



TALLINNA TEHNICAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

TALLINNA TOIDUPANGA ENERGIASÄÄSTU VÕIMALUSED

ENERGY SAVING POSSIBILITIES OF THE TALLINNA TOIDUPANK

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Gert-Kardo Kitsingi

Üliõpilaskood 204412AAVM

Juhendaja: Direktor, Ivo Palu

Tallinn 2024

(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.

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

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

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

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Gert-Kardo Kitsingi

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Tallinna Toidupanga energiasäästu võimalused,

mille juhendaja on Ivo Palu,

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

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

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

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

13.05.2024

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

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Gert-Kardo Kitsingi

Lõputöö liik: Magistritöö

Töö pealkiri: Tallinna Toidupanga energiasäästu võimalused

Kuupäev:
13.05.2024

72 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): Direktor Ivo Palu

Sisu kirjeldus: Magistritöö tulenes probleemist, kus Eesti ühiskonnas tähtsal kohal olev organisatsioon Toidupank, mis on aastate jooksul aidanud tuhandeid inimesi igapäevase toiduabiga, jõudis energiahindade tõusuga kohta kus hakati otsima meetmeid hoonete energiatarbimise vähendamiseks. Hüppeliselt tõusnud elektrienergia arved tekitasid Toidupangas raskuseid, kuna annetustest saadav tulu tuli suunata tõusnud energiaarvete tasumiseks. Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida Tallinna Toidupanga elektrienergia tarbimist ning kulusid aastate lõikes ja pakkuda välja võimalusi energiasäästuks. Olemasolevatele lähteandmetele tuginedes analüüsiti Tallinna Toidupangas kasutusel olevaid tehnosüsteeme ning nende tööd. Tulenevalt lähteandmetest ning teostatud mõõtmistest leiti võimalused, kuidas oleks võimalik Toidupanga tehnosüsteemide tööd ja energiakasutust optimeerida, et saavutada energiasääst. Lisaks tehnosüsteemidele analüüsiti ka valgustuspaigaldist ning selles esinevaid puuduseid. Olemasolevas lahenduses kasutatakse luminofoorvalgusteid, mille valgusspekter ei ole inimesele sobiv ning mille värvsustemperatuur muudab töötajad uniseks vähendades nende produktiivust. Lõputöö raames projekteeriti Tallinna Toidupanga kolmele ruumile nõuetele vastav ja energiasäästlik valgustuspaigaldis. Projekteeritud elueaks on uuel valgustuspaigaldisel 15 aastat, mille jooksul on kolme ruumi näitel võimalik vähendada elektrienergia tarbimist 104 705 kWh, mis toob kaasa 18 159 € säästu. Kogu Toidupanga valgustuspaigaldise rekonstrueerimine vähendaks oluliselt elektrienergia tarbimist. Täiendava meetmetena tuleks hoonetes teostada energiaaudit, mis annaks ülevaate kogu paigaldise energia tarbimisest ning tooks välja võimalused energiasäästuks. Käesolevas lõputöös välja toodud lahendused aitavad lisaks Tallinna Toidupangale ka teistel Toidupankadel üle Eesti leida energiasäästu võimalusi.

Märksõnad: toidupank, hooneautomaatika, seadmete juhtimine, energiasääst, valgustus

ABSTRACT

<i>Author:</i> Gert-Kardo Kitsingi	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Energy saving possibilities of Tallinna Toidupank	
<i>Date:</i> 13.05.2024	<i>72 pages (the number of thesis pages including appendices)</i>
<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> Director Ivo Palu	
<p><i>Abstract:</i></p> <p>This master's thesis investigates a problem faced by the Food Bank an important organization in Estonian society, which has provided daily food aid to thousands over the years. Due to a surge in energy prices, the organization started looking for measures to reduce the energy consumption of their buildings. The rising electricity bills created difficulties for the Food Bank, as the income from donations had to be redirected to pay the increased energy bills. The aim of this master's thesis was to study the electricity consumption and expenses of the Tallinn Food Bank over the years and offer solutions to optimize their electricity consumption and increase energy savings. Based on the available baseline data, the technical systems used in the Tallinn Food Bank and their operating efficiency were analysed. Based on the baseline data and additional performed measurements, possibilities were identified to optimize the device operations and energy use of the Tallinn Food Bank's technical systems in order to attain energy savings. In addition to technical systems, the lighting installations and their deficiencies were also analyzed. The existing solution uses fluorescent lights, whose light spectrum is not suitable for humans and whose color temperature induces drowsiness in workers, reducing their productivity. As part of the thesis, a compliant and energy-efficient lighting installation was designed for three rooms of the Tallinn Food Bank. The designed lifetime of the new lighting installation is 15 years, during which it is possible to reduce the electricity consumption of the three rooms by 104,705 kWh, which leads to savings of €18,159. Reconstruction of the entire lighting installation of the Tallinn Food Bank would significantly reduce electricity consumption. As an additional measure, an energy audit should be carried out in the buildings of the Tallinn Food Bank as it would provide an overview of the energy consumption</p>	

of the entire installation and highlight opportunities for energy saving. In addition to the Tallinn Food Bank, the solutions provided in this thesis can help other food banks across Estonia find energy saving opportunities.

Keywords: food bank, building automation, equipment management, energy saving, lighting

TalTech Inseneriteaduskond

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Gert-Kardo Kitsingi 204412AAVM
Õppekava, peeriala: AAVM02/18 Energiasüsteemide digitaliseerimine
Juhendaja(d): Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi direktor, Ivo Palu, 5201882
Konsultant: Tiiu Tamm, Valgustuse insener, Tiiu Tamm Inseneribüroo OÜ, info@tiiutammib.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Tallinna Toidupanga energiasäästu võimalused

(inglise keeles) Energy saving possibilities of the Tallinna Toidupank

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Ajalooliste tarbimisandmete analüüs
2. Ülevaade kehtivatest nõuetest valgustusele
3. Töökohtade valgustustiheduse mõõtmine ning analüüsimine kehtivate standardite alusel
4. Energiasäästliku valgustuslahenduse projekteerimine
5. Lahendus ettepanekud ka muude energiasäästu võimaluste realiseerimiseks

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lähteinformatsiooni kogumine	29.02.2024
2.	Varasemate aastate tarbimisandmete analüüs	05.03.2024
3.	Valgustehnilised mõõtmised Tallinna Toidupangas	30.03.2024
4.	Energiasäästliku valgustuslahenduse projekteerimine	15.04.2024
5.	Lisa energiasäästu võimaluste kirjeldamine ning analüüsimine	30.04.2024
6.	Lõputöö esitamine	13.05.2024

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "13"Mai 2024a

Üliõpilane: Gert-Kardo Kitsingi ".....".....20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Ivo Palu ".....".....20.....a
/allkiri/

Konsultant: Tiiu Tamm ".....".....20.....a

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	4
ABSTRACT	6
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	8
EESSÕNA	10
SISSEJUHATUS	11
1. TOIDUPANK	13
1.1 Tallinna Toidupank	14
1.2 Ajaloolised elektrienergia tarbimisandmed ja elektriarved	17
2. TEHNOSÜSTEEMID.....	20
2.1 Kütmislahendused Tallinna Toidupangas	20
2.2 Ventilatsioon Tallinna Toidupangas.....	21
2.3 Ventilatsiooni seadmete elektrienergia mõõtmised	24
2.3.1 Mõõteriistad mõõtmiste läbiviimiseks	24
2.3.2 Elektrienergia mõõtmised	24
2.3.3 Mõõtmiste kokkuvõte.....	25
3. VALGUSTUS	29
3.1 Valgustuse tähtsus töökohtadel	29
3.2 Energiatarve	31
3.3 Valgustusele esitatavad nõuded	33
3.4 Hooldetegur	34
3.5 Hädavalgustus.....	35
3.6 Valgustite ja valgustuse juhtimine	36
3.7 Olemasolev valguslahendus Tallinna Toidupangas	38
3.8 Olemasoleva valgustuslahenduse analüüs	38
4. ENERGIASÄÄSTLIK VALGUSTUS	43
4.1 Valgustid	43
4.2 Projekteeritud lahendus	44
5. TÄIENDAV ENERGIASÄÄSTU VÕIMALUS.....	56
KOKKUVÕTE	59
SUMMARY.....	62
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	65
LISAD	70
Lisa 1. Luksmeetri kalibreerimistunnistus	70

EESSÕNA

Autor tänab lõputöö juhendajat ja teema autorit, elektroenergeetika osakonna direktorit Ivo Palut. Ühtlasi tänab autor Tallinna Toidupanga logistikut Karl Koha, kes tutvustas kogu Toidupanga tööd ja pakkus igakülgset abi lõputöö kirjutamisel infoga, mis puudutas Toidupanga tööd.

Samuti soovib autor tänada Victor Astapovit, kes aitas läbi viia Toidupangas ventilatsiooniseadmete mõõtmisi.

Suured tänusõnad kuuluvad insener Tiiu Tammele, kes pühendas ennast käesoleva lõputöö loomisesse ning pakkus magistritöö koostamisel lugematul hulga tunde konsultatsioone.

SISSEJUHATUS

Euroopa direktiivid näevad ette, et Euroopa Liidu lõppenergiatarbimist tuleb 2030 aastaks vähendada enam kui 30%. Direktiivide eesmärk on energiakasutuse tõhusam ja säästlik kasutamine ahela kõikides etappides, alates tootmisest kuni lõpptarbijateni välja. Seega tuleb nõuete täitmiseks mitte ainult vähendada energiatarbimist, vaid ka vähendada energiatootmist. Hoonete energiatarbimise saavutamiseks tuleb hoonetes ette võtta energiasäästu võimaluste analüüsimine ning teostada investeringuid lahendustesse, mis võimaldaksid energiat säästa.

Käesolev magistritöö teema tulenes Tallinna Tehnikaülikooli Elektroenergeetika osakonna direktorilt Ivo Palult, kes pakkus välja Tallinna Toidupanga energiasäästu võimaluste uurimist ning Toidupangale konkreetsete meetmete välja pakkumist. 2021 aastal alanud ning 2022 aastal jätkanud energiahindade tõus pani Tallinna Toidupanga otsima lahendusi, kuidas oleks võimalik energiat säästa ning kulusid kokku hoida. Kahel järjestikusel aastal tõusnud energiahinnad tõid kaasa Toidupangale märkimisväärsed kulude kasvu, mille tulemusena tuli annetustest saadav tulu suunata arвете maksmiseks. Lõputöö raames tuuakse välja olemasolevate tehnosüsteemide lahendused ning nendes esinevad puudused. Analüüsitakse lähteandmete ja mõõtmistulemustele tuginedes Toidupanga energiakasutust ning võimalikke energiasäästu võimalusi. Lõputöö laiemaks eesmärgiks on näidata võimalusi ka teistele Eestis tegutsevatele Toidupankadele energiasäästu potentsiaali rakendamise võimalustest nende kasutuses olevates hoonetes.

Käesolev magistritöö on jaotatud viieks peatükiks.

Esimeses peatükis kirjeldatakse, kuidas sai alguse tänapäeval tuntud Toidupanga organisatsioon. Tuuakse välja meetmeid mida on teised toidupangad kasutusele võtnud energiasäästu tagamiseks. Peatükis kirjeldatakse Eestis tegutseva Toidupanga tekkelugu ning Toidupanga kulusid.

Teises peatükis analüüsitakse Tallinna Toidupanga hoonetes kasutatavaid tehnosüsteeme, nende tööd ning seadmete töös esinevaid puuduseid. Teostatakse kahe ventilatsiooni elektrienergia mõõtmised ning analüüsitakse seadmete tööd. Mõõtmiste tulemusena pakutakse välja meetmed, kuidas on võimalik seadmete optimeerimisega tagada aastas märkimisväärne energiasääst ning vähendada kulusid.

Kolmandas peatükis kirjeldatakse uutele valgustuspaigaldistele esitatavaid nõudeid. Analüüsitakse olemasolevat valgustuspaigaldist ning tuuakse välja selle puudused tulenevalt töötajate seisukohast. Peatüki raames teostatakse insenertehnilised valgusmõõtmised Toidupanga ruumides ning antakse hinnang olemasolevale paigaldisele. Töö tulemusena selgitatakse miks kasutuses olevad lahendused

energiatarbimist arvesse võttes ei ole optimaalsed ning mistõttu ei ole need sobilikud töötajatele.

Neljandas peatükis projekteeritakse Toidupanga valitud ruumidele uus ja energiasäästlik valgustuspaigaldis arvestades kõiki kehtivaid nõudeid ja standardeid. Lisaks selgitatakse mis põhjusel on vaja uues paigaldises kasutusele võtta valgustuse juhtimislahendused. Tuuakse välja võrdlus olemasoleva ja projekteeritud paigaldise vahel ning kirjeldatakse uute lahenduste tasuvusaega.

Viiendas peatükis tuuakse välja täiendavad meetmed, mida kasutades on võimalik rakendada täiendav energiasääst Toidupanga hoonetes.

1. TOIDUPANK

Toidupangad on heategevuslikud organisatsioonid, mille peamine sissetulek pärineb erinevatest kampaaniatest ja annetustest. Annetusi võib olla kõikvõimalikul moel alates rahalistest annetustest, kuni otseselt toidu annetusteni välja.

1967. aastal loodi Ameerikas Phoenixi linnas tänapäeval tuntud toidupanga organisatsioon. See sai alguse supiköögi vabatahtlike poolt, kes taipasid, et toidupoodides jääb igapäevaselt üle toitu, mille säilivuskuupäev läheneb ja toit visatakse minema ilma, et seda jagataks abivajajatele. [1]

1967. aastal Ameerikast alguse saanud toidupanga organisatsioon on tänaseks levinud üle kogu maailma. Ainuüksi organisatsiooniga The Global FoodBanking Network on liitunud üle 50 riigi, kuuel erineval mandril [2]. Need numbrilised näited on vaid mõned organisatsioonid ja ühingud, kellega on erinevad allorganisatsioonid liitunud. Saksamaal tegutseb käesoleval hetkel üle 900 erineva toidupanga [3]. Tõusnud energiahinnad tekitavad raskuseid toidupankades, kuna annetustest saadud rahad mis on mõeldud inimeste abistamiseks, tuleb suures osas suunata suurenenud kulude tasumiseks [4]. Hindade tõus on tekitanud raskuseid ka kodanikes, mille tulemusena on vähenenud annetused toidupankadele, mistõttu vähenevad ka toidupankade finantsvõimalused [5]. Tekkinud on tõsine olukord, kus toidupangad peavad ellujäämise nimel tegema investeeringuid energia tarbimise vähendamisse või sulgema enda ukseid talve kuudeks [6].

Kõrgetest energiahindadest tulenevalt on leitud mitmeid meetmeid ja lahendusi, millega on võimalik kulusid vähendada. Järgnevalt on toodud võimalikud lahendused:

1. Valgustuspaigaldisse investeerimine ja rekonstrueerimine on peamised võimalusi elektrienergia säästmiseks [7]. Leedvalgustite toimivusnäitajad on paremad kui varasemalt kasutuses olnud hõõglampidel ja luminofoorlampidel, lisaks on leedvalgustid oluliselt energiaefektiivsemad [7]. Valgustuspaigaldise rekonstrueerimisel kasutades leedvalgusteid on võimalik elektrienergiat säästa 50-90%.
2. Tulenevalt toidupankade elektrienergia kasutamisest terve aasta vältel on investeeringud taastuenergiaüksuste rajamiseks neile tasuvad, mis toob kaasa väiksemad energiaarved [8] [9]. Toidupankades töötavad igapäevaselt erinevad kütte-, jahutus- ja ventilatsiooniseadmed, seega õigesti projekteeritud taastuenergiaüksuse ehitamisel on võimalik kogu toodetud energia kohapeal ära tarbida, mis teeb lahenduse tasuvusaja lühemaks [10].

3. Seadmete väljalülitamine ajal kui neid ei vajata on kõige lihtsam energiasäästu meede, mida energiasäästu lahendustes on kasutusele võetud [11]. Ooterežiimis olevad tarbijad võivad summaarselt anda kokku arvestatava koguse tarbimist, seega on oluline kõik seadmed täielikult välja lülitada kui neid seadmeid tööülesannete täitmiseks ei kasutata [10].
4. Kaughaldusseadmete paigaldus on andnud erinevatele ühingutele energiasäästu, kuna seadmed ja arvestid mõõdavad erinevate seadmete/tarbijate elektrienergia tarbimist ööpäeva lõikes [12]. Elektrienergia arvetelt ei ole võimalik teada saada millised seadmed kui suures mahus ühes ööpäevas elektrienergiat tarbivad, kuid kaughaldusseadmete või kaugloetavate arvestite kasutusele võtmine selle võimaluse tagab [13].
5. Täiendava energiasäästu toob kaasa kasutades üttelahendustes nii välisõhu kui ka ruumipõhist temperatuuri. Juba ühe kraadi võrra temperatuuri alandamine annab ligikaudu 5-10% kokkuhoidu. Programmeeritavad termostaadid võimaldavad automaatselt hoones ruumi põhiselt temperatuuri alandada, kui keegi seal ei viibi. Sel viisil on võimalik kokku hoida märkimisväärne hulk energiat. [14] [10]
6. Ventilatsiooniseadmed on suurtes süsteemides märkimisväärsed elektrienergia tarbijad. Kui ventilatsioonisüsteemide efektiivne töö jäetakse tähelepanuta võivad tagajärjeks olla väga kõrged elektrienergia arved [15]. Seadmed peavad töötama ainult siis, kui selleks on vajadust, muudel aegadel peavad need olema välja lülitatud [16].
7. Uued turule toodud energiaefektiivsed külmutusseadmed võimaldavad külmkappidelt ja külmkambritelt enam kui 30% elektrienergiat kokku hoida [17]. Vanade külmutusseadmete vajalikkust tuleb hinnata ning vajadusel need välja vahetada uute ja energiasäästlikumate vastu.

Seadmete korrapärane hooldus tagab energia kokkuhoiu, kuna õigeaegselt hooldatud seadmed töötavad tõrgeteta ja liigse energiakuluta. Hooldamata süsteemid tarbivad rohkem elektrienergiat, saavutamaks ettenähtud tulemusi või sisekliima tingimusi. [15] [16]

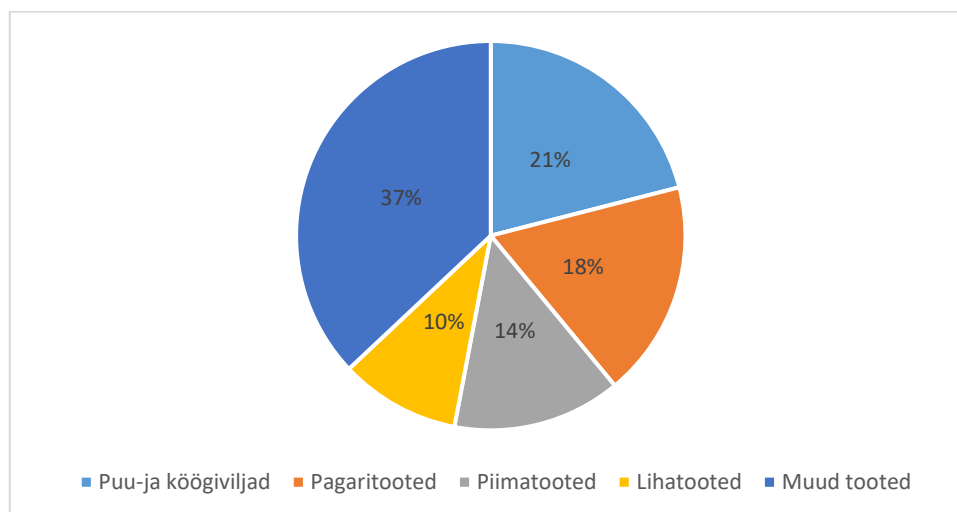
1.1 Tallinna Toidupank

2010. aastal asutati Eestis Toidupank mille eesmärgiks oli aidata raskustes ja puudust kannatavaid inimesi toiduabiga. Toidupanga peamiseks eesmärgiks on toetada

abivajajaid, kes ei suuda majanduslikust olukorrast tulenevalt endale ise vajalikke toiduvarusid hankida. Toidupank pakub abivajajatele iganädalast toiduabi abipakkide näol. Heategevuslike jõupingutuste kaudu püüab organisatsioon avaldada positiivset mõju nende inimeste elule ja aitavad kaasa nende üldisele heaolule. [18]

Toidupank on tänaseks edukalt tegutsenud juba 14 aastat, olles Eesti riigi kui ka erinevate ettevõtete esmane partner toidu annetuste jagamisel [18]. Toidupank tagab oma suurepärase toimimisega annetatud toidu tõhusa ja laialdase jagamise abivajajatele. Oma partnerluse ja koostööga aitab Toidupank kaasa toiduga kindlustamise probleemi lahendamisele ning raskustes inimeste ja kogukondade toetamisele Eestis [18].

Toidupanka jõuab toit läbi eraisikute annetuste või läbi koostööpartnerite, kes Toidupangale toitu annavad [18]. Päästetud toidu tarnijateks on enamasti toidu tootjad, põllumehed või toiduainete kauplused [18]. Kaubanduses müümata jäänud toidust ligi 20% annetakse Toidupangale [18]. Alates organisatsiooni loomisest, on päästetud toidu osakaal suurenenud. 2020. aastal Toidupank kogus ja andis abivajajatele enam kui 2,5 miljonit kilogrammi toitu, 2022. aastal anti ringlusesse juba 4,2 miljonit kilogrammi toitu [18]. Toidupanga abipakki ootab iga nädal ligikaudu 20 000 inimest, kellest ligikaudu 8000 on lapsed [19]. Paraku ei olen need numbrid veel lõplikud, kuna toiduainete hinnatõus ja inflatsioon on toonud kaasa olukorra, kus üha enam inimesi pöördub Toidupanga poole abi saamiseks [19].



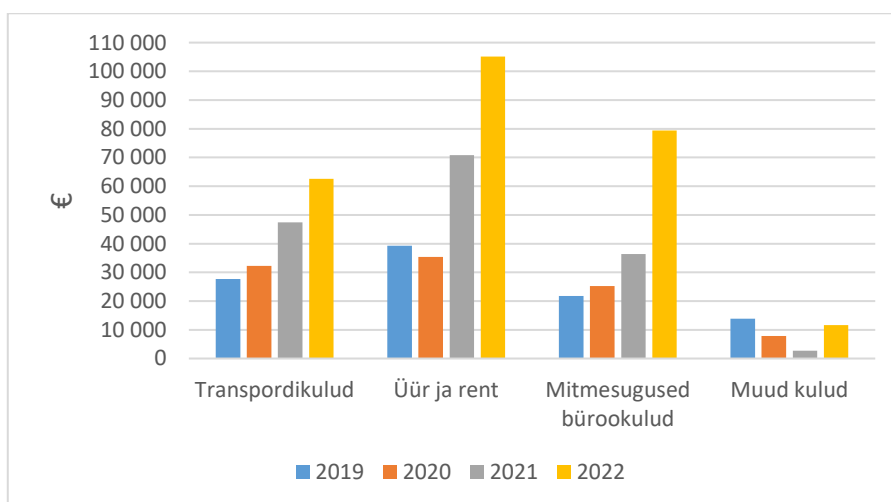
Joonis 1.1 2022. aastal Toidupanga poolt jagatud toidu osakaal [18].

Toidupank on organisatsioon, mis toimib ainult annetuste toel ja sõltub oma igapäevaste toimingute tegemisel suuresti vabatahtlike pühendumusest. Enamuse tööst teevad Toidupangas ära vabatahtlikud, kes panustavad oma aega selle tänuväärse organisatsiooni toimimiseks.

Toidupank jätkab oma strateegiate kohandamist ja arendamist, et vastata teenindava kogukonna muutuvatele vajadustele. Toidupank koos oma meeskonnaga on pühendunud missioonile, et tagada abivajajate jätkusuutlik abistamine ka järgnevatel aastatel.

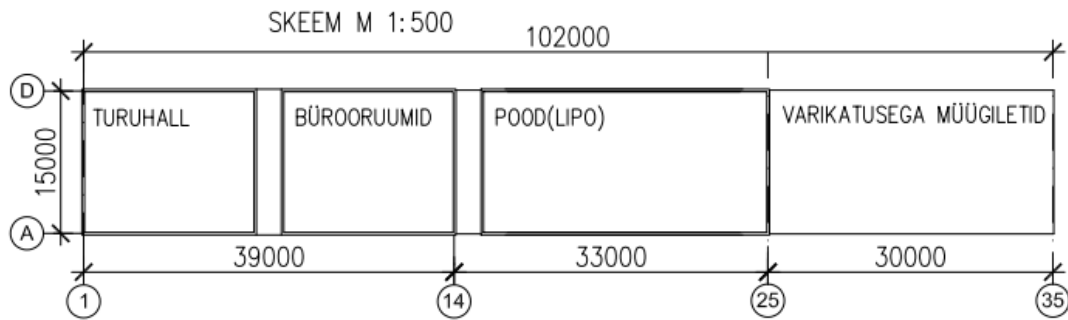
Toidupank, kui abi andja, on jõudnud olukorda kus otsib võimalusi enda energiaarvete ja energiatarbimise vähendamiseks. 2021. aastal alanud ja 2022. aastal jätkunud energiahindade tõus on Toidupanga viinud selleni, et annetustest saadud raha mida võiks suunata abivajajate abistamiseks tuleb suunata suurenenud energiaarvete tasumisse.

Joonisel 1.2 on võrreldud 2019-2022 perioodi Toidupanga kulutusi transpordile, üürile, rendile, mitmesugustele bürookulude ja muudele kuludele. Jooniselt on näha, kuidas on paari aastaga nende kulutused hüppeliselt suurenenud. Kuludesse on sisse arvestatud soojus- ja elektrienergia kulud.



Joonis 1.2 Toidupanga kulude võrdlus 2019-2022 [20].

Käesoleval hetkel tegutseb Tallinna Toidupank aadressil Punane 48a. Varasemalt tegutses kinnistul paiknevates hoonetes Tallinna Linnapood ja turuhall, mille tarbeks ka hooned ehitati. Tallinna Linnapood ja turuhall on oma tegevuse lõpetanud ning hoonete ainus kasutaja on Toidupank. Jooniselt 1.3 näeb, kuidas olid hooned varasemalt jaotatud ning mis eesmärgil neid hooneid kasutati.



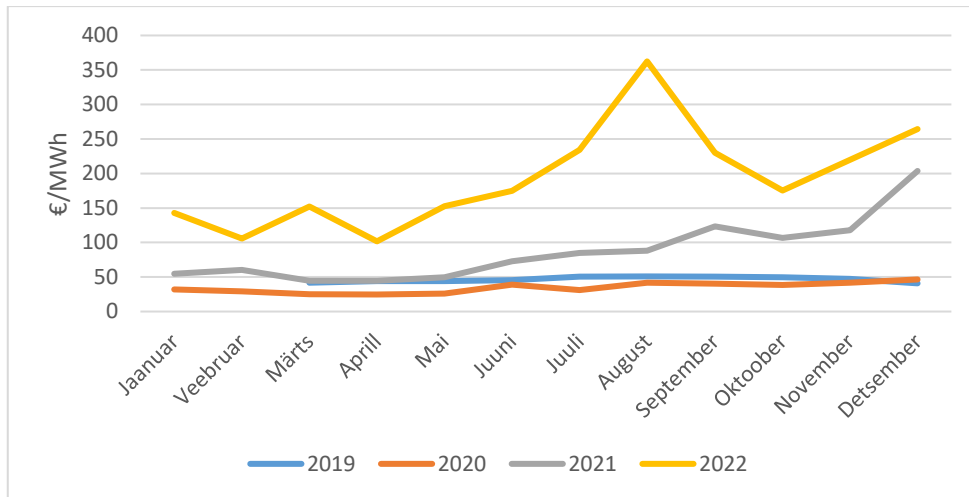
Joonis 1.3 Punane 48a kinnistu hoonete plaan.

Toidupank kui hoone uus kasutaja on muutnud ruumide kasutusviise ja otstarvet. Varasemalt kasutuses olnud turuhalli osa muudeti Euroopa Liidu abipakkide hoiustamise kohaks. Tänapäevaks on Toidupangal see projekt lõppenud ning käesoleval hetkel rajatakse sellesse hoonesse supikööki. Bürooruumides koordineeritakse Tallinna Toidupanga tööd ja seal paikneb ka Toidupanga juhatus. Varasemalt kasutuses olnud LIPO hoones hoitakse ja komplekteeritakse abivajajatele mõeldud toiduabi.

1.2 Ajaloolised elektrienergia tarbimisandmed ja elektriarved

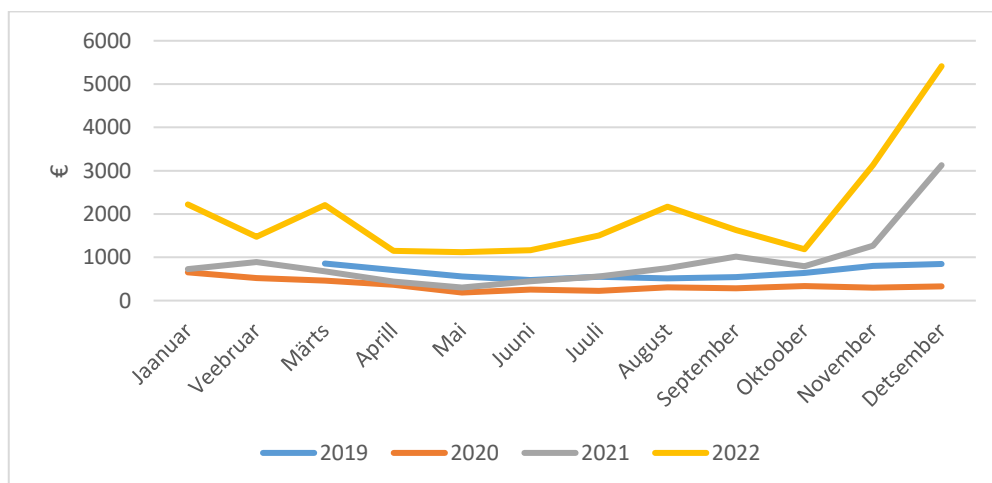
Lõputöös käsitletakse ajaloolisi tarbimisandmeid, et teada saada, milline on Tallinna Toidupanga elektrienergiatarbimine kuude ja aasta lõikes. Analüüsi koostamiseks saadud andmed pärinevad kinnistu ja hoonete omaniku Tallinna Turud käest. Magistritöö raames analüüsiti nelja aasta elektrienergia tarbimisandmeid, tunnipõhise tarbimise keskmist elektrienergia hinda ning elektrienergiale kulutatud summasid. Samuti analüüsitakse mismoodi on mõju avaldanud aastatel 2021-2022 elektrienergia hindade järsk tõus.

Joonisel 1.4 on näha millise kuu keskmise börsihinnaga elektrienergiat osteti aastatel 2019-2022. 2019. ja 2020. aastal oli elektri hind väga soodne jäädes keskeltläbi 50€/MWh juurde. 2021. aastal alanud ja 2022. jätkunud elektrienergia hüppeline hinnatõus tõi kaasa olukorra, kus börsihind tõusis mitme kordseks. 2022. aasta augusti kuus oli elektri börsihind juba 7 korda kõrgem, kui eelnevatel aastatel. Samuti oli börsihind ka muudel kuudel mitmeid kordi kallim kui varasematel aastatel.



Joonis 1.4 Elektrienergia kuu keskmise börsihinnaga.

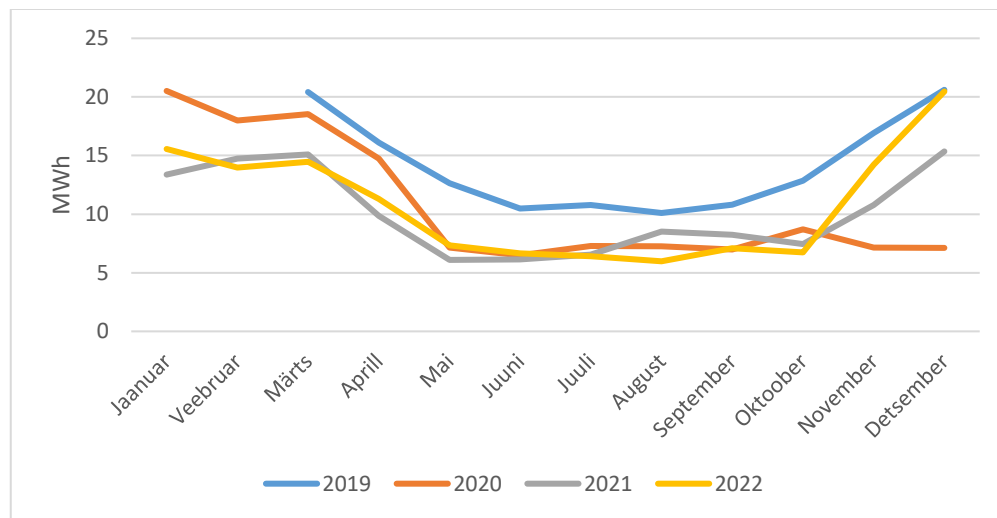
Jooniselt 1.5 on näha, kuidas 2021. ja 2022. aastal seoses elektribörsihinna tõusule hakkasid tõusma ka elektrienergia eest makstavad tasud. Varasematel aastatel jäid elektrienergia arved alla 1000€ kuus, kuid 2021. aastal alanud hinnatõus tõi kaasa mitme kordsed elektriarved. Sellest ajast alates on elektriarvete maksmine Toidupanga jaoks suur väljakutse kuna annetustest tulenev raha, mida võiks suunata abivajajatele, tuleb kasutada kõrgete energiaarvete tasumiseks. Sellest ajast alates otsib Toidupank lahendusi kuidas oleks võimalik energiat säästa ja kulusid kokku hoida, et aidata veelgi rohkem abivajajaid. Toidupanga tegevus sõltub otseselt annetustest ja seega peavad nad oma majanduslikku planeerimist tegema väga pika perspektiiviga. Sellest tulenevalt on iga annetatud euro kasutamine ja abivajajatele suunamine ääretult oluline.



Joonis 1.5 Elektrienergia kulu aastatel 2019-2022.

Jooniselt 1.6 on näha 4 aasta elektrienergia tarbimine ühe aasta lõikes. Jooniselt selgub, et 4 aasta jooksul on hoonete tarbimisköver sarnane. Talve kuudel kui toimub hoone kütmine erinevate kütte allikatega ja valgustuspaigaldise intensiivne kasutamine on elektrienergia tarbimine võrreldes ülejäänud kuudega oluliselt suurem. Soojematel kuudel tarbimine väheneb, kuna väheneb koormus hoone KVJ süsteemidele ning

valgustust tuleb vähem kasutada. Minimaalse ja maksimaalse tarbimise vahe on kohati 3-4 kordne. 4 aasta graafikud on oma tarbimise olemuse poolest sarnased.



Joonis 1.6 Elektrienergia tarbimine aastatel 2019-2022.

2. TEHNOSÜSTEEMID

2.1 Kütmislahendused Tallinna Toidupangas

Tallinna Toidupanga kütmislahendused on ehitatud kombineeritult kolme soojusallikaga. Tehnosüsteemide projektis arvestati Tallinna Linnapoe ja turuhalli küllastajate arvuks 200 inimest päevas ehk arvesse oli võetud inimestelt tuleneva vabasoojusega, mida planeeriti ruumide kütmisel ära kasutada. Lisaks nähti projektis ette erinevatelt külmkappidelt tuleneva soojuse ära kasutamist hoonete kütmisel.

Ruumis, kus toimub abivajajatele abipakkide pakendamine ja väljastamine, kasutatakse kütmiseks ventilatsiooni. Sisepuhkeõhu soojendamiseks kasutatakse ventilatsiooni järelküttekaloriiferit. Täiendavaks kütteallikaks on selles ruumis valgustitelt tulenev soojus. Tehnosüsteemide projektis oli projekteeritud hoone kütmiseks split-tüüpi soojuspumbad, mida kasutati ka Tallinna Linnapoe kütmiseks, kuid käesoleval hetkel on need süsteemid demonteeritud. Olemasolev kütmislahendus suudab talve kuudel hoonet tagada maksimaalselt 15 kraadi.

Olme- ja bürooruumides on kasutusel kombineeritud lahendus. Ruumide kütmiseks kasutatakse nii ventilatsioonist tulenevat soojust kui ka vesipõrandakütet. Ventilatsiooni seadmes kasutatakse sisepuhkeõhu soojendamiseks vee järelküttekaloriiferit. Soojusenergiaga varustab Toidupanga hooneid AS Utilitas Tallinn läbi enda kaugkütte trassi. Soojussõlm on paigaldatud hoone tehnoruumi kust juhitakse soojus vesipõrandaküttesse ja ventilatsiooni küttesõlme. Vesipõrandakütte juhtimine on lahendatud ruumi põhiselt ja igat küttekontuuri juhitakse eraldi termostaadiga.

Olemasolev põrandakütte automaatika, mida Tallinna Toidupangas kasutatakse, ei tööta selliselt nagu ettenähtud ning süsteemis esineb sagedasi rikkeid. Põrandakütteautomaatika süsteemis toimub rikkeid, mille tulemusena jaotuskilbis olev automaatkaitselüliti rakendub ja põrandakütte automaatika jääb toitepingeta. Toite puudumisel põrandakütteautomaatika ei tööta ning kõikide ruumide küte, mis on lahendatud põrandaküttega, suletakse läbi põrandakütteajamite. Paraku ühtegi seadet või alarmi ei ole süsteemi integreeritud mis teavitaks tekkinud rikkest. Töötajad tuvastavad rikke alles siis kui ruumid muutuvad jahedaks. Sagedased pidavat olema olukorrad, kus nädalavahetusel on toimunud rike ning töönädala alguses tööle saabudes on ruumid külmad. Saavutamaks ruumides mugavustemperatuuri on leitud lahendus elektriradiaatorite näol. Külmad ruumid köetakse kiiresti mugavustemperatuurini kasutades selleks elektriradiaatoreid võimsusega 1,5-2kW hinnangulise koguvõimsusega 16kW.

Viimases hoones, mida varasemalt kasutati Euroopa Liidu abipakkide laona, on kasutusel kombineeritud kütmislahendus. Hoonesse on paigaldatud split-tüüpi soojuspumbad hoone kütmiseks talvel ning jahutamiseks suvel. Lisaks soojuspumpadele on ruumides kasutusel ka ventilatsioon mida kasutatakse samuti ruumide kütmiseks kui ka jahutamiseks. Kütmislahendustega tutvudes leiti, et konkreetset hetkel soojuspumbad ja ventilatsiooniseade töötasid teineteisele vastu. Soojuspumpade töörežiim oli seatud 18 kraadi jahutuse peale, samal ajal ventilatsiooniseadme sissepuhke temperatuuri seadeväärtus oli määratud 21 kraadi. Kui samaaegselt on määratud ventilatsioon hoonet kütma ja soojuspumbad hoonet jahutama tekib olukord, kus väga suur hulk elektrienergiat töötab teineteisele vastu saavutamaks etteantud sisekliima tingimusi.

2.2 Ventilatsioon Tallinna Toidupangas

Magistritöö eesmärgiks oli tutvuda ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise ja kasutamisega ööpäevas. Lõputöös käsitletakse Tallinna Toidupanga ventilatsiooni lahendusi hindamaks nende elektritarbimist. Ventilatsioon Punane 48a kinnistul asuvatele hoonetele on ehitatud vastavalt turuhalli ja poe vajadusi arvesse võttes. Kolme hoone ventileerimiseks ehitati välja süsteem kus on kasutusel kaks erinevat ventilatsiooniseadet, mille nimiaandmed on esitatud tabelis 2.1 . Joonisel 2.1 on näidatud rootorsoojusvahetiga Komfovendi ventilatsiooniseade mida kasutatakse hoone ventileerimiseks kus toimub toiduabi pakkimine ja abivajajatele jagamine.



Joonis 2.1 Komfovendi ventilatsiooniagregaat.

Joonisel 2.2 on näidatud plaatsoojusvahetiga Ventuse ventilatsiooniseade, mis on mõeldud ülejäänud kahe hoone ventileerimiseks ja osaliseks kütmiseks. Ventilatsiooni

projektis, nagu ka maja kütteprojektis, kasutati arvutuste tegemisel prognoositud inimeste külastatavust milleks arvestati 200 inimest päevas.



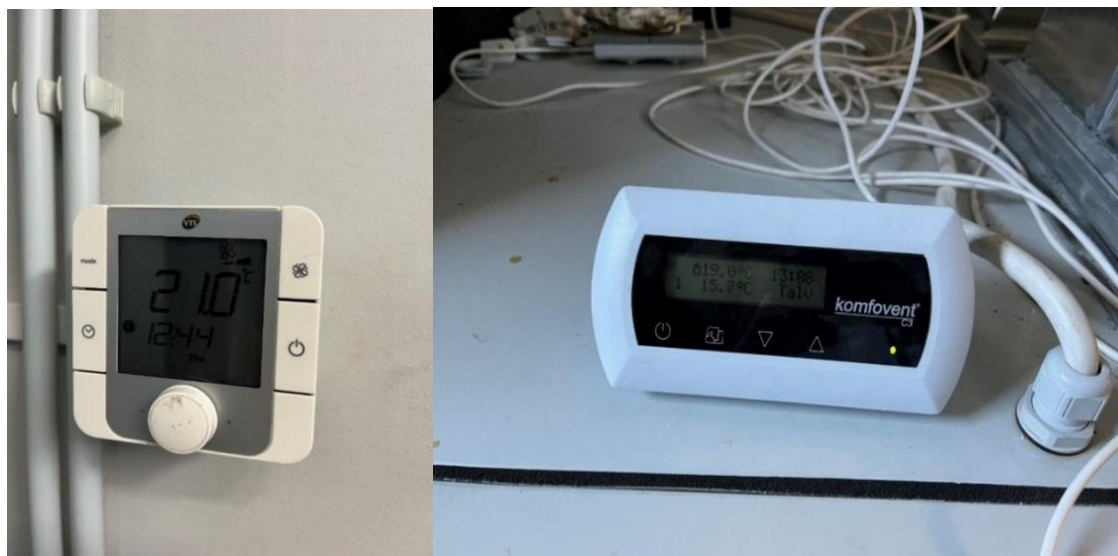
Joonis 2.2 Ventus ventilatsiooniagregaat.

Tabel 2.1 Ventilatsiooniseadmete nimiandmed.

	Ventus	Komfovent
Mudel	VS-100-R-PH	REGO-2500VE-R-EC-C#
Pinge, V AC	3x400	3x400
Vool, A	8,2	17,1
Nimivõimsus, kW	4	
Sagedus, Hz	50	50
Kasutegur,%	50	80
Elektri järelküttekaloriifer, kW		7,5

Ventilatsiooniseadmed ei ole integreeritud ühisesse süsteemi, vaid mõlema seadme juhtimiseks on kasutusel nende tootjapoolsed juhtpuldid, mis on nähtavad joonisel 2.3. Seadmed toimivad kohtjuhtimise pealt, jälgides etteantud parameetreid mille alusel nad on tööle seadistatud. Olemasolevas lahenduses ei arvestata ruumide ventileerimisel ruumis viibivate inimestega ja sellest tuleneva ventileerimise vajadusega. Lisaks ei arvestata töö aegade, mis hetkedel töö hoonetes toimub. Arvestades Toidupangas töötavate inimeste arvuga võib öelda, et olemasolev ventilatsioon on üledimensioneeritud ning seadmed töötavad tarbetult suure võimsusega. Lisaks ventileeritakse enamik aja ruume siis kui selleks reaalne vajadus puudub.

Seadmete juhtpultide kasutamine on Toidupanga töötajatele raske ja arusaamatu kuna juhtpultidelt kuvatav informatsioon on nende jaoks tundmatu. Seega kui tekib vajadus töötada tööaja väliselt ei õnnestu töötajatel enda oskuseid rakendades neid seadmeid iseseisvalt tööle lülitada. Tuleb ette olukordasid kui ventilatsiooniseade on lõpetanud ruumide ja hoonete ventileerimise sellele programmeeritud ajaprogrammi tõttu, kuid inimesed alles hoonetes ja ruumides töötavad. Ventileerimata ruumis hakkab CO2 kontsentratsioon õhus tõusma, mille tulemusena inimesed muutuvad uniseks, mis toob kaasa produktiivsuse languse [21].



Joonis 2.3 Ventilatsiooni seadmete juhtpuldid. Vasakul Ventus seadme juhtpult ja paremal Komfovent.

Olemasolev ventilatsioonisüsteem on alates sissekolimise hetkest puhastamata. Igakuiselt tegeletakse küll seadmete filtrite puhastamise ja vahetusega, kuid kogu magistraalorustik on jäänud tähelepanuta. Puhastamata magistraalorustikud on soodne kasvukeskkond erinevatele bakteritele mis võivad mõjutada hoones/ruumis viibivaid inimesi ning kaasa tuua töötajate haigestumise ja üldise töövõime languse [22]. Tolmu täis keskkond on ohtlik tuleohutuse seisukohast, kuna tulekahju korral kandub tuli mööda torusid kiiresti hoonete erinevatesse sektsioonidesse [22]. Mustunud keskkonna tõttu peavad ventilatsiooniagregaadid rohkem tööd tegema ja suurendama seadmete elektrienergiat selleks, et tagada soovitud sisekliima parameetrid.

Magistritöö koostamise hetkeks oli Ventuse ventilatsiooniseade seadistatud koostöös ventilatsiooni ettevõttega toimima ajaprogrammi järgi. Ventilatsiooniseade lülitatakse tööle kell 09.00 hommikul ning väljalülitumine toimub kell 17.00. Antud lahendus on määratud töötama jäigalt programmeeritud ajaprogrammi alusel ja töötajatel puudub vajaduse korral võimalus ventilatsiooniseade programmeeritud vahemikust väljaspool tööle lülitada.

Ventuse ventilatsiooniseadme ajaprogrammiga juhtimine on küll oluliselt energiasäästlikum kui lahendus mis töötab 24/7. Tööajad on paraku muudel aegadel, kui on ventilatsiooniseadmele ajaprogrammiga ette määratud, seega parima tulemuse saamiseks tuleks juba praegu antud seadme töö ümber programmeerida.

2.3 Ventilatsiooni seadmete elektrienergia mõõtmised

2.3.1 Mõõteriistad mõõtmiste läbiviimiseks

Tallinna toidupangas teostati kahe erineva ventilatsiooniseadme elektrienergia mõõtmised 7 päeva vältel, valides andmete salvestamise ajaks 1 minut, et saadavad tulemused oleksid kõige informatiivsemad.

Ventilatsiooniseadmete mõõtmiseks kasutati kahte erinevat mõõteriista, kuna ventilatsiooniseadmed asusid erinevates hoonetes ning mõõtmisi teostati samaaegselt. Komfovendi ventilatsiooniseadme mõõtmiseks kasutati PMD-A energiakvaliteedi mõõteseadet ja Ventuse seadme jaoks kasutati PQ-BOX mõõteseadet. Mõõtmiseks kasutatud seadmed on toodud joonisel 2.4.



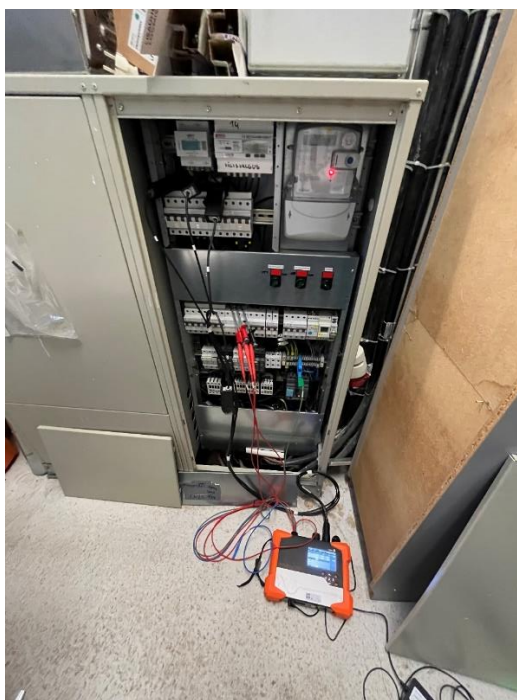
Joonis 2.4 Mõõteriistad ventilatsiooni agregaatide elektrienergia mõõtmiseks. Vasakul PMD-A energiakvaliteedi mõõteseade ja paremal PQ-Box mõõteseade [23] [24].

2.3.2 Elektrienergia mõõtmised

Elektrienergia mõõtmisi teostati Tallinna Toidupangas selgitamaks välja ventilatsiooniseadmete ööpäevane ja nädalane elektrienergia tarbimine. Mõõtmiste eel seati hüpotees, et hoonetes võivad suurt elektrienergia tarbimist põhjustada ventilatsioonisüsteemid. Mõõtmistel kasutatud mõõteriistad mõõtsid lisaks aktiivenergiale ka muid elektrikvaliteedi parameetreid, kuid käesoleva lõputöö raames on keskendunud ainult aktiivenergia mõõtmistele ja selle analüüsimisele.

20.03.2023 paigaldati mõõteriistad Tallinna Toidupanga ruumidesse, alustades aktiivenergia mõõtmistega järgneva 7 päeva jooksul.

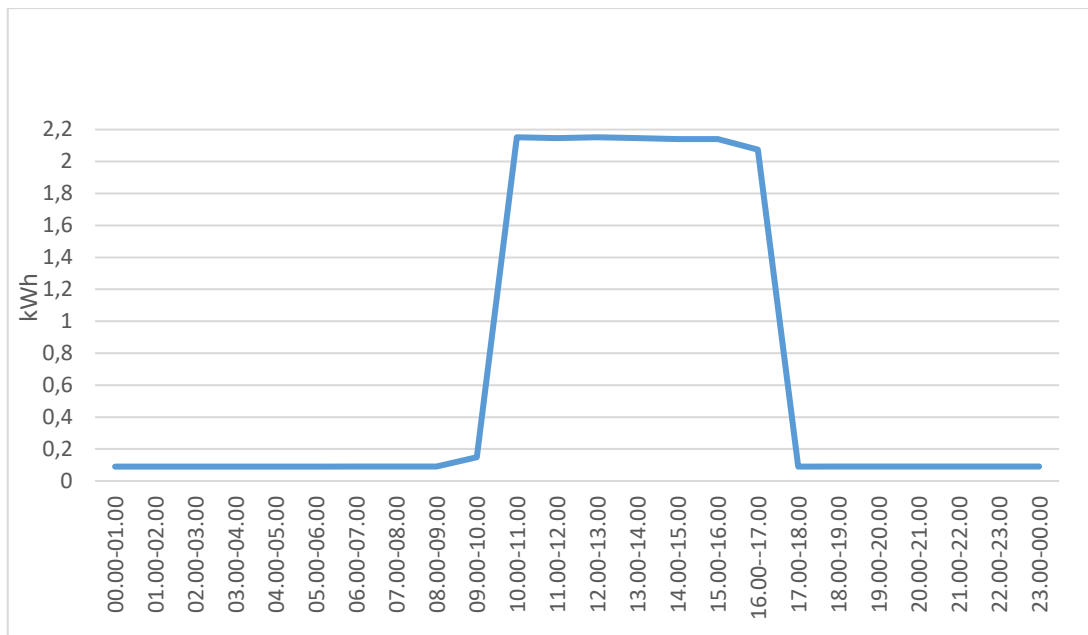
Elektrienergia mõõtmiste läbiviimiseks asetati mõõteriistade mõõteklemmid vahetult jaotuskilbis olevate tarbija poolsete toitekaablite külge, mida mööda toimus elektrienergia mõõtmine. Jooniselt 2.5 on näha, kuidas toimus elektrienergia mõõtmine mõõteriistaga. Mõõteriistade juurde paigaldati sülearvutid ja antennid, et salvestatavat infot oleks võimalik kaugühenduse teel jälgida ja vajadusel reageerida mõõtmistel tekkivatele ebanormaalsetele talitlustele.



Joonis 2.5 Ventus ventilatsiooniseadme elektrienergia mõõtmine mõõteriistaga PQ-Box 200.

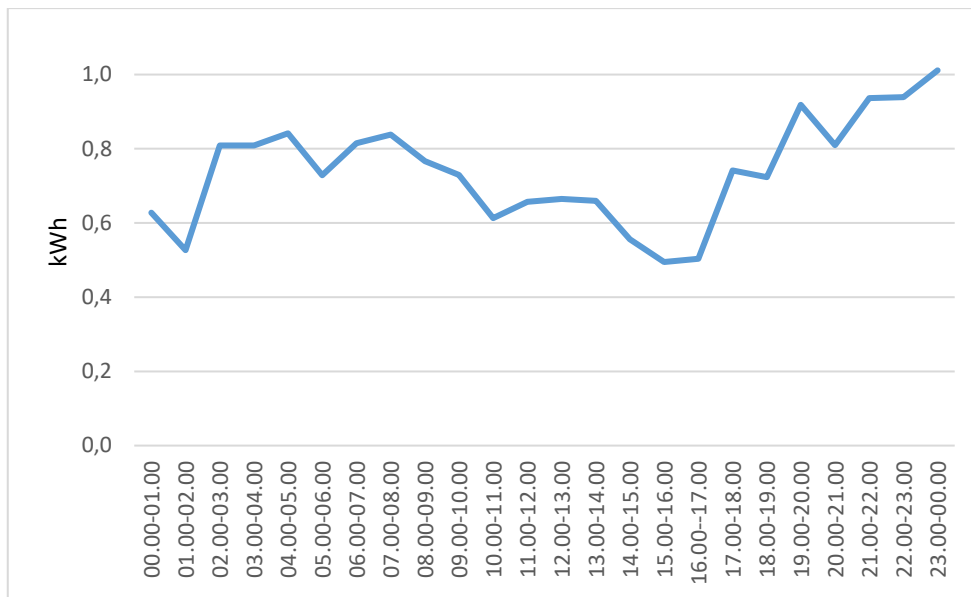
2.3.3 Mõõtmiste kokkuvõte

Lähtuvalt ventilatsiooniseadmete nimiandmetest eeldati, et Toidupanga hoonete peamiseks elektrienergia tarbijateks on ventilatsiooniagregaadid, mis on oma välise ehituse poolest küll erinevad, kuid töötavad sisuliselt samal tööpõhimõttel. Mõõtmistulemuste analüüsitavaks kuupäevaks valiti 20.03.2023. Elektrienergia tarbimise analüüsi teostati mõlema seadme kohta. Joonisel 2.6 on toodud Ventuse ventilatsiooniseadme tarbimine ühes ööpäevas. Sisse lülitatuna tarbib seade 2,2 kWh elektrienergiat ning väljalülitatud olekus tarbib 0.1 kWh elektrienergiat. Seadme sisse lülitamine toimu kell 09.00 hommikul ning väljalülitamine toimub kell 17.00 õhtul.



Joonis 2.6 Ventus ventilatsiooniseadme 24h elektrienergia tarbimine.

Joonisel 2.7 komfovendi mõõtmistulemusi analüüsidest leiti, et seadme juhtimiseks ei ole loodud ühtegi programmi. Seade töötab sellise koormusega nagu see paigalduse hetkel tööle seadistati ning tulenevalt hoone kasutusprofiili muutusest ei ole tehtud vajalikke ümber programmeerimisi seadme töö optimeerimiseks. Süsteemist puuduvad lisa CO₂ andurid, mis muudaksid ventileerimise täpsemaks ning energia kasutust arvesse võttes optimaalsemaks. Kasutusel olev lahendus ei jälgi optimaalselt sisekliima parameetrite tagamist. Kui seade töötab ka talvisel ajal pidevalt sama koormusega toob see kaasa olukorra, kus väga madalatel temperatuuridel toimub hoone intensiivne ventileerimine, kuigi vajadus selleks puudub. See toob kaasa täiendava probleemi, kui madalat sissepuhkeõhu temperatuuri tuleb intensiivselt üles kütta elektrikaloriiferiga. Mõistlik oleks talvisel ajal seadme koormust vähendada või see vajaduse korral üldse seisma jätta. Antud hetkel on konkreetse hoone kütmisel kasutatud ventilatsiooni kütteallikana seega seadme töö optimeerimine ja töövälistel aegadel väljalülitamine eeldaks KVJ inseneride poolt täiendavate energiaarvutuste koostamist. Ainult elektritenniga ruumide kütmine ei ole mõistlik ning hoone kütmiseks tuleks leida efektiivsemad lahendused. Kui töövälisel ajal on võimalik viia tarbimine ligilähedale nullile siis oleks võimalik ka tööpäevadel kui inimesi hoones vähem, reguleerida ventilatsiooni tööd läbi automaatika.



Joonis 2.7 Komfoventi ventilatsiooniseadme 24h elektrienergia tarbimine.

Lahendused, mille järgi ventilatsiooniseadmed töötavad, on elektrienergia kasutamise mõttes ebaotstarbekad ning energia kasutamise optimeerimist on võimalik nendel seadmetel väga lihtsasti rakendada. Seadmete sisselülitamist ja väljalülitamist seadme programmeerimisega vastavalt töötajate vajadusele ja tööaegadele tooks kaasa olulise elektrienergia kokkuhoiu.

Võrdluseks on toodud tabelites prognoositud ventilatsiooniseadmete ühe aastane elektrienergia tarbimine ning optimeerimise korral saadav tulu/tasuvus. Läbiviidud mõõtmistulemustest leiti, et Komfoventi ventilatsiooniseadme tarbimine 24h jooksul on 17 kWh. Arvestades, et seadmele ei ole loodud ühtegi juhtimislahendust ning seade ei arvesta inimeste viibimisega ruumis töötab seade 365 päeva aastas samasuguse koormusega. Talvisel ajal lisandub veel järelküttekaloriiferi tarbimine, mida käesolevates arvutustes ei arvestata. Tegelik hoone kasutamine on ligikaudu 22h nädalas, 52 töönädalat aastas ja seadme ühe tunni keskmine elektrienergia tarbimine on 0,74 kWh. Tuginedes eelpool toodud andmetel leiti kui palju elektrienergiat seade tarbiks tarbimise optimeerimise korral. Talvisel ajal, kui seade peab madalate temperatuuride korral välisõhku täiendavalt juurde kütma elektrikaloriiferiga, võib saadav sääst olla suurem kui seda käesolevas arvutuses arvestatud on. Arvutuste teostamisel arvestati elektrienergia hinnaks koos maksudega 22 s/kWh

Tabel 2.2 Komfovendi ventilatsiooni elektrienergia tarbimine.

Ventilatsiooni seade	Proгноositav tarbimine kWh/a	Optimeeritud tarbimine kWh/a	Energiasääst kWh/a	Rahaline sääst €
Komfovent	6205	847	5358	1179

Magistritöö koostamisel leiti, et Ventus ventilatsiooniseadme jaoks oli loodud töörežiimide juhtimiseks ajaprogramm millega seadet juhitakse. Samas on lahenduses näha, et seade jääb tarbima ootel olekus ligikaudu 0,1 kWh elektrienergiat, mis kulub kütte tsirkulatsioonipumpade käitamiseks. Töövälisel ajal ja nädalavahetuseti ventilatsiooniseade ei tööta ning tarbib ainult ootel olekus energiat. Nädalase tarbimise ootel oleku energia moodustab seega 12,3 kWh, mis ühes aastas teeb kokku ligikaudu 640 kWh elektrienergiat. Arvestades keskmiseks elektri hinnaks koos võrgutasudega 22 s/kWh eest tekitab ootel energia tarbimine aastas kaasas 141 € kulu.

Tabelis 2.3 on hinnatud Ventus ventilatsiooniseadme tarbimist ning prognoositi kui suurt täiendavat kokkuhoidu on võimalik saavutada, kui vähendada seadme võimsust 20% või 50%.

Ventuse ventilatsioonisüsteem ventileerib kahte hoonet, millest hetkel ühte ei kasutata ja teises on igapäevaselt töötajaid vähe, seega tuleks hinnata kas seade peab töötama sellisel võimsusel nagu see hetkel tööle on seadistatud. Hetkel on seadme tarbimine 21,6 kWh ööpäevas ja töötab viiel päeval nädalas. Täiendava energiasäästu leidmiseks tuleks hoonetes teostada KVJ inseneri poolt arvutused, et hinnata ventilatsiooniseadme täielikku vajadust.

Tabel 2.3 Ventus ventilatsiooniseadme prognoositav elektrienergia tarbimine ja maksumus.

	Olemasoleva seadme tarbimine kWh/a	20% vähendatud koormusega lahendus	50% vähendatud koormusega lahendus
Tarbimine aastaks kWh	6074	4859	3037
Prognoositav rahaline kulu €/a	1336	1069	668

3. VALGUSTUS

3.1 Valgustuse tähtsus töökohtadel

Tööandja kohustuseks on tagada töötajale mugav töökoht kus säiliks töötaja töövõime ja füüsilised ohutegurid oleksid minimaalsed. Valgustuse puudused on üheks füüsiliseks ohuteguriks [25]. Töökoha territooriumil ja töökohtadel peab olema piisav ja nõuetekohane valgustus [25]. Valgustuse vajadus töökohtadel sõltub ka töötaja vanusest ja tervislikust seisundist. Teatud juhtudel on lubatud tõsta paigaldise valgustusastet kuni 2 astet [26].

Töökohtade tugevalt üle- või alavalgustamine võib töökohal töötavates töötajates kaasa tuua peavalude tekkimise. Töötaja tõmbub valesti valitud valgustuse tõttu pingesse, mille tagajärjel suurenevad ülakehas soovimatud lihaspinged. Projekteerimise ajal rägusega mitte arvestamine võib kaasa tuua lubatust suurema räguse töökohtadel, mis põhjustab töötajas ebamugavust ja silmade kipitust. Valgustite värelus võib töötajates põhjustada peavalusid ja keskendumisraskuseid. Nõuetele mitte vastavas töökeskkonnas töötades võib töötajal tekkida erinevaid tervisehädasid, langeda töövõime ning see tekitab stressi. [27]

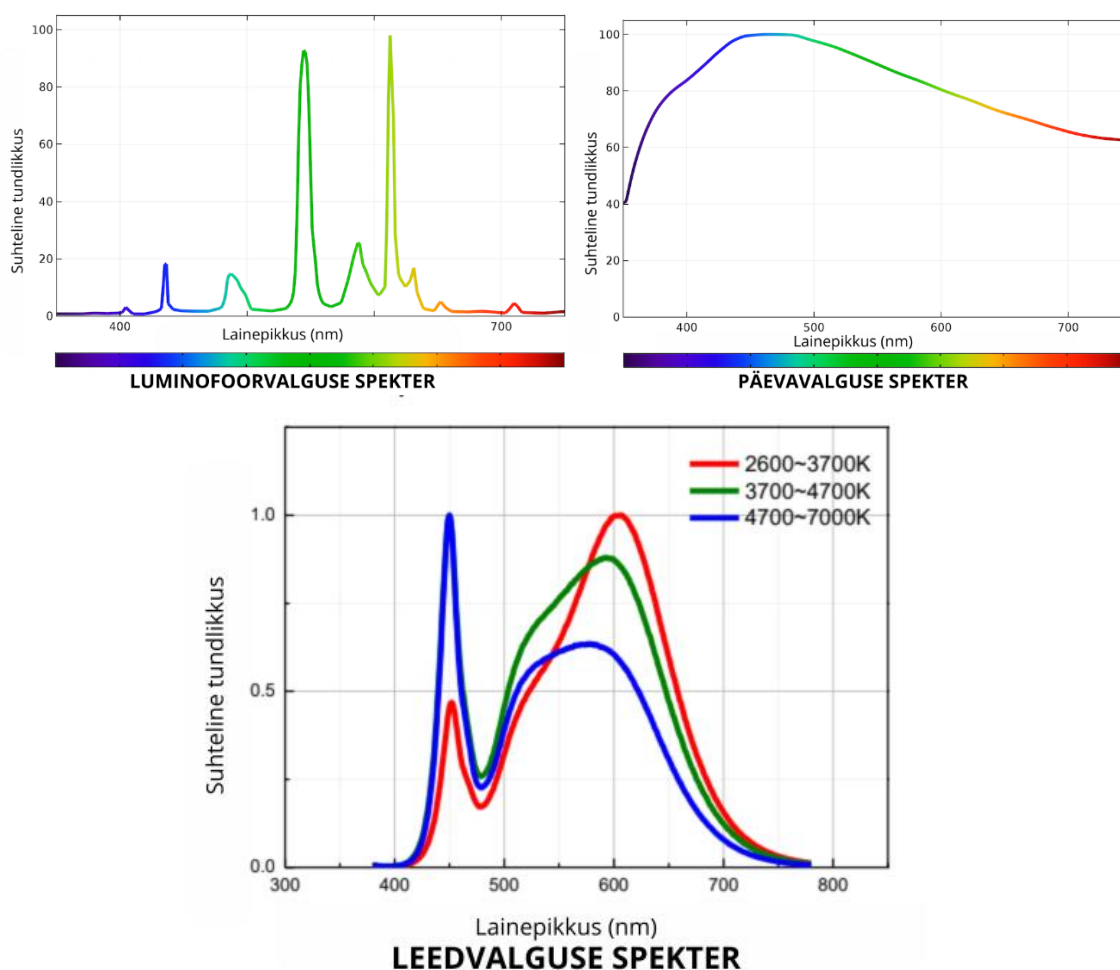
Valguse värvustemperatuur mõjutab psühholoogiliselt töötajaid ja nende võimet tööülesandeid sooritada. Teaduslikult on tõestatud, et varasemalt kasutusel olnud traditsiooniliste valgusallikate värvustemperatuurid 2700 K - 6500 K omavad otsest mõju töötajale ja töö produktiivsusele. Nii luminofoorlampide kui ka halogeenlampide soojem valgus ehk värvustemperatuur 2700 - 3000 K muudab töötajad lõõgastunumaks ja vähendab nende töövõimet. Lisaks tõstab soojem valgus kehas melatoniini taset, valmistades inimest ette uneperioodiks. Neutraalne või külm valgus muudavad töötajad erksaks, mille tulemusena aktiveeruvad liigutused ja mõtted ning suureneb töötajate töövõime. Hinnatakse, et kõrge värvustemperatuuri korral on nägemisteravus parem, kui madalama värvustemperatuuri korral. [28] [29] [30]

Tabelis 3.1 on toodud värvustemperatuurile vastav valguse näiv värv.

Tabel 3.1 Valgusallikate rühmitus valgusevärvi järgi [26].

Värvitoon	Lähim värvustemperatuur T_{CP} K
Soe (soevalge)	Alla 3300
Vahepealne (neutraalvalge)	3300 > 5300
Külm (päevavalgusvalge)	Üle 5300

Joonisel 3.1 on toodud erinevad valgusspektrid. Inimese silmale kõige sobivam on päevavalguse spekter. Võrreldes päevavalguse spektrit luminofoorvalgusega on näha, et luminofoorvalguse spekter on ebatäiuslik, justkui hakitud kujuga, seega luminofoorvalgus ei ole kõige sobivam inimesele. Luminofoorvalgusel on sinist lainepikkust spektris väga vähesel määral, mis põhjustab töötajate lõõgastumist ning unisust töökohtadel. Võrreldes päevavalgust leedvalguse spektriga on näha, et leedvalguse spekter on loomuliku valguse spektrile kõige sarnasem. Külma kui ka sooja valguse spektris on olemas sinise lainepikkusega alas piik, mis toob kaasa töötajate erksuse ja parema ärkveloleku töökohtadel töötades.

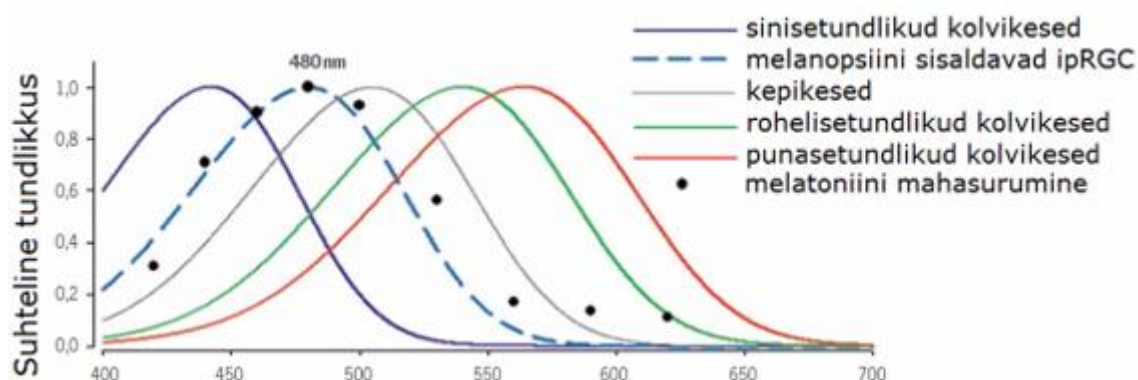


Joonis 3.1 Erinevad valgus spektrid. Joonisel üleval vasakul on toodud luminofoorvalguse spekter, paremal päevavalguse spekter ning all on toodud leedvalguse spektrid erinevate värvustemperatuuride korral [31] [32].

Spetsialistide poolt on läbiviidud uuringud ning leitud, et valgustite spektrid, mis erinevad oluliselt loodusliku valguse spektrist, võivad mõju avaldada töötajale ebasoodsalt, nõrgendades töötaja immuunsust haiguste vastu [33].

Joonisel 3.2 on näidatud punktidega tähistatud graafik, kus näidatakse unehormooni mahasurumist inimorganismis erinevate valguse lainepikkuste korral. Unehormooni

mahasurumist mõjutab kõige enam sinine lainepikkus alas 438-493 nm [34]. Seda ala kirjeldatakse kui puhta sinise taeva spektrit. Vaadates joonist 3.1 on näha, et külma valgusega ehk 4000 – 7000 K leedvalguse spekter on selles alas ka kõige suurem. Tänapäeval on võimalik uusi valguspaigaldisi ehitada, kasutades ainult leedvalgusteid. Sooja ja külma leedvalguse spektris on piisav kogus äratavat sinist spektrit, seega on töötajad tööülesandeid täites produktiivsemad, kui luminofoorvalguse korral. Sinise spektri osakaal peab olema kogu spektrist üle 2%, et hoida töötajat ärkvel.



Joonis 3.2 Teada olevate valgustundlike retseptorite mõjuala inimsilmas [34].

Valgustuse ehitamisel kiputakse valgusteid paigaldama ühtlaselt üle terve ruumi kuid alati ei ole see otstarbekas, kuna ruum muutub igavaks ning ei soosi töötegemist. Igas ruumis on lisaks tööpiirkonnale ka muid piirkondi. Mõningate uurimuste tulemusena on jõutud arusaamisele, et korrektne valgustus töökohtadel võib tõsta töötajate produktiivsust ja vähendada õnnetusi töökohtadel. Valgustuspaigaldise rekonstrueerimisel tuleb alati teostada valgusarvutused planeeritavate valgustitega, et kontrollida paigaldise nõuetele vastavust.

3.2 Energiatarve

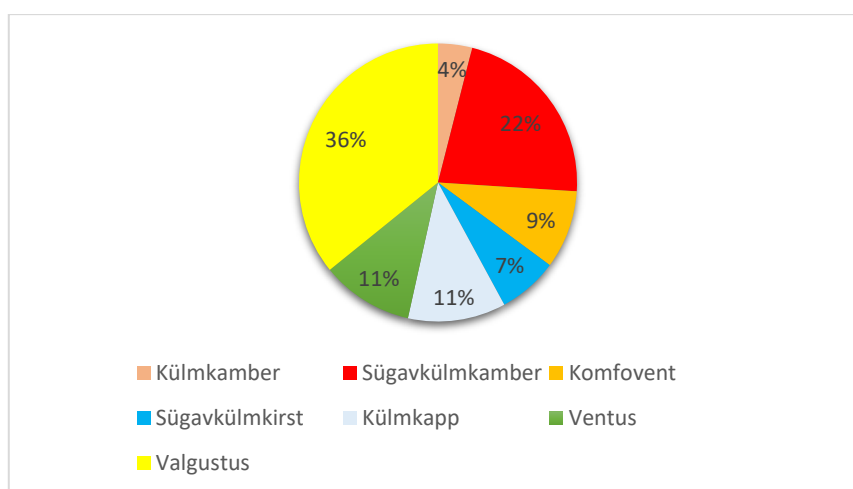
Sõltuvalt hoonest võib valgustusele kuluv energia kogu paigaldises moodustada 20-70%, mõningatel juhtudel ka enam. Võimsamad valgustid tähendavad ka täiendavat koormust hoonete KVJ süsteemidele. Ventilatsiooni süsteemid tõmbavad lagede alt ligi 70% valgustite soojusest ära, mida küll enamasti kasutatakse ventilatsiooniagregaatide soojusvahetites ära sissepuhkeõhu üles soojendamiseks. Valgustitega ruumide kütmine ei ole efektiivne ega optimaalne lahendus. Kui talvisel ajal võib valgustite võimsus olla lisakütte allikaks hoonete või ruumide kütmisel, siis suvisel perioodil on see suureks koormuseks hoonete jahutusele. Valgustid eraldavad võrdselt oma tarbimisvõimsusega ka soojust, seega tuleb hoonetes sobiva sisekliima tagamiseks suvisel ajal ruume intensiivsemalt ventileerida ja jahutada. See toob kaasa tarbetu lisakulu KVJ süsteemide käitamisel. Lahendusi koostades ja projekteerides on oluline, et valgustuspaigaldis oleks

projekteeritud koostöös teiste eriosa projektidega. Mida väiksem on valgustuspaigaldise võimsus seda vähem tuleb ka KVJ süsteem käitada. Vabariigi määrusega on toodud sõltuvalt hoonest ja kasutusotstarbest, valgustusest eralduva soojustagastusele nõuded, milles lähtuvad ka KVJ insenerid [35].

Valgustuspaigaldise rekonstrueerimine võib kaasa tuua olukorra, kus valgustuspaigaldise elektrienergia tarve väheneb kordades, tuues kaasa soojusvõimsuse languse. Ruumid, kus valgustusest eraldatud soojus oli suunatud soojustagastusele, ehk ruumide kütmisele, võivad jääda peale rekonstrueerimist jahedaks ning puuduolevat soojusvõimsust tuleb mõne muu kütteallikaga hakata kompenseerima.

Hoone või paigaldise energiasäästu meetmete kaalumisel ning kalkuleerimisel tuleks esmalt alustada valgustuspaigaldisest ning sellele kuluvast energiast. Olenevalt paigaldisest võib valgustusele kuluda väga suur osa kogu paigaldise elektrienergia tarbest, seega valgustus on üks peamisi energiasäästu võimalusi, kus olenevalt lahendusest on tasuvusajad väga lühikesed.

Tallinna Toidupangas on varasemalt läbi viidud elektrienergia mõõtmised, kus mõõdeti kokkuvõttes 7 erineva tarbija summaarset elektrienergia tarbimist ühes ööpäevas. Mõõdetud tarbijateks olid järgnevad seadmed: külmkamber, sügavkülmkamber, sügavkülmkirst, külmkapp, Ventus ventilatsiooniseade ja Komfoveni ventilatsiooniseade. Lisaks on arvestatud valgustusele kuluvat elektrienergiat kolmes erinevas ruumis. Joonisel 3.3 on näidatud mõõtmiste koondtulemus, kus on näha mõõdetud seadmete protsentuaalset elektrienergia tarbimist. Suurima tarbijaga on antud näitel valgustuspaigaldis, kuhu kulus 36% elektrienergiast. Joonis toob selgelt välja põhjuse, miks tuleks hoonete energiasäästu leidmisel alustada valgustuspaigaldise rekonstrueerimisest, kuna sellele kulub summaarselt kõige rohkem elektrienergiat.



Joonis 3.3 Tallinna Toidupanga seadmete protsentuaalne elektrienergia tarbimine enne rekonstrueerimist.

3.3 Valgustusele esitatavad nõuded

Käesoleva magistritöö raames analüüsitakse ning projekteeritakse Tallinna Toidupanga valitud ruumidele uus ja energiasäästlik valguslahendus, milles on arvestatud kehtivate nõuetega. Ruumid on kasutusel erinevate otstarvete järgi, seega on valgustuspaigaldise projekteerimisel ja ka olemasoleva paigaldise analüüsimisel kasutatud standardit EVS-EN 12464-1:2021 millest tulenevad nõuded [36]. Standard dikteerib ka silindrilise valgustustiheduse ning seinte ja lagede valgustustiheduse, kuid käesolevas lõputöös neid ei käsitleta. Lõputöö koostamisel on aluseks võetud hoone ruumid ja standardist tulenevad nõuded ruumide valgustustihedusele ja rägusele, mis on esitatud tabelis 3.2.

Tabel 3.2 Ruumide nõutud valgustusparameetrid [36].

Töö- või tegevuspiirkonna liik	Keskmine tööpiirkonna valgustustihe I_x	Lubatud maksimaalne rägus R_{UGL}	Tööpiirkonna ühtlustegur U_0	Värviesituse üldindeks R_a
Kontor	500	19	0,6	80
Riietusruum	200	25	0,4	80
Pakkimisalad	300	25	0,5	80
Liikumisala/koridor	100	25	0,4	40
Wc	200	25	0,4	80
Hoiuruum	200	25	0,4	80
Köök	500	22	0,6	80

Rägus on aisting, mida põhjustavad liigheledad alad. Näiteks võib rägust põhjustada aknast paistev ere päike, samuti ka katuse valgusavad, millest tulenev loomulik päevavalgus võib mõnel juhul olla pimestav [28]. Liigne rägus võib kaasa tuua inimeste töövõime languse, tervisehädad, töömoraali languse, töötajate pimestamise ja tehnoloogiliste vigade tekkimise töökohtadel [37]. Seega on oluline rägust töökohtadel piirata, et vältida töötaja tervisekahjustusi või tööõnnetusi [33].

Projekteerimisel räguse arvestamine on võrdväärselt oluline nõuetekohase valgustustiheduse tagamisega töökohtadel. Valgustuspaigaldise projekteerimisel ja valgusarvutusi teostades tuleb jälgida standardist tulenevaid väärtuseid, vastasel korral on väljaehitatud lahendus kasutajale ebasobiv või võib töötajale sellises valgustuspaigaldises töötamine muutuda tööõnnetuste tõttu eluohtlikuks.

Valgustuse projekteerimine on samasugune protsess nagu kõiksugu muu eriosa projekteerimine. Valgustuse projekteerija peab lähtuma kehtivatest standarditest, nõutest ja vastama kliendi ootustele ning keskkonna tingimustele, kuhu valgustid paigaldatakse. Valgustuse projekteerimine eeldab projekteerijalt vastavat haridust ja kvalifikatsiooni.

Tellija ülesanne on esitada korrektne lähteülesanne, mille alusel on võimalik teostada nõuetekohase valgustuspaigaldise projekteerimine ja ehitamine. Kui tellija lähteülesanne ei tundu mõistlik ja selle väljaehitamisel eiratakse standardist tulenevaid nõudeid, peab projekteerija sellest teavitama tellijat. Kui tellijal puudub vastav kompetents, tuleb tal lasta koostada eksperdi poolt piisavalt täpne lähteülesanne, et selle järgi oleks võimalik projekteerida nõuetele vastav lahendus. Projekteerimise käigus võib juhtuda, et ruumide kasutusotstarve muutub ja projekti tuleb sisse viia muudatusi, see saab toimuda vaid projekteerija ja tellija kahepoolse suhtluse tulemusena.

Valgustuse projekteerimisel on oluline, et see toimuks koostöös kõigi teiste lahenduste, süsteemide ja sõlmede projekteerijatega. Projekteerijad teostavad enamasti valgusarvutusi tühjadele ruumidele, kuna tellija lähteülesandest ei selgu kuidas on planeeritud ruumi täitmine seadmete/mööbliga. Tühjale ruumile valgusarvutusi teostades võib juhtuda, et reaalses elus ei ole nõuetekohane valgustustihedus töökohtadel tagatud või ruumi muu kasutusotstarbe eesmärgil kasutusse võetuna on ruum tugevalt ülevalgustatud ja seega energiat raiskav. Lisaks võib juhtuda, et ruumid täidetakse kõrgete riulite/seadmete/mööbliga ja see varjab ära kogu valgustitest tuleva valguse. Seega on ka valgustite teenindamine ja hooldamine raskendatud/välistatud ja toob kaasa mõttetut energiakulu.

3.4 Hooldetegur

Hooldetegur on oluline välja arvutada iga valguspaigaldise planeerimisel ja projekteerimisel. Hooldeteguri arvutamisel on projekteerija jaoks kõige olulisemad parameetrid valgustite kasutusaeg ühes aastas ja valgustuspaigaldise projekteeritav eluiga. Seda arvesse võttes on võimalik välja arvutada valitud valgustite toimivusnäitajatega igale ruumile õige hooldetegur.

Valesti valitud ehk enamikel juhtudel mitte välja arvutatud hooldetegur võib viia valgustuspaigaldises olukorrani, kus valgustustase on langenud enne soovitud tähtaega liiga palju ja nõuetekohane valgustus ei ole tagatud.

Kui varasemalt kasutuses olnud lahendustes oli võimalik valgusti valgusvoo vähenemisel valgusallikas koheselt välja vahetada, siis uutel leedvalgustitel seda enamasti teha ei saa. Seega on hooldeteguri arvutamine ja selle projekteerimisel kasutamine oluline, et leedvalgustitega lahendatud valguslahenduses oleks nõuetekohane valgustustihedus töökohtadel tagatud planeeritud eluea lõpus.

Hooldetegurit arvutades erinevatele ruumidele/hoonetele vastavalt nende kasutuse otstarbe järgi on need valgustuspaigaldised alati ülevalgustatud. Mida pikem on projekteeritav valgustuspaigaldise eluiga, seda rohkem on ka uus paigaldis üle valgustatud.

Hooldetegurit arvutatakse järgneva valemiga [38]:

$$f_m = f_{LF} * f_s * f_{LM} * f_{SM}$$

f_m – Hooldetegur

f_{LF} – Valgusvoo langus planeeritava aja jooksul

f_s – elueategur

f_{LM} – Valgusti hooldetegur

f_{SM} – Ruumipindade mustumistegur

Tulenevalt hooldetegurist on oluline nii ruume kui ka valgusteid hooldusintervalliga määratud aja jooksul puhastada. Puhastamata jätmisel valgustite valgusvoog langeb kiiremini ning nõutud valgustustihedus töökohtadel langeb. Lisaks valgustite puhastamisele ja hooldamisele tuleb puhastada ning hooldada ka ruume. Toimivat lahendust saab teostada vaid korraliku hooldeteguri arvutuse ja paigaldise hooldusega.

3.5 Hädavalgustus

Hoonetes tuleneb hädavalgustuse vajadus nii õnnetuste kui ka muude olukordade puhul, kui hoonest kaob elektrivool ning üldvalgustuse süsteem lülitub välja toitepinge puudumise tõttu. Paanika vältimiseks ning inimeste ohutult hoonest välja saamiseks tuleb paigaldada hädavalgustus. Kasutusele on võetud 2 hädavalgustussüsteemi. Esimene lahendus on endatoitelised hädavalgustid, kus aku või superkondensaator asub valgustis. Teine võimalus on kasutada kesktoitelistsüsteemi, kus hädavalgusteid elektrienergiaga toitvad akud asuvad keskjuhtimiskilbis. Olulistel ja kõrgendatud tähelepanuga objektidel on võimalik täiendava meetmena kasutusele võtta

generaatorid, mida kasutades saab pikendada hädavalgustuse toimimist avarii korral. [39]

Hädavalgustuse eesmärk on ohuolukorras tagada töötajate ja inimeste turvalisus. Vajadusel hoonest evakueerumisel peab hädavalgustus valgustama evakuatsiooniteid ja väljapääse juhtimaks inimesed kõige otsemat teed pidi hoonest välja. Lisaks inimeste ohutule viibimisele ja vajadusel evakueerumisele on hädavalgustus oluline päästeametile, mis lihtsustab neil ohuolukorras orienteerumist neile tundmatus hoones. [39] [40] [25]

Hädavalgustus jaguneb sõltuvalt kasutusotstarbe järgi evakuatsioonivalgustuseks ja tööjätkamise valgustuseks. [39]

Tulenevalt valgustuse eesmärgist jagatakse evakuatsioonivalgustus omakorda kolmeks alaliigiks [39]:

- 1) Väljapääsutee valgustus;
- 2) Paanikavastane (avatud ala) valgustus;
- 3) Ohtliku tööpiirkonna valgustus.

Hädavalgustus ei seisne ainult inimeste ohutus evakueerumises, vaid kasutusala hädavalgustuses on oluliselt suurem. Tulenevalt ohuolukorrast peab hädavalgustus vältima inimestes paanika tekkimist, ohtlikus tööpiirkonnas töötades tuleb seda kasutada tagamaks inimeste turvalisuseks protsesside jätkamisel või lõpetamisel. [39]

Tööjätkamise valgustuse vajadus on põhivalgustuse toitekatkestuse korral tagada töökohtadel piisav valgustus, võimaldamaks töötajatel töökohtadel tööülesannetega edasi tegeleda. Peamiselt kasutatakse tööjätkamise valgustust erinevates juhtimiskeskustes, näiteks päästeametis ja elektrivõrgu juhtimiskeskuses. [39]

Käesolev lõputöö ei käsitle hädavalgustuse projekteerimist Tallinna Toidupangale, kuna olemasolevas lahenduses on toimiv hädavalgustus juba välja ehitatud. Lisaks puudub lõputöö autoril turvasüsteemide projekteerija tase 6 kutse mis lubaks hädavalgustust projekteerida. [41]

3.6 Valgustite ja valgustuse juhtimine

Arvutustulemustest lähtuvalt on valguspaigaldised alati mingil määral ülevalgustatud. Mida väiksem on välja arvutatud hooldetegur seda suurem on ka ülevalgustus

valguspaigaldise rajamise hetkel. Mugava ja töötajale sobiliku töökeskkonna tagamiseks tuleks valguspaigaldises kasutada juhitavaid valgusteid ja andureid, et valgustust juhtida. Algas aastatel, kui ülevalgustus on uutes paigaldistes kõige suurem, on valgustuse juhtimisvõimalused ehk valgustite hämardamine kõige suuremad. Töötajad ei soovi töötada töökeskkonnas, kus töökohad on tugevalt ülevalgustatud ning töö produktiivsus ei tõuse vaid hoopis langeb. Juhitav valguslahendus loob võimalused tagamaks nõuetekohase valgustustaseme töökohtadel vastavalt töö otstarbele ja töötaja vajadustele.

Lisaks mugavale töökeskkonna loomisele tarbivad hämardatud valgustid oluliselt vähem elektrienergiat kui 100% võimsusega talitlevad valgustid. Valgustite juhtimine vähendab leedmooduli toitevoolu, mille tulemusena langeb valgusti energiatarve ja pikeneb valgusti eluiga (valgustite valgusvoo langus aeglustub).

Levinumad võimalused Euroopas valgustuse juhtimiseks [42]:

- Liikumise ja päevavalgusandurite kasutamine valgustuse sisse ja välja lülitamiseks. Juhitavate valgustite korral ka valgustite hämardamine
- Impulsssignaalil põhinev digitaalne juhtimine - DSI ja DALI

Valgustusejuhtimine tervikuna annab olulise energiasäästu ka KVJ süsteemides. KVJ süsteemid on välja arvestatud töötama selliselt, et oleks tagatud sisekliima nõuetekohased parameetrid.

Juhitavad valgustid tarbivad hämardatuna oluliselt vähem elektrienergiat ja seega eralduv soojus on väiksem kui maksimaalsel võimsusel töötavatel valgustitel. Sellest tulenevalt peab ka hoone KVJ süsteemid vähem töötama, millega saavutatakse täiendav energiasääst.

Standard käsitleb valgustuse juhtimisest saadavat energiasäästu potentsiaali võrreldes käsitsi lülitamisega järgnevatel võimalustel [43]:

- 1) Energiasääst käsitsi hämardamise teel kuni 25%
- 2) Ajastatud valgustuse sisse/välja lülitamine, sääst kuni 20%

Andurite poolt valgustuspaigaldise juhtimist loetakse kõige usaldusväärsemaks ja efektiivsemaks valgustuse juhtimise süsteemiks

- 3) Passiivsed liikumisandurid võivad säästa kuni 35% energiat

- 4) Kohalolekuanduritest saadav sääst kuni 30%
- 5) Päevavalgusest sõltuv juhtimine (Daylight harvesting), sääst kuni 60%
- 6) Kombineeritud anduriga (kohalolek + päevavalgus), sääst kuni 75%

3.7 Olemasolev valguslahendus Tallinna Toidupangas

Hoonete projekteerimisel oli lähteülesandeks turuhalli ja Tallinna linnapoe kontseptsiooni arendamine ja seega on valguslahendus vastavalt poe ja turuhalli vajadusi silmas pidades väljaehitatud. Punane 48a hoonete projekteerimisel ja valguslahenduste väljaehitamisel kasutati peamiselt luminofoorvalgusteid. Paigaldise ehitamise hetkel oli keskmine elektrihind, võrreldes tänasega, oluliselt soodsam ning luminofoorvalgustid olid soodsamad kui energiasäästlikud leedvalgustid.

Kontori ja büroo osas on kasutatud ruumide valgustamiseks T8 tüüpi luminofoorvalgusteid ja ülejäänud kahes hoones on kasutusel valgustid, mis varustatud T5 tüüpi luminofoortorudega. Tulenevalt lähteülesandest ja väljaehitatud valguslahendusest tuleb käesoleval hetkel piisava valgustuse tagamiseks lülitada tööle kõik valgustid. Tallinna Toidupank kasutab käesoleval hetkel ruume teistel eesmärkidel, kui seda tegid Tallinna linnapood ja turuhall, seega on olemasolev valgustuslahendus hetke olukorda arvesse võttes väga energia kulukas. Hetkel kasutusel olev lahendus ei võimalda valgusteid sellisel viisil sisse või välja lülitada ega ka juhtida, et see oleks kogu hoone energia kasutust arvesse võttes optimaalne.

3.8 Olemasoleva valgustuslahenduse analüüs

Valgustehnilised mõõtmised viidi läbi Tallinna Toidupangas hindamaks olemasoleva valguslahenduse nõuetele vastavust ja üleüldise paigaldise kvaliteeti. Mõõtmised viidi läbi 25.03.2024 ajal kui väljas oli pilves ilm seega loomuliku valguse hulk, mis akendest sisse tuli oli minimaalne. Antud olukord võimaldas saada usaldusväärsed mõõtmistulemused, kuna töökohtadel piisava valgustuse tagamiseks tuli kõik ruumis olevad valgustid tööle lülitada. Mõõtmisi teostades mõõdeti töökohtade keskmist valgustustihedust ja muudes alades tehti pistelisi mõõtmisi hindamaks olemasolevat paigaldise olukorda.

Joonisel 3.5 on näha B klassi mõõteriista X9-1 luksmeeter, millega valgustehnilised mõõtmised läbi viidi. Tegu on täpse ja kalibreeritud mõõteriistaga, seega saadud mõõtmised ja mõõtmistulemused on usaldusväärsed. Luksmeeter kalibreerimistunnistus on välja toodud lisa 1.



Joonis 3.4 X9-1 luksmeeter [44].

Tallinna Toidupangas on kasutusel 3 kontorit mille valguslahedus on käesoleval hetkel lahendatud T8 tüüpi luminifoorvalgustitega. Kõigis kolmes kontoris kasutatakse hetkel viite valgustit millest igaüks on varustatud nelja T8 tüüpi luminifooritoruga.

Valgustehnilisimõõtmisi teostati kontorites, koridorides, WC-s, riietusruumis, köögis, hoiuruumis, hoones kus toimub toiduabi pakendamine ning hoones, mis varasemalt oli kasutusel Euroopa Liidu toiduabi laona. Tagamaks mõõtmiste usaldusväärsus teostati kõikides ruumides mõõtmisi kolmest erinevast kohast/töökohalt. Tabelis 3.3 on toodud mõõtmiste koondtulemused.

Mõõtmistulemustest selgus, et alavalgustatud ruume antud hoonetes on väga vähe, kuid vastupidiselt ülevalgustatud ruume on hoonetes äärmiselt palju. Kohati on mõne ruumi ülevalgustus lausa mitmeid kordi suurem, kui standard seda ette näeb.

Tabel 3.3 Valgustehniliste mõõtmistulemuste koondtabel.

Töö- või tegevuspiirkonna liik	Mõõdetud keskmine valgustustihedus lx	Standardi järgne minimaalne valgustustihedus lx
Eesti Toidupanga juhatuse kontor	1044	500
Toiduabi pakendamine ja väljastamine *	609	300
Köök *	1838	500
Tallinna toidupanga juhatuse kontor	682	500
Toidupanga töötajate kontor	795	500

Töö- või tegevuspiirkonna liik	Mõõdetud keskmine valgustustihedus lx	Standardi järgne minimaalne valgustustihedus lx
Liikumisala/koridor	156	100
WC	78	200
Hoiuruum	290	200
Riietusruum	499	200

Märkus. * tähistatud ruumides on osaliselt või täielikult kasutusele võetud leedvalgustid.

Käesoleval hetkel kasutuses olevas paigaldises ei ole kasutatud ühtegi valgustuse juhtimise lahendust ning kogu valguspaigaldise juhtimine toimub käsitsi seintel olevate lülitite kaudu. Tihti tekivad olukorrad kus kogu valgustuspaigaldis lülitatakse tööle ning jäetakse kogu tööpäeva jooksul tööle. Tulemuseks kulutatakse tarbetult elektrienergiat ruumi valgustamiseks isegi ajal, kui valgustust hoones ei vajata. Ruumides kus on tohutu ülevalgustus võib see hakata mõju avaldama töötajatele, tekitades neis peavalusid, silmade kipitust, keskendumisraskuseid kui ka muud tervisehädasid, mis viivad töövõime langemiseni.

Joonisel 3.6 on nähtav lahendus, mis oli kasutusel toiduabi väljastuse hoones 20.03.2023. Luminofoorvalgustid on jaotatud ühtlaselt üle kogu ruumi ning piisava valgustuse tagamiseks tuleb ruumis tööle lülitada enamik valgusteid. Hoone keskmine osa on täies pikkuses töötsoon, kus vabatahtlikud liiguvad ja komplekteerivad abivajajate pakke. Äärte aladel, kus ei tehta tööd vaid ladustatakse toiduaineid, on valgustuse vajadus väiksem kui tööpiirkonnas. Paraku käesolevas lahendus kasutatakse ka äärte aladel 100% valgustuse võimsust. Hoonet planeerides oli määratud antud kohas olema Tallinna linnapood ning seinte ääred olid varustatud müügilettidega. Valguslahendus on arvestatud hoopis teistsuguse ruumi kasutusotstarbe järgi.



Joonis 3.5 Toiduväljastuse valgustuslahendus 20.03.2023.

Hoonet ehitades puudusid seal külmkambrid, kuid Tallinna Toidupanga vajadusi silmas pidades on hoonesse rajatud 3 külmkambrit. Paraku on tekkinud külmkambrite rajamisel olukord kus valgustid, mis on määratud ruume valgustama, valgustavad hetkel külmkambrite ülemist osa. Joonisel 3.7 on näidatud lahendus, kuidas valgustid on jäänud peale külmkambrite paigaldust talitlema. Sellisel viisil talitlevad valgustid on elektrienergiat raiskavad ja ebaotstarbekad.



Joonis 3.6 Valgustid valgustamas külmkamabri pealmist osa.

Hetkel on tekkinud olukord, kus luminofoorvalgustite eluiga hakkab lõppema või nende eluiga on juba lõppenud ning valgustid enam ei talitle. Toidupank on leidnud lahenduse rikkis valgustite asendamiseks uute leedvalgustitega. Kasutusele on võetud lahendus, kus luminofoortorudega valgustid asendatakse uute leedvalgustite vastu ilma, et oleks tehtud vajalikud valgusarvutused hindamaks valgustite sobivust töökeskkonda. Tänauses lahenduses on tehtud üks ühele asendus, kus luminofoorvalgusti asendati

leedvalgustiga. Paigaldises, kus on kombineerituna kasutusel nii luminofoorvalgustid kui ka leedvalgustid suudetakse ruume nõuetekohaselt valgustada, kuid saadud lahendus ei ole optimaalne ega energiakasutust arvesse võttes optimaalne. Mõõtmisi teostades leiti, et keskmine valgustustihedus põrandapinnalt mõõdetuna oli kohati kordades suurem, kui standard seda ette näeb. Käesoleval hetkel on hoone vastavalt kasutusotstarbele kohati tugevalt üle valgustatud, mis toob kaasa märkimisväärse elektrienergia lisa tarbimise. Joonisel 3.8 on välja toodud lahendus, kus on kasutusel kombineerituna luminofoorvalgustid ja leedvalgustid.



Joonis 3.7 Toiduabi väljastuse valguslahendus, kus kombineerituna on kasutusel luminofoorvalgustid ja leedvalgustid.

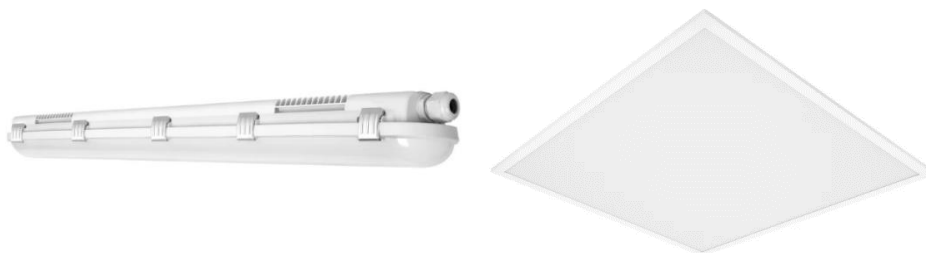
Toidupangas kasutavad hooneid ja nende ruume igapäevaselt erinevad inimesed. Suur osa toidu jagajatest on vabatahtlikud, kes teevad seda tööd enda sisemisest kutsumusest teisi inimesi aidata. Tööpäevad on tihedad ning inimeste hulk majas suur mistõttu tekivad paratamatult olukorrad, kus unustatakse harvem kasutatavates ruumides valgustid tööle. Peamised kohad, kus valgusteid unustatakse välja lülitada on koridorid, WC-d ja riietusruumid. Ruumides võivad valgustid talitlevad terve tööpäeva vältel ilma, et keegi antud ruumis viibiks või ruumidest sel ajal läbi liiguks.

4. ENERGIASÄÄSTLIK VALGUSTUS

4.1 Valgustid

Tallinna Toidupanga käest saadi lähteinformatsioonina tööajad millal toimub kontorites ja toiduabi väljastamises töö. Kontorites täidetakse tööülesandeid 53h nädalas ja toiduabi väljastamises 22h nädalas. Lähteinformatsiooni arvesse võttes arvutati uue paigaldise jaoks hooldetegur ning projekteeriti uued valguslahendused.

Joonisel 4.1 on näidatud energiasäästliku valgustuse projekteerimisel kasutatud valgusteid. Valgustite valimisel lähtuti, et tegu oleks premium klassi valgustitega. Hea hinna ja kvaliteedi suhtele võeti paigaldise projekteerimisel kasutusse Ledvance valgustid. Kontori valguslahenduse projekteerimisel kasutati Ledvance leedpaneelvalgusteid, koridori ning toiduväljastuse hoone projekteerimisel kasutati Ledvance dampproof tööstusvalgusteid. Lisaks saadi räigus arvutuste teostamisel neid valgusteid kasutades parimad tulemused. Projekteeritav valguspaigaldise eluiga on 15a seega ei soovitud käesoleva lõputöö raames kasutada paigaldise projekteerimisel soodsaid ning halva kvaliteediga valgusteid. Olematu kvaliteediga valgustite kasutamisel võib valgustite valgusvoog kiiremini langeda, kui arvutustulemused seda ette näevad ning valguspaigaldise nõuetekohane valgustustihedus pole tagatud.



Joonis 4.1 Ledvance leedvalgustid. Vasakul ledvance dampproof tööstusvalgusti ja paremal ledvance leedpaneelvalgusti [45] [46].

Valitud valgustite nimiaandmed on toodud tabelis 4.1.

Tabel 4.1 Valitud valgustite andmed.

Valgusti andmed	Ledvance Dampproof DALI	Ledvance panel DALI
Toimivusnäitajad	L70/B50/70 000h	L70/B50/100 000h
Võimsus W	32	36
Juhtimine	DALI	DALI
IP kaitseaste	65	20
Valgusti andmed	Ledvance Dampproof DALI	Ledvance panel DALI
Värvsüsteemtemperatuur K	4000	4000
Valgusti andmed	Ledvance Dampproof DALI	Ledvance panel DALI
Valgusviljakus lm	4400	4320
Ra	>80	>80

4.2 Projekteeritud lahendus

Uute lahenduste projekteerimisel on kasutatud tabelis 3.2 esitatud standardi nõudeid valguspaigaldisele. Uut lahendust projekteeriti kolmele ruumile milleks olid: toiduabi väljastus, kontor ja koridor. Nõuetekohase paigaldise saamiseks tuli teostada hooldeteguri arvutused võttes arvesse tabelis 4.1 esitatud valgustite toimivusnäitajaid ja prognoositud töötunde valguspaigaldise eluea jooksul. Tabelis 4.2 on toodud projekteerimisel kasutatud ruumide kasutusaeg ühes nädalas ja prognoositav valgustite tööaeg 15 a jooksul. Tabelis 4.3 on teostatud kolme ruumi kohta hooldeteguri arvutused.

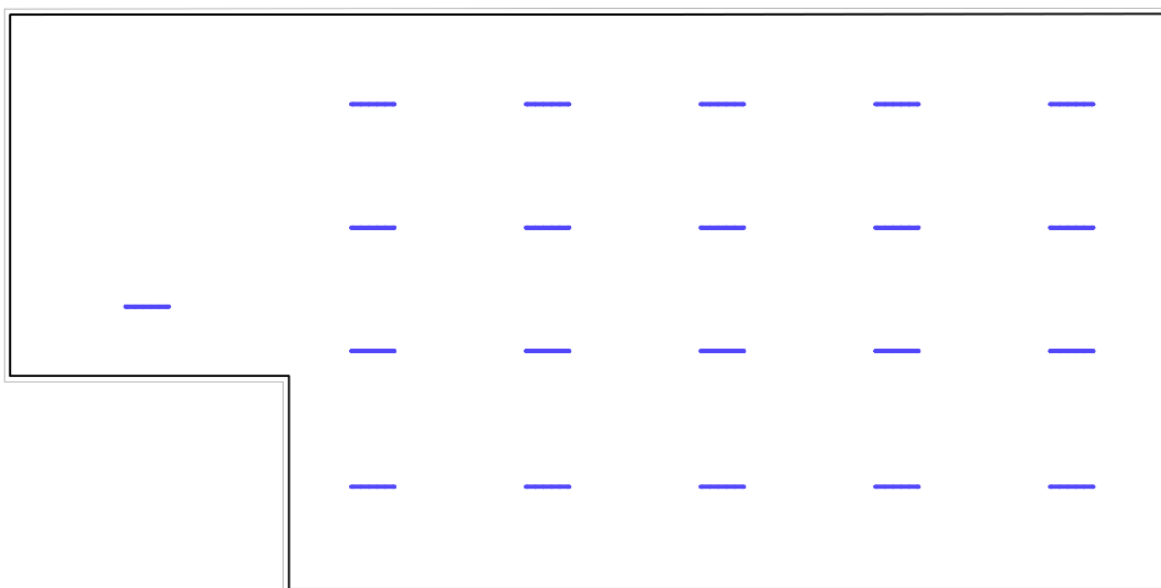
Tabel 4.2 Ruumide planeeritud kasutusaeg tundides.

Ruum	Kasutusaeg nädalas tunde	Planeeritud valgustite tööaeg 15 a jooksul tundides
Toiduabi väljastamine	22	20 000
Kontor	53	45 000
Koridor	55	45 000

Tabel 4.3 Hooldeteguri arvutus Toiduabi väljastamise ja kontori ruumile.

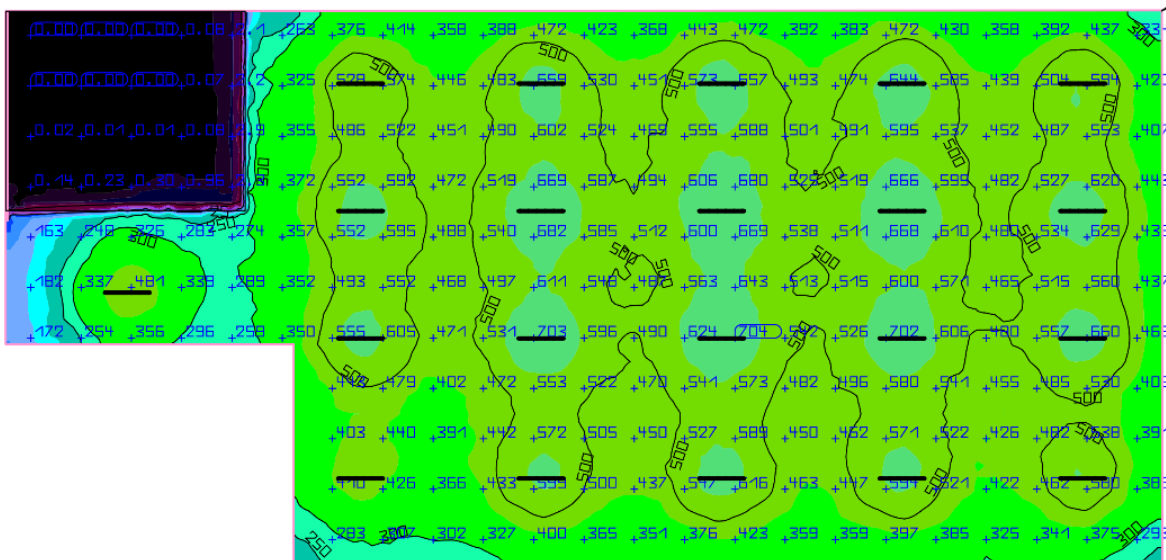
Ruum	f_{lf} valgusvoo langus planeeritava aja jooksul	f_s elueategur	f_{LF} valgusti hooldetegur	f_m ruumipindade mustumistegur	f_m hooldetegur
Toiduabi väljastamine	0,9	1	0,9	0,94	0,76
Kontor	0,85	1	0,79	0,94	0,63
Koridor	0,87	1	0,79	0,94	0,65

Joonisel 4.2 on nähtav uus projekteeritud valguspaigaldis toiduabi väljastuse hoonele. Projekteerimisel kasutati 21 Ledvance dampproof tööstusvalgustit. Teadaolevalt on selles hoones peale tööpiirkonna veel äärealad ehk piirkonnad, kus tööd ei tehta ja seal toimub toiduainete ladustamine. Valgusarvutused tehti lähtuvalt kahe erineva tööpiirkonna valguspaigaldise nõuetele. Tööpiirkonda on projekteeritud keskmiseks valgustustiheduseks 300 lx ja ladustusaladele, kus töö ülesandeid ei sooritata tagatakse keskmine valgustustihedus 200 lx. Lisa sisendina arvestati, et ladustuse ees on tööpiirkonna ala, kus töötajad võtavad aluste pealt toiduaineid, mida abivajajate abipakkidesse pannakse. Hoone keskmine osa on tööpiirkond, kus toimub töötajate liikumine, abipakkide pakendamine ning abivajajatele jagamine.



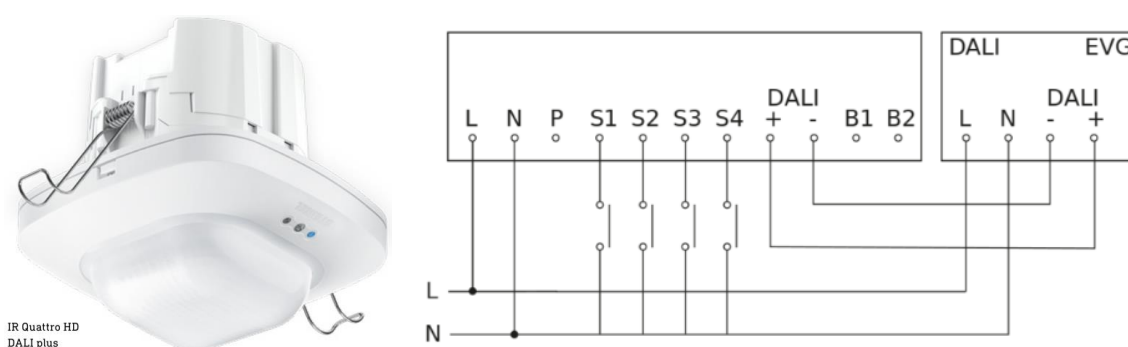
Joonis 4.2 Toiduabi väljastuse valguslahendus koos tööpindadega.

Joonisel 4.3 on näha toiduabi väljastuse valguslahendust, mis on esitatud valemvärvides. Joonisel 4.3 kuvatavad luksid on näidatud uue paigaldise korral. Antud lahenduses on uue paigaldise korral tööpiirkonna keskmine valgustustihedus 586 lx ja äärealade keskmine valgustustihedus 450 lx.



Joonis 4.3 Toiduabi väljastuse valguslahendus valemvärvides koos isoluks liinidega.

Uus valguspaigaldis on tulenevalt hooldetegurist ülevalgustatud, nõuetekohase valgustustiheduse tagamiseks töökohtadel tuleb kasutada valgustuse juhtimist. Juhtimislahendusena on planeeritud kasutada Steineli DALI andureid, mis tuleb paigaldada töötsooni keskele ning millega on võimalik juhtida töötsooni ja ladustustsooni valgusteid erinevalt. Joonisel 4.4 on toodud juhtimislahendusena planeeritud andur ning anduri elektriskeem.

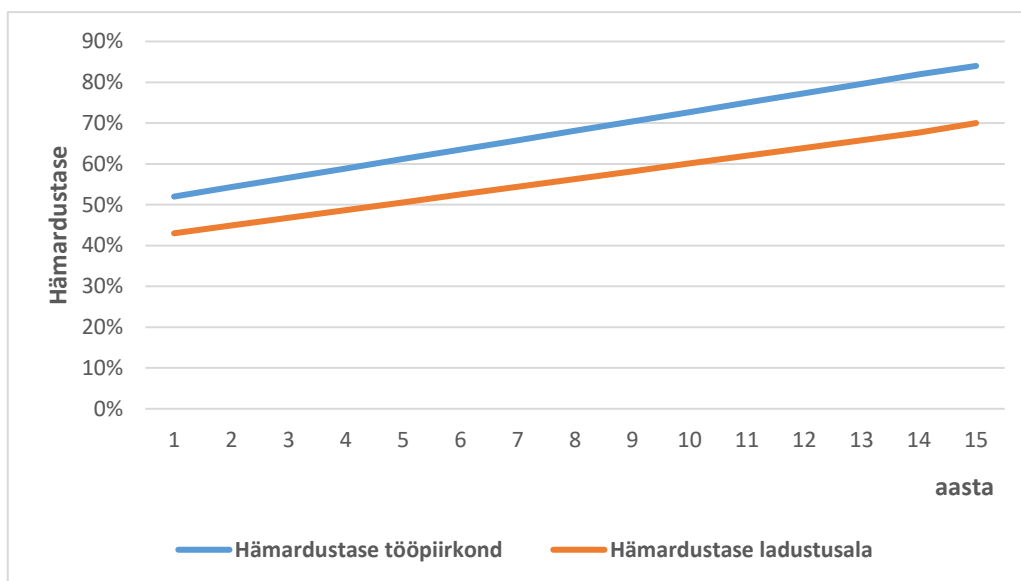


Joonis 4.4 Steinel DALI juhtimislahendus. Vasakul Steinel IR Quattro HD DALI plus andur ja paremal anduri elektriskeem [47].

Planeeritud anduri järgi on võimalik ühendada kuni 64 liitesadist. Anduri elektriskeem võimaldab jagada valgustid kolme erinevasse rühma, lisaks on võimalik täiendada

juhtimisena kasutada nelja potentsiaalivaba impulslüliti. Vastavalt töötajate vajadustele saab lülititest valguspaigaldist ka manuaalselt juhtida.

Joonisel 4.5 on toodud valgustite toiduabi väljastuse hämardustase terve valguspaigaldise projekteeritud eluea jooksul. Jooniselt on näha, et uue paigaldise korral tuleb tööpiirkonna valgusteid hämardada 52%-ni tagamaks töökohtade nõuetekohane valgustustihedus. Paigaldise projekteerimisel arvestati, et lahenduse eluea lõpus tuleks tööpiirkonnas hoida valgusteid hämardatuna kuna sel hetkel on keskmine valgustustihedus 449 lx. Valgustuse juhtimisel on arvestatud, et valgustid on paigaldatud erinevatesse tsoonidesse seega on valgustite hämardamine erinev. Joonisel 4.5 on toodud tööpiirkonna, kui ladustusala, hämardustase. Jooniselt selgub, et ladustusala tuleb oluliselt rohkem hämardada kui tööpiirkonda ehk uue paigaldise korral tuleks ladustuses hämardada valgustus 43%-ni ning 15 aasta pärast peab hämardus olema 70%-ni. Paigaldise projekteeritud võimsus on 672W, kuid valgustuse juhtimise kasutamisele ei kasutata ka valguspaigaldise eluea lõpus 100% võimsust.

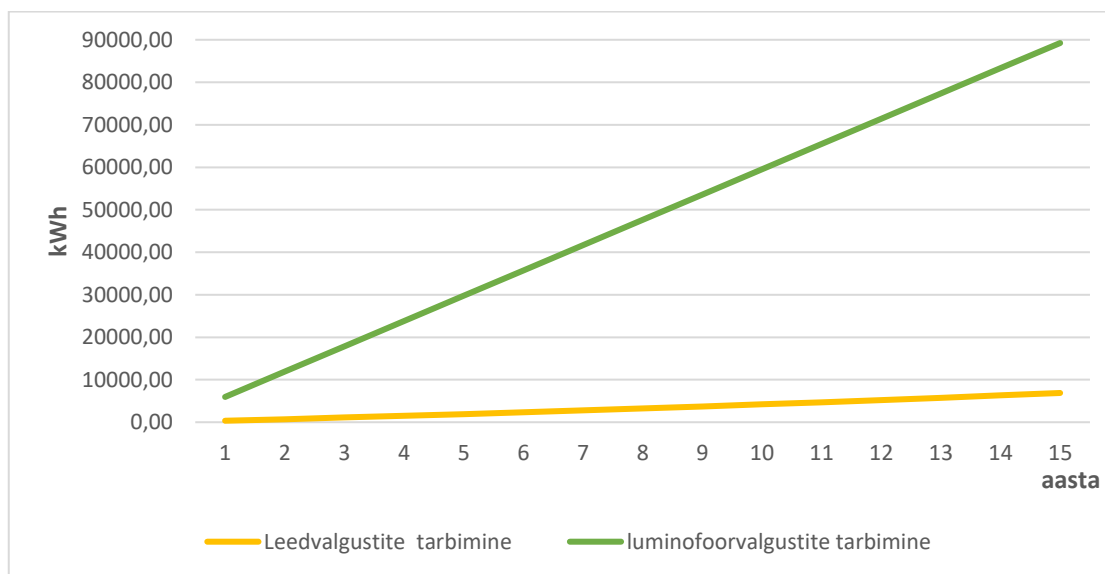


Joonis 4.5 Hämardustase toiduabi väljastuse valgustitel.

Joonisel 4.6 on toodud uue leedvalguse elektrienergia tarbimine ning kasutusel oleva luminofoorvalgustitel lahendatud elektrienergia tarbimine. Jooniselt 4.6 on näha, kuidas leedvalgustite hämardamine annab soovitud tulemuse 15 aastase vaadeldava eluea jooksul. Tabelis 4.4 on võrreldud olemasoleva lahenduse ja leedvalgustitel põhineva lahenduse majanduslikku kulu ja elektrienergia tarbimist. Lahendust analüüsid leiti, et leedvalgustid tarbivad 15 aastase kasutusaja jooksul 82 357 kWh vähem elektrienergiat ning koos esmase investeeringuga on toob paigaldis kaasa 14 791 € säästu. Projekteeritud leedvalguslahenduse tasuvusaeg on vähem kui 2 aastat.

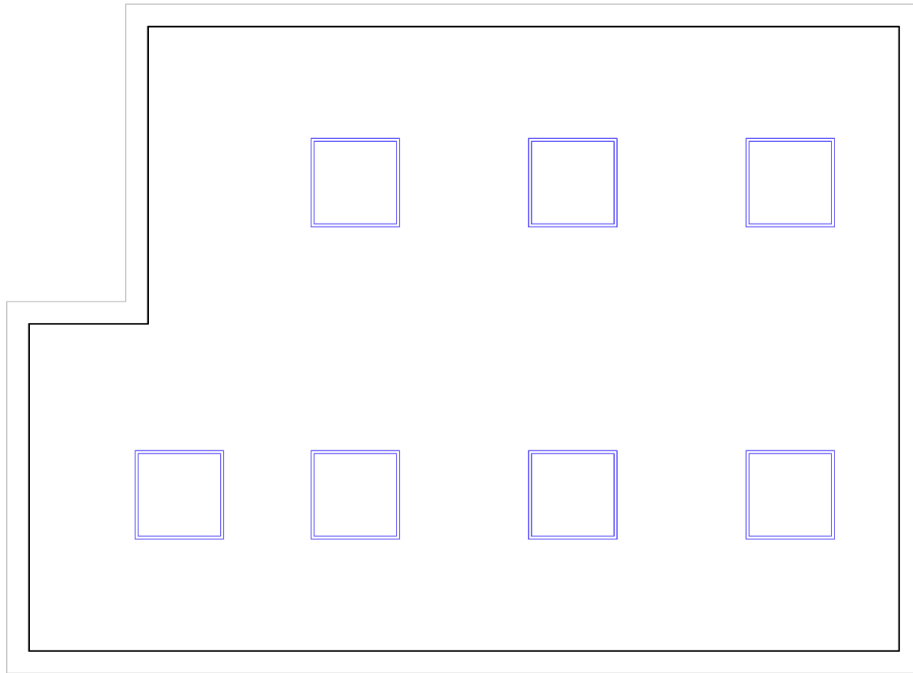
Tabel 4.4 Luminofoorvalgustite ja leedvalgustite kulu hindamine toiduabi väljastuse hoones.

Nimetus	Olemasolev lahendus	Projekteeritud lahendus
Valgustid	Luminofoorvalgustid	Ledvance Dampproof
Valgustite kogus	52	21
Investeering		
Ostuhind €	0	2100
Valgustuse juhtimine €	0	228
Hinnangulised paigalduskulud €	0	1000
Investeeringu maksumus €	0	3328
Elektrienergia maksumus		
Valgustite tarbimisvõimsus, kW	5,6	0,672
Elektrienergia maksumus, €/kWh	0,22	0,22
Elektrienergia tarbimine aastas, kWh	5949	350
Elektrienergia tarbimine 15 a, kWh	89235	6878
Elektrienergia kulu 15 a, €	19632	1513
15a kogu kulu €	19632	4841
Rahaline kokkuhoid 15 a, €	0	14791



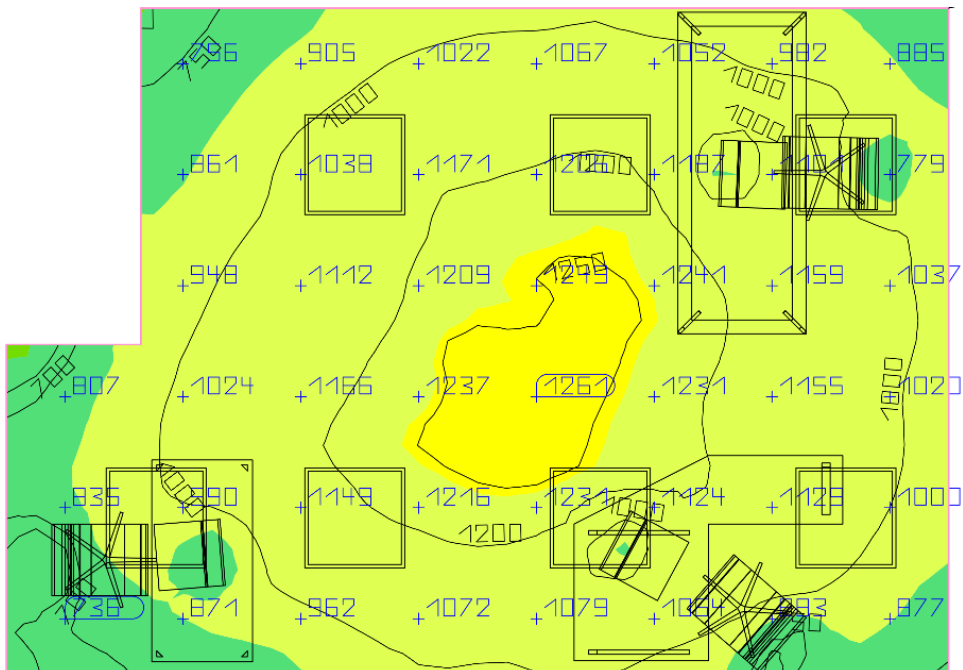
Joonis 4.6 Valgustuspaigaldise elektrienergia tarbimine.

Joonisel 4.7 on näha Toidupanga kontorile projekteeritud valguslahendus. Kontori valguslahenduse projekteerimisel võeti aluseks 3 töökohta, kus tuleb tagada keskmine valgustustihedus 500 lx. Kontori valgustuse projekteerimisel kasutati Ledvance leedpaneelvalgusteid, kuna kontoris on kasutusel ripplagi, seega paneelvalgustite kasutamine on parim lahendus. Projekteeritud lahenduses kasutati 7 paneelvalgustit mille andmed on toodud tabelis 4.1.



Joonis 4.7 Kontori valguslahendus.

Joonisel 4.8 on toodud kontori valguslahendus, mis on esitatud valevärvides koos isoluks joontega. Joonisel on näha, milline on kontori erinevates piirkondades valgustustihedus uue paigaldise korral. Kontori valguslahendus on näidatud paigaldise esimesel aastal ning jooniselt on nähtav, et töökohtade valgustustihedus on keskmiselt 1000 lx.



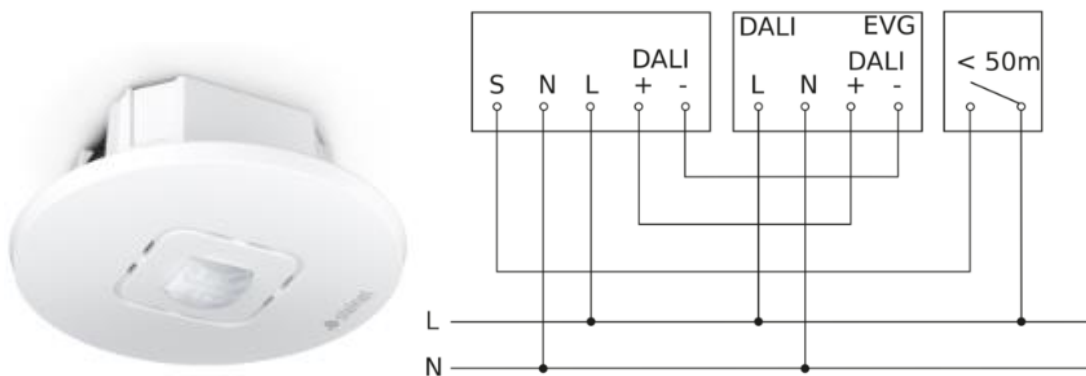
Joonis 4.8 Kontori valguslahendus valevärvides koos isoluks liinidega.

Arvutatud hooldetegur tuli kontori valguspaigaldises 0,63 seega tuleb kasutusele võtta valgustuse juhtimine, et töökohtadel oleks tagatud nõuetekohane valgustustihedus ning

töötajatel oleks mugav töökohal töötada. Paigaldise projekteerimisel arvestati valgustite juhtimiseks Steineli tootevalikust pärinevat DALI andurit, kuna see on oma funktsionaalsust arvesse võttes kõige sobilikum lahendus. Lisaks on hea seda tüüpi andurit kasutada paigaldistes, kus tuleb DALI süsteem lahendada ruumipõhiselt ja keskset süsteemi ei ole võimalik välja ehitada.

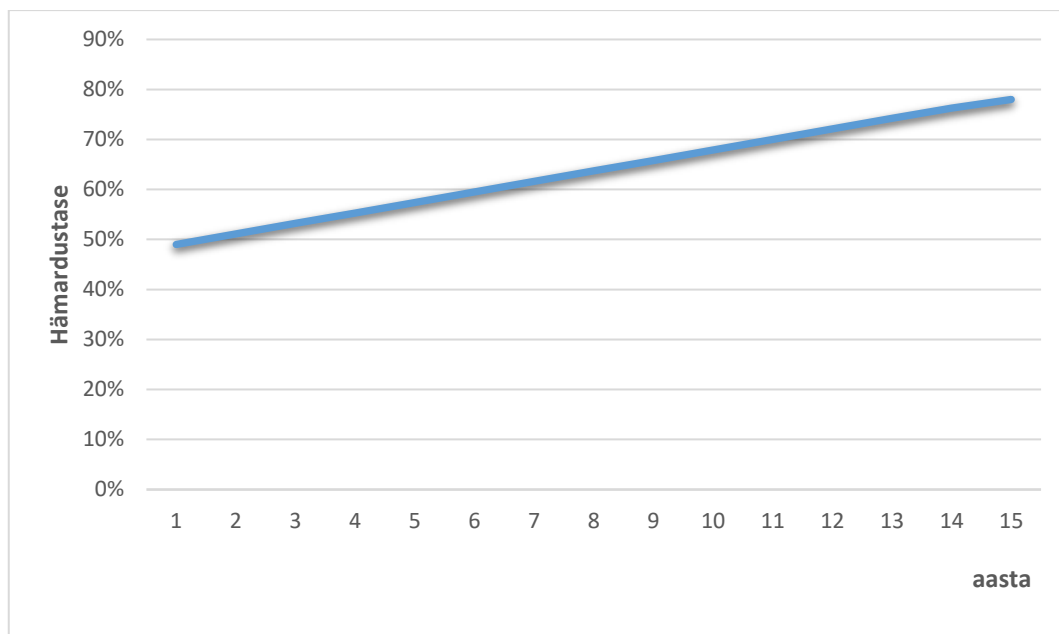
Kolme töökoha keskmiseks valgustustiheduseks saadi planeeritud eluea lõpus 644lx. Tulenevalt hooldetegurist on uus paigaldis üle valgustatud ning esimestel aastatel on kohati keskmine valgustustihedus töökohal 1022lx.

Joonisel 4.9 on toodud planeeritav kontori juhtimislahendus.



Joonis 4.9 Steineli juhtimislahendus kontorile. Vasakul Steineli IR Micro office DALI andur ning paremal anduri elektriskeem [48].

Joonisel 4.10 on välja toodud kui palju tuleb kogu planeeritud eluea jooksul kontori valguspaigaldist hämardada saavutamaks nõuetekohane valgustustihedus töökohtadel. Paigaldise algusaastal tuleb uue valguspaigaldise valgusteid hämardada 49%-ni, et oleks tagatud nõuetekohane valgustustihedus töökohtadel. Planeeritud kasutusea lõpus tuleb valgusteid hämardada 78% peale, et nõuetel vastav keskmine valgustustihedus töökohtadel oleks tagatud.

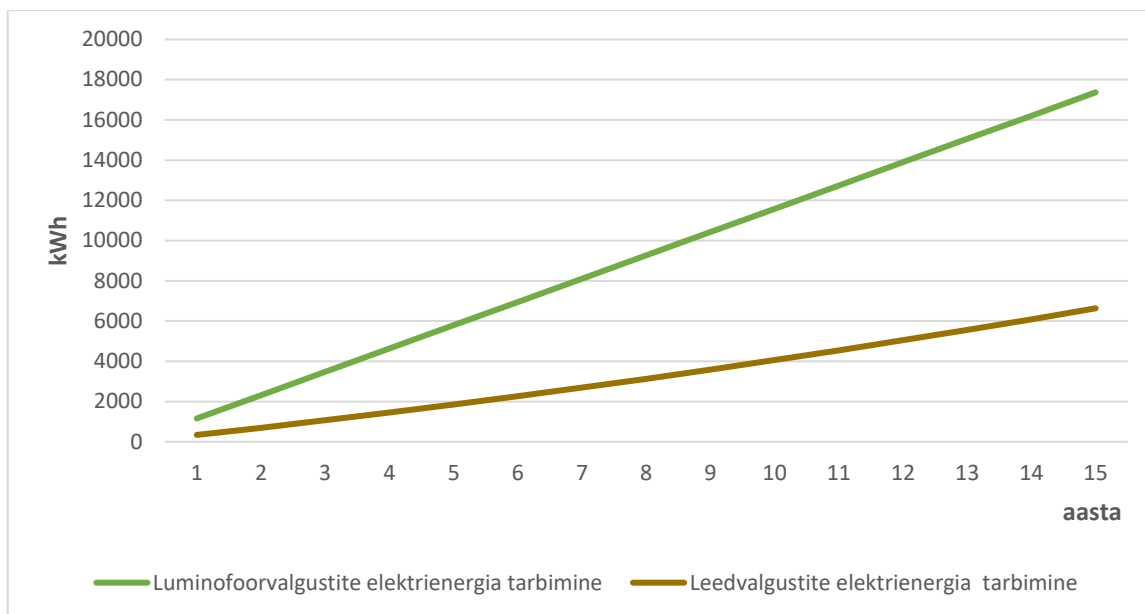


Joonis 4.10 Kontori valgustuse hämardamine paigaldise eluea jooksul.

Joonisel 4.11 on toodud uute leedvalgustite ja olemasolevate luminofoorvalgustite elektrienergia tarbimine kasutusea jooksul. Tabelis 4.5 on võrreldud olemasoleva valguspaigaldise elektrienergia tarbimist ja kulu 15 aastase kasutusaja jooksul. Lisaks on toodud leedvalguslahenduse kulu 15 aasta jooksul koos esmase investeeringuga. Leedvalgustite kasutusele võtmine tarbib 15 aastase kasutusaja jooksul 6633 kWh elektrienergiat. Võrreldes luminofoorvalgustitega väheneb tarbimine 10 737 kWh ning toob kaasa koos esmase investeeringuga 1209 € säästu. Arvutuslik tasuvusaeg uue lahenduse korral oleks 3,5 aastat.

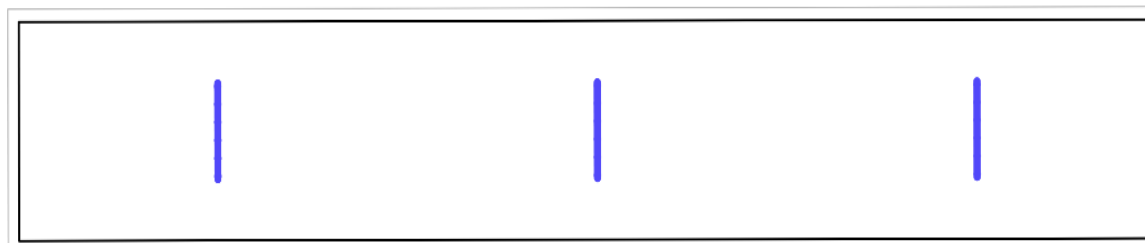
Tabel 4.5 Luminofoorvalgustite ja leedvalgustite kulu kontoris.

Nimetus	Olemasolev lahendus	Projekteeritud lahendus
Valgustid	Luminofoorvalgustid	Ledvance paneel valgustid
Valgustite kogus	5	7
Investeering		
Ostuhind €	0	700
Valgustuse juhtimine €	0	103
Hinnangulised paigalduskulud €	0	350
Investeeringu maksumus €	0	1153
Elektrienergia maksumus		
Valgustite tarbimisvõimsus, kW	0,42	0,252
Elektrienergia maksumus, €/kWh	0,22	0,22
Elektrienergia tarbimine aastas, kWh	1158	340
Elektrienergia tarbimine 15 a, kWh	17370	6633
Elektrienergia kulu 15 a, €	3821	1459
15a kogu kulu €	3821	2612
Rahaline kokkuhoid 15 a, €	0	1209



Joonis 4.11 Kontori valgustite elektrenergia tarbimine.

Lisaks kahele projekteeritud ruumile tehti valgusarvutused ka ühele koridorile, mida mööda käib töötajate sisenemine ja väljumine, lisaks toimub seal ka toiduainete vastuvõtt Toidupanka. Standardist tulenevalt peab kontori keskmine valgustustihedus olema 100lx. Käesoleval hetkel töötavad koridoris valgustid terve tööpäev läbi, ilma et keegi valgusteid välja lülitaks. Koridori valguslahenduse projekteerimisel saavutati nõuetekohane valgustustihedus kolme Ledvance dampproof valgustiga. Joonisel 4.12 on toodud projekteeritud valguslahenduse koridorile.



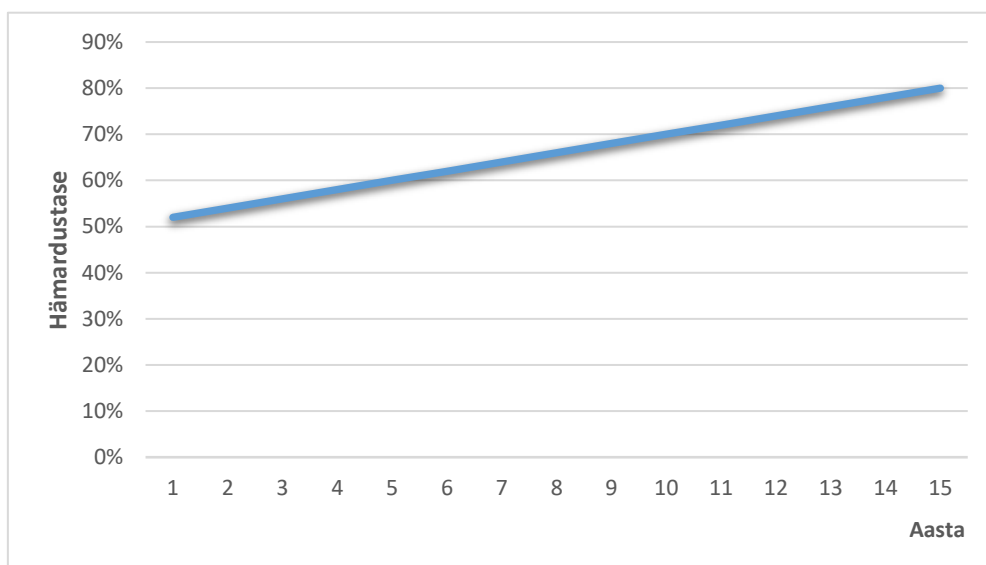
Joonis 4.12 Koridori valguslahendus.

Uue valguslahenduse projekteerimisel arvestati, et töötunde nädalas on 55 h ja kasutusaeg aastas on 52 nädalat. Hooldetegurist tulenevalt on paigaldis esimestel aastatel ülevalgustatud seega tuleb nõuetekohase valgustustiheduse tagamiseks kasutada andureid. Koridori valguslahenduse juhtimiseks kasutati samuti Steineli tootevalikust valitud valgustid, mis on mõeldud koridori valgustite juhtimiseks. Joonisel 4.13 on toodud juhtimislahendusena valitud andur ning anduri elektriskeem.



Joonis 4.13 Steineli juhtimislahendus koridorile. Vasakul IS 345 DALI-2 APC andur ning paremal anduri elektriskeem [49].

Tulenevalt hooldetegurist on uus paigaldise algusaastastel ülevalgustatud. Saavutamaks nõuetekohane valgustustihedus on toodud joonisel 4.14, kuidas peab toimuma valgustuse hämardamine 15 aastase eluea jooksul. Paigaldise algusaastatel tuleb paigaldise valgustid hämardada 52%-ni. Eluea lõpus tuleb valgusteid hämardada 80%-ni.

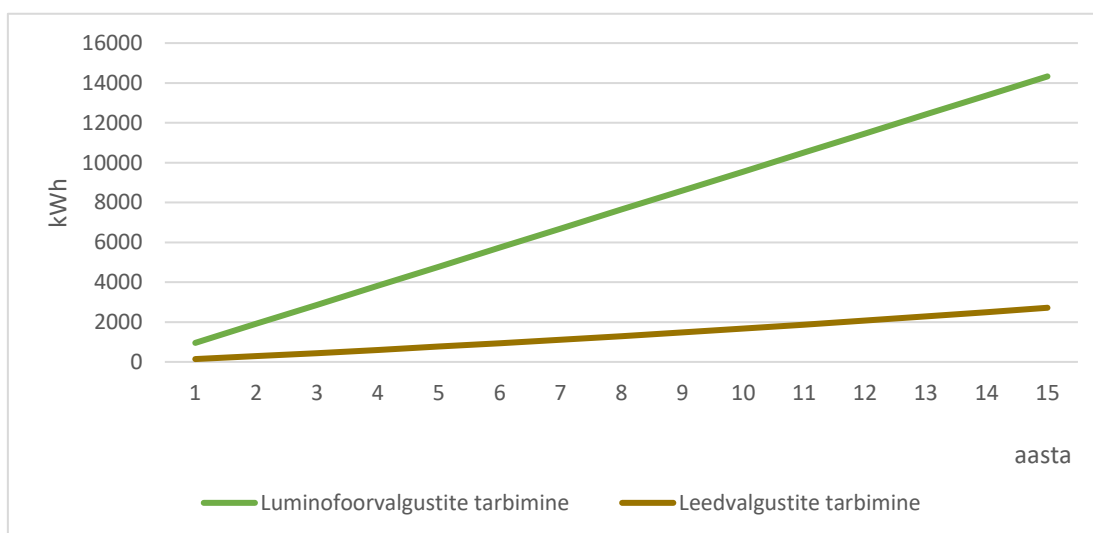


Joonis 4.14 Koridori valguslahenduse hämardamine.

Joonisel 4.15 on toodud koridori luminofoorvalgustite ja leedvalgustite elektrienergia tarbimine 15 a kasutusea jooksul. Tabelis 4.6 on võrreldud luminofoorvalgustite ja leedvalgustite elektrienergia kulu ja tarbimist 15 aastase eluea jooksul. Leedvalguslahenduse kasutusele võtmine vähendab elektrienergia tarbimist 11 611 kWh ning toob kaasa 2159 € säästu. Uue projekteeritud valguslahenduse tasuvusaeg on vähem kui 2 aastat.

Tabel 4.6 Luminofoorvalgustite ja leedvalgustite kulu koridoris.

Nimetus	Olemasolev lahendus	Projekteeritud lahendus
Valgustid	Luminofoorvalgustid	Ledvance Dampproof
Valgustite kogus	5	3
Investeering		
Ostuhind €	0	90
Valgustuse juhtimine €	0	115
Hinnangulised paigalduskulud €	0	200
Investeeringu maksumus €	0	395
Elektrienergia maksumus		
Valgustite tarbimisvõimsus, kW	0,295	0,096
Elektrienergia maksumus, €/kWh	0,22	0,22
Elektrienergia tarbimine aastas, kWh	955	143
Elektrienergia tarbimine 15 a, kWh	14329	2718
Elektrienergia kulu 15 a, €	3152	598
15a kogu kulu €	3152	993
Rahaline kokkuhoid 15 a, €	0	2159



Joonis 4.15 Koridori valgustuse elektrienergia tarbimine

Kolmele ruumile projekteeritud uus valguslahendus, kus on kasutatud leedvalgusteid, toob Toidupangale suure energiasäästu. Lahenduste planeerimisel ning tasuvuste arvutamisel on kasutatud keskmist elektrihinda koos maksudega 22 s/kWh arvestamata veel, et elektrihind võib aastate jooksul tõusta, mis teevad lahenduste tasuvusajad veelgi lühemaks. Tasuvusajad on saavutatud antud ruumidel väga head, kui kahe ruumi korral on tasuvusaeg vähem kui 2 aastat. Ühe lahenduse korral on tasuvusaeg pikem jäädes 3,5 aasta juurde. Paigaldise arvutamisel kasutatud leedvalgustid on oma valgusspektri poolest inimsilmale kõige sobilikumad. Lahenduste projekteerimisel

kasutati ruumides värvsustemperatuuriga 4000 K valgusteid, mis muudab töötajad erksamaks ning suurendab nende produktiivsust.

Valgustuspaigaldise rekonstrueerimise tulemusena väheneb paigaldise elektrienergia tarbimine ning valgustitelt eralduv soojusvõimsus. Ventilatsiooniseadmed tõmbavad suure osa soojusenergiast mis valgustitelt eraldub ruumist välja seega tuleks hinnata peale rekonstrueerimist ventilatsiooniseadmete vajadust ning vajadusel vähendada nende võimsust. Kahe ventilatsiooniseadme tarbimise vähendamine tooks kaasa Toidupangale täiendava säästu.

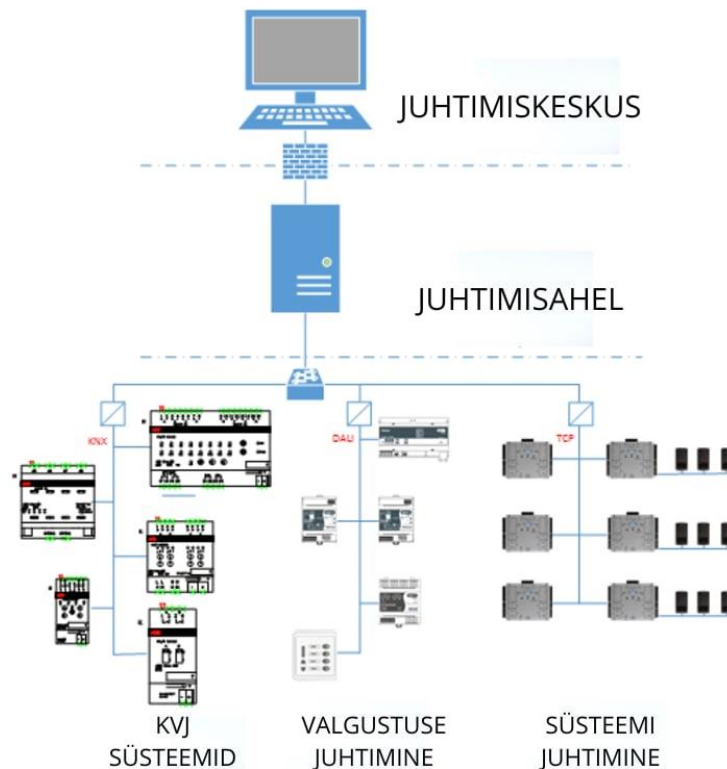
Tallinna Toidupangas on lisaks projekteeritud ruumidele veel mitmeid ruume, mida töötajad tööpäevadel kasutavad. Lisaks on Toidupangas ruume, mida küll kasutatakse harva, kuid kus unustatakse pidevalt valgusteid tööle terveks tööpäevaks. Kogu valgustuspaigaldise rekonstrueerimine uute juhitavate leedvalgustitega tooks kaasa veelgi paremad tasuvusajad ning vähendada kordades Toidupanga elektrienergia tarbimist.

5. TÄIENDAV ENERGIASÄÄSTU VÕIMALUS

Käesoleval hetkel on hoonetest puudu tsentraalne hooneautomaatikasüsteem, millega oleks võimalik igal ajahetkel kogu hoone tehnosüsteemide toimimist monitoorida ja sellega ka optimeerida hoone energiakasutust. Läbi hooneautomaatikasüsteemi on võimalik realiseerida kõige efektiivsemalt energiasäästu. Üheks peamiseks probleemiks antud süsteemis on tänasel hetkel olukord, kus mitmed seadmed toimivad samal ajal teineteisele vastu ja seeläbi on energia kulu hoones ka suur.

Üksikud lahendused ei anna kokkuvõttes täielikku tulemust, mis oleks piisav ja optimaalne. Hooneautomaatikasüsteem peab olema sellisel viisil välja ehitatud, et seda oleks võimalik kaugelt juhtida ja ka hallata. Kogu edastatud andmed peavad olema kuvatud ühises programmis, kus on võimalik iga ajal sisse pääseda nii hoone haldajal, kasutajal kui ka selleks volitatud isikutel. Hooneautomaatikasüsteemi peamiseks eesmärgiks oleks hoone energiasäästlik ja operatiivsem kasutamine.

Joonisel 5.1 on näidatud, kuidas peaksid olema kõik hoone tehnosüsteemid liidetud hooneautomaatikasüsteemi. Samuti saab süsteemi lisada ka valgustuse juhtimise, mis teeb tehnosüsteemide reguleerimise veelgi täpsemaks. Süsteemi programmid võimaldavad juhtida igal aja hetkel ventilaatoreid, klappe, pumпасid, ventiile ja kõike muud, mida on võimalik kaugelt juhtida. Hooneautomaatikasüsteemi on võimalik üles ehitada ajaprogrammi või sündmusprogrammi järgi. Ajaprogramm käskudega määratakse ära milliseid ülesandeid peab hooneautomaatikasüsteemid läbi viima kindlatel päevadel, nädalatel, kuudel ja ka muid kellaajaliselt seotud käske. Sündmusprogrammi kasutades on võimalik hooneautomaatika süsteemile kindlate sündmuste korral (rõhu, temperatuuri, niiskuse muutus süsteemis) annab käsu teostada operatiivseid lülitusi, näiteks CO₂ sisalduse tõus ruumides annab käsu ventilatsiooni süsteemidele tõsta ventilaatorite kiirust, et saavutada normaalne sisekliima tasakaal.



Joonis 5.1 Hooneautomaatikasüsteemi põhimõtteline skeem [50].

Kui hooneautomaatikasüsteemidesse on integreeritud kõik tehnosüsteemid on võimalik läbi kaughaldus süsteemide kiiresti tuvastada süsteemi alarme ja ka rikkeid. Lisaks saab hoone haldaja automaatikasüsteemilt infot, millal tuleb teostada ventilatsiooniseadmete filtrite vahetusi. [50]

Hooneautomaatika funktsionaalsus peab olema üles ehitatud selliselt, et seade oleks võimalik tegema ratsionaalseid otsuseid olenevalt ümbritsevast keskkonnast. Mõned näited funktsionaalsuse tasemest [50]:

- Välisõhutemperatuuri ja niiskuse järgi ruumide kütte ja ventilatsiooni vajaduse juhtimine
- CO2 sisalduse järgi hoone ventilatsioonisüsteemide juhtimine vastavalt vajadusele
- Seadmete ja sõlmede korrasoleku jälgimine ja kuvamine kas seade töötab vastavalt etteantud parameetritele
- Soojusenergia kasutamine hoone erinevates küttesüsteemides
- Soojuspumpade vajaduspõhine juhtimine kütteks/jahutuseks

- Ventilatsioonisüsteemide sagedusmuundurite kontrollimine/juhtimine
- Keskkütte temperatuuri põhine juhtimine nädalapäevade ja töoaegadega
- Mitme punktiliste küttegaafikute juhtimine ja monitoorimine
- Seadmete filtrite kontroll
- Küttekaloriiferite peale mineva ja tagastuva vee temperatuuride jälgimine ja vajaduspõhine juhtimine

Funktsionaalsusest tulenevalt kasutatakse hooneautomaatika süsteeme selliselt, et hoone tehnosüsteemide vajadus oleks kaetud kõige optimaalsemate kuludega. VAV klappide kasutamisel oleks võimalik teostada ruumi põhiselt ventilatsiooni juhtimist ja sellega suurendada energiasäästu. Ruumides, kus igapäevaselt viibib vähe või ei viibi üldse inimesi, on võimalik ventilatsiooni klapid sulgeda ja suunata vaba energia muudesse ruumidesse või selle arvelt hoopis vähendada ventileerimise vajadust.

Hooneautomaatika süsteeme kasutades on võimalik ventilatsiooniseadmete tööd sedavõrd optimeerida, et madalamate välis temperatuuride korral vähendatakse ventilatsiooni kiirust ja seega väheneb vajadus ka kaloriiferite järgi. Kõrgemate temperatuuride korral tuleks kasutada teistsugust loogikat. Sellisel juhul kasutatakse lahendust, kus teatud temperatuurist alates lülitatakse välja tsirkulatsioonipumbad mis tsirkuleerivad küttevett. Ventus ventilatsioonisüsteemi näitel oli näha, et ootel olekus tarbib seade 0,1 kWh elektrienergiat mis kulub pumpade käitamiseks. Hooneautomaatikasüsteem tagab, et seadme pumпасid lülitatakse tööle vastavalt vajadusel. Suvisel ajal lülitatakse pumbad tööle vaid mõnel korral päevas tagamaks, et pumbad seismise ajal kinni ei jää.

KOKKUVÕTE

Magistritöö peamiseks eesmärgiks oli konkreetsete lahenduste pakkumine Tallinna Toidupangale, millega oleks võimalik nende elektrienergia tarbimist optimeerida ja saavutada energiasääst.

Lõputöö raames analüüsiti Tallinna Toidupanga hoonete kütmislahendusi, ventilatsiooniseadmete tööd ning nende puuduseid. Lõputöös leiti, et olemasolevas küttesüsteemis esinevad sagedased rikked, mille tulemusena lõpetab põrandakütteautomaatika büroo ruumide kütmise. Mugavustemperatuuri saavutamiseks kasutatakse kütmiseks elektriradiaatoreid, arvestades keskmist elektrienergia börsihinda ei ole tegu optimaalse lahendusega. Analüüsi tulemusena leiti, et vähendada elektrienergia kasutamist tuleks büroo ruumide kütisel kasutatavas põrandakütteautomaatikas esinevad rikked kõrvaldada ning süsteem asendada toimiva lahendusega. Toimiv põrandaküttesüsteem võimaldaks hoonet kütta oluliselt säästlikumalt ning efektiivsemalt, kui elektriradiaatorite kasutamine hoone kütisel. Hoonete ventileerimiseks kasutatakse kahte ventilatsiooniseadet, millest ainult ühele oli loodud ajaprogramm seadme töö juhtimiseks. Paraku jääb seade ooterežiimis siiski elektrienergiat tarbima, mis toob iga aasta toob kaasa täiendava kulu 177 € ulatuses. Hoones, kus toimub toiduabi väljastamine, töötab ventilatsiooniseade 365 päeva aastas koormusega millega see on jäetud paigalduse hetkel tööle. Paraku täidetakse hoones tööülesandeid vaid 22 tundi nädalas ja muudel aegadel ruumide ventileerimist ei vajata. Käesoleval hetkel kasutuses olevad seadmed ei arvesta ruumides viibivate inimestega ega sellest tuleneva ventileerimise vajadusega. Optimeerides ventilatsiooniseadmete tööd oleks võimalik saavutada energiasääst ning vähendada Toidupanga kulusid. Seadmeid tuleks kasutada ainult ajal kui inimesed ruumis viibivad ning muudel aegadel peaksid olema need välja lülitatud või töötama minimaalsel koormusel. Ventilatsiooniseadmete optimeerimisena oleks võimalik elektrienergia tarbimist vähendada 4756 kWh ja säästa 1046 €. Kui Ventuse ventilatsiooniseadme koormust oleks võimalik vähendada 50% saavutataks aastas 2044 € säästu.

Käesoleval hetkel kasutatakse Toidupanga valgustuslahendusena T5 ja T8 tüüpi luminofoorvalgusteid. Ainult toiduabi väljastuse hoones on mõned üksikud luminofoorvalgustid asendatud leedvalgustitega. Lõputöös leiti, et valitud tarbijate ja kolme ruumi valgustuse tarbimisega on valgustusele kuluv energia kogu tarbimisest 36%. Valgustuspaigaldise rekonstrueerimine võimaldab märkimisväärselt vähendada Toidupanga kulusid ning elektrienergia tarbimist. Magistritöö raames projekteeriti kolmele ruumile uus valguslahendus võttes arvesse seadustest ja standarditest tulenevaid nõudeid. Paigaldiste projekteerimisel kasutati Ledvance valgusteid ja Steineli

juhtimislahendusi. Projekteeritud toiduabi väljastuse ja koridori valguslahenduse tasuvusaeg on alla 2 aasta ning kontori valguslahenduse tasuvusaeg 3,5 aastat. Arvestades, et kõigi kolme hoone valgustamiseks kasutatakse luminofoorvalgusteid on valgustuspaigaldise rekonstrueerimine suurima energiasäästu potentsiaaliga ning lahenduste tasuvusajad on väga lühikesed. Kolme ruumi valguslahenduse projekteeritavaks elueaks arvestati 15 aastat, mille jooksul vähendatakse elektrienergia tarbimist 104 705 kWh ning säästetakse 18 159 €.

Täiendava meetmena erinevate seadmete juhtimiseks ning hoonete energiakasutuse haldamiseks tuleks hoonetesse rajada hoone automaatikasüsteem. Haldaja saab läbi automaatikasüsteemi kõige informatiivsema ülevaate tehnosüsteemide tööst ja seega on erinevate seadmete optimeerimiste teostamine ka kõige täpsem. Lisaks tagab hooneautomaatika, et kõik tehnosüsteemid töötaksid vastavalt etteantud parameetritele ja ükski seade ei töötaks teineteisele vastu.

Magistritöö raames uuritud Tallinna Toidupank kasutab oma igapäeva tööks kõiki kolme hoonet, mis on Punane 48a Tallinn kinnistule rajatud. Lisaks töö raames mõõdetud elektrienergia tarbijatele on Toidupanga hoonetes veel mitmeid elektrienergia tarbijaid näiteks kütmiseks kasutatavad soojuspumbad. Täiendava energiasäästu saamiseks tuleks hoonetes läbi viia energiaaudit, millega analüüsitakse kõikide hoonete energiakasutust elektri, soojusenergia ja muude energiaallikate osas. Sellega tuuakse välja seisukohad ja antakse hinnang olemasolevale hetkeseisule. Auditi tulemusel saavutatakse üldised lahendused ja antakse ligikaudsed tasuvusajad tegevuste realiseerimiseks.

Magistritöö koostamisel oli lähteandmete ning projektide kättesaadavus raskendatud mistõttu jäi täielik energiasäästu potentsiaal saavutamata. Lahenduste pakkumine käesoleva magistritöö raames ja ka reaalsete tasuvusaegade arvutamine oleks olnud veelgi täpsem, kui lähteandmete kättesaadavus oleks parem olnud. Tulenevalt puudulikest lähteandmetest ei olnud võimalik saada täielikku ülevaadet projekteeritud tehnosüsteemide tööst ja nende juhtimislahendustest. Tallinna Toidupanga poolt kasutatavates hoonetes oleks võimalik oluliselt rohkem seadmeid optimeerida, kui oleksid olemas kvaliteetsed lähteandmed, millest lähtuvalt on võimalik teostada kvaliteetsem ning laiapõhjalisem analüüs.

Magistritöö eesmärk sai autori poolt täidetud ning Tallinna Toidupangale leiti valitud seadmeid ja tarbijaid kasutades meetmed energiasäästu tagamiseks ja kulude optimeerimiseks. Eestis on ligi 16 maakondliku toidupanka, kes saaksid käesolevas lõputöös välja pakutud lahendusi kasutada ka enda hoonete energiasäästu tagamiseks.

Mida väiksemad on toidupankade energiakulud, seda rohkem suudetakse abivajajaid aidata.

SUMMARY

The primary objective of the master's thesis was to propose specific solutions to the Food Bank of Tallinn, enabling them to optimize their electricity consumption and increase energy savings.

The existing heating solutions and operating ventilation equipment of the Tallinn Food Bank buildings were analyzed and shortcomings were identified. It was found that there exist frequent failures within the existing heating system, which cause the floor heating automation to stop heating the office premises. Additionally, electric radiators are used to achieve target comfort temperature, which is not an optimal solution considering the average market price of electricity. We found that in order to increase energy savings, the existing failures within the automatic floor heating solution used in the office premises should be eliminated and the heating solution should be replaced with a working solution. A properly functioning floor heating system would enable the building to be heated significantly more economically and efficiently than using electric radiators. Furthermore, two ventilation devices are used to ventilate the buildings, of which only one had been configured with a time controlled schedule. Unfortunately, the device still consumes electricity in standby mode, which leads to an additional cost of €177 every year. In the building where the food aid is issued, the ventilation device works 365 days a year with the load that was configured at the time of installation. However, work tasks are performed in the building for only 22 hours a week, the ventilation of the rooms is not required at other times. The ventilation devices currently in use do not take into account the schedule of people staying on the premises of the building and the resulting need for ventilation. By optimizing the operation of the ventilation equipment, it would be possible to achieve energy savings and reduce the operating costs of the Tallinn Food Bank. The ventilation devices should only be used when people are present on the premises. They should be turned off at other times or run at set minimum load. By optimizing the operation of the ventilation equipment, it would be possible to reduce electricity consumption of the food bank by 4,756 kWh and save €1,046. If it was possible to reduce the load on the Ventus ventilation device by 50%, annual savings of €2,044 could be achieved.

Currently, T5 and T8 type fluorescent lamps are used as the lighting solution within the Food Bank. Only in the food-aid distribution building, a few individual fluorescent lights have been replaced with LED lights. During analysis, it was discovered that with the

lighting consumption of the selected consumers within three rooms, the energy spent on lighting is 36% of the total consumption. The reconstruction of the lighting installation would allow to significantly reduce the costs of the Food Bank by reducing consumption of electricity. As part of the thesis, a new lighting solution was designed for three rooms of the Food Bank, taking into account the requirements arising from laws and recent standards. Ledvance lighting and Steinel control solutions were used in the design of the installations. The planned payback period for the food aid distribution and the corridor rooms lighting solutions is less than 2 years, the payback period for the office room lighting solution is 3.5 years. Considering that fluorescent lamps are used to illuminate all three buildings, the reconstruction of the lighting installation has the greatest potential for energy savings. Additionally, the payback times of the redesigned lighting solutions are very short. The design life of the lighting solution for the aforementioned three rooms was calculated to be 15 years, during which the electricity consumption would be reduced by 104,705 kWh, resulting in potential savings of €18,159.

As an additional measure to control the various devices and manage the energy use of buildings, a building automation system should be installed and configured. Through the automation system, the manager can get the most informative overview of the operational status of the technical systems. This means that the optimization of various devices will also be more accurate. Additionally, a building automation system ensures that all technical systems work according to the predetermined parameters and that no device works against each other. The Tallinn Food Bank uses all three buildings built on the Punane 48a Tallinn property for its daily work. In addition to the electricity consumers measured as part of the thesis, there are several other electricity consumers in the buildings of the Food Bank, such as heat pumps. To achieve additional energy savings, an energy audit should be carried out in buildings which analyzes the energy use of all buildings in terms of electricity, thermal energy and other energy sources. With the audit, an objective assessment of the currently existing solutions can be given. As a result of the audit, general solutions are found and approximate payback times can be determined for the realization of activities.

During the research, the availability of baseline data and projects was limited, impacting the overall potential for energy savings. Offering solutions within the scope of this thesis and calculating real payback periods would have been more accurate if baseline data had been more readily available. Insufficient baseline data hindered obtaining a comprehensive overview of the operations of the designed technical systems and their

control solutions. In the buildings utilized by the Tallinn Food Bank, it would have been possible to optimize significantly more devices had accurate baseline data been available, based on which a more comprehensive and thorough analysis could have been conducted.

The objective of the thesis was achieved by identifying measures to attain energy savings and optimize costs for the Tallinn Food Bank by utilizing specific devices and consumers. There are approximately 16 county food banks in Estonia, the solutions outlined in this thesis could also be implemented to attain energy savings within their respective buildings. The lower the energy costs of the food banks, the more they can help those in need.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „FOOD BANK NEWS,” 9 Detsember 2023. [Võrgumaterjal].
Available: <https://foodbanknews.org/about/about-food-banks/>.
[Kasutatud 9 Detsember 2023].
- [2] T. G. F. Network, „The Global FoodBanking Network,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.foodbanking.org/global-reach/>. [Kasutatud 9 Detsember 2023].
- [3] V. Witting, „Deutsche Welle,” 16 Juuli 2023. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.dw.com/en/german-food-banks-in-crisis/a-66244397>.
[Kasutatud 9 Detsember 2023].
- [4] A. Forrest, „INDEPENDENT,” 7 November 2022. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.independent.co.uk/news/uk/politics/food-banks-shut-winter-energy-bills-b2219362.html>. [Kasutatud 10 Detsember 2023].
- [5] R. Gregory, „Mirror,” 1 September 2022. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.mirror.co.uk/news/uk-news/food-bank-facing-closure-energy-27884344>. [Kasutatud 10 Detsember 2023].
- [6] I. Mcrae, „BIG ISSUE,” 18 Oktoober 2023. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.bigissue.com/news/social-justice/food-banks-winter-trussell-trust-cost-of-living/>. [Kasutatud 10 Detsember 2023].
- [7] „DIOTECH,” 18 September 2017. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.diotech.ee/miks-eelistada-led-valgusteid-teistele-valgusallikatele-luminofoor-hid-hps-jne/>. [Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [8] „SAN DIEGO FOOD BANK,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://sandiegofoodbank.org/about/green-initiatives/>.
[Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [9] D. McMahon, „NonProfitPro,” 1 Mai 2023. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.nonprofitpro.com/post/a-solution-for-nonprofits-dealing-with-rising-energy-costs/>. [Kasutatud 10 Detsember 2023].
- [10] „Energiatalgud,” 19 Detsember 2022. [Võrgumaterjal].
Available: <https://energiatalgud.ee/hoiamekokku?category=1695>.
[Kasutatud 28 Aprill 2024].
- [11] Z. Bagnall, „Business West,” 12 Jaanuar 2023. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.businesswest.co.uk/blog/top-six-ways-businesses-can-reduce-their-energy-costs>. [Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [12] M. James, „THE TIMES money mentor,” 7 Detsember 2023. [Võrgumaterjal].

Available: <https://www.thetimes.co.uk/money-mentor/energy/the-great-smart-meter-debate-can-it-really-save-me-money#save>. [Kasutatud 11 Detsember 2023].

- [13] „energy saving trust,” 16 Detsember 2022. [Võrgumaterjal].
Available: <https://energysavingtrust.org.uk/advice/guide-to-smart-meters/>.
[Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [14] „eesti gaas,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.gaas.ee/energia-kokkuhold/>.
[Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [15] „FORUS,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://forus.ee/3-sammu-kuidas-hoones-energiat-kokku-hoida>.
[Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [16] M. Yañez-Barnuevo, „Environmental and Energy Study Institute,” 10 Mai 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eesi.org/articles/view/why-energy-efficiency-is-important-for-nonprofits>. [Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [17] „delmarva power,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://homeenergysavings.delmarva.com/md/business/customer-success-stories/maryland-food-bank-serves-community-through-energy-savings>.
[Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [18] TOIDUPANK, „TOIDUPANK,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.toidupank.ee/meist/meie-lugu/>. [Kasutatud 18 Märts 2023].
- [19] „Rohegeenius,” 13 November 2023. [Võrgumaterjal].
Available: <https://rohe.geenius.ee/rubriik/tark-nouanne/abivajajate-hulk-suureneb-toidupank-ootab-appi-annetajaid-ja-vabatahtlikke/>.
[Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [20] P. Boerefijn, „Toidupank,” 1 Juuni 2023. [Võrgumaterjal].
Available: https://www.toidupank.ee/wp-content/uploads/2023/09/Aruanne_90008867-2022.pdf. [Kasutatud 11 Detsember 2023].
- [21] „Government of Canada,” 19 Märts 2021. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/carbon-dioxide-home.html>. [Kasutatud 14 Detsember 2023].
- [22] S. EXPERT, „SERVICE EXPERT,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://serviceexpert.ee/ventilatsiooni-puhastus/>.
[Kasutatud 14 Detsember 2023].
- [23] „insulect,” [Võrgumaterjal].

- Available: <https://insulect.com/products/qualitrol-informa-pmd-a-power-quality-monitoring>. [Kasutatud 14 Detsember 2023].
- [24] „GENETEK,” [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.genetek.com.tr/en/urunler/pq-box-200-2/>.
[Kasutatud 14 Detsember 2023].
- [25] R. Teataja, „Töötervishoiu ja tööohutuse seadus,” Riigi Teataja, 2023.
- [26] E. S.-. J. AKREDITEERIMISKESKUS,
„EVS-EN 12464-1:2021 Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus.
Osa 1: Sisetöökohad,” 16.09.2021.
- [27] D. H. S. Jasim, „The Role of Interior Design in Achieving Healthy Workplaces According to Lighting Indicators of WELL Standard,” ResearchGate, 2023.
- [28] E. M. R. R. M. R. E. T. Triinu Sirge,
„RUUMI TEHISVALGUSTUSE MÕJU TÖÖVILJAKUSELE,” Eesti Maaülikool, Tartu, 2017.
- [29] Y.-S. T. Ruijun Chen, „Effect of Color Temperature and Illuminance on Psychology, Physiology, and Productivity: An Experimental Study,” ResearchGate, 2022.
- [30] „ISO/DTR 9241-610:2020(E) Ergonomics of human-system interaction - Part 610: Impact of light and lighting on humans,” 2019.
- [31] D. Smith, „COMSOL,” 14 Jaanuar 2016. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.comsol.com/blogs/calculating-the-emission-spectra-from-common-light-sources/>. [Kasutatud 5 Aprill 2024].
- [32] S. SEMICONDUCTOR, Product STW#A12D-Gx Specification, 2024.
- [33] S. Levasho, „Ühiskondliku hoone üldvalgustus ja selle energiaefektiivsuse parendamine,” Sven Levashov, Tallinn, 2014.
- [34] T. Tamm, „Tiiu Tamm inseneribüroo,” 2022. [Võrgumaterjal].
Available: <https://www.tiiutammb.ee/materjalid/Elektrila%20nr%207%2C%202022%2C%20Vahetustega%20t%C3%B6%20B6%20B6koha%20valgustusest.pdf>. [Kasutatud 5 Mai 2024].
- [35] „Hoone energiatõhususe arvutamise meetoodika,” Riigi Teataja, 2023.
- [36] E. Standardikeskus, „Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus.
Osa 1: Sisetöökohad,” 2021.
- [37] M. Samuneva-Zhelyabova, „POOR LIGHTING AND VISUAL IMPAIRMENTS AMONG ADMINISTRATION WORKERS,” ResearchGate, 2024.

- [38] Eesti Standardikeskus, „ISO/CIE TS 22012:2019 Valgus ja valgustus. Hooldeteguri määramine. Määramisviis,“ 2020.
- [39] L. L. T. V. A. H. Tiiu Tamm, „HÄDAVALGUSTUSE ANALÜÜS,“ RESCUE, Tallinn, 2023.
- [40] M. Lubenets, „Hädavalgustusega paigaldiste ja valgusallikate analüüs ning mõõtmine,“ Tallinna Tehnikaülikool, 2019.
- [41] S. KUTSEKODA, „SIHTASUTUS KUTSEKODA,“ 8 November 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kutseregister.ee/ctrl/et/Standardid/vaata/11094499>. [Kasutatud 26 Aprill 2024].
- [42] T. Tamm, „EESTI KÜTTE JA VENTILATSIOONIINSENERIDE ÜHENDUS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ekvy.ee/attachments/article/17/Valgustuse%20juhtimise%20arengusuundadest.pdf>. [Kasutatud 31 Märts 2024].
- [43] E. Standardikeskus, „CEN/TR 15193-2:2017 Hoonete energiatõhusus. Energianõuded valgustusele. Osa 2: Tehniline aruanne EN 15193-1 juurde, moodul M9,“ 2017.
- [44] G. Optik, „Gigahertz Optik,“ Gigahertz Optik, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.gigahertz-optik.com/en-us/product/X9sub1sub/getpdf/>. [Kasutatud 23 Aprill 2024].
- [45] „LEDVANCE,“ LEDVANCE, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ledvance.com/professional/products/luminaires/professional-luminaires/damp-proof-luminaires/damp-proof-luminaires/damp-proof-luminaires--classic-shape--with-dali-interface-c141867>. [Kasutatud 18 Aprill 2024].
- [46] „LEDVANCE,“ LEDVANCE, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ledvance.com/professional/products/luminaires/professional-luminaires/panel-luminaires/recessed-panel-luminaires-with-high-luminous-efficacy-up-to-120-lmw-and-tool-free-installation/square-recessed-panel-luminaires--tool-free-installation--for>. [Kasutatud 18 Aprill 2024].
- [47] „Steinel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.steinel.de/en/steinel-group/sensors/presence-detectors/passive-infrared/ir-quattro-hd-24m-dali-plus-035204.html>. [Kasutatud 9 Mai 2024].
- [48] „Steinel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.steinel.de/en/steinel-group/sensors/presence-detectors/passive-infrared/ir-micro-office-6m-067151.html>. [Kasutatud 9 Mai 2024].
- [49] „Steinel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.steinel.de/index.php?cl=details&anid=3ae47e44a705c832e22e1a>

a80bb8ee8c&cnid=8e9358961a49b3394f3828a442d01208&lang=0&v
arselid[0]=1d9a70c7941d16fca362476d4ce5783f&varselid[1]=5d4caba0
ef7ee1c6274356b9eb2e99b4&varselid[2]=2fc01ec765ec0cb3dcc559126d.

[Kasutatud 9 Mai 2024].

[50] T. Ruohomäki, „Architectural Lighting Controls in Building Automation Systems,” ResearchGate, 2015.

[51] „ELECTRICAL ENGINEERING,” 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://electronics.stackexchange.com/questions/388241/sensor-to-distinguish-between-daylight-and-artificial-light-in-a-room>. [Kasutatud 27 Aprill 2024].

Lisa 1. Luksmeetri kalibreerimistunnistus

		
Teaduspargi 8, 12618 Tallinn Tallinna labor		
<hr/> <h3>KALIBREERIMISTUNNISTUS</h3> <p>Calibration Certificate</p>		
Kalibreerimistunnistus nr Calibration Certificate No.	Kuupäev Date	Leht Page
ATLO-22/0271	29.09.2022	1(3)
Tellija Customer	Tiiu Tamm Inseneribüroo OÜ	
Address Address	E. Vilde tee 132-35, 12614 Tallinn	
Mõõtevahend Measuring instrument	Luksmeeter	
Valmistaja Manufactured by	Gigahertz-Optic	
Tüüp Type	X91 / VL-3704-4	
Number Serial number	8702M / 17166	
Kalibreeritud Date of calibration	29.09.2022	
Lehti Number of pages	3	Dokument on kinnitatud elektroonselt Metroserdi digitempliga. <small>Ülle Limbach kinnitas/approved 29.09.2022 16:24:34 Marten Jaanimets kinnitas/approved 30.09.2022 08:19:02</small>
Lisad Documents attached	-	M. Jaanimets Mõõtmiste eest vastutav isik Person responsible for measurements
		Ü. Limbach Kalibreeris Calibrated by

Akrediteeritud kalibreerimislabor AS Metrosert kalibreerib mõõtevahendeid ja väljastab kalibreerimistunnistusi Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) akrediteerimisotsuse ulatuses ning sellele vastavates mõõtemääramatuse piirides. Käesolevas kalibreerimistunnistuses antud mõõtetulemused on jälgitavad rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi (SI) ühikuteni. EAK on Euroopa Akrediteerimisalase Koostööorganisatsiooni (EA) liige ja ühinenud EA liikmete vahelise vastastikuse tunnustamise leppega (MLA).

The measurements carried out and the Certificates of Calibration issued by an Accredited Laboratory comply with the measurement ranges and uncertainties approved by the Estonian Accreditation Centre (EAK). The measurement results issued by the Laboratory are traceable to the units of International System of Units (SI). EAK is a Member of EA (European co-operation for Accreditation) and a signatory to the EA MLA (Multilateral Agreement).

Kalibreerimistunnistust võib paljundada tema täies mahus. Kalibreerimistunnistuse osaline paljundamine on lubatud ainult tunnistus väljastava labori kirjalikul loal. Tulemused kehtivad ainult kalibreeritud mõõtevahendi kohta.

This Certificate may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing Laboratory. The results relate only to the calibrated measuring instrument.

Metroserdi dokumentide elektroonilise kinnitamise kohta vaata lisainfot aadressil <https://metrosert.ee/olektroniline-tempel>. For additional information about approving digital documents in Metrosert see <https://metrosert.ee/electronic-seal>.

EESTI METROLOOGIA KESKASUTUS

Kalibreerimistunnistus nr
Calibration Certificate No.
ATLO-22/0271

Kuupäev
Date
29.09.2022

Leht
Page
2(3)

1 Kalibreerimisvahendid. Calibration equipment.

Etalon(id): etalonluksmeeter RadioLux 111 nr 150320
multimeeter Agilent 34401 nr MY41010899
Abivahend(id): lamp-valgusallikas СИС107-500 nr 54
fotomeetriline pink ФС-M-4.1 nr 782045
toiteallikas Agilent 6675A MY41001713

2 Jälgitavus. Traceability.

Käesolevas kalibreerimistunnistuses antud mõõtetulemused on jälgitavad riigi- või rahvusvaheliste etalonideni ning rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi (SI) ühikuteni.

3 Kalibreerimisjuhend/-metoodika, -meetod; mõõteprotsessi lühikirjeldus.

Calibration instruction or method; short description of the calibration process.

Kalibreerimisjuhend MDK KJ 321.

Kalibreerimisel kasutati fotomeetrilist pinki ja suunatud valgusallikana hõõglampi värvi-temperatuuriga 2800 K. Mõõtmised tehti lambi ja luksmeetri anduri vahekauguse muutmisega võrdlusel etalonluksmeetriga. Tulemused on toodud tabelis 1.

Pimesignaal on luksmeetri näit kaetud anduriga. Parandustegur on arvatud pärast pimesignaali maha lahutamist luksmeetri näidust.

Parandustegur on suhteväärtus - etalonluksmeetri näidu ja kalibreeritava luksmeetri näidu suhe. Luksmeetri kasutamisel korrutatakse luksmeetri näit parandusteguriga.

4 Määramatus. Uncertainty of measurement.

Esitatud mõõtmise laiendmääramatus on saadud mõõtmise standardmääramatusest, korrutades seda katteteguriga $k = 2$, mis normaaljaotuse korral vastab ligikaudu 95 % katvustõenäosusele.

Kalibreeritud mõõtevahendi pikaajaline stabiilsus ei ole arvesse võetud. Mõõtmise standardmääramatust on hinnatud kooskõlas EA juhenddokumendiga EA-4/02.

5 Keskkonnatingimused. Environmental conditions.

Temperatuur Temperature: (22,4...24,5) °C

Suhteline õhuniiskus Relative humidity: (30...40) %rh

EESTI METROLOOGIA KESKASUTUS

6 Tulemused. Results.

Tabel 1. Mõõtetulemused

Mõõte- piirkond, lx	Etalonlüksmeetri näit, lx	Kalibreeritava lüksmeetri		Parandustegur ± laiend- määramatus
		näit, lx	pimesignaali, lx	
"Auto"	5,00*	5,09	0,0	0,98 ± 0,05
	15,0	15,0		1,00 ± 0,03
	75,0	73,2		1,02 ± 0,03
	200,0	201,0		1,00 ± 0,03
	400,0	401,7		1,00 ± 0,03
	600,0	602,4		1,00 ± 0,03
	800,0	803,3		1,00 ± 0,03
	1000,0	1002,4		1,00 ± 0,03
	3000	3021		0,99 ± 0,05
5000	5044	0,99 ± 0,05		

* Täpniga tähistatud kalibreerimistulemused ei kuulu labori akrediteerimisulatusse.