



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Lifti arvutuslik mudel energiatarbimise hindamiseks
Calculation model of the elevator for estimating energy consumption

Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine,
Energiatehnika ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Georgi Kaleis

Üliõpilaskood: 183420EDJR

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar,
nooremlektor

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: Georgi Kaleis

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

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

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"23" mai 2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Georgi Kaleis (sünnikuupäev: 18.01.1999)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Lifti arvutuslik mudel energiatarbimise hindamiseks, mille juhendaja on Aleksei Hõbesaar,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Georgi Kaleis , EDJR183420

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, Energiatehnika

Juhendaja(d): nooremlektor, Aleksei Hõbesaar, Aleksei.Hõbesaar@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Lifti arvutuslik mudel energiatarbimise hindamiseks

(inglise keeles) Calculation model of the elevator for estimating energy consumption

1. 9-korruselise maja elanike lifti kasutamise sagedus
2. Saadud andmete põhjal graafiku koostamine
3. Arvutada lifti tarbimise elektrienergia

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjeldada uurimisobjekti (Lift „Mogilev 320kg)	13.märts
2.	Koostada lifti kasutamise graafik	20.märts
3.	Arvutada lifti elektrivoolu tarbimine	3.aprill

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg:

“05”06.2020a

Üliõpilane: Georgi Kaleis

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Konsultant: Tatjana Baraškova

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Programmijuht:

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1 UURIMISOBJEKT „MOGILEV 320KG“	8
1.1 Lifti tööpõhimõte	8
2 LIFTI KASUTAMISE SAGEDUS	10
2.1 Statistiline analüüs	13
3 LIFTI ENERGIATARBIMINE	14
3.1 Lifti eest tasu	14
3.2 Elektriarvesti	14
3.3 Elektriarvesti paigaldamine	15
3.4 Elektriarvesti muudel ja kirjeldus	15
4 LIFTI ENERGIATARBIMISE KATSE	17
4.1 Katse eesmärgid ja ülesandeid	17
4.2 Katse kirjeldus	17
4.3 Katse tulemused	17
4.4 Katse kokkuvõte	18
5 ENERGIATARBIMISE SÕLTUVUS KABINIS VIIBIVATE INIMESTE ARVUST	19
5.1 Katse eesmärgid ja ülesandeid	19
5.2 Katse kirjeldus	19
5.3 Katse ajal saadud andmed	19
5.4 Katse kokkuvõte	20
KOKKUVÕTE	28
SUMMARY	29
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	30
LISA 1	31

EESSÕNA

Lõputöö teema pakkus välja Tallinna Tehnikaülikooli Virumaa kolledži nooremlektor Aleksei Hõbesaar¹

Käsoleva lõputöö eesmärgiks on arvutada välja ja hinnata lifti energiatarbimise. Teema loomise, lõputöö eesmärkide ja ülesannete püstitamise ajal viibis lõputöö autor erialapraktikal ettevõttes Eesti Otis AS.

Lõputöö autor tänab oma juhendajat Aleksei Hõbesaar hindamatu abi ja juhendamise eest ning masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimise programmijuhti Veronika Shirokovat toetuse eest lõputöö kirjutamisel. Autor tänab oma konsultanti: Tatjana Baraškova, väärtuslike nõuannete eest ja soovitude eest lõputöö kujundamisel ja kirjutamisel

Võtmesõnad: lifti energiaklassifikatsioon, energiatarbimise mudel, MatLab, energiaefektiivsusid, energiatootmine, ~~energeetika, energia säilitamine, raha,~~ diplomitöö.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on arvutada ja hinnata lifti energiatarbimise. Selle teema asjakohustus linnade kiires kasvus, see väljendub linnapiirkondade korruste arvu pideva tõusutrendis. Hoonete korruste arvu kasvade tõttu tõusevad kvaliteedi nõuded liftide valmistamiseks ja paigaldamiseks, mis muutub ülioluliseks hoonete normaalse toimimise. Kümned miljonid inimesi kasutavad lifte iga päev. Liftid söödavad põlevkivi meie elektrijaamade punkritesse, transpordivad turiste vaateplatvormidele, transpordivad tooteid ladudesse ja hüpermarketitesse, materjale ehitusplatsidele, autosid parklatesse ja palju muud. Lisaks liftide arvu kasvule suureneb turul olevate liftimudelite hulk. [2]

Liftide tehnilised omadused muutuvad pidevalt, suureneb tootlikkus, töökindlus ja ohutus. Kaasaegne lift on keeruline elektromehhaaniline seade, mis töötab poolautomaatses režiimis vastavalt kehtestatud programmile. Energiasääst on üks pakilisemaid probleeme. Selle põhjuseks on elektri ja muude energiakandjate kallinemine. Tulenevalt asjaolust, et tänapäeval maailmas kasutab suur hulk inimesi lifte, suureneb selle energiatarbimine. Elektritarbimine sõltub mitmest lifti tehnilisest näitajast: lifti peajami tüübist, liikumiskiirusest, kandevõimest. Selle lõputöö eesmärk on saada täpse arvu lifti tarbitava energia koguse kohta. Aastatega on lifte üha rohkem, mistõttu energiatarbimine suureneb. Elamutes liftid on oluline teenus. Liftid moodustavad umbes 4 protsenti kogu hoone tarbitavast energiast. Energiatarbimise vähendamiseks ja lifti töö energiatarbimise suurendamiseks täiustatakse pidevalt liftiseadmeid. Lifti energiatarbimise tõstmiseks täiustatakse lifti jõuseadmeid. Mootori tagasikerimine, olemasoleva asendamine energiasäästlikuma vastu, superkondensaatorite kasutamine, mootori magnetiseerimise ja staatori voolu jälgimine. [1]

Lifti energiatarve sõltub energiast, mida mootor kulutab lifti iga liikumise jaoks. Lifti energiakulu sisaldab energiakulu sõidurežiimi ja ooterežiimi. Eeltoodu põhjal võime järeldada, et kliendi jaoks on väga oluline teada lifti tarbitava energia hulka [4]

Lõputöö koosneb sissejuhatusest, teoreetilisest ja praktilisest osast, sisaldab 6 peatükke kus on kirjeldatud kõik samme probleemi lahendamiseks ja lisaks lisatud Kone AS vastuse liftide energiaklasside kirjeldus. Teoreetilises osas on kirjeldatud liftide kasutuse sageduse, katsete, mis kirjeldavad energiatarbimise sõltuvust kabiini asuvate inimestest, kui palju energiat tarbib lift tavastöös. Praktilises osas on toodud arvutused lifti energiaklassi kohta.

1 UURIMISOBJEKT „MOGILEV 320KG“

Mogilevliftitehas- nõukogude ja Valgevene liftide tootja. Ettevõtte, mis asutati 1969. aastal NSVL Ministrite Nõukogu määrusega. 20. oktoobril 1966 võeti vastu otsus Mogilevi liftitehase rajamiseks. Toodete hulgas on reisijate-, haigla- ja kaubaliftid (130 mudelit) kandevõimega 100 kuni 6300 kg, samuti erinevad mittestandardised liftid. Lisaks liftidele toodetakse erinevaid tüüpi platvorme liikumispuudega inimestele, eskalaatoreid ja travolaatoreid, ehitustõstukeid jne.. Pool sajandit kestnud töö jooksul on ettevõtte tootnud üle 300 tuhande lifti.

Antud lõputöö uurimisobjektiks oli lift "Mogilev" nimikiirusega 0,71 m/s ja kandevõimega 320 kg. See lift oli valitud, kuna see on lihtsa elektriskeemiga ja väga heas tehnilises korras, arvestades asjaolu, et selle paigaldusaasta on 1988. Kogu selle lifti tehniline dokumentatsioon on saadaval.

Tõstevõime- 400kg

Tõstekõrgus- 22,4m

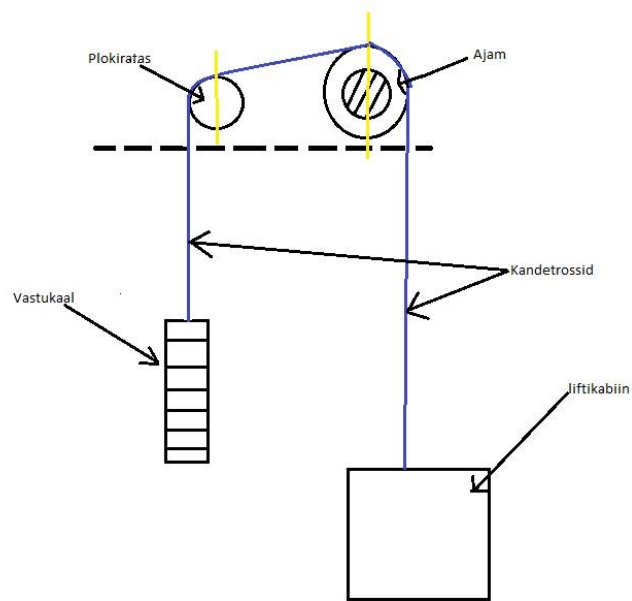
Kabiini liikumiskiirus- 0,71 m/s

Peatuste arv- 9.

Reduktoori tüüp- globoidi reduktor [7]

1.1 Lifti tööpõhimõte

Aastatega on lifte üha rohkem, mistõttu energiatarbimine suureneb. Liftid on tähtis teenus elamutes, mis moodustavad umbes 4 protsenti kogu hoone tarbitavast energiast. Energiatarbimise vähendamiseks ja lifti töö energiatõhususe suurendamiseks täiustatakse pidevalt liftiseadmeid. Lifti energiatõhususe tõstmiseks täiustatakse lifti jõuseadmeid. Mootori tagasikerimine, olemasoleva asendamine energiasäästlikuma vastu, superkondensaatorite kasutamine, mootori magnetiseerimise ja staatori voolu jälgimine. Lifti energiatarve sõltub energiast, mida mootor kulutab lifti iga liikumisele. Lifti energiakulu sisaldab energiakulu sõidurežiimi ja ooterežiimi. [8]



Joonis 1. Lifti kinematiline skeem

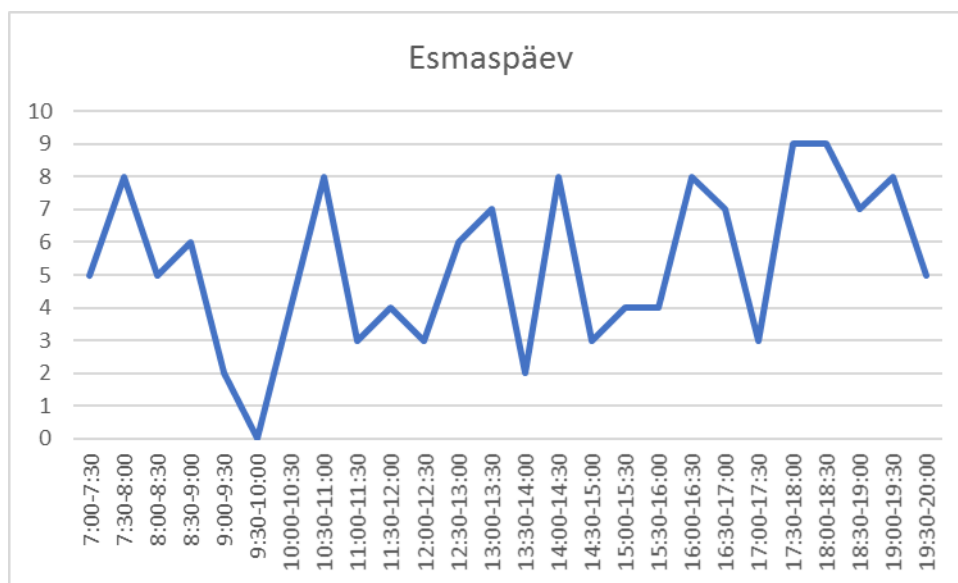
Liftil on 5 töörezimid:

- Režiim "Tavaline töö" ("NR")- Lifti juhtimine kabiinist tulevate käskudega ja korruste aladelt kutsetega [6]
- "Revisjoni" režiim- lifti juhitakse kabiini katuselt juhtpaneeli abil. Üles-alla liikumine toimub ainult madala kiirusega[6]
- Režiim "Juht masinaruumist"- Lifti juhitakse selles režiimis juhtseadmesse paigaldatud nuppude abil. [6]
- Lifti sõidurežiim- on lifti olek, kui lift järgib juhtimissüsteemi järjekorda. Lifti juhtimissüsteem saab omakorda inimeselt käsu – kutse või korralduse sõita soovitud korrusele. [6]
- Lifti ooterežiim olek, kus suletud ustega liftikabiin on pörandal, lift on sisse lülitatud ja juhtimissüsteemi käsul koheseks käivitamiseks valmis. [6]

Kiirenduse ajal kulutab liftivints liikumiseks elektrienergiat, samuti koorma liigutamiseks koormusmomente. Töötamise ja aeglustamise ajal tarbib mootor elektrienergiat ainult pöördemomendi tekitamiseks. Pidurdusmoment ei nõua palju energiat [1]

2 LIFTI KASUTAMISE SAGEDUS

Statistiliste andmete kogumise objektiks oli "Rahu 40 KÜ" elamusse paigaldatud lift "Mogilev 320kg". Statistika koguti trepikojas paigaldatud videovalve järgi. Juurdepääs videovalvele on kõikidel majaelanikel. Andmeid koguti esmaspäevast reedeni kella 7:00-20:00.



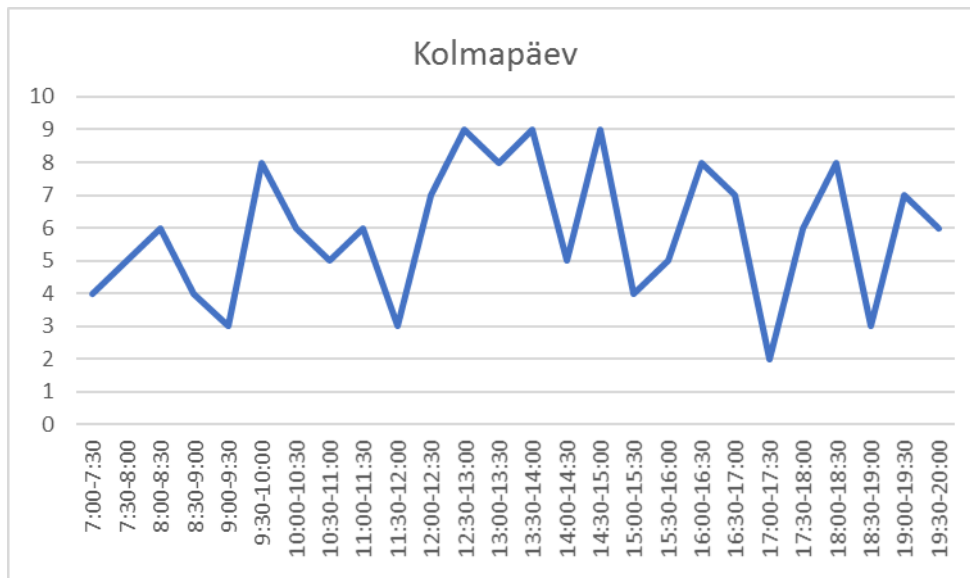
Joonis 2.1 Lifti kasutamine esmaspäeval

Antud joonis 2.1 näitab, et esmaspäeval 138 korda inimesed kasutasid lifti. Kell 9.00-9.30 ei kasutanud lifti. Lifti kasutamise tippaeg langeb ajavahimkule 17.30-18.30. Kõige vähem lifti kasutati 11.00-12.30 ja 14.30-16.00



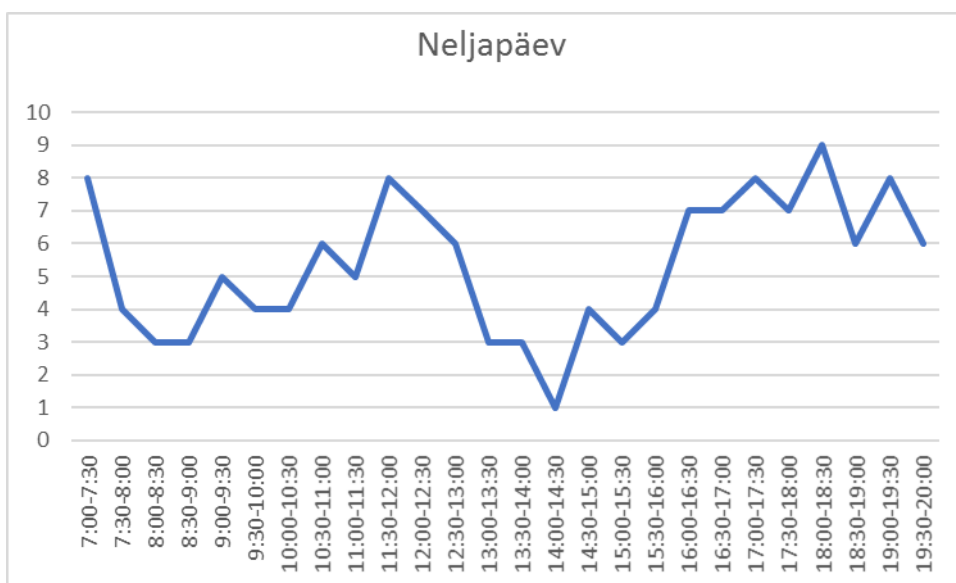
Joonis 2.2 Lifti kasutamine teisipäeval

Antud joonis 2.2 näitab, et teisipäeval 153 korda inimesed kasutasid lifti. Lifti kasutamise tippaeg langeb ajavahimkule 16.00-18.00. Kõige vähem lifti kasutati 11.00-12.30 ja 14.30-16.00



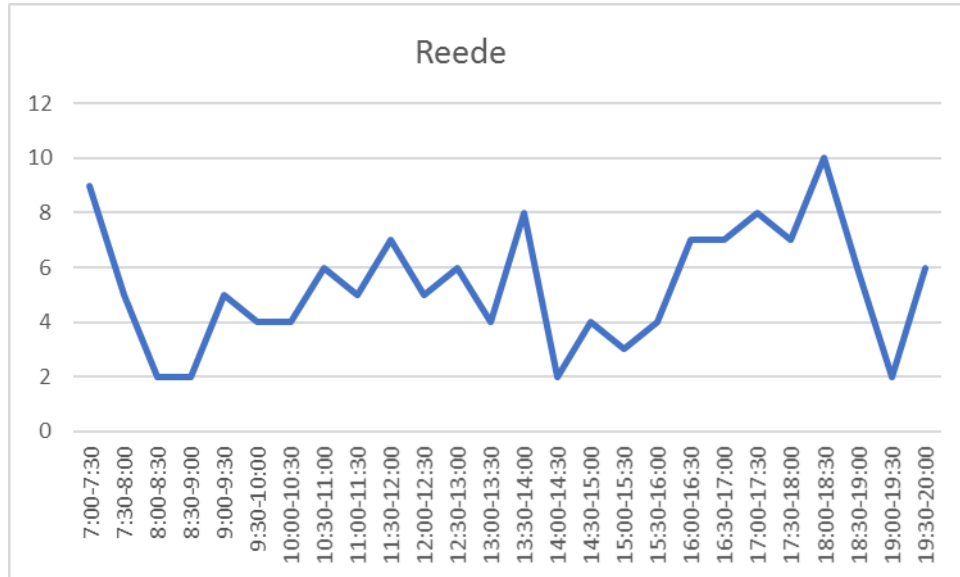
Graafik 2.3 Lifti kasutamine kolmapäeval

Antud joonis 2.3 näitab, et kolmapäeval 153 korda inimesed kasutasid lifti. Lifti kasutamise tippaeg langeb ajavahimkule 12.30-15.00. Kõige vähem lifti kasutati 9.00-9.30 ja 17.00-17.30



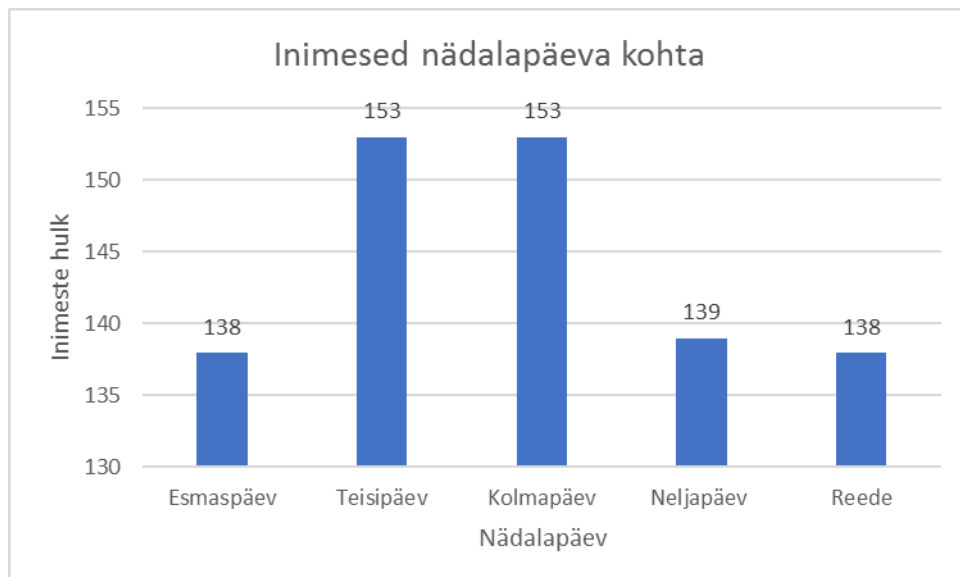
Joonis 2.4 Lifti kasutamine neljapäeval

Antud joonis 2.4 näitab, et neljapäeval 139 korda inimesed kasutasid lifti. Lifti kasutamise tippaeg langeb ajavahimkule 18.00-18.30. Kõige vähem lifti kasutati 14.00-14.30



Joonis 2.5 Lifti kasutamine reedel

Antud joonis 2.5 näitab, et reedel 138 korda inimesed kasutasid lifti. Lifti kasutamise tippaeg langeb ajavahimkule 7.00-7.30 ja 18.00-18.30. Kõige vähem lifti kasutati 8.00-8.30



Joonis 2.6 Lifti kasutamise graafik

Joonise 2.6 järgi võime järeldada, et kõige suurem inimeste arv oli teisipäeval ja kolmapäeval. Kõige vähem inimesed kasutasid lifti esmaspäeval, neljapäeval ja reedel

2.1 Statistiline analüüs

Statistika on suur teadusharu, mis tegeleb massiliste statistiliste andmete kogumise, mõõtmise, seire, analüüsimise ja nende võrdlemise üldprobleemidega. See statistika kasutab teavet, et luua teadmisi, mis aitavad visuaalselt analüüsida, kui sageli lifti kasutatakse. [11]

Eesmärk: on välja selgitada kella 7-20 vahel lifti kasutavate inimeste tegelik arv

Statistika põhjal saab teha järgmised järeldused:

- Iga lifti kasutamise päevad on samasugused
- Kell 7-10 Inimesed käivad tööl, viivad lapsi lasteaeda, jalutavad koertega jne..
- Kell 10-12 Lifti kasutatakse vähe - inimesed tööl, lapsed koolis, lasteaedades
- Kell 12-14 tööle läinud inimesed tulevad lõunale ja lähevad tagasi tööle, koolilapsed naasevad koolist
- Kell 14-16 tööle läinud inimesed tulevad lõunale ja lähevad tagasi tööle, koolilapsed naasevad koolist
- Kell 16-18 Inimesed tulevad töölt tagasi, käivad poes, jalutavad väljas, jalutavad lemmikloomadega jne..
- Kell 18-20 Lifti kasutamine väheneb, enamasti puhatakse õhtul kodus, tehakse süüa, koolilapsed teevad kodutöid

Selle põhjal võime järeldada, et eesmärk on saavutatud. Kõige enam kasutatakse lifti intervallidega 7-10, 12-14, 16-18- sest paljud on lähevad tööle, lapsed lähevad kooli jne.. Aga intervallidega 10-12, 18-20 inimesed on tööl, lapsed lasteaias jne..

3 LIFTI ENERGIATARBIMINE

3.1 Lifti eest tasu

Lifti tarbitav elekter sisaldub maja ühisvajaduste maksumuses ja majaomanikud maksavad selle eest ise. Nüüd on majades elektriarvestid paigaldatud sissejuhatavale lülitusseadmele. Nendega on ühendatud liftid ning sissepääsude, keldrite ja pööningute valgustus ning maja teenindava ja elektrit tarbiva seadmed. Eraldi tarnitav arvesti liftile näitab energiatarbimisest täpsema pildi. Liftide hoolduskulu arvestatakse eluruumi üldpinna suhtes. Lifti ülalpidamise eest on kohustatud tasuma eranditult kõik elanikud, ka need, kes lifti ei kasuta (näiteks esimeste korruste elanikud). Vastasel juhul rikub lifti hooldustasust vabastamine ülemiste korruste elanike õigusi. Otsuse liftide korrashoiu tasu arvestamise teeb korteriühistu ehk siis liftiga hoone esimese korruse üürnikul on võimalus saada luba lifti hooldus- ja remonditasust vabastamiseks. [8]

3.2 Elektriarvesti

Elektrienergia arvesti - seade vahelduv- või alalisvoolu elektritarbimise mõõtmiseks. Vahelduvvoolu arvestamiseks kasutatakse ühe- ja kolmefaasilisi induktsioonseadmeid. Induktsioonsüsteemi elektriarvestis pöörleb elektrienergia tarbimise ajal liikuv osa (alumiiniumketas), mille tarbimine määratakse loendusmehhanismi näitude järgi. Ketas pöörleb pöörisvoolude tõttu, mis on selles indutseeritud vastumähise magnetvälja poolt - pöörisvoolud interakteeruvad loenduri püsimagneti magnetväljaga. Mõõdetud väärtuste järgi jagunevad elektriarvestid ühefaasilisteks ja kolmefaasilisteks. Konstruktsiooni järgi on arvestid induktsioon-, elektroonilised ja hübriidsed. [9]

- Induktsioon- elektriarvesti, milles statsionaarsete voolu kandvate poolide magnetväli mõjutab juhtivast materjalist liikuvat elementi. Liigutav element on ketas, mille kaudu voolavad voolud. Ketta pöörete arv on sel juhul otseselt võrdeline tarbitud elektrienergiaga. [9]
- Elektronilised- elektriarvesti, milles vahelduvvool ja pinge mõjutavad elektroonilistele elementidele, tekitades väljundis impulsse, mille arv on võrdelise tarbitava võimsusega. [9]
- Hübriidsed- vaheversioon digitaalse liidesega, induktiivse või elektroonilise mõõteosaga, mehaanilise lugemisseadmega. [9]

Arvesti korpuse kaanel on kõrvad ja see on kinnitatud spetsiaalsete aukudega kruvidena. Läbi lastakse tihenditega ühendatud õngenöör või traat. [9]

Mõõteseadme täpsusklassi all mõistetakse suurimat lubatud viga elektrienergia mõõtmisel. Väärtust tähistab number, mis tuleb märkida arvesti passi ja kanda ka arvesti paneelile ja ilmneb ringis. [9]

3.3 Elektriarvesti paigaldamine

Tegelikku energiatarbimiste uurimiseks liftiruumis otsustati paigaldada elektriarvesti. Katse läbi viimiseks oli saadud esimehelt luba, kutsuti kohale elektrikule arvesti paigaldamiseks. Elektriarvesti paigaldati peale lifti pealülitit. Skeemil (skeem 3.2) on nähtav kuidas on ühendatud elektriarvesti.

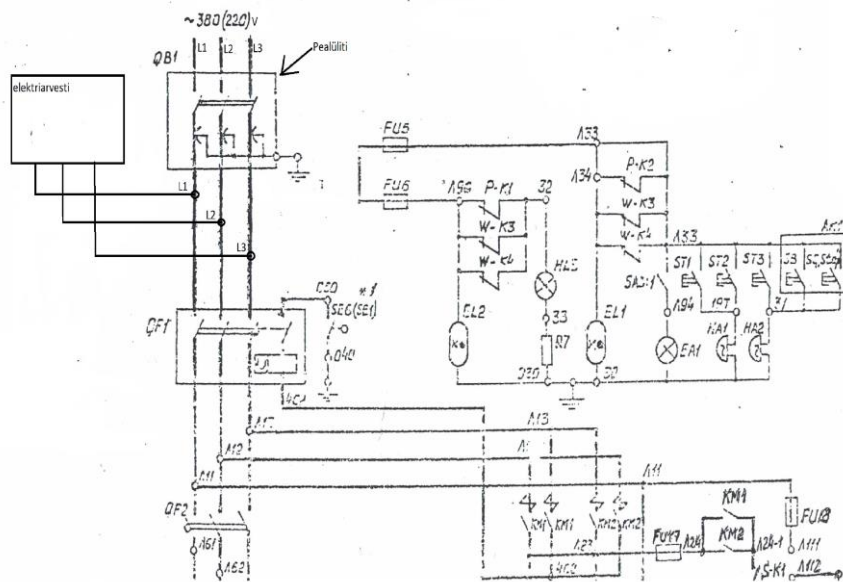
3.4 Elektriarvesti muudel ja kirjeldus

Elektriarvesti kirjeldus:

- Muudel: Schlumber GH46tf a273
- Ühefaasiline ja kolmeefaasiline 3x220/380
- Mõõdab vahelduvvool
- Ketta 75 pööret on võrdne 1 kW-ga
- Voolu tugevus on 10-60 amprit
- Toodetud 1996 aastal
- Täpsusklaas: "2" Mõtteviga mitte rohkem kui $\pm 2\%$



Joonis 3.1 Masinaruumis paigaldatud elektriavesti



Joonis 3.2 Lifti elektriskeem elektriavestiga

4 LIFTI ENERGIATARBIMISE KATSE

4.1 Katse eesmärgid ja ülesandeid

Eesmärk- uurida lifti tegelikku energiatarbimist

Ülesanne:

- Paigaldada elektriarvesti
- Jälgida elektriarvesti näitu viis päeva ja registreerida neid andmeid
- Teha kokkuvõtte saadut andmete kohta

4.2 Katse kirjeldus

Elektriarvesti mõõtis lifti kahes töörežiimis: ooterežiimis ja lifti liikumisrežiimis – lihtsate sõnadega lifti tavapärasest tööd.

- Ooterežiim - suletud ustega liftikabiin asub viimase peatuse korrusel, lift on sees ja valmis koheseks kutseks, mis annab omakorda lifti kasutamise soovija. [6]
- Lifti sõidurežiim- on lifti olek, kui lift järgib juhtimissüsteemi järjekorda. Lifti juhtimissüsteem saab omakorda inimeselt käsu – kutse või korralduse sõita soovitud korrusele. [6]

Kaasatud mõõdud - ajam, automaatne ukseajam, lifti juhtimissüsteem, kabiini valgustus [10]

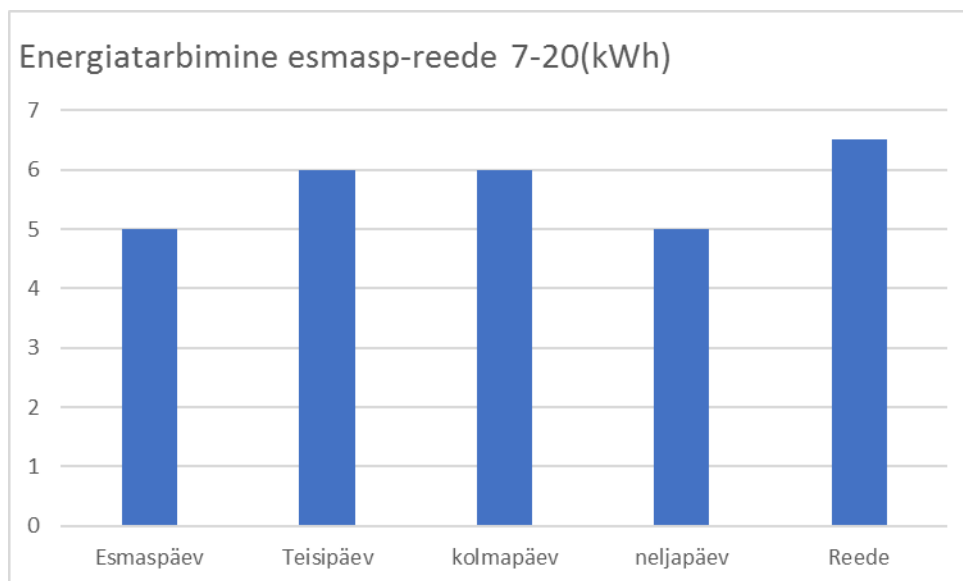
4.3 Katse tulemused

Elektriarvesti andmeid koguti viis päeva järjest.

Esmaspäevast reedeni kell 7-20.

- Esmaspäev(7-20)- 5kWh
- Teisipäev(7-20)- 6kWh
- Kolmapäev(7-20)- 6kWh
- Neljapäev(7-20)- 5 kWh
- Reede(7-20)- 6.5kWh

Kokku 5 päeva jooksul tarbitud energia hulk 18,5kWh, kella 7-20.



Joonis 4.1 Energiatarbimise inimeste kohta

Joonisel 4.1 on kirjeldatud lifti energiatarbimine Esmaspäevast-Reedeni. Keskmine elektritarbimine oli 5.75 kWh päevas, mis ei ole nii palju. Arvutades, astane energiatarbimine on 2098 kWh aastas.

4.4 Katse kokkuvõte

Keskendunud lifti kasutavate inimeste arvu statistikale ja lifti energiatarbimise statistikale, võib teha järeldust.

- Perioodi jooksul sõitude arv: 721
- Perioodi jooksul kasutatud elektrienergia: 18.5kWh
- Energia tarve ühe sõidu kohta: 25.5Wh

Lifti käivitusvoolud käivitamise hetkel on väga suured, seda saab jälgida loenduri kettaga, mis pöörleb väga kiiresti mitu sekundit. Pärast seda, kui vints on saavutanud töökiiruse, pöörleb loenduri ketas väga aeglaselt. Lifti sihtkorrusele lähenedes, läheb vints madalale kiirusele ja loenduri ketas pöörleb veidi kiiremini, kuna lifti energiatarve madalal kiirusel liikumisel on veidi suurem kui suurel kiirusel. Ooterežiimis töötav lift, on energiatarbimise kaasatud kabiini valgustus ja juhtsüsteemi toitetugi. Lifti energiatarve ooterežiimis on väga väike, loenduri ketas pöörleb väga aeglaselt, see on silmale vaevumärgatav. Katse eesmärgid on saavutatud. Katse näitab, et lift ei kuluta palju energiat.

5 ENERGIATARBIMISE SÕLTUVUS KABINIS VIIBIVATE INIMESTE ARVUST

5.1 Katse eesmärgid ja ülesandeid

Lift on mõeldud kandevõimele 320 kg. Kabiinis on lubatud maksimaalselt 4 inimest. Teeme järelalus, et üks inimene peab kaaluda 80kg. Peab tegema 10 katset.

Eesmärk- Mõõta lifti energiatarbimist, kui kabiinis on erinev inimeste arv.

Ülesanne:

- Leida 4 inimest, kes kaaluvad 80 kg
- Peab tegema 10 katset
- Arvutada energiatarbimise 1 sõitu kohta
- Teha kokkuvõtte saadud andmete kohta

5.2 Katse kirjeldus

Kutsuti 4 inimest, üks oli masinaruumis ja kogus andmeid elektriarvestist. Esimene kogemus oli lifti energiakulu mõõtmine, kui kabiinis pole inimesi. Seega tehti kaks mõõtmist, kui lift sõidab 9. korruselt 1. korrusele ja 1. korruselt 9. korrusele. Seejärel sisenes üks inimene liftikabiini ja läks 9-st esimesele ja 1-st 9. korrusele. Siis olid 2 inimest lifti kabiinis ja läksid 9-lt esimesele ja 1-9 korrusele. Siis olid 3 inimest liftikabiinis ja läksid 9-lt esimesele ja 1-9 korrusele. Siis olid 4 inimest liftikabiinis ja läksid 9-st esimesele ja 1-9 korrusele. Kõigi katsete teostamisel salvestas masinaruumis viibinud ja elektriarvestit jälginud inimene arvestile ketta pöörete arvu. Elektriarvestil on tehasest pärit märk, mille järgi oli hästi aru saada, mitu pööret ketas teeb. Elektriarvesti kirjelduses on kirjutatud, et ketta 75 pööret on 1kWh tarbitud energiast.

5.3 Katse ajal saadud andmed

Kui liftikabinis puuduvad inimesed

- Lift läks üheksandalt korruselt esimesele korrusele- ketta 2 pööret (26Wh)
- lift läks esimeselt korruselt üheksandale korrusele- ketta 1 pöörd (13Wh)

Kui liftikabinis üks inimene

- Lift läks üheksandalt korruselt esimesele korrusele- ketta 2,5 pööret (33Wh)
- lift läks esimeselt korruselt üheksandale korrusele- ketta 1,25 pööret (16Wh)

Kui liftikabinis kaks inimest

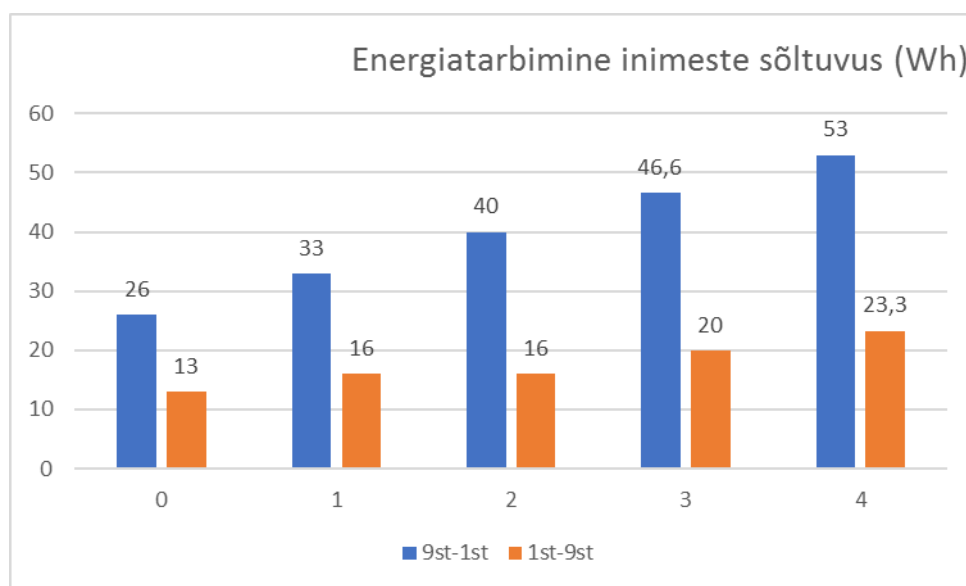
- Lift läks üheksandalt korruselt esimesele korrusele- ketta 3 pööret (40Wh)
- lift läks esimeselt korruselt üheksandale korrusele- ketta 1,25 pööret (16Wh)

Kui liftikabiinis kolm inimest

- Lift läks üheksandalt korruselt esimesele korrusele- ketta 3,5 pööret (46.6Wh)
- lift läks esimeselt korruselt üheksandale korrusele- ketta 1,5 pööret (20Wh)

Kui liftikabinis on neli inimest

- Lift läks üheksandalt korruselt esimesele korrusele- ketta 4 pööret (53Wh)
- lift läks esimeselt korruselt üheksandale korrusele- ketta 1,75 pööret (23.3Wh)



Graafik 5.1 Elektritarbimise sõltuvus inimeste arvust

Graafikus 5.1 on näidatud kuidas muutub lifti energiatarbimine kabiinis viibivate inimestega.

5.4 Katse kokuvõte

Lift on projekteeritud niipidi, et lifti vastukaal on raskem kui liftikabiin. Vastukaal on mõeldud kabiini massi ja osaliselt veetava kauba massi tasakaalustamiseks. Ilma vastukaaluta kulutaks lifti mootor palju energiat kabiini tõstmisele ning laskumisel neelaksid kogu selle energia pidurid, soojendades ja kulutades. Lihtsate sõnadega, kui lift tõuseb, kulub vähem energiat. Ja seda näeme katses, olenemata sellest, kui palju inimesi liftikabiinis on, kulub lifti alt üles liigutamiseks vähem energiat kui ülalt alla liikumiseks. Eksperiment näitas meile, et energiatarbimine sõltub liftikabiinis viibivate reisijate arvust. Katse tulemuseks võime lugeda sõltuvust mida rohkem reisijaid liftikabiinis seda suurem lifti energiakulu. [1]

6 LIFTI KASUTUSKLASIFIKATSIOONI HINDAMINE

lifti energia efektiivsuse ning liikumise kinemaatilised parameetrid saab saada kätte firmade käest. Näiteks lift, mis asub TalTech Virumaa Kolledžist on sedavõrd vana, et energiaklassifikatsiooni infot selle kohta firmas ei ole. Saab teha tehaseinseneridele päringu, et äkki neil on paremat infot jagada. Nüüd olemas analoogsed, aga uuemad liftid. Saab anda info analoogse ning uuema lifti kohta. Aga võib arvestada, et vanema lifti energiaefektiivsus on mõnevõrra kehvem. Kõige vanemad liftid, mille kohta olemas firmas võimalik energiakalkulatsioon teha, see on aastast 2018 (Kolledži lift on aastast 2012). Kui võimalikult sarnase 2018 versiooni analoogi teha, siis tulemus ISO 25745-2 standardi järgi on sõltuvalt lifti kasutuskategooria järgi kas B või C. Ei ole informatsiooni kui palju hoones liftikasutus on, aga ilmselt vastab see kasutuskategooriale 2 või 3.

Tabel 6.1. Lifti Kasutuskategooria ISO 25745 vastavalt [ISO 25745]

Kasutuskategooria	2	3
Liftikasutus	Madal	Keskmine
Reiside arv ööpäevas (tüüpiline vahemik)	125 (75-200)	300 (200-500)
Tüüpiline ehitus ja kasutus	Elamu kuni 20 eluruumi Väike kontor Väike hotell Kontor koos autoparkla Üldine autoparkla Raudteejaam Raamatukogu Meelelahutuskeskus Staadion	Elamu kuni 50 eluruumi Keskmine kontor kuni 10 korrust Keskmine hotell Lennujaam Ülikool Väike haigla Kaubanduskeskus
Nimikiirus	1,00 m/s	1,6 m/s

Kontrollime seda, kasutades programmi MatLab keskkonnas. Joonisel (6.2) on esitatud arvutuste tulemused, energiaklassifikatsiooni kontrollimiseks.

Tabel 6.2. Lifti jõudluse klassid erinevates režiimis

Lifti jõudluse klass tühijooksu režiimis	Jõudluse klass Ootuse režiimis 5 min	Jõudluse klass Ootuse režiimis 30 min	Jõudluse klass liikumisel
2	2	1	3

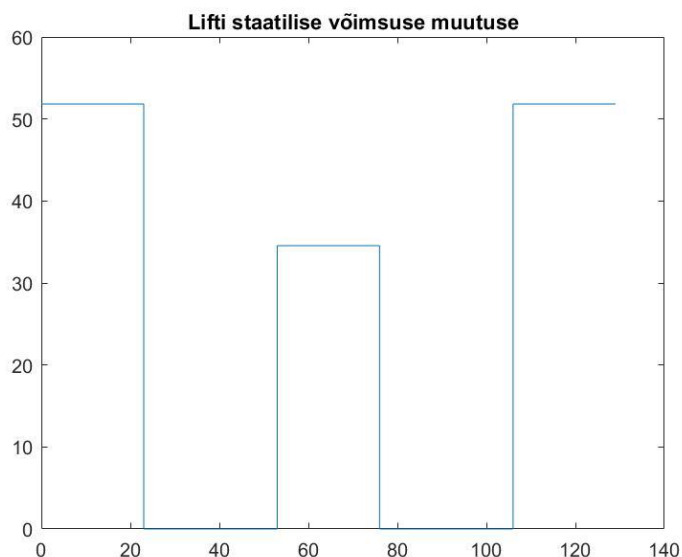
Tabel 6.3. Lifti energiaklassifikatsioon C

ISO 25745 Energiaklassifikatsioon	Aastane energiatarbimise kWh/aasta	Aastane Energiatarbimise kulutuse, €	Kasutuskategooria
C	1239	198	3

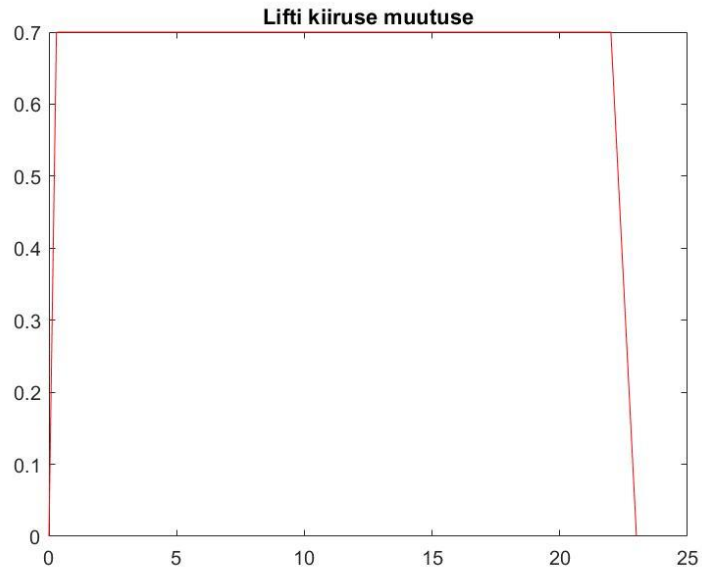
Tabel 6.4. Lifti energiaklassifikatsioon B

ISO 25745 energiaklassifikatsioon	Aastane energiatarbimise kWh/aasta	Aastane Energiatarbimise kulutuse, €	Kasutuskategooria
B	920	147	2

Arvutuste õigsuse kontrollimiseks kasutame Tabelid 6.2.- 6-4. MatLabi programmi järgi saame saamasugused tulemused



Joonis 6.1. Lifti mudeli staatilise võimsuse muutuse



Joonis 6.2. Lifti mudeli kiiruse muutuse kuuendale korrusele sõiduks

Arvutatud Aastane energiatarbimise on 907 kWh/aastas

```
% Liftiga Energia terbimine %
% 1. Täiskabiini tõstmisel, Lift liigub ülesse
Mk=590 %kg
```

Mk = 590

```
N=8 %tõstetava nimilasti kaal
```

N = 8

```
n=900 %mootori pöörlemiskiirus
```

n = 900

```
vk=1.0 %lifti nimikiirus
```

vk = 1

```
eta=0.96 % lifti vintsi kasutegur
```

eta = 9.600000000000000e-01

```
alpha=0.4:0.1:0.6 % tasakaalustegur
```

alpha = 1x3

0.4000 0.5000 0.6000

```
alphamax=max(alpha)
```

alphamax = 6.000000000000000e-01

```
D=0.9 % trossiratas
```

$$D = 9.000000000000000e-01$$

k=34 % reduktori ülekanearv

$$k = 34$$

m=N*80 % tõstetava nimilaste mass

$$m = 640$$

g=9.82 % raskuskiirendus

$$g = 9.820000000000000e+00$$

Mp=750 % vastukaalu mass

$$M_p = 750$$

H=18 % kuuendale korrusele sõiduks kõrgus

$$H = 18$$

au=((Mp-Mk-m)*g)/(Mk+m+Mp)% ülesse liikumisel, kiirendus käivitusel ja pidurdusel

$$a_u = -2.380606060606061e+00$$

aa=((-Mp+Mk+m)*g)/(Mk+m+Mp)% alla liikumisel

$$a_a = 2.380606060606061e+00$$

t=[0,0.2940,1:2:48]

$$t = 1 \times 26$$

0 0.2940 1.0000 3.0000 5.0000 7.0000 9.0000 ...

t25=t(25)

$$t_{25} = 45$$

v=[aa*t(1),aa*t(2),vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk,vk-aa*t(1),vk-aa*t(2)]

$$v = 1 \times 26$$

0 0.6999 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 ...

Tu=(Mk+m)*au+(Mk+m)*g, Ta=(Mk+m)*g-(Mk+m)*aa% tõmbejõud

$$T_u = 9.150454545454546e+03$$

$$T_a = 9.150454545454546e+03$$

t0=30 % s; aeg ootuse režiimis

$$t_0 = 30$$


```
Pootus=0.3*220+0.22*220+0.22*220
```

```
Pootus = 1.6280000000000000e+02
```

```
t1=[0,t(25),t(25),t(25)+t0,t(25)+t0,t(25)+t0+t(25),t(25)+t0+t(25),t(25)+t0
+t(25)+t0,t(25)+t0+t(25)+t0,t(25)+t0+t(25)+t0+t(25)]
```

```
t1 = 1x10
```

```
0 45 45 75 75 120 120 150 150 195
```

```
Mu=Tu*D/2, Ma=Ta*D/2% jõumomendid
```

```
Mu = 4.117704545454546e+03
```

```
Ma = 4.117704545454546e+03
```

```
omega=2*pi*n/(60*k) % nurkkiirus
```

```
omega = 2.771993517873347e+00
```

```
T1=((1-alpha)*m*g*D)/(2*k*eta) % Täiskabiini tõstmisel koormusmoment
```

```
T1 = 1x3
```

```
51.9882 43.3235 34.6588
```

```
T0=(-alpha*m*g*D*eta)/(2*k) % Tühja kabiini tõstmisel koormusmoment
```

```
T0 = 1x3
```

```
-31.9416 -39.9270 -47.9124
```

```
% Langetusel
```

```
T11=((1-alpha)*m*g*D*eta)/(2*k) % Täiskabiini langetusel koormusmoment
```

```
T11 = 1x3
```

```
47.9124 39.9270 31.9416
```

```
T00=(-alpha*m*g*D)/(2*k*eta) % Tühja kabiini langetusel koormusmoment
```

```
T00 = 1x3
```

```
-34.6588 -43.3235 -51.9882
```

```
% Kui tõstetakse täislasti ja langetatakse tühja kabiini ning aeg on võrdsed
```

```
P1=(T1*omega)
```

```
P1 = 1x3
```

```
144.1111 120.0925 96.0740
```

```
P1max=max(P1)
```

```
P1max = 1.441110512409685e+02
```

```
P00=(T00*omega) % staatilised võimsused
```

```
P00 = 1x3
```

```
 -96.0740 -120.0925 -144.1111
```

```
P00max=max(P00)
```

```
P00max = -9.607403416064567e+01
```

```
%Koormusmomentidest sõltuv efektiivne võimsus
```

```
Ps=sqrt((t25*P1max^2+t25*P00max^2)/(t25+2*alphamax*t0+t25))
```

```
Ps = 1.035067546617093e+02
```

```
Pkoormus=[P1max,P1max,0,0,abs(P00max),abs(P00max),0,0,P1max,P1max]
```

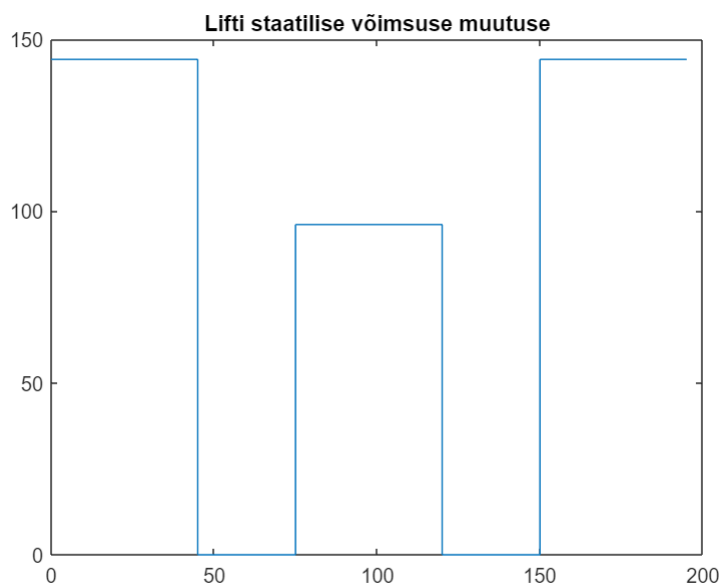
```
Pkoormus = 1x10
```

```
 144.1111 144.1111 0 0 96.0740 96.0740 0 ...
```

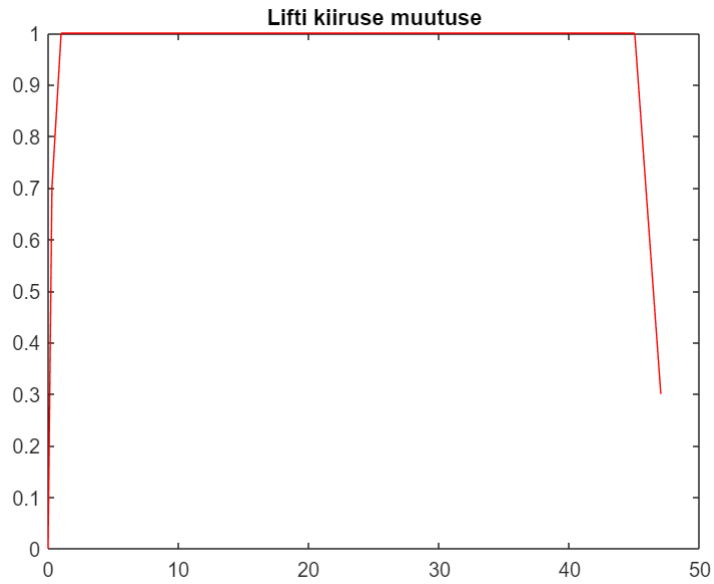
```
Es=Ps*365*24
```

```
Es = 9.067191708365731e+05
```

```
figure  
plot(t1,Pkoormus)  
title('Lifti staatilise võimsuse muutuse')
```



```
figure  
plot(t,v,'Color','red','LineStyle','-')  
title('Lifti kiiruse muutuse')
```



Standardi ISO 25745 põhjal tehti lifti kasutusklasifikatsiooni hindamise arvutused. Arvutused oli tehtud liftiga mis on saarnane Viiruma kolledžis paigaldatud liftiga, KONE MonoSpace. Arvestused tehti lifti mootorirežiimis, mis tähendab, et koormatud liftikabiin liigub üles ja tühi liftikabiin alla. Arvutuste õigsuse kontrollimiseks saadeti KONE ettevõttele päringu ja võrreldi saadud tulemustega (vt lisa 1). Tulemus ISO 25745-2 standardi järgi on sõltuvalt lifti kasutuskategooria järgi kas B või C, mis on samavõrd arvutusega

KOKKUVÕTE

Käsoleva lõputöö eesmärgiks on arvutada ja hinnata lifti energiatarbimist. Püstitati kolm põhieesmärki, uurida 9-korruselise maja elanike lifti kasutamise sagedust, saadud andmete põhjal koostati graafikut, oli arvutatud lifti energiatarbimise ja lõpuks oli välja arvutatud MatLabi keskkonnas kasutusklasifikatsioon.

Eesmärkide saavutamiseks, esiteks olid tehtud tabelid, kus on nähtav lifti kasutamise sagedust, uuringu periood oli esmaspäevast- reedeni kella 7.00 kuni 20.00. Uuringu tulemuste põhinemisel võib teha järelduse, millises ajavahemikus inimesed kõige rohkem kasutavad lifti, millisel päeval lifti kõige rohkem kasutatakse.

Arusaamiseks, kui palju energiat tarbib lift viidi läbi katset. Paigaldati masinaruumis elektriarvesti otse lifti elektriskeemisse. Mõõtmised tehti esmaspäevast reedeni kella 7.00 kuni 20.00. Siin võime järeldust teha, et energia tarve ühe sõidu kohta: 25.5Wh.

Järgmine samm oli küsimusele vastamine, kas sõltub lifti energiatarbimine kabiini viibivatest inimestest. Eksperiment näitas meile, et energiatarbimine sõltub liftikabiinis viibivate reisijate arvust. Sõltuvus seisneb selles, et mida rohkem reisijaid liftikabiinis on, seda suurem selle energiakulu. Olenemata sellest, kui palju inimesi liftikabiinis on, kulub lifti alt üles liigutamiseks vähem energiat kui ülalt alla liikumiseks, sest vastukaal on mõeldud kabiini massi ja osaliselt veetava kauba massi tasakaalustamiseks.

Viimaseks etapiks oli vaja hinnata lifti kasutusklasifikatsiooni. Tehes võimalikult sarnase 2018 versiooni analoogi, tulemus ISO 25745-2 standardi järgi on sõltuvalt lifti kasutuskategooria järgi kas B või C. Arvutuste õigsuse kontrollimiseks kasutame Tabelid 6.2 - 6.4, mis on võetud ISO 25745-2 standardist. Tegelikult saame järgmised tulemused, mis on esitatud MatLab programmi järgi.

Edaspidi on võimalik selle lõputöö abil simuleerida mudelit, mis näitab selgelt lifti kasutusklassi ja tarbitud võimsust sõltuvalt lifti koormusest ja liikumissuunast.

SUMMARY

The theme of this thesis is the calculation model for estimating the energy consumption of an elevator.

The purpose was to calculate and evaluate the energy consumption of elevators.

To complete this thesis, it was necessary to understand how many people an elevator, and how much energy it consumes in normal operation. This includes, whether the energy consumption depends on the number of passengers in the cabin and the direction of movement of the elevator.

In the course of this thesis, an electricity meter was installed in the elevator machine room. The frequency of use by people was studied. Two experiments were carried out to answer the question "does the energy consumption, therefore, depend on the number of people in the elevator cabin and its direction of movement, as well as the experience of the actual energy consumption of the elevator?".

The elevator usage class was calculated based on ISO 25745. To verify the correctness of the calculations, a request was sent to AS Kone, which sent a response on the elevator usage class at Viruma College.

Based on the calculations and experiments, we can conclude that the goals and objectives of the thesis work have been achieved. In the future, this thesis can be used to simulate a model that will clearly show the class of use of the elevator and the amount of power consumed depending on the load of the elevator and its direction of movement

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Rain Lahtmets, „Tehnoloogia ja ajamid“, Talinn, 2008 [Kaasutatud 04.05.2022]
- [2] M.G.Brodski, I.M.Vishnevshki, J.V.Greiman, „Liftide ohutu töö“, Moskvam, 1975 [Kaasutatud 04.05.2022]
- [3] Loendurid ja näidud, „Lifti elektriarestid“, 2021. Saadaval: <https://lemzspb.ru/schetchiki-elektroenergii-dlya-lifta/> [Kaasutatud 10.05.2022]
- [4] ГОСТ Р 54764-2011, „Liftid ja eskalaatorid. Energiatõhusus“, Moskva, 2021, Saadaval: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293794/4293794779.pdf> [Kaasutatud 11.05.2022]
- [5] Shahnawaz Ahmed, Asif Iqbal, Rashed Sarwar, Md. Sayeed Salam, “Modeling the energy consumption of a lift”, Bangladesh, 2013 [Kaasutatud 14.05.2022]
- [6] LiftKit, „Lifti peamised töörežiimid: omadused“, Moskva, 2020, Saadaval: http://liftcomplete.ru/auxpage_blog_osnovnye-rezhimy-raboty-lifta/ [Kaasutatud 15.05.2022]
- [7] Mogilevi liftitehas, „Reisilifti pass“, NSVL, 1988, [Kaasutatud: 10.05.2022]
- [8] Mõõtevahendite ja süsteemide teabe kokkuvõte, “Lifti elektriarestid“, Peterburi, 2021, Saadaval: https://lemzspb.ru/schetchiki-elektroenergii-dlya-lifta/#google_vignette [Kaasutatud: 14.05.2022]
- [9] Tatarstani Vabariigi riiklikud komiteed, „Mis on elektriaresti?“, Tatarstan, 2021 Saadaval: <https://kt.tatarstan.ru/1223222.htm> Kaasutatud [14.05.2022]
- [10] Riikidevaheline standard, „Liftid. Tingimused ja määratlused“, Moskva, 2017, Saadaval: <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/33605-2015> [Kaasutatud 20.05.2022]
- [11] Vene keele võõrsõnade sõnastik, „Statistika“, Saadaval: <http://surl.li/cbznz>, [Kaasutatud: 14.05.2022]

LISA 1

AS Kone müügijuhi vaastus

Tere.

Kirjutan teile seoses teie päringuga, mille meie kodulehe kaudu olete teinud. Soovisite lifti energiaefektiivsuse ning liikumise kinemaatilised parameetrid.

Teie lift on sedavõrd vana, et energiaklassifikatsiooni infot selle kohta mul ei ole. Ma tegin ka tehaseinseneridele päringu, et äkki neil on paremat infot jagada.

Seniks püüan aga anda info analoogse aga uuema lifti kohta. Siin võib arvestada, et vanema lifti energiaefektiivsus on mõnevõrra kehvem. Kõige vanemad liftid, mille kohta mul on võimalik energiakalkulatsioone teha on aastast 2018 (teie lift on aastast 2012). Kui ma püüan võimalikult sarnase 2018 versiooni analoogi teha, siis tulemus ISO 25745-2 standardi järgi on sõltuvalt lifti kasutuskategooria järgi kas B või C. Ma ei tea kui suur teie hoones liftikasutus on, aga ilmselt vastab see kasutuskategooriale 2 või 3.

ISO 25745-2 Energy performances



SINGLE UNIT ELEVATOR ANALYSIS

Idle Performance Level	Stand-by 5 Performance Level	Stand-by 30 Performance Level	Running Performance Level
2	2	1	3

ISO 25745 Class(Expected)	ISO Annual Energy Consumption [kWh/year]	ISO 25745 Annual Expenditure for Electricity[€]	Specific Usage Category
C	1239	198	3

(1) NOTE: Calculated with ISO 25745-2 methodology

The results of the EnerCal energy calculation tool are based on the typical energy consumption of KONE products. The results are KONE's best estimates of the annual energy consumption, but the real-life values may vary depending on the actual installation. The result of embodied carbon is based on a typical configuration of the product as estimated in KONE's third-party verified LCA calculations. The emission result in EnerCal do not consider all the project-specific circumstances. KONE does not give any representations or warranties that these calculations are accurate or correct and shall not be liable for any possible damage arising in connection with the use of these calculations.

3 20 May 2022

Confidential | © KONE Corporation

ISO 25745-2 Energy performances

SINGLE UNIT ELEVATOR ANALYSIS



Idle Performance Level	Stand-by 5 Performance Level	Stand-by 30 Performance Level	Running Performance Level
2	2	1	3

ISO 25745 Class(Expected)	ISO Annual Energy Consumption [kWh/year]	ISO 25745 Annual Expenditure for Electricity[€]	Specific Usage Category
B	920	147	2

Usage Categories according to ISO 25745

Usage Category	1	2	3	4	5	6
Usage intensity/frequency	Very low	Low	Medium	High	Very High	Extremely High
Number of Trips Per day(nd) typical range	50 (<=75)	125 (75- 200)	300 (200-500)	750 (500-1000)	1500(>1000)	2500(>2000)
Typical buildings and usage	<ul style="list-style-type: none"> residential building up to 6 dwellings(360) residential care home (360) small office or administrative building with few operations (260) suburban railway stations (360) 	<ul style="list-style-type: none"> residential building up to 20 dwellings(360) small office or administrative building with 2 to 5 floors(260) small hotels(360) office car parks (260) general car parks (360) main line railway stations (360) library(6) entertainment centres (360) stadia (intermittent) 	<ul style="list-style-type: none"> residential building with up to 50 dwellings(360) medium-sized office or administrative building with up to 10 floors(260) medium sized hotels(360) airports (360) university (260) small hospital(360) shopping centre(360) 	<ul style="list-style-type: none"> residential building with more than 50 dwellings(360) large office or administrative building with more than 10 floors (360) large hotel(360) 	<ul style="list-style-type: none"> very large Office or administrative building over 100m height (260) 	<ul style="list-style-type: none"> very large Office or administrative building over 100m height (260)
Typical rated speed	0.63m/s	1.00m/s	1.60m/s	2.50m/s	5.00m/s	5.00m/s