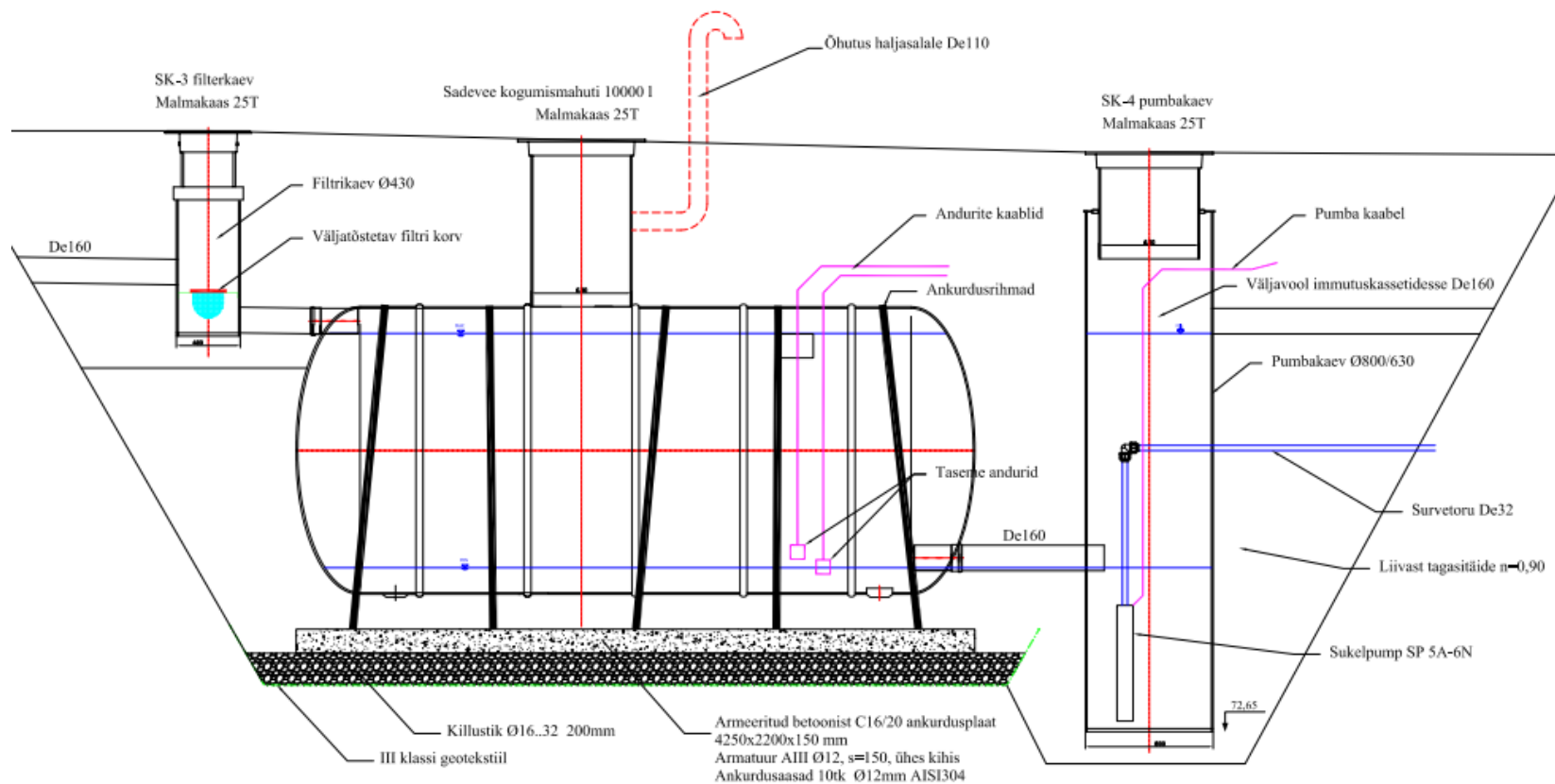


6. Taastuvenergia - vihmavee kogumismahuti ja immutuskassetid



6. Taastuenergia - vihmavee kogumismahuti ja immutuskassetid

FITERKAEVU, KOGUMISMAHUTI JA PUMBAKAEVU LÕIGE

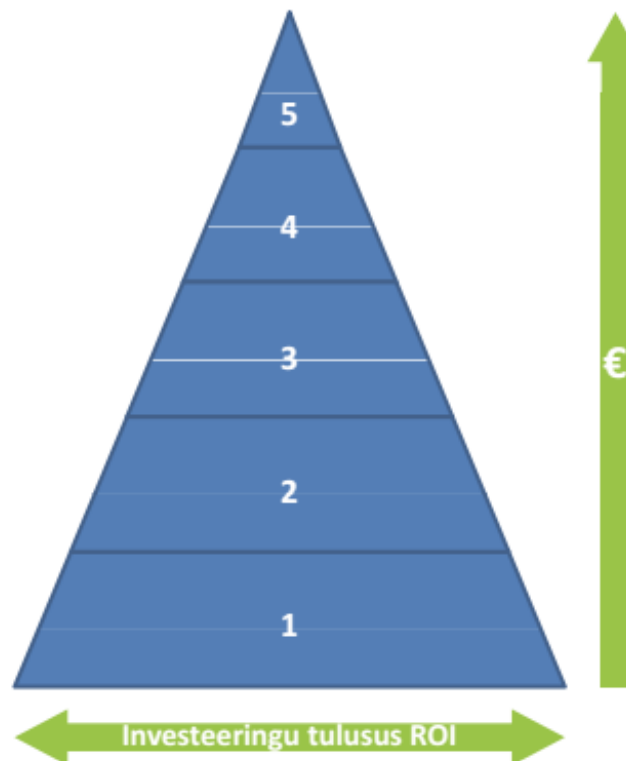


Liginullenergiahoone tingimused tagavad

1. **Asukoht** – paiknemine ilmakaarte suhtes (avatäited ja nende varjestus).
2. **Arhitektuur** – vähem väljaulatuvaid osasid ja nurkasid.
3. **Soojapidavus** – võimalikult soojapidavad välispiirded ja külmasildade vältimine.
4. **Õhutihedus** – õhulekete vältimine (sh korrektne teipimine).
5. **Tehnosüsteemid** – efektiivsed ning juhitud tehnosüsteemide.
6. **Taastuenergia** – päikesepaneelide kasutamine.
7. **Terviklikkus:**
 - hea projekteerija ning läbimõeldud projekt;
 - põhjalik eeltöö ehitustöödeks;
 - pidev ja igapäevane kvaliteedikontroll objektil ning lahenduste otsimine laua taga.

Energiatõhususe kavandamise püramiid

- 5 Lokaalne taastuvenergia**
päikesepaneelid ja -kollektorid
- 4 Energiavarustus**
kaugküte, soojuspumbad, vabajahutus
- 3 Efektiivsed tehnosüsteemid**
vent, küte, jahutus, valgustus ja juhtimine
- 2 Fassaadide kujundamine**
soojapidavus, valgusläbivus ja varjestus
- 1 Maht ja vorm**
suund, kuju ja viimistlus



Hoone mahuline kujundamine loob energiatõhususe vundamendi.

Järgnevate lahenduste mõju on vastavalt püramiidi kitsenemisele väiksem ja kWh kokkuhoiu maksumus suurem.

Kuidas veel paremini teha

- Kandekonstruktsioonides kasutada võimalikult vähe erinevaid materjali.
- Klaasfassaadi avatavad osad õhutihedamaks.
- Proovida vältida siseruumidest väliskeskkonda minevaid konstruktsioone.
- Kõik konstruktsioonisõlmed õhulekke ja külmasildade seisukohalt üle vaadata ja neid vältida.

LIGINULLENERGIAHOONE TULEVIK

- **2019** – kõik valmivad avalikud uued hooned liginullenergiahooned.
- **2021** – kõik valmivad uued hooned liginullenergiahooned.
- MKM koostatavas „**Energiamajanduse arengukava aastani 2030**“ on sees:
 - täiendav riigi sekkumine energiatõhususe saavutamiseks hoonetes;
 - kolm erinevat meetet hoonete energiatõhususe saavutamiseks (korter- ja väikeelamute rekonstrueerimiseks toetused/laenud, liginullenergia hoonete tüüpprojektid, avaliku sektori eeskuju);
 - 2017-2020 rahastatakse hoonete meetmeid 158M€ (rakendusplaani kogueelarve 363M€).
- **SA KredEX** koostab liginullenergia eluhoonete tüüplahenduste juhendmaterjali – valmib mai 2017

Elu objektil!

Maja kukub kokku!



Hügieeninurk!



Tuvid!



(Tuvi) haud!



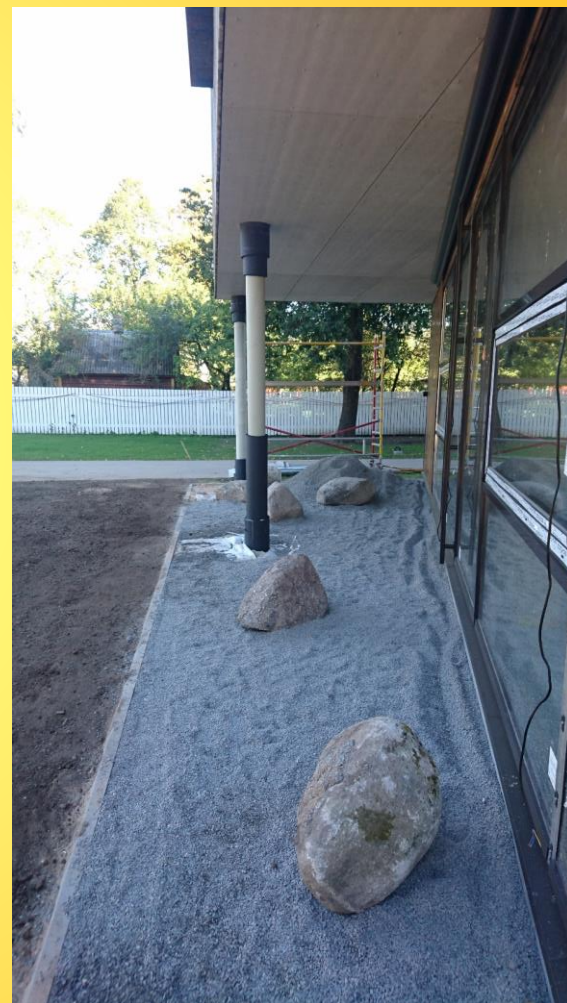
Ohutus eelkõige!



Cor-Ten roosteplekk!



Lauatennis!



Elu objektil!



PROTSESSIGA SEOTUD INIMESED

- **AS Resand** Andres Vihar, Pille Pärn
- **OÜ Ehitus5ECO** Margo Padar
- **OÜ Keskkonnaprojekt** Vaiko Kann, Kristo Kalbe
- **Nordic Energy Solutions OÜ** Indrek Raide
- **AS Riigi Kinnisvara** Taavi Aare, Raigo Kalamees
- **Põlva vald** Kuldar Leis

Ehitamine ei ole raske!



Tänan!



Hea maisi saladus

Ajakirjanikud uurisid ühelt edukalt maisikasvatajalt, kes aastaid järjest võitis kõik kvaliteedikonkursid, milles on tema edu saladus. „Kogu saladus seisneb selles,“ seletas farmer, „et ma jagan oma parimat seemet külviks kõikidele naabritele.“

„Milleks jagada parimat seemet naabritele, nemad ju osalevad samuti konkurssidel ja on teie konkurendid?“ küsis üks ajakirjanik.

„Vaadake,“ naeratas farmer, „tuul kannab õietolmu minu põllult naabrite põldudele ja vastupidi. Kui naabritel on kehvemad sordid kui minul, siis muutuvad ka minu sordid varsti kehvemaks. Kui mina külvän maha hea seemne, siis pean hoolitsema, et ka naabrid külvaks samasugust. See, kuidas igaüks pärast oma külvide eest hoolitseb, on juba iseasi.“