



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

KODUMAJAPIDAMISSEADMETE KAUGJUHTAVUSE ANALÜÜS

ANALYSIS OF REMOTELY CONTROLLED HOUSEHOLD APPLIANCES

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Jaak Lepik

Üliõpilaskood: 179033

Juhendaja: Freddy Plaum, doktorant-nooremteadur

Kaasjuhendaja: Argo Rosin, professor

Tallinn, 2020

(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.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Jaak Lepik

Lõputöö liik: Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Kodumajapidamisseadmete kaugjuhitavuse analüüs

Kuupäev: Mai 2020

80 lk

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): doktorant-nooremteadur Freddy Plaum, professor Argo Rosin

Töö konsultant (konsultandid): -

Sisu kirjeldus:

Lõputöö eesmärgiks on anda ülevaade kaugjuhitavatest kodumajapidamisseadmetest ja uurida milliseid „rumalaid“ kodumajapidamisseadmeid tasub teha kaugjuhitavateks ning pakkuda välja vastav lahendus kodumajapidamisseadmetest targa kodu labori loomiseks.

Kõigepealt antakse ülevaade kodumajapidamisseadmete elektrienergia tarbimisest ja klassifitseeritakse seadmete juhitavus. Kirjeldatakse kodumajapidamistes kasutatavaid andmeside standardeid. Järgnevalt uuritakse integreeritud kaugjuhitavate kodumajapidamisseadmete funktsionaalsusi. Uuritakse nutikaid pistikupesasid ja nende täiendavaid funktsionaalsusi. Analüüsitakse Eesti turul olevaid analoogseid nutikaid kaugjuhitavaid ja rumalaid seadmeid. Lõpetuseks uuritakse kodumajapidamisseadmete ühisele juhtplaformile integreerimise võimalusi ning pakutakse välja soovituslik lahendus targa kodu labori loomiseks.

Analüüsi meetodikaks on kvantitatiivne analüüs, mis lubas arusaadaval kujul välja tuua erinevate nutikate kodumajapidamisseadmete võrdluse ning integreeritud lahenduse.

Märksõnad: Kodumajapidamisseadmed, nutikas pistikupesa, nutipistik, nõudluskaja, nõudluspõhine juhtimine, tarbimise nihutamine, tark tarbija, nutikas kodumajapidamine, energia säästmine, koormuse vahetu juhtimine.

ABSTRACT

<i>Author:</i> Jaak Lepik	<i>Type of the work:</i> Bachelor Thesis
<i>Title:</i> Analysis of remotely controlled smart household appliances	
<i>Date:</i> May 2020	80 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>School:</i> School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Supervisor(s) of the thesis:</i> Early Stage Researcher Freddy Plaum, Professor Argo Rosin	
<i>Consultant(s):</i> -	
<i>Abstract:</i> <p>The purpose of the bachelor thesis is to provide an overview of remotely controlled smart household appliances, research which household appliances would be beneficial to remotely control and to propose a corresponding solution for building a smart home laboratory.</p> <p>The work begins by showcasing the electrical consumption of household appliances and categorizing the appliances based on their ability to be used for demand shifting. Described the most common wireless communication standards used for smart appliance remote controlling. Investigated the remote controllability functions of integrated smart household appliances. Smart plugs and their extended functionalities were researched and analysed. Performed comparative analysis of smart remotely controlled appliances and similar „dumb“ appliances on Estonian market. Researched integrating smart household appliances to a single control platform and proposed a recommended solution for a smart home laboratory.</p> <p>The methodology of the analysis was quantitative analysis, which allowed comparing smart appliances in a comprehensible way and helped to propose the integrated solution.</p>	
<i>Keywords:</i> Household appliances, smart appliance, smart plug, demand response, demand shifting, smart consumer, smart household, energy saving.	

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema:	Kodumajapidamisseadmete kaugjuhitavuse analüüs
Lõputöö teema inglise keeles:	Analysis of remotely controlled household appliances
Üliõpilane:	Jaak Lepik, 179033
Eriala:	Elektroenergeetika ja mehhatroonika
Lõputöö liik:	Bakalaureusetöö
Lõputöö juhendaja:	Freddy Plaum
Lõputöö kaasjuhendaja:	Argo Rosin
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	30.06.2020

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

1. Teema põhjendus

Eesti elektritootmine liigub järjest enam taastuenergia kasutamise suunas, mis tähendab, et järjest keerulisemaks muutub võimsusbilansi hoidmine, kuna taastuenergiaallikatest elektri tootmine on ootamatu iseloomuga. Nutikate kaugjuhitavate kodumajapidamisseadmete abil on võimalik tarbimise nihutamiseks elektrivõrgu tipukoormuseid vähendada, mis on eriti oluline just taastuvatele energiaallikatele tugineva süsteemi jaoks. Kuna kodumajapidamiste osakaal Eesti elektrienergia tarbimises on ligi kolmandik, siis kodumajapidamisseadmete juhtimisega on võimalik hoida balansis võrgu tarbimist ja tootmist ja samas ka üldist elektritarbimist vähendada.

2. Töö eesmärk

Anda ülevaade kaugjuhitavatest kodumajapidamisseadmetest ja uurida milliseid kodumajapidamisseadmeid oleks kasulik teha „nutikaks“ ning pakkuda välja vastav lahendus kodumajapidamisseadmetest targa kodu labori loomiseks.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- Kuidas muuta „rumalaid“ kodumajapidamisseadmeid nutikateks kaugjuhitavateks seadmeteks?
- Milliseid kaugjuhtimise funktsionaalseid ja riistavaralisi lahendusi pakutakse kodumajapidamisseadmetele?
- Milliseid andmeside standardeid kasutatakse kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimiseks?

4. Lähteandmed

Lähteandmetena kasutatakse erialast kirjandust, andmeid juhendajatelt ja teadusartiklitest.

5. Uurimismeetodid

Uurimismeetodiks on kirjanduse analüüs.

6. Graafiline osa

Graafilises osas kasutatakse jooniseid erinevatest lähteallikatest ja täiendavalt on kasutatud Microsoft Office Excelit diagrammide koostamiseks.

7. Töö struktuur

Sissejuhatus

1. Ülevaade kodumajapidamisseadmete elektritarbimisest ja tarbimise juhtimise võimalustest
2. Ülevaade kodumajapidamistes kasutatavatest andmeside standarditest
3. Integreeritud kaugjuhtimise võimalused kodumajapidamisseadmetes
4. Nutikad pistikupesad
5. Nutikate kodumajapidamisseadmete analüüs ja võrdlus
6. Soovituslik lahendus

Kokkuvõte

8. Kasutatud kirjanduse allikad

Töös kasutatud kirjanduse allikad on võetud teadusajakirjanduste väljaannetest, konverentside materjalidest, TalTechi raamatukogu materjalidest ning erinevatest veebiallikatest.

9. Lõputöö konsultandid

10. Töö etapid ja ajakava

Kirjanduse läbitöötamine (10.03.2020)

Lähteandmete kogumine (17.03.2020)

Teoreetilise osa kirjutamine (14.04.2020)

Uuringu tulemuste kirjeldamine (21.04.2020)

Järelduste tegemine (04.05.2020)

Kokkuvõtte koostamine (09.05.2020)

Juhendajale läbilugejaks saatmine (11.05.2020)

Paranduste sisseviimine (13.05.2020)

Juhendajale teiseks läbilugemiseks saatmine (15.05.2020)

Töö lõplik versioon valmis (18.05.2020)

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE.....	3
ABSTRACT	4
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	5
EESSÕNA.....	9
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	10
SISSEJUHATUS	11
1. ÜLEVAADE KODUMAJAPIDAMISSEADMETE ELEKTRITARBIMISEST JA TARBIMISE JUHTIMISE VÕIMALUSTEST	12
1.1 Elektrienergia tarbimine 3-toalises korteris.....	14
1.2 Kodumajapidamiseseadmete juhitavuse liigitus	16
1.2.1 Juhitavad	17
1.2.2 Osaliselt juhitavad	18
1.2.3 Mittejuhitavad.....	18
2. ÜLEVAADE KODUMAJAPIDAMISTES KASUTATAVATEST ANDMESIDE STANDARDITEST	20
2.1 Z-Wave	22
2.2 ZigBee.....	23
2.3 Wi-Fi.....	24
2.4 Standardite võrdlus.....	24
3. INTEGREERITUD KAUGJUHTIMISE VÕIMALUSED KODUMAJAPIDAMISSEADMETES	26
3.1 Riistvaralised võimalused.....	26
3.2 Funktsionaalsed võimalused	26
4. NUTIKAD PISTIKUPESAD	27
4.1 Turul olevad nutikad pistikupesad ja nende funktsionaalsused	30
4.1.1 Nutikate pistikupesade võrdlus.....	31
5. TARKADE KODUMAJAPIDAMISSEADMETE ANALÜÜS JA VÕRDLUS	35
5.1 Külmik-sügavkülmikud	35
5.2 Pesumasinad	37
5.3 Pesumasin-kuivatid	40
5.4 Nõudepesumasinad	41
5.5 Soojaveeboilerid	43
5.6 Mikrolaineahjud.....	46

5.7 Veekeetjad	47
5.8 Kohvimasinad	49
5.9 Õhksoojuspumbad	50
6. SOOVITUSLIK LAHENDUS.....	55
6.1 Kõik integreeritud nutikad seadmed	57
6.2 Kõik „rumalad“ seadmed ja nutikad pistikupesad	58
6.3 Autori väljapakutav nutikas lahendus.....	58
KOKKUVÕTE.....	60
SUMMARY	62
KASUTATUD KIRJANDUS	64

EESSÕNA

Antud lõputöö on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika bakalaureuseõppe lõputööks.

Bakalaureuseõppe lõputöö, „Kodumajapidamise seadmete kaugjuhitavuse analüüs“ valiku põhjuseks oli autori huvi nutikate kodumajapidamiste ja mikrovõrkude vastu. Antud teema pakkus välja professor Argo Rosin.

Täna oma juhendajaid Freddy Plaumi ja Argo Rosinat hea juhendamise, kiirete nõustamiste ning minu aitamiseks kulutatud aja eest.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

<i>Ad-hoc</i>	Arvuti-arvuti vaheline automaatselt seadistuv traadita kohalik võrk
<i>API</i>	Rakendusliides (ingl k <i>Application Program Interface</i>)
<i>E_ht</i>	Kõrge tariifiga periood
<i>E_lt</i>	Madala tariifiga periood
GWh	Gigavatt-tund
GW	Gigavatt
IFTTT	Tingimuse täitumisel toimub teine tegevus (ingl k <i>If This Then That</i>)
kWh	Kilovatt-tund
MWh	Megavatt-tund
MW	Megavatt

SISSEJUHATUS

Elektroenergeetikas toimuvad suured muutused: taastuvenergiaallikatel põhinev elektritootmine on suurenevas trendis, tarbijad muutuvad järjest targemaks, suureneb elektriautode osakaal, Eestis avati elektriturg [1]. Taastuvenergiaallikatest toodetud elektrienergia osakaalu suurenemisega muutub järjest keerulisemaks võimsusbilansi tagamine Eesti elektrisüsteemis.

Kodumajapidamiste osakaal Eesti elektrienergia tarbimises on ligi neljandik, mis tähendab, et kodumajapidamisseadmete nõudluspõhisel juhtimisel on palju potentsiaali elektrivõrgu võimsusbilansi tagamiseks. Nutikate kaugjuhitavate kodumajapidamisseadmete abil on võimalik rakendada kodumajapidamiste potentsiaali koormuste ajaliseks nihutamiseks, vähendades elektrisüsteemi tipukoormuseid.

Käesoleva lõputöö eemärgiks on anda ülevaade kaugjuhitavatest kodumajapidamisseadmetest ja uurida milliseid kodumajapidamisseadmeid oleks kasulik teha „nutikaks“ ning pakkuda välja vastav lahendus kodumajapidamisseadmetest targa kodu labori loomiseks.

Bakalaureusetöö on jagatud kuueks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade kodumajapidamisseadmetest ja klassifitseeritakse kodumajapidamisseadmed juhitavuse järgi. Teises peatükis antakse ülevaade enamlevinud nutikate kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimise andmeside standarditest ja nende topoloogiast. Kolmandas peatükis on antud ülevaade nutikate kodumajapidamisseadmete integreeritud kaugjuhtimise võimalustest. Neljandas peatükis on analüüsitud nutikaid pistikupesasid ja nende funktsionaalsusi ning on koostatud võrdlus erinevatest Eesti turul olevatest nutikatest pistikupesadest. Viiendas peatükis on analüüsitud ja võrreldud Eesti turul olevaid nutikaid ja „rumalaid“ kodumajapidamisseadmeid tarbimise juhtimise kontekstis. Kuuendas peatükis luuakse ülevaade targa kodumajapidamise integreerimisest ühisele juhtimisplatformile ja tulevikuvõimalustest ning on välja pakutud erinevad lahendused targa kodu labori loomiseks.

Antud bakalaureuse töö uurimismeetodiks on kirjanduse analüüs. Analüüsi meetodikaks on kvantitatiivne analüüs, mis lubab lihtsal kujul välja tuua erinevate nutikate kodumajapidamisseadmete võrdluse ning integreeritud lahenduse.

1. ÜLEVAADE KODUMAJAPIDAMISSEADMETE

ELEKTRITARBIMISEST JA TARBIMISE JUHTIMISE VÕIMALUSTEST

Antud töös käsitletakse nutika kodumajapidamisseadmena seadet, mis kasutab elektrit oma põhilise energiaallikana ning on võimeline vastu võtma juhtsignaale kasutaja või võrguettevõtte poolt ja omab võimekust vastavalt saadud signaalile automaatselt rakenduda. Kodumajapidamistes on kasutusel palju erinevaid kodumajapidamisseadmeid, mille nutikaks muutmisel on kasutajal võimalik säästa raha tarbimise nihutamisega madala tariifiga perioodile või pakkuda võrgu haldajale teenusena seadmete tarbimise nihutamist. Võrgu haldaja saab nutikate kodumajapidamiste abil alandada võrgus olevaid tipukoormuseid ning nihutada tarbimist tagamaks võimsuste bilanss. Võimsuste bilanss on vaja tagada, kuna elektrisüsteemi sageduse hoidmise huvides peavad elektrienergia tootmine ja tarbimine olema igal ajahetkel tasakaalus [2].

Kodumajapidamiste elektrienergia tarbimine kasvab Energiatalgute ekspertgrupi hinnangul 1,75% aastas kuni aastani 2050 [3]. Tulevikus on seega kasutajal võimalik elektri arvelt säästa aina enam raha ning nutikate kodumajapidamisseadmete potentsiaal elektrisüsteemi koormuse reguleerimisel on samuti tõusvas trendis. Elektrienergia tarbimist mõjutavad tänapäeval väga erinevad tegurid: suurenev sissetulek, majanduse üleilmastumine, tehnika areng, leibkondade väiksemaks jäämine, rahvastiku vananemine jne [4].

Lihtsaim variant majapidamistes elektrienergia tarbimise vähendamiseks on kasutada kõrge energiatõhususklassiga seadmeid. Kõrge energiatõhususklassiga seadmed võivad tarbida märkimisväärselt vähem energiat kui madala energiatõhususklassiga seadmed. Kodumajapidamistes on levinud järgnevad suure energiatarbega kodumajapidamisseadmed: külmikud-sügavkülmikud (99% kodumajapidamistest), televiisorid (97%), elektripliidid (72%), soojaveeboilerid (37%) jne [4] [5].

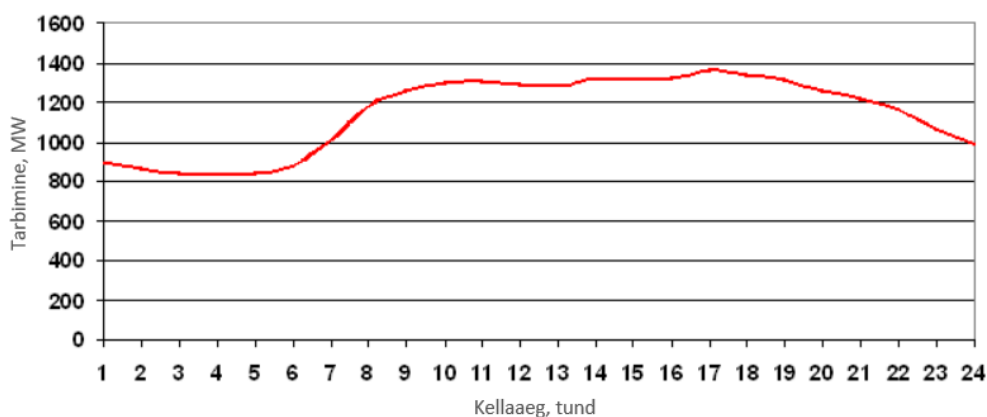
Keskmiselt tarbiti 2010. aastal Eesti kodumajapidamistes elektrienergia 3465 kWh. Elektrienergia tarbimine kodumajapidamistes oli linnades keskmiselt 3060 kWh ja maapiirkondades 4553 kWh. Hoone kütmine on üldjuhul Eesti majapidamistes suurim elektrienergia tarbija juhul, kui hoonesse on paigaldatud elektriküttesüsteem, aga kõigest 8% leibkondi kütab eluruume elektriga ning vaid 4%-l leibkondadel on statsionaarne elektriküttesüsteem. See tähendab, et elektriküttesüsteem on Eestis vähelevinud ning suurem potentsiaal on just kodumajapidamisseadmete juhtimisel ning nutikaks tegemisel. Ülejäänud osa majapidamisi saab oma soojuse keskkütte teel (70%) või kasutatakse ahju, pliiti või kaminat (22%) [4, 6].

Kodumajapidamiste osakaal Eesti elektritarbimises moodustas Statistikaameti 2018. andmetel 24,4% kogutarbimisest ehk 1950 GWh. Selle põhjal on valemiga 1.1 võimalik arvutada Eesti kodumajapidamiste hinnanguline keskmine koormus milleks on 220...230 MW [4, 7].

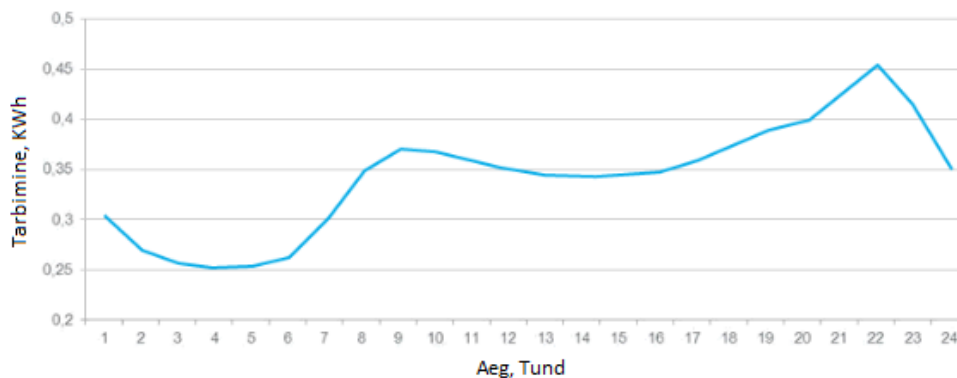
$$P = \frac{\text{Elektritarbimine}}{\text{Tundide arv aastas}} = \frac{1950 \text{ GWh}}{8760 \text{ h}} = 0,223 \text{ GW} = 223 \text{ MW} \quad (1.1)$$

Talveperioodil on kodumajapidamiste elektritarbimine märgatavalt suurem ning kodumajapidamiste keskmine maksimumtarbimine võib olla hinnanguliselt 420 MW [8].

Joonistel 1.1 ning 1.2 on välja toodud Eesti ööpäeva koormusgraafik ning Elektrilevi kodumajapidamiste ööpäeva tüüpkoormusgraafik, millelt näeme, et tüüpilise ööpäeva kõrgeim tipukoormus on vahemikus kell 09:00-19:00 (Joonis 1.1) ning kodumajapidamiste elektritarbimine on kõrgeim vahemikus kella 08:00-st kuni kella 22:00-ni. Kuna elektrivõrgu ja kodumajapidamiste koormus on suurim valdavalt kattuval ajal, siis elektrivõrgu tipukoormuste alandamiseks tuleks võimalusel kodumajapidamiste elektritarbimist nihutada vahemikku kell 20:00-07:00.



Joonis 1.1 Eesti ööpäeva jooksul tarbitav võimsus tundide lõikes [9]

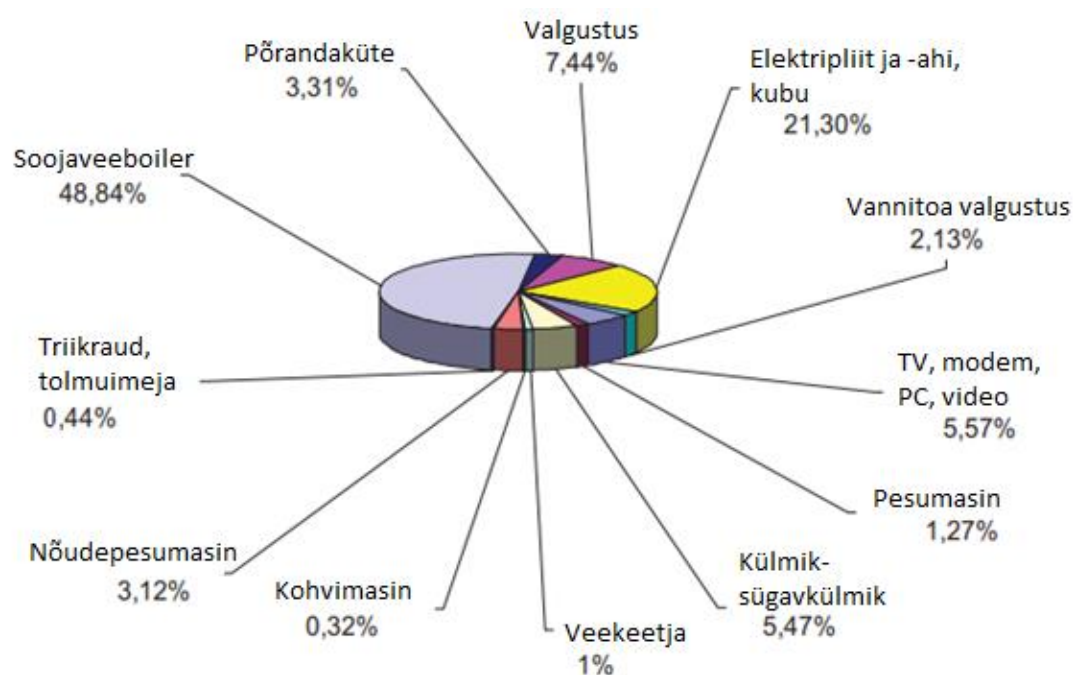


Joonis 1.2 Elektrilevi kodumajapidamiste ööpäeva energiatarbimise tüüpkoormusgraafik [10]

1.1 Elektrienergia tarbimine 3-toalises korteris

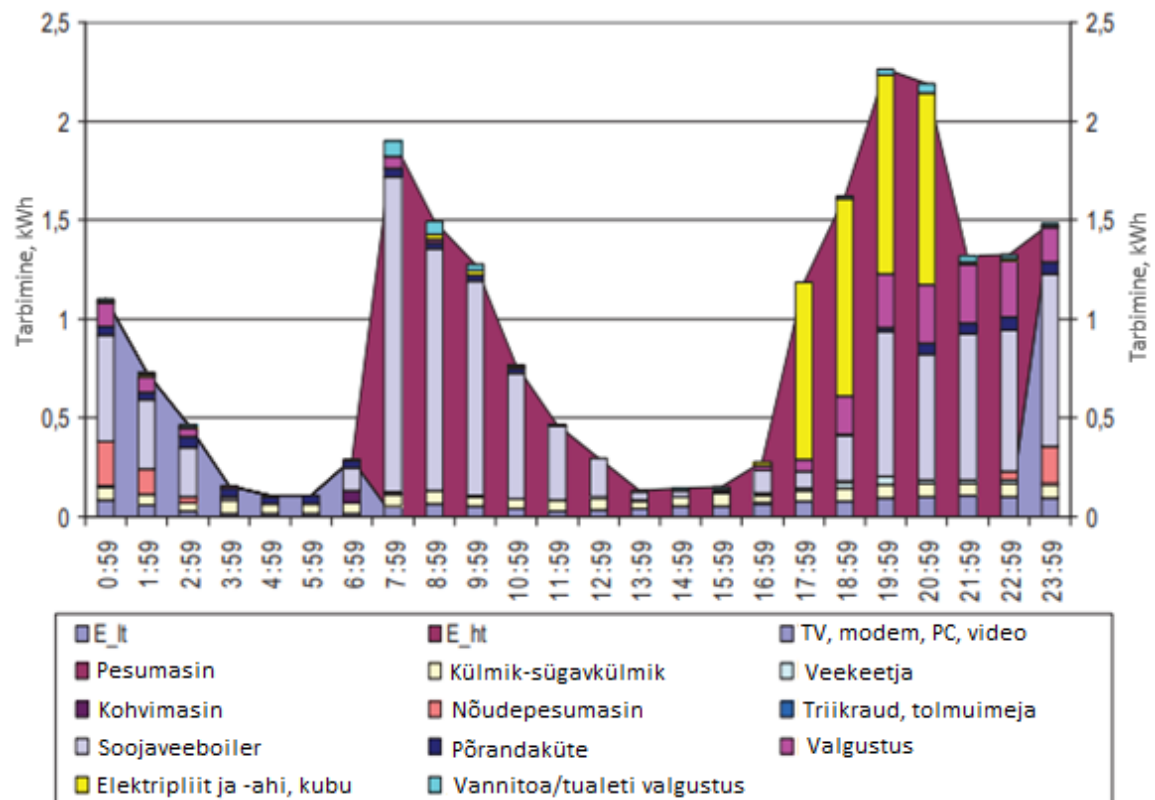
3-toalise korteri [11] elektrienergia tarbimise analüüsist saame järeldada, et elektriküttega soojaveeboileriga kodumajapidamistes kasutab soojaveeboiler kuni poole (48,84%) kogu majapidamises tarbitavast elektrienergiast (Joonis 1.3). Suuremad tarbijad on lisaks veel toiduvalmistamiseseadmed (21,30%), valgustus (7,44%), TV-PC-Meedia (5,57%) ja külmik-sügavkülmik (5,47%).

Kuna Eestis on laialt levinud ka keskküte ning puiduküttega vee soojendamine, siis analoogses korteris, kus ei ole soojaveeboilerit on suurimad tarbijad toiduvalmistamiseseadmed (41,5%), valgustus (14,5%), TV-PC-Meedia (10,8%) ja külmik-sügavkülmik (10,6%).

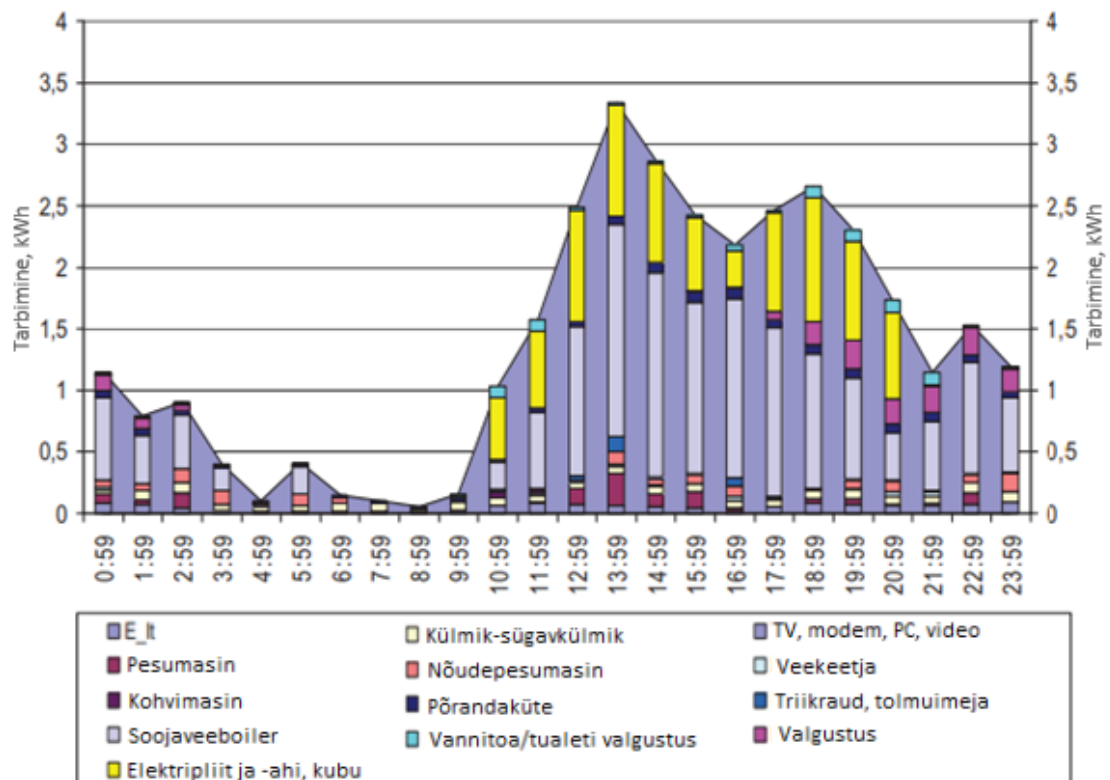


Joonis 1.3 Seadmete osakaal elektritarbimises [11]

Eelmainitud 3-toalise korteri kodumajapidamisseadmete tunnipõhised tarbimisgraafikud on toodud tööpäeviti joonisel 1.4 ja puhkepäeviti joonisel 1.5. Antud joonistel on välja toodud ka elektrienergia tarbimine jagunemine vastavalt elektritariifi perioodile. E_{lt} ja E_{ht} on vastavalt madala ja kõrge elektritariifiga perioodid. Tööpäevadel leiavad seadmed kasutust eelkõige hommikul ja õhtusel ajal. Puhkepäevadel jääb põhiline tarbimine pärastlõunasesse ja õhtusesse aega. Suurima tarbimisega tunni elektrienergia tarbimine on $\sim 3,3$ kWh, samas madalaima tarbimisega tunnil $\sim 0,1$ kWh. Korteri keskmine päevane energiatarbimine on 25 kWh.



Joonis 1.4 3-toalise korteri energiatarbimine tööpäeviti seadmete lõikes [11]



Joonis 1.5 3-toalise korteri energiatarbimine puhkepäeviti seadmete lõikes [11]

1.2 Kodumajapidamisseadmete juhitavuse liigitus

Kodumajapidamistes kasutatavaid seadmeid saab liigitada nii füüsiliste mõõtmete, energiatõhususklassi ja ka teiste näitajate järgi, aga käesolevas töös on kodumajapidamisseadmed liigitatud juhitavuse järgi. Kodumajapidamisseadmete juhitavuse all mõeldakse seda, kas antud seadmeid saab kaugjuhtida elektritarbimise nihutamise eesmärgil. Nutikate juhitavate kodumajapidamisseadmete põhiomadus on võimekus võtta vastu juhtsignaale kasutajalt ja võrguhaldajalt, neid tõlgendada ning kodumajapidamisseadme oleku muutmine vastavalt saadud käsklusele, võttes arvesse kasutaja tehtud seadistusi.

Kodumajapidamisseadmeid saab juhitavuse järgi jagada kolme gruppi: juhitavad, osaliselt juhitavad ja mittejuhitavad. Juhitavad seadmed on seadmed, mille energiatarbimist saab nihutada kas kõrge tariifi perioodilt madala tariifi perioodile raha säästmiseks, tipukoormuste alandamiseks või elektritarbimise ja –tootmise tasakaalustamiseks. Osaliselt juhitavate kodumajapidamisseadmete tarbimist saab üldjuhul teatud määral nihutada võimsuse reguleerimisega. Mittejuhitavate kodumajapidamisseadmete tarbimise nihutamine ei ole võimalik nende tarbimise iseloomu tõttu.

Nihutatavus sõltub seadmete tehnilistest parameetritest, funktsionaalsetest võimalustest ja tarbija käitumisest. Kodumajapidamisseadmete juhtimise võimekus sõltub seadmete funktsionaalsetest ja riistvaralistest võimalustest, kuid arvestama peab ka kliendi vajaduste ja mugavustega. Tabelis 1.1 on toodud erinevate kodumajapidamistes kasutatavate ja juhitavate seadmete osatähtsused leibkonniti ning nende eeldatavad summaarsed reguleeritavad võimsused [11, 7, 8].

Tabel 1.1 Kodumajapidamiste eeldatav reguleeritav võimsus seadmete liikide kaupa [7]

Elektriseadme liik	Varustatuse osatähtsus leibkonniti, %	Varustatus, tuh. leibkonda	Eeldatav seadme võimsus, kW	Eeldatav summaarne võimsus, MW	Eeldatav reguleeritav summaarne võimsus, MWh/h
Soojavee boiler	37,0	222	1,5	333	17...67
Elektriradiaator	24,0	144	1	144	7...29
Soojuspump elamutes	3,5	21	6	126	6...25
Sügavkülmik	16	96	0,04	3,8	0,2...0,8
Nõudepesumasin	15	90	1,5	135	6...27
Pesumasin	89	534	0,75	400,5	20...80
Vabalt juhitav energiat salvestav võimsus				603	30...120
Vabalt juhitav nihutatav võimsus				539	26,2...108
Kokku juhitav võimsus				1142	56,2...228

Tarbimise juhtimise meetmed jagunevad staatilisteks ja dünaamilisteks. Staatilise tarbimise juhtimise mõjud avalduvad pikema aja jooksul ja on seotud energiasäästuga. Staatiline juhtimine pakub enim huvi just kodumajapidamistes, kus energiatõhusus ja inimeste teadlikkus mõjutab märkimisväärselt energiatarbimist ning võimalik on kokku hoida kuni 30% tarbitavast energiast [7].

Dünaamiline tarbimise juhtimine on seotud lühiajaliste tegevustega, mille eesmärk on pakkuda teenuseid elektriturule ja -süsteemile. Tegemist on lühiajalise mõjuga tarbimise juhtimisega mis ei paku erilist energia kokkuhoidu. Dünaamiliste meetmetega tarbimise juhtimist on võimalised pakkuma vaid suured üksiktarbijad (tööstused) või agregeeritud (koondatud võimsustega) tarbijate grupid (nt kodumajapidamised), kes on üheaegselt ja tsentraalselt juhitavad [7, 8].

1.2.1 Juhitavad

Juhitavad kodumajapidamisseadmed on seadmed, mille tarbimist saab ajas kergesti nihutada. Sellised seadmed on tüüpiliselt elektrilised soojaveeboilerid, nõudepesumasinad, pesumasinad, õhksoojuspumbad ja pörandaküte kütte eesmärgil. Eelnimetatud kodumajapidamisseadmeid on võimalik juhtida, kuna tegemist ei ole üldjuhul aegkriitiliste ülesannetega mis tuleb kohe täita. Ülaltoodud seadmeid juhitakse üldjuhul tarbimise nihutamise abil ehk kasutaja annab näiteks ette, et pesu peab olema pestud järgneva päeva kella 10:00-ks ning nutikas pesumasin valib ise pesuprogrammi alustamiseks sobiliku aja, millal elektrienergia hind on madal. Soojaveeboilerite, õhksoojuspumpade ja teiste mahtuvuslike kütteseadmetega on võimalik madala tariifiga perioodil vett ja majapidamist ette kütta, vältides või vähendades kütmist kõrge tariifiga perioodil [8, 12].

3-Toalise korteri [11] tarbimise analüüsis (Joonis 1.3) on välja toodud seadmete elektritarbimise osakaal, kus juhitavad seadmed moodustavad korteri elektritarbimisest tervelt 54%: elektriline soojaveeboiler (48,84%), nõudepesumasin (3,12%), pesumasin (1,27%). Kodumajapidamistes, kus kasutatakse ka õhksoojuspumpa on see protsent tõenäoliselt veelgi suurem. Sellest tulenevalt on suurima tarbimise juhtimise potentsiaaliga just need kodumajapidamisseadmed. Joonisel 1.6 on välja toodud Samsungi nutikas pesumasin ning vastav mobiilirakendus.



Joonis 1.6 Samsungi nutikas pesumasin [13]

1.2.2 Osaliselt juhitud

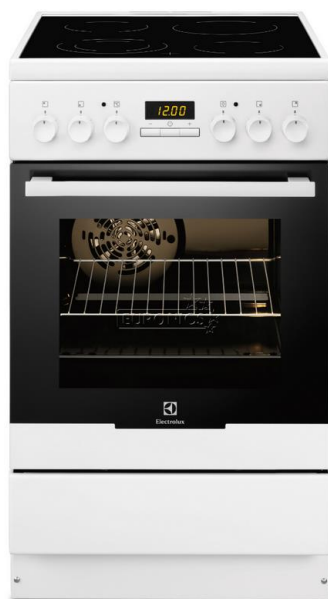
Osaliselt juhitud kodumajapidamisseadmed on seadmed, mille tarbimist saab üldjuhul lühiajaliselt nihutada, peamiselt võimsuse või termostaadi reguleerimisega ning tarbimise ajastamisega. Sellised seadmed on valgustus, külmikud-sügavkülmikud, kohvimasinad (termosega), tolmuimejad, triikraud, pörandaküte kuivatuse eesmärgil. Antud seadmeid on võimalik osaliselt juhtida, kuna nende tarbimist saab üldjuhul kuni paar tundi nihutada, sest nad omavad võimekust energiat salvestada (temperatuuri säilitada) või on võimalik alandada nende tarbitavat võimsust. Külmik-sügavkülmiku energiatarvet on võimalik vähendada termostaadi abil külmiku temperatuuri kõrgemale sättimisega tipukoormuse perioodil ja nihutada külmiku kõrge energiatarbega sulatusfunktsiooni käivitumist madalama tipukoormusega perioodile [8]. Joonisel 1.7 on näiteks toodud Mamiboti nutikas pörandapuhastusrobot.



Joonis 1.7 Mamiboti nutikas pörandapuhastusrobot [14]

1.2.3 Mittejuhitud

Mittejuhitud kodumajapidamisseadmed on seadmed, mille juhtimine ei ole võimalik nende tarbimise iseloomu tõttu. Sellised seadmed on elektripliit ja -ahi (Joonis 1.8), küb, kohvimasin (ilma termoseta), vannitoa valgustus ja ventilatsioon, TV, statsionaarne arvutustehnika, modemid, kodukino ja audio süsteemid. Tegemist on seadmetega, mille tarbimine sõltub otseselt kasutajast ja tema vajadustest ning antud seadmete tarbimist ei saa seetõttu nihutada ega muudmoodi juhtida. Näitena võib tuua, et elektripliiti- ja ahju kasutab kasutaja vastavalt oma vajadusele ja toidu tegemise edasilükkamine ei ole kasutaja huvides [8].

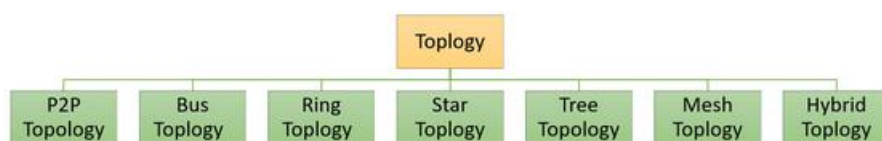


Joonis 1.8 Elektripliit ja -ahi [15]

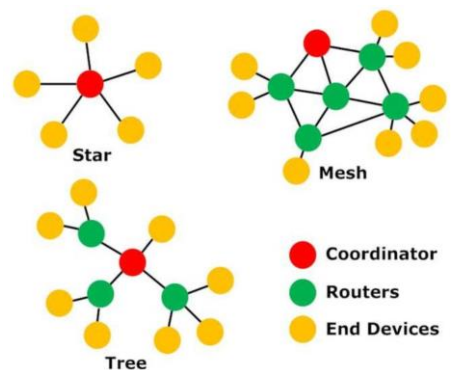
Targa kodu labori loomisel pakuvad autorile kõige enam huvi tarbimise nihutamise seisukohalt kaugjuhitavad külmik-sügavkülmikud, pesumasinad, pesumasin-kuivatid, nõudepesumasinad, elektrilised soojaveeboilerid, mikrolaineahjud, veekeetjad, kohvimasinad ja õhksoojuspumbad.

2. ÜLEVAADE KODUMAJAPIDAMISTES KASUTATAVATEST ANDMESIDE STANDARDITEST

Kodumajapidamiste ja nutikaks tegemisel on populaarseimad traadita andmesidestandardid ZigBee, Z-Wave ja Wi-Fi. Nutika kodumajapidamise andmeside puhul on oluline süsteemi võrgutopoloogia, mis määrab võrgusõlmede (seadmete) paigutuse ja sõlmedevahelised ühendused. Võrgutopoloogiatega liigitus on toodud joonisel 2.1 ning ZigBee, Z-Wave ja Wi-Fi puhul on oluliseimad topoloogiad tähttopoloogia, võrktopoloogia ning puutopoloogia (*Star, Mesh, Tree*). Joonisel 2.2 on kujutatud eelmainitud topoloogiatega struktuurid ning all nende struktuuride lühikirjeldused.



Joonis 2.1 Võrgu topoloogiatega diagramm [16]



Joonis 2.2 Võrgutopoloogiad [17]

Tähttopoloogia (*Star*) korral on kõik süsteemi integreeritud seadmed ühendatud ainult keskseadmega ja kogu andmeside käib läbi keskseadme. Tegemist on väga lihtsa süsteemiga kus andmete ja käskluste edastamiseks keskseadme ja alamseadme vahel on ainult üks marsruut. Kuna andmeedastuseks on ainult üks marsruut, siis on tegemist suhteliselt madala töökindlusega süsteemiga ja kui midagi juhtub selle ühe marsruudiga, siis seade kaotab oma ühenduse.

Võrktopoloogia (*Mesh*) ehk silmusvõrgu korral on keskseade ning igal seadmel ehk sõlmel otseühendus mitme naabersõlme ehk seadmega ja kogu võrk on sidus. Võrktopoloogia puhul on andmete edastuseks mitu marsruuti ning süsteem on seetõttu töökindlam, kuna ühe ühenduse katkemisel jäävad teised ühendused töökorda.

Puutopoloogia (*Tree*) puhul koosneb süsteem keskseadmest ja järgnevalt hierarhiselt jagunevatest seadmetest. Tegemist on sidusa võrguga millel puuduvad dubleeritud ühendused [18].

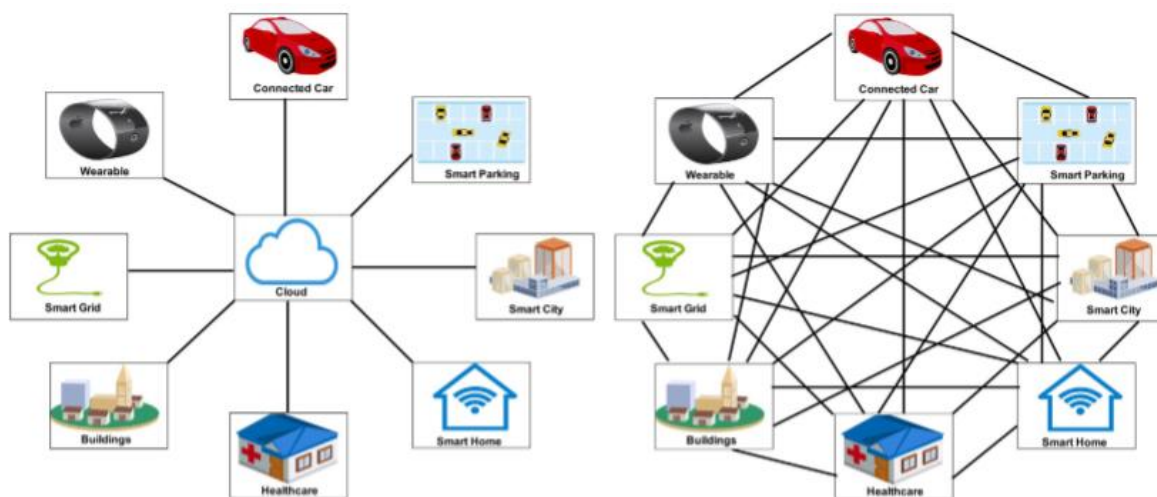
Võrktopoloogia ja puutopoloogia eelisteks on seadmete ehk sõlmede lisandumisel muutub süsteem töökindlamaks ning süsteemi leviala suureneb. Süsteemi leviala suureneb, kuna vahepealseid seadmeid on võimalik kasutada juhtsignaalide ja andmete edastamisel edasikandjatena.

Tsentraalne süsteem

Tsentraalne juhtimissüsteem on ühe keskseadmega juhitud süsteem, mis võimaldab ühendada kõik teised seadmed, neid hõlpsalt hallata ja juhtida. Sellisel süsteemil on üldjuhul lihtsasti kasutatav kasutajaliides, mille abil on võimalik juhtida kõiki ühendatud seadmeid. Valdav osa nutikatest kodumajapidamistest on tsentraalselt juhitud järgnevate juhtimisplatvormidega: Google Home, Apple HomeKit, Amazon Alexa ja Samsung SmartThings. Tsentraalne juhtimissüsteem on üldjuhul lihtsasti paigaldatav ning seadmeid on mugav süsteemi juurde lisada ja hallata. Tsentraalse süsteemi nõrkuseks on tundlikkus rikete osas, kuna keskseadme rikke korral lakkab terve süsteem töötamast [19, 20].

Detsentraalne süsteem

Detsentraliseeritud süsteemis suhtlevad kõik seadmed omavahel ning iga seade võtab vastu eraldi otsuseid ning kasutaja ei osale otseselt seadmete juhtimises. Terve süsteemi juhtimine toimub ajastamiste ja sensoritega ning üldjuhul puudub kasutajaliides. Detsentraliseeritud süsteemi tugevuseks on töökindlus, kui miski läheb rikki, siis teised seadmed töötavad ikkagi edasi. Sellise süsteemi nõrkuseks on paigalduse keerukus ning muudatuste tegemise korral läheb tihtipeale vaja tehnikut. Joonisel 2.3 on toodud tsentraalse ja detsentraalse süsteemi struktuuride võrdlus [19, 21].



Joonis 2.3 Tsentraliseeritud ja detsentraliseeritud võrgu struktuur [21]

2.1 Z-Wave

Z-Wave on juhtmevaba võrgu sidestandard, mis loodi 1999. aastal ZenSys Inc poolt hooneautomaatika seadmete juhtimiseks. Suurimad brändid, mis kasutavad Z-Wave andmeside standardit on Fibaro, General Electric, Samsung, Logitech jpt. Maailmas on kasutusel üle saja miljoni Z-Wave toote ning müügis olevaid Z-Wave sertifitseeritud seadmeid on üle 3000. Z-Wave nutikateks seadmeteks on erinevad keskseadmed, lambipirnid, lülitid, hämardajad, pistikupesad ja lukud [22, 23]. Joonisel 2.4 on välja toodud Z-Wave standardil põhineva süsteemi juhtimissignaali marsruudid ning erinevad juhitavad seadmed.



Joonis 2.4 Z-Wave standardil põhineva süsteemi juhtimine ning erinevad juhitavad seadmed [24]

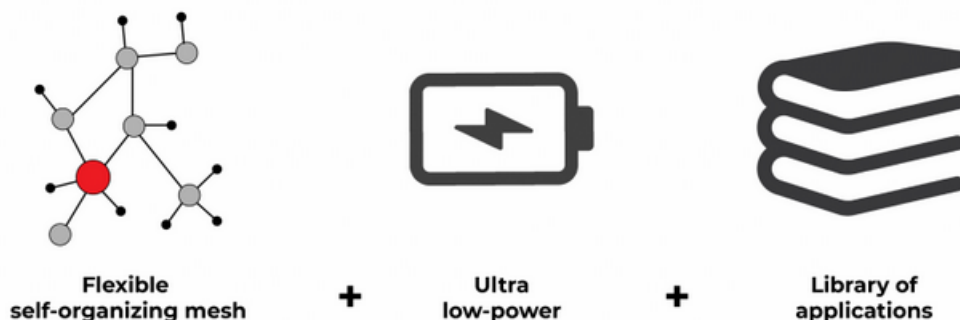
Tehnoloogia võimaldab nutikatel seadmetel suhelda üle kogu kohtvõrgu ning kommunikatsioon on kahepoolne ehk peale kasutaja käskluse juhtsignaali saatmist saab kasutaja tagasisidet, et kas käsklus jõudis kohale ja sai täidetud. Kõik Z-Wave sertifitseeritud seadmed on omavahel ühilduvad ning nende funktsionaalsused garanteeritud. Z-Wave on silmusvõrgu lahendus ehk igal sõlmel on otseühendus mitme naabersõlmega. Iga süsteemi ühendatud seade on suuteline edastama ning vastu võtma juhtsignaale ning vahepealseid nutikaid seadmeid on võimalik kasutada signaali edasi kandmiseks, kui seade, millele on vaja käsklusi anda on väljaspool keskseadme ühenduse leviala. Maksimaalselt on signaalil võimalik „hüpata“ 4 korda läbi teiste nutikate seadmete pikendamaks oluliselt süsteemi leviala [22, 23].

Z-Wave standardil põhinev süsteem vajab üldjuhul keskseadme olemasolu, aga on olemas ka ruutereid, millel on integreeritud Z-Wave tugi. Z-Wave keskseade on kodusse Wi-Fi võrku ühendatav seade, mis on terve süsteemi „ajuks“, juhtides kõiki ühendatud seadmeid. Z-Wave süsteemi on võimalik juhtida kaugjuhtimisega (telefon, arvuti) abil saates käsklusi läbi

kasutajaliidese Z-Wave keskseadmele, mis saadab käskluse edasi vajalikku seadmesse. Z-Wave leiab rakendust erinevate süsteemide juhtimisel: valgustus, küttesüsteem, kodumajapidamisseadmed, ventilatsioon, valvesüsteemid jms. Pea kõiki kodumajapidamisseadmeid on võimalik juhtida Z-Wave süsteemiga, kui installeerida Z-Wave lisamoodul. Z-Wave-i võrk toetab kuni 232 seadet mida on võimalik programmeerida erinevate toimingute täitmiseks [22, 25, 23].

2.2 ZigBee

ZigBee on avatud standardiga juhtmevaba võrgu andmesidestandard. Tegemist on kõrgetasemelise sidestandardiga, mida kasutatakse väiksemahuliste andmete edastamiseks madala energiatarbe ja -andmeedastuskiirusega. ZigBee stiilis võrke hakati looma 1999. aastal, kui tekkis vajadus iseorganiseeritavate *ad-hoc* ehk arvuti-arvuti digitaalvõrkude järele. Suurimad brändid, mis kasutavad ZigBee sidestandardit on Schneider Electric, Amazon, Apple, Comcast, Google, IKEA, Philips [26]. Joonisel 2.5 on ZigBee Alliance kodulehel reklaamitavad ZigBee eelised.



Joonis 2.5 ZigBee eelised [26]

ZigBee standardil põhinevad juhitavad nutikad seadmed on ZigBee toega keskseadmed, lambipirnid, lülitid, hämardajad, pistikupesad, lukud, termostaadid jm. Maailmas on kasutusel olevaid erinevaid ZigBee seadmeid ligi 2500. Tegemist on samuti silmusvõrgu lahendusega, nagu Z-Wave ja kommunikatsioon toimub üle kodu kohtvõrgu ning on tagasisidestatud. ZigBee kasutab samuti kõiki oma võrgus olevaid nutikaid seadmeid juhtsignaali ning andmete edasikandjatena ja ZigBee standardiga on võimalik teha „piiramatu“ arv edasihüppeid, mis tähendab, et ZigBee abil on võimalik ära katta ka kõige suuremad kodumajapidamised. ZigBee vajab keskseadme olemasolu, aga on olemas ka spetsiaalseid ruutereid, mis saavad toimida keskseadme asemel, kuna nad toetavad ZigBee standardit. Kodumajapidamisseadmetele on võimalik lisada ZigBee võimekus installeerides ZigBee lisamooduli [27, 28].

ZigBee võrk toetab kuni 65536 seadet, mida on võimalik programmeerida erinevate toimingute täitmiseks. ZigBee leiab laialdaselt kasutust just eelkõige hoonete automatiseerimises, kütte -ja ventilatsioonisüsteemide juhtimises ning tervishoiuseadmetes [29].

Amazon, Apple, Google, ZigBee Alliance ja paljud teised suured tegijad võtsid 2019. aastal ühiselt eesmärgiks luua uus ühenduvusstandard (Project Connected Home Over IP), mis oleks kasutustasuta ja suurendaks targa kodu seadmete ühilduvust [30].

2.3 Wi-Fi

Wi-Fi on juhtmevaba võrgu andmesidestandard, mis töötab 2,4Ghz või 5Ghz sagedusel. Wi-Fi loodi 1991. aastal ning on tänapäeval laialt levinud kõigis valdkondades. Maailmas on kasutuses üle 7 miljardi seadme, mis kasutavad Wi-Fi tehnoloogiat [31]. Suurimad brändid, mis kasutavad integreeritud Wi-Fi andmesideühendust oma kodumajapidamisseadmetes on Samsung, LG, Whirlpool, Bosch ja General Electric.

Wi-Fi võrgus suhtleb iga nutikas seade otse Wi-Fi keskseadmega (ruuteriga) ehk ükski seade ei käitu signaali edasikandjana. Wi-Fi standardil baseeruv nutikas kodumajapidamine eeldab, et majapidamises on kõikjal Wi-Fi võrk või valmisolek olemasolevat võrku laiendada võimekama ruuteri soetamisega või kasutada Wi-Fi leviala laiendavaid seadmeid. Wi-Fi kasutava lahenduse eelisteks on kõrge andmeedastuskiirus, mis võib tulevikus olla oluline, odavad seadmed ning üldjuhul on inimestel kodus juba olemas Wi-Fi võrk ning puudub eraldi keskseadme soetamise vajadus. Wi-Fi miinusteks on kõrgem energiatarbimine ning suure hulga seadmete lisamise korral võib võrgu töökindlus väheneda, kuna tekivad erinevad häiringud [32].

2.4 Standardite võrdlus

Tabelis 2.2 on ZigBee, Z-Wave ja Wi-Fi standardite võrdlus. Wi-Fi eeliseks kodumajapidamisseadmete nutikaks muutmisel on see, et ei pea soetama keskseadet vaid saab kasutada juba tõenäoliselt kodus olemasolevat Wi-Fi ruuterit. Tegemist on odavaima variandiga muuta kodumajapidamisseadmeid nutikateks, kuna Wi-Fi seadmed on üldjuhul soodsamad ja puudub vajadus osta nutika kodu keskseade. Wi-Fi negatiivseteks külgedeks on seadmete suurem energiatarbimine ning suure hulga seadmete ühendamise korral ruuteri kvaliteedi tähtsus.

ZigBee eelisteks kodumajapidamisseadmete nutikaks tegemise juures on võrktopoloogia süsteem, mis toetab kuni 65536 seadet ning võimekus tänu „hüpetele“ levida kaugemale kui Z-Wave ja Wi-Fi. ZigBee seadmetel on lisaks veel madalaim energiatarve ning süsteem muutub seadmete lisamisel töökindlamaks. ZigBee negatiivseteks külgedeks on keskseadme vajadus, väiksem lubatav kahe seadme vaheline kaugus ning kuigi erinevate tootjate seadmed kasutavad ZigBee standardit, siis nad ei pruugi olla võimelised teineteisega suhtlema, kuna ZigBee standardil on erinevaid protokolle [29].

Z-Wave eelisteks on see, et mida enam seadmeid võrku lisatakse seda töökindlamaks muutub ühendus ning Z-Wave töötab erineval ribalaiusel võrreldes Wi-Fi/ZigBee-ga, mis tähendab, et Z-Wave süsteem ei häiri koduse Wi-Fi võrgu tööd. Z-Wave süsteemi suureks tugevuseks on kõikide seadmete garanteeritud ühilduvus mis tähendab, et kui soetada endale Z-Wave sertifitseeritud toode, siis võid kindel olla, et see ühendub ning töötab, nagu reklaamitud. Z-Wave negatiivseteks külgedeks on keskseadme vajadus ning tehnoloogia oli 2019. aasta lõpuni suletud standardiga.

Tabel 2.1 ZigBee, Z-wave ja Wi-Fi andmesidestandardite võrdlus [33, 29, 34]

Andmesidestandard	ZigBee IEEE 802.15.4	Z-Wave IEEE 802.15.4	Wi-Fi IEEE 802.11
Andmeedastuskiirus	20-250 kbit/s	9,6-100 kbit/s	10-100 Mbit/s
Leviala	10 - 20 m	30-100 m	20 m
Energiatarve	Madal	Madal	Kõrge
Topoloogia	Võrk, täht, puu	Võrk, täht	Täht
Sagedusvahemik	2,4 Ghz	868,4 MHz	2,4 Ghz
Maksimaalne lubatud seadmete arv	65536	232	Kuni 255 (sõltub ruuterist)
Sifreerimine	AES-128	AES-128	WEP, WPA, WPA2
Eelised	Avatud standard Sõlmedevaheliste „hüpete“ arv piiramatu	Töökindlus Muutus hiljuti osaliselt avatud standardiks Kuni 4 „hüpet“	Soodne alustada Kõrge andmeedastuskiirus

3. INTEGREERITUD KAUGJUHTIMISE VÕIMALUSED

KODUMAJAPIDAMISSEADMETES

3.1 Riistvaralised võimalused

Nutikad kodumajapidamisseadmed koosnevad erinevatest anduritest, ajamitest, andmeside moodulitest ning eelmainitud komponente siduvast ja juhtivast juhtmoodulist. Nutika kodumajapidamisseadme erinevate anduritega on võimalik seadme olekut jälgida. Temperatuurianduritega on võimalik jälgida näiteks külmik-sügavkülmiku sisetemperatuuri ning sidudes erinevaid riistvaralisi komponente tarkvaraliselt on võimalik külmik-sügavkülmiku sisetemperatuuri järgi käivitada kompressor, mille abil langetatakse või tõstetakse külmik-sügavkülmiku sisetemperatuuri vastavalt temperatuurianduri näidule. Nutika kodumajapidamisseadme riistvara määrab ära seadme võimalikud funktsionaalsed võimalused.

3.2 Funktsionaalsed võimalused

Kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimise funktsionaalsed võimalused sõltuvad kasutatavast riistvarast, tarkvarast ning kodumajapidamisseadme töötsükli iseloomust. Nutikate integreeritud kodumajapidamisseadmete peamine omadus on võimekus võtta vastu ja täita kasutaja poolt saadetud käsklusi. Antud uurimuses ei vaadelda kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimise funktsionaalsusi, mis ei ole elektritarbimise vaates olulised. Sellised funktsionaalsused on näiteks mobiilirakenduse abil külmiku sisu vaatamine ning külmiku uksele integreeritud tahvelarvuti kasutamine uudiste sirvimiseks jne. Üldjuhul on vastavalt seadme tüübile seadmel üks kuni kolm allpool välja toodud nutikat funktsionaalsust.

Erinevate kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimise funktsionaalsed võimalused:

1. Seadmete ON-OFF lülitamine
2. Graafiku alusel seadmete ON-OFF lülitamine üle andmeside võrgu
3. Kaugjuhitavalt seadmete erinevate tööprogrammide valik ning käivitumine
4. Seadmete energiamahukamate toimingute nihutamine graafiku alusel
5. Temperatuuri reguleerimine (võimsuse reguleerimine)
6. Viitstart / Viitlõpetus
7. Nõudluspõhine juhtimine – „*Smart Grid Mode*“ / „*Demand Response*“

4. NUTIKAD PISTIKUPESAD

Nutikas pistikupesa on tavalisse pistikupesasse ühendatav seade (Joonis 4.1), mille abil saab muuta „rumalaid“ kodumajapidamisseadmeid osaliselt nutikateks seadmeteks andes neile võimekusi, nagu kaugjuhitav sisse-välja (ON-OFF) lülitamine. Nutikate pistikupesade kasutamine on hetkel levinud eelkõige kodumajapidamiste automatiseerimise jaoks, muutes elu mugavamaks ning säästes raha vähendades majapidamise energiatarbimist. Nutikal pistikupesal on tihtipeale täiendavaid funktsionaalsusi peale lihtsa ON-OFF lülitamise: energiatarbimise jälgimine, graafiku alusel ON-OFF lülitamine ning tarkvaraliselt on võimalik luua väga mitmekülgseid programme.

Z-Wave, ZigBee ja Wi-Fi on populaarseimad standardid, mille toel nutikad pistikupesad suhtlevad ning nende abil on võimalik kodumajapidamisseadmeid juhtida. Eesti turul on veebikaupluseid uurides populaarseimad Wi-Fi ja Z-Wave nutikad pistikupesad.

Joonisel 4.1 välja toodud EFERGY EGO nutika pistikupesa kasutajaliides on hea näide sellest, milline on „tüüpiline“ nutika pistikupesa jaoks loodud kasutajaliides. Nutikamad pistikupesad suudavad tarbimise põhjal hinnata, mis seadmega on tegemist ning kasutajaliideses on mugavalt organiseeritud kõik süsteemi ühendatud nutikad pistikupesad, mis teeb neisse ühendatud seadmete juhtimise eriti mugavaks.



Joonis 4.1 WIFI EFERGY EGO nutikas pistikupesa koos kasutajaliidesega [35]

Nutikatel pistikupesadel on laiendatud funktsionaalsused, mis sõltuvad kasutatavast riist- ja tarkvarast. Riistvaraliselt võib nutikas pistikupesa omada täiendavalt temperatuuriandureid, niiskusandureid, CO2 andureid, voolutarbimise andureid jpm. Erinevate anduritega nutika pistikupesa või releega, millel on nt. Temperatuuriandurid, on võimalik muuta „rumal“

soojaveeboiler nutikaks. Soojaveeboileritele mõeldud nutikatel pistikupesadel ning lülititel on tüüpiliselt 2 temperatuuriandurit, mis ühendatakse soojaveeboilerist väljuvatele torudele. Tarkvaraliselt on võimalik riistvaraliselt saadud andmete baasil arvutada koormust, energiatarbimist, luua kasutaja tarbimismustri põhjal kütmisgraafikuid jpm.

Nutika pistikupesa täiendavad funktsionaalsused:

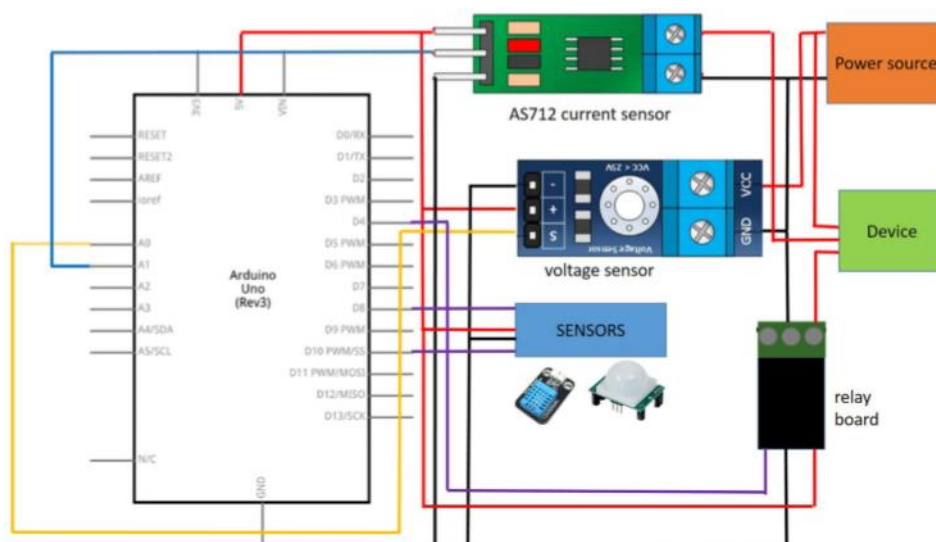
- Energiatarbimise mõõtmine – Ühendades seadme nutikasse pistikupesasse on võimalik jälgida seadme elektrienergia tarbimist. Nutikas pistikupesa loeb ja edastab andmeid ühendatud seadme energiatarbimise kui ka tipukoormuste kohta.
- Graafiku alusel lülitamine – Võimalus nutikasse pistikupesasse ühendatud seadmeid lülitada ON-OFF vastavalt graafikule. Graafiku abil on võimalik seadmete käivitamist nihutada tipukoormuste alandamiseks, kodumajapidamise energiasäästu eesmärgil või kasutaja mugavuse huvides. Nt. Soojaveeboileri tarbimine viia võimalusel madala tariifiga perioodile (mille kasutaja määrab kellaajaliselt manuaalselt).
- Tingimuslik juhtimine – Võimalus teatud tingimuse täitumisel lülitada sisse nutikasse pistikupesasse ühendatud seade. Nt. Lülitada sisse soojaveeboiler kui temperatuurianduri näit langeb alla 60 kraadi ja kellaeg on vahemikus 15:00 kuni 18:00 (kasutaja liigub töölt koju).
- Reaalajas jälgimine – Võimalus jälgida seadme olekut ning temperatuuri või mõne teise anduri näitu reaalajas.
- Ühendus võrguhaldajaga – Suudab reaalajas jälgida elektrivõrgu koormust. Võimekus vastavalt võrguhaldajalt tulnud juhtsignaalidele ühendatud seadme tarbimist võimalusel nihutada või ajutiselt alandada seadme tarbitavat võimsust.

Kasutades turul olevate Wi-Fi nutikate pistikupesade juhtimiseks virtuaalassistenti (Alexa, Assistant) kaotavad nutikad pistikupesad oma nutikuse kui Wi-Fi võrk kaob. Tüüpilise Wi-Fi nutika pistikupesa kommunikatsioonimarsruut:

1. Kasutaja edastab käskluse virtuaalassistendile
2. Virtuaalassistent saadab käskluse oma tootja pilve läbi kasutaja internetivõrgu
3. Käsklus saadetakse Wi-Fi nutika pistikupesa tootja pilve
4. Wi-Fi nutika pistikupesa tootja server saadab käskluse nutikale pistikupesale läbi kasutaja internetivõrgu

Kasutades turul olevate Wi-Fi nutikate pistikupesade juhtimiseks pistikupesa tootja rakendust on võimalik, et seade ühendub otse kasutaja nutiseadmega ning pistikupesa nutikus jääb alles. Kas Wi-Fi nutikas pistikupesa töötab ka ilma koduse Wi-Fi võrguta sõltub täielikult pistikupesast ja tema tootjast [36].

Joonisel 4.2 on kujutatud ühte nutika pistikupesa elektriskeemi mis on tehtud Shih-Hsiung Lee ja Chu-Sing Yang poolt 2017. aastal. Eelmainitud nutikas pistikupesa koosneb järgnevatest põhikomponentidest: Arduino Uno, relee, voolusensor, pingesensor, Wi-Fi moodul. Arduino külge on ühendatud veel liikumisandur, niiskusandur, temperatuuriandur ning õhukvaliteedi andur. Autorid paigaldasid täiendavad andurid, et saaks nt. niiskuseemaldaja sisse- ja väljalülitamist automatiseerida vastavalt niiskusanduri näidule.



Joonis 4.2 Näide nutika pistikupesa elektriskeemist [37]

Nutikatel pistikupesadel on kaks suurt probleemi:

1. Erinevate nutikate pistikupesade tootjad kasutavad erinevaid enda loodud „closed API“ ehk suletud rakendusliideselega rakendusi. Mis tähendab, et kasutaja peab nutika pistikupesa juhtimiseks kasutama tootjapoolset kindlat rakendust ja ei saa ise teha juhtimisprogrammi. Seetõttu on keeruline integreerida erinevate nutikate pistikupesade juhtimist ühisele platformile vaid tuleb kasutada erinevaid rakendusi.
2. Nutika pistikupesa funktsionaalsus on piiratud seadmete kaugjuhtimisel sisse- ja väljalülitamisele. Samas modernsed kodumajapidamisseadmed, nagu pesumasinad, kuivatid ning nõudepesumasinad lähevad tüüpiliselt lihtsalt ooterežiimi kui nad ühendada vooluvõrku. Pesutsükli alustamiseks tuleb tüüpiliselt valida sobiv pesuprogramm ning vajutada käivitamiseks eraldi käivitusnuppu.

4.1 Turul olevad nutikad pistikupesad ja nende funktsionaalsused

Kõik uuritud Eesti turul olevad nutikad pistikupesad on kaugjuhitavad, omavad energiatarbimise jälgimise ning graafiku alusel sisse- ja väljalülitamise (ON-OFF) funktsionaalsusi. Uuritud nutikate pistikupesade puhul oli levinud ka võimekus tarkvaraliselt arvutada energiatarbimise reaalne rahaline kulu. Erinevate tootjate nutikatel pistikupesadel olid mõneti erinevad funktsionaalsused sõltuvalt kasutatavast andmesidestandardist, riistvarast ja tarkvaralisest lahendusest.

Eesti turul olevate nutikate pistikupesade võimalikud funktsionaalsused:

- Kaugjuhitavus
- Seadmete sisse- ja väljalülitamine
- Ooterežiimil olevate seadmete väljalülitamine
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- IFTTT (Teatud tingimuse täitmisel toimub mingi teine tegevus, ON-OFF lülitamine)

Eesti turul olevate nutikate pistikupesade probleemiks on see, et üldjuhul on nad kõik suletud rakendusliidesega ehk kasutaja peab seadme juhtimiseks kasutama tootja kindlat rakendust ja ei saa ise teha juhtimisprogrammi. Erinevate tootjate seadmed kasutavad erinevaid rakendusliideseid, mis muudab terve nutika majapidamise juhtimise keerukamaks, kuna erinevate seadmete jaoks peaks kasutama erinevaid rakendusliideseid või potentsiaalselt kaotama teatud funktsionaalsusi.

IFTTT toega nutikaid pistikupesasid on võimalik lihtsasti ühildada erinevate „*Smart Home*“ süsteemidega, nagu Google Home ja Amazon Alexa. Käesolevat tööd kirjutades ei ole enam võimalik IFTTT keskkonnas ise võimalik luua tasuta „*Applete*“, mille abil on võimalik IFTTT toega seadmetele lisada hulgaliselt funktsionaalsusi alates graafiku alusel lülitamisest kuni väga kindlate tingimuste täitmisel seadmete sisse ja välja lülitamiseni ilma tootja rakendust kasutamata. Antud lahendus võimaldas suhteliselt edukalt integreerida erinevate tootjate nutikate pistikupesade juhtimise ühe rakenduse alla ja võimaldas ise luua erinevaid programme. Seadmete integreerimine ja juhtimine IFTTT abil on ikka veel võimalik kasutades valmisolevaid „*Applete*“, aga võimalused juhtimiseks on piiratud [38].

4.1.1 Nutikate pistikupesade võrdlus

Antud töös on lähemalt uuritud Eesti turul olevaid ACME, Fibaro, Aeotec, Sonoff, EZVIZ ja TP-Link nutikaid pistikupesasid. Üldmainitud tootjate kõiki nutikad pistikupesasid on võimalik nutiseadme abil sisse- ja välja lülitada, jälgida nende energiatarbimist ning lülitamisi ajastada vastavalt graafikule. Järgnevalt on välja toodud kõigi uuritud nutikate pistikupesade ja nende funktsionaalsuste lühiülevaade:

Fibaro Wall Plug FGWP-102:

- Ühilduv kõigi Z-Wave ja Z-Wave+ keskseadmetega
- Aktiivvõimsuse ja energiatarbimise jälgimine
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- AES-128 krüpteering
- LED valgusriba viitab hetke voolutarbimisele
- Nutikad teavitused – Kui energiatarbimine ületab mingi piiri, siis saadab süsteem telefonile teavituse
- Liigpingekaitse
- IFTTT

Fibaro FGWP-102 nutikal pistikupesal on palju täiendavaid programmeeritavaid funktsioone. Kasutaja saab valida kas elektrikatkestuse korral ja selle järgselt nutikas pistikupesa naaseb eelnevalt olnud olekusse või jääb väljalülitatuks kuni kasutaja manuaalse sisselülitamiseni. Võimalik on seadistada ülekoormuskaitse vahemikus 1-3000 W, mis lülitab pistikupesa automaatselt välja kui seadme tarbimine tõuseb seadistatud väärtuseni. Täiendavalt on võimalik seadistada alates mis koormusest ning kui pika ajaintervalli tagant saadab pistikupesa Z-Wave keskseadmesse aktiivvõimsuse ning energiatarbimise andmeid [39].

Aeotec Smart Switch 7:

- Ühilduv kõigi Z-Wave ja Z-Wave+ keskseadmetega
- Aktiivvõimsuse/energiatarbimise/voolu/pinge jälgimine
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- AES-128 krüpteering
- Liigpingekaitse
- Nutikad teavitused
- IFTTT

Aeotec Smart Switch 7 on funktsionaalsuste poolest analoogne Fibaro FGWP-102 nutika pistikupesaga. Suurimaks erinevuseks on ühendatava seadme madalam lubatav võimsus ning sellest tulenev madalam ülekoormuskaitse seadistamise võimekus vahemikus 1-2145 W [40].

TP-Link HS110:

- Wi-Fi nutikas pistikupesa, ei vaja keskseadet
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- Energiatarbimise jälgimine
- “Away mode” – Seadmete suvalisel ajal sisse- ja väljalülitamine jätmaks mulje, et keegi on kodus
- IFTTT

TP-Link HS110 on Wi-Fi nutikas pistikupesa mis töötab „TP-Link Kasa“ rakendusega. Antud pistikupesa on soodsa hinnaga ning omab kõiki enamlevinud olulisi funktsionaalsusi ning sobib ideaalselt Tabelis 4.1 toodud seadmetele [41].

Tabel 4.1 Sobilikud seadmed TP-Link HS110 nutika pistikupesaga juhtimiseks

Seade	Võimsus
Kohvimasin	800 W
Laualamp	235.2 W
LCD teler	270 W
Triikraud	1500 W
Elektriradiaator	1500 W

EZVIZ T31:

- Wi-Fi nutikas pistikupesa, ei vaja keskseadet
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- Energiatarbimise jälgimine

EZVIZ T31 on Wi-Fi nutikas pistikupesa mis töötab „EZVIZ“ rakendusega ja on analoogne TP-Link HS110 pistikupesaga. Tegemist on nutika pistikupesaga mis on mõeldud võimsamate seadmete ühendamiseks [42].

Sonoff S26:

- Wi-Fi nutikas pistikupesa, ei vaja keskseadet
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- Energiatarbimise jälgimine
- IFTTT

Sonoff S26 on nutikas pistikupesa mis töötab „EweLink“ rakendusega ning on funktsionaalsuste poolest analoogne varasemalt kirjeldatud nutikate pistikupesadega, aga on mõeldud madalama võimsusega seadmete nutikaks tegemiseks [43].

ACME SH1101:

- Wi-Fi nutikas pistikupesa, ei vaja keskseadet
- Graafiku alusel seadmete juhtimine
- Energiatarbimise jälgimine

ACME SH1101 on nutikas pistikupesa, mis töötab „Smart Life“ rakendusega ja ei oma mingeid täiendavaid funktsionaalsusi.

Tabelis 4.2 on kokku võetud erinevate Eesti turul olevate nutikate pistikupesade võrdlus, kus näeme milliseid nutikaid funktsionaalsusi antud seadmed omavad, nende kasutatavat andmesidestandardit, maksimaalset koormust ning muidugi maksumust.

Tabel 4.2 Eesti turul olevate nutikate pistikupesade võrdlus

Nutikas pistikupesa	Max võimsus	Max vool	Funktsionaalsused	Andmeside	Ühildub	Maksumus
Sonoff S26 [44, 43]	2200 W	10 A	Kaugjuhtimine Graafiku alusel juhtimine Hääljuhtimine	Wi-Fi	Amazon Alexa; Google Assistant; IFTTT	19,90 € [45]
TP-Link HS110 Smart Plug [46]	3680 W	16 A	Kaugjuhtimine Graafiku alusel juhtimine „Away mode“	Wi-Fi	Amazon Alexa; Google Assistant; IFTTT	20,90 € [47]
ACME SH1101 [48]	2300 W	10 A	Graafiku alusel juhtimine Statistika tarbimise kohta Hääljuhtimine	Wi-Fi	Acme Smart Home; Amazon Alexa; Google Assistant	21,99 € [49]
EZVIZ T31	3840 W	16 A	Kaugjuhtimine Graafiku alusel juhtimine Hääljuhtimine	Wi-Fi	Amazon Alexa; Google Assistant	36,00 € [50]
Fibaro Wall Plug FGWPF-102 [51]	2500 W	11 A	Kaugjuhtimine Aktiivvõimsuse jälgimine Graafiku alusel juhtimine	Z-Wave; Z-Wave+	Z-Wave keskseadmed	42,23 € [52]
Aotec Smart Switch 7	2300 W	10 A	Kaugjuhtimine Ooterežiimil olevate seadmete väljalülitamine Graafiku alusel juhtimine	Z-Wave; Z-Wave+	Z-Wave keskseadmed	50,16 € [53]

Eesti turul olevate nutika pistikupesade analüüsi järeldusel on Wi-Fi süsteemi puhul soovituslik kasutada Sonoff ning TP-Link nutikaid pistikupesasid. Tegemist on soodsate ning populaarsete nutikate pistikupesadega, mille kohta leiab internetist väga palju infot. Sonoff nutikad pistikupesad (Joonis 4.3) ja lülitid on ESP8266 Wi-Fi mooduliga töötavad ning neid on võimalik programmeerida Arduino IDE keskkonnas peale Tasmota püsivara paigaldust. Eestis pakub Indome Sonoff seadmetele Tasmota püsivara paigaldust 3€/seade [54]. Tasmota püsivara on võimalik ka iseseisvalt paigaldada DIY lahendusena mis ei ole eriti keeruline, aga mugavam on seda siiski tellida teenusena [55, 56].

Z-Wave süsteemi korral on soovituslik valida Fibaro nutikaid pistikupesasid, kuna tegemist on suhteliselt soodsate, populaarsete ning töökindlate nutikate pistikupesadega.



Joonis 4.3 Sonoff S20 nutikas pistikupesa [57]

5. TARKADE KODUMAJAPIDAMISSEADMETE ANALÜÜS JA VÕRDLUS

Järgnevates alapeatükkides on põhjalikumalt uuritud järgnevaid kodumajapidamisseadmeid: külmik-sügavkülmikud, pesumasinad, pesumasin-kuivatid, nõudepesumasinad, soojaveeboilerid, mikrolaineahjud, veekeetjad, kohvimasinad, õhksoojuspumbad. Tabelis 5.1 on toodud „nutika kodumajapidamisseadme“ lühikirjeldus ja omadused.

Tabel 5.1 Nutikate kodumajapidamisseadmete integreeritud kaugjuhtimise funktsionaalsed võimalused [58]

Nutikas kodumajapidamisseade	
Põhiline funktsionaalsus	Võimekus suhelda nii kasutajaga kui ka teiste seadmetega lokaalses süsteemis
Täiendavad funktsionaalsused	Ühendus võrguhaldajaga Võimekus muuta seadme tarbimismustrit Suudab oma energiatarbimist kohandada vastavalt lokaalsele elektritootmisele Oskab energiatarbimist kohandada vastavalt elektri börsihinnale
Kasutajaliides	Nutiseadmega (tahvel, arvuti, mobiiltelefon) ligipääsetav veebirakendus
Kommunikatsiooniliides	Juhtmega või juhtmevaba ühendus (Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave jt)
Kommunikatsioon	Kahepoolne andmeedastus
Olulised turuosalisused	GE, Samsung

5.1 Külmik-sügavkülmikud

Külmik-sügavkülmikud on üldjuhul töös iga päev terve aasta jooksul ning võimalused elektrienergia kokkuhoiduks on piiratud. Nutikamatel külmik-sügavkülmikutel (Joonis 5.1) on võimalik energiamahukamaid toimingud manuaalselt seadistada graafiku alusel öisesse aega, mil elektrienergia tarbimine on madalam ning elekter soodsam. Külmik-sügavkülmikute potentsiaal on pigem teenuse osutamises võrguettevõttele tipukoormuste nihutamiseks, mille eest oleks võimalik küsida tasu. Nõudluspõhise juhtimisega („Smart Grid Mode“ / “Demand Response“) vastavalt võrguhaldaja juhtsignaalidele on võimalik külmiku tarbimist nihutada energiamahukate kiirjahutuse/külmetuse funktsioonide edasilükkamisega madalama tipukoormusega ajale või seadme tarbimist lühiajaliselt alandada külmiku temperatuuri tõstmisega (võimsuse alandamine). Juhul kui elektrivõrgus toodetakse hoopis palju elektrit ning tarbimine madal, siis on võimalik võrguhaldaja signaali peale sisse lülitada kiirkülmutus/jahutus funktsioone kui see ei häiri kasutajat.



Joonis 5.1 Nutikas külmik-sügavkülmik Samsung Family Hub [59]

Eesti turul on suurima nutikate külmik-sügavkülmikute valikuga hetkel LG ning antud töö mahus on uuritud ainult automaatse sügavkülmkambriga sulatusmeetodiga külmik-sügavkülmikuid. Tabelis 5.2 on välja toodud erinevad nutikad külmik-sügavkülmikud, mida on võimalik soetada Eesti jaekaubandusest. Tegemist on integreeritud Wi-Fi toega külmik-sügavkülmikutega või Wi-Fi lisamooduli abil nutikateks ehk kaugjuhitavateks muudetavate seadmetega. Kõigil uuritud külmik-sügavkülmikutel on võimalik kaugjuhitavalt seadistada külmkapi jahutus- ja külmutusosa temperatuuri ning külmikutel, millel on kiirkülmutuse funktsioon, saab seda kaugjuhitavalt sisse ja välja lülitada.

Tabel 5.2 Eesti turul olevad nutikad külmik-sügavkülmikud

Külmik-sügavkülmik	LG GBB71PZDZN [60]	LG GBB61PZGFN	Bosch KGN39LB35 [61]	LG GBB92MCAXP [62]	Bosch KGN49AIDP
Aastane energiatarve	275 kWh/a	184 kWh/a	273 kWh/a	173 kWh/a	202 kWh/a
Mahtuvus	341 L	341 L	279 L	384 L	435 L
Energiaklass	A++	A+++	A++	A+++	A+++
Nõudluspõhine juhtimine	Jah	Jah	-	Jah	-
Energiatarbimise jälgimine	Jah	Ei	Jah	Jah	Jah
Energia funktsionaalsused	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus „Eco friendly“	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus „Eco friendly“	Temperatuuri reguleerimine Kiirjahutus
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi (lisatarvik 69,99 €) [63]	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	SmartThinQ	SmartThinQ	Home Connect	SmartThinQ	Home Connect
Maksumus	522 € [64]	599,99 € [65]	756,99 € [66]	1049 € [67]	1049 € [68]

Tabelis 5.3 on välja toodud võimalikult analoogsed külmik-sügavkülmikud võrreldes Tabelis 5.2 olevate seadmetega. Eesti turul olevad nutikad külmik-sügavkülmikud on olenemata maksumusest analoogsete kaugjuhitavuse funktsionaalsustega ning hinnaerinevus tuleb üldiselt seadme energiaklassi, mahtuvuse ning disaini arvelt.

Tabel 5.3 Eesti turul olevad „rumalad“ külmik-sügavkülmikud

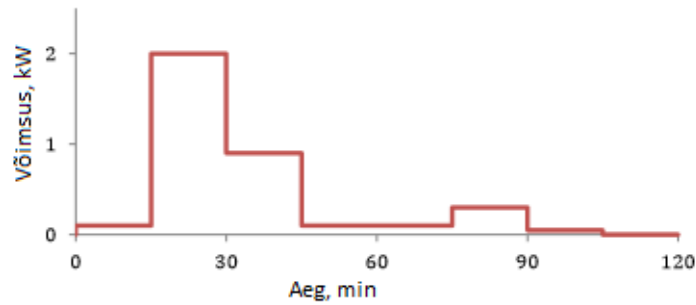
Külmik-sügavkülmik	Hisense RB371N4EC2 [69]	Beko RCNA406I30W [70]	Whirlpool W7911IW [71]	Samsung RB33J3420SS [72]	Samsung RB37J546VSA [73]
Aastane energiatarve	228 kWh/a	282 kWh/a	357 kWh/a	280 kWh/a	183 kWh/a
Mahtuvus	285 L	362 L	368 L	328 L	353 L
Energiaklass	A++	A++	A+	A+	A+++
Energia funktsionaalsused	Puhkuse režiim Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus	Temperatuuri reguleerimine Kiirkülmutus
Maksumus	339,99 € [69]	399,99 € [70]	399,99 € [71]	419,99 € [74]	549 € [75]

Külmik-sügavkülmikud käivituvad üldjuhul koheselt elektrivõrku ühendudes. Seega on külmik-sügavkülmikuid võimalik lihtsasti muuta nutikateks kasutades nutikaid pistikupesasid või nutikaid lüliteid. Nutikate pistikupesade ja lülitega on võimalik külmikuid ainult lühiajaliselt välja lülitada tarbimise vähendamiseks, kuna pikaajalise väljalülitamise korral tõuseb külmikus temperatuur mis kiirendab toidu roiskumist.

5.2 Pesumasinad

Pesumasinad ei pea töötama kindlal ajal ning nende tarbimine sõltub eelkõige kasutaja eelistustest. Üldjuhul pannakse pesumasin tööle, kui on kogunenud piisav hulk määrdunud riideid ning kasutaja leiab, et masina töötamine ei häiriks müraga tema teisi tegevusi.

Pesumasinate elektrienergia tarbimine sõltub valitud pesurežiimist ja sellega kaasnevast kindlast pesuvee temperatuurist, seega pesutsükli energiatarvet ei ole võimalik alandada tagamaks optimaalne pesukvaliteet. Kaasaegsed pesumasinad on väga energiatõhusad (energiaklass A+ ja kõrgem) ning sisaldavad ka erinevaid säästlikke pesurežiime. Joonisel 5.2 on välja toodud pesumasina pesutsükli jooksul tarbitav võimsus. Kõige energiamahukam protsess pesumasina pesutsüklis on pesuvee soojendamine valitud temperatuurini.



Joonis 5.2 Pesumasina tarbitav võimsus pesutsükli jooksul [76]

Pesumasinate tarbimist on võimalik ajas nihutada kasutades viitstardi/viitlõpetuse funktsiooni või lülitada pesumasin ajutiselt pausile. Pesumasinate juhtimise potentsiaal ehk eeldatav reguleeritav summaarne võimsus on eelnevalt välja toodud Tabelis 1.1. Viitstardi funktsiooniga on kasutajal võimalik pesumasina tarbimist manuaalselt seadistada madala tariifiga perioodile säästes raha elektri arvelt ning alandades elektrivõrgu tipukoormust. Praktiliselt kõigil uutel pesumasinatel on viitstardi/viitlõpetuse funktsioon.

Nutikatel pesumasinatel on võimalik kaugjuhitavalt valida soovitud pesuprogramm, pesutemperatuur, alustada pesuga ning hiljem jälgida kui kaua masin veel töötab. Nutikamatel pesumasinatel on pesueelne energia- ja veetarbimise prognoosimise funktsionaalsus ning hiljem näitab seade reaalselt energia- ja veetarbimist ning vastavalt selle arvutab ka pesuprogrammi kulu rahalises väärtuses. Küllaltki levinud on ka võimalus vaadata eelmise pesutsükli energiatarbimist ja ka varasemat tarbimisajalugu (nädal, kuu).

Nõudluspõhise juhtimise ja viitstardi kasutamise takistusteks on vajadus võtta pesu pesumasinast peale pesutsükli välja, et see kuivama panna ja kasutaja soov mitte oodata vaid pesta pesu võimalikult kiiresti. Kõige optimaalsem oleks ajastada pesumasina pesutsükli töö varahommikusele ajale (kell 5) ja lõppeb (6 või 7) vahetult enne hommikust tariifi muutust, et saaks hommikul ärgates märja pesu masinast välja võtta [8].

Eesti turul on suurimad nutikate pesumasinate tootjad LG, Bosch, Samsung, Miele ja AEG. Eelmainitud tootjad pakuvad Wi-Fi toega pesumasinaid ning nende nutikate seadmete võrdlus on toodud tabelis 5.4.

Tabel 5.4 Eesti turul olevad nutikad pesumasinad

Pesumasin	LG F2WN4S6N0 [77]	Samsung WW80K6414QW [78]	Bosch WAWH26B9SN [79]	Miele W1 WWV980WPS [80]
Energiaklass	A+++	A+++	A+++	A+++
Maksimaalne pesukogus	6,5 kg	8 kg	9 kg	9 kg

Tabel 5.4 järg

Pesumasin	LG F2WN4S6N0 [77]	Samsung WW80K6414QW [78]	Bosch WAWH26B9SN [79]	Miele W1 WWW980WPS [80]
Maksimaalne võimsus	-	2,4 kW	2,3 kW	-
Aastane energiatarve	139 kWh/a	116 kWh/a	152 kWh/a	109 kWh/a
Aastane veetarve	9240 L	8100 L	11200 L	11000 L
Energia funktsionaalsused	Kaugkäivitus Energiatarbimise jälgimine	Energiatarbimise jälgimine Kaugkäivitus Viitkäivitus	Energiatarbimise jälgimine Kaugkäivitus	„Smart Grid Ready“ Kaugkäivitus Viitstart Energiatarbimise prognoos ja tegelik energiakulu
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi/Z-Wave [81]	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	SmartThinQ; Amazon Alexa; Google Assistant;	Samsung Smart Home	Home Connect	WiFiConn@ct
Maksumus	319 € [82]	429 € [83]	879,99 € [84]	2299 € [85]

Tabelis 5.5 on välja toodud võimalikult samaväärsed pesumasinad võrreldes tabelis 5.4 olevate seadmetega. Eesti turul on lai valik nutikaid pesumasinaid ning analoogsete nutikate-rumalate seadmete hinnaerinevus on üldjuhul 50-150 eurot.

Tabel 5.5 Eesti turul olevad "rumalad" pesumasinad

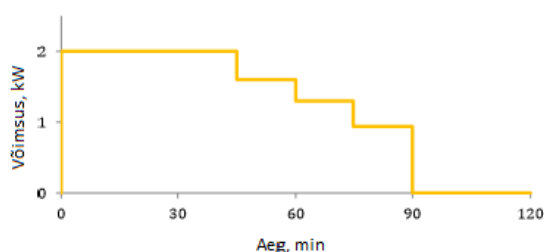
Pesumasin	Beko WTE6511B0 [86]	LG FH2J3WDNO	AEG L7FEE49S [87]	Bosch WAW325B9SN [88]	Miele WWD120WCS [89]
Energiaklass	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++
Maksimaalne pesukogus	6 kg	6,5 kg	9 kg	9 kg	8 kg
Funktsionaalsus	Viitstart 3, 6,9h Energiasäästurežiim	Viitajaga lõpetamine	Viitstart	Viitstart Näitab tarbitud energia ja vee hulka	Optiline liides
Maksimaalne võimsus	1,55 kW	-	2,2 kW	2,3 kW	2,4 kW
Aastane energiatarve	152 kWh/a	150 kWh/a	152 kWh/a	152 kWh/a	177 kWh/a
Aastane veetarve	8799 L	9600 L	10999 L	11200 L	10120 L
Maksumus	229,99 € [90]	259,99 € [91]	559 € [92]	759,99 € [93]	849,99 € [94]

Ühendades pesumasinad elektrivõrku jäävad nad üldjuhul ooterežiimile ega ei käivitu, mis tähendab, et pesumasinaid ei ole üldiselt võimalik lihtsalt nutika pistikupesa või lülitiga kaugjuhitavaks muuta. Teatud pesumasinate puhul võib lahenduseks olla pesuprogrammi alustamine ning seejärel masina koheselt elektrivõrgust lahti ühendamine nutika pistikupesa abil

ning valitud ajal tagasi sisse ühendamine. Sellisel meetodil võib pesumasin olla võimeline iseseisvalt jätkama eelnevalt valitud pesuprogrammi.

5.3 Pesumasin-kuivatid

Nutikaid pesumasin-kuivateid on võimalik tootjapoolse rakenduse abil kaugjuhitavalt käivitada vastavalt soovitud pesuprogrammile ning vastavalt tootjale valida kas pesuprogrammi algusaeg või lõpuaeg. Pesumasin-kuivatite nutikas juhtimine töötab analoogselt eelmises peatükis vaadeldud pesumasinatega. Märkimisväärsemaks erinevuseks on pesumasin-kuivati kuivatamise tarbitav võimsus pesutsükli jooksul, mis on toodud joonisel 5.3. Pesumasin-kuivatil kasutab kuivatamine märkimisväärselt rohkem elektrienergiat kui pesemine.



Joonis 5.3 Kuivati tarbitav võimsus pesutsükli jooksul [76]

Eesti turul on suurimad nutikate pesumasin-kuivatite tootjad Beko, LG ja Samsung. Eelmainitud tootjad pakuvad Wi-Fi toega pesumasin-kuivateid ning nende nutikate seadmete võrdlus on toodud tabelis 5.6.

Tabel 5.6 Eesti turul olevad nutikad pesumasin-kuivatid

Pesumasin-kuivati	Beko HTE7613YBSTR	LG F2J7HG2W [95]	Samsung WD90N740NOA [96]	Bosch WDU8H540SN
Energiaklass	B	B	A	A
Pesumasina aastane energiatarve	168 kWh/a	204 kWh/a	258 kWh/a	244 kWh/a
Pesumasin + kuivatus aastane energiatarve	1134 kWh/a	1134 kWh/a	1224 kWh/a	1364 kWh/a
Maksimaalne pesukogus	7 kg	7 kg	9 kg	10 kg
Maksimaalne kuivatamise kogus	4 kg	4 kg	5 kg	6 kg
Aastane veetarve	17 800 L	25 000 L	25 200 L	25 000 L
Funktsionaalsus	Viitkäivitus Kaugkäivitus Energiatarbimise jälgimine	Viitkäivitus Kaugkäivitus Energiatarbimise jälgimine	Kaugkäivitus Viitstart Energiatarbimise jälgimine	Viitkäivitus Kaugkäivitus Energiatarbimise jälgimine

Tabel 5.6 järg

Pesumasin-kuivati	Beko HTE7613YBSTR	LG F2J7HG2W [95]	Samsung WD90N740NOA [96]	Bosch WDU8H540SN
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	HomeWhiz	SmartThinQ	Samsung Smart Home	Home Connect
Maksumus	349 € [97]	449 € [98]	779 € [99]	1039,00 € [100]

Tabelis 5.7 on võrdluseks välja toodud Eestis müüdavad „rumalad“ pesumasinad ja nende funktsionaalsused ning maksumus. Samalaadsete nutikate ja rumalate pesumasin-kuivatite hinnavahe on 30-70 eurot.

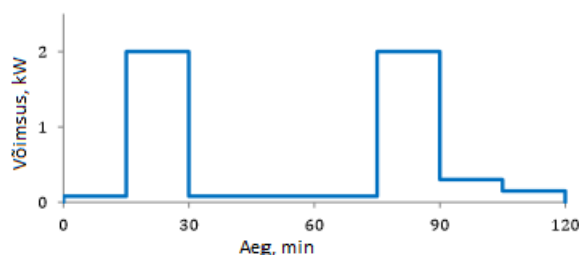
Tabel 5.7 Eesti turul olevad "rumalad" pesumasinad-kuivatid

Pesumasin-kuivati	LG F2J6HMOW	Samsung WD90J6A10AW	AEG L7WBG68W	AEG L9WBC61B [101]
Energiaklass	B	A	A	A
Pesumasin aastane energiatarve	204 kWh/a	234 kWh/a	180 kWh/a	180 kWh/a
Pesumasin + kuivatus aastane energiatarve	1134 kWh/a	1224 kWh/a	1070 kWh/a	814 kWh/a
Maksimaalne pesukogus	7 kg	9 kg	8 kg	10 kg
Maksimaalne kuivatamise kogus	4 kg	6 kg	4 kg	6 kg
Aastane veetarve	25 000 L	19 800 L	19 400 L	21 560 L
Funktsionaalsus	Viitstart	Viitstart	Viitstart	Viitstart
Maksumus	419,99 € [102]	529 € [103]	579,99 € [104]	979,99 € [105]

Ühendades pesumasin-kuivatid elektrivõrku jäävad nad üldjuhul ooterežiimile ega ei käivitu mis tähendab, et pesumasin-kuivateid ei ole üldiselt võimalik lihtsalt nutika pistikupesa või lülitiga kaugjuhitavaks muuta. Pesumasin-kuivatid töötavad ja käivituvad samalaadselt pesumasinatetele.

5.4 Nõudepesumasinad

Nutika nõudepesumasin pesutsükli nihutamisega madala tariifiga perioodile on võimalik alandada tipukoormuseid ning säästa raha. Eriti nutikas nõudepesumasin on suuteline jälgima elektribörsihinda ning suudab automaatselt käivituda ajal mil elekter on kõige odavam. Kõikidel turul olevatel nõudepesumasinatel on energiatarbimise vähendamiseks programmeeritud säästlikud pesurežiimid, mida on võimalik kasutada vastavalt nõude mustustasemele. Nõudepesumasin tüüpiline tarbitav võimsus pesutsükli jooksul on toodud joonisel 5.4.



Joonis 5.4 Nõudepesumasina tarbitav võimsus pesutsükli jooksul [76]

Eesti turul olevad integreeritud nutikad nõudepesumasinad sisaldavad üldjuhul järgnevat energiatarbimisega seonduvat funktsionaalsusi: kaugjuhitavalt käivitumine, viitstardi abil seadme tarbimise nihutamine, seadme energiatarbe jälgimine. Bosch seadmetel olev energiahaldussüsteem jälgib lokaalselt toodetud elektrienergiat ja seade käivitub automaatselt kui tootmine on kõrge [106]. Nõudepesumasina viitstardil on tüüpiliselt kolm varianti:

- „Finish in“ – pesuprogramm lõppeb kasutaja poolt valitud aja jooksul (näiteks 2h 20min)
- „Finish at“ – pesuprogramm lõppeb kasutaja poolt valitud kellaajaks (näiteks 07:00)
- „Start at“ – pesuprogramm algab kasutaja poolt valitud kellaajal (näiteks 16:30)

Eesti turul on suurimad nutikate nõudepesumasinate valikuga Bosch, Siemens ja Miele. Eelmainitud tootjad pakuvad integreeritud Wi-Fi toega nõudepesumasinaid. Tabelis 5.8 on välja toodud erinevate nutikate nõudepesumasinate võrdlus, mida on võimalik soetada Eesti jaekaubandusest.

Tabel 5.8 Eesti turul olevad nutikad nõudepesumasinad

Pesumasin	Bosch SMV68IX06E 60cm [107]	Bosch SMV88TX46E 60cm [108]	Siemens SN578S36TE 60cm [109]	Miele G7360SCVI 60cm [110]
Energiaklass	A++	A+++	A+++	A+++
Maksimaalne võimsus	2,4 kW	2,4 kW	2,4 kW	-
Aastane energiatarve	262 kWh/a	237 kWh/a	211 kWh/a	208 kWh/a
Aastane veetarve	2660 L	2660 L	2100 L	2492 L
Funktsionaalsus	Viitstart Kaugkäivitus Energiahaldussüsteem	Viitstart Kaugkäivitus Energiahaldussüsteem	Viitstart Kaugkäivitus Energiahaldussüsteem	Kaugkäivitus Viitstart
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	Home Connect	Home Connect	Home Connect	WiFiConn@ct
Maksumus	499,90 € [111]	849,99 € [112]	1179 € [113]	1569 € [114]

Tabelis 5.9 on võrdluseks toodud Eestis müüdadavad võimalikult analoogsed „rumalad“ nõudepesumasinad ja nende funktsionaalsused ning maksumus. Eesti turul on nutikad nõudepesumasinad mõnisada eurot kallimad kui „rumalad“ samalaadsed seadmed.

Tabel 5.9 Eesti turul olevad "rumalad" nõudepesumasinad

Pesumasin	Beko 60cm DIN28431 [115]	Bosch 60cm SMU67TW05S [116]	AEG 60cm FFB93706PM	Miele 60cm G7150SCVI [117]
Energiaklass	A+++	A+++	A++	A+++
Maksimaalne võimsus	-	2,4 kW	-	2,3 kW
Aastane energiatarve	237 kWh/a	237 kWh/a	241 kWh/a	213 kWh/a
Aastane veetarve	2660 L	2660 L	3080 L	2492 L
Funktsionaalsus	Viitstart	Viitstart	Viitstart	Viitstart
Maksumus	399,99 € [118]	599,99 € [119]	839,99 € [120]	1329 € [121]

Ühendades nõudepesumasinad elektrivõrku jäävad nad üldjuhul ooterežiimile ega ei käivitu, mis tähendab, et pesumasinaid ei ole võimalik lihtsalt nutika pistikupesa või lülitiga kaugjuhitavaks muuta. Pesumasin-kuivatid töötavad ja käivituvad analoogselt pesumasinatele.

5.5 Soojaveeboilerid

Nutika soojaveeboileriga saab kaugjuhitavalt soojavee seadetemperatuuri reguleerida. Nutikamate kontrollereite abil on võimalik seadistada küttegaafikuid, jälgida detailset statistikat soojaveetarbimise ajaloo kohta, mille põhjal suudab kontrollier ise teha küttegaafikuid tuleviku jaoks. Enamlevinud elektriliste soojaveeboilerite funktsionaalsused on energiatarbimise jälgimine, temperatuuri seadistamine, graafiku ning kasutaja tarbimismustri järgi kütmine. TESY nutikas soojaveeboiler ning tema kasutajaliides on näitena toodud joonisel 5.5.



Joonis 5.5 Tesy nutikas soojaveeboileri ja ModEco kasutajaliidese kuvatõmmis YouTubest [122]

Eesti turul on suurima nutikate soojaveeboilerite valikuga Dražice ja Tesy. Eelmainitud tootjad pakuvad Bluetoothi ja Wi-Fi toega soojaveeboilereid ning nende nutikate seadmete võrdlus on toodud tabelis 5.10. Kõikidel uuritud nutikatel soojaveeboileritel on võimalik jälgida elektrienergia tarbimist, teostada kütmist graafiku alusel, reguleerida veetemperatuuri, jälgida kasutaja tarbimismustrit ning seda kasutada edasisel kütmisel.

Tabel 5.10 Eesti turul olevad nutikad soojaveeboilerid

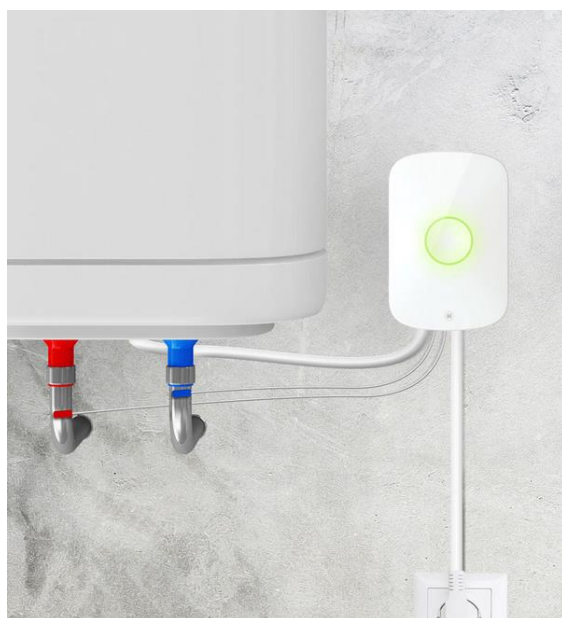
Soojaveeboiler	Tesy Modeco Cloud 100 [123]	Dražice OKHE 80 Smart [124]	Dražice OKHE 160 Smart [125]
Soojaveeboileri mahtuvus	100 L	80 L	155 L
Aastane energiatarve	1238 kWh	1240 kWh	2450 kWh
Elektritariifi ja kasutaja tarbimismustri järgi kütmine	Osaliselt seadistatav	Jah, manuaalne elektritariifi perioodide sisestamine	Jah, manuaalne elektritariifi perioodide sisestamine
Energiatarbimise jälgimine	Jah	Jah	Jah
Kasutaja asukoha järgi kütmine	Ei	Ei	Ei
Graafiku alusel kütmine	Jah	Jah	Jah
Detailne tarbimise statistika	Jah	Jah	Jah
Tarbimismustri jälgimine ning selle kasutamine kütmisel	Jah	Jah	Jah
Kaugjuhitav	Jah	Jah	Jah
Täiendavad energia funktsionaalsused	Veetempertuuri reguleerimine Ökonoomne režiim	Veetemperatuuri reguleerimine Ökonoomne režiim	Veetemperatuuri reguleerimine Ökonoomne režiim
Küttekeha võimsus	2,4 kW	2,2 kW	2,2 kW
Andmeside protokoll	Wi-Fi	Bluetooth	Bluetooth
Ühildub	TESY Cloud	Bluetooth toega nutiseade	Bluetooth toega nutiseade
Maksumus	235 € [126]	349,35 € [124]	391 € [127]

Tabelis 5.11 on võrdluseks välja toodud võimalikult analoogsed Eestis müüdavad „rumalad“ soojaveeboilerid ja nende funktsionaalsused ning maksumus. Eesti turul on piiratud valik nutikaid elektrilisi soojaveeboilereid ning Wi-Fi võimekus mõjutab seadme hinda minimaalselt (6 euro erinevus uuritud TESY soojaveeboileritel).

Tabel 5.11 Eesti turul olevad „rumalad“ soojaveeboilerid

Soojaveeboiler	PACIFIC 80L	Tesy Modeco 100	Pacific 150L	Dražice OKHE ONE 100
Soojaveeboileri mahtuvus	80 L	100 L	150 L	80 L
Funktsionaalsused	Veetemperatuuri reguleerimine	Veetemperatuuri reguleerimine	Veetemperatuuri reguleerimine	Veetemperatuuri reguleerimine Ökonoomne režiim
Küttekeha võimsus	1,5 kW	2,4 kW	1,8 kW	2,0 kW
Maksumus	89,00 € [128]	229,00 € [129]	241,00 € [130]	324,75 € [131]

Olemasolevate „rumalate“ soojaveeboilerite nutikaks tegemiseks on levinud standardsed lahendused, kus nutikas termostaat ühendatakse soojaveeboileri ja toite vahele. Sellise lahenduse üks näidis on toodud joonisel 5.6 ning tabelis 5.14 on välja toodud erinevad soojaveeboilerite nutikaks tegemise lahendused. Nutika termostaadi temperatuuriandurid ühendatakse soojaveeboileri külma ja kuuma väljavoolu torude külge ning soojaveeboileri lülitamine toimub sisse-väljalülitamise (ON-OFF) meetodil. Nutikas termostaat on ühendatud Wi-Fi või mõne teise nutikas kodumajapidamises kasutatava andmesidestandardiga ning soojaveeboileri tööd on võimalik juhtida kaugjuhitavalt telefonirakenduse abil. Vähem nutikas variant on ühendada soojaveeboiler nutika pistikupesa või lülitiga ning selle abil boilerit ON-OFF lülitada puhtalt graafiku alusel, hoides soojaveeboileri enda mehaanilist termostaati temperatuuri ülemiseks piiriks vältides ülekütmist.



Joonis 5.6 "Bobbie" - Nutikas veeboileri kontrolleri [132]

Tabel 5.12 Soojaveeboilerite nutikaks tegemise lahendused

Kontrolleri	Qubino [133]	Bobbie [132]	Aquanta [134]
Andmeside protokoll	Z-Wave	Wi-Fi	Wi-Fi
Seadme paigaldus	Boileri ja toite vahel	Boileri ja toite vahel	Boileri ja toite vahel
Sobivus seadmetele	Sobib kõigile standardsetele soojaveeboileritele	Sobib kõigile standardsetele soojaveeboileritele	Sobib kõigile standardsetele soojaveeboileritele
Kaugjuhitav	Jah	Jah	Jah
Targad andurid	Energiatarbimise sensor Veetarbimise sensor	Temperatuurisensorid Energiatarbimise sensor	Temperatuurisensorid Energiatarbimise sensor
Omaniku asukoha järgi kütmine	Jah	Jah	-
Kütmine graafiku alusel	Jah	Jah	Jah

Tabel 5.12 järg

Kontroller	Qubino [133]	Bobbie [132]	Aquanta [134]
Detailne tarbimise statistika	Jah	Jah	Jah
Tarbimismustri õppimine ja rakendamine	Jah	-	Jah
Lisafunktsioonid	Hetkese veetemperatuuri vaatamine	Hetkese veetemperatuuri vaatamine	Hetkese veetemperatuuri vaatamine Ülekütiskaitse
Nõudluspõhine juhtimine	Ei	Ei	Jah
Ühildub	Z-Wave keskseade	Amazon Alexa; Google Assistant;	Alexa läbi IFTTT
Maksimaalne võimsus	< 2,3 kW	< 3 kW	-
Maksimaalne voolutugevus	10 A	16 A	23 A
Maksumus	69,90 €	99 €	136 €

Elektrilised soojaveeboilerid käivituvad üldjuhul koheselt elektrivõrku ühendudes, mis tähendab, et neid on võimalik osaliselt kaugjuhitavateks muuta kasutades nutikaid pistikupesasid. Kuna kasutaja ei saa muuta soojaveeboileri seadeväärtusi nutikate pistikupesadega, siis tegemist ei ole eriti nutika lahendusega, kui puudub igasugune tagasiside. Nutikatel soojaveeboileritel on suur tarbimise nihutamise potentsiaal, kuna tegemist on seadmetega, mille tarbimist saab nihutada nii sisse-välja lülitamise teel kui ka graafiku alusel ettekütmisega.

5.6 Mikrolaineahjud

Eesti turul ei ole tänase seisuga kaugjuhitavaid mikrolaineahjusid. Nutikaid Wi-Fi ja Bluetooth toega mikrolaineahjusid on välismaa turgudel müügil. Kaugjuhitavad nutikad mikrolaineahjud maksavad üldjuhul ~500 kuni mitu tuhat eurot ning sisaldavad peale kaugjuhitavuse ka teisi täiendavaid funktsionaalsusi võrreldes tavapäraste odavamate mikrolaineahjudega. Täiendavateks funktsionaalsusteks on näiteks „Scan-to-Cook“ tehnoloogia, mis oskab kasutaja nutika seadme abil lugeda külmutatud toote triipkoodi ning oskab pakkuda vastava soovitusliku kuumutamisrežiimi [135].

Välismaa turul on suurima nutikate soojaveeboilerite valikuga GE ja Whirlpool. Eelmainitud tootjad pakuvad Wi-Fi toega mikrolaineahjusid ning nende nutikate seadmete võrdlus on toodud tabelis 5.13.

Tabel 5.13 Välismaa turul olevad nutikad mikrolaineahjud

Mikrolaineahi	GE JES1097SMSS	Whirlpool WMH78019HZ
Maksimaalne võimsus	1,00 kW	1,55 kW
Mahtuvus	25 L	53 L
Funktsionaalsus	Kaugkäivitus	Kaugkäivitus (ainult konvektsioonküpsetus)
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	Amazon Alexa; Google Assistant; Tootja rakendus	Amazon Alexa; Google Assistant; Tootja rakendus
Maksumus	139,00 \$ / 128,65 € [136]	497,70 \$ / 460,64 € [137]

Tabelis 5.14 on võrdluseks välja toodud Eestis müüdavad „rumalad“ mikrolaineahjud. Turul on piiratud valik nutikaid mikrolaineahjusid ning seetõttu on nutikate ja „rumalate“ seadmete võrdlus raskendatud.

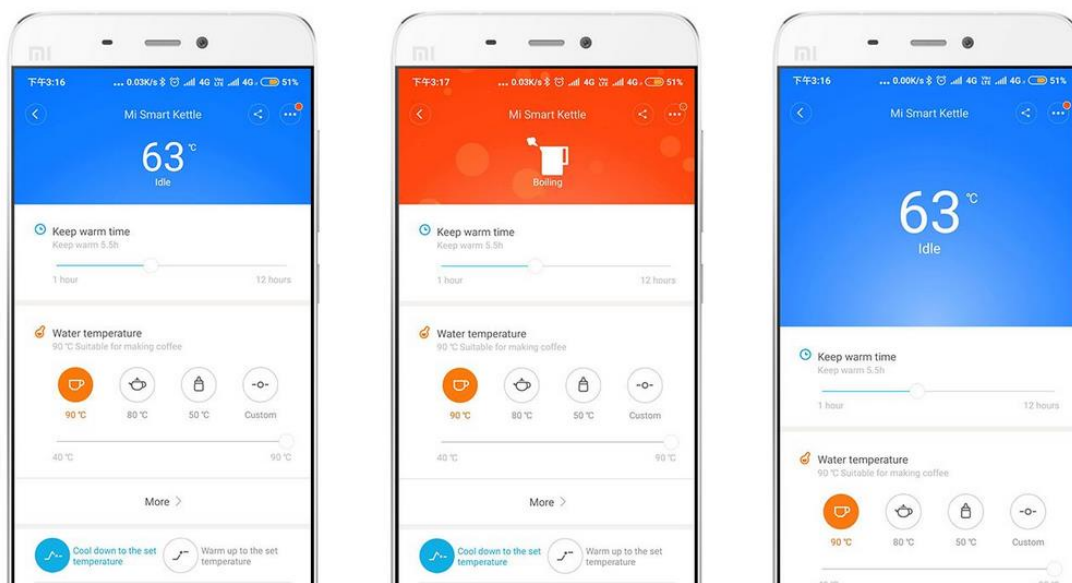
Tabel 5.14 Eraldiseisvad "rumalad" mikrolaineahjud Eesti turul

Mikrolaineahi	Sharp R200BKW	Beko MGC20100W	Samsung MG23F301TAK [138]	LG MH6535GIS [139]	Miele M6012SC [140]
Maksimaalne võimsus	1,27 kW	1,2 kW	2,3 kW	1,45 kW	2,3 kW
Mahtuvus	20 L	20 L	23 L	25 L	26 L
Grill	X	Jah	Jah	Jah	Jah
Maksumus	69,99 € [141]	69,99 € [142]	119,99 € [143]	159,99 € [144]	599,99 € [145]

Modernseid „rumalaid“ Tabelis 5.13 olevaid mikrolaineahjusid ei ole üldjuhul võimalik teha kaugjuhitavaks, kuna elektrivõrku ühendades lähevad mikrolaineahjud ooterežiimi ja käivituvad alles peale kasutaja režiimi või aja valikut. Ühesõnaga- mikrolaineahjud kasutavad elektroonilisi lüliteid mida nutika pistikupesaga juhtida ei saa. Lülitades mikrolaineahju tööle ja seejärel nutika pistikupesaga mikrolaineahju elektrivõrgust välja, on teatud mudelitel võimalus alustatud programmi jätkata peale seadme elektivõrku tagasi lülitamist.

5.7 Veekeetjad

Eesti turul on mõned nutikad veekeetjad, mida saab kas kaugjuhitavalt käivitada või peale käivitamist reguleerida soovitud vee lõpptemperatuuri. Saadaval on nii Bluetoothi kui ka Wi-Fi andmesidestandarditel töötavaid veekeetjaid. Joonisel 5.7 on välja toodud Xiaomi Mi nutika veekeetja kasutajaliides ning Tabelis 5.14 on välja toodud Eesti turul olevad nutikad veekeetjad.



Joonis 5.7 Veekeetja Xiaomi Mi Smart Kettle 16126 nutiseadme kasutajaliides [146]

Tabel 5.15 Eesti turul olevad nutikad veekeetjad

Veekeetja	Xiaomi Mi Smart Kettle 16126	ProfiCook PCWKS1167G
Maksimaalne võimsus	1,8 kW	2,2 kW
Veemahuti maht	1,5 L	1,5 L
Funktsionaalsus	Temperatuuri reguleerimine Ei saa kaugjuhitavalt sisse lülitada!!	Kaugkäivitus Viitstart Reaalajas veetemperatuur
Andmeside	Bluetooth	Wi-Fi
Ühildub	Bluetooth toega seade	Smart Life – Smart Living
Maksumus	42,49 € [146]	79,99 € [147]

Tabelis 5.15 on välja toodud Eesti turul olevad võimalikult analoogsed veekeetjad võrreldes tabelis 5.14 olevate seadmetega. Kuna Eesti turul on palju „rumalaid“ ning vähe nutikaid veekeetjaid, siis ei ole võimalik hinnata rumalate-nutikate analoogsete seadmete maksumust antud töö raames.

Tabel 5.16 Eesti turul olevad „rumalad“ veekeetjad

Veekeetja	Grundig WK4620	Bosch Styline TWK8611P
Maksimaalne võimsus	1,8 kW	2,4 kW
Veemahuti maht	1,7 L	1,5 L
Funktsionaalsus	-	Soojashoidmine Temperatuuri reguleerimine
Maksumus	24,99 € [148]	79,99 € [149]

Veekeetjad üldjuhul ei käivitu koheselt elektrivõrku ühendudes, mis tähendab, et veekeetjaid ei saa muuta täielikult kaugjuhitavateks. Teatud veekeetja mudelid on võimalik muuta kaugjuhitavaks lülitades seadme sisse ning seejärel lülitades seadme nutika pistikupesaga elektrivõrgust välja. Tegemist on mehaanilise lülitiga veekeetjatega ning ühendades seadme nutika pistikupesaga elektrivõrku tagasi jätkub masina töösükkel.

5.8 Kohvimasinad

Eesti turul on Wi-Fi toega nutikaid kohvimasinaid. Tegemist on väga mitmetahuliste ning funktsioonirohkete kohvimasinatega, kus elektrienergia tarbimine ja juhitavus ei ole eriline prioriteet. Kohvimasinaid ei ole praktiliselt võimalik kasutada tarbimise nihutamiseks kui tegemist on termoseta kohvimasinaga. Seda eelkõige seetõttu, et kohvimasina töösükkel on kõigest mõne minuti pikkune ning tegemist on kasutaja jaoks mugavusseadmega.

Eesti turul on suurima nutikate kohvimasinate valikuga Siemens, Bosch ja Miele. Tabelis 5.16 on välja toodud erinevad nutikad kohvimasinad, mida on võimalik soetada Eesti jaekaubandusest. Tegemist on integreeritud Wi-Fi toega kohvimasinatega, millega on võimalik kaugjuhitavalt valmistada valitud kohvi.

Tabel 5.17 Eesti turul olevad nutikad kohvimasinad

Kohvimasin	Siemens CT636LES6 [150]	Bosch CTL636EB6 [151]	Miele CM7550B
Maksimaalne võimsus	1,6 kW	1,6 kW	1,5 kW
Veemahuti maht	2,4 L	2,4 L	2,2 L
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	Home Connect	Home Connect	WifiConn@ct
Maksumus	1599 € [152]	1689 € [153]	2299 € [154]

Tabelis 5.17 on välja toodud võimalikult analoogsed kohvimasinad võrreldes tabelis 5.16 olevate seadmetega. Eesti turul on väike valik nutikaid kohvimasinaid ning kuna kohvimasinate puhul pole elektritarbimine prioriteet, siis on analoogsete kohvimasinate võrdlemine praktiliselt võimatu. Nutikad kohvimasinad on palju kallimad kui „rumalad“, aga antud seadmetel on ka hulga teisi täiendavaid funktsionaalsusi võrreldes odavamate „rumalate“ kohvimasinatega.

Tabel 5.18 Eesti turul olevad "rumalad" kohvimasinad

Kohvimasin	DeLonghi Magnifica	Miele CM5300BRRT
Maksimaalne võimsus	1,45 kW	1,5 kW
Veemahuti maht	1,8 L	1,3 L
Maksumus	299 € [155]	749,99 € [156]

Kohvimasinad üldjuhul ei käivitu koheselt elektrivõrku ühendudes, mis tähendab, et neid ei saa osaliselt kaugjuhitavateks muuta kasutades nutikaid pistikupesasid. Modernsed kohvimasinad lähevad elektrivõrku ühendudes ooterežiimi ning nutikate kohvimasinate tarbimise nihutamise potentsiaal on suhteliselt madal.

5.9 Õhksoojuspumbad

Eesti turul on üldjuhul „rumalad“ IR (infrapuna) puldi abil juhitavad õhksoojuspumbad ning nutikad integreeritud Wi-Fi toega õhksoojuspumbad. Samuti on Eesti turul erinevaid kontrollereid „rumalate“ õhksoojuspumpade nutikaks tegemiseks. Õhksoojuspumbad on tarbimise nihutamise seisukohalt olulised seadmed, kuna õhksoojuspumpade elektritarbimist on võimalik nihutada sissevälja lülitades, ajastades nende tarbimist graafiku alusel ettekütmiseks/jahutamiseks ning reguleerides tarbitavat võimsust.

Soojuspumba kasutegur ehk soojustegur (COP) näitab, kui mitu korda annab seade rohkem soojusenergiat võrreldes kulutatud elektrienergiaga. Näiteks soojustegur 3 (COP=3) näitab, et soojuspump annab kulutatava elektrienergiaga võrreldes kolm korda rohkem soojusenergiat. Üle kahe kolmandiku soojusenergiast saadakse „tasuta“ soojusallikast (nt maapind, veekogu, õhk jne) [157].

Eesti turul on suurima nutikate õhksoojuspumpade valikuga AlpicAir, Mitsubishi Electric, Gree ja Cooper&Hunter. Tabelis 5.19 on välja toodud erinevad nutikad õhksoojuspumbad, mida on võimalik soetada Eesti jaekaubandustest. Tegemist on integreeritud Wi-Fi toega õhksoojuspumpadega. Kõikidel uuritud nutikatel õhksoojuspumpadel on võimalik kaugjuhitavalt seadistada seadme tööd graafiku alusel, reguleerida temperatuuri, ventilaatori kiirust ning režiime.

Tabel 5.19 Eesti turul olevad nutikad seinale paigaldatavad õhksoojuspumbad

Õhksoojuspump	Alpicair 25HRDC1C [158]	Gree Lomo Nordic 12	Alpicair 50HRDC1E [158]	Samsung AR09MSPXA WKNEU [159]	Mitsubishi Electric LN25 VGHZ [160]
Energiaklass (kütmine/jahutamine)	A+/A+	A+++/A++	A+/A++	-	A+++/A+++
Tarbitav elektrivõimsus	0,2 - 1,5 kW	0,18 - 1,5 kW	0,16 - 1,7 kW	-	0,25 – 1,3 kW
Maksimaalne küttevõimsus	4,3 kW	4,5 kW	5,4 kW	4,3 kW	6,3 kW
Maksimaalne jahutusvõimsus	3,6 kW	4,0 kW	5,2 kW	3,3 kW	3,5 kW
Välisõhu miinimum- temperatuur kütterežiimil	-15 °C	-22 °C	-15 °C	-	-35 °C

Tabel 5.19 järg

Õhksoojuspump	Alpicair 25HRDC1C [158]	Gree Lomo Nordic 12	Alpicair 50HRDC1E [158]	Samsung AR09MSPXA WKNEU [159]	Mitsubishi Electric LN25 VGHZ [160]
Funktsionaalsus	Graafiku alusel käivitumine Temperatuuri seadistamine	Graafiku alusel käivitumine Temperatuuri seadistamine	Graafiku alusel käivitumine Temperatuuri seadistamine	Graafiku alusel käivitumine Temperatuuri seadistamine Kiiruse reguleerimine	Graafiku alusel käivitumine Energiatarbimise jälgimine Temperatuuri seadistamine
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	EWPE Smart	GREE+	EWPE Smart	Samsung Smart Home	MELCloud
Maksumus	499 € [161]	568 € [162]	599 € [163]	998 € [164]	1238 € [165]

Tabelis 5.20 on välja toodud võimalikult analoogsed „rumalad“ õhksoojuspumbad võrreldes tabelis 5.19 olevate nutikate seadmetega. Eesti turul on lai valik nutikaid õhksoojuspumpasid ning integreeritud Wi-Fi võimekus ei mõjuta oluliselt seadme maksumust.

Tabel 5.20 Eesti turul olevad "rumalad" seinale paigaldatavad õhksoojuspumbad

Õhksoojuspump	Ambista Electric Azure II	Electrolux Avalance Inverter 09	Electrolux Avalanche Inverter 12	Panasonic TZ25TKE
Energiaklass (kütmine/jahutamine)	A+/A++	A+++/A+++	A+++/A+++	A++/A++
Tarbitav elektrivõimsus	-	0,16 – 1,5 kW	0,18 – 1,5 kW	0,2 – 1,12 kW
Maksimaalne küttevõimsus	3,4 kW	4,2 kW	4,5 kW	4,1 kW
Maksimaalne jahutusvõimsus	3,2 kW	3,5 kW	4,0 kW	3,0 kW
Välisõhu miinimum-temperatuur kütterežiimil	-25 °C	-25 °C	-25 °C	-15 °C
Maksumus	419 € [166]	498 € [167]	548 € [168]	699 € [169]

Õhksoojuspumpade nutikaks tegemisel kasutatakse tüüpiliselt infrapuna võimekusega kontrollereid. Controller tuleb paigaldada nii, et tal oleks õhksoojuspumbani „vaba tee“, et oleks võimalik saata juhtsignaale, nagu televiisoripuldil televiisorile. Nutikas controller paigaldatakse tavaliselt õhksoojuspumba lähedale (Joonis 5.8). Järgnevalt on välja toodud erinevad Eesti turul olevad õhksoojuspumpade nutikaks tegemise lahendused ning nende kokkuvõtte on kajastatud tabelis 5.21.



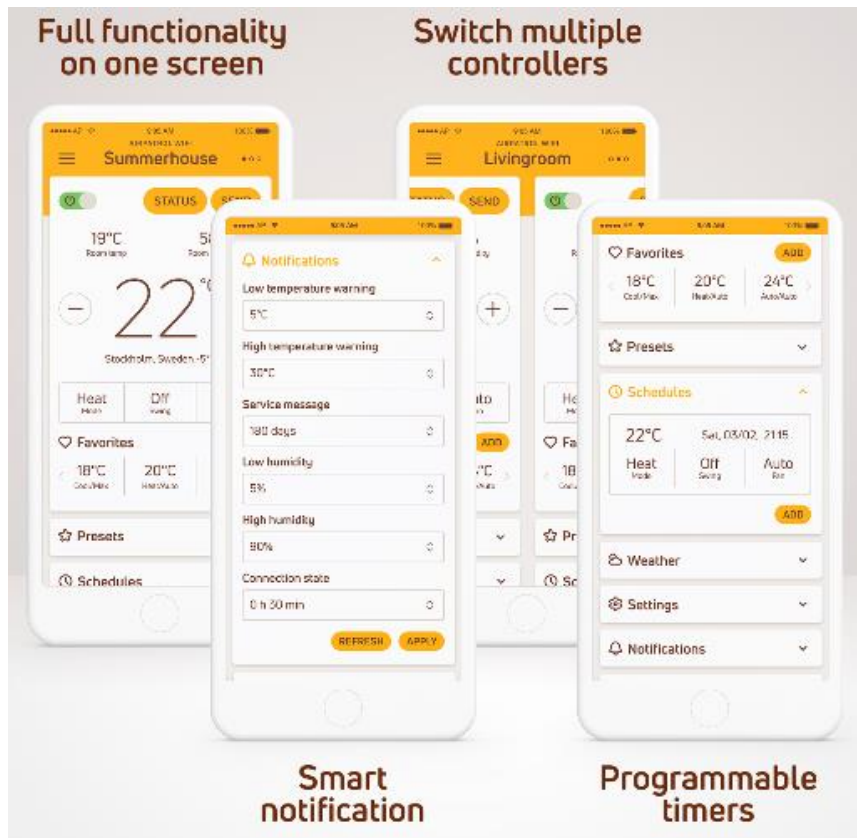
Joonis 5.8 AirPatrol - Nutikas õhksoojuspumba kontrolleri [170]

AirPatrol

AirPatrol ühildub koduse Wi-Fi võrguga ning sobib kasutamiseks peaaegu kõigi õhksoojuspumpadega, millel on infrapuna juhtimispuul. Antud kontrolleri sobib järgnevate tootjate seadmetele: Panasonic, Mitsubishi Electric, Gree, Samsung, LG, AlpicAir jne. AirPatrol kontrolleri võimalikud käsklused õhksoojuspumbale: [171]

- SISSE / VÄLJA
- Režiimi valik, DRY / COOL / HEAT / AUTO
- Temperatuuri valik, 10 – 30 °C
- Ventilaatori kiirus, AUTO / MIN / NORM / MAX
- Õhulabade liikumine SISSE / VÄLJA
- Madala kütte režiim 5 - 15 °C
- Ajastatud sündmused – kalendripõhised käsklused
- Kasutajapõhised teavitused

Joonisel 5.8 on välja toodud AirPatrol süsteemi kasutajaliides koos erinevate funktsionaalsustega.



Joonis 5.9 AirPatrol Wi-Fi kasutajaliides [172]

M-Climate Melissa

Tegemist on analoogse lahendusega AirPatrol süsteemile. M-Climate Melissa suudab samuti juhtida kõiki infrapuna juhtpuldiga õhksoojuspumpasid. M-Climate Melissa kontrolleri võimalikud käsklused õhksoojuspumbale: [173, 171]

- SISSE / VÄLJA
- Režiimi valik, FAN / COOL / DRY / HEAT
- Temperatuuri valik, 16 – 30 °C
- Ventilaatori kiirus, AUTO / LOW / MED / HIGH
- Temperatuuri ja niiskuse häireteated
- „Geolocation“ – lülitab õhksoojuspumba sisse-välja vastavalt kasutaja asukohale
- Ajastatud sündmused – kalendripõhised käsklused
- „Special custom commands“ – võimalik juhtida teisi IR seadmeid, nagu näiteks televiisorit

„Wi-Fi moodul“ [174]

Antud toote kohta puudub täpsustav informatsioon, aga illustratiivse pildi järgi võib öelda, et tegemist on Sonoff nutika relee baasil oleva seadmega.

Tabel 5.21 Eesti turul olevad õhksoojuspumpade nutikaks tegemise lahendused

Õhksoojuspump	„Wi-Fi moodul“	M Climate Melissa [173, 175]	AirPatrol WiFi V3
Funktsionaalsus	Puudub ametlik info	Režiimi valik Graafiku alusel käivitumine Temperatuuri seadistamine „Geolocation“	Režiimi valik Graafiku alusel käivitumine Temperatuuri seadistamine
Andmeside	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Ühildub	Electrolux Avalanche; Electrolux Viking; Ambista Electric Azure II	Amazon Alexa; Google assistant	Amazon Alexa; Google Assistant; IFTTT
Maksumus	39 € [166]	99 € [171]	169 € [172]

Õhksoojuspumbad käivituvad üldjuhul koheselt elektrivõrku ühendudes, mis tähendab, et neid on võimalik osaliselt kaugjuhitavateks muuta kasutades nutikaid pistikupesasid. Kuna kasutaja ei saa muuta õhksoojuspumba seadeväärtusi nutikate pistikupesadega, siis nutikate pistikupesade kasutamine õhksoojuspumpade juhtimiseks ei ole eriti mõistlik. Nutikatel õhksoojuspumpadel on väga suur tarbimise nihutamise potentsiaal, kuna tegemist on seadmetega, mille tarbimist saab mitmel viisil nihutada.

6. SOOVITUSLIK LAHENDUS

Käesoleva töö kirjutamise ajal ei ole veel head varianti kodumajapidamisseadmete integreerimiseks ühisele juhtplatformile. Peamiseks probleemiks on ühtse standardi puudumine ning fakt, et kodumajapidamisseadmete tootjad nõuavad oma seadmete nutikuse kasutamiseks kindlat tootjapoolset rakendust.

Soovitusliku lahenduse eelduseks on võetud, et kodumajapidamises on järgnevad kodumajapidamisseadmed: külmik-sügavkülmik, pesumasin, kuivati, nõudepesumasin, elektriline soojaveeboiler, mikrolaineahi, veekeetja, kohvimasin ning õhksoojuspump.

Antud töö tulemusena selgus, et tarbimise juhtimise seisukohast kõige otstarbekamad kodumajapidamisseadmed Eesti turul on nutikad külmik-sügavkülmikud, pesumasinad, pesumasin-kuivatid, nõudepesumasinad, soojaveeboilerid, õhksoojuspumbad. Tegemist on suhteliselt suure elektrienergia tarbimisega seadmetega, mille tarbimise on võimalik lihtsasti nihutada.

Osaliselt otstarbekad kodumajapidamisseadmed tarbimise juhtimise seisukohast on veekeetjad ning kohvimasinad. Tegemist on seadmetega, mille tarbimine on lühiajaline ning mis võivad omada termosfunktsiooniga võimekust tarbimist nihutada.

Eesti turul ei ole nutikaid mikrolaineahjusid ning mikrolaineahju ei ole võimalik muuta piisavalt nutikaks nutika pistikupesaga. Seetõttu tarbimise juhtimise seisukohast ei ole mikrolaineahjul mingit otstarvet.

Kaugjuhitavate kodumajapidamisseadmete integreerimine

Eesti turul ei ole käesolevat tööd kirjutades erinevate tootjate kaugjuhitavate kodumajapidamisseadmete integreerimise efektiivset lahendust.

LG on teatanud, et kõik nende uued kodumajapidamisseadmed on nutikad Wi-Fi toega seadmed. Samsungi toodetud uutest kodumajapidamisseadmetest on 90% nutikad ning plaanis on muuta kõik uued toodetud seadmed nutikateks seadmeteks. Teised olulised turuosalised, kes on samuti täiustamas oma nutikate toodete portfooliot ning täiustavad kaugjuhtimise integreerimise võimekusi on Bosch, GE ja Whirlpool [176].

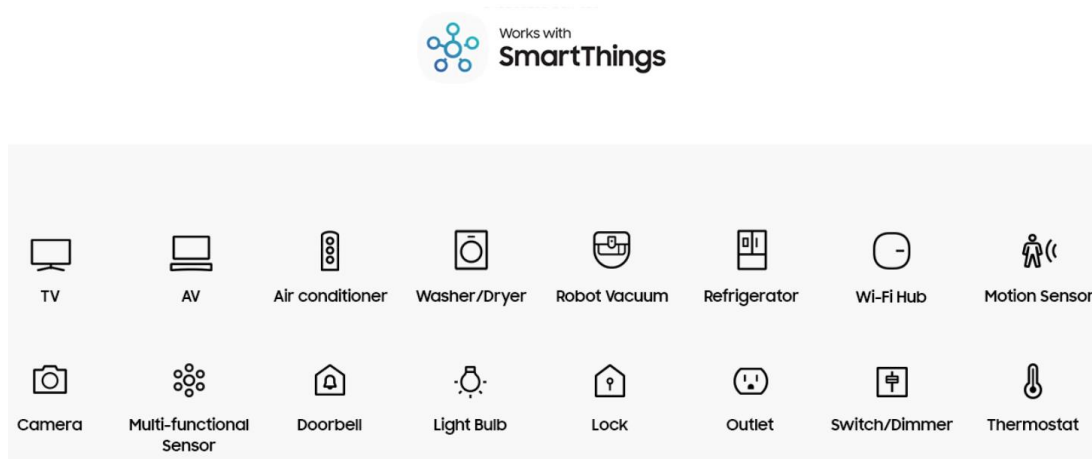
Viimase põlvkonna nutikad kodumajapidamisseadmed, mida Eesti turul veel ei ole, pakuvad juba palju laialdasemat integreerimise võimekust. Näiteks on võimalik praktiliselt kõiki uusi nutikaid kodumajapidamisseadmeid siduda hääljuhtimisplatformidega Amazon Alexa ja Google Assistant.

LG ThinQ reklaamib ennast kui avatud rakendusliidesega (API), aga reaalsuses on tegemist „Partnership“ teenusega, enda teenuste loomiseks ja integreerimiseks, mitte tavakasutajale erinevate seadmete integreerimiseks [177, 178]. Joonisel 6.1 on välja toodud kuvatõmmis LG ThinQ Platformi ülesehitusest.



Joonis 6.1 LG ThinQ Platform

SmartThings on Samsungi nutika kodu lahendus, mida antud töö autor peab kõige põnevamaks lahenduseks lähitulevikus. SmartThingsiga on võimalik Samsungi ja SmartThingsiga ühilduvaid seadmeid ning elektroonikat ühendada, automatiseerida ja hallata ühe rakendusega [179]. SmartThings keskseadmega on võimalik integreerida erinevaid seadmeid kasutades ZigBee, Z-Wave või LAN/HTTP protokolle [180]. Samsung pakub ka „SmartThings Wifi“ seadet, kus on integreeritud Wi-Fi ruuter ja SmartThings keskseade [181]. Joonisel 6.2 on välja toodud kõik erinevat tüüpi seadmed, mida on võimalik integreerida SmartThings keskseadmega.



Joonis 6.2 SmartThings keskseadmega töötavad seadmed [179]

Samsungi SmartThings tundub hetkel olevat suurima potentsiaaliga lahendus integreerimaks erinevaid kodumajapidamisseadmeid ühisele juhtimisplatformile [182], aga antud lahendus tahab põhjalikumat uurimist ning SmartThings toega kodumajapidamisseadmete kasvu Eesti turul.

Järgnevates alapeatükkides on võrreldud erinevaid võimalikke lahendusi. Kõigepealt on uuritud võimalust kasutada kõiki integreeritud nutikaid seadmeid ja seejärel lahendust, kus kõik seadmed on „rumalad“, aga koos nutika pistikupesaga. Lõpetuseks on autoripole väljapakutud lahendus.

6.1 Kõik integreeritud nutikad seadmed

Lahenduse eelduseks on võetud, et kodumajapidamises on järgnevad nutikad kodumajapidamisseadmed: külmik-sügavkülmik, pesumasin, kuivati, nõudepesumasin, elektriline soojaveeboiler, mikrolaineahi, veekeetja, kohvimasin ning õhksoojuspump. Kuna Eesti turul ei ole nutikaid mikrolaineahjusid on lahenduses kasutusse võetud välismaa turul pakutav nutikas mikrolaineahi tabelist 5.13.

Tabelis 6.1 on esitatud võimalikult soodsad nutikad kodumajapidamisseadmed, mis on integreeritavad nutikasse kodumajapidamisse. Lahenduse kogumaksumus varieerub sõltuvalt pesumasin/pesumasin-kuivati ostust vahemikus 3882,54 kuni 4231,54 eurot. Suurima osatähtsusega on nutikas kohvimasin Siemens CT636LES6 moodustab antud lahenduse kogumaksumusest ligikaudu 38%.

Tabel 6.1 Kõik integreeritud nutikad ja võimalikult soodsad kodumajapidamisseadmed

Seade	Seerianumber/Mudel	Ühildub	Maksumus
Külmik-sügavkülmik	LG GBB71PZDZN	SmartThinQ	522,00 €
Pesumasin	LG F2WN4S6N0	SmartThinQ; Amazon Alexa; Google Assistant;	319,00 €
Pesumasin-kuivati	Beko HTE7613YBSTR	HomeWhiz	349,00 €
Nõudepesumasin	Bosch SMV68IX06E	Home Connect	499,90 €
Elektriline soojaveeboiler	Tesy Modeco Cloud 100	TESY Cloud	235,00 €
Mikrolaineahi	GE JES1097SMSS	SmartHQ; Amazon Alexa; Google Assistant	128,65 €
Veekeetja	ProfiCook PCWKS1167G	Smart Life – Smart Living	79,99 €
Kohvimasin	Siemens CT636LES6	Home Connect	1599,00 €
Õhksoojuspump	Alpicair 25HRDC1C	EWPE Smart	499 €
Kogumaksumus			4231,54 €

Tabelis 6.1 toodud lahenduse korral läheks kasutajal nutikate seadmete juhtimiseks vaja kaheksat eraldi tootja rakendust kasutada.

6.2 Kõik „rumalad“ seadmed ja nutikad pistikupesad

Lahenduse eelduseks on võetud, et kodumajapidamises on järgnevad kodumajapidamisseadmed: külmik-sügavkülmik, pesumasin, kuivati, nõudepesumasin, elektriline soojaveeboiler, mikrolaineahi, veekeetja, kohvimasin ning õhksoojuspump. Kõik „rumalad“ kodumajapidamisseadmed on küll ideeliselt nutikasse pistikupesasse ühendatavad, siis tegemist ei ole paraku töötava lahendusega. Seda seetõttu, et nutikate pistikupesadega ei saa reaalselt paljusid lahenduse eelduses nimetatud kodumajapidamisseadmeid juhtida. Nimetatud kodumajapidamisseadmeid ei saa juhtida, kuna toite sisse-, väljalülitamine ei pruugi seade tööprotsessi alustada. Kuigi nutikate pistikupesadega ei pruugi olla võimalik uuritud kodumajapidamisseadmeid juhtida, siis vähemalt saab tarbimist jälgida.

Kodumajapidamisseadmete poolt tarbitav võimsus nutikate pistikupesade valikuks on võimalusel võetud seadme spetsifikatsioonist, aga teatud juhtumitel ka analoogsete seadmete võrdlusest või välisest hinnangulisest allikast [183].

Tabelis 6.2 on kajastatud võimalikult samaväärsed „rumalad“ kodumajapidamisseadmed, mis olid valitud tabelis 6.1. Lahenduse kogumaksumus varieerub sõltuvalt pesumasin/pesumasin-kuivati valikust vahemikus 2990,84 kuni 3431,73 eurot.

Tabel 6.2 Kõik „rumalad“ seadmed koos nutikate pistikupesadega

Seade	Seerianumber/Mudel	Maksumus	Nutikas pistikupesa	Maksumus
Külmik-sügavkülmik	Samsung RB33J3420SS	419,99 €	Sonoff S26	19,90 €
Pesumasin	LG FH2J3WDN0	259,99 €	Sonoff S26	19,90 €
Pesumasin-kuivati	LG F2J6HMOW	419,99 €	TP-Link HS110	20,90 €
Nõudepesumasin	Beko DIN28431	399,99 €	TP-Link HS110	20,90 €
Elektriline soojaveeboiler	Tesy Modeco 100	229,00 €	Bobbie Smart Water Heater	99,00 €
Mikrolaineahi	Sharp R200BKW	69,99 €	Sonoff S26	19,90 €
Veekeetja	Grundig WK4620	24,99 €	Sonoff S26	19,90 €
Kohvimasin	Miele CM5300BRRT	749,99 €	Sonoff S26	19,90 €
Õhksoojuspump	Ambista Electric Azure II	419,00 €	M-Climate Melissa	99,00 €
Maksumus	2992,93 €		438,8 €	
Kogumaksumus				3431,73 €

6.3 Autori väljapakutav nutikas lahendus

Lahenduse eelduseks on võetud, et kodumajapidamises on järgnevad nutikad kodumajapidamisseadmed: külmik-sügavkülmik, pesumasin, kuivati, nõudepesumasin, elektriline soojaveeboiler, mikrolaineahi, veekeetja, kohvimasin ning õhksoojuspump.

Tabelis 6.3 on välja toodud autori soovituslik variant, kus on valitud seadmed nii, et juhtimiseks vajalikke erinevaid tarkvararakendusi on võimalikult vähe. Elektriline soojaveeboiler ja õhksoojuspump on ainukesed kodumajapidamisseadmed antud lahenduses, mis ei ole integreeritud nutikusega, vaid on kasutatud nutikaid kontrollereid. Antud seadmed on valitud nutikaks tehtavaks, et vähendada vajalike tootjapoolsete tarkvararakenduste arvu. Tabelis 6.3 toodud lahenduse korral läheks kasutajal nutikate seadmete juhtimiseks vaja nelja eraldi tootja rakendust.

Lahenduses kasutatavad rakendused

1. Home Connect - külmik-sügavkülmik, pesumasin/pesumasin-kuivati, nõudepesumasin, kohvimasin
2. M Melissa Climate – elektriline soojaveeboiler, õhksoojuspump
3. Smart Life – Smart Living – veekeetja
4. SmartHQ – mikrolaineahi

Kuna SmartHQ kasutavat GE nutikat mikrolaineahju ei ole Eesti turul ning Smart Life – Smart Living rakendust kasutab ainult veekeetja, siis on praktiliselt võimalik kõiki seadmeid juhtida vaid kahe rakendusega.

Tabel 6.3 Autori soovituslik lahendus

Seade	Seerianumber/Mudel	Nutikas seade	Ühildub	Maksumus
Külmik-sügavkülmik	Bosch KGN49AIDP	Jah	Home Connect	1049,00 €
Pesumasin	Bosch WAWH26B9SN	Jah	Home Connect	879,99 €
Pesumasin-kuivati	Bosch WDU8H540SN	Jah	Home Connect	1039,00 €
Nõudepesumasin	Bosch SMV68IX06E	Jah	Home Connect	499,90 €
Elektriline soojaveeboiler	Pacific 80L + Bobbie Smart Water Heater	Ei	M Melissa Climate; Amazon Alexa; Google Assistant	188,00 €
Mikrolaineahi	GE JES1097SMSS	Jah	SmartHQ; Amazon Alexa; Google Assistant	128,65 €
Veekeetja	ProfiCook PCWKS1167G	Jah	Smart Life – Smart Living	79,99 €
Kohvimasin	Bosch CTL636EB6	Jah	Home Connect	1689,00 €
Õhksoojuspump	Electrolux Avalanche Inverter 09 + M Climate Melissa	Ei	M Melissa Climate; Amazon Alexa; Google Assistant	597,00 €
Kogumaksumus	6150,53 €			

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eemärgiks oli anda ülevaade kaugjuhitavatest kodumajapidamisseadmetest ja uurida milliseid kodumajapidamisseadmeid oleks kasulik teha „nutikaks“ ning pakkuda välja vastav lahendus kodumajapidamisseadmetest targa kodu labori loomiseks.

Lõputöö esimeses peatükis loodi ülevaade kodumajapidamisseadmetest ja nende juhitavusest, millest selgus, et tarbimise nihutamise seisukohalt suurima potentsiaaliga kodumajapidamisseadmed on elektrilised soojaveeboilerid, valgustus, külmik-sügavkülmikud, nõudepesumasinad, pesumasinad, pesumasin-kuivatid, põrandaküte kütte eesmärgil ja õhksoojuspumbad.

Teises peatükis on kirjeldatud kodumajapidamistes enimkasutatavad andmeside standardid Wi-Fi, ZigBee ja Z-Wave. Wi-Fi süsteemi eelisteks on madal seadmete hind ning võrgu loomiseks on vaja ainult Wi-Fi ühendust, mis on tõenäoliselt juba majapidamises olemas. ZigBee ja Z-Wave eelisteks on madalam energiatarve, kõrgem töökindlus ning võrktopoloogia lahendus, mis tähendab, et seadmete lisamisel süsteemi muutub süsteem järjest töökindlamaks.

Kolmandas peatükis kirjeldati integreeritud nutikate kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimise võimalusi ning selgus, et kaugjuhtimise võimalused sõltuvad kasutatavast riist- ja tarkvarast. Riistvaraliselt on võimalik kodumajapidamisseadmetele lisada erinevaid andureid, ajameid, andmeside mooduleid ja juhtmooduli. Erinevatel kodumajapidamisseadmetel on levinud järgnevad kaugjuhtimise funktsionaalsed võimalused: sisse-välja lülitamine, graafiku alusel sisse-välja lülitamine, temperatuuri/võimsuse reguleerimine, viitstart/viitlõpetus, nõudluspõhine juhtimine („Smart Grid Mode“).

Neljandas peatükis analüüsiti nutikaid pistikupesasid, mis on tavalisse pistikupesasse ühendatavad seadmed, mille abil saab muuta „rumalaid“ kodumajapidamisseadmeid osaliselt nutikateks. Eesti turul olevad nutikad pistikpesad kasutavad üldjuhul kas Wi-Fi, ZigBee või Z-wave andmeside standardit. Tüüpilistel nutikatel pistikupesadel on kaugjuhitav sisse-välja lülitamine, graafiku alusel sisse-välja lülitamine ja energiatarbimise jälgimise funktsionaalsus. Nutikatel pistikupesadel võib olla laiendatud funktsionaalsusi vastavalt kasutatud riistvarale. Temperatuurianduritega nutika pistikupesaga on võimalik näiteks „rumalaid“ soojaveeboilereid nutikaks teha.

Viiendas peatükis analüüsiti ja võrreldi analoogseid nutikaid ja „rumalaid“ kodumajapidamisseadmeid. Antud peatükis analüüsiti külmik-sügavkülmikuid, pesumasinad, pesumasin-kuivateid, nõudepesumasinad, soojaveeboilereid, mikrolaineahjusid, veekeetjaid, kohvimasinad ja õhksoojuspumpasid.

Kuuendas peatükis uuriti ja esitati erinevaid nutika kodumajapidamise lahendusvõimalusi vastavalt viiendas peatükis uuritud seadmetele. Selgus, et Eesti turul olevatest seadmetest on võimalik luua nutikas kodumajapidamine, aga hetkel puudub lahendus integreerimaks kõikide kodumajapidamisseadmete juhtimine ühisele juhtplatformile. Ühise standardi loomine on kodumajapidamiste automatiseerimise osas hetkel aktuaalseks teemaks ning kodumajapidamisseadmete tootjad täiustavad pidevalt oma seadmete integreerimise võimalusi.

Nutika kodumajapidamise loomisel on kaks suurt probleemi:

1. Erinevate nutikate kodumajapidamisseadmete ja pistikupesade tootjad kasutavad erinevaid enda loodud suletud rakendusliidesega rakendusi, mis tähendab, et erinevate ettevõtete seadmetest koosnevas kodumajapidamises ei saa neid ühildada ühisele platformile.
2. Nutikate pistikupesade ja releedega ei saa üldjuhul kodumajapidamisseadmeid nutikaks teha. Seda seetõttu, et nutikas pistikupesa funktsionaalsus on piiratud seadmete kaugjuhtimisel sisse- ja väljalülitamisele. Modernsed kodumajapidamisseadmed lähevad tüüpiliselt vooluvõrku ühendades lihtsalt ooterežiimile.

Kokkuvõttes, käesolevas töös loodi ülevaade kodumajapidamisseadmete elektrienergia tarbimisest, uuriti millised on kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimise funktsionaalsed ja riistvaralised lahendused, uuriti milliseid andmeside standardeid kasutatakse kodumajapidamisseadmete kaugjuhtimiseks, uuriti kuidas on võimalik muuta „rumalaid“ seadmeid nutikateks, analüüsiti Eesti turul olevaid nutikaid pistikupesasid ja kodumajapidamisseadmeid ning pakuti välja erinevaid lahendusi nutika kodumajapidamise loomiseks.

Käesoleva töö tulemusena loodud ülevaadet nutikatest kodumajapidamisseadmetest, nende kaugjuhtimisest ja autori poolt väljapakutud lahendust plaanitakse kasutada TalTech Flexible VPP projekti raames nutika kodumajapidamise labori loomisel.

SUMMARY

The purpose of this bachelor thesis was to provide an overview of remotely controlled smart household appliances, research which household appliances would be beneficial to remotely control and to propose a corresponding solution for building a smart home laboratory.

The bachelor thesis begins with an overview of household appliances and their classification based on controllability. It was found that the household appliances with the greatest potential in terms of consumption shifting were electric water heaters, lightning, combined refrigerator-freezers, dishwashers, washing machines, washer-dryers, underfloor heating for the purpose of heating and air to air heatpumps.

The second chapter described the most popular wireless communication standards used in household automation, which were Wi-Fi, ZigBee and Z-Wave. The three wireless standards were analysed and compared and it was found that the advantage of Wi-Fi based system is low starting cost. Wi-Fi devices are generally cheaper and there is no need for a central hub. The advantages of ZigBee and Z-Wave based systems are lower power consumption, higher reliability and mesh network topology, which means that the more devices you connect to the system, the more reliable it becomes.

The third chapter described the remote control capabilities of integrated smart household appliances and it was found that the remote control capabilities are determined by the installed hardware and software. Household appliances can be integrated with various sensors, actuators, data communication modules and a control module to make it smart and remotely controllable. The most common remote control functions of various household appliances are turning the devices on-off, scheduled on-off switching, regulating the temperature/power, delayed start/end functions and demand-response control („Smart Grid Mode“).

The fourth chapter analysed smart plugs, which are devices that can be connected to a standard power plug to turn „dumb“ appliances into partially remotely controllable appliances. The most popular smart plugs on the Estonian market either use Wi-Fi, Z-Wave or ZigBee data communication standards. There are smart plugs that have extended functionalities such as temperature sensing. A smart plug with a temperature sensor can be used to make a „dumb“ electrical water heater into a smart remotely controllable one.

The fifth chapter comprises of analysis and comparison of similar smart and „dumb“ household appliances. The following household appliances were analysed and compared in this chapter:

combined refrigerator-freezers, washing machines, washer-dryers, dishwashers, electrical water heaters, microwave ovens, kettles, coffee machines and air to air heatpumps.

The sixth chapter begins with researching the possible solutions to integrate the control of smart household appliances to a common platform. It is found that it's possible to create a smart household with smart appliances on the Estonian market, but at the moment there are no solutions to integrate the management of all household appliances into a common control platform. It was found that the standardization of smart household appliances is a topical issue in the field of household automation and manufacturers are constantly improving the integration possibilities of their smart appliances.

There are two major challenges to building a smart household:

1. Manufacturers of different appliances and smart plugs require the user to use their special control applications with closed APIs, which means they can't be integrated into a common control platform.
2. Smart plugs and relays can't usually turn "dumb" household appliances into smart ones. This is because the only remote control function of a smart plug is connecting devices into or out of the electrical grid. Modern household appliances typically do not turn on if they are connected to the electrical grid as they typically go into standby mode.

In summary, this thesis provided an overview of the electricity consumption of household appliances, studied the remote control functions of integrated smart household appliances, researched data communication standards used in controlling smart household appliances, overviewed methods to make „dumb“ appliances remotely controllable, analysed the smart appliances and smart plugs offered on the Estonian market and offered a solution for creating a smart household.

The overview of smart household appliances, their remote control possibilities and the solution proposed by the author in this thesis is planned to be used in the creation of a smart household laboratory under the TalTech Flexible VPP project.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] A. Rosin, „Intelligentsed Elektrivõrgud loengumaterjal,“ Tallinna Tehnikaülikool - Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Tallinn, 2019.
- [2] Elering, „Elektrituru käsiraamat,“ Eleringi toimetised, Tallinn, 2016.
- [3] Tallinna Tehnikaülikool, „Eesti pikaajaline elektritarbimise prognoos,“ Elektrilevi, Tallinn, 2018.
- [4] L. K. R. Raudjärv, „Energiatarbimine kodumajapidamistes,“ Eesti statistika kvartalikirj, 2011.
- [5] SCE/D&ES, „ETCC,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.etcc-ca.com/sites/default/files/reports/dr12sce08_lg_refrigerator.pdf. [Kasutatud 23 03 2020].
- [6] T. Lang, „Kodumajapidamisseadmete energiatõhususe tasuvus,“ Tallinna Tehnikaülikool - Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Tallinn, 2018.
- [7] T. T. A. Rosin, „Tarbimise juhtimine. Suurtarbijate koormusgraafikute salvestamine ning analüüs juhtimise rakendamise võimaluste tuvastamiseks,“ Elering, Tallinn, 2014.
- [8] A. Rosin, „Energiahaldus elektri tarkvõrkudes,“ Tallinn, 2019.
- [9] Elektroenergeetika Instituut, „Energiamoodul - Tarbimine,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.ttu.ee/public/e/energeetikateaduskond/Instituudid/elektroenergeetika_instituut/moodul/Tarbimine.html. [Kasutatud 30 03 2020].
- [10] Elektrilevi, „Elektrilevi ööpäeva energiatarbimise tüüpkoormusgraafik,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.elektrilevi.ee/ettevottest/elektriturg?modal=elektrituru-lisainfo&tabgroup_1=electricity_market. [Kasutatud 12 04 2020].
- [11] T. M. H. H. A. Rosin, „Residential electricity consumption and loads pattern analysis,“ Tallinn, 2010.
- [12] A. A. D. A. Rosin, „Analysis of Operation Times and Electrical Storage Dimensioning for Energy Consumption Shifting and Balancing in Residential Areas,“ Department of Electrical Drives and Power Electronics, Tallinn University of Technology, Tallinn, 2012.
- [13] Samsung, „Samsung 5.0 cu. ft. AddWash™ Front Load Washer in Black Stainless Steel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/us/home-appliances/washers/front-load/wf7500-5-0-cu-ft-addwash-front-load-washer-black-stainless-steel-wf50k7500av-a2/>. [Kasutatud 21 04 2020].

- [14] Mamibot, „Mamibot ExVac 680S Smarteye 3in1 põrandapuhastusrobot,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mamibot.ee/toode/mamibot-exvac-680s-smarteye-3in1-porandapuhastusrobot/>. [Kasutatud 21 04 2020].
- [15] Electrolux, „Euronics - Keraamiline pliit, Electrolux (50cm),“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/59391/kodumasinad/keraamiline-pliit-electrolux-\(50cm\)/ekc54550ow](https://www.euronics.ee/t/59391/kodumasinad/keraamiline-pliit-electrolux-(50cm)/ekc54550ow). [Kasutatud 21 04 2020].
- [16] Guru99, „Guru99 - Type of Network Topology: Bus, Ring, Star, Mesh, Tree, P2P, Hybrid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.guru99.com/type-of-network-topology.html>. [Kasutatud 24 04 2020].
- [17] ZigBee, „Elprocus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elprocus.com/what-is-zigbee-technology-architecture-and-its-applications/>. [Kasutatud 23 03 2020].
- [18] E. Laaneoks, „Sissejuhatus võrgutehnoloogiasse,“ Matemaatika-informaatikateaduskond Arvutiteaduse Instituut, Tartu, 2010.
- [19] HestiaMagazine, „Hestiamagazine.eu - The difference between a centralized and a decentralized smart home system,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hestiamagazine.eu/the-difference-between-a-centralized-and-a-decentralized-smart-home-system>. [Kasutatud 24 04 2020].
- [20] L. C. Siebert, „Centralized and decentralized approaches to demand response using smart plugs,“ IEEE PES T&D Conference and Exposition, Chicago, 2014.
- [21] G. W. Hany F. Atlam, „Intersections between IoT and distributed ledger,“ ELSEVIER, 2019.
- [22] Z-Wave, „Technopedia,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/27782/z-wave>. [Kasutatud 21 03 2020].
- [23] Z-Wave, „Z-Wave FAQ,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.z-wave.com/faq>. [Kasutatud 07 04 2020].
- [24] SmarterHOME, „SmarterHOME,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://smarterhome.sk/en/blog/hierarchy-of-the-z-wave-system_39.html. [Kasutatud 21 03 2020].
- [25] K. Lillemägi, „Energiatõhusa elektvalgustuse projekteerimine KNX-DALI süsteemis,“ Tallinn, 2019.
- [26] ZigBee Alliance, „ZigBee Alliance,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://zigbeealliance.org/>. [Kasutatud 15 04 2020].

- [27] J. Snap, „SnapGoods - Z Wave VS Zigbee: ULTIMATE Guide to Smart Home Standards for 2020,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://snapgoods.com/z-wave-vs-zigbee-ultimate-guide-to-smart-home-standards-for-2019/>. [Kasutatud 19 04 2020].
- [28] ZigBee, „Wikipedia - ZigBee,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://et.wikipedia.org/wiki/ZigBee>. [Kasutatud 09 04 2020].
- [29] J. Morales, „A Comparative Study of Thread Against ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, and Wi-Fi as a Home-Automation Networking Protocol,“ Asia Pacific College, Makati, 2016.
- [30] ZigBee/HomeOverIP, „ConnectedHome,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.connectedhomeip.com/>. [Kasutatud 08 04 2020].
- [31] Wi-Fi, „Technopedia - Wireless Fidelity (Wi-Fi),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/10035/wireless-fidelity-wi-fi>. [Kasutatud 30 04 2020].
- [32] O.Horyachyy, „Comparison of Wireless Communication Technologies used in a Smart Home: Analysis of wireless sensor node based on Arduino in home automation scenario,“ Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, 2017.
- [33] K. Pothuganti, „A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee and Wi-Fi,“ 2014.
- [34] A. Mahmood, „A review of wireless communications for smart grid,“ COMSATS Institute of Information Technology, Islamabad, 2015.
- [35] Efergy, „Merkasol - WIFI Smart Plug EFERGY EGO,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.merkasol.com/WIFI-Smart-Plug-EFERGY-EGO>. [Kasutatud 23 03 2020].
- [36] „LivingHighTech - Do Wi-Fi Smart Plugs Work When the Internet is Down? Here’s What Happens,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://livinghightech.com/smart-plugs-internet-down/>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [37] C.-S. Y. S.-H. Lee, „An intelligent power monitoring and analysis system for distributed smart plugs sensor networks,“ International Journal of Distributed Sensor Networks Vol. 13(7), Tainan City, 2017.
- [38] IFTTT, „IFTTT Platform,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://platform.ifttt.com/>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [39] Fibaro, „Fibaro - FGWP-102 Operating Manual,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGWPEF-102/FGWPEF-102-EN-A-v2.1.pdf>. [Kasutatud 30 04 2020].

- [40] Aeotec, „Aeotec Smart Switch 7,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://aeotec.com/z-wave-plug-in-switch/>. [Kasutatud 12 04 2020].
- [41] TP-Link, „TP-Link HS110 User's Manual,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://static.tp-link.com/2020/202003/20200313/1910012261_HS100HS110_UG.pdf. [Kasutatud 30 04 2020].
- [42] EZVIZ, „EZVIZ life - T31,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ezvizlife.com/my/product/t31/13900>. [Kasutatud 30 04 2020].
- [43] Sonoff, „SonOff Tech Smart Plug S26,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://sonoff.tech/product/wifi-smart-plugs/s26>. [Kasutatud 12 04 2020].
- [44] Sonoff, „Sonoff Nutipistik S26,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sonoff.ee/ee/s20-socket-3/>. [Kasutatud 12 04 2020].
- [45] Oomipood, „Sonoff S26 Tark pistikupesa WiFi ühenduvusega,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.oomipood.ee/en/product/sonoff_s26_tark_pistikupesa_wifi_uhenduvusega. [Kasutatud 12 04 2020].
- [46] TP-Link, „TP-Link HS110 Wi-Fi Smart Plug with Energy Monitoring,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.tp-link.com/no/home-networking/smart-plug/hs110/#specifications>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [47] TP-Link, „Arvutitark - Smart Plug TP-Link HS110,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://arvutitark.ee/est/tootekataloog/Kodu-ja-ilutooted-Nutikodu-Muu/TP-LINK-SMART-HOME-WIFI-SMART-PLUG-W-ENERGY-MONIT-HS110-TP-LINK-323647>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [48] Acme, „Acme Wi-Fi Smart Plug SH1101,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.acme.eu/power-supply/acme-smart-w-fi-plug-sh1101>. [Kasutatud 12 04 2020].
- [49] Acme, „Rde - Acme Smart Wi-fi Plug SH1101,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.rde.ee/products/ee/931/146247/sort/1/filter/0_0_0_0/SH1101-Smatrt-WiFi-Plug-tark-pistikupesa.html. [Kasutatud 12 04 2020].
- [50] EZVIZ, „Oomipood - EZVIZ T31 WIFI nutipistik,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.oomipood.ee/product?product_id=1111471. [Kasutatud 12 04 2020].
- [51] Fibaro, „Fibaro Smart Plug FGWP-102,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://manuals.fibaro.com/wall-plug/>. [Kasutatud 11 04 2020].

- [52] Fibaro, „Arvutitark - Fibaro Smart Home Wall Plug F/FGWPF-102,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://arvutitark.ee/est/tootekataloog/Kodu-ja-ilutooted-Nutikodu/323665>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [53] Aeotec, „Arvutitark - AEOTEC SMART HOME SWITCH 7/Z-WAVE ZW175 AEOTEC,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://arvutitark.ee/est/tootekataloog/0/AEOTEC-SMART-HOME-SWITCH-7-Z-WAVE-ZW175-AEOTEC-482481>. [Kasutatud 30 04 2020].
- [54] Indome, „Indome - Tasmota püsivara paigaldus 1 Sonoff seadmele,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://shop.indome.ee/et/a/tasmota-pusivara-paigaldus-1-sonoff-seadmele..> [Kasutatud 30 04 2020].
- [55] Sonoff, „SONOFF DIY MODE API PROTOCOL,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://developers.sonoff.tech/sonoff-diy-mode-api-protocol.html>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [56] R. Santos, „Random Nerd Tutorials - How to Flash a Custom Firmware to Sonoff,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/how-to-flash-a-custom-firmware-to-sonoff/>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [57] Sonoff, „Page Fault Blog - How to flash Sonoff S20 WiFi outlet with Tasmota MQTT firmware,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://pagefault.blog/2017/08/01/flash-sonoff-s20-wifi-outlet-with-custom-mqtt-firmware/>. [Kasutatud 30 04 2020].
- [58] T. B. P. Serrenho, „Smart home and appliances: State of the art - Energy, Communications, Protocols, Standards,“ Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019.
- [59] Samsung, „Smart Fridge RF265BEAESG,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/us/home-appliances/refrigerators/3-door-french-door/26-cu-ft-capacity-3--door-french-door-refrigerator-with-family-hub--2-0-rf265beaesg-aa/>. [Kasutatud 10 04 2020].
- [60] LG, „LG nutikas külmik GBB71PZDZN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lg.com/ee/kulmikud/lg-GBB71PZDZN>. [Kasutatud 16 04 2020].
- [61] Bosch, „Bosch nutikas külmik KGN39LB35,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch-home.ee/tootelist/kulmikud-ja-sugavkulmikud/kulmikud/eraldisesvad-kulmikud-all-asuva-sugavkulmikuga/KGN39LB35#/Tabs=section-highlights/Togglebox=-2026494427/>. [Kasutatud 16 04 2020].
- [62] LG, „LG nutikas külmik GBB92MCAXP,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lg.com/ee/kulmikud/lg-GBB92MCAXP>. [Kasutatud 16 04 2020].

- [63] Bosch, „Elux - Bosch nutika külmiku Wi-fi lisamoodul,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elux.ee/wifi-adapter-bosch-home-connect-kulmikutele-ksz10hc00>. [Kasutatud 16 04 2020].
- [64] LG, „K-Rauta - LG nutikas külmik GBB71PZDZN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.k-rauta.ee/p/kulmik-lg-gbb71pzdzn/b3me?cat=8kk&index=9>. [Kasutatud 16 04 2020].
- [65] LG, „Euronics - LG nutikas külmik GBB61PZGFN,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/95006/kodumasinad/kulmik-lg-\(186-cm\)/gbb61pzgfn-apzqeur](https://www.euronics.ee/t/95006/kodumasinad/kulmik-lg-(186-cm)/gbb61pzgfn-apzqeur). [Kasutatud 16 04 2020].
- [66] Bosch, „K-Rauta - Bosch nutikas külmik KGN39LB35,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.k-rauta.ee/p/kulmik-bosch-kgn39lb35/5zhp?mtd=search-popup&pos=autocoplete&src=searchnode>. [Kasutatud 16 04 2020].
- [67] LG, „Euronics - LG nutikas külmik GBB92MCAXP,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/95028/kodumasinad/kulmik-lg-\(203-cm\)/gbb92mcaxp-amcqeur](https://www.euronics.ee/t/95028/kodumasinad/kulmik-lg-(203-cm)/gbb92mcaxp-amcqeur). [Kasutatud 16 04 2020].
- [68] Bosch, „Euronics - Külmik Bosch (203 cm) KGN49AIDP,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/102133/kodumasinad/kulmik-bosch-\(203-cm\)/kgn49aidp](https://www.euronics.ee/t/102133/kodumasinad/kulmik-bosch-(203-cm)/kgn49aidp). [Kasutatud 17 05 2020].
- [69] Hisense, „Euronics - külmik Hisense RB371N4EC2,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/94367/kodumasinad/kulmik-hisense-\(178-cm\)/rb371n4ec2](https://www.euronics.ee/t/94367/kodumasinad/kulmik-hisense-(178-cm)/rb371n4ec2). [Kasutatud 16 04 2020].
- [70] Beko, „Euronics - Beko külmik RCNA406I30W,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/95319/kodumasinad/kulmik-beko-\(201-cm\)/rcna406i30w](https://www.euronics.ee/t/95319/kodumasinad/kulmik-beko-(201-cm)/rcna406i30w). [Kasutatud 16 04 2020].
- [71] Whirlpool, „Euronics - külmik Whirlpool W7911IW,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/97132/kodumasinad/kulmik-whirlpool-\(201-cm\)/w7911iw](https://www.euronics.ee/t/97132/kodumasinad/kulmik-whirlpool-(201-cm)/w7911iw). [Kasutatud 16 04 2020].
- [72] Samsung, „Samsung külmik RB33J3420SS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/refrigerators/bottom-mount-freezer-rb33j3420ss/>. [Kasutatud 17 04 2020].
- [73] Samsung, „Samsung RB37J546VSA - BMF, All-Around Cooling süsteem, 353 L,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/refrigerators/bottom-mount-freezer-rb37j546vsa/>. [Kasutatud 16 04 2020].

- [74] Samsung, „Euronics - Samsung külmik RB33J3420SS,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/77643/kodumasinad/kulmik-samsung-\(185-cm\)/rb33j3420ss-ef](https://www.euronics.ee/t/77643/kodumasinad/kulmik-samsung-(185-cm)/rb33j3420ss-ef). [Kasutatud 18 04 2020].
- [75] Samsung, „Euronics - Samsung RB37J546VSA,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/98537/kodumasinad/kulmik-samsung-\(201-cm\)/rb37j546vsa-ef](https://www.euronics.ee/t/98537/kodumasinad/kulmik-samsung-(201-cm)/rb37j546vsa-ef). [Kasutatud 16 04 2020].
- [76] M. Bilton, „Smart appliances for residential demand response,“ Imperial College London, 2014.
- [77] LG, „LG 6,5 kg Pesumasin F2WN4S6N0,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lg.com/ee/pesumasinad/lg-F2WN4S6N0>. [Kasutatud 19 04 2020].
- [78] Samsung, „Samsung WW80K6414QW - 8 kg pesemine,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/washing-machines/washer-ww80k6414qw/>. [Kasutatud 30 04 2020].
- [79] Bosch, „Bosch Eestlaetav pesumasin WAWH26B9SN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch-home.ee/tootelist/pesumasinad-ja-kuivatid/pesumasinad/eestlaetavad-pesumasinad/WAWH26B9SN>. [Kasutatud 19 04 2020].
- [80] Miele, „Miele W1 Passion 9kg WWV980WPS,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.miele.ee/majapidamine/pesumasinad-1566.htm?mat=10931310&name=WWV980_WPS_Passion#item-15-7. [Kasutatud 19 04 2020].
- [81] Samsung, „SmartThings - Samsung Washing Machine 8kg,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.smartthings.com/gb/products/samsung-washing-machine-with-addwash-8kg>. [Kasutatud 28 04 2020].
- [82] LG, „Euronics - LG Pesumasin F2WN4S6N0,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/99753/kodumasinad/pesumasin-lg-\(6-5-kg\)/f2wn4s6n0](https://www.euronics.ee/t/99753/kodumasinad/pesumasin-lg-(6-5-kg)/f2wn4s6n0). [Kasutatud 19 04 2020].
- [83] Samsung, „Euronics - Pesumasin Samsung (8 kg) WW80K6414QW,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/71421/kodumasinad/pesumasin-samsung-\(8-kg\)/ww80k6414qw-le](https://www.euronics.ee/t/71421/kodumasinad/pesumasin-samsung-(8-kg)/ww80k6414qw-le). [Kasutatud 30 04 2020].
- [84] Bosch, „Euronics - Pesumasin Bosch 9kg WAWH26B9SN,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/82794/kodumasinad/pesumasin-bosch-\(9kg\)/wawh26b9sn](https://www.euronics.ee/t/82794/kodumasinad/pesumasin-bosch-(9kg)/wawh26b9sn). [Kasutatud 19 04 2020].

- [85] Miele, „Euronics - Pesumasin Miele W1 Passion 9kg WWV980WPS,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/92330/kodumasinad/pesumasin-miele-w1-passion-\(9-kg\)/wwv980wps](https://www.euronics.ee/t/92330/kodumasinad/pesumasin-miele-w1-passion-(9-kg)/wwv980wps). [Kasutatud 19 04 2020].
- [86] Beko, „Beko pesumasin WTE 6511 B0,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://beko.ee/ee/product/367/wte-6511-b0>. [Kasutatud 17 04 2020].
- [87] AEG, „AEG eestlaetav pesumasin L7FEE49S,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.aeg.ee/laundry/laundry/washing-machines/front-loader-washing-machine/l7fee49s/>. [Kasutatud 17 04 2020].
- [88] Bosch, „Bosch Serie 8 Eestlaetav pesumasin WAW325B9SN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch-home.ee/tootelist/pesumasinad-ja-kuivatid/pesumasinad/eestlaetavad-pesumasinad/WAW325B9SN>. [Kasutatud 19 04 2020].
- [89] Miele, „Miele Pesumasin WWD120WCS,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.miele.ee/majapidamine/pesumasinad-1566.htm?mat=11284160&name=WWD120_WCS_8kg#item-7-7. [Kasutatud 19 04 2020].
- [90] Beko, „Euronics - pesumasin Beko WTE6511B0,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/82545/kodumasinad/pesumasin-beko-\(6kg\)/wte6511b0](https://www.euronics.ee/t/82545/kodumasinad/pesumasin-beko-(6kg)/wte6511b0). [Kasutatud 17 04 2020].
- [91] LG, „Euronics - pesumasin LG FH2J3WDN0,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/90047/kodumasinad/pesumasin-lg-\(6-5-kg\)/fh2j3wdn0-abwqpce](https://www.euronics.ee/t/90047/kodumasinad/pesumasin-lg-(6-5-kg)/fh2j3wdn0-abwqpce). [Kasutatud 17 04 2020].
- [92] AEG, „Euronics - pesumasin AEG L7FEE49S,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/75585/kodumasinad/pesumasin-aeg-\(9-kg\)/l7fee49s](https://www.euronics.ee/t/75585/kodumasinad/pesumasin-aeg-(9-kg)/l7fee49s). [Kasutatud 17 04 2020].
- [93] Bosch, „Euronics - Pesumasin Bosch WAW325B9SN,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/82274/kodumasinad/pesumasin-bosch-\(9kg\)/waw325b9sn](https://www.euronics.ee/t/82274/kodumasinad/pesumasin-bosch-(9kg)/waw325b9sn). [Kasutatud 19 04 2020].
- [94] Miele, „Euronics - Pesumasin Miele WWD120WCS,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/101582/kodumasinad/pesumasin-miele-\(8-kg\)/wwd120wcs](https://www.euronics.ee/t/101582/kodumasinad/pesumasin-miele-(8-kg)/wwd120wcs). [Kasutatud 19 04 2020].
- [95] LG, „LG - 7kg 6 Motion pesumasin-kuivati F2J7HG2W,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lg.com/ee/pesumasinad/lg-F2J7HG2W>. [Kasutatud 28 04 2020].

- [96] Samsung, „Samsung WD90N740NOA - 9 kg pesemine, 5 kg kuivatamine,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/washing-machines/washer-wd90n740noa/>. [Kasutatud 28 04 2020].
- [97] Beko, „Euronics - Pesumasin-kuivati Beko (7 kg / 4 kg) HTE7613YBSTR,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/98666/kodumasinad/pesumasin-kuivati-beko-\(7-kg-4-kg\)/hte7613ybst.](https://www.euronics.ee/t/98666/kodumasinad/pesumasin-kuivati-beko-(7-kg-4-kg)/hte7613ybst.) [Kasutatud 28 04 2020].
- [98] LG, „Euronics - Pesumasin-kuivati LG (7kg / 4kg) F2J7HG2W,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/83011/kodumasinad/pesumasin-kuivati-lg-\(7kg-4kg\)/f2j7hg2w.](https://www.euronics.ee/t/83011/kodumasinad/pesumasin-kuivati-lg-(7kg-4kg)/f2j7hg2w.) [Kasutatud 28 04 2020].
- [99] Samsung, „Euronics - Pesumasin-kuivati Samsung (9kg / 5kg) WD90N740NOA,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/86971/kodumasinad/pesumasin-kuivati-samsung-\(9kg-5kg\)/wd90n740noa-le.](https://www.euronics.ee/t/86971/kodumasinad/pesumasin-kuivati-samsung-(9kg-5kg)/wd90n740noa-le.) [Kasutatud 28 04 2020].
- [100] Bosch, „Euronics - Pesumasin-kuivati Bosch (10 kg / 6 kg) WDU8H540SN,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/98107/kodumasinad/pesumasin-kuivati-bosch-\(10-kg-6-kg\)/wdu8h540sn.](https://www.euronics.ee/t/98107/kodumasinad/pesumasin-kuivati-bosch-(10-kg-6-kg)/wdu8h540sn.) [Kasutatud 17 05 2020].
- [101] AEG, „AEG Pesumasin-kuivati L9WBC61B,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.aeg.ee/laundry/laundry/washer-dryers/free-standing-washer-dryer/l9wbc61b2/>. [Kasutatud 28 04 2020].
- [102] LG, „Euronics - Pesumasin-kuivati LG (7kg / 4kg) F2J6HMOW,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/81482/kodumasinad/pesumasin-kuivati-lg-\(7kg-4kg\)/f2j6hmow.](https://www.euronics.ee/t/81482/kodumasinad/pesumasin-kuivati-lg-(7kg-4kg)/f2j6hmow.) [Kasutatud 28 04 2020].
- [103] Samsung, „Euronics - Pesumasin-kuivati Samsung (9 kg / 6 kg) WD90J6A10AW,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/98108/kodumasinad/pesumasin-kuivati-samsung-\(9-kg-6-kg\)/wd90j6a10aw-le.](https://www.euronics.ee/t/98108/kodumasinad/pesumasin-kuivati-samsung-(9-kg-6-kg)/wd90j6a10aw-le.) [Kasutatud 28 04 2020].
- [104] AEG, „Euronics - Pesumasin-kuivati AEG (8kg / 4kg) L7WBG68W,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/83751/kodumasinad/pesumasin-kuivati-aeg-\(8kg-4kg\)/l7wbg68w.](https://www.euronics.ee/t/83751/kodumasinad/pesumasin-kuivati-aeg-(8kg-4kg)/l7wbg68w.) [Kasutatud 30 04 2020].
- [105] AEG, „Euronics - Pesumasin-kuivati AEG (10kg / 6kg) L9WBC61B,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/83297/kodumasinad/pesumasin-kuivati-aeg-\(10kg-6kg\)/l9wbc61b.](https://www.euronics.ee/t/83297/kodumasinad/pesumasin-kuivati-aeg-(10kg-6kg)/l9wbc61b.) [Kasutatud 28 04 2020].
- [106] Bosch, „Bosch Nõudepesumasin Kasutusjuhend,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://media3.bosch-home.com/Documents/9001478894_B.pdf. [Kasutatud 22 04 2020].

- [107] Bosch, „Bosch SMV68IX06E Serie | 6 Täielikult integreeritav nõudepesumasin 60 cm,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch-home.ee/tootelist/SMV68IX06E>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [108] Bosch, „Bosch Serie | 8 SMV88TX46E Täielikult integreeritav nõudepesumasin 60 cm,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch-home.ee/tootelist/noudepesumasinad/integreeritud-noudepesumasinad/noudepesumasinad-60-cm/SMV88TX46E>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [109] Siemens, „Siemens - SN578S36TE iQ700 Semi-integrated dishwasher 60 cm Stainless steel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.siemens-home.bsh-group.com/uk/productlist/SN578S36TE>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [110] Miele, „Miele G 7360 SCVi AutoDos Täielikult integreeritud nõudepesumasin,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.miele.ee/majapidamine/noudepesumasinad-2510.htm?mat=11109970&name=G_7360_SCVi_AutoDos. [Kasutatud 22 04 2020].
- [111] Bosch, „Kodumasinad - Bosch SMV68IX06E A++ täisintegreeritav nõudepesumasin,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.kodumasinad.ee/et/a/bosch-smv-68ix06e-a-taisintegreeritav-noudepesumasin?fbclid=IwAR12zXu_PjcBETcCx6NvyueXMtILzsXj3_oF8mZZz0Ugl69jrGI1c0eU6pM. [Kasutatud 22 04 2020].
- [112] Bosch, „Euronics - Integreeritav nõudepesumasin Bosch SMV88TX46E (14 nõudekomplekti),“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/81361/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-bosch-\(14-noudekomplekti\)/smv88tx46e](https://www.euronics.ee/t/81361/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-bosch-(14-noudekomplekti)/smv88tx46e). [Kasutatud 22 04 2020].
- [113] Siemens, „1a - Integreeritav nõudepesumasin Siemens iQ700 speedMatic SN578S36TE,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.1a.ee/p/integreeritav-noudepesumasin-siemens-iq700-speedmatic-sn578s36te/kmy?cat=2qq&index=1>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [114] Miele, „Euronics - Integreeritav nõudepesumasin Miele G7360SCVI (14 nõudekomplekti),“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/96274/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-miele-\(14-noudekomplekti\)/g7360scvi](https://www.euronics.ee/t/96274/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-miele-(14-noudekomplekti)/g7360scvi). [Kasutatud 22 04 2020].
- [115] Beko, „Beko DIN28431,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://beko.ee/ee/product/536/din28431>. [Kasutatud 28 04 2020].
- [116] Bosch, „Bosch Serie | 6 Tööpinna alla paigaldatav nõudepesumasin 60cm SMU67TW05S,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch->

home.ee/tootelist/noudepesumasinad/integreeritud-noudepesumasinad/noudepesumasinad-60-cm/SMU67TW05S#/Tabs=tab-3433102/Togglebox=-117136650/Togglebox=-1223606084/Togglebox=-360956091/. [Kasutatud 28 04 2020].

[117] Miele, „Miele G7150SCVI Täielikult integreeritud nõudepesumasin,“ [Võrgumaterjal].

Available: https://www.miele.ee/majapidamine/noudepesumasinad-2510.htm?mat=11109730&name=G_7150_SCVi. [Kasutatud 28 04 2020].

[118] Beko, „Euronics - Beko integreeritav nõudepesumasin (14 nõudekomplekti) DIN28431,“

[Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/81979/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-beko-\(14-noudekomplekti\)/din28431](https://www.euronics.ee/t/81979/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-beko-(14-noudekomplekti)/din28431). [Kasutatud 28 04 2020].

[119] Bosch, „Euronics - Integreeritav nõudepesumasin Bosch (14 nõudekomplekti)

SMU67TW05S,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/95998/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-bosch-\(14-noudekomplekti\)/smu67tw05s](https://www.euronics.ee/t/95998/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-bosch-(14-noudekomplekti)/smu67tw05s). [Kasutatud 28 04 2020].

[120] AEG, „Euronics - Nõudepesumasin AEG (15 nõudekomplekti) FFB93706PM,“

[Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/93684/kodumasinad/noudepesumasin-aeg-\(15-noudekomplekti\)/ffb93706pm](https://www.euronics.ee/t/93684/kodumasinad/noudepesumasin-aeg-(15-noudekomplekti)/ffb93706pm). [Kasutatud 28 04 2020].

[121] Miele, „Euronics - Integreeritav nõudepesumasin Miele (14 nõudekomplekti) G7150SCVI,“

[Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/96273/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-miele-\(14-noudekomplekti\)/g7150scvi](https://www.euronics.ee/t/96273/kodumasinad/integreeritav-noudepesumasin-miele-(14-noudekomplekti)/g7150scvi). [Kasutatud 28 04 2020].

[122] TESY, „Youtube - TESY Electric water heaters ModEco Cloud - Cloud Connectivity - English,“

[Võrgumaterjal]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Re-dpPMawAY>. [Kasutatud 30 04 2020].

[123] Tesy, „Tesy Modeco Cloud,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://tesy.com/modeco-cloud-landing>. [Kasutatud 22 04 2020].

[124] Dražice, „Cerbos - Elektriboiler 80L Dražice OKHE 80 SMART,“ [Võrgumaterjal]. Available:

<https://www.cerbos.ee/et/vertikaalsed-elektriboilerid-seinale/629-elektriboiler-80-l-drazice-okhe-80-smart.html>. [Kasutatud 10 04 2020].

[125] Dražice, „Cerbos - OKHE 160-SMART Operating and installation manual,“ [Võrgumaterjal].

Available: <https://www.cerbos.ee/img/cms/boilerid/elektriboiler-okhe-80-160-smart-drazice-paigaldusjuhend.pdf>. [Kasutatud 22 04 2020].

- [126] Tesy, „K-Rauta - BOILER MODECO CLOUD 100 VERT EL,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.k-rauta.ee/p/boiler-modeco-cloud-100-vert-el/b7tm>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [127] Dražice, „Cerbos - Elektri boiler 155 L Dražice OKHE 160 SMART,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.cerbos.ee/et/vertikaalsed-elektri boilerid-seinale/632-elektri boiler-155-l-drazice-okhe-160-smart.html>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [128] Pacific, „Bauhof - BOILER PACIFIC 80L VERTIKAALNE 1500W,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bauhof.ee/et/veesusteemid/boiler-pacific-80l-vertikaalne-1500w-575188>. [Kasutatud 01 05 2020].
- [129] Tesy, „K-Rauta - BOILER 100L TESY MODECO VERTIKAAL,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.k-rauta.ee/p/boiler-100l-tesy-modeco-vertikaal/8wu9>. [Kasutatud 01 05 2020].
- [130] Pacific, „Bauhof - BOILER PACIFIC 150L VERTIKAALNE 1800W,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bauhof.ee/et/veesusteemid/boiler-pacific-150l-vertikaalne-1800w-638435>. [Kasutatud 01 05 2020].
- [131] Dražice, „Cerbos - Elektri boiler 80 l, Dražice OKHE ONE 100,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.cerbos.ee/et/boilerid/45-elektri boiler-80-l-drazice-okhe-one-100.html>. [Kasutatud 30 04 2020].
- [132] MClimate, „Bobbie Smart Water Heater Controller,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://seemelissa.com/en/bobbie/meet-bobbie>. [Kasutatud 15 03 2020].
- [133] Qubino, „Qubino Flush ON/OFF Thermostat,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://qubino.com/manuals/Flush_On_Off_Thermostat_2.1_ENG.pdf. [Kasutatud 11 04 2020].
- [134] Aquanta, „Aquanta Smart Water Heater Controller,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://aquanta.io/wp-content/uploads/2016/05/Aquanta-Brochure-Final.pdf>. [Kasutatud 10 04 2020].
- [135] HomeDepot, „HomeDepot - Smart Microwaves,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.homedepot.com/b/Smart-Home-Smart-Appliances-Smart-Microwaves/N-5yc1vZ1z18ghs>. [Kasutatud 27 04 2020].
- [136] GE, „HomeDepot - Smart Countertop Microwave JES1097SMSS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.homedepot.com/p/GE-0-9-cu-ft-Smart-Countertop-Microwave-in-Stainless-Steel-JES1097SMSS/305969283>. [Kasutatud 15 05 2020].

- [137] Whirlpool, „HomeDepot - Smart Over the Range Convection Microwave,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.homedepot.com/p/Whirlpool-1-9-cu-ft-Smart-Over-the-Range-Convection-Microwave-in-Fingerprint-Resistant-Stainless-Steel-WMH78019HZ/302292005>. [Kasutatud 15 05 2020].
- [138] Samsung, „Samsung MG23F - Mikrolaineahi grilliga,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/cooking-appliances/microwave-oven-mg23f/>. [Kasutatud 28 04 2020].
- [139] LG, „LG - NeoChef™ 25L grillifunktsiooniga mikrolaineahi MH6535GIS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lg.com/ee/mikrolaineahjud/lg-MH6535GIS>. [Kasutatud 28 04 2020].
- [140] Miele, „Miele M6012SC Eraldiseisev mikrolaineahi,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.miele.ee/majapidamine/mikrolaineseadmed-1482.htm?mat=09485210&name=M_6012_SC. [Kasutatud 28 04 2020].
- [141] Sharp, „Euronics - Mikrolaineahi Sharp (20L) R200BKW,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/69377/kodumasinad/mikrolaineahi-sharp-\(20-l\)/r200bkw](https://www.euronics.ee/t/69377/kodumasinad/mikrolaineahi-sharp-(20-l)/r200bkw). [Kasutatud 28 04 2020].
- [142] Beko, „Euronics - Mikrolaineahi grilliga Beko (20 L) MGC20100W,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/79964/kodumasinad/mikrolaineahi-grilliga-beko-\(20-l\)/mgc20100w](https://www.euronics.ee/t/79964/kodumasinad/mikrolaineahi-grilliga-beko-(20-l)/mgc20100w). [Kasutatud 28 04 2020].
- [143] Samsung, „Euronics - Mikrolaineahi grilliga Samsung (23 L) MG23F301TAK,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/66439/kodumasinad/mikrolaineahi-grilliga-samsung-\(23-l\)/mg23f301tak-ba](https://www.euronics.ee/t/66439/kodumasinad/mikrolaineahi-grilliga-samsung-(23-l)/mg23f301tak-ba). [Kasutatud 28 04 2020].
- [144] LG, „LG - Mikrolaineahi grilliga LG (25 L) MH6536GIS,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/96031/kodumasinad/mikrolaineahi-grilliga-lg-\(25-l\)/mh6535gis](https://www.euronics.ee/t/96031/kodumasinad/mikrolaineahi-grilliga-lg-(25-l)/mh6535gis). [Kasutatud 28 04 2020].
- [145] Miele, „Euronics - Mikrolaineahi Miele (26 L) M6012SC,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.euronics.ee/t/86509/kodumasinad/mikrolaineahi-miele-\(26-l\)/m6012sc](https://www.euronics.ee/t/86509/kodumasinad/mikrolaineahi-miele-(26-l)/m6012sc). [Kasutatud 28 04 2020].
- [146] Xiaomi, „Kaup24 - Veekeetja Xiaomi Mi Smart Kettle 16126,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kaup24.ee/et/kodumasinad-kodutehnika/koogitehnika/vaike->

- koogitehnika/veekeetja/veekeetja-xiaomi-mi-smart-kettle-16126-15?id=1658257&feat=search&keyword=ikettle. [Kasutatud 26 04 2020].
- [147] Proficook, „E-24 - Wi-Fi veekeetja ProfiCook PCWKS1167G,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://e-24.ee/et/veekeetjad/2522-wi-fi-veekeetja-proficook-pcwks1167g-4006160011678.html>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [148] Grundig, „Euronics - Veekeetja Grundig WK4620,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.euronics.ee/t/97571/koogitehnika/veekeetja-grundig/wk4620>. [Kasutatud 01 05 2020].
- [149] Bosch, „Euronics - Veekeetja Bosch Styline TWK8611P,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.euronics.ee/t/64178/koogitehnika/veekeetja-bosch-styline/twk8611p>. [Kasutatud 01 05 2020].
- [150] Siemens, „Siemens Coffee Machine CT636LES6,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.siemens-home.bsh-group.com/uk/productlist/coffee-machine/fully-automatic-coffee-machine/CT636LES6#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1382399203/Togglebox=-288194113/Togglebox=1857643483/Togglebox=398235598/Togglebox=827295479/>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [151] Bosch, „Bosch Serie 8 Built-In Fully Automatic Coffee Machine CTL636EB6,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bosch-home.ee/tootelist/espresso-ja-kohvimasinad/integreeritavad-taisautomaatsed-espressomasinad/CTL636EB6>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [152] Siemens, „Kohvisemu - Kohvimasin Siemens “CT636LES6”,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kohvisemu.ee/p/kohvimasin-siemens-ct636les6/>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [153] Bosch, „Elux - Espresso kohvimasin Bosch CTL636EB6,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://elux.ee/espresso-kohvimasin-bosch-integreeritav-must-ctl636eb6>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [154] Miele, „Euronics - Espressomasin Miele CM7550B,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.euronics.ee/t/92673/koogitehnika/espressomasin-miele/cm7550b>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [155] DeLonghi, „Euronics - Espressomasin DeLonghi Magnifica ECAM21.117.B,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.euronics.ee/t/57104/koogitehnika/espressomasin-delonghi-magnifica/ecam21-117-b>. [Kasutatud 28 04 2020].

- [156] Miele, „Euronics - Espressomasin Miele CM5300BRRT,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.euronics.ee/t/83694/koogitehnika/espressomasin-miele/cm5300brtt>. [Kasutatud 01 05 2020].
- [157] Kliimaseade, „Kliimaseade - Soojuspumba soojustegur (COP) ja sesoonne soojustegur (SCOP),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kliimaseade.ee/abiks-alla/espl/soojuspumba-soojustegur/>. [Kasutatud 15 5 2020].
- [158] AlpicAir, „AlpicAir Eco PRO tootesari,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.alpicair.com/ee/tooted/eco-pro-tootesari>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [159] Samsung, „Samsung õhksoojuspumba AR09MSPXAWKNEU kasutusjuhend,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/support/model/AR09MSPXAWKNEU/>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [160] Mitsubishi Electric, „Mitsubishikodusoojus - Õhksoojuspumba kasutusjuhend,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.mitsubishikodusoojus.ee/wp-content/uploads/2017/11/MSZ_LN_kasutusjuhend_ME.pdf. [Kasutatud 13 05 2020].
- [161] AlpicAir, „KliimaMarket - AlpicAir 25HRDC1C,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/alpicair-25hrdc1c>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [162] Gree, „KliimaMarket - Gree Lomo Nordic 12,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/gree-lomo-nordic-12>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [163] Alpicair, „KliimaMarket - Alpicair 50HRDC1E,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/alpicair-50hrdc1e>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [164] Samsung, „Kliimalahendused - Samsung Õhksoojuspump WIND-FREE PLUS AR09MSPXAWKNEU kuni 4,3kW (WIFI),“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://kliimalahendused.ee/product-details/samsung-ohksoojuspump-wind-free/>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [165] Mitsubishi Electric, „Kliimamarket - Mitsubishi Electric LN25 VGHZ, WIFI valge,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/mitsubishi-ln25-wg>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [166] Ambista Electric, „KliimaMarket - Ambista Electric Azure II,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/ambista-electric-azure-ii>. [Kasutatud 13 05 2020].

- [167] Electrolux, „KliimaMarket - Electrolux Avalanche Inverter 09,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/electrolux-avalanche-09>. [Kasutatud 17 05 2020].
- [168] Electrolux, „KliimaMarket - Electrolux Avalanche Inverter 12,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/electrolux-avalanche-12>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [169] Panasonic, „KliimaMarket - Panasonic TZ25TKE,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/ohksoojuspumbad/panasonic-tz25tke>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [170] AirPatrol, „AirPatrol Blog,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://blog.airpatrol.eu/brace-winter-coming/>. [Kasutatud 14 05 2020].
- [171] M-Climate, „Kodukliima - Kaugjuhtimisseade M-Climate,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.kodukliima.ee/Soojuspumba_kaugjuhtimisseade/. [Kasutatud 13 05 2020].
- [172] AirPatrol, „KliimaMarket - AirPatrol WiFi – tark soojuspumba kontrolleri,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/lisatarvikud/airpatrol-wifi-v3>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [173] M-Climate, „Eslat - M Climate Wi-Fi smart controller,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://eslat.ee/?page=m_climate. [Kasutatud 13 05 2020].
- [174] Electrolux/Ambista Electric, „KliimaMarket - WiFi moodul,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://kliimamarket.ee/lisatarvikud/wifi-moodul>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [175] M-Climate, „M-Climate Melissa,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://seemelissa.com/dk/melissa/meet-melissa>. [Kasutatud 13 05 2020].
- [176] D. Wroclawski, „ConsumerReports - Which Smart Appliances Work With Amazon Alexa, Google Home, and More,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.consumerreports.org/appliances/smart-appliances-that-work-with-amazon-alexa-google-home-and-more/>. [Kasutatud 15 05 2020].
- [177] LG, „LG ThinQ Platform,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://thinq.developer.lge.com/en/>. [Kasutatud 15 05 2020].
- [178] LG, „ThinQ Cloud Developer,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://thinqcloud.developer.lge.com/en/>. [Kasutatud 15 05 2020].
- [179] Samsung, „Samsung - SmartThings EE,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samsung.com/ee/apps/smartthings/>. [Kasutatud 15 05 2020].
- [180] SmartThings, „SmartThings Groovy IDE,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://graph.api.smartthings.com/>. [Kasutatud 15 05 2020].

- [181] Samsung, „SmartThings Wifi,“ [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.samsung.com/us/smart-home/smartthings-wifi/>. [Kasutatud 15 05 2020].
- [182] SmartThings, „SmartThings - Developer,“ [Võrgumaterjal]. Available:
<https://smartthings.developer.samsung.com/>. [Kasutatud 16 05 2020].
- [183] DaftLogic, „DaftLogic - List of the Power Consumption of Typical Household Appliances,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.daftlogic.com/information-appliance-power-consumption.htm>. [Kasutatud 03 05 2020].
- [184] Liebherr, „Liebherr CNeF 4835 Comfort NoFrost,“ [Võrgumaterjal]. Available:
<https://home.liebherr.com/en/deu/products/household-appliances/floor-mounted-appliances-for-households/freestanding-fridge-freezers/details/cnef-4835.html>.
[Kasutatud 16 04 2020].