



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

**KODUMAJAPIDAMISE ENERGIATARBIMISE
JUHTIMISE KONTSEPTSIOONI
VÄLJATÖÖTAMINE**

**DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF HOUSEHOLD
ENERGY CONSUMPTION MANAGEMENT**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Sander Õispuu

Üliõpilaskood: 206150EAAB

Juhendaja: Vahur Maask, insener

Kaasjuhendaja: Argo Rosin, kaasprofessor tenuuris

Tallinn 2023

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2023

Autor: Sander Õispuu

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2023

Juhendajad: Vahur Maask ja Argo Rosin

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20..... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Sander Õispuu (*autori nimi*)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kodumajapidamise energiatarbimise juhtimise kontseptsiooni väljatöötamine, (*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Vahur Maask ning kaasjuhendaja Argo Rosin,

(*juhendaja nimi*)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

18.05.2023 (*kuupäev*)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Sander Õispuu

Lõputöö liik: Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Kodumajapidamise energiatarbimise juhtimise kontseptsiooni väljatöötamine

Kuupäev:
18.05.2023

65 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): Insener Vahur Maask ja kaasprofessor tenuuris Argo Rosin

Sisu kirjeldus:

Antud lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada koduomanike jaoks sobiv energiatarbimise juhtimise lahendus ning koostada kontseptsioon taolise lahenduse arendamiseks. Töö käigus uuriti koduse energia juhtimispotentsiaali, selleks tänasel päeval kättesaadavaid lahendusi ning kaasnevaid riske. Lõpptulemusena pani autor kokku lahenduse ja kontseptsiooni tarbimise juhtimiseks, põhinedes läbiviidud küsitluse analüüsil.

Töö esimese osas uuritakse Eesti kodumajapidamiste energia juhtimisepotentsiaali ning tarbimise juhtimise võimalusi. Teises osas kirjeldatakse ja võrreldakse juba eksisteerivaid lahendusi. Hetkel kättesaadavad lahendused võimaldavad koduomanikel tarbimise juhtimisega säästa energiat kuni 30% aastas. Kolmandaks peatükis analüüsitakse läbiviidud küsimustiku (142 vastanut) tulemusi. Peamiste tulemustena selgub, et Eesti koduomanik soovib muuta oma kodu energiasõbralikumaks, kuid samas on vaja suurendada nende teadlikkust selles valdkonnas. Peamiselt soovitakse väiksemaid kütte- ja elektriarveid ning ollakse nõus rakendama süsteemi, mis lisaks tarbimise vähendamisele omab targa kodu võimekust. Neljandas osas tehakse riskianalüüs ohtude kohta, mis võivad taoliste lahenduste rakendamisega kaasneda nagu töökindlus, privaatsus, turvalisus, ühenduvus, kasutajamugavus. Viiendas punktis luuakse tarbimise juhtimise kontseptsioon ja eskiislahendus lähtudes taustainfost ning küsimustiku tulemustest. Kontseptsiooni kirjeldavad märksõnad nagu autonoomsus, isepaigaldatav, nutikodul ja energiasäästul põhinev täislahendus, töökindlus, mõistlik hind, kütte- ja elektrikulude vähendamine, rohkete lisafunktsioonidega ja mugavustega ning hoone vooluvõrku paigaldatud seadmed.

Märksõnad: Tarbimise juhtimine, energia säästmine, tark maja, nutikodu, energiasäästumeetmed, elektri hind

ABSTRACT

<p><i>Author:</i> Sander Õispuu <i>Title:</i> development of the concept of household energy consumption management</p>	<p><i>Type of the work:</i> Bachelor Thesis</p>
<p><i>Date:</i> 18.05.2023</p>	<p>65 pages (the number of thesis pages including appendices)</p>
<p><i>University:</i> Tallinn University of Technology</p> <p><i>School:</i> School of Engineering</p> <p><i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics</p>	
<p><i>Supervisor(s) of the thesis:</i> Engineer Vahur Maask and Tenured Associate Professor Argo Rosin</p>	
<p>Abstract:</p> <p>The aim of this thesis was to identify a suitable energy consumption management solution for homeowners and develop a concept for the development of such a solution. The research focused on exploring the potential for home energy management and the currently available solutions and associated risks. The author compiled a solution and concept for consumption management based on the analysis of a conducted survey.</p> <p>The first part of the thesis examines the energy management potential of Estonian households and consumption management options. The second part describes and compares existing solutions. The currently available solutions allow homeowners to save up to 30% of energy consumption per year. The third chapter analyses the results of the conducted questionnaire with 142 respondents. The main findings indicate that Estonian homeowners want to make their homes more energy-friendly but need to increase their awareness in this field. The main desires are lower heating and electricity bills, and homeowners are willing to adopt a system that not only reduces consumption but also has smart home capabilities. The fourth part conducts a risk analysis of the potential hazards associated with implementing such solutions, such as reliability, privacy, security, connectivity, and user-friendliness. In the fifth section, a consumption management concept and a preliminary solution are developed based on the background information and questionnaire results. The concept includes keywords such as autonomy, self-installation, smart home integration, comprehensive energy-saving solution, reliability, reasonable cost, reduction of heating and electricity expenses, numerous additional functions and conveniences, and devices installed in the building's power grid.</p>	
<p><i>Keywords:</i> energy consumption management, saving energy, smart house, energy-saving measures, electricity price</p>	

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Kodumajapidamise energiatarbimise juhtimise kontseptsiooni väljatöötamine**

Lõputöö teema inglise keeles: **Development of the concept of household energy consumption management**

Üliõpilane: **Sander Õispuu, 206150EAAB**

Eriala: **Elektroenergeetika ja mehhatroonika**

Lõputöö liik: **Bakalaureusetöö**

Lõputöö juhendaja: **Vahur Maask, insener, vahur.maask@taltech.ee**

Lõputöö kaasjuhendaja: **Argo Rosin, kaasprofessor teneuris, argo.rosin@taltech.ee**
(ettevõtte, amet ja kontakt)

Lõputöö ülesande kehtivusaeg: **kehtivusaeg annab juhendaja 2022/2023 2022/2023 Kevad**

Lõputöö esitamise tähtaeg: **18.05.2023**

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

1. Teema põhjendus

Alates 2021. aasta lõpust on muutunud energiahinnad drastiliselt. Elektri, kütuse ning soojusenergia hinnad on saavutanud uusi kõrguseid, mis on tekitanud uusi murekohti valitsuse, ettevõtja kui ka kodaniku vaatevinklist. Tavapäraselt küllaltki odava elektri eest tasunud elanikkond on hakanud vastu vaatama kohati kahekordsele elektrihinnale (september 2021 – 12,24 s/kWh vs september 2022 – 22,72 s/kWh[1]), mis on pannud aina rohkem tarbijaid rakendama erinevaid säästumeetmeid. Nii on selgunud, et parasiitenergia tarve ulatub kümnetesse protsentidesse iga aastasest elektrikulust. Teisisõnu, kui seade ei täida praktilist otstarvet või ei ole kasutuses, kuid tarbib elektrit, on tegu mitteefektiivse kasutusega.

Sedasorti valukoha leevendamiseks on tulnud turule süsteemid ning lahendused, mille eesmärk on vähendada igakuist elektriarvet. Peamised kasutatavad meetodid on börsihinna jälgimine, kasutaja poolt teostatav käsitsi juhtimine või tema käitumisharjumuste järgi ajastamine. Kuigi erinevad lahendused on tõestanud end kasulikuna, ei ole sedasorti süsteemid väga laialt levinud oma kalliduse, keerukuse või töökindluse tõttu. Antud lõputöö käigus uuritakse, millised on koduomanike soovid, nägemused ja nõuded eelnevalt kirjeldatud süsteemile, et nad oleksid valmis seda rakendama. Töö tulemusena on võimalik arendada süsteem, lähtudes koduomanike seisukohtadest ning nõuetest.

2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on välja selgitada koduomanike jaoks sobiv energiatarbimise juhtimise lahendus ning koostada kontseptsioon taolise lahenduse arendamiseks.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

1. Milline on kodumajapidamiste tarbimise juhtimise potentsiaal?
2. Millised lahendused on kättesaadavad elektritarbimise juhtimiseks kodumajapidamistes?
3. Millised tarbimise juhtimise lahendusele esitatavad tingimused ja nõuded on olulised kodumajapidamistele?
4. Millised riskid kaasnevad tarbimise juhtimise lahenduste kasutuselevõtuga kodumajapidamistes?
5. Milline kontseptsioon sobiks tarbimise juhtimiseks kodumajapidamistes?

4. Lähteandmed

Andmed pärinevad uurimustest (maksimaalselt 10 aastat vanad), tootjate andme- ja kodulehtedelt, artiklid, toodete ülevaated, küsitluse tulemustest (koduomanikud), katsetulemused.

5. Uurimismeetodid

Töö tulemuseni jõudmiseks tuleb analüüsida kirjandust, küsitlusi, mõõtmis- ning katsetulemusi. Andmete analüüsiks kasutatakse Excelit ja Google Forms-i.

6. Graafiline osa

Tabelid on peamiselt erinevate seadmete ja andmete võrdlemiseks (nt alapeatükk 3). Küsitluse tulemuste visualiseerimiseks kasutatakse joonised ning skeeme.

7. Töö struktuur

1. Sissejuhatus
2. Mõistete defineerimine
3. Eesti elektrisüsteemis tarbimise juhtimispotentsiaali ülevaade
4. Olemasolevad lahendused tarbimise juhtimiseks
5. Sobiliku süsteemi tingimuste ning nõuete defineerimine
6. Riskianalüüs
7. Tarbimise juhtimise süsteemi kontseptsioon
8. Kokkuvõte

8. Kasutatud kirjanduse allikad

[1] 220energia, Viimase 12 kuu kaalutud keskmised börsihinnad, 2022, [Online]. Loetud aadressil: Viimase 12 kuu kaalutud keskmised börsihinnad | 220 Energia - Personaalsus. Professionaalsus. Läbipaistvus. Soodsus. Kasutatud: 28.10.22.

[2] A. Rosin, H. Hõimoja, T. Möller, M. Lehtla "Residential electricity consumption and loads pattern analysis" in Proceedings of the 2010 Electric Power Quality and Supply Reliability Conference, Kuressaare, 2010, pp. 1–6. Loetud aadressil: [Residential electricity consumption and loads pattern analysis | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#), Kasutatud 26.10.2022.

[3] I. Drovtar, A. Rosin, M. Landsber, J. Kilter "Large scale electric vehicle integration and its impact on the Estonian power system" in 2013 IEEE Grenoble Conference, Grenoble, 2013, pp. 1–6. Loetud aadressil: [Large scale electric vehicle integration and](#)

[its impact on the Estonian power system | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#) ,
Kasutatud 26.10.2022.

[4] D. Lebedev, A. Rosin "Practical use of energy management system with day-ahead electricity prices" in 2015 IEEE 5th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), Riga, 2015, pp. 1–5. Loetud aadressil: [Practical use of the energy management system with day-ahead electricity prices | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#), Kasutatud 26.10.2022.

[5] I. Gomes, K. Bot, M.G. Ruano, A. Ruano, "Recent Techniques Used in Home Energy Management Systems: A review," Energies 2022, vol. 15, no. 8, pp. 1-42, 2022, <https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.3390%2Fen15082866>. 2022.10.26

9. Lõputöö konsultandid

-

10. Töö etapid ja ajakava

Kirjanduse läbitöötamine (01.12.2022)

Küsimustiku koostamine (01.12.2022)

Teooriaosa kirjutamine (19.03.2023)

Küsimustiku läbiviimine (26.03.2023)

Tulemuste analüüs ning järelduste tegemine (09.04.2023)

Kontseptsiooni kirjeldamine ja põhjendamine (12.04.2023)

Töö esimene versioon valmis (14.04.2023)

Töö teine versioon valmis (01.05.2023)

Lõplik versioon (10.05.2023)

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	4
ABSTRACT	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	6
Lühendite ja tähiste loetelu	14
SISSEJUHATUS	15
1 EESTI ELEKTRISÜSTEEMIS TARBIMISE JUHTIMISPOTENTSIAALI ÜLEVAADE.....	16
1.1 Elektri- ja soojusenergia tarbimisjaotus	16
1.2 Elektrihindade ülevaade.....	17
1.3 Eluruumide jaotumine	18
1.4 Ülevaade tavapäraest elektritarvititest kodumajapidamistes	19
1.5 Elektriseadmete aastane elektritarve ning maksumus.....	19
1.6 Võimalused energiatarbimise vähendamiseks	20
1.6.1 Energiasäästlikumad seadmed	21
1.6.2 Tarbimise juhtimine.....	22
2 OLEMASOLEVAD LAHENDUSED TARBIMISE JUHTIMISEKS	24
2.1 Eesti ettevõtted	24
2.1.1 Bisly / Bisly OÜ	24
2.1.2 Futugrid / Futugrid Technologies OÜ	25
2.1.3 Themo / Smart Load Solutions OÜ	26
2.1.4 Vool / Multicharge OÜ	26
2.1.5 Gridio / GRIDIO 2.0 OÜ.....	27
2.1.6 Fusebox / FUSEBOX OÜ	27
2.1.7 R8 / R8 TECHNOLOGIES OÜ	28
2.1.8 Ülevaade.....	28
3 SOBILIKU SÜSTEEMI TINGIMUSTE NING NÕUETE DEFINEERIMINE	30
3.1 Küsimustik.....	30
3.2 Vastanute profiil	31
3.3 Koduomanike energiakasutusülevaade	33
3.4 Hoone hinnanguline energiatõhusus	35
3.5 Kasutatavad energiasäästumeetmed hetkel	37
3.6 Kasutatavad targa maja lahendused	38
3.7 Targa kodu ning energiasäästu täislahenduse nõuete kaardistamine	40
3.7.1 Nõuded	40
3.7.2 Funktsionaalsus	41
3.7.3 Andmete liikumine.....	43

3.7.4 Maksmine.....	44
3.8 Kokkuvõte tulemustest.....	45
4 RISKIANALÜÜS.....	46
4.1 Privaatsus ja turvalisus.....	46
4.2 Töökindlus.....	47
4.3 Ühilduvus ja protokollid.....	48
4.4 Riskide hindamine.....	49
5 KONTSEPTSIOON.....	51
KOKKUVÕTE.....	54
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU.....	56
LISAD.....	60
Lisa 1 Elektriseadmete aastased tarbimised.....	61
Lisa 2 Küsimustik.....	63

EESSÕNA

Lõputöö teema valdkond oli mõttes juba bakalaureuse õpingute algul. Kuna teema seostub otseselt õpitava erialaga ning 2021. aasta lõpul sai päevakajaliseks energiakriis, aitasid nimetatud tegurid kokku panna lõpliku ideevaliku. Näen sellel valdkonnal tulevikus suurt kasvuhüpet ja arengut, mistõttu paelub see mind kindlasti veel tulevikus nii personaalselt ning loodetavasti ka äriliselt. Usun, et käesolev lõputöö aitab energiasäästu ja tarkade majade temaatikat mõista igal lugejal ning ehk ka järgnevaid samme ette võtma oma kodude moderniseerimisel.

Soovin tänada oma juhendajaid Vahur Maaski, kes aitas mind teoreetilise osa kui ka üleüldise töö ülesehitusega, ja Argo Rosinat, kes suutis mul mõista akadeemiliste tööde ülesehitust ning korrektset tulemuste analüüsi.

Lühendite ja tähiste loetelu

AI – *artificial intelligence* ehk tehisintellekt

API – *application programming interface* ehk rakendusliides

EAS – ettevõtluse arendamise sihtasutus

IoT – *internet of things* ehk asjade internet

LAN – *local area network* ehk kohtvõrk

LCD – *liquid crystal display* ehk vedelkristallkuvar

PoE – *power over Ethernet*

ROI – *return of investment*

SaaS – *software as a service*

UMS – *universal comfort sensor*

SISSEJUHATUS

Energia on fundamentaalne ja oluline aspekt kogu universumis. Täpselt samamoodi on ta lahutamatu osa tänapäeva modernses ühiskonnas, kus erinevaid energialiike kasutatakse igapäevaselt protsesside edendamiseks ja läbiviimiseks. Ilma elektrienergiata ei toimiks kodudes olevad koduseadmed ning soojusenergiata puuduksid kütmisvõimalused. 2021. aastal leidis aset pandeemiajärgne periood, mis viis Balti ja teised Euroopa riigid energiakriisi [1]. Tulemusena tõusid gaasi- ja elektri hinnad mitmekordseks ning mõjutasid kõiki sektoreid märkimisväärselt.

Tavatarbija mõistes tuli silmitsi seista uue olukorraga, kus igakuised elektri- ja küttearved olid mitmekordistunud. Olukorra leevendamiseks sekkus riik ning pakkuma hakati toetusi tavatarbija kulude vähendamiseks. Sarnast võimalust nägid ka erinevad ettevõtted, kes on võtnud sihiks hakata arendama süsteeme, millega on võimalik juhtida kasutaja energia tarbimist. Kirjeldatud olukord on päevakajaline ning puudutab kõiki koduomanikke ning ettevõtjaid. Lisaks on hakatud mõistma, et igapäevaselt kuluvat energiat saab vähendada, jälgides rohkem oma käitumisharjumusi ning rakendades automatiseeritud süsteeme.

Sellest lähtuvalt uurib antud lõputöö Eesti kodude energia juhtimispotentsiaali, kättesaadavaid lahendusi selle rakendamiseks, koduomanike seisukohti ja eelistusi nimetatud lahenduste puhul ning sellega kaasnevat riski. Lõpptulemusena valmib kasutajast lähtuv energiajuhtimise lahendus ja kontseptsioon, võttes aluseks uuringu käigus kogutud andmed. Küsitluse läbiviimiseks kasutati Google Forms keskkonda ning analüüsimiseks MS Excel tabelarvutustööriista. Lähteinfo küsitluse koostamiseks ning probleemi tausta selgitamiseks saadi kirjanduse analüüsist ning intervjuudest valdkonna spetsialistidega.

Töö esimeses osas käsitletakse Eesti eluruumide hulka ning nende elektri- ja soojusenergia tarbimise statistikat. Analüüsitakse peamisi elektritarbijaid ning uuritakse võimalusi tarbimise vähendamiseks. Seejärel kirjeldatakse seitset peamist ettevõtet Eestis, kes pakuvad koduomanikele ja äripindadele lahendusi energia säästmiseks ja tarbimise juhtimiseks. Pärast ülevaadet analüüsitakse läbiviidud küsitluse tulemusi, mis puudutavad koduomanike energiakasutust, sellega seotud tavasid ning nägemust tarbimise juhtimise lahenduste puhul. Seejärel viib autor läbi riskianalüüsi, kus uuritakse täpsemalt riski, mis võivad nimetatud lahendustega kaasneda. Lõpptulemusena koostatakse esialgne sobiv lahendus ja kontseptsioon tarbimise juhtimiseks, mis põhineb uurimuse käigus saadud tulemustel ja koduomanike seisukohtadel.

1 EESTI ELEKTRISÜSTEEMIS TARBIMISE JUHTIMISPOTENTSIAALI ÜLEVAADE

21. sajandil elava eurooplase jaoks on elekter ja energia igapäevane nähtus. See on igapäevaosa inimeste kodudes, kontorites, poodides ja tööstuses. Tavapäraseks saanud odav elektri hind sai lõpu 2021. aasta teises pooles ning seeläbi on mõjutanud kõiki sektoreid märkimisväärselt. Siiani on justkui tundunud, et kallid hinnad energiasektoris on uus normaalsus ning sellega tuleb leppida. Sellega seoses annab autor järgnevates peatükkides ülevaate, kui palju üldse Eesti ühiskond tarbib elektri- ja soojusenergiat ning kuidas on elektri hinnad viimase kümne aasta jooksul muutunud. Seejärel kuidas jagunevad kodumajapidamised, kui palju tarbivad inimeste koduseadmed ning lõpetuseks, millised võimalused eksisteerivad tõhusamaks elektri kasutamiseks.

1.1 Elektri- ja soojusenergia tarbimisjaotus

Lahates teemat, kus räägitakse energiasäästust kodumajapidamistes, tuleb esialgu mõista, kui suur proportsioon see üleüldisest Eesti energiatarbimisest on. Eesti energiasektor jaguneb suures pildis neljaks, kus suurimateks tarbijateks saab pidada tööstust, äri- ja avalikku teenindust, kodumajapidamisi ning transporti, põllumajandust ning muud. Tabel 1.1 on välja toonud viie aasta lõikes eelnevalt nimetatatud valdkondade tarbimiskoormused elektrienergia näol. Selgub, et äri- ja avalik teenindus katab 41% kogu tarbimisest, samal ajal tööstus ning kodumajapidamissektor moodustavad ülejäänu, omades kumbki kogutarbimisest 28% [2]

Tabel 1.1. Sektoriaalne elektrienergia tarbimine Eestis (GWh) [2]

Sektor/Aasta	2017	2018	2019	2020	2021	Osakaal (%) 2021 seisuga
Tööstus	2281	2360	2132	2129	2210	28,03%
Transport	46	43	56	68	30	0,38%
Äri- ja avalik teenindus	2715	2933	2921	2846	3256	41,30%
Kodumajapidamine	1940	1860	2070	1998	2229	28,27%
Põllumajandus- ja metsandussektor	236	160	134	135	156	1,98%
Kokku:	7232	7491	7317	7180	7884	100,00%

Kui kodumajapidamised moodustasid elektri tarbimisel veidi alla kolmandiku kogutarbimisest, siis Tabel 1.2 näitab, et soojusenergia puhul on see hoopis ⅔ kogusoojusest. Neljandik jaguneb äri- ja avaliku teeninduse sektorisse ning vähem kui 9% tööstusesse.

Tabel 1.2. Sektoriaalne soojusenergia tarbimine Eestis (GWh)

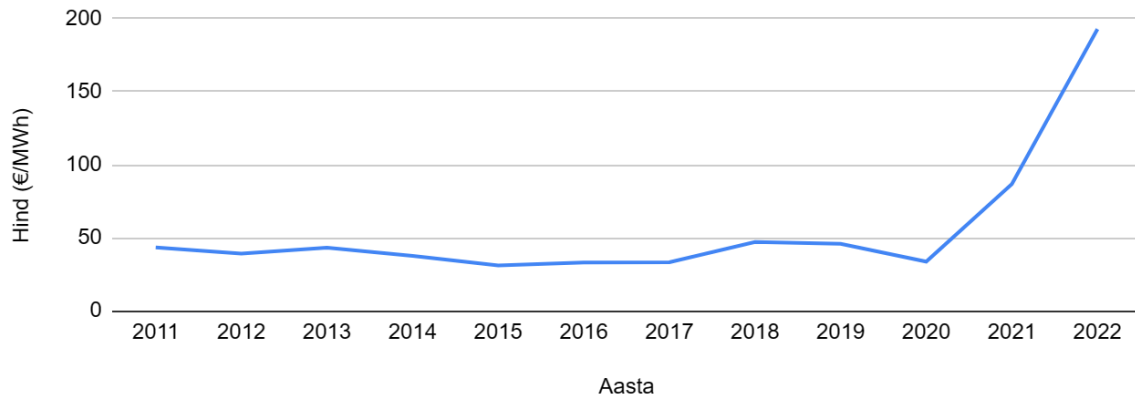
Sektor/Aasta	2017	2018	2019	2020	2021	Osakaal (%) 2021 seisuga
Tööstus	431	416	389	430	477	8,56%
Äri- ja avalik teenindus	1383	1417	1194	1278	1354	24,30%
Kodumajapidamine	3700	3750	3800	3639	3722	66,80%
Põllumajandus-ja metsandussektor	21	19	18	17	19	0,34%
Kokku:	5535	5602	5401	5364	5572	100,00%

Vaadates otsa kogustele 2229 GWh ja 3722 GWh ning osakaaludele koguhulgast, on näha, et rakendades paremat elektritarbimist ainuüksi kodumajapidamistes saab mõjutada kogu Eesti elektritarbimist. Soojusenergia puhul oleks näha märgatavat mõju veelgi rohkem.

Samuti võib oodata lähitulevikus suurenevat elektrienergia tarbimist, kuna üha enam hakkavad populaarsemaks saama elektriautod, mis üldjuhul laevad end öisel ajal, kuid samas suurendavad tarbimiskoormust. Elektrivarustuse mõttes suuremaid ohumärke veel näha pole, kui massiliselt hakata elektriautosid integreerima, küll võib oodata 4...5% tõusu öises tarbimiskoormuses [3].

1.2 Elektrihindade ülevaade

Kuna aastal 2021 koges kogu Euroopa märkimisväärset hinnatõusu energiavaldkonnas, siis avaldas see mõju ka koduomanikele. Kõrgete energiahindade peamine põhjus Euroopas on globaalse gaasihinna järsk tõus, mis tuleneb olulisest nõudluse kasvust (mis omakorda on tingitud kiirest majanduslikust taastumisest ja teatud ilmastikutingimustest) ning piiratud pakkumisest. Gaasi maksumus oli 400% kõrgem 2021. aasta oktoobris võrreldes 2021. aasta aprilliga. Elektri puhul oli kasv 200%, mis peamiselt oli tingitud gaasihindadest [4]. Täpsemalt näitab Joonis 1.1 elektrihindade neljakordset hinnatõusu aastal 2022 võrreldes 3+ aasta taguse perioodiga [5]. Üheks põhjuseks lisaks gaasi kallinemisele võib pidada sama aasta alguses alanud sõjalist konflikti Ukraina territooriumil.

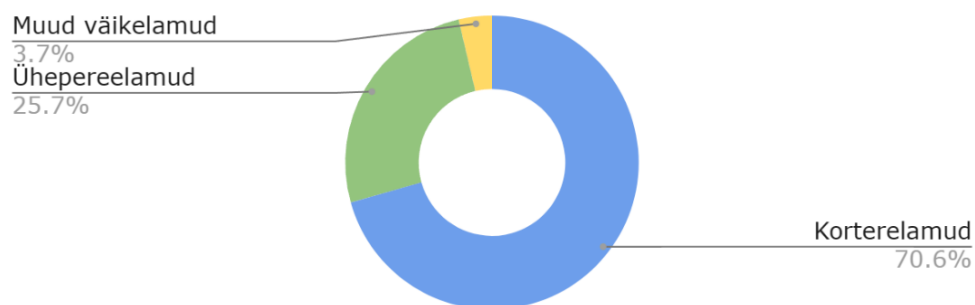


Joonis 1.1. Elektri keskmine börsihind Eesti aastatel 2011...2022 [5]

1.3 Eluruumide jaotumine

Uurinud kodumajapidamiste tarbimiskoormuseid, tuleb kindlaks teha, kui palju elupindasid Eestis kokku on. Statistikaameti andmetele tuginedes on 2021 aasta seisuga 739 000 eluruumi [6]. Antud uurimuse käigus mõtestatakse eluruumi ning kodumajapidamist samaväärseteks [7].

Statistika andmetel on loendatud era- ja kortermajadest asustatud 557 146 (76%) ning püsielaniketa 175 890 (24%) elupindadest. Need arvud viitavad sellele, et inimesed on omandanud endale näiteks suvilaid ja muud kinnisvara, kus reaalselt terve aeg sees ei elata. Lisaks lähevad nende alla eluruumid, mis on ehitusregistri järgi valmis, kuid sisse pole veel kolitud [8]. Hoone liigi järgi jagunevad püsielanikud järgnevalt: Korteralamus elavad 384 816, ühepereelamus 140 164, ning muu väikeelamus 19 987 leibkonda (vt Joonis 1.2). Viimased kirjeldatud andmed pärinevad aastast 2011. 2021 aastast andmed puuduvad, kuid võime eeldada, et elamispindade jaotus on sarnane. See tähendab, et korterielanikke on 2,7 korda rohkem võrreldes eramutega [9].



Joonis 1.2. Püsielanike jaotus hoone liigi järgi [6]

1.4 Ülevaade tavapärastest elektritarvititest kodumajapidamistes

Põhinedes eelnevale peatükile, on näha, et suurem osa Eesti ühiskonnast elab tänasel päeval korterelamutes. Sellest võib järeldada, et küttesüsteem on maja peale valdavalt ühine ning muu baseerub installeeritud lisaseadmetele ja elektrile. Järgnevalt saab selgeks teha, mis on standardsed elektritarbijad tavapärasel kodumajapidamises.

Lisa 1 kirjeldab enimlevinud kodus kasutatavad seadmed, nende keskmine kasutusaeg aastas, nende tarbimine aasta lõikes ning kolm erinevat rahalist kulutsenaariumit [10]. Tabeli viimases veerus „aastane kulu“ all on arvestatud ainult selle kohal tulbas esinenud summasid. Mitme väärtuse puhul on valitud väikseim võimalik suurus.

Töö kirjutamise hetkel on arvestatud aastase kulu all kõiki seadmeid koguses üks ning mitme tarbija puhul on valitud kõige energiasõbralikum. Kuigi kõiki seadmeid igas majapidamises ei pruugi leiduda, võib teisi masinad esineda hoopis korduvalt, nagu elektriradiaatorid, valgustid, laadijad, arvutid, telerid jms. Samuti tasub välja tuua, et kütte alla saab hetkel liigitada ainult elektriradiaatorid, mis tähendab, et kütte, ventilatsiooni ning jahutuse koormused ja kulud ei kuulu käesolevasse võrdlusesse.

Tabelist selgub tõsiasi, et ühe majapidamise aastane väljaminek ainult elektri peale võib olla üle tuhande euro. 0,12 eurot/kWh hinna suhtes jääb see summa üle 500 euro ning mõned aastad tagasi tähendanuks see veel kõigest ca 270 eurot. Kõrgeima hinna puhul tähendab see igakuist lisakulu 67 euro näol ning keskmise hinna ning kõige tõenäolisema puhul 22 eurot tõusu.

1.5 Elektriseadmete aastane elektritarve ning maksumus

Lisa 1 ilmestab selgelt, kuidas suuremate tarbijate puhul, nagu boiler, radiaator, külmik jt. võivad aastased kulud kokku erineda sadade eurode võrra. Samuti esineb selgelt, kuidas uute tehnoloogiate ja meetodite areng suudab märgatavalt vähendada kulusid aasta lõikes vähendada. Kõige paremini on seda näha LED valgustite puhul, kus alginvesteering on suurem, kuid seevastu omab kiiret tasuvusaega võrreldes traditsioonilise hõõglambiga. Omades kümnet LED valgustit, on võimalik sama paljude hõõglampide asemel säästa $(44,4-4,8)*10 = 396$ eurot aastas.

Teine perspektiiv olukorrale on vaadelda seadmete kogutarbimist ning maksumust aastas. Keskmise tarbimise kõigi ja asustatud eluruumide kohta saab leida (1.1) valemiga. Arvutustulemuste põhjal on näha Tabel 1.3, et kõikide Eesti eluruumide keskmine elektrienergia tarbimine on aastas 3016 kWh ning asustatud eluruumide puhul 4001 kWh. Soojusenergia tarbimise puhul näeme suuremat hulka, kus kõigi eluruumide puhul tuleb aasta keskmiseks tarbimiseks 5037 kWh ning asustatud hoonete puhul lausa 6680 kWh soojusenergiat. Selgub, et soojusenergiat kulub majapidamiste peale 1,6 korda rohkem kui elektrienergiat.

$$E = \frac{\text{aastane tarbimine}}{\text{eluruumide hulk}} \quad (1.1)$$

kus E – energia tarbimine eluruumi kohta aastas.

Tabel 1.3. Keskmise energia tarbimine liigiti eluruumide kohta Eestis

Eluruumid \ Tarbimine aastas	Elektrienergia (kWh)	Soojusenergia (kWh)
Kõik	3016	5037
Asustatud	4001	6680

Lisaks saab võrrelda, kuidas elektri hinna kõikumine mõjutab aastast kulu elektrienergia tarbimisel. Tabel 1.4 põhjal selgub, et tarbides aastas 3000 kWh elektrienergiat, on keskmine kulu elektri eest ca 30 eurot kuus (0,12 eurot / kWh). Aasta 2022 hinnaga on see 60 eurot kuus (0,24 eurot / kWh). Siinkohal tuleb märkida, et saadud tulemused on ainult elektrikulu, millele üldjuhul lisanduvad juurde veel kulud küttele.

Tabel 1.4. Aastane elektrikulu erinevatel juhtudel

Aastane tarbimine (kWh)	0,06 € / kWh	0,12 € / kWh	0,24 € / kWh
2500	150,00 €	300,00 €	600,00 €
3000	180,00 €	360,00 €	720,00 €
3500	210,00 €	420,00 €	840,00 €
4000	240,00 €	480,00 €	960,00 €
4500	270,00 €	540,00 €	1080,00 €

1.6 Võimalused energiatarbimise vähendamiseks

Teinud kindlaks, kui palju tarbib keskmine majapidamine aastas ning millised on võimalikud kulud aastas, tuleb analüüsida, kas on võimalusi nende vähendamiseks. Alljärgnevalt on kokkuvõtvalt välja toodud kaks potentsiaalset varianti selle rakendamiseks.

1.6.1 Energiasäästlikumad seadmed

Võttes aluseks Lisa 1, on näha säästukohti, mida on võimalik koheselt rakendada seadmetega, mis on energiatõhusamad. Lisaks valgustite väljavahetamisel saadavale 396 eurosele rahalisele võidule, saab võrrelda teisi seadmed nagu külmik, pliit, pesumasin, kuivati ja televiisor.

Tabel 1.5 põhjal saab väita, et vahetades koduseadmed energiatõhusamate vastu, on võimalik säästa ligi 60% nende aastasest elektrikulust. Antud näite puhul näeme võidetud summaks 179.2 eurot eeldusega, et elektri börsihind on 0,12 eurot / kWh. Kuigi see summa aasta peale ei pruugi tunduda murettekitavalt suur, siis võttes aluseks 2022 aasta keskmise elektrihinna, 0.19282 eurot / kWh, tuleb hinnavõit koguni 256,45 eurot aastas. Kuulõikes tuleb säästuks keskmiselt 21,4 eurot, mis on täiesti arvestatav summa.

Tabel 1.5. Aastane kuluerinevus energiatõhusamate seadmete vastu vahetamisel

Seade	0,12 € / kWh	Kuluerinevus aastas	0,12 € / kWh	Seade
Vanem külmik	72,00 €	48 €	24,00 €	Külmik (D klass)
Elektripliit (2500 W)	43,20 €	18 €	25,20 €	Induktsioonpliit (2500 W)
Pesumasin (F klass)	32,40 €	10,8 €	21,60 €	Pesumasin (C klass)
Kuivati (C klass)	60,00 €	36 €	24,00 €	Kuivati (A+++ klass)
Plasmateleer 55'	57,60 €	46,8 €	10,80 €	LED teleer 55'
Valgusti (hõõglamp)	22,00 €	19,6 €	2,40 €	Valgusti, LED
Kokku:	287,20 €	179,2 €	108,00 €	

Siinkohal tasub igakuisele säästule lisaks mõelda, kas ka alginvesteering on seda väärt. Võttes võrdluseks samad seadmed, saab välja selgitada, millised on alginvesteeringud ja potentsiaalsed tasuvusajad (vt Tabel 1.6). Tootevalik on tehtud varieeruvalt veebipoe 1a.ee abil põhinedes 2023 aprillikuu soodsatele hindadele [11].

Tulemustest selgub, et kuluerinevus võib ulatuda mitmesaja euroni. Arvutustel on leitud kahe seadme hinnaerinevus, mis on jagatud leitud kuluerinevusega aastas vastavalt seadmele, leides sellega investeeringu tasuvusaja (ROI). Kaks korda suurema elektri hinna puhul saab järeldada tasuvusaega kaks korda väiksemaks ning poole soodsama elektrikulu puhul poole pikemaks. Lisaks tasub tarbijal kaaluda veel rohkem efektiivsemate koduseadmete soetamist, kuna autor ei ole välja toonud kõige energiatõhusamad seadmed (vt Tabel 1.6). Samas, kui hinnad langevad tagasi 2018 aasta tasemele (<0.05 €/kWh), on koduomanikul siiski säästlikum soetada pigem odavam, kuid vähemtõhusam kodusseade, kuna aastate jooksul ei tasu kodumasin end paraku ära.

Tabel 1.6. Tasuvusaegade võrdlus erineva efektiivsusega seadmete vahel

Seade	Maksumus	Hinnaerinevus	ROI	Maksumus	Seade
Vanem külmik	250,00 €	280,00 €	<6 a	530,00 €	Külmik (D klass)
Elektripliit (2500 W)	250,00 €	100,00 €	<6 a	350,00 €	Induktsioonpliit (2500 W)
Pesumasin (F klass)	260,00 €	35,00 €	<4 a	295,00 €	Pesumasin (C klass)
Kuivati (C klass)	400,00 €	150,00 €	<5 a	550,00 €	Kuivati (A+++ klass)
Plasmateleer 55'	300,00 €	100,00 €	< 3 a	400,00 €	LED teler 55'
Valgusti (hõõglamp)	1,00 €	8,00 €	<1 a	9,00 €	Valgusti, LED
Kokku:	1461,00 €	673,00 €	< ~4 a	2134,00 €	

1.6.2 Tarbimise juhtimine

Koduseadmete väljavahetamine energiatõhusamate vastu ei ole ainus moodus energia tarbimise vähendamiseks. Lisaks sellele on võimalik rakendada manuaalseid ja automatiseeritud viise (vt Tabel 1.7).

Tabel 1.7. Tarbimise juhtimise viisid [11]

Juhtimisviis	Manuaalne	Automatiseeritud	
Toiming	Seadmete lülitamine	Seadmete lülitamine	
	Seadmete vooluvõrgust eemaldamine	Seadmete vooluvõrgust väljalülitamine	
	Börsihinna jälgimine ja tegevuste ajastamine		Börsihinna järgi elektri kasutamine
			Ajakava/kellaaja põhine lülitamine
			Andurite põhine lülitamine
		Käitumismustritel põhinev lülitamine	

Manuaalse juhtimise all saab mõtestada klassikalist inimese kohalolu vajaminevaid toiminguid. Enimlevinumaks võib pidada tavapärast lülitite kasutamist – näiteks tule kustutamine ja lülitamine. Sarnase meetodina eemaldatakse ka koduseadmeid võrgust, mis välistab võimaluse kodutehnikal tarbida energiat ooterežiimil. Praktilises mõistes on tegu mõlemal puhul robustsete ja töökindlate lahendustega, mis annab ka koheselt kasutajale tagasiside, kas seade on vooluvõrgust eemaldatud. Samas tähendab see pidevat käsitsi toimetamist, mida rakendatakse ainult sõltuvalt inimese huvidest, olukorrast ning mugavusest. Samuti ei ole tegu optimaalse lahendusena, kuna üldjuhul rakendatakse, kui üldse, seda inimese äranägemise järgi, nõuab inimese kohalolu ning pikas perspektiivis ei ole piisavalt efektiivne.

Kui käsil on energiamahukamad tegevused, näiteks pesu pesemine, on võimalik ajastada oma toiminguid vastavalt elektri börsihinnale. Taaskord nõuab see kasutajapoolset initsiatiivi ja aega, mis aitab küll kasu tuua, kuid vähesel määral.

Automaatsel tarbimise juhtimisel rakendatakse põhiliselt samu protsesse, kuid parema haldusega, lihtsamalt ning energiatõhusamalt. Üldiselt võib väita, et kõiki tegevusi aktiveeritakse lüliti põhimõttel. Targa hoone seadmete puhul ei ole sellisel juhul tegu tavapäraste lülititega seinal või seadmel, vaid näiteks kaugjuhitava lüliti (või relee) baasil. Nii omab koduomanik paremat ülevaadet seadmete üle, mis on või ei ole koduses vooluvõrgus.

Samuti on üldjuhul sellistele kaugjuhitavatele „lülititele“ võimalik paigaldada tarkvara, mis lisaks haldamisele laseb konfigurereida konkreetseid kellaegaseid (põhinedes nt. inimese päevasele ajakavale) ning aitab sensorite, nagu liikumisandurite, abiga tuvastada inimese kohalolu ruumis. Mõlemal juhul aitab taoline eelseadistamine ja kohene monitoorimine minimeerida mitteotstarbelist energiakasutamist.

Elektri börsihinna põhiste automatjuhtimist näitab praktika kui head ja lihtsalt varianti tarbimise vähendamiseks [13]. Nimelt seadmete nagu (nõude)pesumasina ning elektrikütteallikate puhul on võimalik leevendada või vältida ööpäeva jooksul esinevaid kulusid kõrgemate elektrihindade ajahetkedel. Lisaks võimaldab näiteks elektriboiler tänu oma soojuslikule inertsile soojendada vett periooditi, mis kasutaja mugavust enamasti ei mõjuta, kuid annab taaskord võimaluse heaks säästukohaks. Võttes aluseks peatükis 2 välja toodud ettevõtted, lubatakse nimetatud meetodiga vähendada elektritarbimist kuni 32% [20].

Ainult elektri börsihinna jälgimisele on lisaks võimalik monitoorida veel kasutaja tarbimisharjumusi ning neid ajastada. Niiläbi kasutaja mugavus taaskord kannata ei saa ning tekib võimalus taaskord säästukohaks. Piisava hulga andmete põhjal saab kokku panna käitumismustrid, mis aitavad ette ennustada tarbijate kasutust ning viia nende kulu madalamaks kuni 12% aastas [14].

2 OLEMASOLEVAD LAHENDUSED TARBIMISE JUHTIMISEKS

2023. aastal leidub Eestis kümmekond ettevõtet, kes tegutsevad tarbimise juhtimise ja koduautomaatika valdkonnas. Inforegistri ajaloo järgi on selgub, et pea kõik ettevõtted on oma alguse saanud eelmise kümnendi alguses või keskel. Majandustulemuste järgi on näha, et müüginumbrid on mitmekordistunud hetkest, kui energiahinnad järsult tõusid. Järgnevalt tuleb ülevaade ja lühikirjeldus seitsmest Eesti ettevõttest, kes pakuvad energia säästmiseks erinevaid lahendusi ning kes on saanud aastal 2021 alanud energiakriisi valguses enim tähelepanu.

2.1 Eesti ettevõtted

2.1.1 Bisly / Bisly OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2011

Funktsionaalsus: Küte, ventilatsioon, jahutus, valgustus, turvasüsteem, andurid jms. Põhineb riistvaral ning tarkvaral.

Maksumus: alates ~2000 eurot korteri kohta. Sõltub hoone ehitisest. Kontoripindadel käib arvestus ruutmeetri põhised.

Paigaldus: Ühendus toimub läbi nõrkvoolusüsteemi (24 VDC) ning Ethernet kaabli. Paigaldatakse ainult uutele või renoveeritavatele hoonetele täissüsteemina.

Käive (2022): 2,3 miljonit eurot [15].

Eesti turul on kõige eesrindlikumalt esile kerkinud ettevõtte Bisly, kelle põhifookuseks on intelligentsete hoonelahenduste ehitamine. Firma pakub kortermajadele, eramutele, kontori- ja äripindadele ning uusarendustele võimekat täislahendust, mis põhineb targa kodu ning energia juhtimise kontseptsioonil. Peamised funktsionaalsused baseeruvad kütte, ventilatsiooni, jahutuse, turvasüsteemi, valgustuse, audiosüsteemi juhtimisel. Lisaks sellele on ettevõtte poolt välja arendatud universaalne mugavus andur (UMS), mis jälgib ruumi õhukvaliteeti (CO₂), temperatuuri ja niiskust, mõõdab valgustugevust ruumis ning tuvastab inimese kohalolu. Kõikide seadmete suhtlus käib üle krüpteeritud RS485 protokollil [16].

Lisaks andurile pakub ettevõtte 10.1" LCD *multitouch* ekraanpaneeli, võimaldades kasutajal omada ülevaadet hoonetes toimuva üle. Valgustuse kontrollimiseks on tootevalikus HVAC *dimmer + controller*, mis võimaldab elanikul muuta valguse tugevust ning kontrollida teisi nõrkvoolu seadmeid samaaegselt. Süsteemi peakontroller paikneb üldjuhul hoone elektrikilbis, mis võimaldab juhtida kuni 250 VAC ning 24 VDC seadmeid.

Kõik seadmed põhinevad POE ühendusel, mis võimaldab süsteemile toiteallikat kui ka andmesideühendust. Kogu info on talletatud pilveplatvormil, kuhu on ligipääs nii kasutajal kui ettevõttel ning mis võimaldab analüüsida käitumisharjumisi efektiivsemaks energiajuhtimiseks või lihtsalt ülevaate andmiseks kliendile.

Kuigi suur rõhk on targal hoonel, toimub ka aktiivne energiajuhtimine. Kuigi infot juhtimise põhimõtete kohta on vähe, väidab ettevõtte, et suudetakse energiat säästa kuni 50%. Mõned meetodid on toodud Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Bisly poolt pakutavad tarbimise juhtimise meetodid [16]

Süsteem	Säästmisprotsent	Meetod
Küte	15...20%	Tsentraalne küttejühtimine vältimaks tarbetut ülekütmist
Ventilatsioon	10...15%	Automaatne ventilatsiooni juhtimine
Ventilatsioon	25...30%	Automaatne nõudluspõhine ventilatsiooni juhtimine
Valgustus	kuni 50%	Vajaduspõhine valgustuse juhtimine

Ettevõtte sõnul jääb peamise säästmisprotsent kütte ja ventilatsiooni puhul vahemikku 10...30% ning valgustuse puhul koguni kuni 50%. Lisaks kasutab firma pilvepõhist tehisintellekti, mis aitab tuvastada anomaaliaid, liigitada ja süvaõppida tarbimismustreid eesmärgiga ennetada kasutaja käitumist ning selle põhjal modelleerida paremaid mudeleid. Samuti aitab selline lähenemine anda paremat ülevaadet kasutajale oma tarbimisharjumuste kohta [16].

2.1.2 Futugrid / Futugrid Technologies OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2019

Funktsionaalsus: Elektriboileri, -radiaatorite või muu -seadme juhtimine. Põhineb elektrihinna jälgimisel.

Maksumus: Info puudub. Eeldatavasti kuni 200 € seadme kohta.

Paigaldus: Seade ühendatakse pistikupesasse.

Käive (2022): 0 €.

Märkus: Kuigi ettevõttel puudub käive, on kodulehel märgitud, et erinevate toetuste kaudu on firmale eraldatud aastateks 2021 kuni 2024 738 000 eurot EAS "Green ICT" meetmest .

2019. aastal alguse saanud ettevõtte, kelle peamine eesmärk on suuremate elektritarvikute juhtimine läbi kaugjuhitavate nutipistikute. Seadmete fookusgrupiks on võetud elektriboilerid ning -radiaatorid, kus lubatakse kokku hoida kuni 40% rahalisest kulust. Juhtimine põhineb elektri börsihinnal, kus kõrgemate hindade puhul lülitatakse

seade võrgust lahti ning madalamate puhul toimib normaaltalitusel. Lisaks lubatakse automaatdiagnostikat, mille käigus antakse kliendile teada, kui elektriboiler vajab hooldust või kasutatav küttekeha käitub ebatavaliselt [18].

2.1.3 Themo / Smart Load Solutions OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2014

Funktsionaalsus: Termostaat

Maksumus: 159 € seadme kohta.

Paigaldus: Olemasolev termostaat asendatakse Themo termostaadiga.

Käive (2022): 155 000 € [19].

Märkus: 2022 3. kvartalis kaasas firma arenduseks 650 000 €.

Elektritarbimist jälgiv termostaat, mis reguleerib kütet monitoorides elektri hindu ning välitemperatuuri ning kogub infot inimese harjumuste kohta, üritades seeläbi ennustada, millal kütta ja mitte. Seade on võimeline asendama enamiku termostaatidest ning juurde on võimalik soetada andur pörandakütte temperatuuri mõõtmiseks. Ettevõtte sõnul on võimalik säästa kuni 32% elektrikulust, kuid eeldusel, et iga pörandaküte on ühendatud nende süsteemiga. Lisaks on kasutajal ülevaade seadmest ning säästudest mobiilirakenduses, mida saab tasuta alla laadida [20].

2.1.4 Vool / Multicharge OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2018

Funktsionaalsus: Elektrisõidukite laadimine.

Maksumus: Alates 899 € seadme kohta.

Paigaldus: Kasutaja paigaldab laadija sobivasse kohta seinale ning laeb nutiseadmesse mobiilirakenduse.

Käive (2022): 135 000 € [21].

Märkus: Ettevõtte on kaasanud 2021. aastal 3 miljonit eurot ning 2023. aasta alguses 1,7 miljonit eurot.

Elektrisõidukite laadijaid tootev firma, kes keskendub uuenduslikule disainile ning elektri börsihinna põhjal laadimisele. Ettevõtte pakub nii kommertslahendusi, kui ka era- ja kortermajadele. Samuti on võimalik isiklikust laadijast pakkuda voolu ka kolmandatele isikutele, kes läbi mobiilirakenduse seevastu tasuvad seadme omanikule. Võimalikuks säästuks pealt lubatakse kuni 90% laadimiskulude pealt. Voolu tooteid on kättesaadavad mitmes erinevas disainis, kus väljaantav vool on vahemikus 6A – 32A ning võimsus 1,3 – 22kW. Kasutajal on võimalik valida ühe, kahe või kolme faasiga laadimise vahel. Toote hind, jäädes 1000 euro kanti, on võrreldes konkurentidega samas

suurusjärgus, kuid lisaväärtust pakkuvad funktsioonid annavad juurde võimaluse säästmiseks [22].

2.1.5 Gridio / GRIDIO 2.0 OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2018

Funktsionaalsus: Elektrisõidukite laadimine.

Maksumus: Hetkel tasuta, kuid ettevõtte sõnul võib lähitulevikus lisanduda funktsioone, mis on tasulised.

Paigaldus: Kasutaja laeb alla mobiilirakenduse, mis ühildatakse auto tarkvaraga.

Käive (2022): 36 000 € [23].

Märkus: Ettevõtte kaasas 2022. aastal 1 miljonit eurot [24].

Elektriautode säästlikumale laadimisele keskenduv ettevõtte, kelle eesmärgiks on pakkuda kasutajale väiksemaid kulusid, jälgides selleks börsihinda ning puhtamaid energiaallikaid. Kasutajal tuleb selleks telefonirakendus ühildada oma autoga, mis seejärel sõltumata laadijatüübist laseb laadida vastavalt algoritmile. Kasutaja jaoks on tegu hetkel veel tasuta ning lihtsa variandina elektrit säästa, kuid tulevikus võib oodata lisafunktsioone [25].

2.1.6 Fusebox / FUSEBOX OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2014

Funktsionaalsus: Hoonete elektrijuhtimine börsihinna järgi.

Maksumus: Info puudub.

Paigaldus: Tarkvara laetakse hooneautomaatikasse API abil, mis põhineb ettevõtte pilves.

Käive (2022): 943 000 € [26].

Märkus: Ettevõtte kaasas 2022 aasta lõpus 2,5 miljonit eurot teistele turgudele laienemiseks [27].

Lahendus toimib põhimõttel, kus lubatakse vahemikus 10 kuni 30% kasumit elektriarvelt tööstus- või ärihoonete puhul. Firma märgib, et kompressorite, HVAC süsteemide, pumpade, akude ning tootmiseadmete kasutamine on paindlik, kus kõiki vahendeid on võimalik juhtida vastavalt nõudlusele ning elektrihinna põhiselt [28]. Suuremas pildis on ettevõttel plaan ühendada 1500 erinevat hoonet üheks väga kiire reageerimisvõimekusega virtuaalseks elektrijaamas, võimsusega 90 MW. Seda võimsust kasutatakse enamasti elektrivõrgu tasakaalustamiseks fossiilsetel kütustel töötavate generaatorite asemel [29].

2.1.7 R8 / R8 TECHNOLOGIES OÜ

Ettevõtte asutamise aasta: 2017

Funktsionaalsus: Hoonete elektrijuhtimine börsihinna järgi.

Maksumus: Info puudub.

Paigaldus: Tehisintellekt laetakse hooneautomaatikasse, mis iseseisvalt kogub andmepunkte ning selle põhjal viib sisse muudatusi.

Käive (2022): 1 025 000 € [30].

Märkus: Ettevõtte kaasas 2021. aasta alguses ligi miljon eurot.

Ettevõtte pakub tehisintellekti põhise energiakasutuse optimeerimist, kus tarkvara kogub hooneautomaatika kaudu üle 90% andmetest ning hakkab selle põhjal muudatusi sisse viima. Firma poolt välja arendatud R8 Digitaalne Operaator laetakse olemasolevasse hooneautomaatika süsteemi ilma, et oleks vaja lisaseadmeid juurde paigaldada. Põhilisteks eesmärkides on energiatõhususe parandamine, sisekliima mugavuse tõstmine ning hoone tehnilise seisukorra parandamine. R8 lubab vähendada energiakasutust ning CO2 emissioonide hulka vähemalt 15%, potentsiaalselt rohkem kui 30%. Firma peafookuseks on äri- ja kommertspinnad [31].

2.1.8 Ülevaade

Erinevate ettevõtete täpsemal uurimisel pani autor kokku hinnangulise koondtabeli (vt. Tabel 2.2), kus on välja toodud eelnevalt nimetatud seitse ettevõtet ning võrdlusmomendi andmiseks samapalju parameetreid. Selgub, et kõigil teenustel on olemas hea kasutajamugavus, mis eeldatavasti tuleneb automatiseeritud energiasäästust. Kuna ühelgi pakujal pole esinenud avalikult probleeme turvalisusega, võib eeldada, et tegu on usaldusväärsete lahendustega. Paraku võib välja tuua, et mitmel süsteemil on vähene võimekus ning piiratud ühilduvus. Seda saab seostada pakutavate spetsiifiliste lahenduste tõttu, kuna osad ettevõtted pakuvad ainult enda lahendusi ega luba lisada kolmandaid osapooli. Nutikodu seisukohast saab peamiseks täislahenduseks pidada Bisly süsteemi, kuna teiste ettevõtete puhul on tegu üksikseadmetega. Fusebox ning R8 pakutavaid teenuseid on teoorias võimalik koju ka panna, kuid eeldab koduautomaatika olemasolu. Samuti on nad keskendunud peamiselt äri- ja kontoripindadele.

Tabel 2.2. Võrdlus ettevõtete vahel

	Bisly	Futugrid	Themo	Vool	Gridio	Fusebox	R8
Turvalisus	+	+	+	+	+	+	+
Ühilduvus	-	-	-	+	+	+	+
Funktsionaalsus	+	-	-	-	-	+	+
Investeeringu tasuvus	n/a*	n/a*	+	+	+	n/a*	n/a*
Automaatne energiasäästmine	+	+	+	+	+	+	+

*n/a – info puudub

Lisaks Eesti ettevõtetele pakuvad sarnase eesmärgiga lahendusi ka mitmed välismaa firmad. Kuna ettevõtteid on palju, toob autor välja mõned tuntumad brändid, kes keskenduvad samuti energiatõhusamale tarbimisele ning efektiivsematele seadmetele. Kütte juhtimisele panevad peamiselt rõhku firmad nagu Ecobee, Hive, Drayton, Wiser ning automaatika süsteemidele ja tarbimise juhtimisele nimed nagu Schneider Electric, Siemens, Netatmo, Nest Labs ja Honeywell.

3 SOBILIKU SÜSTEEMI TINGIMUSTE NING NÕUETE DEFINEERIMINE

Selleks, et leida tarbimise juhtimiseks sobiv süsteem koduomaniku seisukohast, tuli koguda andmeid. Autor hindas erinevaid küsitluse läbiviimise keskkondi ning valituks osutus Google Docs keskkond oma lihtsuse ning rohkete võimaluste poolest. Vastamiseks oli ajavahemik veebruar 2023 kuni aprill 2023. Küsitlusvormi jagati sotsiaalmeedia kanalitel ning erinevates ettevõtetes (Tele2, Bolt, Wise, Ericsson, Sorainen) loodud töötajate vahelistes veebigruppides. Vastanuid kokku oli 142, kellest 16 (11,3%) olid inglisekeelsed ning 14 (9,9%) venekeelsed. Küsitlus hõlmas nii vastanute taustainfot, saamaks parem ülevaade erinevate vastanute tüüpide järgi, kui ka konkreetseid eelistusi funktsionaalsuse ja süsteemi ülesehituse kohta.

Autori meetodika sobilike tulemuste saamiseks algas põhjaliku eeltööna. Kasuks tuli eelnev kogemus uurimuse valdkonnas, mis aitas küsimusi paremini formuleerida ning liigitada valdkondi, mida täpsemalt uurida. Autor defineeris põhipunktid, mis on vajalikud uuritava kontseptsiooni loomiseks ning selgitas välja teemad, mille kohta info oli puudulik. Selle põhjal pandi paika küsimused, mis aitavasid kategoriseerida vastanute profiile, nende energiakasutusülevaadet ning hoonete energiatõhusust ja juba kasutatavaid energiasäästumeetmeid. Viimase ja põhilise punktina kaardistati kasutaja silmis olevad vajalikud nõuded ja soovitatav funktsionaalsus uuritavale kontseptsioonile. Autor loodab, et kogutud andmete põhjal on võimalik selle valdkonna ettevõtetel ja organisatsioonidel kasutada kogutud tulemusi uute süsteemid loomiseks või käimasolevate lahenduste täiendamiseks.

3.1 Küsimustik

Andmete kogumiseks koostas autor küsimustiku. Selles esitatud punktid ning küsimused väljatoodud alljärgnevalt (vt Tabel 3.1). Täispikk originaalküsimustik on nähtav lisas 2.

Tabel 3.1. Küsimustikus esitatud küsimused

Number	Küsimus
1.	Mis on teie vanus?
2.	Millist liiki elamispinna te elate?
3.	Kui suur on teie elamispind?
4.	Mitu elanikku elab eelkirjeldatud pinnal?
5.	Kui suur on teie hinnanguline neto sissetulek kuus majapidamise kohta?

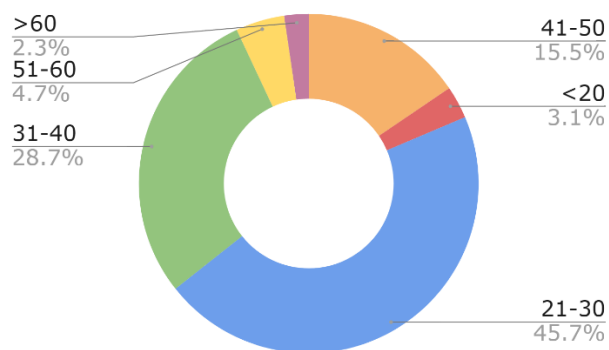
Tabel 3.1. jätk

Number	Küsimus
6.	Mis on teie vanus?
7.	Millist liiki elamispinnal te elate?
8.	Millist kütteliiki te kasutate?
9.	Kui suur on teie hinnanguline kütmiseks minev kulu kokku aastas (st elekter, küttepuid, toormaterjal, transport jms eurodes?)
10.	Kui suur on teie keskmine elektrikulu kuus?
11.	Millist elektrikupaketti kasutate hetkel?
12.	Hinda, kui hästi sinu majapidamine sooja hoiab?
13.	Mis aastal valmis hoone, kus te elate?
14.	Mis on teie hoone või maja energiamärgis?
15.	Milliseid energiasäästu viise ja seadmeid kasutate või oled kasutanud?
16.	Milliseid targa maja lahendusi kasutate kodus?
17.	Millist järgnevat süsteemi oleksid nõus enda koju rakendama?
18.	Mida pead kõige olulisemaks tarkade hoonete / energiasäästu lahenduste puhul?
19.	Millist sorti seadmeid sa eelistad rakendada hoonesse?
20.	Kust eelistad lahendust soetada?
21.	Kas pead oluliseks, et süsteem & seadmed on iseseisvalt paigaldatavad (st elektriku abi ei ole vaja)?
22.	Milliste seadmete juhtimist pead olulisteks?
23.	Milliseid lisafunktsioone sooviksid veel lahendusse?
24.	Millist tasumisviisi eelistaksid, kui soovid energiat säästvat süsteemi lisada hoonesse / koju? (Arvestades asjaoluga, et lahendus on võimalik teise elukohta kaasa võtta) Lahenduse maksumus ca 1000 - 3000€. Investeeringu tasuvus ca 2-6 aastat.
25.	Kuidas tahad näha andmete liikumist?
26.	Kuidas eelistaksid juhtida seadmeid targas kodus?
27.	Kui autonoomset süsteemi soovid oma kodus näha?
28.	Millist infot tahaksid programmis või äpis näha?

3.2 Vastanute profiil

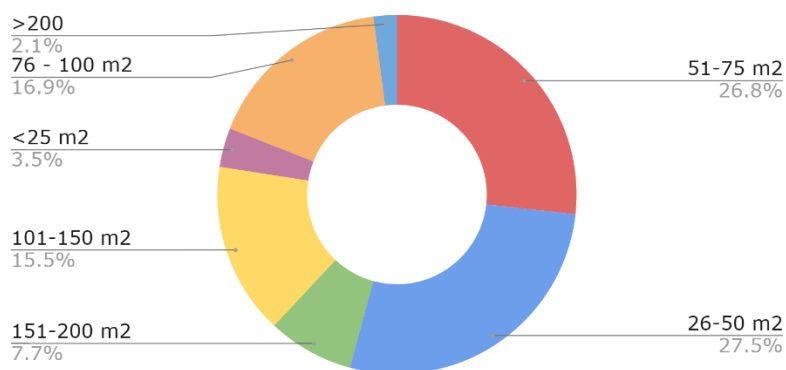
Mõistmaks paremini, millise taustaga inimesed küsimustele vastavad, kaardistas autor vastanute profiili. Joonis 3.1 näitab, et pooled vastanutest on nooremad kui 30 aastat. Neljandik jäävad vanusegruppi 31-40 aastat ning ülejäänud neljandik on vanemad kui 40 aastat.

Elukoha järgi saab liigitada kaks kolmandikku (66,9%) vastanutest korterielanikeks ning ülejäänud kolmandiku eramaja ning ridaelamu asunikeks. Kuna töö autoril oli eesmärk saada võimalikult palju vastuseid mitteainult korteriasunikelt, vaid ka eramuelanikelt, võib öelda, et saadud vastanute jaotus on hea.



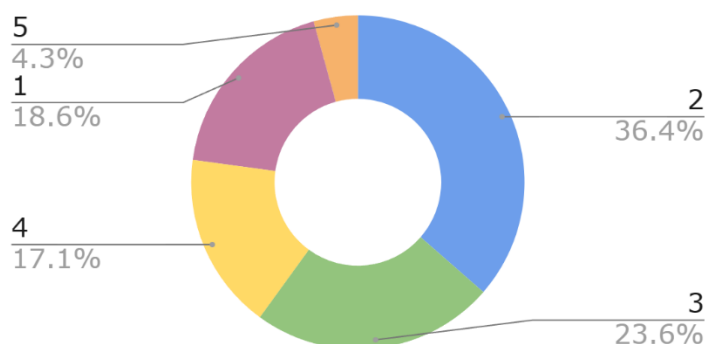
Joonis 3.1. Küsitlusele vastanute vanuste jaotus

Eluruumide suurusest selgub, et üle poole elavad pinnal suurusega 26-75 m². Iga kuues kuni 100 m² suurusel eluruumil ning ülejäänud neljandik 100+ m² pinna peal (vt Joonis 3.2).



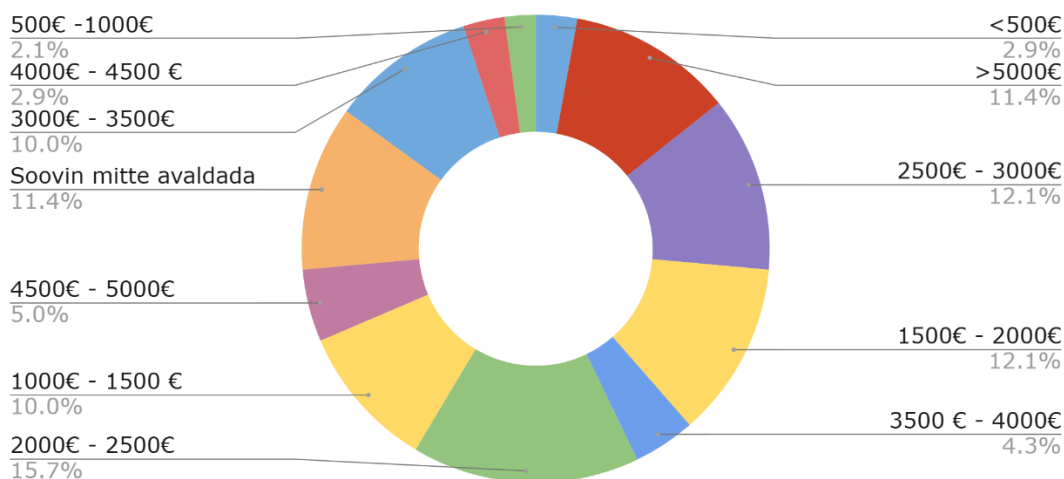
Joonis 3.2. Küsitlusele vastanute elupinna suurusjaotus

Elanike hulgast pinnal on näha, et iga viies vastanu elab üksinda, kolmekesi või neljakesi, iga kolmas kahekesi ning mõned üksikud vastanud isegi 5 või enama elanikuga (vt Joonis 3.3).



Joonis 3.3. Elanike arv elupinnal

Sissetuleku osas üsna võrdne jaotumine. Leibkonna peale hinnanguline neto sissetulek esitles kõiksugu erinevaid tulemusi. Võrdne jaotus viitab sellele, et küsitluses saadud tulemused on paika moodustatud erinevate sissetulekutega leibkondade poolt (vt Joonis 3.4). See annab usaldusväärset ka ülejäänud vastustele, mis tähendab, et uuritava süsteemi eelistused ei ole tingitud majanduslikust olukorrast.



Joonis 3.4. Hinnanguline neto sissetulek leibkonna kohta

Pannes kokku üldist vastaja profiili saadud vastustest, saab järeldada järgmist:

- Eramajas ning ridaelamus elavad leibkonnad on peamiselt vanuses 31-50, omades elupinda enamasti suuremat kui 100 m².
- Neljandik eramaja elanikke elavad kas kahekesti või neljakesi, iga kolmas kolmekesi ning iga kümnes 5+ elanikuga. Sissetulek varieerub ning erilist seost ei paista olevat.
- Korterialanike puhul selgub, et pea kaks kolmandikku on vanuses 21-30 aastat iga neljas on vanuses 31-40 aastat vana. Elupindade suuruse järgi on näha, et kolmandik korteriomanikest elavad pindadel suuruses kuni 50 m² ning teine samapalju 51-75 m² eluruumidel.
- Igal kuuendal korteriomanikul on võimalus elada kuni 100 m² suurusel elupinnal. Elanike arv jääb kaks kolmandikku juhtudest 1-2 inimese kanti, ülejäänud kolmandiku puhul 3-4 elaniku kanti. Samuti selgub, mida rohkem elanikke, seda suurem on elupind.

3.3 Koduomanike energiakasutusülevaade

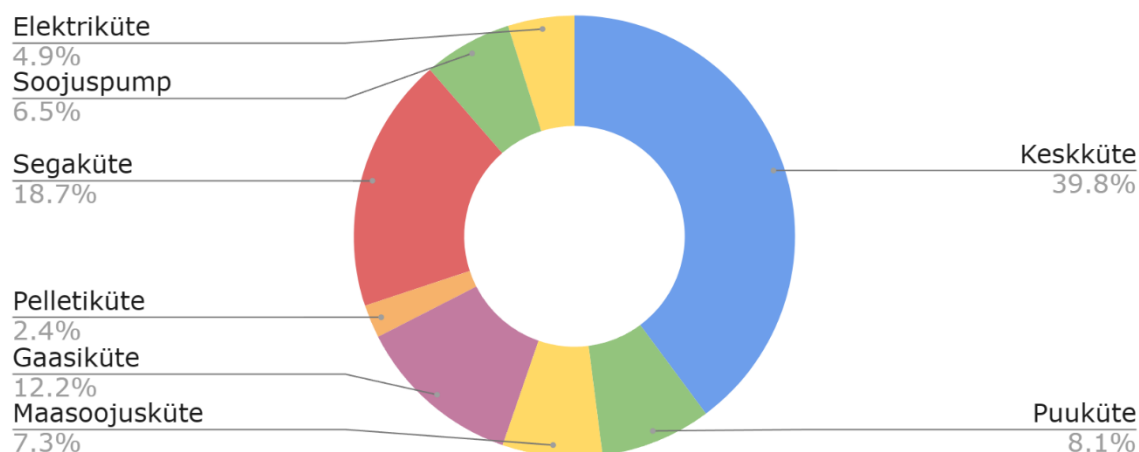
Kuna kaks kolmandikku vastanutest olid korterialanikud, võis ka eeldada, et suurem osa kasutatavast kütelliigist on keskküte. Selgub, et korterimajade puhul moodustab

nimetatu 56,8% peamisest kütteallikast. 13,7% moodustab ainult gaasiküte ning neljandikul ainult elektriküte või kombineeritud küte, nagu soojuspump, gaasiküte, keskküte või puuküte.

Tulemustest selgub, et eramajade puhul on primaarkütteks puuküte, mida kasutavad 59,4% majaanikud, millest omakorda pooled on lisanud juurde alternatiivse allika nagu soojuspump või elektriküte (vt Joonis 3.5). Eramute puhul on näha ka suuremat kasutust maasoojuse näol, mida 16,2% vastanutest omavad ning vähesel määral ka pelletikütet (5,4%) ning soojuspumpasid (5,4%). Elektriküte esineb eramajade puhul kas ainukese või kombineeritud küttena igal neljandal majaanikul.

Ridaelamute puhul joonistub välja, et iga teine rakendab gaasikütet, iga viies maasoojuskütet, 20% puukütet, ning osad ka elektri- ning keskkütet. On näha, et gaasiga kütmine on endiselt populaarne ning tavapärase rakendus ridaelamute puhul.

Joonis 3.5 põhjal on näha, et üldiselt ligi 40% koduomanikest toetuvad ainult keskküttele, 8% puuküttele, iga kümnes gaasiküttele ning igal viiendal on rakendatud kombineeritud küte – näiteks puu- ja elektriküte koos. Ainsa lahendusena elektriküte kasuks on otsustanud 5%, soojuspumba 6.5% ning maasoojuse peale 7.3% vastanutest. Üksikutel on näha ka pelletikütte varianti.



Joonis 3.5. Kütteallikate kasutamise jaotus kodudes

Keskmine elektrikulu jaotub ridaelamutel ning korteripindadel üsna sarnaselt. Viiendikul elanikest seisavad silmitsi kuni 30 euroste igakuiste elektriarvetega ning veidi alla poolte (44,8%) üle selle - kuni 60 euroste summadega. Neljandikul jääb see vahemik 61-120 euro kanti ning mõnel üksikul üle selle.

Majaomanikel joonistub selgelt välja, et keskmine elektrikulu kuus on ligi pooltel üle 150 eurot kuus. Neljandikul on jääb see summa vahemikku 91- 150 eurot ning ülejäänul neljandikel alla 90 euro kuus. Selline nähtus on ka enamasti selgitatav eelnevate tulemuste põhjal, kus korteriomaniikud maksavad peamiselt keskkütte ning gaasi eest, omades väikesemat elupinda ning elektriarveid. Samal ajal majaomanikud omavad suuremat elupinda ning võimsamat kodutehnikat.

Elektripaketi osas selgub, et kõrgeenenud hindadega ja muutliku börsikäitumisega on inimesed ettevaatlikumaks muutunud. Küsitluse kohaselt on koduomanikud märkinud, et hetkel kolmandik kasutavad universaalpaketti ning teine kolmandik fikseeritud paketti. Börsipaketi kasuks on valinud 14,4% vastanutest ning 22% ei tea täpselt, milline lahendus on hetkel kasutuses. Mitteteadjad vastajad on põhiliselt kuni 30 aastased noored, kes elavad korteris. Võib eeldada, et tegu on üüripinnaga ja/või arvete maksmine on kellegi teise isiku teha.

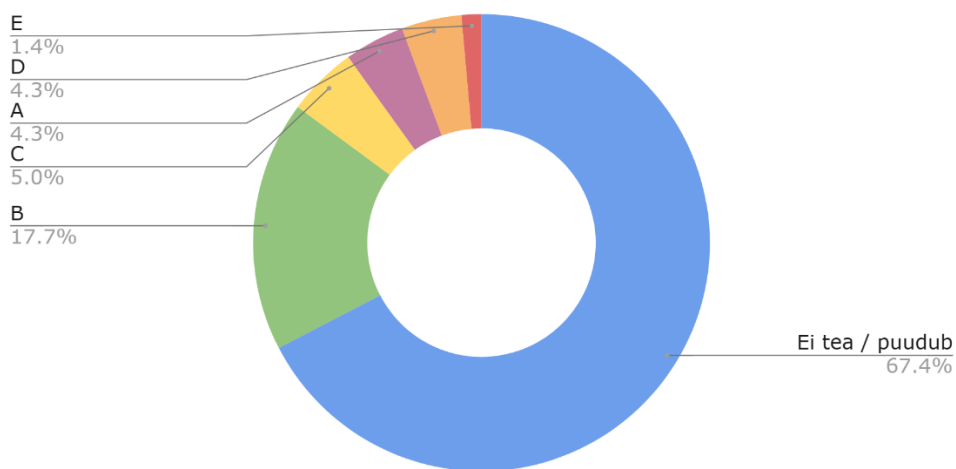
Üldpildi saab kokku võtta järgnevalt:

- Korterialanike peamiseks kütteallikateks on keskküte, elektriküte või kombineeritud küte.
- Elektrikulu jaotub pooltel kuni 60 euroni kuus ning teises poolel kuni 120 eurot kuus.
- Noored korterialanikud ei ole teadlikud koju rakendatud elektripaketist.
- Majaelanike puhul näeme, et sooja saadakse põhiliselt puuküttelt ja maasoojuselt, millele mõlemale on lisatud mõned soojuspumbad või elektripõhised seadmed.
- Eramute keskmine elektrikulu jääb pooltel üle 150 euro kuus ning teisel poolel alla selle.

3.4 Hoone hinnanguline energiatõhusus

Olles kaardistanud kasutatavatest küteliikidest ning elektrikulude suuruselt, tuleb selgeks teha, kui energiatõhusad inimeste kodud on. Küsitlusest selgub, et märkimisväärne osa vastanutest elab endiselt enam kui 50 aastat vanades hoonetes. Nimelt veerand (27,5%) elavad elamutes, mis on ehitatud enne aastat 1970. Teine samapalju (24%) asetsevad majades valmimisaastatega 1971-1990. Eestiaegsetes hoonetes elavad pooled vastanud, kesjuures 2020+ ehitistes pesitseb koguni 12,7% vastanutest. Siinkohal tasub tähele panna, et sõltumata maja vanusest, liigitus elupinna tüübi suhtes jääb samaks – st. vanadeks hooneteks ei ole ainult paneelkorterid vaid ka majad ning ridaelamud.

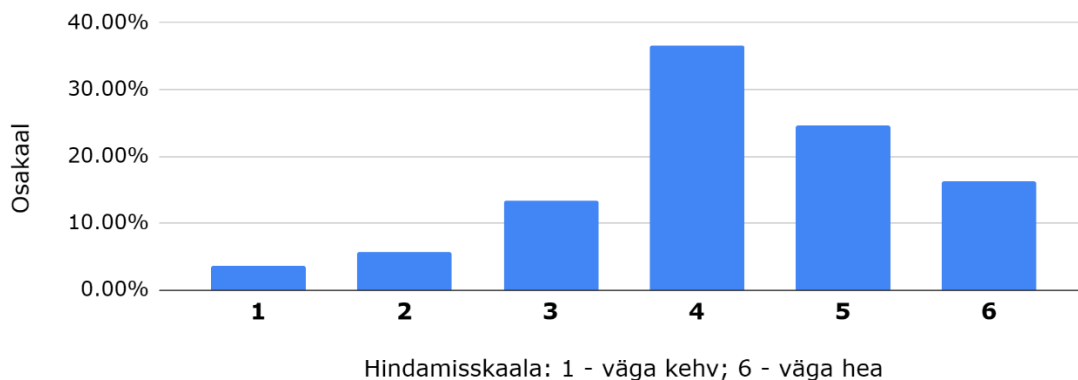
Uurides koduomanikel hoone energiamärgise kohta, selgub karm tõsiasi, et kahel kolmandikul elanikel puudub või lihtsalt ei tea oma kodu energiamärgise kohta (vt Joonis 3.6). Kuigi viimane on aastast 2009 kohustuslik, on näha, et selle omamine pole levinud või lihtsalt on teadmatus. Märgist A või B omab iga viies vastanu ning kümnel protsendil koduomanikest jääb ta kategooriasse C, D või E. Elupinna jaotus nende hulgas, kes vastasid „ei tea/puudub“ energiamärgise teemal, jaotub sama proportsiooniga nagu oli tervele küsimustikule vastatud – kaks kolmandikku korterielanikud ning ülejäänud kolmandik eramaja ning ridaelamu elanikud. See tähendab, et energiamärgis on enam kui pooltel hoonetel endiselt puudulik ning teadmine selle kohta on vähene.



Joonis 3.6. Vastanute hoonete energiamärgised

Seevastu aga aitab hoonete soojapidavuse kohta paremini mõista inimeste hinnang sellele. Kõik vastajad said hinnata oma hoone soojapidavust kuue palli süsteemis, kus skaala alguses olev üks tähistas väga halba soojapidamist ning kuus väga head. Skaala ühest kuueni sai valitud autori poolt eesmärgiga vältimaks olukorda, kus koduomanikud märgivad hinnangu skaala keskmesse. Niiläbi saab täpsema hinnangu, kas pigem on parem või kehvem.

Tulemustest selgub, et inimesed on pigem optimistlikumad, hinnates enamasti oma kodust soojapidavust heaks või päris heaks (vt Joonis 3.7). Keskmise tulemus tuleb seeläbi 4,2 punkti. Vaadeldes inimesi, kes on märkinud energiamärgise ka teatava klassimärgistusega, on näha, et vastajad hindavad soojapidavust keskmiselt viis punkti kuuest. Sedasorti tulemus võib usutavalt hinnata, kuna oma kodu energiamärgisest teadlikutest elanikest kaks kolmandikku on märkinud klassiks A või B.



Joonis 3.7. Hoonete hinnanguline soojapidavus

Kokkuvõtvalt:

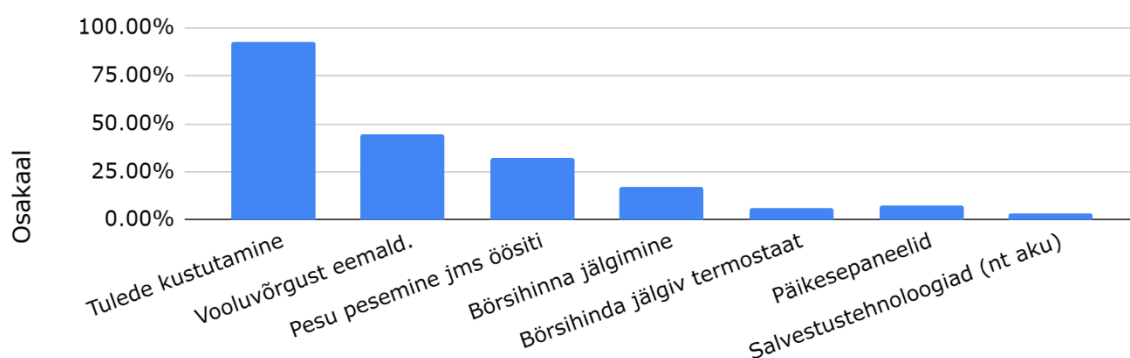
- Vanemaid hooneid Eestis jagub - neljandik on vanemad kui 50 aastat ning teine samapalju vanuses 30-50 aastat. Eestiaegetes elamutes on teine pool elanikest.
- Soojapidavuse osas ollakse pigem positiivsed, hinnates seda keskmiselt paremaks.
- Inimeste teadlikkus energiamärgise kohta on suurel määral vajaka, kuna kaks kolmandikku inimestest ei tea selle kohta või info on puudulik.

3.5 Kasutatavad energiasäästumeetmed hetkel

Seoses energiahindade tõusuga on turule tulnud mitmeid erinevaid meetodeid ning tooteid, millega on võimalik igas kodumajapidamises elektri- kui ka küttekulude pealt kokku hoida. Autori eesmärk oli välja selgitada, kui palju selliseid lahendusi on juba rakenduses Eesti majapidamistes. Samuti oli soov kindlaks teha rakendatavad alternatiivsed säästumeetmed nagu tulede kustutamine, börsihinna jälgimine jms., millesse igaüks saab panustada, sõltumata uuenduslike süsteemide olemasolust.

Selgub, et 132 inimest 142-st (93%) kustutavad alati tule ruumist lahkudes (vt Joonis 3.8). Pea pool kõigist inimestest (44%) lülitavad kodust lahkudes seadmed vooluvõrgust välja ning iga kolmas elanik (32%) peseb pesu või teeb muud sarnast öösiti. Elektri börsihinna jälgivad ning ajastavad oma tegevusi vastavalt sellele kõigest kuuendik koduomanikest (17%). Termostaati, mis lähtub samuti börsihinnast oma tööprotsessides, on rakendatud kuuel protsendil koduomanikest. Siinkohal saame järeldada, et teatud sorti uusi lahendusi, nagu antud hetkel nutitermostaat, on kasutusse võetud, kuid väga laialt levinud nad endiselt ei ole. Lisaks sellele selgub, et sedasorti leibkondade netosissetulek jääb alates 2500 eurost ning ülespoole.

Päikesepaneele kasutavad ligi 8% koduomanikest ning salvestustehnoloogiaid (nt aku) sellest omakorda pool (4%). Samuti tuleb välja, et kahte viimast lahendust näeme peamiselt ikkagi eramajades ning ridaelamutes, kus valdavalt rakendavad seda inimesed vanuses 31-40 ja vanemad. Saab järeldada, et leibkonnad, kes elavad koos kaaslasega või on pere loonud, omavad eeldatavasti stabiilset sissetulekut ning on vanuses 30+, on rakendanud päikesepaneelid ning salvestustehnoloogiaid.



Joonis 3.8. Kasutatavad energiasäästumeetmed

Lisamärkustena antud teemapunktile ilmneb, et läbivalt pannakse ka rõhku energiasäästlikumatele seadmetele ning ikkagi seadmete väljalülitamisele, kui kodust pikemat aega eemal ollakse.

3.6 Kasutatavad targa maja lahendused

Kui eelnevas punktis selgus, et börsihinda jälgivat termostaati on rakendanud umbes kuus protsenti koduomanikest, siis targa maja lahenduste hulgas näeme veidi suuremat levikut. Nimelt 17% koduomanikest on otsustanud enda koju rakendada süsteeme nagu Home Assistant, Themo, Google Home, Alexa jt. Mõned üksikud on ka vaevaks võtnud ise arendada süsteem ning lisada sinna alternatiivseid lahendusi (Smart life, Mi Home, Neatmo, Nedis jne.)

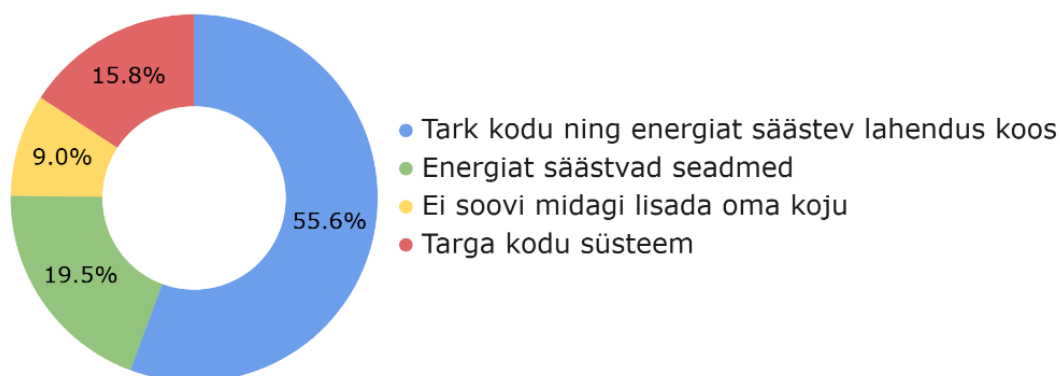
Kuna siiani on hinnatud targa kodu lahendusi mitteatraktiivseteks, võib üks lahendus nende populariseerimiseks olla lisaks mugavusele lisandväärtuse pakkumine – energiasäästmine. Sedasorti idee puhul leidsid koduomanikud järgmist: 9% vastanuist ei sooviks endiselt mitte ühtegi targa kodu lahendust oma majapidamisse (vt Joonis 3.9). Peamiselt jagasid seda arusaama inimesed, kes hindasid oma kodu soojapidavust pigem heaks või väga heaks. Samuti tuleb välja tuua tõsiasi, et sellist seisukohta ei jaganud mitte ainult eakamad vanusegrupid, mida esmapilgul võiks arvata, vaid nii nooremad kui ka vanemad. Lisakommentaaridena tuuakse välja, et seadmed on liiga

kallid, ei kesta kaua ning ollakse skeptilised, kas korteritesse või vanematesse hoonetesse on võimalik lisandväärtust andvaid seadmeid üldsegi lisada.

Seevastu energiasäästvaid seadmeid, mis vähendavad energiatarbimist, järgides erinevaid parameetreid, soovib endale iga viies koduomanik. Tasub märkida, et vähemalt 84,6% niiviisi vastanutest on leibkonnas vähemalt 2 või enam isikut ning kolmveerand neist jäävad vanusesse kuni 40 aastat. Samuti on märgitud oma hoone soojuspidevust keskpäraseks ning peamiseks küteliikideks on keskküte või puuküte. Saab eeldada, et tavapärane leibkond on enamasti lastega, kes soovivad lisaks praegusele kütteallikatele oma igakuised kulud madalamale tuua.

Joonis 3.9 näitab, et targa kodu süsteemi, kus kasutajal on võimalik läbi nutivahendi oma kodutarvikuid juhtida ning mis on teatud määral autonoomne, eelistavad 15,8% koduomanikke. Ühise joonena saab tuua nende vahel selle, et tegu on peamiselt vanuses 21-30 aastat noorte inimestega, kelle igakuine elektrikulu jääb kuni 90 eurot, ning omavad ainult fikseeritud – või universaalelektripaketti.

Kahte eelnevat lahendust kokkupanduna, kus süsteemis on targa maja funktsionaalsus ning energiasäästumeetmed, eelistavad üle poole – 56,9% koduomanikest, mis koduomanike jaoks näib olevat olulisemalt atraktiivsem kui emb-kumb variant. Kaks kolmandikku nimetatud süsteemi soovijatest elavad kuni 75 m² suurusel elupinnal ning peamiselt vanuses 21-40 aastat. Enamasti jagatakse elupinda mitme teise inimesega ning keskmine elektrikulu kuus jääb pigem alla 90 euro kuus.

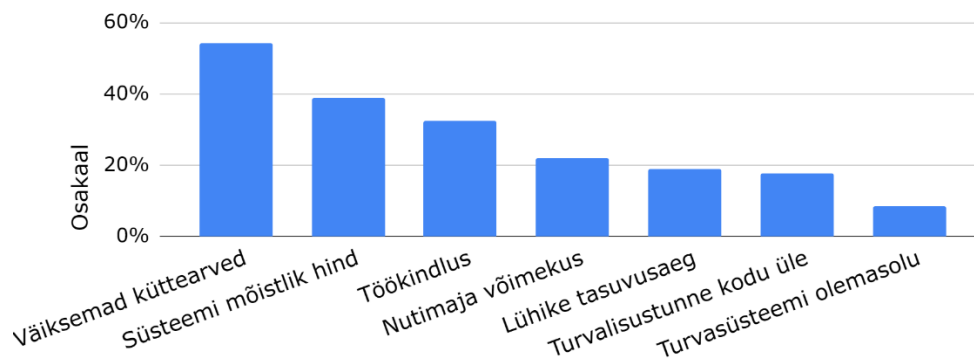


Joonis 3.9. Koduomanike süsteemieelistus

3.7 Targa kodu ning energiasäästu täislahenduse nõuete kaardistamine

3.7.1 Nõuded

Kuna tänase päevani ei ole energiasäästu võimekuse targad majad liialt levinud, soovis autor selgeks teha, mida koduomanikud soovivad sedasorti süsteemis enim näha. Küsitluses osaleja sai valida ainult kaks tema jaoks olulisemat kriteeriumit. Selgub, et põhilise lisandväärtusena soovitakse peamiselt väiksemaid küttekulusid (vt Joonis 3.10). Seda saab ka loogiliselt järeldada, kuna nimetatud peale kuluv väljaminek moodustab üldjuhul poole tervest energiakulust. Selle kõrval peetakse olulise aspektina süsteemi töökindlust. Selle kõrval üsna samaväärne valik on töökindlus, sest keegi ei soovi teha investeeringut süsteemi, mis lühikese ajaga muutub kasutuskõlbmatust ja tekitab probleeme. Lisaks neile soovitakse teisejärguliselt näha nutimajavõimekust, lühikest tasuvusaega ning tahetakse kogeda turvalisustunnet oma kodu üle. Viimase puhul peetakse silmas kasutaja võimalust kontrollida, kas teatud seade nagu pliit jäi töösse või mitte. Kõige vähemoluliseks peetakse aga turvasüsteemi olemasolu.

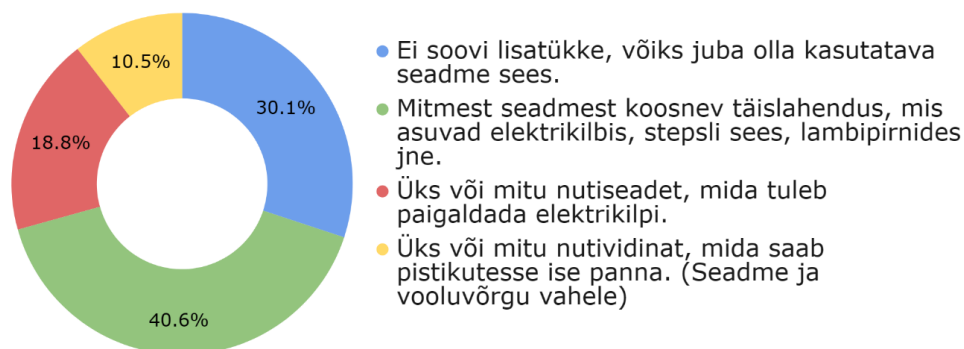


Joonis 3.10. Olulisemad kriteeriumid energiasäästliku nutikodu juures

Süsteem ise peaks olema pakutav peamiselt E-poest, kuna 70% tarbijatest eelistab seda. Samuti leiavad pooled koduomanikud, et käega katsutav variant oleks saadaval elektroonikakauplustes ning kolmandik ehituspoodidest. Toidukauplus atraktiivsena ei paistnud, omades poolehoidu kõigest 6% koduomanikkude poolt.

Joonis 3.11 põhjal selgub, et kaks inimest viiest soovivad riistvaraliselt süsteemi ülesehitust näha täislahenduse kujul, kus seadmed asuvad elektrikilpides, stepslites, pirnides ja muudes kohtades. Oluline on, et visuaalselt lisatud tükke näha ei ole. Kolmandik arvab, et veel parem oleks, kui kõik vajalik on juba kodutehnika sees ning midagi lisama ei pea. Iga viies eelistab, kui seadmed lähevad otse elektrikilpi ning

sellega see piirdub. Kümnendik leiab, et mugav lahendus on pistikusse paigaldatav seade.

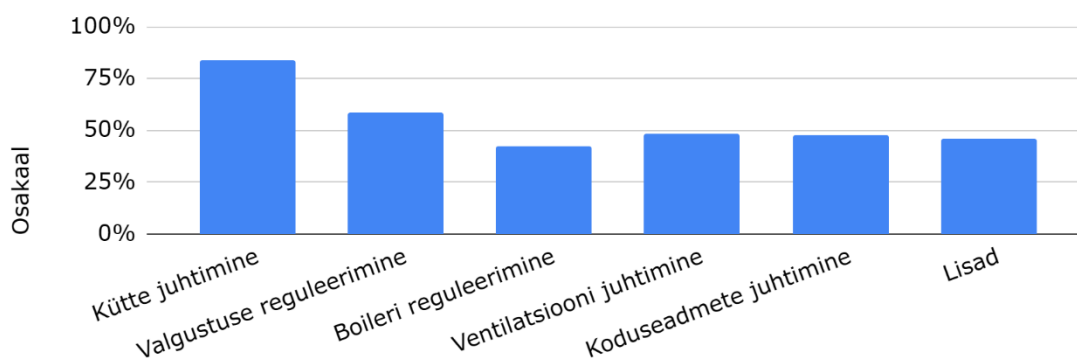


Joonis 3.11. Riistvara ülesehitus

Kui üle poolte koduomanikest soovib, et energiasäästlik targa kodu lahendus võiks olema nähtavatest kohtadest ära peidetud, näiteks elektrikilbis, siis 92% asunistest peab oluliseks, et süsteem on iseseisvalt paigaldatav. Nendest omakorda kolmandik eelistab siiski elektrikü abi, jättes samal ajal alles võimaluse installeerida seadmed ise. Mõnele üksikutele ei ole lisamismeetod oluline.

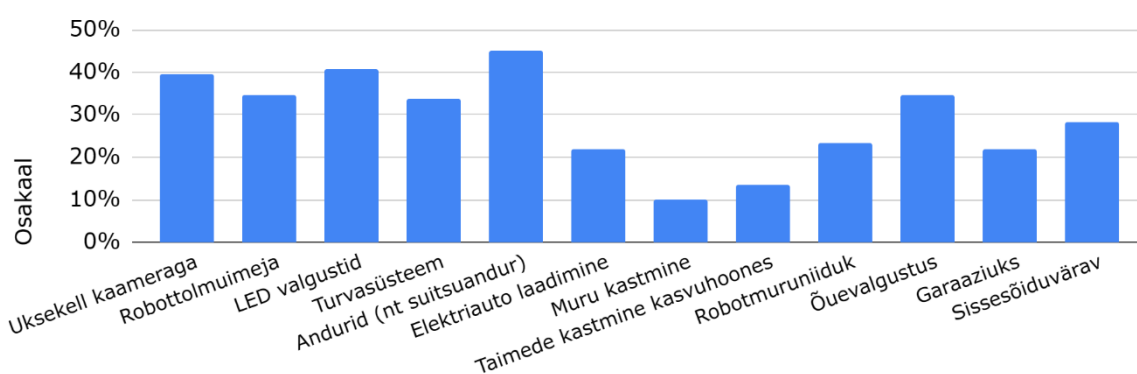
3.7.2 Funktsionaalsus

Nagu eelnevatest tulemustest on selgunud, on koduomanike jaoks kõige olulisem säästmise küttekulude pealt (vt Joonis 3.10)Uurides täpsemalt, milliseid seadmeid peab koduomanik kõige olulisemaks juhtida, leidsid 84% vastanutest just kütte juhtimise (vt Joonis 3.12). Seejärel pidas veidi üle poole koduomanikest tähtsaks valgustuse reguleerimist. Seejärel pea pooled märkisid oma soovist juhtida ja reguleerida boilerit, ventilatsiooni ja koduseadmeid. Samatähtsateks peeti ka turvasüsteemi võimekust ning eraldi märgiti, et soovitakse oma koju lisaseadmeid.



Joonis 3.12. Funktsionaalsuse eelistused

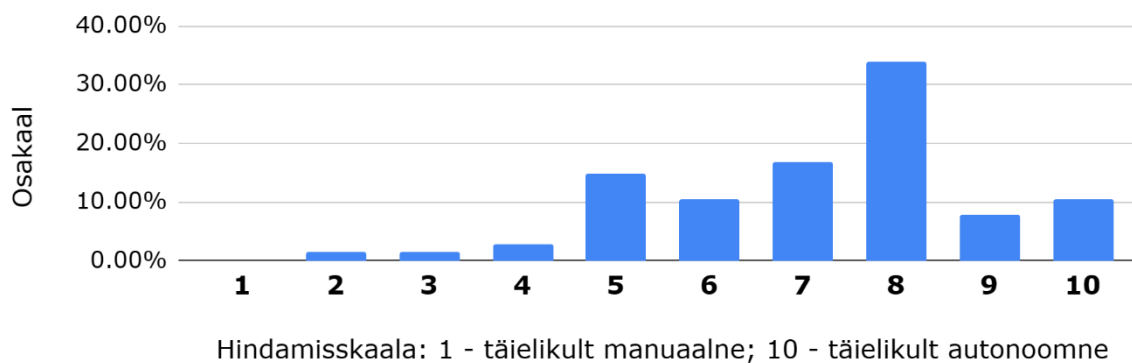
Lisaseadmete puhul on näha suurimat soovi turvalisust tagavate andurite puhul (vt Joonis 3.13) Lisaks sellele on populaarseteks osutunud uksekell kaameraga, LED valgustid, turvasüsteem, robottolmuimeja ning õuevalgustus. Mugavusele juurde annavad veel elektriauto laadimise võimalus, sissesõiduvärava, garaažiukse ja robotmuruniiduki kaugjuhtimine. Majaomanikud eelistaksid kastmisevõimalusi nii aias kui kasvuhuones. Siinkohal tasub märkuseks välja tuua, et ainuüksi energiasäästva targa hoone lahendusest ei pruugi piisata. Koduomanike soov näha lisaseadmeid eeldab seda, et lisaks säästmisele on oluline ka kasutaja mugavus ja lisandväärtuse pakkumine. Samuti selgub, et turvalisust tagavate andurite olemasolu on oluline, et pakkuda kasutajale kindlustunnet.



Joonis 3.13. Eelistatud lisaseadmete loetelu

Kuna tänased lahendused on vähelevinud ning üsna vähese funktsionaalsusega, soovis autor välja uurida, kui autonoomne peaks olema tark kodu koduomaniku nägemuse järgi ning millisel meetodil on võimalik kasutajal sekkuda manuaalselt juurde.

Selgus, et nutimaja lahendus peaks olema suures osas autonoomne – koguni 80% süsteemi toimivusest (vt Joonis 3.14). Siinkohal saab eeldada, et koduomanikud tunnetavad vajadust ning soovi teatud protsesse muuta iseseisvalt toimivaks, nagu kütte toimimine, kuid samal ajal soovib kasutaja teada ja tunda, et ta saab iga hetk sekkuda.



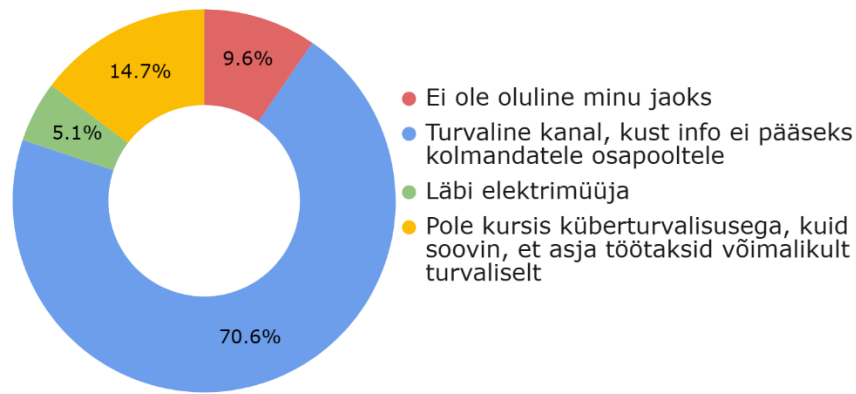
Joonis 3.14. Autonoomsuse taseme eelistused

Platvorm, millega elektriseadmeid juhtida, peaks jääma tavapäraseks nutitelefoni põhiseks, leidis 88% küsitlusele vastanutest. Täpselt pooled jagasid seisukohta, et süsteem peab olema ikkagi sedavõrd automaatne, et kasutaja sekkumine on minimaalne. 42% koduomanikest soovivad lisaks nutitelefoni juhtida oma koduseid seadmeid arvuti kaudu ning iga viies on rahul ka tahvelarvutiga või seinal asetseva ekraaniga. Kaheksandik vastanutest soovib omada võimalust kontrollida häälkäskluste kaudu (nt Alexa, Google Home vms põhjal).

Platvorm, millega inimene oma süsteeme juhib, peab olema lihtne, arusaadav ning mugav. Peamine asi, mida kasutaja näha sooviks nutitelefoni või arvutis, on 85% arvates ülevaade kogu oma majapidamisest. Samapalju vastanuid soovivad näha veel suurimaid tarbijaid teatud aja lõikes ning säästetud energia ja raha hulka. Rohkem kui pooled pidasid oluliseks ka saada soovitusi paremaks säästmiseks ning jooksvat elektri börsihinda.

3.7.3 Andmete liikumine

Joonis 3.15 põhjal selgub, et koduomanikud peavad oma andmete liikuvust tähtsaks. 90% vastanutest peavad oluliseks, et info nende kohta vahetuks läbi turvalise kanali. 5% eelistavad seda teha läbi elektrimüüja ning koguni 71,3% soovivad konkreetselt varianti, kus nende kohta käivad andmed ei jõuaks kolmandate osapoolteni. Mõned vastajad lisasid veel, eelistaksid võimalusel lokaalse kontrolleri põhise lahendust, mis tähendab, et süsteemi saab ilma internetita hallata.

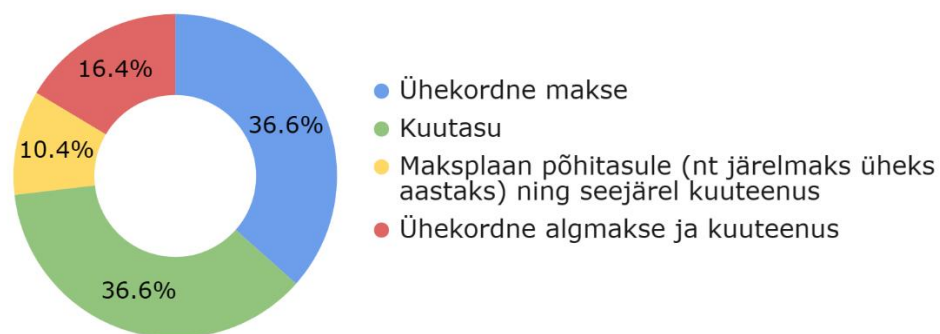


Joonis 3.15. Andmete liikumise eelistused

3.7.4 Maksmine

Arvestades asjaolu, et koduautomaatika lahendused võivad maksta mitu tuhat eurot, ei pruugi igal majapidamisel olla võimalik tasuda selle eest korraga. Seega soovis autor välja selgitada, kas inimesed eelistavad süsteemi välja osta või maksta kuutasupõhiselt teenuse formaadis. Märkusena toob autor välja, et küsitluses osalejatele projekteeriti lahenduse maksumust vahemikus 1000 – 3000 € ning tasuvusaega kaks kuni kuus aastat.

Selgus, et kolmandik vastanutest soovivad näha koduautomaatika lahenduse eest kuupõhist teenustasu (vt Joonis 3.16). Teine samapalju soovivad seevastu korraga täiskomplekti välja osta. Kuuendik koduomanikest on nõus kahe eelneva variandiga koos ning kümnendik vastajatest eelistavad põhitasule makseplaani koos hilisema kuumaksega. Siin saab teha järelduse, et koduomanikul ei ole otseselt vahet, milline makseviis on, kuid erinevad võimalused peaksid olema tagatud.



Joonis 3.16. Vastanute maksemeetodi eelistus

3.8 Kokkuvõtte tulemustest

Teinud ülevaate vastanute taustainformatsioonist ning vaadelnud lähemalt otsa küsitluses osalenud koduomanike tulemustele, toob autor kokkuvõtvalt välja mõned tähtsamad punktid, mis selgusid uurimuse käigus:

- Süsteemi abiga peab lõppkasutajal olema väiksemad kütte- ja elektriarved.
- Süsteem peab olema äärmiselt töökindel ning mõistliku hinnaklassiga.
- Pakutavat lahendust peab olema võimalik soetada e-poest, võimalusel käega katsutavast elektroonikakauplusest.
- Paigaldatav süsteem peaks riistvaraliselt olema täislahendus, mis palja silmaga ei ole märgatav ning on installeeritud elektriühendustesse. Veel parem, kui juhitav moodul on juba kasutatava elektriseadme sees.
- 92% koduomanikest soovivad, et süsteem oleks iseseisvalt paigaldatav.
- Turvaline andmete liikumine on ülimalt oluline – informatsioon ei tohi pääseda kolmandatele osapooltele.
- Süsteemi eest tasumine on vabavalikuline – ei ole määrav, kas tegu on ühekordse maksega või kuutasuga.
- Süsteemis peab olema tähtsuse eelkõige kütte-, seejärel valgustuse-, ventilatsiooni-, koduseadmete juhtimine kaasatud ning rohkete lisade võimekus.
- Lisaseadmete puhul peavad olema esindatud tähtsuse järjekorras andurid (nt suitsuandur), LED valgustid, kaameraga uksekell, robottolmuimeja, turvasüsteem ning õuevalgustid.
- Paigaldatav süsteem peab olema 80% autonoomne. See tähendab, et koduautomaatika toimib eelnevate seadistuste põhjal iseseisvalt, kuid kasutajal on alati võimalus kontroll enda kätte võtta.
- Kasutajapoolne sekkumine on põhiliselt läbi nutitelefoni, millele lisaks peaks olema arvutipõhine kasutajaliides.
- Kõige olulisem info, mida koduomanik kasutajaliideses näha soovib, on ülevaade majapidamisest ja suurimatest elektritarbijatest hoones koos säästetud energia ja raha hulgaga.

4 RISKIANALÜÜS

Targad kodud ning energiasäästlikud tehnilised lahendused ei ole veel niivõrd levinud, kui loota võiks. Erinevad aspektid on hoidnud nende levikut tagasi, kuid tehnoloogia areng ning kõrgenenud energiahinnad on loonud võimaluse olukorra ümberhindamiseks. Selleks, et tarbijal oleks enesekindlus targa kodu tehnoloogiasse, on vajalik, et süsteem oleks töökindel ning toodetud tuntud tootja poolt, on privaatne ning turvalise andmeliikumisega ja kasutajal on kontroll kodu üle [32]. Täna selgub, et targa kodu propageerijad ei pane piisavalt rõhku just eelnevalt nimetatud teguritele - kasutaja privaatsusele ja turvalisusele, töökindlusele ja ühilduvusele [33].

Riskide hindamisel lähtus hindaja alljärgnevast meetodikast. Kirjeldatakse eelnevalt nimetatud riskide olemust, hinnatakse nende mõju (vt Tabel 4.1) ja tõenäosust (vt Tabel 4.2) ning lõpus antakse hinnang kõikidele riskidele kokkuvõtvas tabelis (vt Tabel 4.4).

Tabel 4.1. Riski mõju süsteemi toimimisele

Hinne	Hinnang	Kokkuleppeline tähendus
1	Tähtsusetu mõju	Riski avaldumisel ei ole käimasolevad ja planeeritud tegevused häiritud
2	Vähene mõju	Riski avaldumisel on küll tegevused häiritud, kuid see ei takista eesmärkide saavutamist
3	Oluline mõju	Riski avaldumisel on tegevused oluliselt häiritud, kuid lisaressurssidega on võimalik eesmarke saavutada
4	Väga oluline mõju	Riski avaldumine takistab eesmärkide saavutamist

Tabel 4.2. Riski tõenäosus

Hinne	Hinnang	Kokkuleppeline tähendus
1	Üliharv	Riski avaldumine on teoreetiliselt võimalik
2	Vähetõenäoline	Riski avaldumine on võimalik, aga praktilisi juhte on üksikuid
3	Tõenäoline	Riski avaldumise tõenäosust toetavad selged tõendusmaterjalid
4	Vältimatu	Riski avaldumine on praktiliselt kindel

4.1 Privaatsus ja turvalisus

Rääkides tarkadest kodudest, tuleb arutlusele privaatne ja turvalisus. Võrku ühendatud seadmed sisaldavad tundlikku infot, millele kolmandad isikud võivad kergesti juurde pääseda, näiteks kaamerad ja mikrofonid. Selline isikuandmete rikkumine on vastuolu kõikide eeskirjadega ning on murettekitav inimese jaoks, kes soovib kaitsta oma privaatust. Turvariskide tekkimisel on tavaliselt viis peamist põhjust:

1. Piiratud ressurss – suur hulk targa kodu seadmeid on disainitud töötamiseks madala energiatarbimisega ning kompaktsena, mis seab piirangud seadme arvutusvõimele. Kasutaja jaoks tähendab see, et näiteks väiksemad sensorid pole turvalised oma puuduliku võime tõttu protsessida praeguseid turvamehhanisme.
2. Heterogeensed kommunikatsiooni protokollid ehk mitteühilduvad kommunikatsiooni protokollid nõuavad vahesõlmede kasutust, mis on suureks piiranguks turvalahenduste rakendamisel.
3. Ebausaldusväärsed suhtluskanalid - erinevad kommunikatsiooniprotokollid ei taga pakettide kohaletoimetamise usaldusväärsust. Saadetud info ei pruugi alati kohale jõuda ning veakäsitluse algoritmid eeldavad suurt koormust, kuid mis madala energiatarbega võrguseadmetele ei ole vastuvõetav.
4. Energiapiirangud – paljud nutikodu seadmed töötavad akutoitel, mis tähendab tühjaks saamisel seadme väljalülitamist. Vajalike andurite võrgust kadumine võib omakorda põhjustada muid probleeme, nagu ülekütmine, ligipääsu kadumine jne. Üks moodus akude tühendamiseks on taaskord turvameetmete käivitamine planeeritud rünnaku poolt, mis tähendab suuremat ning kiiremat energiakulu.
5. Füüsiline ligipääs võib tunduda vähetõenäoline, kuid täiesti eksisteeriva ohuna. Saades reaalse juurdepääsu seadmele võidakse sellest välja võtta eelnevalt määratud krüpteerimisvõtmed ja muud tundlikud andmed [34].

4.2 Töökindlus

Seadmete paigaldamisel tuleb kindlasti jälgida, et valitud on õigete parameetritega ning piisava jõudlusega tehnika, kuna vastasel juhul võib olla oht, et süsteem ei tööta nii nagu ette nähtud ning võib koguni põlema minna [35].

Lisaks on oluline jälgida seadme sertifikaate ja standardeid, mis neile väljastatakse. Kahjuks ei saa alati kindel olla odavamate toodete kvaliteedis, eriti kui need on väljaspool Euroopa Liitu või on pärit riikidest, kus kvaliteedikontroll ei ole piisavalt range. Sellistel juhtudel ei pruugi seadmete tegelikud parameetrid vastata tootja lubatule. Samuti tuleks arvestada seadmete vastupidavusega, kuna sõltuvalt seadmest võib mõne toote eluiga lõppeda juba paari aastaga.

Töökindlust mõjutab ka ootamatutel hetkedel volukatkestused. Kuigi mõned on akupõhised ning tundub, et nende töö ei sõltu elektrist, tuleks meeles pidada, et energiat juhtivad seadmed, nagu süsteemi keskseade või Wi-Fi ruuter, lakkavad töötamast, kui neil puudub elektritoide. Õnneks Eestis ja mujal Euroopas võib väita, et elektrivarustus on pigem hea, kuid kogemused näitavad, et maakohtades võib isegi tänasel päeval kohata kuni nädalapikkust elektrikatkestust (näiteks Eesti saared 2022. aasta lõpp) [36].

4.3 Ühilduvus ja protokollid

Luues nutikodu tuleb arvestada asjaoluga, et seadmete tootjaid on palju ning kasutatakse erinevaid protokolle. Mugavuse nimel otsustavad paljud eelistada suurtootjate Amazoni, Google'i või Apple'i nii-öelda virtuaalseid nutikodu ajusid, mille „keskajuks“ on nimetatud tootjate nutikõlarid. Kuigi eelnevalt nimetatud süsteemid ei võimalda automaatset energiajuhtimist, siis võimekus on sellegipoolest neil olemas.

Lisaks mõisteti 2019. aasta lõpuks, et suur seadmete küllus erinevate tootjate poolt koos unikaalsete ühildavustega ei ole pikas plaanis jätkusuutlik, mistõttu pandi alus ühisele liidule – *Project Connected Home over IP* (CHIP), mis nüüdseks kannab nime *Connectivity Standards Alliance*. Liidu asutajateks olid suuremad tehnoloogia ettevõtted selles valdkonnas nagu Amazon, Apple, Google, Zigbee Alliance jt. eesmärgiga pakkuda lõppkasutajale turvalisemat ning kasutajasõbralikumat ühilduvust. Muidugi ei garanteerita lõplikku lahendust käesolevatele muredele, mis kaasneb targa hoone seadmetega, kuid tegu on siiski uue võimaliku lahendusena lõppkasutajatele. Hetkel on tehnoloogia veel arenemisjärgus, kuid on 2022. aasta oktoobris avaldati esimene tarkvaraarenduse tööriist nimega *The Matter* [37].

Samas kuna tegu on veel uueväärse arendusega, on seni veel kasutusel kolm suuremat ühilduvuse protokollid – ZigBee, Z-wave ning Wi-Fi. Kuigi iga eestlased oskavad enamasti ise seadistada Wi-Fi seadmeid, ei pruugi teiste kahe tüübi puhul kõik inimesed sellega toime tulla

Põhjal on võrdlus eelnevalt nimetatud protokollide kohta, kus selgub, et ühte konkreetset eelistust ei teki. Seetõttu tulebki nutikodu loomisel arvestada just isiklikest soovidest ja eelistustest. Kui Wi-Fi seadmete puhul on tavakasutajal lihtsam hakata süsteemi üles ehitama, siis seevastu ZigBee ja Z-wave on turvalisemad, kuna viimased toodavad nii-öelda nutikodu keskajusid [38].

Tabel 4.3. Erinevate protokollide plussid ja miinused [38]

	+	-
ZigBee	Silmusvõrgu (<i>mesh network</i>) ühendus	Ühildumisraskused erinevate tootjate seadmete puhul
	Vähene energiatarve	Keerukas ülesseadmise protsess
	Taskukohasemad seadmed	
Z-Wave	Silmusvõrgu (<i>mesh network</i>) ühendus	Kallid seadmed
	Mõõdukas energiatarve	Seadmete arvu piirang (232 seadet võrgu kohta)
	Tootjate üleselt ühilduv	
	Suur tootevalik	
	Madal sagedus ehk parem ühenduvus	
Wi-Fi	Enamus kodudes juba kättesaadav	Suur energiatarve
	Tavakasutajal lihtsam mõista	Wi-Fi 2,4 GHz sagedus on üleküllastatud
	Suur valikuvabadus püsivara modifitseerimisel	Eraldi võrku ja parooli loomata ebaturvaline

4.4 Riskide hindamine

Autori hinnangul on privaatsuse, turvalisuse, töökindluse ja ühilduvuse riskid endiselt olulised aastal 2023 ning nii tarbijad kui ka tootjad leiavad, et neid tuleb edasi arendada. Lisaks võib nimetatud tegureid pidada põhjusteks, miks Eesti kodud ei ole veel varustatud tehnikaseadmetega, mis tegelikult võiksid inimeste igapäevaelule kasu tuua.

Üldised riskide maandamise meetmed on tugev paroolisüsteem, õigeaegsed tarkvarauuendused, usaldusväärsete seadmete kasutamine tuntumate tootjate poolt, turvaline võrk, testimine, turvalised kommunikatsiooniprotokollid ning kasutaja harimine (vt Tabel 4.4). Nimetatud ohte maandades on tugev tõenäosus, et kasutaja mugavust ei mõjutata ning süsteem püsib töökindlalt ning turvaliselt.

Tabel 4.4. Riskianalüüs

Risk	Riskide allikad	Võimalikud sündmused	Riski mõju	Riski tõenäosus	Riskide maandamise meetmed
Privaatsus	-Ebaturvalised kommunikatsioonikanalid -Turvalisuskontrollide puudumine -Inimviga -Puudulik paroolisüsteem	-Andmete kogumine, töötlemine, jagamine kolmandate isikute poolt	2	2	-Tugev paroolisüsteem -Andmete krüpteerimine -Seadmete privaatsuseeskirjadega tutvumine -Ligipääsu kontrollimine ja piiramine -Häältuvastusfunktsiooni eemaldamine -Kaamerate paigaldamine ainult vajalikesse kohtadesse -Õigeaegsed tarkvarauuendused
Turvalisus	-Vähevõimekas riistvara -Mitteühilduvad protokollid -Energiapiirangud -Füüsiline ligipääs -Puudulik paroolisüsteem -Vananenud tarkvara	-Kontrolli kaotamine kolmandatele osapooltele -Seadmete mittetöötamine -Privaatsusrikkumised -Andmete levik kolmandatele osapooltele -Turvaohud	3	2	-Tugev paroolisüsteem -Õigeaegsed tarkvarauuendused -Turvalised kommunikatsiooni protokollid (nt WPA2 Wi-Fi puhul) -Tuntud tootjate seadmete kasutamine -Monitoorimine ja turvalisuskontrollid -Turvaline kaugühendus (VPN-i kasutamine) -Kasutaja harimine
Töökindlus	-Riistavara rikked -Puudulikud sertifikaadid ning standardid -Voolukatkestused -Küberrünnak -Ühilduvushäired -Inimviga	-Tulekahju oht/teke -Ligipääsu puudumine seadmetele -Mugavuse halvenemine -Lisakulude kasv (remont, väljavahetus) -Turvalisus	3	3	-Töökindlate ja usaldusväärsete seadmete soetamine -Seadme testimine enne paigaldust -Õigeaegsed tarkvarauuendused -Regulaarne seadmete testimine -Puhvertoiteallika (UPS) rakendamine -Iseseisva energiatootmise lisamine (päikesepaneelid, tuulegeneraatorid) -Korrektne paigaldus -Energiasalvestustehnoloogia lisamine
Ühilduvus	-Seadmete kommunikatsiooniprotokollide erinevused -Vananenud tarkvara -häiringud teiste seadmete ja erinevate raadiolainete poolt -Ülleküllastunud raadiosidevõrk	-Ligipääsu puudumine seadmetele -Turvalisuse oht -Seadmete talitushäired	4	3	-Kvaliteetsete ja tugeva signaaliga ruuterite kasutamine -Signaali tugevdavate seadmete lisamine -Õigeaegsed tarkvarauuendused -Juhtmeühenduste loomine vajalikele seadmetele -Turvalise võrgu loomine -Silmusvõrgu (<i>mesh network</i>) rakendamine
Kasutaja mugavus	-Vananenud tarkvara -Ebausaldusväärne riistvara -Puudulik kasutajaliides (sh graafiline)	-Privaatsuse kadumine -Töökindlus kadumine ja tehnilised rikked -Probleemid ühilduvusega -Kehv kasutajakogemus	3	3	-Juhendite ja eeskirjade jälgimine ning täitmine -Kasutaja harimine -Õigeaegsed tarkvarauuendused -Pidev tagasiside tootjale/pakkujale

5 KONTSEPTSIOON

Rääkides Eesti elektrisüsteemi tarbimise juhtimispotentsiaalid, tasub mees pidada, et hetkel tarbivad 739 000 kodumajapidamist üle 28% kogu elektrienergiast ning 66% soojusenergiast Eestis. Vastavate suurustena on tegu 2229 GWh ning 3722 GWh energiaga, kus näiteks 10-15% tarbimise vähendamise puhul võib kinni panna praktiliselt Auvere (300 MW) elektrijaama. Olles täpsemalt kirjeldanud targa kodu ja energiat säästvaid lahendusi, on näha võimalust isegi rohkema energia juhtimiseks ja kokkuhoiduks. Kuigi nimetatule eksisteerivad riskid ja probleemid, millele täielikku kindlust veel välja mõeldud pole, säilib konkreetne potentsiaal, mis ootab avastamist.

Kuna töö peamiseks eesmärgiks oli kokku panna kontseptsioon, põhinedes taustainfole ning uurimusele, võib kogu olulise kokku võtta plokk skeemina (vt Joonis 5.1). Sellelt on näha, et tähtsamate punktidenä on välja toodud alamteemad nagu sihtgrupp, nõuded, makseviis, juhtimiseviis, funktsionaalsus ning integreerimine.

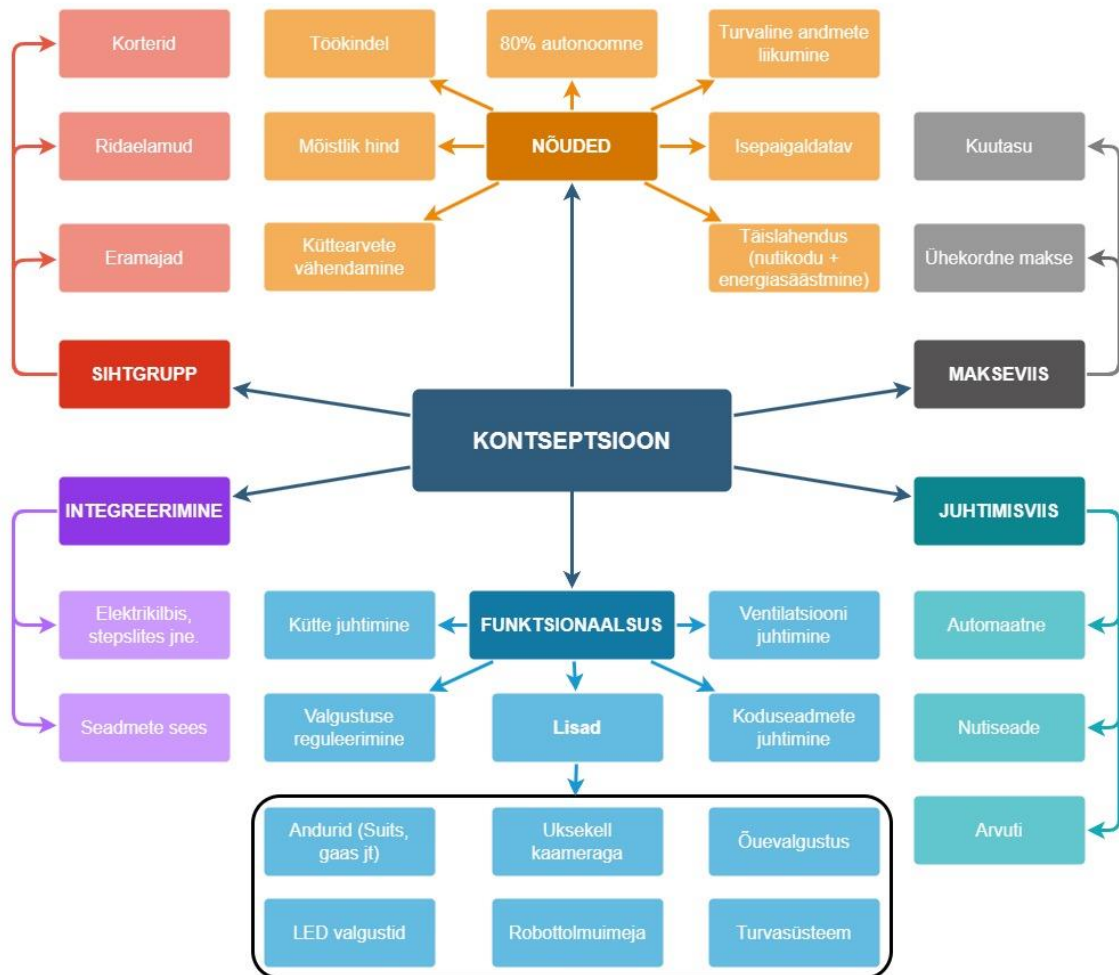
Skeemilt on näha kokkuvõtvalt järgmist:

- Kontseptsioon on eelkõige mõeldud klassikalistele elupindadele. 92% koduomanikest on väljendanud konkreetselt soovi uurimuse käigus selgunud lahenduse vastu.
- Tähtsamateks nõueteks saab pidada süsteemi töökindlust ning mõistliku hinda, mis peab alla tooma energiakulud – eelkõige elektri ja kütmise peale minevad kulutused.
- Kasutajate ootused on selged - nad soovivad, et selline koduautomaatika süsteem peaks olema isepaigaldatav, turvaline, privaatne ja umbes 80% ulatuses autonoomne lahendus, mis hõlmab nutikodu funktsionaalsust ja energiasäästu võimekust.
- Kui tegu on juba kaks ühes variandina, peavad lisatavad seadmed olema visuaalselt peidetud hoone vooluvõrgustikku või paiknema seadme sees.
- Süsteem peab olema autonoomne, kus inimese sekkumine on minimaalne, kuid alati omab seda võimalust kasutaja soovi korral. Sellisel juhul eelistatakse selleks kasutada oma nutiseadmeid, nagu telefoni, tahvelarvutit või tavapäras arvutit.
- Energiasäästev tark hoone peab hakkama saama tegevustega, nagu kütte, ventilatsiooni ja koduseadmete juhtimisega, valgustuse reguleerimisega ning omama varieeruvaid lisasid. Enimsoovitumate täiendustena nähakse kasulikke

ja turvalisust tagavaid andureid (suitsu- ja (vingu)gaasiandurid), LED valgusteid, kaameraga uksekella, robottolmuimejat, õuevalgustust ning kodule mõeldud turvasüsteemi.

- Lahenduse eest ollakse nõus tasuma kahel viisil – kuumaksepehõhiselt või ühekordse maksega.

Siinkohal toob autor märkusena välja, et plokkskeemil on visuaalselt välja toodud peamised kontseptsiooni alla kuuluvad komponendid, mis selgusid puhtalt uurimuse käigus läbi viidud küsitluse põhjal. Kuigi võimalusi säästliku nutihoone ülesehituse jaoks on mitmeid, on käesolevas töös välja toodud ainult kõige populaarsemad valikud koduomanike seisukohast.

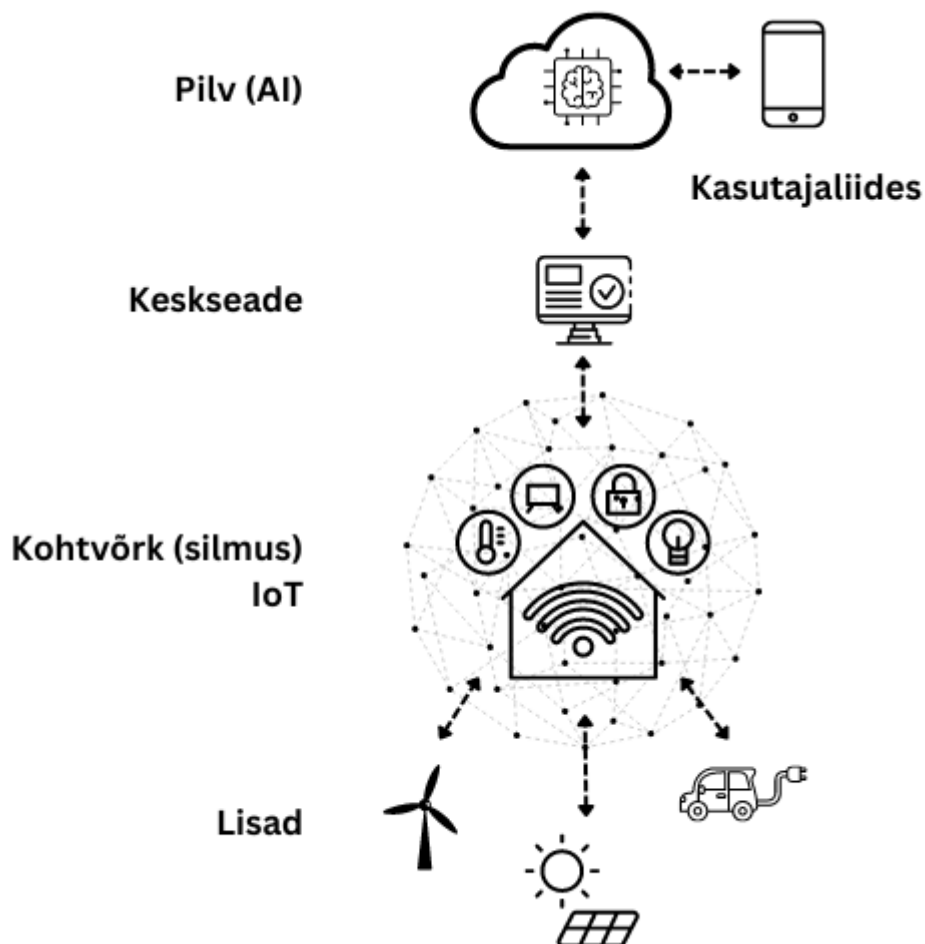


Joonis 5.1. Kontseptsioon plokkskeemina

Töö teiseks põhieesmärgiks oli välja selgitada sobilik lahendus tarbimise juhtimiseks. Selle koostamisel lähtus autor kogutud taustainfol ning küsitluse käigus saadud tulemustest. Tulemusena valmis eskiislahendus, mis kirjeldab võimalikku lahenduse

ülesehitust (vt Joonis 5.2). Skeemil on viite alamsüsteemi: Kasutajaliides, pilveteenus koos tehisintellektiga, kontrollerr, kohtvõrk koos paigaldavate seadmetega ning lisad.

Kogu paigaldatav süsteem põhineb silmusvõrgu ühendusel kohtvõrgus (LAN), mis on hoonesse üles seatud. Nimetatud ülesehitus võimaldab seadmete vahelist paremat kommunikatsiooni ning töökindlust. Paigaldatud seadmed on kaugjuhitavad täiturid ja sensorid nagu releed, pistikud, lülitid, liikumisandurid jt. Kõiki eelnevaid juhib keskseade Tema töö põhimõtte seisneb seadmete juhtimises ja haldamises. Nimetatul seadmel on samuti loodud internetiühendus pilveteenusega, mille kaudu on võimalik sisse viia parandusi ja uuendusi süsteemi, kuid ka tarkvara, mis aitab tagada autonoomsust. Interneti kaudu on kasutajal ühendus ka kasutajaliidesega (UI), kus tal on ülevaade oma hoonest ning võimalus alati manuaalselt sekkuda süsteemi toimimisse. Samuti on võimalus lisada süsteemile täiendlahendusi, nagu iseseisev energiatootmine, elektriauto laadimine vms. Nimetatud lisadid saab pidada eriliselt, kuna nende kaudu on võimalik mõjutada hoone energiatarbimist märkimisväärsel kujul.



Joonis 5.2. Energiatarbimise juhtimise eskiislahendus

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada koduomanike jaoks sobiv energiatarbimise juhtimise lahendus ning koostada kontseptsioon taolise lahenduse arendamiseks. Nimetatud teema on aktuaalseks saanud tänu järskudele energiahindade tõusule aastal 2021, mis on mõjutanud nii tavatarbijate kui ettevõtete kulusid märkimisväärselt. Kuna tavatarbijal puudub võimalus energeetikasektorit mõjutada, otsustas autor läheneda koduomanike seisukohast, milliseid meetmeid saaks tavatarbija ise rakendada olukorra parandamiseks.

Töö käigus uuriti koduse energia juhtimispotentsiaali, selleks tänasel päeval kättesaadavaid lahendusi ning kaasnevaid riske. Lõpptulemusena pani autor kokku lahenduse ja kontseptsiooni tarbimise juhtimiseks, põhinedes läbiviidud küsitluse analüüsil. Viimase puhul kaardistati Eesti koduomanike energiakasutus, -harjumused ja -säästmismeetmed ning soovitatav tarbimise juhtimise lahendus ja ülesehitus.

Lõputöö esimeses osas antakse ülevaade Eesti kodumajapidamistest ning nende keskmisest energiatarbimisest. Lisaks vaadeldakse põhilisi kodutarbijaid ning nendega seotud säästuvõimalusi, mida on võimalik saavutada tõhusamate seadmete vastu vahetamisel ning tarbimise juhtimise meetoditega. Selgus, et energiatarbimise vähendamine on võimalik tõhusamate seadmete ja tarbimise juhtimise abil, mis toob kaasa märkimisväärsed sääste. Keskmine elektritarbimine Eesti majapidamises jääb vahemikku 3000-4000 kWh aastas, kus energiaefektiivsemate seadmete vastu vahetamisel on keskmine tasuvusaeg umbes kolm aastat (lähtudes, et elektri hind on 0,12 eurot / kWh). Lisaks sõltuvalt hindade erinevusest võib tavakasutaja aastane elektrikulu muutuda sadades eurodes. Erinevate meetoditega on võimalik vähendada kodumajapidamise tarbimist 10 - 30% aastas, kui rakendada automatiseeritud lahendusi.

Töö teises osas antakse ülevaade tänasel päeval tegutsevatest Eesti ettevõtetest, kes pakuvad lahendusi energiatarbimise juhtimiseks ning optimeerimiseks. Selgub, et viimase paari aasta jooksul on ettevõtete tegevus energiakulude vähendamiseks märkimisväärselt hoogustunud ning aktiivselt arendatakse erinevaid võimalusi. Populaarseks on saanud elektri börsihinnapõhised lahendused, millega lubatakse vähendada kulusid kuni 30% aastas. Osad süsteemid keskenduvad hoone kütte ja boilerite tõhusamale kasutusele, teised variandid elektriauto soodsamale laadimisele ning kolmandad tehisintellekti põhised andmete kogumist ja tarbimise optimeerimist. Autori hinnangul on positiivne näha arengut ja edasiliikumist valdkonnas, mis on alles oma algusjärgus.

Kolmandas osas analüüsitakse autori poolt läbi viidud küsimustiku tulemusi. Küsitlusele vastanud 142 koduomanikku andsid olulist sisendit, mis aitavad mõista paremini Eesti kodude energiakasutust, inimeste teadlikkust selles valdkonnas ning konkreetseid soove tarbimise juhtimise lahenduse osas. Peamiste tulemustena selgub, et Eesti koduomanik soovib muuta oma kodu energiasõbralikumaks, kuid vajab kindlasti teadlikkuse suurendamist. Peamiselt soovitakse väiksemaid kütte- ja elektriarveid ning ollakse nõus rakendama süsteemi, mis lisaks tarbimise vähendamisele omab targa kodu võimekust. Seega soovitakse mugavat tehnilist lahendust koos praktiliste väljunditega.

Neljandas teemapunktis kirjeldab autor peamiseid riske, mis kaasnevad targa hoone põhisega lahendusega. Suurimateks murekohtadeks on privaatsus, turvalisus, töökindlus ja ühilduvus. Hetkeseisuga on nimetatud punktid endiselt suurimad probleemkohad, millega võivad kaasneda kasutaja mugavust mõjutavad tagajärjed, nagu andmete lekkimine kolmandatele osapooltele, seadmete talitushäired, privaatsusrikkumised ja kasutaja mugavuse tugev langemine. Vastumeetmetena on võimalik kasutajal rakendada paroolisüsteemi, usaldusväärseid seadmeid tuntumate tootjate poolt, õigeaegseid tarkvara uuendusi ja kursis olla ettenähtud juhendite ja nõuete osas.

Viiendas ja viimases osas on plokk skeemidena ülesehitatud tarbimise juhtimise kontseptsioon ja lahendus. Kontseptsioonis on lähtutud ainult läbiviidud küsitluse tulemustele, kus selgub, et koduomanikud soovivad täislahendust, mis aitab vähendada energiakulusid (küte, ventilatsioon, valgustus ja kodumasinad) ning omab rohkelt lisasid (kaameraga uksekell, suitsu- ja gaasiandurid, kaameraga uksekell, LED valgustid jt.). Samuti peab lahendus olema autonoomne, kuid omab võimalust igal hetkel kasutajapoolset sekkumist nutiseadme või arvuti kaudu. Paigaldatavad seadmed peaksid olema vooluvõrgus või seadmete sees ning olulisemad riskid, mis punktis neli on kirjeldatud, peaksid olema maandatud. Tarbimise juhtimise lahendus on koostatud autori hinnangul, põhinedes taustainfole ning küsitluse tulemustele.

Lõputöö tulemused pakuvad alust kirjeldatud lahenduse edasiseks arendamiseks ja väljatöötamiseks. Järgnevas sammus hakkab töö autor koostama prototüüplahendust, mida on võimalik rakendada kodumajapidamistes. Seejärel saab hakata koguma andmeid, mille põhjal saab alguse panna autonoomse süsteemi arendusele, mis põhineb tehisintellektil. Autor on veendunud, et sellise edasiminekuuga on tulevikus niinimetatud targad kodud Eestis tavapärane nähtus. Samuti leiab autor, et arendatud süsteemidega on võimalik tuua märkimisväärne muutus energiatarbimise tõhususse ning oluliselt vähendada kodude süsiniku jalajälge.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] A. Paulus, K. Staehr. (2022). The Energy Crisis in the Baltic States: Causes, Challenges, and Policies. EconPol Forum (pp. 28-32). Loetud aadressil: <https://www.cesifo.org/DocDL/econpol-forum-2022-6-staehr-paulus-energy-crisis.pdf>
- [2] Statistikaamet (2022). KE0230: ENERGIABILANSS KÜTUSE VÕI ENERGIA LIIGI JÄRGI (EUROSTATI METOODIKA). https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__energeetika__energia-tarbimine-ja-tootmine__aastastatistika/KE0230. Kasutatud 15.03.2023
- [3] I. Drovtar, A. Rosin, M. Landsber, J. Kilter "Large scale electric vehicle integration and its impact on the Estonian power system" in 2013 IEEE Grenoble Conference, Grenoble, 2013, pp. 1–6. Loetud aadressil: [Large scale electric vehicle integration and its impact on the Estonian power system | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#) , Kasutatud 26.10.2022.
- [4] ACER. (2021). ACER's Preliminary Assessment of Europe's high energy prices and the current wholesale electricity market design. <https://acer.europa.eu/sites/default/files/2022-05/ACER%27s%20Preliminary%20Assessment%20of%20Europe%27s%20high%20energy%20prices%20and%20the%20current%20wholesale%20electricity%20market%20design.pdf>. Kasutatud 14.03.2023
- [5] Nord Pool AS. Day-ahead prices. aadressil <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Yearly/?view=table>. Kasutatud 28.04.2023.
- [6] Statistikaamet (2022). *Elumajandus*. <https://www.stat.ee/et/avastatistikat/valdkonnad/majandus/elamumajandus>
- [7] Statistikaamet (2023). *Mõisted*. Loetud 20. veebruar 2023 aadressil https://www.stat.ee/et/statistikaamet/loendused/rahvaloendus-2021/2000-aasta-rahva-ja-eluruumide-loendus/moisted#a_eluruum
- [8] Statistikaamet (2022, 5. juuli). *Rahvaloendus: Eluruumide arv kasvab ning üha rohkem elatakse eramajades*. <https://www.stat.ee/et/uudised/eluruumid-ja-eluruumidega-hooned-31-detsember-2021>

- [9] Statistikaamet (2012). RL0221: TAVAEELURUUMID HOONE LIIGI, ELURUUMI ASUSTATUSE, OMANIKU, TEHNOVARUSTATUSE JA MAAKONNA JÄRGI, 31. DETSEMBER 2011. https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvaloendus__rel2011__eluruumid/RL0221
- [10] Eesti Tarbijatekaitse Liit (2022, 11. detsember). *ETL: Soovitud elektritarbimise paremaks juhtimiseks*. <https://tarbijakaitse.ee/etl-soovitud-elektritarbimise-paremaks-juhtimiseks/>
- [11] 1a. *Kodutehnika*. Loetud 14. aprill 2023 aadressil <https://www.1a.ee/>
- [12] I. Gomes, K. Bot, M.G. Ruano, A. Ruano, "Recent Techniques Used in Home Energy Management Systems: A review," *Energies* 2022, vol. 15, no. 8, pp. 1-42, 2022, <https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.3390%2Fen15082866>. 2022.10.26
- [13] D. Lebedev, A. Rosin "Practical use of energy management system with day-ahead electricity prices" in 2015 IEEE 5th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), Riga, 2015, pp. 1-5. Loetud aadressil: [Practical use of the energy management system with day-ahead electricity prices | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#), Kasutatud 26.10.2022.
- [14] A. Rosin, H. Hõimoja, T. Möller, M. Lehtla "Residential electricity consumption and loads pattern analysis" in Proceedings of the 2010 Electric Power Quality and Supply Reliability Conference, Kuressaare, 2010, pp. 1-6. Loetud aadressil: [Residential electricity consumption and loads pattern analysis | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#), Kasutatud 26.10.2022.
- [15] Teatmik. *Bisly OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 aadressil <https://www.teatmik.ee/et/personlegal/12198160-Bisly-O%C3%9C>
- [16] Bisly. *Intelligent Building Solution*. Loetud 19. veebruar 2023 aadressil <https://www.bisly.com/>
- [17] Teatmik. *Futugrid Technologies OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 aadressil <https://www.teatmik.ee/et/personlegal/14775972-Futugrid-Technologies-O%C3%9C>
- [18] Futugrid. *Juhi oma energiat*. Loetud 19. veebruar 2023 aadressil <https://futugrid.com/>
- [19] Teatmik. *Smart Load Solutions OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 aadressil <https://www.teatmik.ee/et/personlegal/12764599-Smart-Load-Solutions-O%C3%9C>

- [20] Themo. *Smart Solutions for Saving Electricity*. Loetud 19. veebruar 2023
adressil <https://www.themo.io/>
- [21] Teatmik. *Multicharge OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil
<https://www.teatmik.ee/et/personlegal/14627725-MultiCharge-O%C3%9C>
- [22] VOOL. *Charging your EV cost-effectively at home*. Loetud 19. veebruar 2023
adressil <https://www.vool.com/>
- [23] Teatmik. *Gridio 2.0 OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil
<https://www.teatmik.ee/et/personlegal/14494626-GridIO-2.0-O%C3%9C>
- [24] EU-Startups (2022, 18. oktoober). *Tallinn-based Gridio lands €1 million to empower cheaper and smarter energy usage*. <https://www.eu-startups.com/2022/10/tallinn-based-gridio-lands-e1-million-to-empower-cheaper-and-smarter-energy-usage/>
- [25] Gridio. *The smart way to use energy*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil
<https://www.gridio.io/>
- [26] Teatmik. *FuseBox OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil
<https://www.teatmik.ee/et/personlegal/12773434-FuseBox-O%C3%9C>
- [27] Digipro.geenius (2022, 8. detsember). *Fusebox kaasas Hollangi energiahiiult magusa summa, et viia oma tarkavara massidesse*.
<https://digipro.geenius.ee/rubriik/uudis/fusebox-kaasas-hollandi-erngiahiiult-magusa-summa-et-viia-oma-tarkvara-massidesse/>
- [28] Fusebox. *Unlock added value for your customers with Fusebox's flexibility software*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil <https://fusebox.energy/oem/>
- [29] Cleantech Estonia (2029, 29. juuli). *Eesti startup FuseBox kujundab ümber senist elektriturgu*. <https://www.cleantechforest.ee/post/2018/08/29/eesti-startup-fusebox-kujundab-%C3%BCmber-senist-elektriturgu>
- [30] Teatmik. *R8 Technologies OÜ*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil
<https://www.teatmik.ee/et/personlegal/14219268-R8-Technologies-O%C3%9C>
- [31] R8 Technologies. *R8 digital operator*. Loetud 19. veebruar 2023 adressil
<https://r8tech.io/digital-operator/>

- [32] Wilson, C. Hargreaves, T. Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy Policy*, 103, 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.047>
- [33] Pira, S. The social issues of smart home: a review of four European cities' experiences. *Eur J Futures Res* 9, 3 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40309-021-00173-4>
- [34] C. Lee, L. Zappaterra, Kwanghee Choi and Hyeong-Ah Choi, "Securing smart home: Technologies, security challenges, and security requirements," 2014 IEEE Conference on Communications and Network Security, San Francisco, CA, 2014, pp. 67-72, doi: 10.1109/CNS.2014.6997467.
- [35] Wang, C. Liu, Q. Zing, L. Guan, Q. Tang, C. Yu, M. (2012). Reliability analysis of smart home sensor systems subject to competing failures. *Reliability Enrgineering and System Safety*, 221, 108327. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108327>
- [36] Eesti Rahvusringhääling (2022, 11. detsember). *Saaremaal ja Hiiumaal on üle 5000 majapidamise elektrita*. <https://www.err.ee/1608816547/saaremaal-ja-hiiumaal-on-ule-5000-majapidamise-elektrita>
- [37] ConsumerReports (2022, 3. november). *The Matter Smart Home Standard is Finally Available: Here's What It Means for Your Home*. <https://www.consumerreports.org/smart-home/matter-smart-home-standard-faq-a9475777045/>
- [38] Digigeenius (2022, 3. juuli). *Kuidas oma kodu nutikaks teha ja palju see maksab? Kolm eestlast räägivad enda kogemustest*. <https://digi.geenius.ee/eksklusiiv/kuidas-teha-oma-kodu-nutikaks-ja-palju-see-maksab-kolm-eestlast-raagivad-enda-kogemustest/?nocache=1>

LISAD

Lisa 1 Elektriseadmete aastased tarbimised

Elektriseade	Keskmine kasutusaeg aastas	Aastane tarbimine, kWh	0,06 € / kWh	0,12 € / kWh	0,24 € / kWh
Elektriboiler 100 l 2200 W	365 päeva 24 h	1700,00	€102,00	€204,00	€408,00
Vanem külmik	365 päeva 24 h	600,00	€36,00	€72,00	€144,00
Elektriradiaator 2000 W	2h x 150 päeva	600,00	€36,00	€72,00	€144,00
Kuivati (C energiaklass)	100 x aastas	500,00	€30,00	€60,00	€120,00
Plasmatelev 55" + ooterežiim	4 h päevas + 365 päeva 24 h	480 kWh + 40 kWh	€ 28,8+2,4	€ 57,6+4,8	€ 115,2 + 9,6
Elektripliit 2500 W	2 x päevas	360,00	€21,60	€43,20	€86,40
Arvuti kuvariga	4 h päevas	300,00	€18,00	€36,00	€72,00
Pesumasin (F energiaklass)	200 x aastas	270,00	€16,20	€32,40	€64,80
Keraamiline pliit 2000 W	2 x päevas	260,00	€15,60	€31,20	€62,40
Induktsioonpliit 2500 W	2 x päevas	210,00	€12,60	€25,20	€50,40
Külmik (D energiaklass)	365 päeva 24 h	200,00	€12,00	€24,00	€48,00
Nõudepesumasin (D energiaklass)	5x nädalas	200,00	€12,00	€24,00	€48,00
Kuivati (A+++ energiaklass)	100 x aastas	200,00	€12,00	€24,00	€48,00
Valgusti, hõõglamp 100 W	5 h päevas	185,00	€11,10	€22,20	€44,40
Pesumasin (C energiaklass)	200 x aastas	180,00	€10,80	€21,60	€43,20
LCD teler 40" + ooterežiim	4 h päevas + 365 päeva 24 h	150 kWh + 15 kWh	€ 9+0,9	€ 18+1,8	€ 36 + 3,6
Elektriahi 3000 W	3 x 1,5 h nädalas	150,00	€9,00	€18,00	€36,00
Valgusti, halogeen 60 W	5 h päevas	110,00	€6,60	€13,20	€26,40
LED teler 55" + ooterežiim	4 h päevas + 365 päeva 24 h	90 kWh + 2 kWh	€ 5,4+0,12	€ 10,8+0,24	€ 21,6 + 0,48
Sülearvuti	4 h päevas	90,00	€5,40	€10,80	€21,60
Mängukonsool	2 h päevas	85,00	€5,10	€10,20	€20,40
Wi-Fi ruuter	365 päeva 24 h	85,00	€5,10	€10,20	€20,40

Elektriseade	Keskmine kasutusaeg aastas	Aastane tarbimine, kWh	0,06 € / kWh	0,12 € / kWh	0,24 € / kWh
Kell-raadio 10W	365 päeva 24 h	85,00	€5,10	€10,20	€20,40
Tolmuimeja 800 W	2 h nädalas	80,00	€4,80	€9,60	€19,20
Triikraud 2000 W	1,5 x nädalas	75,00	€4,50	€9,00	€18,00
Arvuti kuvariga ooterežiimis	365 päeva 24 h	70,00	€4,20	€8,40	€16,80
Mikrolaineahi 1000 W	1,5 x nädalas	60,00	€3,60	€7,20	€14,40
Digiboks	365 päeva 24 h	50,00	€3,00	€6,00	€12,00
Veekeetja 1500 W	5 min päevas	45,00	€2,70	€5,40	€10,80
Kohvimasin 1000 W	5 min päevas	30,00	€1,80	€3,60	€7,20
Köögikubu (E energiaklass)	1 h päevas	25,00	€1,50	€3,00	€6,00
Sülearvuti ooterežiimis	365 päeva 24 h	20,00	€1,20	€2,40	€4,80
Valgusti, LED 12 W	5 h päevas	20,00	€1,20	€2,40	€4,80
Köögikubu (A energiaklass)	1 h päevas	15,00	€0,90	€1,80	€3,60
Föön	0,5 h päevas	10,00	€0,60	€1,20	€2,40
Mobiiltelefoni laadija	4 h päevas	7,00	€0,42	€0,84	€1,68
Aastane kulu		4387	€268,74	€537,48	€1074,94

The concept of power consumption management

* Viitab kohustuslikule küsimusele

1. Keel / Language / Язык

Märkige ainult üks ovaal.

- Eesti keel *Liikuge küsimuse 2 juurde*
 English *Liikuge küsimuse 34 juurde*
 Русский *Liikuge küsimuse 66 juurde*

Eesti keel

Hea vastaja!

Ma olen siiralt tänulik sulle, et oled leidnud oma tee selle väikese küsimustikuni.

Mina olen Sander Õispuu ning käesolev küsimustik on võtmetähtsusega minu bakalaureuse lõputöös.

Seoses kõigile koduomanikele hellaks teemaks saanud energiahindadega, olen otsustanud uurida erinevaid säästuvõimalusi majapidamise seisukohast ning seejuures asjaolu, millist energiasäästu lahendust teie kui koduomanik soovib näha oma elamises.

Töö tulemusena peaks valmima esimene kontseptsioon koduseks elektrisäästu lahenduseks koduomanike seisukohast.

NB! Küsimustikule vastamine võtab vähem kui 10 minutit. Päriselt.

Tänades ette ja parimat soovides
 Sander Õispuu
 TalTechi mehhatroonika 3. kursuse tudeng
 oispuusander17@gmail.com

2. Vanus

Märkige ainult üks ovaal.

- <20
 21-30
 31-40
 41-50
 51-60
 >60

3. Elamispinna liik? *

Märkige ainult üks ovaal.

- Korter
 Eramaja
 Ridaelamu
 Muu: _____

4. Elamispinna suurus? *

Märkige ainult üks ovaal.

- <25 m²
 26-50 m²
 51-75 m²
 76 - 100 m²
 101-150 m²
 151-200 m²
 >200 m²

5. Elanike arv eelkirjeldatud pinnal? *

Märkige ainult üks ovaal.

- 1
 2
 3
 4
 5
 >5

6. Hinnanguline neto sissetulek kuus majapidamise kohta *

Märkige ainult üks ovaal.

- <500€
 500€ - 1000€
 1000€ - 1500 €
 1500€ - 2000€
 2000€ - 2500€
 2500€ - 3000€
 3000€ - 3500€
 3500 € - 4000€
 4000€ - 4500 €
 4500€ - 5000€
 >5000€
 Soovin mitte avaldada

7. Kasutatav küteliik *

Märkige kõik sobivad.

- Elektriküte
 Keskküte
 Puuküte
 Pelletiküte
 Maasoojusküte
 Gaasiküte
 Soojuspump
 Muu: _____

8. Hinnanguline kütmiseks minev kulu kokku aastas (st elekter, küttepuid, toormaterjal, transport jms) €

Kasulikud lehed:

[Avaleht - Elektrilevi](#)

[Festi Energia: sinu usaldusväärne energiapartner - Festi Energia](#)

9. Keskmine elektrikulu kuus *

Märkige ainult üks ovaal.

- <30 €
 31-60 €
 61-90 €
 91-120 €
 121-150 €
 151-180€
 >180 €

10. Millist elektripaketti kasutate hetkel? *

Märkige ainult üks ovaal.

- Fikseeritud pakett
 Börsipakett
 Universaalpakett
 Ei tea täpselt
 Muu: _____

11. Hinda, kui hästi sinu majapidamine soojahoiab? *

Märkige ainult üks ovaal.

Väga kehvasti

1

2

3

4

5

6

Väga hästi

15. Mis sulle meeldib praeguste energiasäästu meetodite juures? *

16. Mis sulle ei meeldi enda praeguste energiasäästu meetodite juures? *

17. Milliseid targa maja lahendusi kasutate kodus? *

Märkige kõik sobivad.

- Gridio
 Themo
 Shelly
 Futugrid
 Alexa
 Home Assistant
 Google Home
 HomeKit
 Puudub
 Muu: _____

18. Mis sulle meeldib oma targa maja lahenduste juures? *

19. Mis sulle ei meeldi oma targa maja lahenduste juures? *

12. Hoone valmimisaasta *

Märkige ainult üks ovaal.

- <1970
 1971-1980
 1981-1990
 1991-2000
 2001-2010
 2011-2020
 2020+

13. Hoone / maja energiamärgis *

Märkige ainult üks ovaal.

- A
 B
 C
 D
 E
 F
 G
 Ei tea / puudub

14. Milliseid energiasäästu viise ja seadmeid kasutate või oled kasutanud? *

Märkige kõik sobivad.

- Lülitin kodust lahkudes seadmed vooluvõrgust välja
 Kustutan tuled ruumist lahkudes
 Kasutan küttesel termostaati, mis reguleerib kütet vastavalt börsihinnale
 Kasutan päikesepaneele
 Kasutan salvestustehnoloogiasid (nt aku)
 Jälgin börsihinda ja ajastan suuremaid toimetusi vastavalt sellele
 Pesen pesu jms öösiti
 Muu: _____

20. Millist järgnevat süsteemi oleksid nõus enda koju rakendama? *

Märkige ainult üks ovaal.

- Targa kodu süsteem (saad juhtida ja ajastada valgustust, kütet jms läbi nutiseadme, manuaalne ja automatiseeritud)
 Energiasäästmise seadmed (vähendavad energiatarbimist, järgides erinevaid parameetreid)
 Eelnevad kaks nimetatud kokkupanud täislahendusena
 Ei soovi midagi lisada oma koju
 Muu: _____

21. Kui vastasid, et ei soovi midagi lisada oma koju või hoonesse, täpsusta miks?

22. Mida pead kõige olulisemaks tarkade hoonete / energiasäästu lahenduste puhul? (vali 2 kriteeriumit) *

Märkige kõik sobivad.

- Väiksemad küttearved
 Lühike tasuvusaeg
 Nutimaja võimekus
 Süsteemi mõistlik hind
 Töökindlus
 Turvasüsteemi olemasolu
 Turvalisustunne hoone / kodu üle (välja lülitatud koduseadmete üle)
 Muu: _____

23. Millist sorti seadmeid sa eelistad rakendada hoonesse? *

Märkige ainult üks ovaal.

- Üks või mitu nutividinat, mida saab pistikutesse ise panna. (Seadme ja vooluvõrgu vahele)
- Üks või mitu nutiseadit, mida tuleb paigaldada elektrikliipi.
- Mitmest seadmest koosnev täislahendus, mis asuvad elektrikliibis, stepsli sees, lambipiimides jne.
- Ei soovi lisatükke, võiks juba olla kasutatava seadme sees.
- Muu: _____

24. Kust eelistad lahendust soetada? *

Märkige kõik sobivad.

- E-poest
- Ehituspoest
- Toidupoest
- Elektroonikapoest

25. Kas pead oluliseks, et süsteem & seadmed on iseseisvalt paigaldatavad (st elektriku abi ei ole vaja)? *

Märkige ainult üks ovaal.

- Jah
- Ei
- Võimalus paigaldada ise, kuid eelistan elektriku abi.

28. Millist tasumisviisi eelistaksid, kui soovid energiat säästvat süsteemi lisada hoonesse / koju? (Arvestades asjaoluga, et lahendus on võimalik teise elukohta kaasa võtta) *

Lahenduse maksumus ca 1000 - 3000€
Investeeringu tasuvus ca 2-6 aastat.

Märkige ainult üks ovaal.

- Kuutasu
- Ühekordne makse
- Ühekordne algmakse ja kuuteenus
- Maksuplaan põhitasule (nt järelmaks üheks aastaks) ning seejärel kuuteenus
- Muu: _____

29. Kuidas tahad näha andmete liikumist? *

Märkige ainult üks ovaal.

- Läbi elektrimüüja
- Turvaline kanal, kust info ei pääseks kolmandatele osapooltele
- Ei ole oluline minu jaoks
- Pole kursis küberturvalisusega, kuid soovin, et asja töötaksid võimalikult turvaliselt
- Muu: _____

30. Kuidas eelistaksid juhtida seadmeid targas kodus? *

Märkige kõik sobivad.

- Nutitelefoniga
- Tahvelarvutiga
- Süle- või lauaarvutiga
- Tahvelarvutiga, mis on võimalik seadmetega kaasa osta
- Läbi häälkäskluse (Alexa vms olemasolul)
- Süsteem peaks olema täiesti automaatne, et kasutaja sekkumine pole vajalik
- Süsteem peaks olema niipalju automaatne, et kasutaja sekkumine on minimaalne
- Seinale kinnitatava või lauale asetatav väikese ekraani
- Muu: _____

26. Milliste seadmete juhtimist pead olulisteks? *

Märkige kõik sobivad.

- Kütte juhtimine (sõltumata tüübist)
- Valgustuse reguleerimine/ juhtimine
- Boileri reguleerimine
- Ventilatsiooni juhtimine
- Koduseadmete juhtimine (TV, keedukann, arvuti, külmkapp, pliit, ahi)
- Andurite võimekus (suitsu-, vingu ja gaasiandur)
- Turvasüsteemi võimekus
- Lisad (ukselell kaameraga, uktselukk, robotolmuimeja, LED valgustused jne)
- Muu: _____

27. Milliseid lisafunktsioone sooviksid veel lahendusse? *

Märkige kõik sobivad.

- Ukselell kaameraga
- Robotolmuimeja
- LED valgustid
- Turvasüsteem
- Andurid (nt suitsuandur)
- Elektriauto laadimine
- Muru kastmine
- Taimede kastmine kasvuhuones
- Robotmuruiniiduk
- Öuvealgustus
- Garaaziuks
- Sissesõiduvärv
- Puudub
- Muu: _____

31. Kui autonoomset süsteemi soovid oma kodus näha? *

Märkige ainult üks ovaal.

Täielikult manuaalne

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

Täielikult automatiseeritud

32. Millist infot tahaksid programmis/äpis näha? *

Märkige kõik sobivad.

- Säästetud energia hulk
- Säästetud raha hulk
- Elektrihinna börsiinfot
- Ülevaadet kogu majapidamisest koos seadmetega
- Soovitused paremaks säästmiseks
- Suurimad tarbijad kodus teatud aja lõikes
- Muu: _____

33. Soovitusi, kommentaare, ettepanekuid?
