

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Majandusanalüüsi ja rahanduse ja instituut

Ksenia Tšernova

**SÄÄSTVAD EHTUSLAHENDUSED KUI INVESTEERINGU
TOOTLUSE MÕJUR**

Bakalaureusetöö

Õppekava TAAB02/15, peeriala keskkonna- ja säästva arengu ökonomika

Juhendaja: Jelena Rõbakova, lektor

Tallinn 2020

Deklareerin, et olen koostanud töö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 6540 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Ksenia Tšernova

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 164735

Üliõpilase e-posti aadress: kseniatsernova@gmail.com

Juhendaja: Jelena Rõbakova, lektor

Töö vastab uurimistööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	5
SISSEJUHATUS	6
1 ENERGIATÕHUSUS	8
1.1 Energiatõhususe potentsiaal.....	9
1.1.1 Elektri kasutamine	10
1.1.2 Küttesüsteemid	12
1.1.3 Taastuenergia kasutamine.....	12
1.2 Energiatõhususe tõstmisega kaasnevad tõrked	12
1.3 OECD uuringud, Euroopa Liidu direktiivid ja Eesti seadusandlus	14
1.3.1 OECD	14
1.3.2 Euroopa Liidu direktiivid	15
1.3.3 Eesti seadusandlus	16
1.3.4 Olukord Eestis	17
1.4 Investeeringud energiatõhususse	18
1.4.1 Energiatõhususe investeerimisprotsess ja selle eripärad	19
2 ANDMED JA METOODIKA	21
2.1 Intervjuu.....	21
2.2 Vaatlusandmed.....	24
2.2.1 Taastuenergia osakaal.....	25
2.2.2 Keskmise energia hind äritarbijale.....	26
2.2.3 Rekonstrueerimistöde hinnaindeks.....	27
2.2.4 Soojusenergia maksumus	27
2.2.5 Elektrienergia maksumus	28
2.3 Metoodika	29
2.3.1 Aegread.....	29
2.3.2 Vähimruutude meetod	31
3 ANALÜÜS JA TULEMUSED	33
3.1 Esialgne mudel.....	33
3.2 Lõplik mudel.....	34
3.3 Mudeli testimine	35
3.4 Järeldused ja ettepanekud	36
KOKKUVÕTE	37
SUMMARY	39
4 KASUTATUD ALLIKAD	41
LISAD	44
Lisa 1. Intervjuu plaan	44

Lisa 2. Bakalaureustöös kasutatud andmed	46
Lisa 3. Esialgne mudel OLS	47
Lisa 4. Esialgne mudel peale 1. järku diferentsi võtmist.....	48
Lisa 5. Korrelatsioonimaatriks	49
Lisa 6. Lõplik mudel.....	50
Lisa 7. Breusch-Godfrey test lõpliku mudeli jaoks	51
Lisa 8. White's test. Lõpliku mudeli heteroskedatiivsuse testimine	52
Lisa 9. Doornik-Hanseni test. Jääkliikmete normaaljaotuse testimine.....	53
Lisa 10. Ramsey RESET-test	54
Lisa 11. Lihtlitsents	55

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada, kas ja mis määral säästvad ehituslahendused mõjutavad investeringu tootlust.

Eesmärgi saavutamiseks on uurimistöös kasutatud 2 uurimismeetodit. Esiteks, oli läbi viidud poolstruktureeritud süvaintervjuu koos energiatõhususe investeeriva ettevõtte esindajaga. Intervjuu eesmärk on saada praktiline näid ja teha ülevaade Eestis tegutseva ettevõtte energiasäästlikest võimalustest. Teiseks uurimismeetodiks on empiiriline analüüs. Uurimistöös on kasutatud regressioonanalüüs, mis annab võimalust leida parameetrite vahelise seose ja teha järeldused.

Uuringus selgus, et taastuenergia tarbimise osakaal sõltub rekonstrueerimistööde hinnaindeksist. Regressioonanalüüs kinnitas, et koos rekonstrueerimistööde hinnaindeksi suurenemisega ehk tööjõukulu, ehitusmasinate ja -materjalide hinnatõusuga kahaneb taastuenergia osakaal.

Võtmesõnad: Energiatõhusus, säästvad ehituslahendused, keskkonnasõbralikkus, investeringu tootlus, kvalitatiivne meetod, kvantitatiivne meetod

SISSEJUHATUS

Energiatarbimise efektiivsus jääb XXI sajandil üheks globalseks probleemiks. Üheks ÜRO poolt esitatud säästva arengu eesmärgiks ongi jätkusuutliku energia tagamine. Riigi keskkonnapoliitika on suunatud energiatõhususe suurendamisele, õhu-, vee- ja maapindade saastamise vähendamisele ning teiste keskkonnaprobleemide lahendamisele. Tänapäeval suurem osa energia kogutarbimisest kuulub hoonetele – nende soojustamisele ja elektrikasutusele. Hoonete kütte- ja elektritarbimine sõltub otseselt kliimast ja asukohast, hoone tegevusvaldkonnast ja selle suurusel ning paljudest muudest teguritest. Seoses sellega, Eestis ja paljudes teistes riikides on rakendatud seadused ja määrused, mille abil on võimalik mõjutada ehitustehnoloogiaid ja -protsesse korrigeerides energiatõhusust. Nõuded on rakendatud mitte ainult uute hoonete ehitamisele, kuid ka vanade hoonete rekonstrueerimisele. Peale selle, teatud juhtudel on võimalik kasutada toetusüsteemi, näiteks, rahaline toetus taastuvenergia süsteemide rajamisel. Võrreldes teiste Euroopa Liidu riikidega, taastuvenergia osakaal on Eestis küllaltki kõrge ning vastavalt Eesti Statistikaameti andmetele aastal 2017 moodustas 29,1% lõpptarbimisest ehk võrreldes 2007. aastaga on kasvanud 12% võrra.

Bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada, kuidas rekonstrueerimistöde kulud, energiamaksumus ja -hind mõjutavad energiatõhususe potentsiaali äri sektori näitel.

Peamised uurimisküsimused on:

1. Missugused näitajad ja mil määral avaldavad mõju energiatõhususe tõstmise potentsiaalile?
2. Millised säästvad ehituslahendused on tänapäeval Eestis aktuaalsed, kättesaadavad ja enim kasutatud?
3. Millised tõkked ja probleemid kaasnevad energiapotentsiaali tõstmise protsessis?
4. Kuidas on võimalik vanadel hoonetel energiatõhusust tõsta? Missugused kulud ja tulud sellega kaasnevad?

Käesoleva töö tulemuseks on püstitatud hüpoteeside tõestamine/ümberlükkamine, uurimisküsimustele vastamine, empiirilise analüüsi tõlgendamine ja järelduste tegemine. Uuring on samuti aktuaalne äritarbijate jaoks. See töö võiks olla abimaterjaliks kinnisvara soetamisel või hoone renoveerimisel.

Hüpoteesid:

- H1. Taastuvenergia tarbimise osakaal energia lõpptarbimises sõltub energiahinnast ja ehitusmaksumusest;
- H2. Rekonstrueerimistöodega kaasnevate kulude suurenemisega kahaneb energiatõhususe potentsiaal;
- H3. Soojusenergia maksumus ei avalda mõju energiatõhususe potentsiaalile;
- H4. Energiasäästvate ehituslahenduste rakendamine on kõrge tootlusega investeering.

Käesolevas uuringus on kasutatud 2 peamist uurimismeetodit. Esiteks, oli läbi viidud intervjuu energiatõhususse investeeriva ettevõtte esindajaga. Intervjuu eesmärk on saada praktiline näide ja teha ülevaade Eestis tegutseva ettevõtte energiasäästlikutest võimalustest. Teiseks uurimismeetodiks on empiiriline analüüs. Uurimistöös on kasutatud regressioonanalüüs, mis annab võimalust leida parameetrite vahelist seost ning teha järeldusi.

Lõputöö koosneb kolmest osast. Esimene osa hõlmab teoreetiliste allikate kokkuvõtet. Selles osas antakse ülevaade teaduslikest artiklitest, Eesti seadusandlusest (hoonete energiatõhususe nõuded), Euroopa Liidu direktiividest, rahvusvaheluste organisatsioonide uuringutest. Lisaks, tehakse ülevaade Eestis toimuva olukorra ja tuleviku arengukava kohta. Teises osas kirjeldatakse läbi viidud intervjuu tulemuste kokkuvõtet. Kolmandas osas tehakse empiiriline analüüs ja koostatakse regressioonmudeli, tuginedes läbiviidud analüüsi tehakse järeldused ja ettepanekud.

1 ENERGIATÕHUSUS

Energiatarbimise kiire kasvu tõttu, energiasääst ja süsiniku heide on aktuaalne probleem linnades. Tänapäeval eristatakse 4 peamist energia lõpptarbimise sektorit: tööstus, transport, era- ja äriktor. 1990. aastatel suuremaks süsihappegaasi emissiooni allikaks oli tööstussektor. Näiteks, kahjulike heitmete kogus oli põhjustatud toorainete põletamisega, kusjuures tehnoloogiline areng oli veel edasi jõudnud. Aastaks 2014. koos tehnoloogilise arenguga, tööstussektorist saadud heitgaaside kogus vähenes viiekordselt. Samal ajal koos rahvastiku kasvuga, suurenes energiatarbimine era- ja äriktoris, mis said praegu peamiseks õhusaastjaks. (Xiang Z., Yin Y., He Y., 2018) Tuginedes Energia Informatsiooni Administratsiooni (EIA) andmetele on maailma keskmine era- ja äriktori energiatarbimise juurdekasv oli ligikaudu 8%, mis on tingitud arengumaade energia lõpptarbimise kasvuga. Arvestades arenenud riikide kogemust, saab väita et selline trend jätkub koos SKP kasvuga. Tuginedes sellele, on oluline arvesse võtma ka energiatõhusust ja säästvad ehituslahendused. (Xiang Z., Yin Y., He Y., 2018)

Kaasaegsed ehitustehnoloogiad lubavad rajada madalama energiatarbimisega ehitisi. Hoonete energiatõhususe tõstmise projektid käsitletakse enamasti kahelt poolt. Ühelt poolt on ehitised füüsilised subjektid. Seega saab väita, et energiatarbimine sõltub ehitusmaterjalidest. On tõendatud, et need tunnused avaldavad mõju hoone kasutuseale. Samuti oluliseks tunnuseks on arhitektuurne projekteerimine. Hoone kuju ja selle kõrgus (Godoy-Shimizu D., Steadman P., Hamilton I., Donn M., Evans. S., Moreno G., Shayesteh H., 2018) ning maapindala ja hoone kogumahu suhe on kõige olulisemad tegurid, mis mõjutavad hoone energiatõhusust. (Xiang Z., Yin Y., He Y., 2018)

Hoone eksploatatsiooniga seotud küsimused mängivad suuremat rolli energiatarbimises. Siia kuuluvad, näiteks, kütte-, jahutus-, valgus- ja ventilatsioonsüsteem ning elekter. Viimased hoonete energiatarbimise nõuded on suunatud energiatõhususe tõstmisele kahel moel. Esimeseks võimaluseks on suuremas osas taastuenergia kasutamine ja/või uue energia tarbimissüsteemi rajamine või modifitseerimine. Näiteks, energiasäästvate seadmete kasutamine. Energiasäästva

valgustuse kasutamine tõstab üldist hoone energiatõhusust. Teine võimalus hoone energiatõhusust tõsta on tarbimisstruktuuri muutmine. Energiasäästva tarbimise toetamine tõstab üldist energiatõhusust. Seega toetuse või kompensatsiooni saamine saab innustada energiasäästvaid lahendusi kasutada. Peale selle, üheks oluliseks teguriks on ehitise kasutamise otstarve. Iga kasutusviis otseselt mõjutab energiatarbimisele. (Ibid)

Vaatamata teoreetilistele lähtekohtadele, energiatõhusa tarbimissüsteemi rajamine on keeruline protsess, mis peab põhinema mitte ainult tehnoloogilisel arengul vaid ka tarbijate käitumise muutusele. Tänapäeval on suhteliselt keeruline mõjutada just viimast tegurit, kuna inimese käitumine ja energiatarbimise vajadus on tihedalt seotud elutasemest ja heaolust. Selleks, et mõõta inimese heaolu kasutatakse erinevaid meetodeid. Näiteks, majanduslikult on inimese heaolu seotud tema ostuvõimega ja üldise tarbimisega. Tuginedes sellele saab teha järelduse, et just nende tegurite koosmõjus on võimalik mõjutada energiatõhusust. Energiatõhususe potentsiaali tõstmiseks kasutatakse poliitilised vahendid (Labanca N. ; Bertoldi P., 2018), mis mõjutavad individuaalset käitumist, et tagada jätkusuutlikku energiatarbimist. Selline printsiip põhineb ideel, et läbi hindade ja strateegiate muutuseid võib avaldada mõju individuaalsele käitumisele.

1.1 Energiatõhususe potentsiaal

Energianõudluse kasv, mis on põhjustatud SKP kasvuga, sõltub majanduse energiamahutavuse arengust. Energiamahutavust saab käsitleda kui energia lõpptarbimine SKP ühiku kohta. Majanduses omab energiamahutavus negatiivset trendi ajalikus perspektiivis. Muutused energiatarbimises võivad olla tingitud mitmetest teguritest, näiteks: (Graus W., Blomen E, Worrell E., 2011)

- Energiatõhususe autonoomne suurenemine, mis on tingitud tehnoloogia arengust. Iga uus seadmete põlvkond on tõenäoliselt eelmisest energiasäästlikum.
- Energiatõhususe parandamine poliitika tulemusel, mille tulemusel ettevõtjad muudavad oma käitumist ja investeerivad energiatõhusamatesse tehnoloogiatesse või parandavad energiahaldust.
- Struktuursed muutused, mille tagajärjeks võib olla nii negatiivne kui ka positiivne mõju energiatõhususele. Negatiivseks mõjuks on võimalik nimetada, näiteks, üleminekut

energiamahukatele seadmetele tööstusvaldkonnas. Samuti, kui riigi majandus on keskendunud ühes valdkonnas, siis koos SKP kasvuga muutub ka energiatõhusus selles valdavas valdkonnas.

Hoonetes tarbitav energia moodustab ligikaudu 40% kogu maailma energia lõpptarbimisest. Elamute osakaal kinnisvaraturul on kõige suurem ehk vastavalt teatud piirkonnale moodustab ehitiste energianõudlustest 50–80%, millele järgnevad ärihooned (10–50%) ja põllumajandus (1–10%). Energiatõhususe potentsiaal arvutatakse iga energiatarbimise tüübi kohta: kütus ja soojus (ruumi soojendamine, toiduvalmistamine, kuuma vee kasutamine), elektritarbimine (valgustus, varuenergia, külmseadmed, muud seadmed ja kliimaseadmed). (Ibid)

Selleks, et piirata hoone energiavajadust kasutatakse erinevaid tehnoloogiaid: (Ibid)

- Madala emissioonikattega kolmekordse klaasiga aknad. Sellised aknad, võrreldes ühekordse klaasiga akendega, vähendavad keskmiselt 40% soojuskadu.
- Katuste, seinte, põrandate ja keldrite soojustamine. Kvaliteetne soojustus saab vähendada keskmist energiavajadust 50% võrra, minimeerides kütte- ja jahutusvajadust.
- Passiivse päikeseenergia kasutamine. Taastuva energiaallika kasutamine võib vähendada energiavajadust mitmekordselt.

Euroopa Komisjon kehtestas 2010. aastal energiatõhususega seotud arengukava ja prognoosi. Viimased arengukavad on erinevad vastavalt ette nähtud perioodile: lühiajalised (kuni 2020. aastani), keskajalised (kuni 2030. aastani) ning pikaajalised (kuni 2050. aastani) eesmärgid. Samuti igas energeetika valdkonnas on esitatud erinevad eesmärgid. Järgmistes peatükkides (1.1.1 kuni 1.1.3) käsitletakse elektri kasutamise, küttesüsteemide ja taastuvenergiaallikate potentsiaali ning antakse ülevaade nende valdkondade kohta.

1.1.1 Elektri kasutamine

Elektritarbivad seadmed on jagatud erinevate tüüpide järgi: ooterežiimis kasutatavad seadmed (8%), valgustus (15%), jahutussüsteemid (15%), kodumasinad (30%), kliimaseade (8%) ja muud seadmed (24%). (Graus W., Blomen E, Worrell E., 2011)

Ooterežiimis kasutavad seadmed on need energiatarbed, mis töötavad pidevalt ja neid ei lülitata välja. Tihti need seadmed on madala energiatarbimisega ning just nende energiasääst on ligikaudselt 70%. Tänu tehnoloogia arengule on oodatud tulevikus energiasäästu potentsiaali tõsta kuni 80% aastaks 2050. (Ibid)

Kõik hoonetüübid on võimelised saavutada vähemalt 20% energiasäästu. Enim kasutatud energiasäästlikuks meetodiks on valgustite muutmine, kuna selle tasuvusaeg on kuni 3 aastat ning ei vaja suurt alginvesteeringut. (Santiago K.; Vazquez J.; Parrish K., 2016) Uuringud, mis käsitlevad valgustuse energiatarbimist, väidavad, et valgustusefektiivsus on nähtava valguse ja lambi võimsuse suhe. Sellist suhtarvu mõõdetakse lumenites vatti kohta (lm/W). Kuna tavakasutusel olevad lambid on enamasti valge valgusega, siis maksimaalne võimalik tõhusus valgete valgustite korral on 240 lm/W. Kuna valgustid on erinevad, siis vastavalt igal tüübile on omapärased nõuded. Aastaks 2050 prognoositakse vähendada maksimaalset valgustustõhususe piirväärtust kuni 100 lm/W. (Graus W., Blomen E, Worrell E., 2011)

Külmikute ja muude jahutusseadmete energiatarbimine on olulisel määral muutunud. Olukord on eriti paranenud arenenud riikides, sh Euroopa Liidus. Tänapäeval eelistatakse parema energiaklassi seadmeid. Näiteks, see tähendab, et A++ klassi külmiku keskmine energiatarbimine on 120 kW/t ehk on kaks korda vähem kui B klassi külmikul – 300 kW/t. Kuna külmiku ekspluatatsiooniga on keskmiselt 15 aastat, siis A++ klassi külmiku kasutamine säästab kuni 60% energiast ning seega säästab ka tarbija raha. Külmikute energiatarbimise potentsiaali prognoositakse järgmiselt: aastaks 2050 keskmine energiatarbimine on 72 kW/t. Kliimaseadmete energiatarbimise potentsiaal arvestab ka uute jahustehnoloogiate kasutamist. Eeldatakse, et aastaks 2050 kliimaseadmete energiatarbimine väheneb 20-25% võrra. (Ibid)

Kuna arenenud riikides on paljudel olemas ka muud energiakasutavad seadmed, siis on vaja rõhutada ka nende energiatarbimise potentsiaali. Kui eeldada, et peamised energiakasutavad seadmed on arvutid ja arvutitehnika, televiisorid, kus peamine energiatarbija on ekraan, siis just ekraani energiasäästu potentsiaal on oluline. Näiteks, kaasaegse keskmise arvuti monitori energiatarbimine on 12-18 W. Vanemate monitoride võimsus oli umbes 75-100 W. See tähendab, et kaasaegsed tehnoloogiad lubavad vähendada suhtarvu mitmekordselt. (Ibid)

1.1.2 Küttesüsteemid

Kütuse ja soojuse tarbimine moodustab 75% ehitiste lõplikust energianõudlust (sellest 52% primaarenergia vajadusest). Kütust ja soojust kasutatakse peamiselt sooja vee tootmiseks, toiduvalmistamiseks ja ruumide kütmiseks. Kütuse ja soojuse tarbimisest moodustab suurima osa ruumi kütmine, umbes 80%, millele järgnevad sooja vee tootmine (15%) ja toiduvalmistamine (5%). Ruumide kütmise energiatõhususe näitajaks on energiavajadus ühe pinna ruutmeetri kohta päevas ühe küttekraadi kohta. Küttepäevade piirväärtuse arvutamisel arvestatakse keskmist päevase temperatuuri, mis on alla 18°C. (Ibid)

1.1.3 Taastuenergia kasutamine

Taastuenergia allikate kasutamine muutub rohkem populaarsust, olulisust ja aktuaalsust viimastel aastatel. Seoses sellega, taastuenergia potentsiaal on väga kõrge ja seda on võimalik määratleda kolmel viisil – majanduslikult, tehniliselt ja teoreetiliselt. Potentsiaal sõltub otseselt piirkonnas olemasolevatest ressurssidest. (Eesti Keskkonnaühenduste Koda, 2012)

Enim kasutatud taastuenergia allikateks on Eestis päikesekollektorid, soojuspumbad, päikesepaneelid, sadeveesüsteemid, tuuleelektrijaamad. (Argo Rosin, 2013)

1.2 Energiatõhususe tõstmisega kaasnevad tõrked

Energiatõhususe tõstmisega kaasnevad tõrked on võimalik klassifitseerida mitmel moel. Mõnede autorite klassifikatsioonid võivad olla isegi vastuolus. Tõkkeid on võimalik jagada institutsionaalseteks, majanduslikeks, organisatsiooniliseks ja käitumuslikeks (Weber L, 1997) Samuti klassifitseeritakse struktuurseteks ja käitumuslikeks (Hirst E, Brown M., 1990) Seega ei ole ühist energiatõhususe tõkete klassifikatsiooni ning iga juhtumi jaoks võib klassifitseerida tõkkeid vastavalt vajadustele ja nõuetele.

Peamised energiatõhususe tõstmisega kaasnevad tõrked, mis on seotud majanduslike ja finantsaspektidega. on tasuvusperiood, energiahindade kõikumine, kapital, mitterahalise motivatsiooni puudus jms. Üldiselt saab kõiki tõkkeid jagada neljaks gruppiks: (Fresner J ; Krenn C ; Kleshchov A ; Tomasi F.2018)

1. Informatiivsed;
2. Süмптоomaatilised;

3. Strateegilised;
4. Peidetud

Eeldatakse, et paljud energiatõhususe investeeringud tuginevad vaid majandusliku kasumi saamise eesmärgiga. Seoses sellega peamiseks kriteeriumiks on siin tasuvusanalüüsi tulemused ehk investeeringu tasuvusaega. (Ibid)

Tasuvusaja arvutamisel võib kasutada järgmist valemit: (OÜ Trinity Capital, 2017)

$$Tasuvusaeg = \frac{Alginvesteering}{Investeeringu aastane sissetulev rahavoog}$$

Järgmise valemi kasutamine omab nii eeliseid kui ka puudusi. Peamiseks eeliseks on selle lihtsus. (Ibid) Kuid tasuvusperioodi arvutamisel lihtsustatud valemiga ei võimalda arvutada korrektselt suure kapitaliga investeeringu tasuvusaega. Sel juhul tasuvusaja arvutamisel jäävad riskide hinnangud ja investeerimisstrateegiad kajastamata. (Johannes Fresner, 2019) Sellest järeldub, et energiaefektiivsuse arvutamisel peab arvestama ka planeeritud tehnilist kättesaadavust. See tunnus mõjutab seadme energiatõhusust. Selle arvutamiseks kasutatakse järgmine võrrand (Kasprowicz R., Schulz C., 2015):

$$KS = \frac{PETV}{PETV + KHKA + KRKA}$$

Kus:

KS - kättesaadavus

PETV - periood eelmise ja tulevase vahel;

KHKA – keskmine hooldusele kuuluv aeg;

KRKA – keskmine remondile kuuluv aeg.

Kasutades ülaltoodud valemit, võib arvutada üldist seadme efektiivsust (Ibid):

$$SE = KS \times T \times KVM \times SEI$$

Kus:

SE – seadme üldine efektiivsus

KS – kättesaadavus;

T – tootlikkus

KVM – kvaliteedimäär

SEI – seadme eksploatatsiooniiga

Esimese lihtsustatud valemi modifitseerides saame, et energiatõhususe investeeringute tasuvusanalüüsis võib kasutada valemit, kus arvestatakse seadme efektiivsus. Järgmist valemit kasutamine võib abiks olla ettevõtte energiatõhususe projekti analüüsis:

$$Tasuvusaeg = \frac{\text{Alginvesteering}}{\text{Investeeringu aastane sissetulev rahavoog}} \times SE$$

1.3 OECD uuringud, Euroopa Liidu direktiivid ja Eesti seadusandlus

1.3.1 OECD

Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon (OECD) on rahvusvaheline organisatsioon, mis tegutseb ratsionaalse majanduspoliitika välja töötamisega, mis tagaks kõrgemat elukvaliteeti. OECD eesmärgiks on tagada kõigile võrdsus ja heaolu. Toimub koostöö riikide valitsusega normide kehtestamisel. OECD tegutseb globaalsete probleemide lahendamisega. (OECD, 2019)

OECD energiatõhususe potentsiaali käsitlevatest uuringutest järeldub, et just ehitusnõuded on oluliseks teguriks hoonete energiatõhususe parandamisel ning riigi valitsus peab pöörama rohkem tähelepanu kehtestatud nõuetele. Samuti need peavad arvestama mitte ainult uute hoonete ehitamist, kuid ka vanade hoonete rekonstrueerimist. Teiseks, kuna infopuudus või kättesaamatus on peamine energiatõhususe arengu tõrge, siis on eriti oluline jälgida informatiivsuse olemasolu. Peale selle, on vaja silmas pidada, et koos tehnoloogilise arenguga, tõuseb ka võimalik energiatõhususe potentsiaal. Seega hakatakse kasutama energiasäästlikumaid materjale ja meetodeid. Tuginedes sellele, valitsus peab neid pidevalt kontrollima. (OECD, 2001)

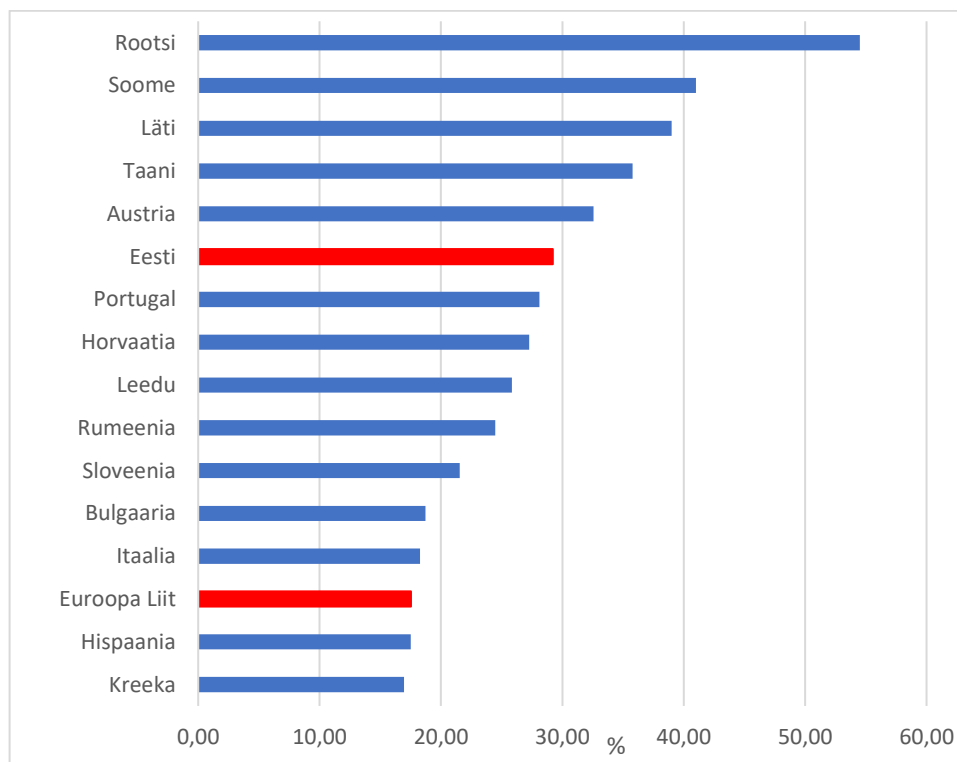
OECD on püstitanud hoonete tehnilise potentsiaali nõudeid. Selles osas kõik hooned, mis on ehitatud OECD riikides alates 2010. aastast peavad olema madala energiavajadusega. Vastavalt riigi majanduslikule olukorrale kehtestatakse konkreetsed nõuded. OECD uuringud näitasid, et hoonete energiatõhususe tõstmise potentsiaal perioodil 2005-2030 on 1,4% aastas. See puudutab

mitte ainult uute hoonete ehitamist, aga ka vanade hoonete renoveerimist. On prognoositud, et energiatõhususe taseme tõstmist on võimalik saavutada aastatel 2010-2050. (Wina Graus, 2011)

1.3.2 Euroopa Liidu direktiivid

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivis 2010/31/EL on kinnitatud eesmärk, et aastaks 2020 vähendada energiatarbimist 20%. Seoses selle eesmärgi püstitamisega, olid kindlaks määratud ka energiatarbimisega seotud nõuded. Kõik Euroopa Liidu riigid peavad neid jälgima. Käesolevad nõuded käsitlevad kogu energiatarbimist. Samuti peab Euroopa Liidu keskmine taastuvenergia osakaal 2020. aastaks olema vähemalt 20%. Samuti direktiiv 2010/31/EL määrab nõudeid ehitusprotsessidele. Eesmärgiks on esile toodud luua riikides energiatõhususe tagavat süsteemi kõikides energiatarbitavates valdkondades. Samuti direktiivis rõhutatakse mitte ainult uute hoonete ehitamisega, kuid ka vanade hoonete rekonstrueerimisega.

Tänu püstitatud eesmärkidele, nõuetele ja arengule, taastuvenergeetika valdkonnas on olukord paranenud olulisel määral. 2007. aastal, millal oli Euroopa Liidu taastuvenergia tegevuskava sätestatud (Euroopa Komisjon, 2007), Euroopa Liidu keskmine taastuvenergia osakaal võrdus 10,6% (Eurostat). Võrreldes sellega, aastaks 2017 osakaal jõudis 17,5%:



Joonis 1. TOP15. Euroopa Liidu taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimises aastal 2017, %

Allikas: Eurostat, autori koostatud

Joonisel on esitatud andmed Euroopa Liidu riikides tarbitavast taastuvenergiast aastal 2017. Kõige suurem taastuvenergia osakaal oli 2017. aastal Rootsis, mis võrdub 54,5%, kusjuures Rootsi eesmärgiks oli aastaks 2020 saavutada 50%. Kõrge näitaja on põhjustatud sellega, et Rootsis on umbes 11% toodetavast elektrist tuleb tuuleenergiast ja 9% - biokütustest. Samuti Rootsis kasutatakse hüdro- ja päikeseenergia. Rootsi valitsus on püstitanud eesmärgi, et aastaks 2040 saavutada energeetikasektoris 100% taastuvenergia tootmist. (Swedish Institute, 2019) Eesti on kuuendal kohal, kus taastuvenergia osakaal on 29,2%, mis ületab 2020. aastaks püstitatud eesmärgi 4,2% võrra. Peamisteks taastuvenergia allikateks Eestis on biomass (7,8%) ja tuul (6,0%). (Elering AS, 2018) Aastaks 2017 on Euroopa Liidu keskmine taastuvenergia tarbimine on 17,5%.

2013. aastal esitatud Euroopa Liidu taastuvenergia arengukavas kehtestatakse eesmärk aastaks 2030 saavutada 30% taastuvenergia osakaalu lõpptarbimises. Peale selle, taastuvate energiaallikate kasutamine mitte ainult tõstab energiatõhusust, kui ka vähendab kasvuhoonegaaside heitkogust. (Euroopa Komisjon, 2013) Lisaks, Euroopa Liit on esitanud ka pikaajalise taastuvenergia arengukava, mille eesmärgiks on aastaks 2050 toota vähemalt 80% toodetavast elektrist tuleb taastuvatest energiaallikatest. (Euroopa Komisjon, 2018)

1.3.3 Eesti seadusandlus

Eestis, kui ka teistes Euroopa Liidu liikmeriikides, energiatõhusus on seadusliku kontrolli all. See tähendab, et Eesti seadusandluses on määrused, mille abil kehtestatakse ehitiste jaoks normid, klassifitseeritakse hooned vastavalt energiatarbimisele ning kindlaks määratakse ehitus- ja rekonstrueerimistööde nõuded.

Alates 01.01.2019 jõustus määrus “Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“. See määrus põhinev ehitusseadustiku § 65 lõike 3 alusel. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. RT I, 13.12.2018, 14)

Samuti käesolevas määruses jagatakse hooned tüüpide järgi ning vastavalt sellele reguleeritakse energiatõhususe nõuded. Tuginedes määrusele hooned on jagatud kaheks peamiseks grupiks: elamud ja mitteelamud. Elamuks on väikeelamud, korterielamud, kasarmud. Mitteelamuks saab nimetada kontori-, majutus-, äri-, haridus-, ravi-, lao-, tööstus- ja avalikku hoonet. (Ibid) Nende

ehitiste energiatarbimine otseselt sõltub tegevusalast seega nõuded erinevad vastavalt energiavajadusele. Näiteks jäähall või külmladu, kus peab olema pidevalt madal temperatuur, tarbib rohkem energiat, kui väike kontorihoone.

Peale selle, tuginedes määrusele energiatõhususe nõuete arvutamisel arvestatakse lokaalse energiatootmise süsteemi olemasolu. Need võiks olla, näiteks, hoone katusel paigaldatud päikesepaneelid. Hoone peab vastama energiatõhususe nõuetele ning siis seda loetakse kuluoptimaalse energiatõhususega hooneks. Määruses käsitletakse samuti hoone tehnosüsteemide nõudeid – ventilatsioon, ruumitemperatuur, arhitektuurne projekt, küttesüsteem jms. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. RT I, 13.12.2018, 14)

Käesolevas määruses on kinnitatud hoonete energiatõhususe piirväärtused. Piirväärtused on esitatud iga hoone grupi jaoks. Peale selle on eraldi toodud nõuded renoveeritavate ja madalenergia hoonete jaoks. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. RT I, 13.12.2018, 14, Lisa 2)

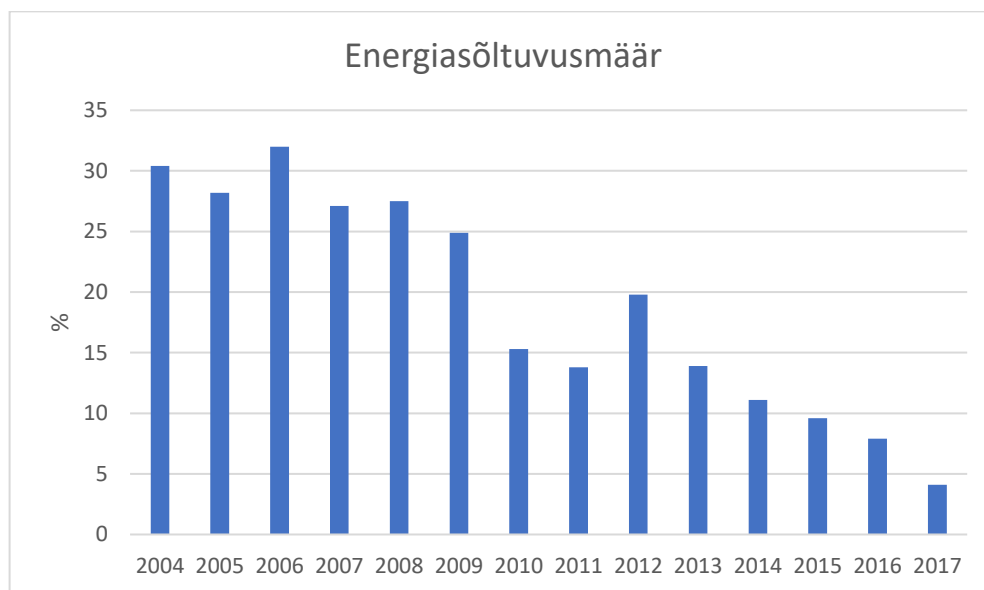
Madalenergia hoonel ehk liginullenergiahoonel on paigaldatud päikeseenergia süsteem – päikesepaneelid. Peab rõhutama, et päikeseenergiasüsteemi paigaldamine peab olema majanduslikult põhjendatud ja tehniliselt teostatav. Majanduslikult põhjendatud päikeseenergiasüsteem saab vähemalt 70% suunatud energiast, on vähemalt 1 kW võimusega, õige kaldenurgaga ning on pidevalt varjutamata. Muul juhul päikesepaneelida paigaldamine ei saa tagada tootlikkust. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. RT I, 13.12.2018, 14)

1.3.4 Olukord Eestis

Eestis on kasutusel nii taastuvad kui ka taastumatud energiaressursid. Taastumatuks energia allikaks on vedel- ja gaasikütused. Taastuvate energia allikate hulka kuuluvad tuul, hüdroenergia, biomass ja päike. Taastuvenergia kasutamine on keskkonnasõbralik energiatarbimise viis. Uuringus käsitletakse taastuvenergia potentsiaal.

Eesti tuuleenergia potentsiaal on kõrgel tasemel, kuna tuuleparkide ehitamine võib toota kuni 26 mW elektrienergiat aastas. Tuuleparkide ehitamine on ratsionaalsem mere läheduses, kus

keskmise tuulekiirus on suurem, kui maismaal. Peamiseks biomassi allikaks on Eestis puit, kuna metsad moodustavad ligikaudu pool Eesti pindalast. Vaatamata sellele, Eesti metsade kasutamine energeetikas on madalal tasemel. Seoses sellega, et Eesti maismaa pindala on lauge ning jõed on väikese vooluga, Eesti hüdroenergia potentsiaal on madal. Päikeseenergia tootmiseks kasutatakse päikesepaneelid. Vastavalt kliimatingimustele, päikesepaneelide tootlikkus võib erineda. Keskmiselt on Eestis kuni 200 pilvist päeva aastas, millal päikesepaneelide tootlikkus on minimaalne, kuid vastavalt päikesekiirguse intensiivsusele võivad päikesepaneelid toota kuni 90%. (Eesti Keskkonnaühenduste Koda, 2012)



Joonis 2. Eesti energiasõltuvusemäär perioodil 2004-2017, %

Allikas: Eesti Statistikaamet, autori koostatud.

Joonisel on näha, et võrreldes 2004. aastaga on energiasõltuvusmäär kahanenud mitmekordselt. Seega esineb joonisel tugev negatiivne trend. Energiasõltuvusmäär on suhtarv, mis näitab energia impordi osakaalu. Selline tendents võib olla tingitud energiatõhususe ja taastuvenergia osakaalu kasvuga. Tuginedes Euroopa Statistikal (Eurostat) omab Eesti rohkem energiasõltumatust kui paljud teised Euroopa Liidu riigid.

1.4 Investeeringud energiatõhususse

Ettevõtted ja erakasutajad on valmis investeerima energiatõhususse, kuna need investeeringud omavad mitte ainult majanduslikku tulu, vaid ka positiivseid keskkonnamõjusid. Positiivseteks

keskkonna tulemusteks on CO₂ emissiooni ja saaste vähenemine. Samuti peab rõhutama, et energiasäästlike seadmete kasutamine ei tähenda madalat kvaliteeti. Näiteks, energiasäästlikud lambid on samad eredad, vaatamata sellele, et tarbivad vähem energiat. Peale selle kaasaegsed energiasäästlikud seadmed ei vaja mingit erilist hooldust – nende ekspluatatsioon on samasugune kui muudel seadmetel. Majandusliku tootlust on võimalik rahaliselt arvutada. (Therese Nehler, 2016)

Eelmised uuringud näitasid, ei tihti investeeringud energiatõhususse tehakse enamasti majandusliku tulu saamise eesmärgiga, mitte keskkondlikust aspektist. Samuti praktilisel näitel oli tõestatud, et enamikud ettevõtted ja muud energiatõhususe investorid said ka eeliseid säästlike süsteemide kasutamisel. Peale selle, majanduslik potentsiaal on energiatõhususe investeeringutel on väga kõrge.(Ibid)

1.4.1 Energiatõhususe investeerimisprotsess ja selle eripärad

Tuginedes neoklassikalise majandusteooriale võib väita, et investeerimisotsused põhinevad investeeringu tulususele. Tegelikult investeerimisotsuse protsess on keeruline ja mitmeastmeline. Investeeringud energiatõhususesse võtavad oma aluse mitte ainult projekti rentaablustest, kuid ka keskkonnahoidlikkuse aspektist. (Cooremans, 2012)

Tänapäeval on investeeringud energiatõhususse alahinnatud – investorid ei julge paigutada oma kapitali. Peamisteks põhjusteks on turutõkked ja infonappus. Eelmised empiirilised uuringud, mis käsitlesid ettevõtete investeerimisvõimalused energiatõhususse kinnitasid, et ettevõtte finantsnäitajad, selle suurus ja tegevuspiirkond avaldavad otseselt mõju investeerimisprotsessile. Tuginedes sellele saab väita, et suuremad ettevõtted on valmis kasutama rohkem energiasäästvaid lahendusi.(Ibid)

Tuginedes ülaltoodud asjaoludele, otsustaja peab ratsionaalselt ette valmistada projekti valimisel. Otsus peab olema kaalutletud ja strateegiline. Strateegiline otsustusprotsess koosneb mitmest sammust: (Ibid)

1. Esialgne idee;

2. Põhjalik analüüs;
3. Esmased võimalikud otsused;
4. Otsuse kinnitamine;
5. Otsuse rakendamine.

Peale selle, investeeringud energiatõhususse omavad eripärasid. Kõigepealt tasub rõhutada, et selliste investeeringute eesmärgiks on oma koos kulude vähendamisega tulu saamine. Seoses sellega, investeering sõltub otseselt investori energiatarbimisest. Kui eeldada, et investeeritakse taastuvenergia lahendustesse, siis peamisteks kriteeriumideks on hoone asukoht ja olemasolevad ressursid. Tuginedes sellele, on võimalik määrata hoone arenduse potentsiaali ja võimalikke lahendusi. Kui need on kindlaks määratud, siis käsitletakse tehnoloogilised võimalused teostamisprotsessil. (Argo Rosin, 2013)

2 ANDMED JA METOODIKA

Antud töös kasutas autor kahte uurimismeetodid. Kvalitatiivseks meetodiks oli valitud süvaintervjuu koos Mobec AS-i esindajaga, mille eesmärk on teada saada, missugused on selle ettevõtte omapärad energeetika valdkonnas, millised energiaefektiivsed seadmed ja ehituslahendused on seal kasutusel ning missugune on ettevõtte nägemus tulevikku. Teiseks uurimismeetodiks on empiiriline analüüs. Kvantitatiivseks uurimismeetodiks on regressioonanalüüs mudeli abil. Modelleeritavas mudelis sõltuvaks muutujaks on energia efektiivsuse näitaja, milleks on valitud taastuvenergia osakaal lõpptarbimises. Mudeli sõltumatuteks parameetriteks valis autor energia hinna, soojus- ja elektrienergia maksumus ja rekonstrueerimistöödega kaasnevad kulud. Statistilised andmed on võetud niisugustest usaldusväärsetest allikatest nagu Euroopa Liidu ja Eesti Statistikaametist. Lõpliku regressioonmudeli alusel autor tegi järeldused ja ettepanekud.

2.1 Intervjuu

Selleks, et saada praktilist näidet ettevõttest, mis pöörab küllaltki palju tähelepanu energiatõhususele, autor viis läbi intervjuu koos selle ettevõtte esindajaga. Oli valitud ettevõtte Mobec AS, mis on üks peamisi toidu- ja esmatarbekaupade hulgimüügi ja turustamisega tegelevaid ettevõtteid Eestis alates 1993. aastast. Peale selle, Mobec AS pakub lao- ja logistikateenuseid. Mobec AS asub aadressil Kurekivi tee 2, Lehmja küla, Rae vald, Harjumaa (Mobec AS, 2019) Mobec AS-i hoone on hea näide, kuna 2017.-2018. aastal oli ehitatud laolaiendus ning koos sellega hakkasid ettevõtte energiatarbimises muutused toimuma. Intervjuu oli läbi viidud koos Jaak Kastepõlluga, kes töötab Mobec AS-is eritemperatuuri logistikajuhina ning kellel on suur kogemus (üle 18 aastat) eritemperatuuri logistika valdkonnas.

Kvalitatiivseks uurimismeetodiks oli valitud poolstruktureeritud süvaintervjuu, mille abil oleks võimalik saada vastuseid vajalikele küsimustele ning vajadusel ka lisaküsimustele. Intervjuu läbiviimiseks oli ette koostatud plaan, mis on toodud Lisas 1. Intervjuu oli kokku lepitud interneti

teel ning läbi viidud Mobec AS-i kontoris. Intervjuu kestis kokku 40 minutit. Intervjuu oli salvestatud diktofoniga.

Aastal 2016 hakkas Mobec AS laolaiendust plaanima ning aastatel 2017-2018 toimusid juba ehitustööd. Enne laolaiendust ei olnud võimalik laohoonesse paigaldada külm- ja jahetooteid ning seega üheks peamiseks eesmärgiks oli külmlao ehitamine. Jaak Kastepõld tegeles käesoleva projekti tehniliste küsimuste väljatöötamisega.

“Võrreldes teistega, on Mobec AS erinev kuna siin külmakandjana kompressorisüsteemid on freooniga R407F, mis on väiksema kasvuhooneefektiga kui varasemad freoonid, aga ei ole kõige populaarsemad.” - Jaak Kastepõld, Mobec AS-i eritemperatuuri logistikajuht

Kuna koos laolaiendusega oli plaanis juurde ehitada nii külm- kui ka jaheladu, siis oli valitud kaskaadsüsteem, mis on energiaefektiivne, kuid omab üks peamist puudust ja riski – näiteks, kui ühes kompressoris tekib rike, siis ei tööta ka teine ning terve ladu ei saa töötada. Vaatamata sellele, on kasutusel ka andurid, mis pidevalt kontrollivad kompressorite korrasolekut. Peale selle, projektil oli kasutatud erilised ehitustehnoloogiad – seinad hoiavad soojust kauem, valgustid on minimaalse soojatootmisega. Lisaks, on hoone katusel paigaldatud 860 päikesepaneeli (nominaalvõimsusega 204 kW). Peale selle, õige energiasäästlik ehitamine ei saa põhineda ühel teguril, vaid mitmete tegurite koosseisus (külmaseadmed, hoone konstruktsioon ja ehitusmaterjalid, valgustus jms).

„Külmlao projekt on läbi mõeldud nii, et vältida maksimaalselt õhuliikumist. Seega, kui ukсед on füüsiliselt lahti ja kaupa ei vahetu, siis lisaenergiavajadus sellisel kambril on minimaalne.“ - Jaak Kastepõld, Mobec AS-i eritemperatuuri logistikajuht

Tasub rõhutada, et oli läbi viidud eelnevad uuringud ehituslahenduste ja -materjalide valimisel. Kuna tänapäeval turul on päris lai valik, siis prioriteedis olid kõige energiasäästlikumad lahendused ja kvaliteetsamad materjalid. Samuti valimisprotsessil oli oluline leida kõige otstarbekamat ning kõrge majanduslikult tulukamat lahendust. Eelnevates uuringutes oli käsitletud kõik võimalikud variandid ning neist oli valitud parimad. Majanduslikus plaanis on oluline silmas

pidada, et odavam ehitus ei tähenda kvaliteeti. Kõik sõltub energiahinnast, seega tasuvus võib kõikuda keskmiselt kuni 10 aastat. Näiteks, päikesepaneelide keskmine tavusuaeg sõltub võimsusest ning võrdub ligikaudu 7 aastat. LED-valgustite tasuvus on 3 aastat. Energiatõhususe tõstmine annab ettevõttele eelist võrreldes teiste konkurentidega, sest see minimiseerib kulusid ning tõsta kasumlikkust.

„Seega võib ehituslahendus olla kallim, kuid ülalpidamine on odavam. Ettevõtte ehitab üks kord, kuid hakkab kasutama, näiteks, 20 aastat.“- Jaak Kastepõld, Mobec AS-i eritemperatuuri logistikajuht

Kuna otsustusprotsess sõltub kõigepealt hoone asukohast ja ressursidest, siis just sellel etapil võivad tekkida igasugused probleemid ja tõkked. Mobec AS oli kokku puutunud selle probleemiga, et Eestis ehitatakse küllaltki vähe külmuhooneid, seega on turul vähe ettevõtteid või meeskondi, kes on kõrgelt kvalifitseeritud ja suure kogemusega selles valdkonnas.

„Selles valdkonnas on hästi oluline pika kogemuse olemas olek, see võib olla mõnedes küsimustes isegi tähtsam kui haridus. Haridus on oluline, aga kui inimene ei ole elus mingi küsimusega kokku puutunud, siis ta ei saa eriti abiks olla.“ – Jaak Kastepõld, Mobec AS-i eritemperatuuri logistikajuht

Investeeringud energiatõhususse annavad ettevõttele võimalust kasvada koos energia maksumuse kulude vähendamisega. Mobec AS on selles aspektis hea näide. Päikesepaneelidest saadav energia katab keskmiselt suurt osa päevasest energiatarbimisest, kuid see sõltub ilmast. Näiteks, kui on päikesepaisteline ilm, siis Mobec AS ei vaja üldse lisaenergiat ja isegi toodab üle, mida ettevõtte salvestab ja kasutab vajaduse korral. Päikesepaneelide ülalpidamine on suhteliselt lihtne ja odav, mis aitab vähendada veelgi kulusid. Seega saab väita, et alginvesteering selles valdkonnas ei ole kõige tähtsam, vaid on oluline arvestada ülalpidamise ja muude kulude suurus.

„Mobec AS-il on energiaga läbi mõeldud nii, et Mobec AS oleks ka homme tugev!“- Jaak Kastepõld, Mobec AS-i eritemperatuuri logistikajuht

Säästvate ehituslahenduste rakendamine tõendas investeeringu efektiivsust – kaasaegsed tehnoloogiad kogu laohoones annavad võimalust tarbida energiat sama palju, kui tarbis laohoone enne juurdeehitust. Seega Mobec AS hakkas kasutama oma pindala rohkem efektiivsem ja odavam keskmiselt 2 korda. Intervjueeritud tunnistas, et Mobec AS on pigem eeskujulik näide, kuid on veel arenemisruumi. Külmuhoonete ehitamisel on küllaltki suur potentsiaal ning uus laolaiendamine on veel võimalik.

Intervjuu kokkuvõttes saab järeldada, et investeeringud hoone energiatõhususse toovad ettevõttele konkurentsieelist ja annavad võimalust vähendada ettevõtte energiatarbimise kulusid pikemas perspektiivis. Vaatamata sellele, et investeeringud vajavad küllaltki suurt kapitali, aga kui on õigesti läbi viidud eelnevad analüüsid, siis need tasuvad ennast ära ja mõjutavad ettevõtte energiaefektiivsust ning vähendab kulusid. Peale selle, investeerides energiatõhususse, peab arvestama mitte ainult alginvesteeringut kui ka pidevaid ülalpidamise kulusid. Kui ettevõtte soovib tõsta oma energiatõhusust, siis peab kasutama ainult kvaliteetseid ja kaasaegseid materjale. Igal juhul, tavaliselt ettevõtte prioriteedis on eelkõige majanduslik kasum, mitte keskkondlik aspekt. Energiatõhusus ja taastuvenergia tarbimine saab tänapäeval rohkem aktuaalsust ja olulisust ning seega paljud ettevõtted on valmis sellesse valdkonda investeerima.

Intervjuu tulemuste analüüsist järeldub, et ühelt poolt ettevõtte jaoks energiatarbimise probleem on suhteliselt oluline ning selle probleemi lahendamiseks tehakse põhjalik analüüs, arvutatakse tasuvusaeg ning viiakse kokku energiatõhusa projekti tulud ja kulud. Teiselt poolt, Mobec AS-i energiatõhusa projekti peamiseks eeltingimuseks oli elektrienergia hind. Samuti võeti arvesse ka rekonstrueerimistöde maksumust. Sellest järelduvalt püstitas töö autor esimese hüpoteesi:

2.2 Vaatlusandmed

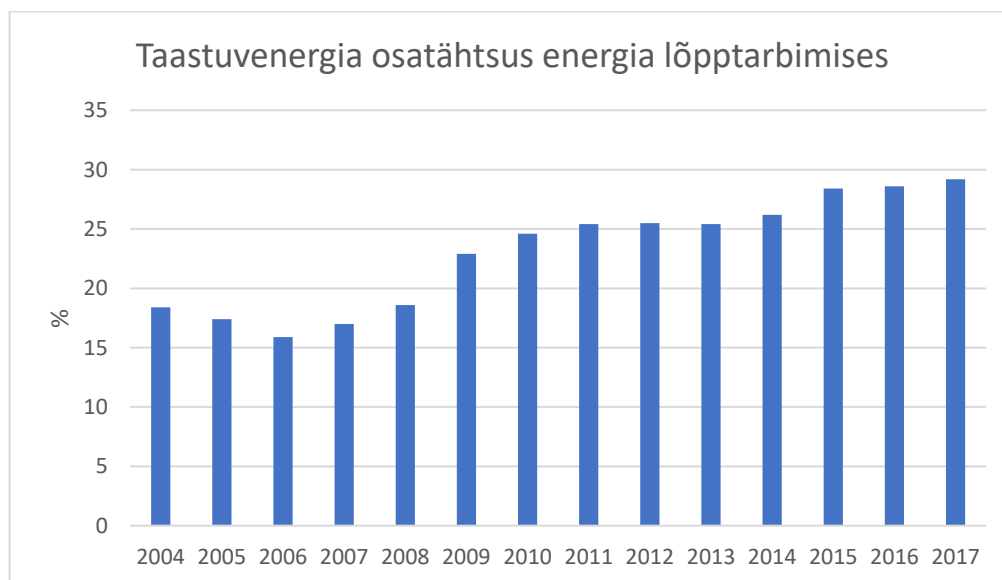
Lõputöös on samuti läbi viidud empiiriline analüüs, mis keskendub energiatõhusust mõjutavatele teguritele Eesti äri sektori näitel. Kvantitatiivsed andmed pärinevad Eesti ja Euroopa Liidu (Eurostat) Statistikaameti andmebaasidest vastavalt andmete kättesaadavusele. Kasutatud andmebaasid on usaldusväärsed ja täpsed. Eurostat-is on toodud statistika ka teiste Euroopa riikide kohta. Eurostat-is olevad andmed on statistiliselt läbi töödeldud ja avaldatud Euroopa tasandil.

Seega andmed on esitatud „ühes keeles“, mis tagab nende võrreldavust. (European Commission, 2019) Käesoleva uuringu mõjutavateks teguriteks on valitud keskmine energia hind äritarbijatele lõpptarbimises, rekonstrueerimistöõde hinnaindeks, soojus- ja elektrienergia maksumus ettevõtete jaoks. Näitajad on valitud teiste autorite empiiriliste analüüside ja intervjuu tulemuste alusel. Antud töös andmed on esitatud ajavahemikus 2004-2017. Andmete kohta koostatud graafikud.

2.2.1 Taastuvenergia osakaal

Uuringus on läbi viidud regressioonanalüüs, mille sõltuvaks parameetrik on energiatõhusus. Energiatõhususe arvutamiseks võib kasutada erinevaid suhtarve: taastuvenergia osakaal, primaarenergia toodang, energiasõltuvusmäär. Autor kasutas regressioonanalüüsi sõltuvaks parameetrik taastuvenergia osakaalu kogu energia lõpptarbimises.

See parameeter näitab, kui palju kogu tarbitud energiast on saadud taastuvenergia allikatest. Alternatiivseks sõltuvaks näitajaks võis olla ka primaarenergia tarbimise osakaal. See tunnus ei osutanud valituks, kuna see hõlmab samuti teisi loodusvarasid nagu maagaas ja nafta, mida ümber töödeldakse enamasti transpordi kütuste jaoks. (Hanania J, Stenhouse K, Donev J., 2019) Taastuvenergia allikad kasutatakse ka elektrienergia tootmise eesmärgiga.



Joonis 3. Taastuvenergia osatähtsus energia lõpptarbimises perioodil 2004-2017

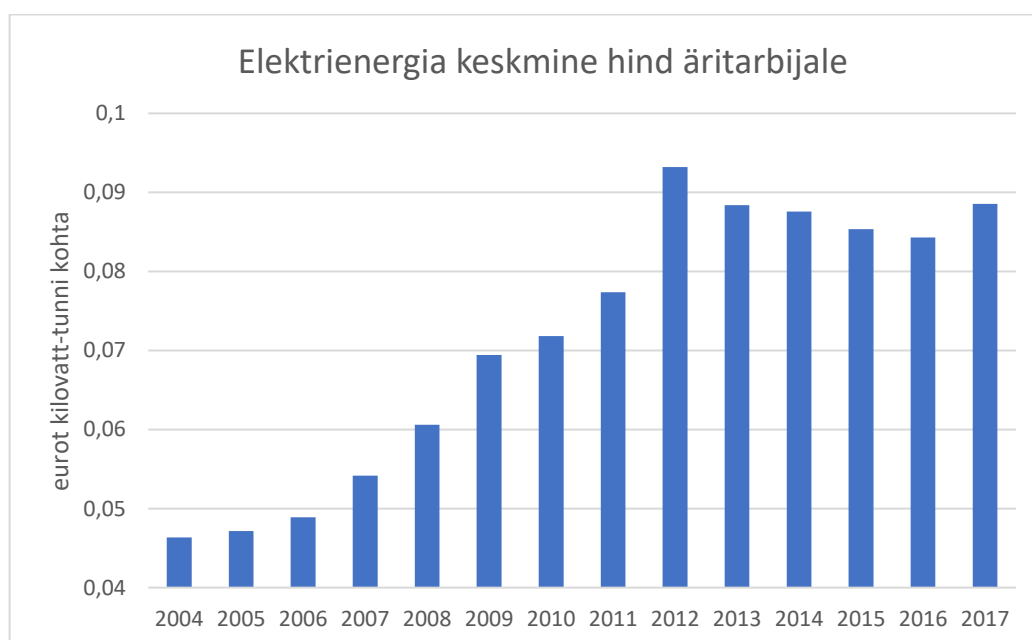
Allikas: Eurostat, autori koostatud

Joonisel on näha, et taastuenergia osakaal on viimastel aastatel kasvanud. Taastuenergia allikateks ehitussektoris võib nimetada, näiteks, tuule- ja hüdroelektrijaama ning päikesepaneele.

Euroopa riikide valitsused keskenduvad taastuenergia osakaalu tõstmises ning panustavad selle valdkonna arengule. (Frank A. G., Gerstlberger W., Paslauski C. A., Lerman L.V., Ayala N. F., 2018).

2.2.2 Keskmise energia hind äritarbijale

Uuringus eeldatakse, et üheks investeeringu eeltingimuseks on energia hinnatõus. Just pideva hinnatõusuga kaasnevad suurenevad energia kulud võivad mõjutada ettevõtteid investeerida energiatõhususse.



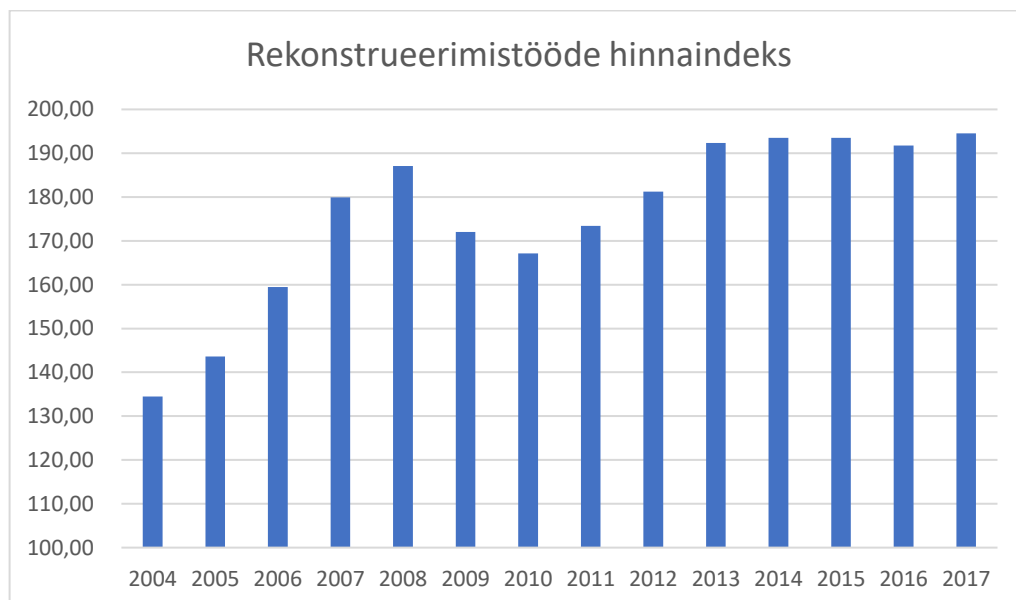
Joonis 4. Energia keskmine hind äritarbijale perioodil 2004-2017

Allikas: Eesti Statistikaamet, autori koostatud

Joonisel on näha, et võrreldes 2004 aastaga on hind tõusnud. Enne Eestis toimunud kriisi on näha kiiret kasvu, aga peale kriisi energiahind ei ole nii tugeva kasvuga ja isegi on väikesel määral kahanenud perioodil 2012-2016. Andmed on esitatud keskmiste näitajatega, kuna energiahind erineb vastavalt ettevõtte suurusele ja selle lõplikule tarbimisele. Väikestel ettevõtetel on energiahind kõrgem, kui suurematel firmadel.

2.2.3 Rekonstrueerimistööde hinnaindeks

Järgmiseks eeldatavaks mõjuriks on rekonstrueerimistööde hinnaindeks. Autor eeldab, et koos ehitus- ja rekonstrueerimistööde hinnatõusuga energiatõhususe potentsiaal kahaneb, kuna ettevõtete huvides on maksta ehitustööde eest vähem.



Joonis 5. Rekonstrueerimistööde hinnaindeks perioodil 2004-2017

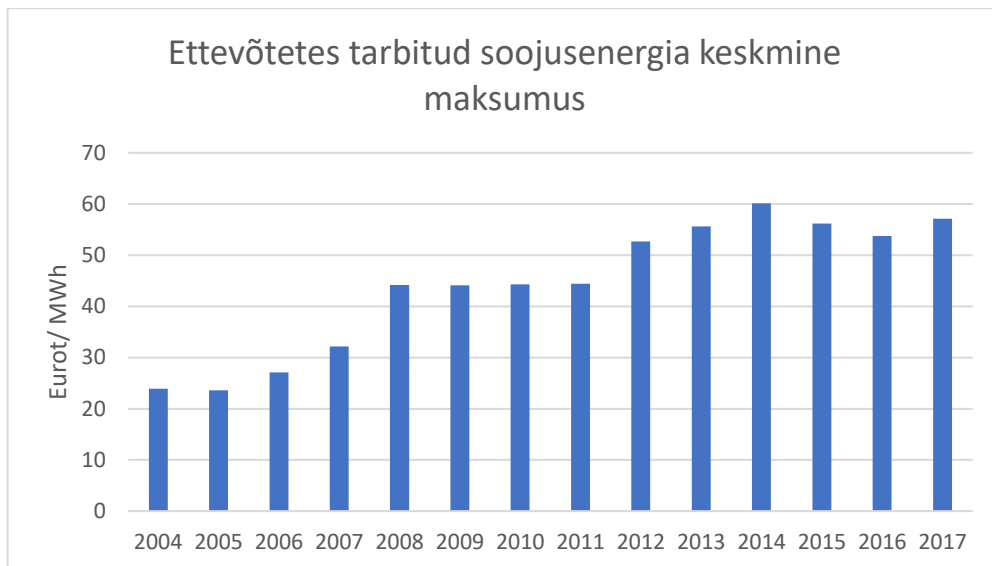
Allikas: Eesti Statistikaamet, autori koostatud

Hinnaindeks – suhtarv, mida kasutatakse maksumuse muutuse iseloomustamiseks. Seega on rekonstrueerimistööde hinnaindeks näitab, kuidas muutub ehituse või rekonstrueerimisega seotud tööjõu kulud ja kulud ehitusmaterjalidele ja -masinatele. (Eesti Statistikaamet, 2019) Hinnaindeksi baasaastaks on 1997. Võrreldes 2004. aastaga, on hinnaindeks kasvanud. See võib olla tingitud ehitusprotsessi kulude suurenemisega. Autor eeldab, et rekonstrueerimistööde hind mõjutab hoone energiatõhususe potentsiaali negatiivselt ehk seoses ehituskulude suurenemisega taastuvenergia osakaal väheneb. Lähtuvalt eeltoodust autor püstitas teise hüpoteesi:

H2: Rekonstrueerimistöödega kaasnevate kulude suurenemisega kahaneb energiatõhususe potentsiaal.

2.2.4 Soojusenergia maksumus

Järgmine parameeter on soojusenergia keskmine maksumus. Selle näitajaga saab eeldada, et vajadus investeerida energiatõhususse sõltub tarbitud soojusenergia maksumusega.



Joonis 6. Ettevõtetes tarbitud soojusenergia keskmine maksumus perioodil 2004-2017

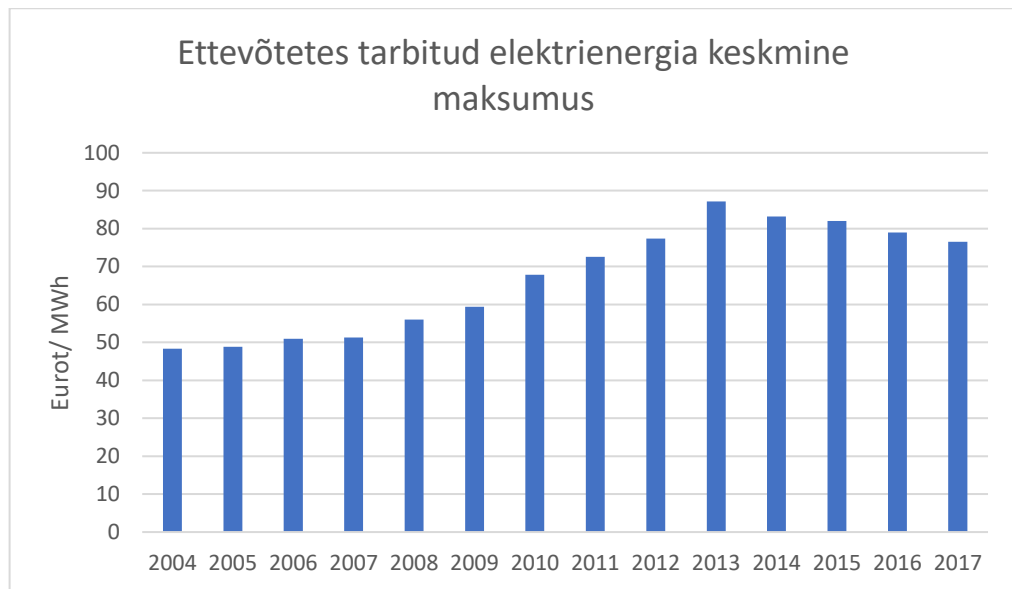
Allikas: Eesti Statistikaamet, autori koostatud

Joonisel on näha positiivset trendi, mis kinnitab, et energiakulud on ettevõtetes suurenenud. Teiselt poolt, joonis ei oma kindlat lineaarset trendi, sest soojusenergia kulud sõltuvad päevade arvust, millal kasutatakse kütte. Näiteks, kui ühel aastal oli karm talv ja üldiselt oli päevane õhutemperatuur küllaltki madal, siis teatavasti vajatakse rohkem soojust ning soojusenergia maksumus tõuseb. Vastavalt eeltoodud näitele autor püstitas kolmanda hüpoteesi:

H3: Soojusenergia maksumus ei avalda mõju energiatõhususe potentsiaalile

2.2.5 Elektrienergia maksumus

Kuna taastuvenergiat on võimalik modifitseerida elektriks, siis uuringu autor kasutas regressioonmudeli sõltumatud näitajaks ka elektrienergia maksumust ärisectori kohta. Bakalaureusetöö autor eeldab, et elektrienergia maksumus avaldab mõju energiatõhususe potentsiaalile ehk suuremad kulud elektrienergia tarbimisele on ettevõtete jaoks üheks mõjuteguriks investeerida taastuvenergiasse ning sellega vähendada elektritarbimisega kaasnevaid kulusid.



Joonis 7. Ettevõtetes tarbitud elektrienergia keskmine maksumus perioodil 2004-2017

Allikas: Eesti Statistikaamet, autori koostatud

Kuna taastuvat energiat saab ümber töödelda elektriks, siis eeldatakse, et elektrienergia maksumuse tõusuga kasvab ka energiatõhususe potentsiaal, sest ettevõtted püüavad optimeerida kasutatavaid ressursse. Joonisel on näha, et kuni 2013. aastani oli elektrienergia maksumuse kasv Eestis tegutsevate ettevõtete jaoks. Seejärel alates aastast 2013 see trend muutud ning elektrienergia maksumus kahaneb.

2.3 Metoodika

2.3.1 Aegread

Andmed on esitatud alates 2004. aastast kuni 2017. aastani, vastavalt nende kättesaadavusele. Sellega on käesolevas töös kasutatud aegread. Empiirilise analüüsi läbiviimiseks on kasutatud Gretli ökonomeetriapakett, mille kaudu on hinnatakse tunnused, valmistatakse ja testitakse regressioonimudel. Regressioonanalüüsis on sõltuvaks näitajaks taatsuvenergia osakaal (TAAST), ning esialgseteks mõjuteguriteks on elektrienergia maksumus (ELMAKS), soojusenergia maksumus (SMAKS), rekonstrueerimistöõde hinnaindeks (REKOHI) ja elektrienergia keskmine hind (ENH).

Tabel 1. Kvantitatiivsete andmete jaotus

Näitaja	Keskväärtus	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Standardhälve
TAAST	23,107	25,000	15,900	29,200	4,704
ELMAKS	67,178	70,170	48,320	87,180	14,215
SMAKS	44,229	44,370	23,580	60,120	12,808
REKOHI	176,000	180,570	134,500	194,530	19,179
ENH	0,072	0,075	0,045	0,093	0,017

Allikas: autori koostatud, Gretl ökonomeetriapaketi abil

Selleks, et kasutada regressioonmudelil Lisas 1 esitatud aegridu, on vaja kõigepealt kinnitada nende statsionaarsust. Aegridade statsionaarsust saab teada Dickey-Fuller testi abil. Kõigepealt testitakse sõltuva kordaja statsionaarsust. Selgus, et TAAST-muutujal esineb mittestatsionaarsus, kuna t-statistiku olulisuse tõenäosus on väga kõrge ehk võrdub 0,9809. Konstant ei ole ka statistiliselt oluline. Muutuja koos konstandiga on mittestatsionaarne – selle olulisuse tõenäosus on 0,9157, mis on suurem kui 0,01. Tuginedes sellele võib väita, et kehtib nullhüpotees ning mudelites esineb mittestatsionaarsust. Dickey-Fuller test on samuti läbi viidud teiste tunnuste jaoks. Läbi viidud testid kinnitasid, et ülejäänud parameetrid ei ole statsionaarsed. REKOHI-muutuja olulisuse tõenäosus võrdus $9,806 \times 10^{-6}$, mis näitab, selle muutuja koos konstandi ja trendiga statsionaarsust.

Tabel 2. Algandmete statsionaarsuse testimine, Dickey-Fuller test.

Näitaja	Olulisuse tõenäosus		
	Konstandita	Konstandiga	Konstandi ja trendiga
TAAST	0,9809	0,9157	0,1004
EMAKS	0,9565	0,6391	0,9799
SMAKS	0,9640	0,5857	0,8177
REKOHI	0,8294	0,0759	$9,806 \times 10^{-6}$
ENH	0,9738	0,6611	0,8965

Allikas: autori koostatud, Gretl ökonomeetriapaketi abil

Selleks, et kasutada andmeid regressioonimudelis, peavad need olema statsionaarsed. Andmete statsionaarsust võib tagada 1. järku diferentsi võtmisega. Peale 1. järku diferentsi võtmist viime läbi Dickey-Fuller testi uuesti ja saame, et muutujad on statsionaarsed.

Tabel 3. Statsionaarsuse testimine peale 1. järku diferentsi võtmist

Näitaja	Olulisuse tõenäosus peale 1. järku diferentsi võtmist		
	Konstandita	Konstandiga	Konstandi ja trendiga
d_TAAST	0,0725	0,1726	0,4742
d_EMAKS	0,0543	0,2305	0,3407
d_SMAKS	0,0258	0,0071	$1,581 \times 10^{-7}$
d_REKOHI	0,0020	0,0083	0,0619
d_ENH	0,0249	0,0622	0,1291

Allikas: autori arvutused, Gretl ökonomeetriapaketi abil

Selgus, et parameetrite statsionaarsus paranes. Olulisuse tõenäosus kinnitab, et mudeli on statsionaarne nivool 0,1. Sellega on võimalik regressioonanalüüsis kasutada andmed peale 1 järku diferentsi võtmist.

2.3.2 Vähimruutude meetod

Käesoleva töö uurimismeetodiks on valitud regressioonanalüüs, mis võimaldab kirjeldada näitajate vahelist seost. (Sauga, 2017) Regressioonimudeliga on võimalik kontrollida ning tõestada või ümber lükata püstitatud hüpotees. Lineaarse regressioonimudeli valem on üldisel kujul järgmine:

$$y = \beta + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n + \varepsilon$$

kus

y – sõltuv muutuja;

x_1, x_2, x_n – sõltumatud muutujad;

α, β – mudeli parameetrid;

ε - juhuslik liige.

Vähimruutude meetodi aluseks on sirge võrrand, kusjuures empiiriliste ja sirge vastavate punktide kauguste ruutude summa oleks minimaalne ehk vastaks järgmisele võrrandile (Sauga, 2017):

$$\sum \varepsilon^2 = \min$$

Bakalaureusetöös läbi viidud lineaarse regressioonimudeli tulemused analüüsitakse ning tehakse järeldused vastavalt järgimistele testidele ja etappidele:

- Dickey-Fuller test ehk statsionaarsuse analüüs;
- Korrelatsioonanalüüs;
- Mitteiluliste parameetrite eemaldamine;
- Lõpliku mudeli loogilisuse kindlaks määramine;
- Lõpliku mudeli autokorrelatsioon;
- Lõpliku mudeli White's test (heteroskedastiivsus);
- Jääkliikmete normaaljaotus;
- Mudeli RESET-test

Regressioonanalüüsi tulemused on toodud järgmises peatükis.

3 ANALÜÜS JA TULEMUSED

3.1 Esialgne mudel

Esialgne mudel koos kõikidega näitajatega (vt Lisa 3), kusjuures sõltuvaks tunnuseks on taatsuverenergia osakaal (TAAST), ning sõltumatud tunnusteks on elektrienergia maksumus (ELMAKS), soojusenergia maksumus (SMAKS), rekonstrueerimistöõde hinnaindeks (REKOHI) ja elektrienergia keskmine hind (ENH):

$$TAAST = 16,84 + 0,056ELMAKS + 0,241SMAKS - 0,096REKOHI + 123,582ENH + \varepsilon$$

(9,35740) (0,137025) (0,218642) (0,0678301) (148,007)

Determinatsioonikodaja $R^2=0,890872$

Valimi maht $t=14$

Kus ε - juhuslik liige.

Determinatsioonikodaja R^2 iseloomustab regressioonimudeli seletusvõime. Vaatamata sellele, et esialgses mudelis on seletusvõime päris kõrge – 89,10%, ning mudel on statistiliselt oluline nivool 0,05 (olulisuse tõenäosus on 0,000235), mudelit ei saa kasutada tulevastes testides ja analüüsis tervikuna.

Seoses sellega, et esialgsete aegridade statsionaarsuse testimisel selgus, et andmed ei ole statsionaarsed, siis regressioonimudelis kasutatakse 1.järku diferentseeritud tunnused. Seega statsionaarsete aegridadega regressioonimudel näeb välja järgmiselt (vt Lisa 4):

$$d_TAAST = 1,124 + 0,022d_ELMAKS + 0,032d_SMAKS - 0,119d_REKOHI + 39,216d_ENH + \varepsilon$$

(0,455047) (0,0830822) (0,109908) (0,0446232) (79,4756)

Determinatsioonikodaja $R^2=0,552639$

Valimi maht $t=13$

Kus ε - juhuslik liige.

Käesolev mudel ei ole statistiliselt oluline kuna mudeli olulisuse tõenäosus võrdub 0,128591, mis ületab nivoo 0,1. Konstant ja rekonstrueerimistöde hinnaindeks on statistiliselt olulised nivool 0,05. Kuna mudeli determinatsioonikodaja $R^2=0,552639$, siis selle seletusvõime on ligikaudu 55,26%. Selleks, et kontrollida tunnuste vaheliste seoste olemasolu, on tehtud korrelatsioonimaatriks (vt Lisa 5). Tuginedes sellele, mudelit on vaja korrigeerida ning kustutada tunnuseid, mis ei ole statistiliselt olulised.

3.2 Lõplik mudel

Lõpliku mudeli kujunemisel selgus, et statistiliselt olulisena jääb mudel ühe sõltumatud tunnusega – rekonstrueerimistöde hinnaindeksiga. Seega lõplik regressioonimudel näeb välja järgmiselt (vt Lisa 6):

$$d_TAAST = 1,35379 - 0,113264d_REKOHI + \varepsilon$$

(0,339715) (0,0340878)

Determinatsioonikodaja $R^2=0,500917$

Valimi maht $t=13$

Kus ε - juhuslik liige.

Ülaltoodud mudeli seletusvõime on ligikaudu 50,09%, mis ei ole piisavalt kõrge. Uue mudeli F-statistik ehk olulisuse tõenäosus on 0,006798 mis on vähem kui 0,01. Seega saab kinnitada, et käesolev mudel on statistiliselt oluline nivool 0,01. Peale selle, mudeli tunnused on samuti statistiliselt olulised (konstandi olulisuse tõenäosus on 0,0021 ning rekonstrueerimistöde hinnaindeksil on 0,0068) nivool 0,01. Tuginedes mudeli parameetritele, saab väita, et kui rekonstrueerimistödega kaasnevate kulude suurenemisega vähendab taastuvenergia tarbimine

ning üldine energiatõhusus väheneb. Selline sõltuvus on loogiline ning seega vajab järgnevat testimist.

3.3 Mudeli testimine

Käesolevas osas testitakse lõpliku mudeli heteroskedastiivsus, autokorrelatsioon, kontrollitakse jääkliikmete normaaljaotus ja viiakse läbi RESET-testi.

Esiteks, kontrollime mudeli autokorrelatsiooni olemasolu. Selleks, et seda teha, kasutatakse Breusch-Godfrey test, mille H_0 on autokorrelatsioon ei esine. Test-statistik LMF olulisuse tõenäosus $p=0.647$, mis on suurem kui 0,01. See tähendab, et võetakse vastu nullhüpotees ning käesolevas mudelis autokorrelatsioon puudub. Breusch-Godfrey testi tulemused on esitatud aruandes Lisas 7.

Teiseks kontrollitakse mudeli heteroskedastiivsus. Heteroskedastiivsust on võimalik testida mitmel viisil, kuid käesolevas uuringus tehakse White's testi. White's testi nullhüpoteesiks on homoskedastiivsus ehk heteroskedastiivsus ei esine. Test-statistiku $TR^2 = 7,230399$. Läbi viidud test näitas, et nivool 0,01 ei esine heteroskedastiivsus, kuna Test-statistiku olulisuse tõenäosus $p=0,026912$ ning see ületab 0,01. Sellel juhul võetakse vastu nullhüpotees ning mudelis esineb homoskedastiivsus. White's testi tulemused on esitatud Lisas 8.

Järgmise testiga kontrollitakse, kas jääkliikmed alluvad normaaljaotusele või mitte. Selleks kasutatakse Doornik-Hanseni test. Doornik-Hanseni testi nullhüpoteesiks on jääkliikmete normaaljaotusele allumine. Olulisuse tõenäosus $p=0,63382$, mis on suurem kui 0,01 ning see kinnitab, et regressioonimudeli eeldus on täidetud. Testi tulemused on esitatud Lisas 9.

Viimaseks testiks on Ramsey RESET test, mis kontrollib mudeli kuju õigsust ehk kas situnud sõltuva muutuja (TAAST) väärtuste lisamisel paraneb mudel olulisel määral või mitte. RESET testi tulemuseks saime, et käesoleva mudeli kuju on õige. Sellega on kontrollitud kõik klassikalise mudeli eeldused ning on kinnitatud, et mudeli põhjal on võimalik teha usaldatavaid järeldusi.

3.4 Järeldused ja ettepanekud

Käesolevas uuringus oli läbi viidud regressioonanalüüs, mille eesmärgiks oli energiatõhususe potentsiaali mõjutegurite kindlaks määramine. Energiatõhususe suhtarvuks oli valitud taastuenergia osakaal lõpptarbimises. Eeldatavad sõltumatud tunnused olid esialgselt äritarbijate elektri- ja soojusenergia maksumus, rekonstrueerimistöode hinnaindeks ning elektrienergia keskmine hind. Andmed olid esitatud ajavahemikul 2004-2017. Tegemist on aegridadega. Läbi viidud Dickey-Fuller test kinnitas, et algandmed on mittestatsionaarsed. Sellega oli parameetrite jaoks võetud 1. järku diferentsid. Peale diferentside võtmist, aegread muutusid statsionaarseteks ning nendega oli võimalik regressioonimudeli välja kujutada. Lõplik regressioonvõrrand on järgmine:

$$d_TAAST = 1,35379 - 0,113264d_REKOH1 + \varepsilon$$

Lõplik mudel ja selle parameetrid on statistiliselt olulised nivool 0,01. Seletusvõime on 50,09%. Läbiviidud testid kinnitasid, et käesolev mudel on usaldatav ning selle alusel on võimalik teha järeldusi. Kuna statistiliselt olulisena osutus ainult rekonstrueerimistöode hinnaindeks, siis on võimalik kinnitada, et H1: Taastuenergia tarbimise osakaal energia lõpptarbimises sõltub energiahinnast ja ehitusmaksumusest; on osaliselt tõestatud, kuna lõplikus mudelis ei ole elektrienergiyahind statistiliselt oluline. Samuti H3: Soojusenergiamaksumus ei avalda mõju energiatõhususe potentsiaali; on kinnitatud. Tuginedes saadud regressioonvõrrandile on võimalik kinnitada, et rekonstrueerimistöode hinnaindeksi suurenemisega ehk tööjõukulu, ehitusmasinate ja -materjalide hinnatõusuga kahaneb taastuenergia osakaal. Teiste sõnadega saab väita, et ettevõtete energiatõhususe potentsiaal sõltub sellistest kuludest. Ettevõtte vaevalt eelistab investeerida energiatõhususse, kui tööde maksumus on väga kõrge. Sellega saab väita, et sissejuhatuses esitatud H2: Rekonstrueerimistöodega kaasnevate kulude suurenemisega kahaneb energiatõhususe potentsiaal; on tõestatud.

Regressioonanalüüsi tulemusi on võimalik kasutada järgmistes uuringutes ning modifitseerida saadud mudelit, lisades rohkem läbi viia võrdlust vaatlusandmeid, näiteks

KOKKUVÕTE

Energiatõhususe küsimus on olnud nii Eesti kui ka teiste Euroopa ja OECD liikmesriikide jaoks aktuaalne probleem. Tänu Euroopa Komisjoni poolt esitatud energiatõhususe arengukavale ja püstitatud eesmärkidele ja nõuetele, alates aastast 2007 energeetika valdkonnas on toimunud olulised muutused. Euroopa Liidu riikides taastuvenergia osakaal suurenes keskmiselt ligikaudu 7% võrra. Taastuvenergia valdkonna areng mõjutab ka CO₂ emissiooni. 2017. aastal Eesti taastuvenergia osakaal on 29,2%, mis on küllaltki kõrge näitaja võrreldes teiste Euroopa Liidu riikidega. Uuringus käsitleti energiatõhususe potentsiaal äri sektori näitel. Energiatõhususe suhtarvuks oli valitud taastuvenergia osakaal lõpptarbimises. Vastavalt teoreetilistele lähtekohtadele autor eeldas, et ettevõtete energiatõhususe potentsiaali mõjutavateks parameetriteks on energia hind, rekonstrueerimistööde maksumus, soojus- ja elektrienergia kulud. Sellest järelduvalt oli käesoleva töö eesmärgiks välja selgitada, kuidas teatud näitajad mõjutavad energiatõhusust äri sektori näitel.

Bakalaureusetöös oli püstitatud 4 hüpoteesi:

H1: Taastuvenergia tarbimise osakaal energia lõpptarbimises sõltub energiahinnast ja ehitusmaksumusest;

H2: Rekonstrueerimistöödega kaasnevate kulude suurenemisega kahaneb energiatõhususe potentsiaal;

H3: Soojusenergia maksumus ei avalda mõju energiatõhususe potentsiaalile;

H4: Energiasäästvate ehituslahenduste rakendamine on kõrge tootlusega investering.

Selleks, et testida hüpoteesi ja saavutada püstitatud eesmärki, kasutas autor 2 uurimismeetodit. Esimeseks uurimismeetodiks oli poolstruktureeritud süvaintervjuu koos energiatõhususse investeeritava ettevõtte esindajaga. Valitud ettevõtteks oli Mobec AS, mis tegeleb hulгимүүгига ning pakub lao- ja logistikateenuseid. Mobec AS-is toimus aastatel 2017-2018 laolaiendus, mille

projektis oli kasutatud energiasäästlikud ehituslahendused ja paigaldatud päikesepaneelid. Intervjuu kokkuvõttest järeldub, et investeeringud energiatõhususse on tulukad pikaajalises perspektiivis. Mobec AS-i jaoks peamiseks investeeringu eeltingimuseks oli energiatarbimise hinnatõus. Samuti peale laolaiendust, Mobec AS-i uuendatud hoone tarbib sama palju energiat kui tarbis enne renoveerimist, kuid üldine pindala suurenes kahekordselt. Lähtuvalt sellest on neljas hüpotees tõestatud.

Teiseks uurimismeetodiks oli empiiriline analüüs. Autor viis läbi regressioonanalüüsi, kus sõltuvaks tunnuseks oli taastuenergia osakaal kogu energia lõpptarbimises ning sõltumatuteks parameetriteks on energia hind äritarbijatele, rekonstrueerimistöde maksumus, ettevõtete kulud soojus- ja elektrienergiale. Andmed on esitatud perioodil 2004-2017. Kuna tegemist on aegridadega, autor kontrollis nende statsionaarsust. Läbiviidud Dickey-Fuller test kinnitas, et andmed on mittestatsionaarsed. Selleks, et oleks võimalik kasutada andmeid regressioonanalüüsis, oli võetud 1. järku diferents. Peale diferentsi võtmist, aegridade statsionaarsus paranes ning oli koostatud esialgne regressioonimudel. Seoses sellega, et esialgne mudel ei olnud statistiliselt oluliselt, autor modifitseeris selle ja sai lõpliku mudeli:

$$d_TAAST = 1,35379 - 0,113264d_REKOH1 + \varepsilon$$

Lõpliku mudeli testimine kinnitas, et käesolev mudel on usaldusväärne. Lähtuvalt saadud mudelist järeldub, et rekonstrueerimistöde hinnaindeks mõjutab energiatõhususe potentsiaali negatiivselt, mis kinnitab teist hüpoteesi. Esimene hüpotees on osaliselt tõestatud, kuna lõplikusse mudelisse jäi ainus parameeter. Samuti kolmas hüpotees on kinnitatud, sest tunnus ei olnud statistiliselt oluline.

Lõputöö tulemused võiks olla kasulikud ettevõtete jaoks, mis soovivad investeerida taastuenergiasse ning tõsta energiatõhususe potentsiaali.

SUMMARY

THE ENERGY EFFICIENT CONSTRUCTION SOLUTIONS AS THE IMPACT FACTORS OF INVESTMENT RETURNS

Ksenia Tšernova

The energy efficiency has been a topical issue for Estonia as for other European Union and OECD countries. Since 2007, significant changes have occurred in the energy field, due to the Energy Efficiency Action Plan, targets and requirements presented by the European Commission. The share of renewable energy in the EU countries increased around 7%. Developments in the renewable energy sector will also affect CO₂ emissions. In 2017, the share of renewable energy in Estonia is 29.2%, which is quite high rate compared to other European Union countries. The study looked at the potential for energy efficiency in the business sector. The energy efficiency indicator was the share of renewable energy in final consumption. According to theoretical assumptions, the author assumed that the parameters influencing the energy efficiency potential of companies are the energy price, the cost of construction, and the cost of heating and electricity. Consequently, the aim of this work was to find out how the indicators influence energy efficiency in the business sector.

There were 4 hypotheses:

H1: The share of renewable energy consumption in final energy consumption depends on energy price and construction cost;

H2: Increased cost of reconstruction will reduce energy efficiency potential;

H3: The cost of heating has no impact on energy efficiency potential;

H4: Investments in energy-efficient construction solutions are a high-return investment.

In order to test the hypothesis and achieve the aim of research, the author used 2 methods. The first research method was a semi-structured interview with a representative of the company what is investing in energy efficiency. The selected company was Mobec AS, which offer wholesale warehousing and logistics services. In Mobec AS, a warehouse extension was carried out in 2017-2018, using energy efficient building solutions and installed solar panels. The conclusion of the

interview is that investment in energy efficiency is profitable in the long term. For Mobec AS, the main precondition for the investment was the increase in energy consumption prices. Also after the expansion of the warehouse, the renovated building of Mobec AS consumes the same amount of energy as before the renovation, but the total area doubled. On this basis, the fourth hypothesis is proved.

The second research method was empirical analysis. The author performed a regression analysis, where the dependent variable was the share of renewable energy in the final energy consumption, and the independent parameters were the price of energy to commercial consumers, the cost of reconstruction work, the costs of companies for heat and electricity. Data is for the period 2004-2017. As these are time series, the author checked their stationarity. The Dickey-Fuller test carried out confirmed that the data is non-stationary. In order to be able to use the data in regression analysis, a first-order difference was adopted. After taking the difference, the stationarity of the time series improved and an initial regression model was constructed. Due to the fact that the original model was not statistically significant, the author modified it and received the final model:

$$d_TAAST = 1,35379 - 0,113264d_REKOH1 + \varepsilon$$

Testing of the final model confirmed that this model is reliable. Based on the obtained model, it is concluded that the price index of the reconstruction works negatively influences the energy efficiency potential, which confirms the second hypothesis. The first hypothesis is partially proved, since only one parameter remained in the final model. The third hypothesis is also confirmed because the variable was not statistically significant.

The results of this thesis could be useful for companies wishing to invest in renewable energy and increase their energy efficiency potential.

4 KASUTATUD ALLIKAD

Argo Rosin, S. L. (2013). *Energia lokaalse tootmise analüüs büroohoonele, Osa I*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.

Cooremans, C. (2012). Investment in energy efficiency: do the characteristics of investments matter? *Energy Efficiency* , 497-518.

Eesti Keskkonnaühenduste Koda. (2012). *Taastuenergia 100% - üleminek puhtale energiale*. Tartu: Eesti Keskkonnaühenduste Koda .

Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. RT I, 13.12.2018, 14

Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. RT I, 13.12.2018, 14, Lisa 2

Eesti Statistikaamet. (2019). *Mõisted ja metoodika*. Allikas: Eesti Statistikaamet: http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/04Hinnad/IA_13.htm 19.12.2019

Elering AS. (2018). *Elektrituru käsiraamat*. Kättesaadav: <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat>

Euroopa Komisjon. (2013). Roheline Raamat. Kliima- ja energiapoliitika raamistik aastani 2030 . Brüssel, Belgia.

Euroopa Komisjon. (2018). *Puhas planeet kõigi jaoks. Euroopa pikaajaline strateegiline visioon, et jõuda jõuka, nüüdisaegse, konkurentsivõimelise ja kliimaneutraalse majanduseni*.

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2010/31/EL

Euroopa Komisjon. (2007). *Taastuenergia tegevuskava. Taastuenergia 21. sajandil: jätkusuutlikuma tuleviku rajamine*.

- European Commission. (2019.) *What we do*. Allikas: Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/about/overview/what-we-do>
- Frank A. G., Gerstlberger W., Paslauskis C. A., Lerman L.V., Ayala N. F. (2018) The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems. *Energy policy*. 115, 353-365.
- Fresner J ; Krenn C ; Kleshchov A ; Tomasi F. (2018). Exploratory research into energy efficiency investment and strategy. *Technology audit and production reserves*, 2(4(46)),16-27.
- Godoy-Shimizu D., Steadman P., Hamilton I., Donn M., Evans. S., Moreno G., Shayesteh H. (2018). Energy use and height in office buildings. *Building Research and Information* , 46 (8), 845-863.
- Graus W., Blomen E, Worrell E. (2011). Global energy efficiency improvement in the long term: a demand- and supply-side perspective. *Energy Efficiency*, 4, 435–463.
- Hanania J, Stenhouse K, Donev J. (2019). *Energy education*. Allikas: University of Calgary: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Primary_energy
- Hirst E., Brown M. (1997) Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. *Resources, Conservation and Recycling*. 3(4), 267-281.
- Kasprowicz R., Schulz C. (2015) Availability-based Payback Method for Energy Efficiency Measures. *Procedia CIRP*. 29, 710-715
- Labanca N ; Bertoldi P. (2018). Beyond energy efficiency and individual behaviours: policy insights from social practice theories. *Energy Policy*,115, 494-502
- Mobec AS. (2019). *Ettevõtte*. Allikas: Mobec AS: <https://mobec.ee/ettevottest?tab=logistika>
- Nehler T., Rasmussen J. (2016). How do firms consider non-energy benefits? Empirical findings on energy-efficiency investments in Swedish industry. *Journal of Cleaner Production*, 472-482.
- OECD/IEA joint workshop on the design of sustainable building policies. ENV/EPOC/WPNEP(2001)32/PART1/

OECD (2019). *Who we are*. Allikas: Organisation for Economic Co-operation and Development: <http://www.oecd.org/about/>

OÜ Trinity Capital. (2017). *Tasuvusaeg*. Allikas: <https://www.rahendus.ee/et/tasuvusaeg>

Santiago K.; Vazquez J.; Parrish K. (2016) The Role of Small Commercial Buildings in Achieving Energy Efficiency: Case Study Results. *Procedia Engineering*. 145, 1470-1477

Sauga, A. (2017). *Statistika õpik majanduseriala üliõpilastele*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.

Swedish Institute. (2019). *Energy use in Sweden*. Allikas: Sweden Institute: <https://sweden.se/nature/energy-use-in-sweden/>

Weber L. (1997) Some reflections on barriers to the efficient use of energy. *Energy Policy*. 25 (10), 833-835.

Xiang Z., Yin Y., He Y. (2018). A Microeconomic Methodology to Evaluate Energy Efficiency by Consumption Behaviors and Strategies to Improve Energy Efficiency. *Sustainability*. 10(11), 4327.

LISAD

Lisa 1. Intervjuu plaan

Intervjueeritava taust

- Nimi
- Haridus
- Töökoht ja ametikoht

Üldinfo ettevõttest

- Ettevõtte ajalugu ja areng
- Ettevõtte energiatõhususe muutmise eeltingimused
- Energiatõhususe parandamise võimalused
- Eelnevad uuringud, tasuvusanalüüs ja nende tulemused

Energiasäästlikud lahendused

- Hetkel kasutusel olevad energiasäästlikud lahendused
- Lahenduste teostamisprotsess
- Majanduslikud näitajad
- Keskkondlikud näitajad
- Rakenduste tulemused

Tulevik

- Energiasäästlike lahenduste rahuolu
- Võimalikud lahendused tulevikus

- Lisavõimalused ja perspektiiv

Lisa 2. Bakalaureustöös kasutatud andmed

Periood	Taastuenergi a osatähtsus energia lõpptarbimises , %	Ettevõtetes tarbitud elektrienergi a keskmine maksumus, eur/mWh	Ettevõtetes tarbitud soojusenergi a keskmine maksumus, eur/mWh	Remondi- ja rekonstueerimistöod e hinnaindeks	Elektrienergi a keskmine hind äritarbijale, eur/ kWh
2004	18,4000	48,3200	23,9000	134,5000	0,0464
2005	17,4000	48,8900	23,5800	143,6075	0,0472
2006	15,9000	50,9400	27,1000	159,4500	0,0489
2007	17,0000	51,2600	32,1500	179,9225	0,0542
2008	18,6000	56,0500	44,1600	187,0775	0,0606
2009	22,9000	59,4400	44,1000	172,0200	0,0695
2010	24,6000	67,8100	44,2900	167,1275	0,0718
2011	25,4000	72,5300	44,4500	173,4550	0,0774
2012	25,5000	77,3600	52,6900	181,2150	0,0932
2013	25,4000	87,1800	55,6100	192,3375	0,0884
2014	26,2000	83,1800	60,1200	193,4925	0,0876
2015	28,4000	82,0200	56,1900	193,5025	0,0854
2016	28,6000	79,0000	53,7500	191,7350	0,0843
2017	29,2000	76,5100	57,1200	194,5300	0,0886

Lisa 3. Esialgne mudel OLS

Model 1: OLS, using observations 2004-2017 (T = 14)
 Dependent variable: TAAST

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	16.8389	9.35740	1.800	0.1055
ELMAKS	0.0558004	0.137025	0.4072	0.6934
SMAKS	0.240668	0.218642	1.101	0.2996
REKOHI	-0.0964955	0.0678301	-1.423	0.1886
ENH	123.582	148.007	0.8350	0.4253
Mean dependent var	23.10714	S.D. dependent var	4.704084	
Sum squared resid	31.39289	S.E. of regression	1.867645	
R-squared	0.890872	Adjusted R-squared	0.842370	
F(4, 9)	18.36791	P-value(F)	0.000235	
Log-likelihood	-25.51781	Akaike criterion	61.03562	
Schwarz criterion	64.23090	Hannan-Quinn	60.73984	
rho	0.471089	Durbin-Watson	1.045107	

Lisa 4. Esialgne mudel peale 1. järku diferentsi võtmist

Model 2: OLS, using observations 2005-2017 (T = 13)

Dependent variable: d_TAAST

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	1.12415	0.455047	2.470	0.0387	**
d_ELMAKS	0.0218541	0.0830822	0.2630	0.7992	
d_SMAKS	0.0317815	0.109908	0.2892	0.7798	
d_REKOHI	-0.118953	0.0446232	-2.666	0.0286	**
d_ENH	39.2161	79.4756	0.4934	0.6350	
Mean dependent var	0.830769	S.D. dependent var		1.471045	
Sum squared resid	11.61692	S.E. of regression		1.205037	
R-squared	0.552639	Adjusted R-squared		0.328959	
F(4, 8)	2.470666	P-value(F)		0.128591	
Log-likelihood	-17.71504	Akaike criterion		45.43008	
Schwarz criterion	48.25482	Hannan-Quinn		44.84947	
rho	-0.058991	Durbin-Watson		2.002192	

Lisa 5. Korrelatsioonimaatriks

Correlation coefficients, using the observations 2005 - 2017
5% critical value (two-tailed) = 0.5529 for n = 13

d_TAAST	d_ELMAKS	d_SMAKS	d_REKOHI	d_ENH	
1.0000	0.0682	-0.1376	-0.7078	0.2442	d_TAAST
	1.0000	0.2235	0.0561	0.1728	d_ELMAKS
		1.0000	0.4275	0.4998	d_SMAKS
			1.0000	-0.0570	d_REKOHI
				1.0000	d_ENH

Lisa 6. Lõplik mudel

Model 3: OLS, using observations 2005-2017 (T = 13)
 Dependent variable: d_TAAST

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	1.35379	0.339715	3.985	0.0021	***
d_REKOHI	-0.113264	0.0340878	-3.323	0.0068	***
Mean dependent var	0.830769	S.D. dependent var		1.471045	
Sum squared resid	12.96003	S.E. of regression		1.085442	
R-squared	0.500917	Adjusted R-squared		0.455546	
F(1, 11)	11.04044	P-value(F)		0.006798	
Log-likelihood	-18.42618	Akaike criterion		40.85237	
Schwarz criterion	41.98226	Hannan-Quinn		40.62012	
rho	0.124848	Durbin-Watson		1.604337	

Lisa 7. Breusch-Godfrey test lõpliku mudeli jaoks

Breusch-Godfrey test for first-order autocorrelation

OLS, using observations 2005-2017 (T = 13)

Dependent variable: uhat

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value
const	-0.0555628	0.371572	-0.1495	0.8841
d_REKOHI	0.0107443	0.0420643	0.2554	0.8036
uhat_1	0.176878	0.375056	0.4716	0.6473

Unadjusted R-squared = 0.021757

Test statistic: LMF = 0.222411,

with p-value = $P(F(1,10) > 0.222411) = 0.647$

Alternative statistic: $TR^2 = 0.282843$,

with p-value = $P(\text{Chi-square}(1) > 0.282843) = 0.595$

Ljung-Box $Q' = 0.245873$,

with p-value = $P(\text{Chi-square}(1) > 0.245873) = 0.62$

Lisa 8. White's test. Lõpliku mudeli heteroskedatiivsuse testimine

White's test for heteroskedasticity

OLS, using observations 2005-2017 (T = 13)

Dependent variable: \hat{u}^2

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	

const	0.296541	0.315278	0.9406	0.3691	
d_REKOHI	0.000713845	0.0307094	0.02325	0.9819	
sq_d_REKOHI	0.00701866	0.00222872	3.149	0.0103	**

Unadjusted R-squared = 0.556185

Test statistic: $TR^2 = 7.230399$,

with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 7.230399) = 0.026912$

Lisa 9. Doornik-Hanseni test. Jääkliikmete normaaljaotuse testimine

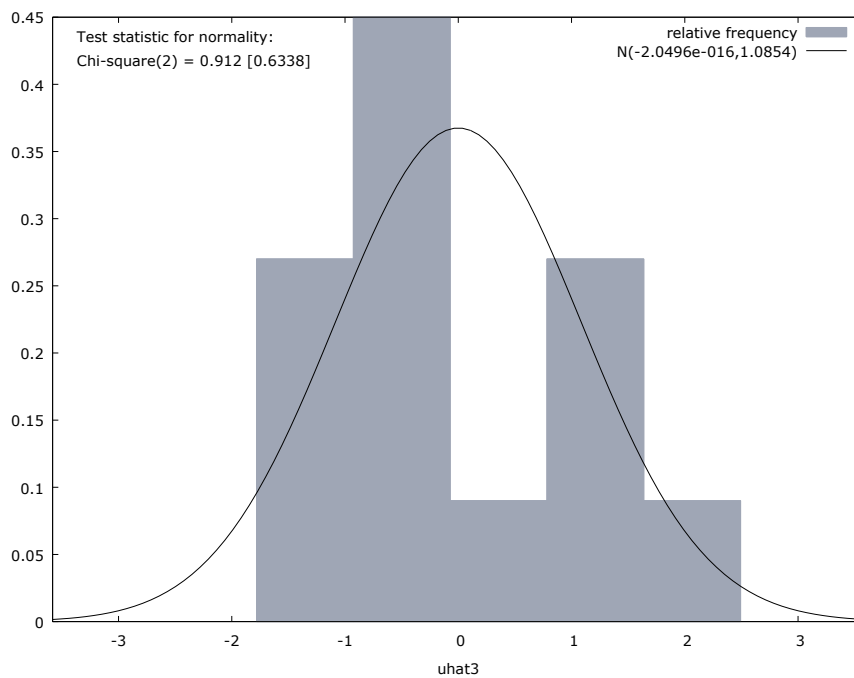
Frequency distribution for uhat3, obs 2-14

number of bins = 5, mean = -2.04964e-016, sd = 1.08544

interval	midpt	frequency	rel.	cum.	
< -0.92661	-1.3540	3	23.08%	23.08%	*****
-0.92661 -	-0.071860	5	38.46%	61.54%	*****
-0.071860 -	0.78289	1	7.69%	69.23%	**
0.78289 -	1.6376	3	23.08%	92.31%	*****
>= 1.6376	2.0650	1	7.69%	100.00%	**

Test for null hypothesis of normal distribution:

Chi-square(2) = 0.912 with p-value 0.63382



Lisa 10. Ramsey RESET-test

Auxiliary regression for RESET specification test

OLS, using observations 2005-2017 (T = 13)

Dependent variable: d_TAAST

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value
const	0.0690014	0.728706	0.09469	0.9266
d_REKOH1	-0.0206334	0.0547205	-0.3771	0.7149
yhat^2	0.712553	0.614022	1.160	0.2757
yhat^3	-0.101979	0.185303	-0.5503	0.5955

Test statistic: $F = 2.144085$,

with $p\text{-value} = P(F(2,9) > 2.14409) = 0.173$