

# TARBIMISE JUHTIMINE

## SUURTARBIJATE KOORMUSGRAAFIKUTE SALVESTAMINE NING ANALÜÜS TARBIMISE JUHTIMISE RAKENDAMISE VÕIMALUSTE TUVASTAMISEKS

**Argo Rosin**

Imre Drovtar, Siim Link, Hardi Hõimoja,  
Heigo Mölder, Taavi Möller

Tallinn 2014





## SISUKORD

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>Eessõna .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1</b> | <b>Sissejuhatus .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Hinnatundlikkus ja elektriturud .....</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1.     | Hinnatundlikkus ja selle mõju .....  | 8         |
| 2.2      | Reguleerimisturud – primaar-, sekundaar- ja tertsiaarreguleerimisvõimsuste turud ..... | 9         |
| 2.3      | Võimsusturud .....   | 10        |
| 2.4      | Näiteid toimivatest tarbimise juhtimise turumehhanismidest .....                       | 11        |
| <b>3</b> | <b>Tarbimise juhtimise meetmed .....</b>   | <b>13</b> |
| 3.1      | Staatilised meetmed .....  | 14        |
| 3.1.1    | Tõhusamate seadmete kasutuselevõtt .....   | 14        |
| 3.1.2    | Valgustus .....  | 14        |
| 3.1.3    | Elektrienergia kvaliteet ja reaktiivenergia kompenseerimine .....                      | 16        |
| 3.2      | Dünaamilised meetmed .....   | 17        |
| 3.2.1    | Hinnapõhine juhtimine .....  | 17        |
| 3.2.2    | Reguleerimisvõimsuste pakkumine .....  | 20        |
| <b>4</b> | <b>Tarbimise juhtimine tööstussektoris .....</b>                                       | <b>22</b> |
| 4.1      | Eesti puidu- ja paberitööstus .....  | 22        |
| 4.2      | Tarbimise juhtimise kaardistamine .....  | 23        |
| 4.2.1    | Tootmisprotsessi kaardistamine .....   | 23        |
| 4.2.2    | Tarbimisandmete kogumine ja analüüs .....  | 24        |
| 4.2.3    | Staatilise tarbimise juhtimise meetmete rakendamine .....                              | 26        |
| 4.2.4    | Dünaamilise tarbimise juhtimise meetmete rakendamine .....                             | 27        |
| 4.2.5    | Taastuvenergeetika ja kohalik tootmine .....   | 29        |
| 4.3      | Tarbimise juhtimine puidu- ja paberitööstuses .....                                    | 30        |
| 4.4      | Tarbimise juhtimine tööstusharudes kokku .....   | 31        |
| <b>5</b> | <b>Tarbimise juhtimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris .....</b>                   | <b>32</b> |
| 5.1      | Büroohooned .....  | 32        |
| 5.1.1    | Soojustarbimise analüüs .....  | 33        |
| 5.1.2    | Elektritarbimise analüüs .....   | 34        |
| 5.1.3    | Taastuvenergia kasutamise võimalustest .....   | 38        |
| 5.1.4    | Tarbimise juhtimise meetmed .....  | 40        |
| 5.1.5    | Tarbimise nihutamise potentsiaal kontorihoonetes .....                                 | 42        |
| 5.2      | Hulgi- ja jaekaubandus (kaubanduskeskused) .....                                       | 42        |
| 5.2.1    | Soojustarbimise analüüs .....  | 43        |
| 5.2.2    | Elektritarbimise analüüs .....   | 44        |
| 5.2.3    | Taastuvenergia kasutamise võimalustest .....   | 46        |
| 5.2.4    | Soojuse ja külma salvestuse rakendatavus .....   | 47        |
| 5.2.5    | Tarbimise juhtimise meetmed .....  | 50        |
| 5.2.6    | Tarbimise nihutamise potentsiaal jae- ja hulgikaubanduse sektoris .....                | 51        |
| <b>6</b> | <b>Tarbimise juhtimine kodumajapidamistes .....</b>                                    | <b>52</b> |
| <b>7</b> | <b>Kokkuvõte .....</b>   | <b>53</b> |
| 7.1      | Staatilised meetmed .....  | 53        |
| 7.2      | Dünaamilised meetmed .....   | 53        |
| 7.3      | Tarbimise juhtimise potentsiaal sektorite lõikes .....                                 | 54        |
| 7.4      | Tarbimise juhtimise rakendamine – edasised sammud .....                                | 55        |
| <b>8</b> | <b>Kasutatud kirjandus .....</b>   | <b>56</b> |



# Eessõna

---

Käesolev on projekti „Tarbimise juhtimine – suurtarbijate koormusgraafikute salvestamine ning analüüs tarbimise juhtimise rakendamise võimaluste tuvastamiseks“ lõpparuanne. Lõpparuanne on koostatud ajavahemikus 7.08.2012 – 20.06.2014 läbiviidud uuringu tulemuste põhjal, milles osalesid TTÜ elektro-tehnika instituudi, elektroenergeetika instituudi ja Elering AS-i töötajad: Argo Rosin, Imre Drovtar, Siim Link, Heigo Mölder, Taavi Möller, Hardi Hõimoja, Ivo Palu, Kalle Kukk, Jaan Niitsoo. Töö autorid tänavad ka teisi Elering AS-i töötajaid ja partnereid, kes olid uuringute läbiviimisel toeks või võimaldasid oma ettevõtetes läbi viia vajalikke mõõtmisi, küsitlusi ja uuringuid.

## **TÖÖ AUTORITE DEKLARATSIOON:**

---

Autorid on analüüsi koostamisel kasutanud digitaalsel andmekandjal, paberkandjal või muus taasesitamist võimaldavas vormis esitatud materjale (edaspidi Materjale). Hinnang on koostatud esitatud Materjalidest ja läbiviidud mõõtmistest lähtudes. Autorid ei vastuta vigade eest käeolevas analüüsis, mis tulenevad esitamata jäetud või objekti ülevaatusel või mõõtmiste käigus varjatud andmetest või millele tehnoloogilistest iseärasustest või juriidilistest piirangutest tingituna polnud juurdepääsu.

# 1 Sissejuhatus

---

Euroopa Komisjon on koostanud energiatõhususe direktiivi (*Energy Efficiency Directive*), mille artikkel 15.8 nõuab, et kõik liikmesriigid toetaksid tarbimise juhtimise meetmeid pakkuvate osapoolte pääsemist ning osalemist erinevatel süsteemiteenuste turgudel. Energeetika valdkonda reguleerivatele riiklikele asutustele on pandud kohustus töötada koostöös turuosalistega välja vajalikud tehnilised tingimused ja parameetrid, arvestades seejuures tootjate ja tarbijate erisusi [EED12, SED13]. Lisaks toetab tarbimise juhtimise meetmete juurutamist ka Euroopa Energeetikasektorit Reguleerivate Asutuste Koostööamet (*Agency for the Cooperation of Energy Regulators*, ACER), kelle juhiste järgi koostab Euroopa süsteemihaldurite katusorganisatsioon (*European Network of Transmission System Operators for Electricity*, ENTSO-E) üle-euroopalisi ühtseid võrgueeskirju, milles on tarbimise juhtimise meetmetele ette nähtud eraldiseisev eeskiri<sup>1</sup>.

Praegusel hetkel on 28 liikmesriigist ainult viiel riigil regulatoorsed ja/või lepingulised meetmed, mis soodustavad erinevate tarbimise juhtimise meetmete kasutamist elektrisüsteemis. Soome, Belgia, Austria, Suurbritannia, Iirimaa, Saksamaa ja Prantsusmaa on oma seadusandlust üle vaatamas, mille tulemusena peaks tarbimise juhtimise kasutamine lihtsustuma ka nendes riikides. Samal ajal suuremal osal teistest liikmesriikidest takistavad regulatsioonid tarbijate osalemist süsteemiteenuste turgudel. Nende riikide regulaatorid ja süsteemihaldurid ei ole teinud midagi või on alles alustamas regulatsioonide ülevaatamist ja uuendamist. Joonisel 1.1 on toodud tarbimise juhtimise meetmete arendamise ning nende rakendamise olukord Euroopa Liidus.

Tarbimise juhtimise meetmete alla saab allutada koormusi, energiasalvesteid ning ka hajatootmiseseadmeid (k.a mikrogeneraatorid). Viimaste hulka kuuluvad ka avariigeneraatorid ja/või koostootmisjaamad. Nende meetmete kasutamine võib ühelt poolt vähendada lokaalseid elektrilisi liigkoormusi ja teisalt on neid võimalik kasutada ka koormuste ja genereerimise tasakaalus hoidmiseks elektrisüsteemis tervikuna (nt suurte taastuvelektrijaamade tasakaalustamiseks). Tarbimise juhtimise teenuseid saavad pakkuda kodu-, teenindus- ja avaliku sektori tarbijad (nt kaubanduskeskused ja büroohooned), aga ka tööstustarbijad ning seda nii üksikute koormustena, eeldusel et need on piisavalt suured, kui ka koondatud (agregeeritud) koormustena.

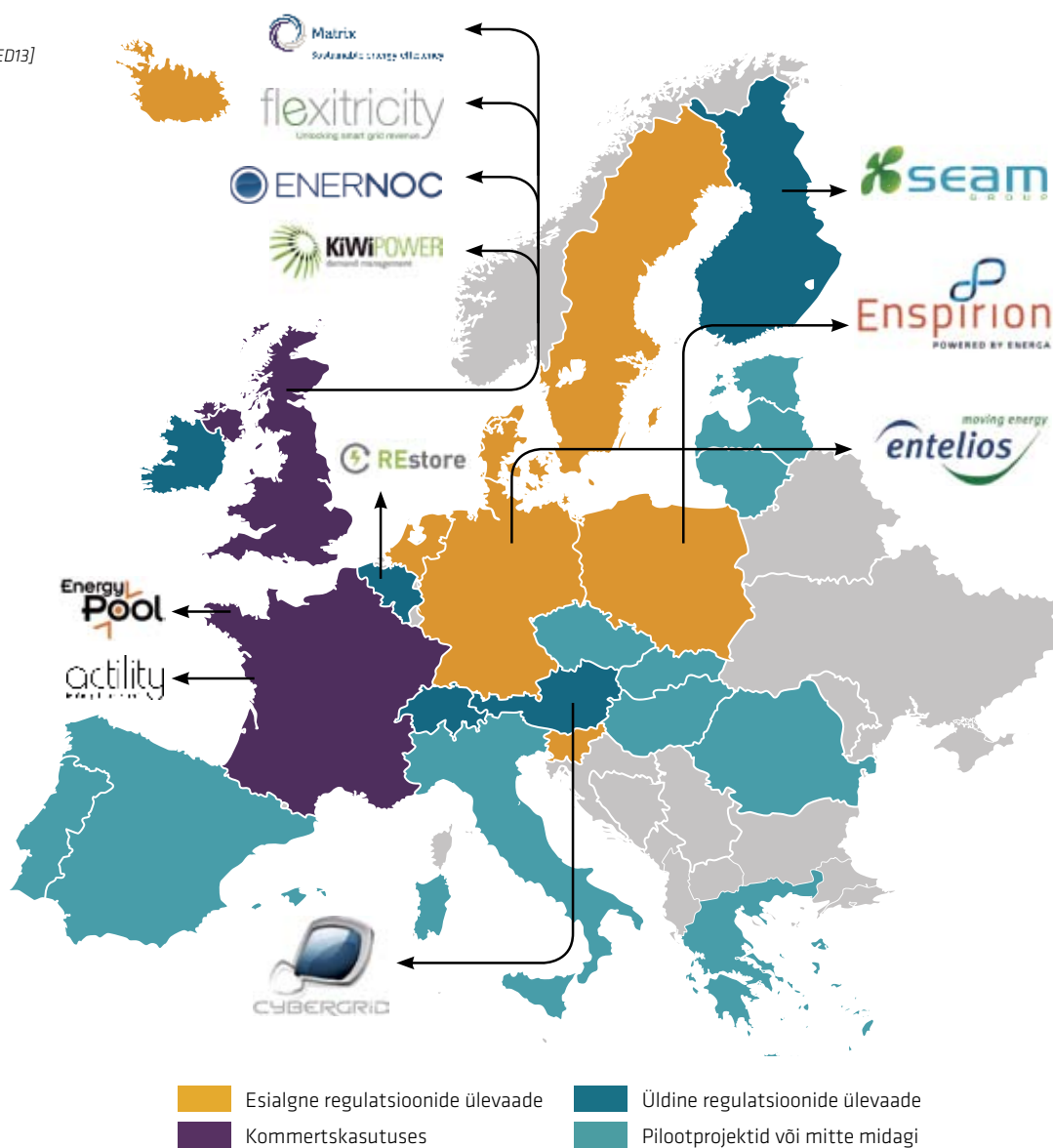
Kui täna oleks kodutarbijate kaasamiseks tarbimise juhtimisse vaja tehnoloogilist läbimurret, siis tööstuste kaasamine on juba praegu võimalik. Tööstused on nii tehnoloogiliselt kui majanduslikult võimelised ja huvitatud ka täna osalema tarbimise juhtimise programmides. Euroopa mastaabis tähendab see aastas sadadest miljonitest eurodest ilma jäämist. Samas on mitmed regulatsioonid püsinud muutumatuks sellest ajast, kui reguleerimisteenuseid pakkusid ainult elektrijaamad. Kuna tarbijate kasutamine reguleerimiseks või mis tahes süsteemiteenusteks ei ole nende määrustega reglementeeritud, siis on tarbimise juhtimise kasutamine jäänud piiratuks.

Antud uuringu eesmärk on kaardistada mingi osa Eesti tarbimise juhtimise võimekusest, mille alusel oleks võimalik määratleda reaalseid tarbimise juhtimise võimalusi ja kasusid ning Eleringi edasise teadus- ja arendustegevusega seotud projektide suundi ja vajadusi. Aruandes käsitletakse tarbimise juhtimist kahest vaatenurgast: ühelt poolt vaadeldakse tarbijaid ja nende võimalikku kasu tarbimise juhtimise rakendamisest ning teiselt poolt Eleringi kui süsteemihalduri seisukohast, kellele saaks tarbimise juhtimisega seotud teenuseid pakkuda.

---

<sup>1</sup> [https://www.entsoe.eu/Documents/Network%20codes%20documents/General%20NC%20documents/1404\\_introduction\\_to\\_network\\_codes\\_Website\\_version.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/Network%20codes%20documents/General%20NC%20documents/1404_introduction_to_network_codes_Website_version.pdf)

Joonis 1.1  
 Tarbimise juhtimise  
 arengud Euroopas [SED13]



# 2 Hinnatundlikkus ja elektriturud

Võrreldes varasema olukorraga, mil hind oli fikseeritud ja tarbijad said oma kulusid planeerida, on avatud elektrituru tingimustes elektrikulude planeerimine muutunud keerukamaks. Kuigi ajalooliste andmete analüüs võimaldab hinnata perspektiivseid kulusid, on elektrihinna pikaajaline prognoosimine tegelikult raske, kui mitte võimatu. Isegi juhul, kui tarbija on valinud fikseeritud hinnaga paketi, on ka sellises paketi suure tõenäosusega kulud elektrile pikaajalisest keskmisest turuhinnast suuremad. See tuleneb asjaolust, et müüja võtab enda kanda hinna muutlikkusest tulenevad riskid, kuid maandab need läbi vahendustasude. Kasutades päev-ette hindu, on võimalik tootmisprotsesse (sh elektritarbimist) optimeerida. Kuna tööstuses elektrikulu mõjutab olulisel määral ettevõtte kasumlikkust, siis käsitletakse järgmises hinnatundlikkuse näites tööstustarbijat. Võrreldes tööstustarbijaga mõjutab kodutarbijat oluliselt rohkem mugavus ja väärtushinnangud. Seetõttu tuleb kodutarbijat sotsiaalsest aspektist põhjalikumalt uurida, kusjuures hinnatundlikkus tuleks siduda mugavuse hinnaga, mis sõltub ühelt poolt psühholoogilisest mugavuse tunnetusest ja teisalt väärtushinnangutest.

## 2.1. HINNATUNDLIKKUS JA SELLE MÕJU

Tööstusettevõtte eesmärk on teenida kasumit, mistõttu tuleb esmalt määratleda ettevõtte piirkasum, millest allapoole ei ole võimalik laskuda, vastasel juhul teenitakse kahjumit ja siis oleks kasulikum tootmine seisata [PRU10]. Piirkasum ( $E_v$ ) arvutatakse valemiga (1).

$$(1) \quad E_v = P_v - C_v$$

kus  $P_v$  on toodangu piirtulu ehk müügihind toodangu ühiku kohta (€/t),  $C_v$  muutuvkulu (va elektrienergia) ehk kogupiirkulu ühe toodangu ühiku kohta (€/t).

Järgnevalt leitakse valemiga (2) ettevõtte toodangu kogus ühe MWh elektrienergia kohta ( $\eta_e$ ).

$$(2) \quad \eta_e = \frac{M_t}{E_t}$$

kus  $M_t$  on ettevõtte kalendriaasta toodang (t) ning  $E_t$  ettevõtte aastane elektrienergia tarbimine (MWh). Lisaks eelnevale on piirhinnas vaja arvesse võtta mitteelastne piirkulu ( $C_{iv}$ ), mis tootmise lühiajalisel seiskamisel ei muutu. Börsilt ostetava elektrienergia piirhinna ( $P_{cap}$ ) saab ettevõtte seejärel arvutada valemiga (3).

$$(3) \quad P_{cap} = (P_v - (C_v - C_{iv})) \times \frac{M_t}{E_t} = (E_v + C_{iv}) \times \eta_e$$

Uuritava puitu töötleva tööstusettevõtte muutuvkulu ja mitteelastne piirkulu arvutatakse valemitega (4) ja (5).

$$(4) \quad C_v = C_{tj} + C_k + C_{tm} + C_e + C_t + C_m \quad (5) \quad C_{iv} = C_{tj} + C_k$$

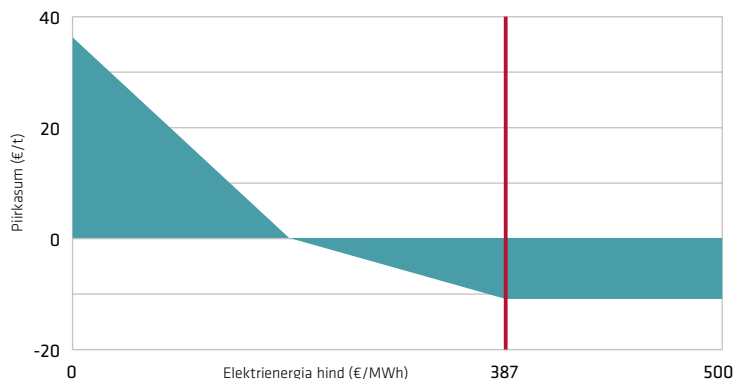
kus piirkulu  $C$  (€/t), on varustatud indeksitega, mis tähistavad  $tj$  - tööjõu-,  $k$  - kuivatus-,  $tm$  - toormaterjali,  $e$  - elektri-, v.a energia<sup>2</sup>,  $t$  - transpordi- ja  $m$  - muid kulusid.

2 Siin on energia- ja elektrikulu lahku löödud, kuna uuritakse tundlikkust energia hinnale. Elektrikulu all mõeldakse eelkõige võrgutasu ja erinevaid makse.



Järgnevalt arvatatakse välja ühe näidisettevõtte hinnatundlikkus kahele stsenaariumile. Esimesel juhul võetakse piiriks nullkasumi punkt ehk elektri piirhind, mille juures tarbija katab oma kulud ja ei teeni kahjumit. Teisel puhul võetakse piiriks olukord, kui müügikahju on võrdne seisukuluga ehk olukord, kui tootmisprotsess tasuks lühiajaliselt seisata, kuna sõltumata lõpptoodangu tootmisest on teenitav müügikahju võrdne seiskamisega seotud püsikuludega. Näidisjuhtumil on ettevõtte nullkasumi punkt elektrienergia hinna 296 €/MWh korral ning tootmine tasub lühiajaliselt seisata elektri hinna 387 €/MWh juures (joonis 2.1).

Joonis 2.1  
Ettevõtte käitumine lühiajaliste hinnakõikumiste korral. Elektrienergia tunnihinna 387 €/MWh korral on tootmine mõistlik selleks tunniks seisata



Arvutatud tundlikkushinnad võib aluseks võtta ka erinevate tarbimise juhtimise teenuste turule pakkumisel. Järgmises tabelis (tabel 2.1) on aastate kaupa toodud selliste hindade esinemissagedus Eesti NPS hinnapiirkonnas.

Tabel 2.1  
Piirhindade esinemissagedus NPS Eesti piirkonnas (10.04.2010 – 03.06.2014)

| Aasta | >387 €/MWh | >296 €/MWh | Max hind (€/MWh) |
|-------|------------|------------|------------------|
| 2010  | 5          | 8          | 2000             |
| 2011  | 0          | 0          | 90,96            |
| 2012  | 0          | 0          | 183,5            |
| 2013  | 0          | 0          | 210,01           |
| 2014* | 0          | 0          | 120,90           |

\*esimesed 5 kuud

Tulemustest nähtub, et tänaste turuhindade juures (v.a 2010. aasta) ei saa ettevõtte lubada lõpptoodangu mahu vähenemist ühelgi juhul, sest vastasel korral ei ole tootmise kasumlikkus maksimeeritud. Seega saab ettevõtte ainult optimeerida osasid tootmisprotsesse ja nendest tulenevat elektritarbimist.

Arvestades elektrituru muutlikkust, võib tulevikus esineda olukordi, kus ettevõtte on kõrge turuhinna tõttu valiku ees, kas toota edasi või tootmine peatada. Samas võib tootmise katkestamine olla põhjendatud, kui alternatiivina on võimalik osutada süsteemiteenust kõrgema hinnaga kui saamata jäänud kasum. Kirjeldatud meetodika on heaks aluseks teiste tööstusettevõtete hinnatundlikkuse uurimisel. Meetodika alusel on võimalik hinnata tarbijate piirhindu, mille järel ollakse valmis osalema tarbimise juhtimise teenuste pakkumises.

## 2.2 REGULEERIMISTURUD – PRIMAAR-, SEKUNDAAR- JA TERTSIAARREGULEERIMISVÕIMSUSTE TURUD

Reguleerimisvõimsused ja avariireservid jagunevad kahte kategooriasse [SED13]:

1. sageduse juhtimine – toimub pidevalt ja automaatselt üle terve süsteemi ning eesmärgiks on tagada süsteemiülene ühtne sagedus;
2. avariireservid ja reguleerimisteenused – süsteemihalduri nõudmisel automaatselt või käsitsi käivitavad võimsused, mille eesmärgiks on tasakaalustada avariidest või valeprognosidest tingitud suuri bilansi erinevusi.

Tõhusate riigisestest ja piiriüleste reguleerimismehhanismide olemasolu on oluline, sest võimaldab kulu- tõhusalt integreerida taastuvaid energiaallikaid ning annab investoritele tarvilikke signaale pikaajaliste investeeringute tegemiseks. Piiriüleste reguleerimismehhanismide olemasolu soodustab konkurentsi riigisestel ja regionaalsetel turgudel, mis kauplevad nii reguleerimisenergiaga kui ka reservvõimsus- tega. Samuti võib see muuta süsteemihalduri lühiajalise varustuskindluse tagamise teatud perioodidel kulutõhusamaks.

Tänased teenused on oma nime saanud ajaloolistel kaalutlustel, mille tingis suurte kütust põletavate elektrijaamade võimekus:

- a) primaarreguleerimine – kiirusregulaatori mõju auruklappidele, millega reguleeriti turbiini antavaid auru koguseid;
- b) sekundaarreguleerimine – elektrijaama väljundvõimsuse suurendamise suutlikkus ja kiirus;
- c) tertsiaarreguleerimine – eelnevate reguleerimisvõimsuste asendamise suutlikkus/kiirus.

Nendel teenustel võivad sõltuvalt seadusandlusest, tootmisportfelligist ja koormuskõverast olla erinevates riikides erinevad nimed. Sellele vaatamata ühendab kõiki reguleerimissüsteeme asjaolu, et praegusel kujul ei arvesta need tarbijate ja väiksemate tootjate potentsiaaliga. Tarbija seadmete võimekuse kasutamine süsteemi huvides võiks olla soodsam võrreldes traditsioonilise variandiga.

Reguleerimisturgu nähakse praegu peamise turumehhanismina, millele oleks võimalik rajada tarbimise juhtimise kasutamist. Selle võimaldamiseks on eriti oluline muuta reguleerimisturgude struktuur selliselt, et need soodustaksid võimalikult laiapõhjalist reguleerimisteenuste pakkumist. Tuleviku reguleerimisturud ei põhineks enam ainult soojuselektrijaamade võimsusel, vaid võtaksid arvesse ka tarbija poole (juhitavad koormused, energiasalvestid ja mikrotootmine) ja taastuenergiat põhinevate elektrijaamade võimalused.

Üheks võimalikuks takistuseks reguleerimisturgude restruktureerimisel on erinevate riikide süsteemihaldurite tegelikud vajadused. Lahendusena nähakse võimalust ühtlustada kõik reguleerimisturule tehtavad pakkumised selliselt, et oleks ära toodud kõige tähtsamad parameetrid, nagu pakutav võimsus, vähim kestus, vähim käivitamisaja jmt, millest iga süsteemihaldur filtreeriks välja tema tingimustele sobilikud teenuse pakkujad. Sellise süsteemideülese reguleerimisturu käivitamisega, kus ei ole määratletud pakutavate teenuste nimed, vaid kaubeldakse erineva kestuse ja võimsusega reguleerimisteenustega, kaoks vajadus ühildada kõikide süsteemihaldurite riiklikke nõuded.

## 2.3 VÕIMSUSTURUD

---

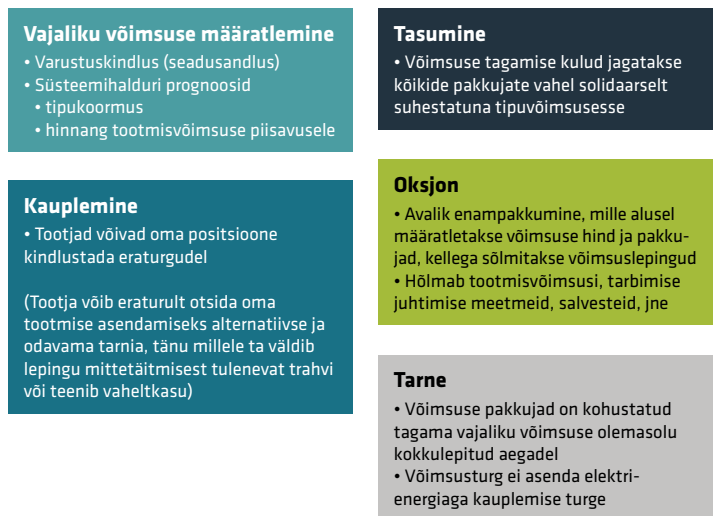
Võimsusturud ehk inglise keeles *Capacity Markets* on tarbimise juhtimise arendamise üks variant. Euroopa tarbimise juhtimist propageeriva huvigrupi *Smart Energy Demand Coalition* (SEDC) raporti [SED13] kohaselt peetakse just võimsusturgusid põhjuseks, miks tarbimise juhtimise programmid teenivad Ameerika Ühendriikides aastas 2 miljardit eurot kohalikele kogukondadele. USA võimsusturgude edukus seisneb selles, et tarbijatele ja väiketootjatele on antud võimalus ilma haldava bilansihalduri eelneva loata pakkuda süsteemihalduri(te)le reguleerimiseks oma tootmis- või tarbimisvõimsusi (nii üksik- kui koondatud võimsustena) võrdsetel alustel suurtootjatega. Teenitud kasumiga on finantseeritud tarbijate ja väiketootjate ettevalmistust, eelkõige läbi automatiseerimise, osalemaks erinevatel turutüüpidel: reservvõimsuste, sageduse reguleerimise ja energia turgudel. Pidevad investeeringud on viinud selleni, et selliseid teenuseid ehk turgudele tarbimisvõimsusi pakkuvate klientide arvukus suureneb aasta-aastalt.

Võimsusturg vajab toimimiseks nii ostjat kui ka müüjat. Müüjaks on kas elektrijaam, mis vastavalt nõudlusele suurendab või vähendab oma toodangut või tarbija, kes vajalikul ajahetkel suurendab või vähendab oma tarbimist. Ostjaks on üldjuhul bilansihaldur või võrguettevõtja. Võimsusturu käivitamisel on oluline määratleda võimsused, mille ost on kõigile ostjatele kohustuslik. See võimsus sõltub näiteks müüdavast elektrikogusest – kõikide tarbijate summaarne tipukoormus määratleb ära vajaliku reservvõimsuse, mille suurus pannakse paika üks kord aastas ning millega kaasnev kulu jagatakse kõikide klientide vahel. Reservide suuruse määratlemisel tuleb silmas pidada tipuvõimsuste esinemise sagedust ja kestust ning teiste mõjutavate faktorite (avarii, ekstreemsed ilmastikutingimused jmt) esinemise tõenäosust tipukoormusperioodidel. Samuti tuleb arvestada, et liiga suurte reservide nõue võib soosida ainult teatud liiki teenuspakkujaid, eelkõige elektrijaamu.

Võimsusturu põhiline eesmärk on tagada piisavate tootmisvõimsuste olemasolu elektrisüsteemis, et need oleksid kriitilistel hetkedel saadaval [CRA11]. Kasutades ära süsteemi tegelikke võimalusi nii erinevate elektrijaamade kui ka tarbijate näol, oleks võimalik vähendada süsteemis „igaks juhuks“ hoitavate võimsuste osakaalu. Reservide hoidmise jagamine erinevate osapoolte vahel võimsusturu kaudu

suurendab ühelt poolt süsteemi paindlikkust ning varustuskindlust ja teiselt poolt tagatakse fikseeritud tulubaasiga vastava teenuse pidev arendamine. Võimsusturu hindade kujundamisel tuleb arvestada, et olemasoleva süsteemi võimaluste kasutamine oleks odavam kui uute võimsuste rajamine. Võimsusturu toimemehhanismi illustreerib alljärgnev joonis 2.2 (Suurbritannia näitel).

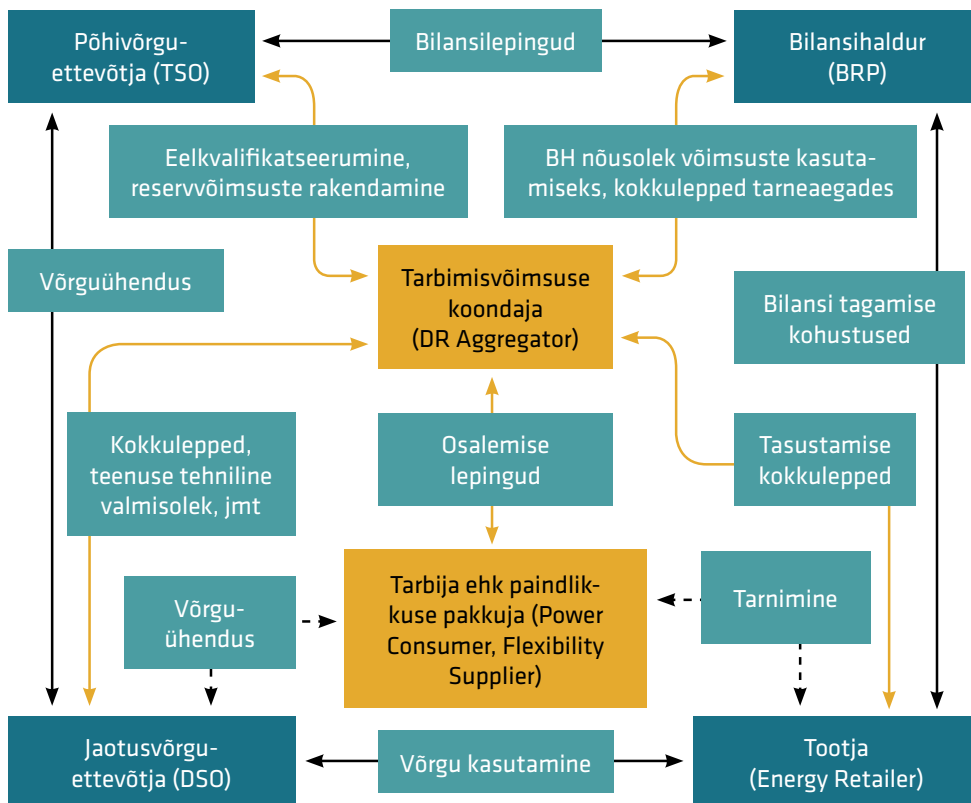
Joonis 2.2  
Võimsusturu toimimine [ERM13]



## 2.4 NÄITEID TOIMIVATEST TARBIMISE JUHTIMISE TURUMEHHAANISMIDEST

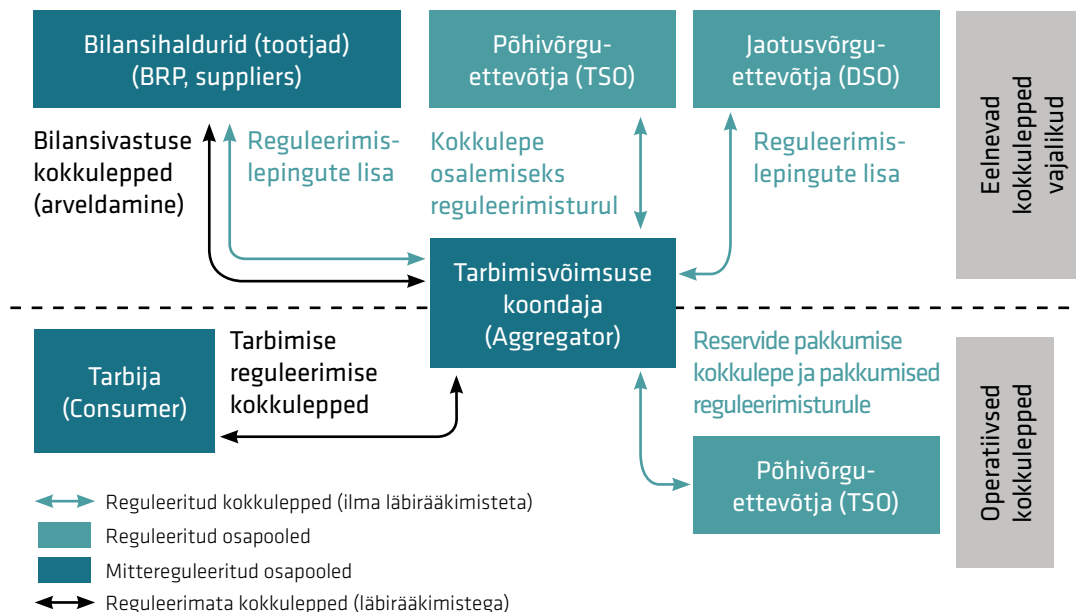
Tänastel Euroopa elektriturudel peavad tarbimisvõimsuste koondamist pakkuvad ettevõtted enne tarbimise reguleerimisega seotud teenuste pakkumist leppima kokku ja sõlmima lepingud paljude erinevate osapooltega, seejuures ei sõltu lepingute sõlmimine sellest, kas tegemist on tööstus-, kodu- või kommertstarbijaga. Koondatud võimsusi on seejärel võimalik pakkuda eri turgudele, nt reguleerimisturule. Järgmistel joonistel (joonis 2.3 kuni joonis 2.5) on esitatud Saksamaal, Prantsusmaal ja Suurbritannias käivitatud tarbimise juhtimise teenuste pakkumiseks loodud turumehhanismid ja seosed erinevate osapoolte vahel.

Joonis 2.3  
Turumehhanism tarbimise reguleerimise kasutamiseks Saksamaa turul [SED13]

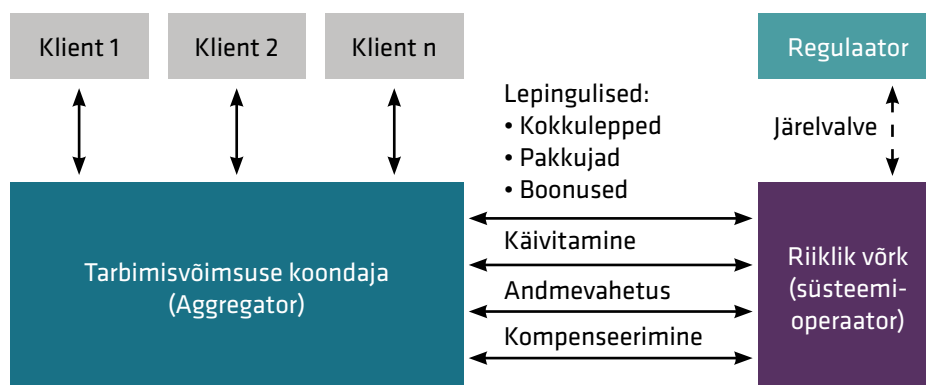


Saksamaal kasutusel oleva turumehhanismi peamiseks puuduseks peetakse seda, et tarbimise reguleerimise teenuse pakkumiseks peab selle kooskõlastama vähemalt kolme osapoollega. Sellise skeemi puhul on suurimaks ohuks asjaolu, et eri osapooltel võivad olla vastakad tingimused, mille täitmine võib teenuse osutajale olla keeruline või võimatu.

Joonis 2.4  
Turumehhanism  
tarbimise reguleerimise  
kasutamiseks Prantsus-  
maa turul [SED13]



Joonis 2.5  
Turumehhanism  
tarbimise reguleerimise  
kasutamiseks Suur-  
britannia turul [SED13]



Eestis tuleb sarnaste turumehhanismide juurutamisel lähtuda eesmärgist, et see oleks lihtne ja läbipaistev ning välistaks võimalused manipuleerida turujõududega. Selles osalemine peab kõikidele soovijatele olema võimalikult lihtne ja liigse bürokraatiata. Et turumehhanism toimiks, tuleb luua selge raamistik, kus on välistatud olemasolevate turuosaliste üleolek uutest<sup>3</sup> turuosalisest. Erilist tähelepanu tuleb pöörata järgmistele aspektidele:

- määratleda täpsed nõuded ja reeglid tarbimise reguleerimise koondamise (agregeerimise) teenuste osutajatele;
- kulude hüvitamine bilansihalduritele, kelle bilanssi teenuse kasutamisega mõjutati;
- finantsmehhanismid, mis toetavad tarbimise juhtimise arendamist ja kasutamist reguleerimisteenustena;
- kehtestada kohustuslikud reeglid kõikidele olemasolevatele ja uutele turuosalistele;
- kehtestada ühtne lepinguformaad kõikidele olemasolevatele ja uutele turuosalistele;
- kirjeldada täpselt erinevate (reguleerimise) protsesside toimimist;
- kehtestada ühtsed andmevahetusformaadid ja -protokollid;
- kehtestada täpsed tehnilised nõuded (kestus, käivitamine jne);
- luua mehhanismid, mis soodustavad pakutavate teenuste skaleerimist erinevatele reguleerimistasanditele;
- kehtestada võrguettevõtjatele/tootjatele sanktsioonid pakutavate teenuste mittekasutamise eest;
- eemaldada ajaloolised, sh seadusandlikud tõkked, mis takistaksid tarbimise juhtimise kasutamist.

3 Siin on mõeldud uusi turuosalisi, kes hakkaksid pakutama tarbimise reguleerimise koondavat teenust.

# 3 Tarbimise juhtimise meetmed

Tarbimise juhtimise meetmed on sõltuvalt kestusest jagatud kahte kategooriasse: staatiliseks ja dünaamiliseks [DEL08], kokkuvõtte meetmete jagunemisest on toodud alljärgneval joonisel (joonis 3.1).

Joonis 3.1  
Ülevaade tarbimise juhtimisest ja selle mõjudest elektrisüsteemis [DEL08]

| Liik ja kestus   | Staatiline (pikaajaline)   |   | Dünaamiline (lühiajaline)   |  |
|--|--|---|---|--|
| <b>Süsteemi-ülene mõju</b>                                     | Suurendab energiatõhusust ja annab mõningast energiasäästu                             |   | Tõhustab turumehhanisme ja süsteemi juhtimist. Suurendab mõningal määral energiatõhusust ja annab mõningast energiasäästu |  |
| <b>Tarbija tegutsemine</b>                                     | <b>Passiivne</b><br>(seadusandlus või kolmas osapool)                                  | <b>Aktiivne</b><br>(tarbija valikud)  | <b>Passiivne</b><br>(automaatne/lepingud)   | <b>Aktiivne</b><br>(tarbija tegutsemine)   |
| <b>Tarbimise juhtimise tegevus või seostatud terminoloogia</b> | <b>Energiatõhusus</b><br>(seadusandlus)  | <b>Energiatõhusus</b><br>(tarbija paigaldab / ostab energia-tõhusamaid tehnoloogiaid)     | <b>Tarbimise juhtimine</b>  | <b>Tarbijapoolne osalemine</b>   |
|  | <b>Energiasääst</b><br>(seadusandlus)  | <b>Energiasääst</b><br>(tarbija piirab energia tarbimist)                                 | <b>Tarbimise muutmine</b><br>(tellitakse süsteemihalduri poolt)   | <b>Tarbimise muutmine</b><br>(toimub hinnasignaali alusel)   |
|  | <b>Ressursside integreeritud planeerimine</b>  |   | <b>Tarbimise reguleerimine</b>  | <b>Reaalajatariif</b>  |
|  | <b>Rohelised riigihanked</b><br>(energiatõhusus)                                       |   |   | <b>Elektritariifid</b>   |
|  |  |   | <b>Tiputariifid</b>   |  |
| <b>Näited</b>  | Seadmete energiatõhususe standardid  | Soojustamine  | Väljalülitavate koormuste kasutamine reservvõimsusteks  | Koormuste nihutamine vastavalt hinnaindikatsioonidele  |
| <b>Nõutud tarbija osalemise tase</b>                           | <b>Madal/Keskmine</b>  | <b>Keskmine</b>   | <b>Keskmine/Kõrge</b>   | <b>Kõrge</b>   |
|  | Üldiselt juhitakse tarbijate osalemist, kas seadusandluse või kolmandate isikute poolt | Tarbija teeb aegajalt või üksikuid otsuseid, mis pikema aja jooksul annavad energiasäästu | Tarbijate koormust juhitakse kolmandate isikute poolt: tellitud või etteteatatud muudatused teenustes                     | Tarbija teeb regulaarselt tarbimist mõjutavaid otsuseid, mis juhinduvad hinna- ja võrguolukorra signaalidest |

**Staatilise tarbimise juhtimise** mõjud avalduvad pikema aja jooksul ja on seotud energiasäästuga. Staatiline juhtimine pakub huvi eelkõige sektorites, kus energiatõhusus annab märkimisväärset kokkuhoidu (tegevus)kuludelt, s.o kodumajapidamistes ning äri- ja avaliku teeninduse sektoris.

**Dünaamiline tarbimise juhtimine** on seevastu seotud lühiajaliste tegevustega, mille eesmärgiks on pakkuda teenuseid elektriturule ja -süsteemile. Sellise tarbimise reguleerimise mõjud on lühiajalised ja nendega ei kaasne ka märkimisväärset energiasäästu. Dünaamiliste meetmetega tarbimise juhtimist suudavad pakkuda ainult suured ühiktarbijad (tööstused) või agregeeritud (koondatud võimsustega) tarbijate grupid, kes on üheaegselt ja tsentraalselt juhitavad. Viimane ei välista seetõttu ka nende teenuste laiendamist nt kodumajapidamistele ning äri- ja avaliku teeninduse sektorile. Lisaks jaguneb nii staatiline kui ka dünaamiline tarbimise juhtimine omakorda aktiivseks ja passiivseks. Jaotus sõltub sellest, kui tihedalt ja mil moel on need seotud tarbijaga.

## 3.1 STAATILISED MEETMED

Eesti geograafilisest asukohast tulenevalt kulub hoonetes vajaliku mikrokliima tagamiseks energiat aastaringselt – talviti kütmiseks ning suviti jahutamiseks. Hoonete kõige suuremateks kitsaskohtadeks on soojusisolatsioon ning aknad. Lisaks soojapidavusega seotud probleemidele on võimalik energiasäästu saavutada ka:

- tõhusamate seadmete kasutuselevõtuga,
- kasutades valgustamiseks päevavalgust,
- reaktiivenergia kompenseerimisega ning
- inimeste teadlikkuse tõstmise teel.

Seega staatilised energiasäästu meetmed keskenduvad nendele kitsaskohtadele ja võimalustele, millega saavutatakse energiatarbimise otsene kokkuhoid. Erinevate allikate väitel [SEL13] on staatiliste meetmete rakendamisel võimalik kokku hoida 30% tarbitavast energiast. Järgnevalt vaadeldakse loetletud energiasäästumeetmeid mõnevõrra detailsemalt.

### 3.1.1 Tõhusamate seadmete kasutuselevõtt

Rahvusvahelise Energiaagentuuri andmetel kasutavad elektriajamid 43..46% kogu maailma elektritarbimisest, mis teeb kirjeldatud seadmed kõige atraktiivsemaks energiasäästu allikaks. Peamised meetmed energiasäästu saavutamiseks elektrimootorites ja ajamite süsteemides on järgmised:

1. Sõltuvalt võimsusest töötavad kõrge kasuteguriga mootorid 1..10% tõhusamalt kui standardsed mootorid. Pikka aega töötavad mootorid on otstarbekas asendada kõrge kasuteguriga mootoritega.
2. Mootorite kasutegur ja tõhusus on suurim, kui nad töötavad 60..100% nimikoormusel. Kasutegur väheneb järsult koormuse langemisel alla 50%.
3. Uuringud näitavad, et 1/3 mootoritest on üledimensioonitud ja töötavad allpool 50% nimikoormust. Keskmine mootorite koormus on 60%.
4. Suured madala võimsusteguriga mootorid võivad suurendada reaktiivenergia osakaalu tarbimises ja reaktiivenergia kulu.
5. Vaatamata sellele, et mõned mootorid on üledimensioonitud, on need vähe ja harva koormatud ning tarbivad nii vähe energiat, et majanduslikult pole neid otstarbekas välja vahetada. Ka seda asjaolu tuleb arvestada.
6. Pumbad, ventilaatorid ja sagedusmuundurid - 63% mootorite poolt kasutatavast energiast tarbitakse pumpades ja ventilaatorites, mille mootorid, sõltumata tegelikust vajadusest, töötavad enamikel juhtudel täiskiirusel. Sagedusmuundurite kasutamine võimaldab mootorit juhtida vastavalt tegelikule koormusele ning seeläbi saavutatakse energiasääst. Sagedusmuundurite kasutamine võib anda kuni 50% energiasäästu.

Eeltoodud loetelu saab tegelikult võimaliku energiasäästu osas laiendada mis tahes seadmetele, nt köögi-, kontori- ja koduseadmetele. Kuna energiatõhususes on viimastel aastakümnetel tehtud olulisi edasiminekuid, siis omab uute säästlike seadmete kasutuselevõtt märkimisväärset mõju energiasäästule ja kulude kokkuhoiule.

### 3.1.2 Valgustus

Äri- ja avaliku teeninduse sektori hoonetes kulub tarbitud elektrienergiast kõige rohkem valgustusele. Vastavalt [ULM12] viidatud andmetele saab ligikaudu 45% avaliku sektori elektritarbimisest kanda valgustuse arvele. Uute energiasäästlike valgustustehnoloogiate arenemisega nähakse just valgustuses suurt energiatõhususe tõstmise potentsiaali. Üheks lihtsamaks energiasäästu meetmeks on olemasolevate valgustussüsteemide valgustite väljavahetamine energiatõhusamate vastu ning süsteemide töö optimeerimine.

Vahetusega ei kaasne täiendavaid investeeringuid infrastruktuuri ning sõltuvalt tehnoloogiast võib lisaks kokku hoida ka hooldus- ja käidukuludelt. Kuna valgustusele on seatud miinimumnõuded sõltuvalt ruumi

ja töökoha iseloomust, siis olemasolevate süsteemide puhul, kus soovitakse valgusteid vahetada energiatõhusamate vastu, tuleks esimese asjana üle vaadata töökoha olemasolev valgustatus ning vajadusel valgustite vahetamisel viia see vastavusse nõuetega. Nii on võimalik saavutada täiendav energiasääst ka sellega, et ülevalgustatud kohtades vähendatakse valgustusvõimsust. Lisaks õige valgusti valimisele tuleb arvestada ka tööruumide omapäraga, sh maksimaalselt kasutada loomulikku valgust ning erinevate pindade peegeldumisvõime ja tehnoloogiate kasutamist selle suunamiseks.

### 3.1.2.1 Valgustussüsteemi uuendamine

Uuendamist on võimalik alustada kas järg-järgult lampide vahetamisega nende purunemisel või teha suurem investeering ja vahetada lambid ja valgustid välja suuremas koguses ning korraga. Kuigi esimene variant on majanduslikult mõnevõrra ahvatlevam, tagab ruumide või hoone osade valgustite üheaegne väljavahetamine parema tööjõukulude jaotamise, ruumide visuaalse ühtsuse ning suurema energiatõhususe. Lisaks on investeering ühiku kohta madalam, kui soetada valgusteid suuremates kogustes. Kõige laialdasemalt kasutatavad uuendusmeetmed on loetletud järgnevalt:

- **Lampide vahetus valgustites** – erinevad kombinatsioonid, millega on võimalik saavutada energiakokkuvõid, on koondatud allolevasse tabelisse (tabel 3.1)<sup>4,5</sup>. Summaarne energiasääst võib ulatuda 70%-ni<sup>6</sup>.

Tabel 3.1  
Lampide vahetamise kombinatsioonid ja potentsiaalne sääst

| Esialgne lamp                         | Energia-märgis <sup>7</sup> | Alternatiivne lamp                        | Energia-märgis | Potentsiaalne sääst |
|---------------------------------------|-----------------------------|---|----------------|---------------------|
| Hööglamp                              | E, F, G                     | Kompaktluminofoorlamp (säästulamp)        | B              | 65...80%            |
| Hööglamp                              | E, F, G                     | Halogeenhööglamp (12 V või xenon gaasiga) | C, B           | 25%                 |
| Hööglamp                              | E, F, G                     | LED-lamp                                  | A              | 80%                 |
| Halogeenhööglamp (230 V toitepingelt) | D, E, F                     | LED-lamp                                  | A              | 70...80%            |
| Luminofoorlamp T12<br>T8              | D, C,<br>B, A               | Luminofoorlamp T8<br>T5                   | B, A,<br>A     | 35...43%<br>12,5 %  |
| Luminofoorlamp (T12 või T8)           | D, C, B                     | LED-lamp                                  | A              | 25...50 (60)%       |

- **Valgustite vahetus** võib hõlmata terve valgusti või selle osa väljavahetamist energiasäästlikuma vastu, nt peegelduvate ja hajutavate pindade uuendamine koos lampide vahetamisega. Peegelduvate ja hajutavate pindade uuendamise efekt seisneb selles, et lambis genereeritud valgus juhitakse lambist välja ja hajutatakse töökeskkonda efektiivsemalt, millega tagatakse väiksemad valguse „kaod“ valgustis endas. Nimetatud tegevusega on võimalik vähendada ka lampide arvu valgustis, millest tulenevalt väheneb valgusti energiatarve 33...50%. Sõltuvalt vahetatavate/ uuendatavate valgustite arvust võib valgustite vahetamine uute vastu osutada odavamaks ja lihtsamaks kui nende ümberehitamine.

### 3.1.2.2 Päevavalguse kasutamine

Säästva arengu kontseptsioonides on hakanud üha enam levima päevavalguse kasutamine primaarse valgustusallikana ruumides. Peamiselt just sellepärast, et päevavalgus on naturaalne, väreusvaba ja pakub inimesele psühholoogiliselt mugavat keskkonda. Päevavalguse kasutuse suurendamine parandab ruumides töötavate inimeste tuju, heaolu ning produktiivsust, vähendades samal ajal hajameelsust ja vigade tegemist<sup>7</sup>. Energiatõhususe seisukohalt on päevavalgustuse kasutamisel suur potentsiaal vähendada valgustusele kuluvaid elektrilisi koormusi. Erinevate päevavalguse kasutamismeetoditega on energiasäästu potentsiaal 15...80%<sup>9</sup>.

Uuringud on tõestanud, et aknaaluste või -lähedaste piirkondade valgustamiseks on päevavalgus täiesti piisav. Mida kaugemale akendest, seda rohkem tuleb hakata kunstliku valgusega kompenseerima päevavalguse hajumist. Sellest tulenevalt on päevavalgustuse kasutamisega võimalik aknaalustes või -lähedastes piirkondades kokku hoida 60...70% energiat, ruumi keskosas 30...40% ning ruumi kõige kaugemates osades 5...20%<sup>10</sup>.

4 <http://buildingengineer.wordpress.com/2009/08/05/lighting-technologies-t5-lamps-vs-t8-lamps/>  
5 <http://www.tbkopto.com/PDF/Tube-e.pdf>  
6 <http://www.hawaiienergy.com/42/low-wattage-t8-t5-lamps-with-electronic-ballasts>  
7 Vastavalt Euroopa Liidu direktiivile 2010/30/EU  
8 [http://www.archenergy.com/SPOT/SPOT\\_Daylight%20Autonomy%20Report.pdf](http://www.archenergy.com/SPOT/SPOT_Daylight%20Autonomy%20Report.pdf)  
9 <http://www.iea.org/textbase/npsun/III.pdf>  
10 <http://www.iea.org/textbase/npsun/III.pdf>

### 3.1.2.3 Valgustuse juhtimine

Valgustuse passiivse juhtimisega on võimalik säästa 8...16% elektrienergiast (tabel 3.2) ja aktiivse ehk intelligentse juhtimisega kuni 65% (tabel 3.3).

Tabel 3.2  
Valgustuse passiivne juhtimine

| Valgustuse passiivne juhtimine                                     | Teoreetiline energiasääst |
|--|---------------------------|
| Taimer kasutamine automaatseks väljalülitamiseks (viivitus <7 min) | 8...16%                   |
| Kohaloleku järgi väljalülitamine või heleduse muutmine             | 8...16%                   |

Tabel 3.3  
Valgustuse aktiivne ehk intelligentne juhtimine<sup>11,12</sup>

| Valgustuse kombineeritud intelligentne juhtimine            | Teoreetiline energiasääst |
|---|---------------------------|
| <b>Kohalolekuanduritega (occupancy sensor)</b>              | 20...65%                  |
| Kontorid (era)  | 25...50%                  |
| Kontorid (avalik)   | 20...25%                  |
| Koridorid   | 30...40%                  |
| Laod jm hoidlad   | 45...65%                  |
| Koosolekuruumid   | 45...65%                  |
| <b>Päevavalguse järgi dimmerdamisega (daylight dimming)</b> | <b>30...40%</b>           |
| <b>Valgusvoo reguleerimisega (lumen control)</b>            | <b>8...13%</b>            |
| <b>Ajalise juhtimisega (time scheduling)</b>                | <b>35%</b>                |

Üheks säästlikumaks valgustuse juhtimise meetmeks tööruumides tuleb lugeda päevavalguse järgi dimmerdamist, see annab moodsaid lahendusi kasutades suuremat energiasäästu kui kohaoleku anduritega juhtimine ja ajaline juhtimine. Kui kohaloleku anduritega, päevavalguse anduritega, ajalise ja käsijuhtimisega ning kaheastmelise juhtimisega on võimalik saavutada energiasäästu kuni 50%, siis kombineerides eelmainitud andureid intelligentsete mikroprotsessorjuhtimisel ballastidega, on võimalik saavutada suuremat heleduse muutmise sujuvust ja energiasäästu kuni 75%.<sup>13</sup>

### 3.1.3 Elektrienergia kvaliteet ja reaktiivenergia kompenseerimine

Elektritarvitid on projekteeritud nii, et nende töö oleks optimaalne elektrisüsteemi talitluse nimiparameetrite (nimisagedus, nimipinge jne) juures. Seejuures eeldatakse, et pinge on siinuseline ja kolme-faasilises süsteemis sümmeetriline. Tarbijaile antava elektrienergia kvaliteeti hinnatakse põhiliselt selle järgi, kui lähedased on talitusparameetrid nimiväärtustele ja kui suur on pinge ebasümmeetria ning erinevus siinuskõverast. Kõrgemad harmoonilised põhjustavad energiakadusid, seadmete ülekuumenumist, liigpingeid, vibratsiooni ja mehaanilisi pingeid. Näiteks viies harmooniline põhjustab mootorites vastupidist momenti, mis vähendab oluliselt masina efektiivsust. Lisaks võivad vooluharmoonilised põhjustada interferentsi telekommunikatsiooniliinides ning vigu elektrimõõteseadmetes. Üldiselt lühendavad kõrgemad harmoonilised seadmete eluiga [ARR03].

Praktiliselt kõik tänased elektriseadmed tarbivad nii aktiiv- kui ka reaktiivenergiat. Tuleb teada, et reaktiivvõimsuse (mõõtühik *var*) suurenemine kutsub esile võimsusteguri vähenemise ja kadude suurenemise. Viimane põhjustab nii otseste kui ka kaudsete kulude kasvu. Reaktiivenergia tarbimist saab vähendada peamiselt kahel viisil: optimeerides seadmete talitlust ja võimsusi või kompensaatoritega. Reeglina on reaktiivvõimsuse kompenseerimine olemasolevates süsteemides lihtsam ja odavam ning sageli ka ainus võimalus.

Reaktiivvõimsuse kompenseerimisega saavutatakse oluline võit võimsuskadude vähendamisel liinides ja trafodes, väiksemad voolud, kõrgem keskmine pinge ning väiksem pingeniivo hajumine. Kuigi väiksemates tarbimiskohtades (alla 63 A peakaitsemega ja korterelamud) reaktiivenergia eest eraldi tasu ei võeta, on teistes tarbimiskohtades mõistlik oma reaktiivenergia tarbimist ja võrku andmist vähendada. Kompenseerimisega tarbitakse ja toodetakse võrku vähem reaktiivenergiat ning sellest tulenevalt saavutatakse suurem võrgu läbilaskevõimsus, millest tulenevalt vähenevad näiteks võrgu arenduskulud.

Toomas Vinnali [VINN11] teadustöös on välja toodud, et elektritarbimist ja võrgu arendamist on oluline uurida komplekselt, kuna paljudel juhtudel saab elektritarbimist tõhusamaks ja säästlikumaks muuta pingekvaliteedi parameetrite ning sobivate elektriseadmete valiku teel. Katsed näitavad, et harmooniliste moonutuste vähendamisega võib büroohoonetes saavutada energiasäästu keskmiselt 2,5% ning pinge optimeerimisega saavutatav sääst elektrikuludes on paljudel juhtudel kuni 15%. Reaktiivenergia kompenseerimisest saadav kasu on proportsioonis tarbitud/toodetud reaktiivenergiaga, seega sõltuv tegelikult olukorrast tarbija juures.

11 Schneider Electric – Electrical Installation Guide 2009  
12 Paul Hamilton, Energy Efficiency – Practical Examples, presentation on Schneider Electric Commercial Forum. 2007  
13 <http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/367-1339.pdf>



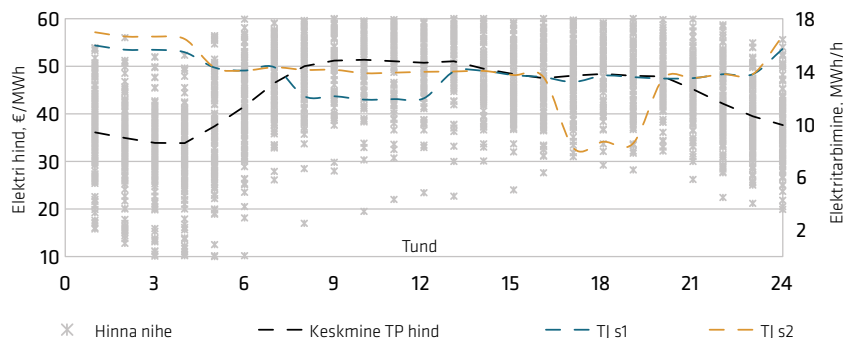
## 3.2 DÜNAAMILISED MEETMED

Dünaamiliste meetmete hulka arvatakse näiteks hinnapõhine juhtimine või reguleerimisteenuste pakkumine süsteemihaldurile.

### 3.2.1 Hinnapõhine juhtimine

Kui elektrienergiat ostetakse fikseeritud hinnaga, siis tarbimise juhtimiseks ei ole ei vajadust ega majanduslikku põhjendust. Seega avatud elektrituru tingimustes, kus tunni hind ööpäeva lõikes muutub märgatavalt ning arvestades ka võrguettevõtete ajatariife, muutub tarbimise optimeerimine tasuvaks, kui lähtuda tegelikest elektrihindadest. Alljärgneval joonisel (joonis 3.2). on kujutatud tarbimise juhtimise põhimõtteid lähtuvalt elektrituru hinnast.

Joonis 3.2  
Elektrituru stohhastiline hinnavaheemik võimaldab kahte erinevat tarbimise juhtimismetoodikat; TP - tööpäev, TJ - tarbimise juhtimine, s1 - stsenaarium 1, s2 - stsenaarium 2



Joonisel on kujutatud tarbimise nihutamist, millest esimese stsenaariumi (s1) puhul lähtutakse elektriinna ajaloolisest keskmisest ning teise (s2) korral elektrituru päev-ette hindadest. Kahe meetodika kombineerimine võimaldab kulude optimeerimiseks kasutada ära tegelike hinnatippude ja -lohkude võimalusi.

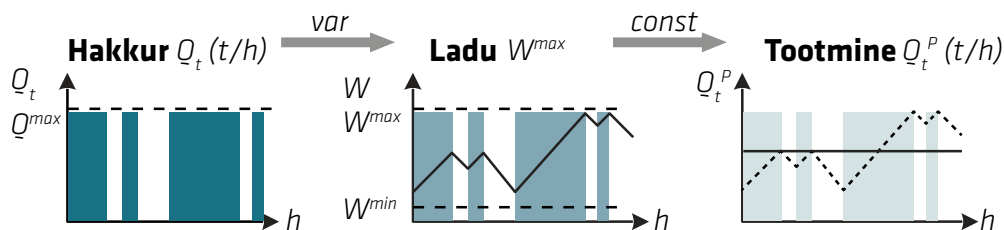
#### 3.2.1.1 Hinnapõhise juhtimise võimalused tööstuses

Elektrikulu optimeerimine lähtuvalt elektri hinnast on üks tööstusliku tootmise omahinna vähendamise võtmelemente [PUU13]. Tarbimise juhtimise eelduseks tööstuses on tootmise paindlikkus, sealhulgas energiat salvestavate protsesside olemasolu, kus energiasalvestamine toimub keemilisel, mehhaanilisel või mingil kolmandal viisil, nt toormena, pool- või valmistoodetena. Tarbimise nihutamine soodsama elektri hinnaga ajale mõjub alati positiivset kulude optimeerimisele ja/või kasumile [FUR09, PAL11, FUR07].

Tööstustarbijate poolt vaadatuna toimib mistahes vahetoodangu ladu, mida kasutatakse tootmisliini töö nihutamiseks, energiasalvestina. Selliste energiasalvestite suuruse ja võimekuse määrab vahelao füüsiline suurus ning seotus teiste tootmisliinide (alam)protsessidega. Liinide tootlikkus on see, mis kõige rohkem piirab vaheladude kasutatavust energiasalvestina.

Järgneva teoreetilise näite puhul koosneb juhitud tööstusprotsess hakkurist, koorijast, konveierist jne. Kogu hakkuri alamprotsessi käsitletakse ühe tervikkoormusena, mis allutatakse tarbimise juhtimisele. Hakkur töötab poolautomaatses pidevalt ilutluses, kuid hooldustest ja remontidest tingituna võib esineda seisakuid. Alloleval joonisel on illustreeritud vaadeldava tööstuse protsessiskeem koos eri osade kooruskõveratega (joonis 3.3).

Joonis 3.3  
Puidutööstuse tootmisprotsess ja vastavad indikaatorid (töötussükkel, vahelao maht ja lõpptoodangu tootlikkus) ning nende korrelatsioon



Tarbimise juhtimist piiravaks faktoriks on lõpptoodangu tootlikkus ( $Q_t^P$ ), mis on konstantne, s.t tehases peab olema tagatud püsiv toodangu väljavool. Et see tingimus oleks täidetud, peab olema tagatud materjali püsiv väljavool vahelaost. Vaheladu iseloomustab selle maksimaalne mahutavus ( $W^{max}$ ), minimaalne<sup>14</sup> mahutavus ( $W^{min}$ ) ja pideva tootmise tagamiseks nõutav hakkimiskogus ( $Q_t$ ). Tootmisprotsessi juhtimise paindlikkuse määrab puiduhakkuri maksimaalne väljundvõimsus ( $Q^{max}$ ) ja vahelao tegelik täituvus ( $W$ ). Suurem hakkuri tootlikkus ning vahelao maht annavad tööstusele ka suurema juhtimise paindlikkuse. Tarbimise juhtimise juurutamine toob paratamatult kaasa täiendavaid kulusid, millega tuleb arvestada. Antud juhul keskendutakse valemi (6) järgi elektrienergia kulu ( $E$ ) minimeerimisele ühes tarbimissõlmes.

$$(6) \quad \min_{Q_t} E \left[ \sum_t P_t \times C^{CH}(Q_t) + C^E(Q_t) \right]$$

kus  $P_t$  on elektrienergia hind ajaperioodil  $t$ ,  $C^{CH}$  on puiduhakkuri väljundvõimsus ja  $C^E$  on lisakulu, mille toovad kaasa tarbimise juhtimise tegevused, nt käivituskulud, tööjõukulud jms.

Kuna elektrienergia hind on stohhastiline parameeter, mis võib terve aasta vältel igal päeval erinev olla, siis  $P^s$  valitakse konkreetse stsenaariumi  $s$  kohta (7).

$$(7) \quad \min_{Q_t} \sum_s \sum_t P_t^s \times C^{CH}(Q_t) \times P(s) + C^E(Q_t)$$

kus  $P(s)$  on stsenaariumi  $s$  tõenäosus.

Optimeerimist piirab asjaolu, et tarbimise juhtimise tegevused ei tohi ohustada tööstuse kasumit. Kasumi maksimeerimine saavutatakse elektrikulude optimeerimisega. Optimeerimisel lähtutakse võtme-parameetri – puiduhakkuri tootlikkus ( $Q_t$ ) – optimeerimisest, mida on üpris lihtsalt võimalik juhtida nulli ja maksimaalse väljundvõimsuse vahel. Valemi (8) kirjeldab optimeerimisprotsessi ühte piirfunktsiooni:

$$(8) \quad 0 \leq Q_t \leq Q^{max}$$

Mida suurem on hakkuri maksimaalne tootlikkus ( $Q^{max}$ ) võrreldes tööstusele vajaliku materjali pealevooga ( $Q^P$ ), seda suurem on selle tootmistsükli paindlikkus. Tootmistsükli õige optimeerimisega on võimalik vähendada tootmiskulusid. Valemis (9) toodud vahelaost lähtuvad piirangud määratlevad kriitilise varu, millest allapoole vahelao täituvus ei tohi langeda, samuti määratletakse ära vahelao maksimaalne täituvus:

$$(9) \quad W_{min} \leq W_t \leq W^{max}$$

kus  $W_t$  on tegelik laomahut antud tunnil ja  $W_{min}$  on tootmistsükli töökindlusest tulenev minimaalselt lubatav laomahut.

Rakendades optimeeritud tootmisplaani tervele tehasele, saab tööstusettevõtte hinnangul vähendada tehase summaarset elektrienergia ühikkulu 2...4%.

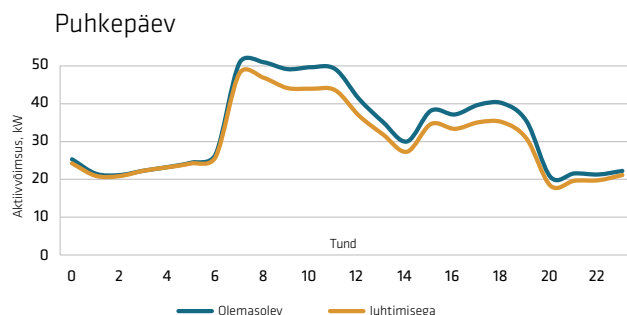
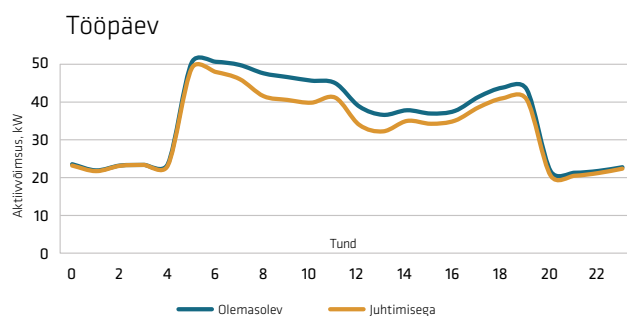
### 3.2.1.2 Hinnapõhise juhtimise võimalused büroohoonetes

Hinnapõhise juhtimise mudeleid on mitmeid. Sõltuvalt parameetrite häälestamisest, juhtimismudeli valikust, reaktsioonijast jm parameetritest saavutatakse kulu- ja energiatõhususe osas erinevaid tulemusi. Hinnapõhise temperatuuri juhtimise korral kontrollitakse, kas hinna väärtus on võrdne jooksva keskmise hinnaga. Juhul kui need on võrdsed, siis juhtimist ei toimu. Kui ei ole võrdsed, siis arvutatakse hetke, jooksva keskmise hinna ja temperatuuri seadeparameetrite piirväärtuste alusel uus temperatuuri seadeväärtus. Näiteks, sõltuvalt sesoonsusest, hinna tõustes vähendatakse kütte või jahutuse intensiivsust ja hinna langedes jälle suurendatakse.

Ventilatsiooni ja jahutamise hinnapõhise juhtimise printsiip seisneb selles, et kõrgema hinna korral vähendatakse puhutava õhu hulka ruumidesse või lubatakse jahutatavatel seadmetel töötada kõrgemal temperatuuril, nt reguleeritakse ruumides temperatuuri vahemikus 18...24 °C ning veeboilerite puhul reguleeritakse temperatuuri vahemikus 50...65 °C.

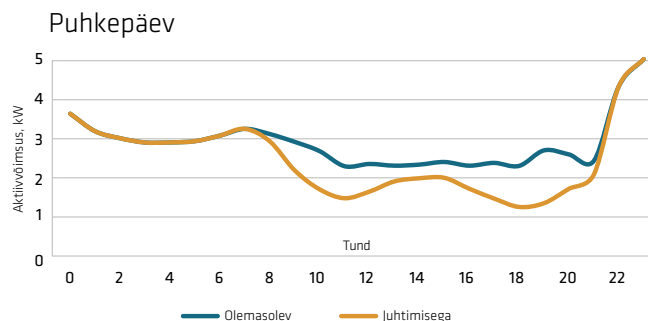
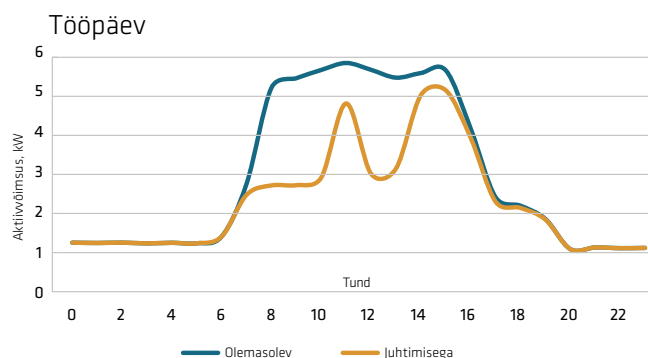
Hinnapõhist kütte juhtimist rakendades on võimalik saavutada rahalist ja energiasäästu kuni 8% (joonis 3.4), seejuures keskmiselt alandatakse töö- ja puhkepäeva temperatuuri vastavalt 1,4 °C ja 1,7 °C.

Joonis 3.4  
Hinnapõhine küttevõimsuse muutmine



Jahutamise sarnast juhtimise põhimõtet saab rakendada ka reguleeritava heledusega valgustite või ventilatsioonisüsteemi koormuse juhtimiseks. Esimese puhul vähendatakse valgustite heledust lubatud vahemikus proportsionaalselt elektrihinna tõusuga. Kuna elektri turuhinda muudetakse iga tunni tagant, siis on sedalaadi juhtimise kasutamine täiesti mõeldav. Valgustuse puhul võib kasutada ka keskmise hinna järgi juhtimist, mille puhul on valgustitele määratud vaid kaks heleduse astet „hele“ ja „hõõmar“. Kui hind ületab keskmist hinda, siis määratakse valgusti heledusastmeks „hõõmar“ ning vastupidi „hele“. Kõige lihtsam valgustuse hinnapõhine juhtimine võib toimuda nii, et blokeeritakse teatud osakaalus vähetähtsate seadmete ja valgustite toide. Viimast on mõistlik kombineerida koos kellaajalise juhtimisprintsibiiga.

Joonis 3.5  
Hinnapõhine valgustuse juhtimine



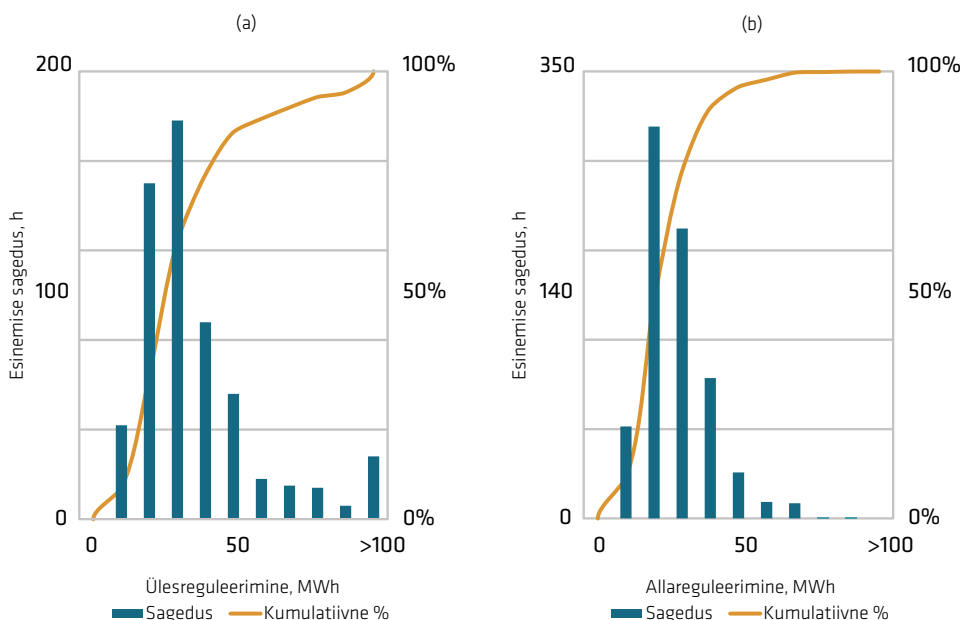
Kui valgustuse hinnapõhise juhtimise korral vähendada valgustite heledust kuni 50% ajal, mil elektri tunnihind on kõrgem kui päeva keskmine turuhind, võib töö- ja puhkepäeval saada energiasäästu vastavalt 22% ja 5% (joonis 3.5). Rahaline sääst on töö- ja puhkepäeval vastavalt 25% ja 5%. Üldine keskmine rahaline sääst on ligi 22% ja energiasääst ligi 19%.

### 3.2.2 Reguleerimisvõimsuste pakkumine

Viimaste kümnendite laiaulatuslik taastuvenergiaallikate (tuule- ja päikeseelektrijaamad) integreerimine võrkudesse on viinud selleni, et elektritootjate tootmisplaan on muutunud vähem etteaimatavaks, kuid samal ajal on muutunud võimalikuks tarbijate koormuste parem planeerimine/reguleerimine. Süsteemis on varjul sadu tuhandeid (miljoneid) potentsiaalseid lõpptarbijaid, kes suudaksid pakkuda erinevaid teenuseid ja seda täiesti uue kontseptsiooni alusel. Kuna jaeturul domineerib elektrikuludes pigem võrgutariif, siis muutuvate energiahindade mõju lõpptarbijateni väga tuntuvalt ei jõua. Väiketarbijad võiksid kriitilistel ajahetkedel ajas muutuvate võrgutariifide alusel tunnetada oma mõju võrgule või panustada hoopis võrgu juhtimisse ning selle optimaalsesse arendamisse. Olemasolevad tarbijapoolsed reguleerimisteenuse mehhanismid keskenduvad enamikus suurtele energiamahukatele tööstustarbijatele, mitte kodutarbijatele, samas võiks just viimaste kaasamine leida laialdasemat toetuspinna kui seni. Uuringutega on tuvastatud, et üldiselt pole tarbijatel tarbimise juhtimise alustamiseks vajalikke vahendeid ja majanduslikku motivatsiooni. Siiski näitab viimase aja areng, et tarbimise reguleerimise mehhanisme uuendatakse ning lisaks tööstustarbijatele keskenduvad need ka äri- ja kodutarbijatele [TOR10].

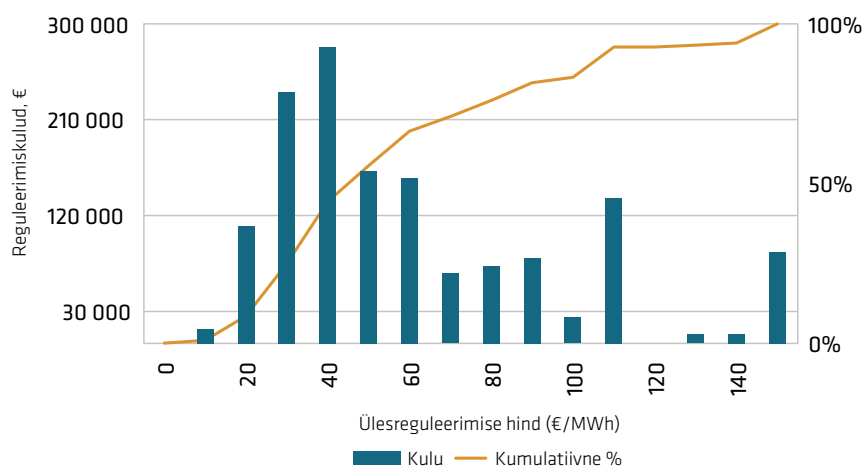
Eesti elektrisüsteemis telliti 2011. aastal ülesreguleerimist 595 tunni ja allareguleerimist 779 tunni (joonis 3.6). 2012. aastal allareguleerimine vähenes, kuid nõudlus ülesreguleerimisele püsis kasvutrendis [ELK12].

Joonis 3.6  
Vajalik reguleerimis-  
võimsus Eesti elektri-  
süsteemis 2011. aastal, (a)  
ülesreguleerimine ja (b)  
allareguleerimine [DRO11]



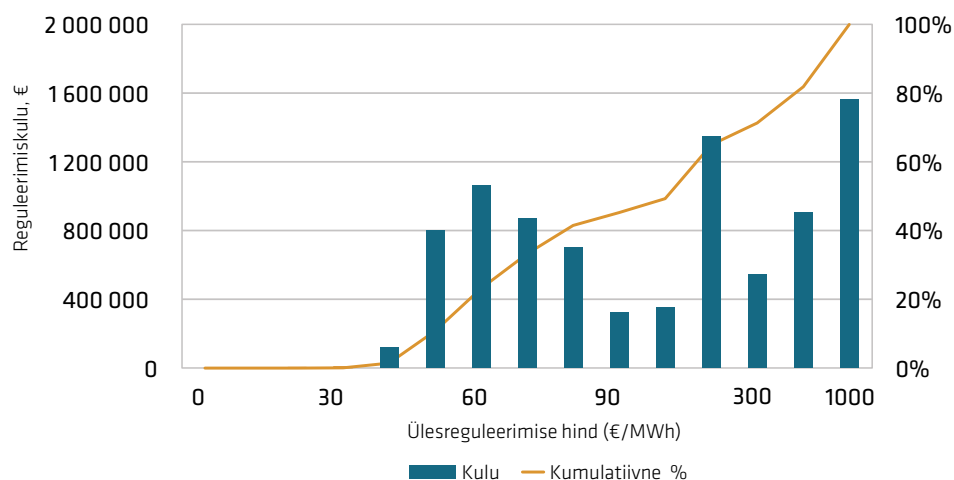
Süsteemihalduri Eleringi kulud ülesreguleerimisele 2011. aastal ja selle maksumuse jaotus on toodud järgmisel joonisel (joonis 3.7):

Joonis 3.7  
Eesti süsteemihalduri  
ülesreguleerimise kulud  
2011. aastal [DRO11]



Eesti süsteemihalduri reguleerimiskulude jaotus on nn vasakpoolse jaotusega, kus suurema osa reguleerimisteenuse maksumusest moodustavad odava hinnaga tehtud reguleerimised. Soome süsteemihalduri kulud on vastupidise ehk parempoolse jaotusega ehk siis enamik süsteemi kuludest tekib kalli hinnaga reguleerimistarnete ostmisel. Soome süsteemi ülesreguleerimise kulude jaotus 2011. aastal on toodud alljärgneval joonisel (joonis 3.8):

Joonis 3.8  
Soome süsteemihalduri  
ülesreguleerimise kulu  
2011. aastal [NPS11]



Kulude jaotusest selgub, et 50% kõigist reguleerimistarnete maksumusest moodustavad tehingud, mille hinnad on üle 100 €/MWh. Samal ajal moodustavad tärned, mille hind on üle 100 €/MWh, ainult 10% kogu reguleerimistarnete mahust. Veelgi enam, reguleerimistarned üle 1000 €/MWh moodustavad ainult 0,2% reguleerimistarnete mahust, kuid põhjustavad 18% reguleerimistarnete kuludest. Eelduslikult muutub reguleerimisturu loomisega ning reguleerimisvajaduse kasvamisega ka Eesti reguleerimistarnete kulujaotus sarnaseks.

Toimiv paljude osalistega likviidne ja läbipaistva hinnakujundusega regionaalne reguleerimisturg on atraktiivsem suuremale hulgale tarbijatele ja teistele turuosalistele reguleerimis- ja/või avariiservi teenuse pakkumiseks.

Teoreetiliselt on suurtel tööstustarbijatel juba täna võimalik pakkuda süsteemihaldurile reguleerimisteenust kahepoolse lepinguga, sest süsteemi seisukohast ei ole vahet, kas reguleerimine on tehtud tootmist suurendades või tarbimist vähendades ja vastupidi. Siiski on vaikimisi seatud piirang, et väikseim võimsus, mida saab reguleerimisteenuse jaoks pakkuda, on 5 MW. Kõik teenuse pakkumised peavad olema esitatud 2 tundi enne võimalikku reguleerimisperioodi algust.

Tarbijapoolne reguleerimisvõimsuse pakkumine võiks vähendada elektrisüsteemi vajadust kõrge muutuvkuluga tiputootmisvõimsuste järele. Hajatootmise, salvestite ja tarbimise lokaalne mõju- ning kehtusanalüüs aitaks omakorda leida optimaalse lahenduse koormuste kasvust tingitud võrgutugevduste vähendamiseks. Uuringud tõestavad, et tarbimise reguleerimise rakendamine elektriturul toob kaasa positiivse majandusliku efekti, nagu näiteks absoluutne ja suhteline elektritarbimise vähendamine (kuni 2,8% kogutarbimise vähendamine ja 1,3% tarbimise tipu nihkumine Suurbritannias). Kõige perspektiivikamad tarbimise juhtimisele allutatavad rakendused on külmikud ja jahutid, elektriküte, jahvatid, pumbad ja konditsioneerid.

# 4 Tarbimise juhtimine tööstussektoris

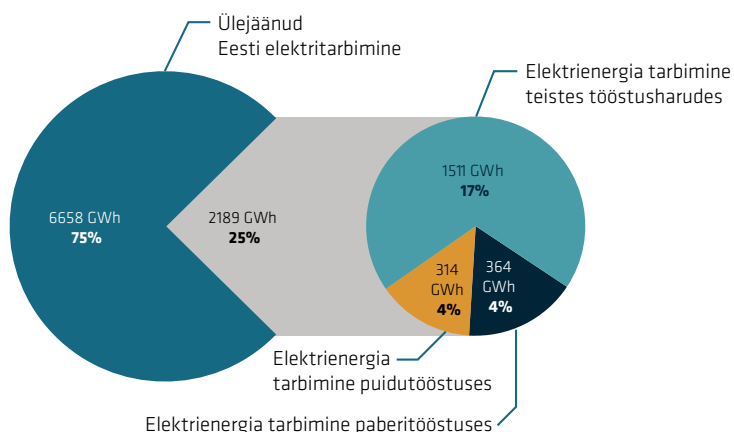
Eesti statistikaameti määratluse<sup>15</sup> kohaselt tegeleb töötlev tööstus "materjalide, ainete või komponentide mehaanilise, füüsilise või keemilise muundamise või töötlemisega uueks tooteks". Töötleva tööstuse alla loetakse tavaliselt keemia- ja masinatööstus, ehitus, elektroonikatööstus, energeetika, toiduainetööstus, metallitööstus, plastitööstus, tekstiilitööstus, paberitööstus, transpordivahendite tootmine jms. Eesti olulisim töötleva tööstuse haru on masinatööstus (umbes 25% toodangust). Tähtsuselt järgmised on puidu- ja paberitööstus (20%), toiduainetööstus (15%), keemiatööstus (ca 10%), metallitööstus (13%) ja kergetööstus (alla 5%).

Laiendades uuritud tööstustest ja teistest uuringutest saadud infot, antakse peatüki lõpus spekulatiivne hinnang ka selle kohta, kui suur võiks olla tarbimise juhtimise potentsiaal teistes tööstusharudes.

## 4.1 EESTI PUIDU- JA PABERITÖÖSTUS

Eesti metsa- ja puidutööstus oma ligi 2000 ettevõttega hõlmab terviklikku Eesti puidutöötlemise väärtusahelat metsamajandusest kuni puidu töötlemise ja mööbli tootmiseni. Eesti puidu-, paberi- ja mööblitööstus annab kokku üle 20% töötleva tööstuse kogutoodangust, mida on rohkem kui enamikus teistes ümberkaudsetes riikides (v.a Venemaa). Metsa- ja puidutööstus on samuti üks Eesti põhilisi väliskaubanduse tasakaalustajaid: selle 1,5 miljardi euronil ulatuv eksport moodustas 2012. aastal 12% Eesti kaupade ekspordist. Selle tööstusharu loodud lisandväärtus ulatus 2011. aastal 4%ni sisemajanduse kogutoodangust [EMP13]. Statistikaameti andmetel moodustab puidu- ja paberitööstuse elektrienergia lõpptarbimine töötleva tööstuse elektrienergiatarbimisest 30% ning kogu Eesti elektri lõpptarbimisest 8% (joonis 4.1).

Joonis 4.1  
Elektrienergia tarbimise jagunemine puidu- ja paberitööstuses

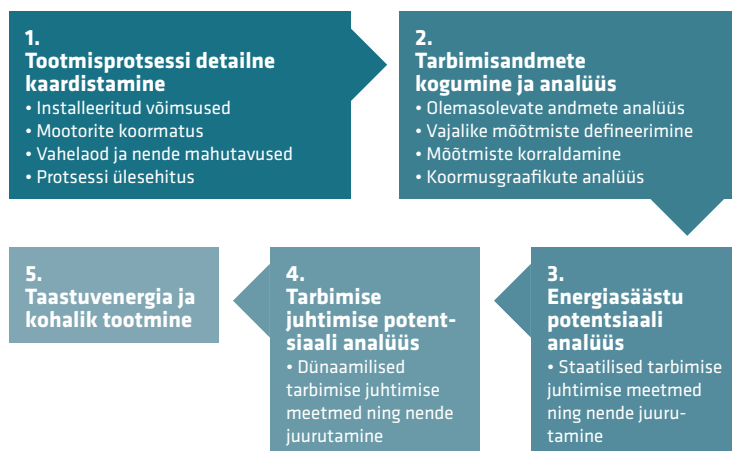


Puidutööstuse tootmine põhineb suures osas mehhaanilistel protsessidel, mida käitavad elektrijamid, mis muudavad selle energiamahukas. Kuna elektrienergiaga seotud kulutused mõjutavad tööstuse konkurentsivõimet, siis on puidu- ja metsatööstust koondavalt erialaliidult tulnud signaale, et ollakse huvitatud suuremast omavahelisest koostööst elektrienergia hindade teemadel [EMP13]. Arvestades tööstusharu energiamahukust ning valmisolekut suuremaks omavaheliseks koostööks, pakub vaadeldav tööstusharu tarbimise juhtimise seisukohast suurt huvi ja potentsiaali.

## 4.2 TARBIMISE JUHTIMISE KAARDISTAMINE

Tarbimise juhtimise potentsiaali seisukohast käsitletakse põhjalikumalt ainult puidu- ja paberitööstust, sest selle sektori ettevõtte avaldasid valmidust uuringus osaleda. Kasutatud tarbimise juhtimise kaardistamise meetodikaga saab uuritud tööstussektori tootmisprotsessi jagada neljaks kuni viieks alamprotsessiks. Kokkuvõtte protsesside tegevustest on koondatud allolevale joonisele (joonis 4.2).

Joonis 4.2  
Tarbimise juhtimise potentsiaali kaardistamise meetodika

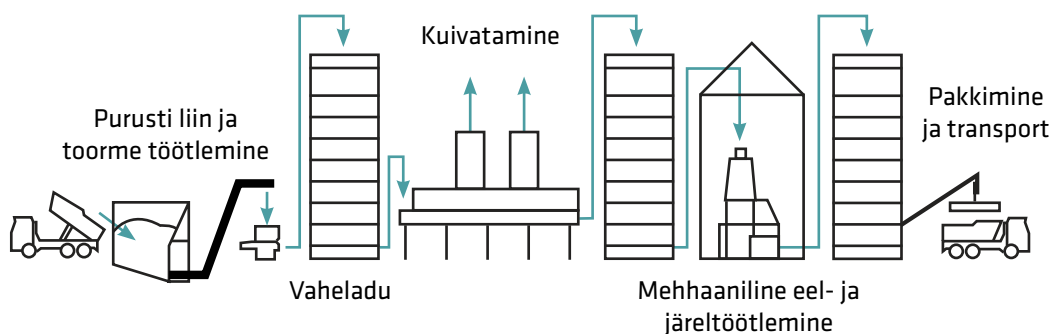


Järgnevalt käsitletakse kõiki meetodika erinevaid aspekte ühe analüüsitud ettevõtte näitel.

### 4.2.1 Tootmisprotsessi kaardistamine

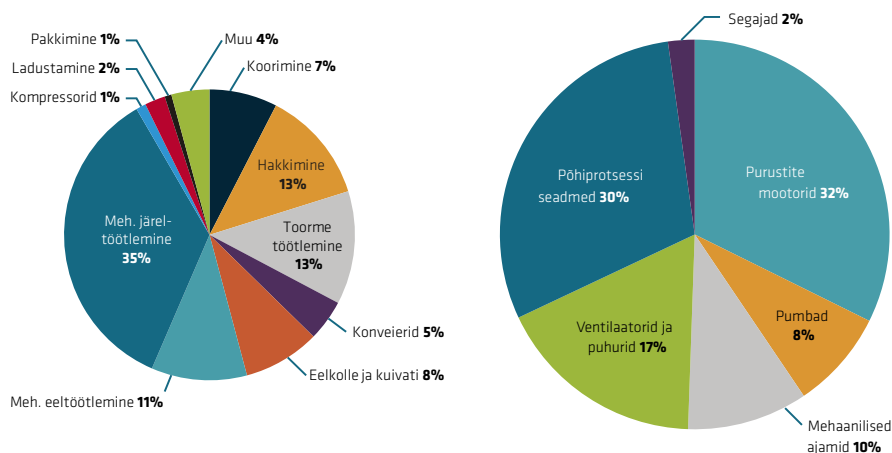
Käesoleva tegevuse eesmärk oli saada võimalikult lai ettekujutus töösettevõttest, mille alusel saaks ülevaate protsessi iseloomust ning selle erinevatest osadest. Analüüsitud tehase lihtsustatud skeem koos tähtsamate vaheladudega on illustreeritud järgneval joonisel (joonis 4.3).

Joonis 4.3  
Puidutööstuse lihtsustatud protsessi skeem



Üldisele tootmisprotsessi kaardistamisele järgnes osaprotsesside täpsem ülevaatus ning andmete kogumine. Andmeid koguti nii elektritarbimise, installeeritud võimsuste, toorme (vahe)ladude kui ka ettevõtte elektripaigaldise kohta. Selle tulemusena saadi ülevaade kõige energiamahukamatest osaprotsessidest ning nende osakaalust tööstustarbija kogutarbimises (joonis 4.4).

Joonis 4.4  
Puidutööstuse koormuste jagunemine osaprotsesside (vasakul) ja masinate (paremal) lõikes



Analüüsi tulemusena jagati uuritav tehas erinevateks alamkoormusteks, mille juhitavus ja juhitavate koormuste täpsed osakaalud määrati tarbimise andmete kogumise ja analüüsi käigus koostöös ettevõtte tehnoloogide ja spetsialistidega. Käesolevas faasis määrati osaprotsesside ajaline nihutatavus, mis selgus vaheladude ja toorme ajalisest mahutatavusest järgmis(t)e tootmisprotsessi(de) tarvis. Kuna uuritavad ettevõtted üldjuhul ei aktsepteeri tarbimise juhtimisest tuleneda võivat tööstustoodangu vähenemist, siis eelkõige tuli tähelepanu suunata olemasolevate vaheladude kasutamisele. Näide puidutööstusettevõtte analüüsi tulemustest on toodud allolevas tabelis (tabel 4.1).

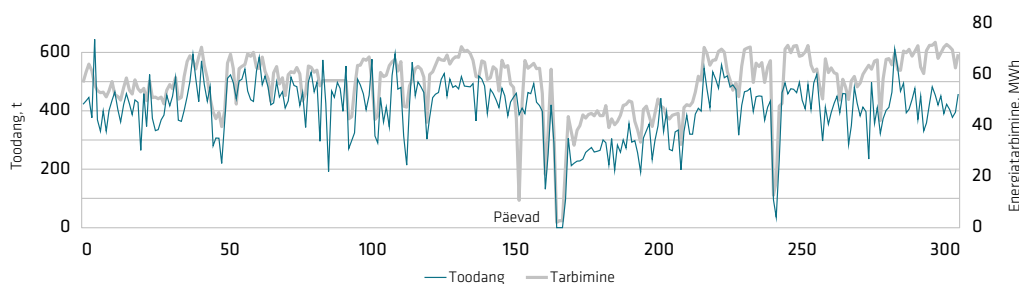
Tabel 4.1  
Puidutööstuse  
tootmisprotsessi  
kaardistamise tulemused  
(näide)

| Liini osa     | Installeeritud võimsus, kW | Kas on juhitav koormus? | Ladu | Vahelao maht, h |
|---------------|----------------------------|-------------------------|------|-----------------|
| Purustamine   | 900                        | JAH                     | JAH  | 70              |
| Töötlemine    | 700                        | JAH                     | JAH  | 150             |
| Kuivatamine   | 1500                       | EI                      | JAH  | 24              |
| Eeltöötlemine | 900                        | JAH                     | JAH  | 2               |
| Põhiprotsess  | 2100                       | EI                      | EI   | 0               |
| Pakkimine     | 50                         | JAH                     | EI   | 0               |
| <b>KOKKU</b>  | <b>6150</b>                | -                       | -    | -               |

#### 4.2.2 Tarbimisandmete kogumine ja analüüs

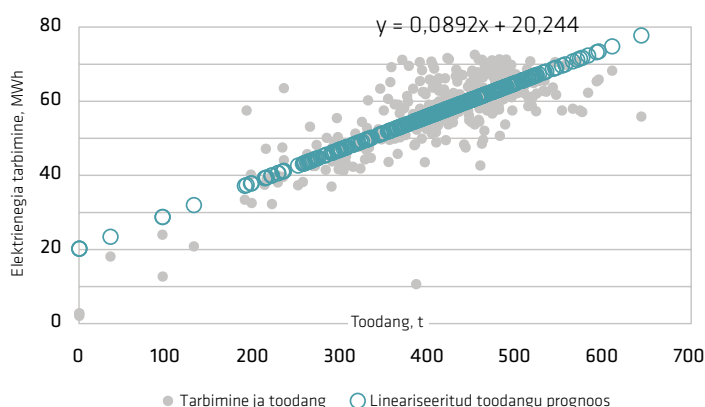
Tarbimisandmete kogumise ja analüüsi faasis tuli maksimaalselt ära kasutada tööstusettevõtte andmeid (tunnitarbimised liitumispunktis, tehase erinevate protsesside logid, arvepidamine jmt) – see vähendas oluliselt täiendavate mõõtmiste vajadust ja hoidis ühtlasi aega kokku. Esmane analüüs põhines tööstustoodangu ja elektritarbimise omavaheliste seoste otsimisel. Analüüsitud ettevõtte näitel selgus, et tööstustoodang ja elektri tarbimine on omavahel seotud, kirjeldatud näitajate korrelatsioonitegur on 0,79. Toodangu ja tarbimise vahelist korrelatsiooni illustreerib järgnev joonis 4.5.

Joonis 4.5  
Elektrienergia tarbimise ja  
tööstustoodangu kõverad  
puidutööstuses



Analüüsist selgus, et kui tehase päevane toodang ületab 200 tonni, on toodangu ja elektri tarbimise vahel tuvastatav lineaarne seos – ühe tonni tööstustoodangu tootmiseks kulub keskmiselt 0,19 MWh elektrit (joonis 4.6).

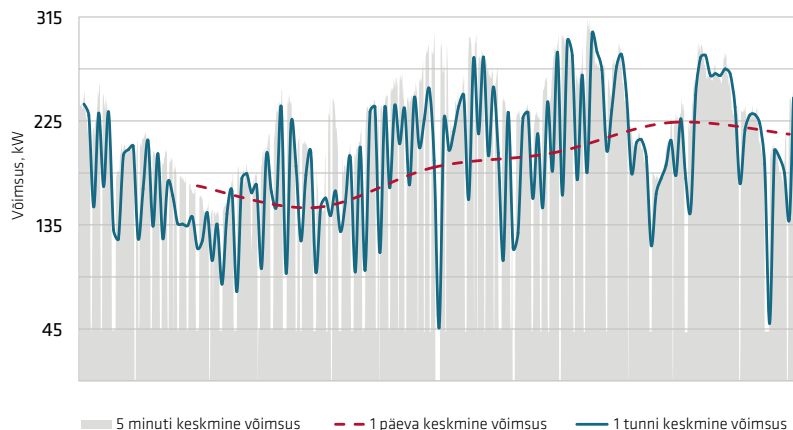
Joonis 4.6  
Puidutööstuse päevase  
elektritarbimise ja  
toodangu vahelised  
seosed





Uuringu käigus mõndeti puitu töötlevas töötles ühte osa tootmisliinist. Seitsme päeva jooksul mõndeti mehhaanilise eeltöötlemise liini ühte peajamit 5-minutilise mõõteintervalliga. Vaatamata sellele, et liiniosa installeeritud võimsus on ligi 900 kW, millest põhiprotsessi võimsus moodustas 650 kW (2 peajamit), oli põhiprotsessi koormatustegur 0,6. Tegelikult kujunes aga protsessi dünaamiline käitumine ajas palju muutlikumaks. Alljärgneval joonisel on esitatud eelnimetatud peajamist ühe ajami nädalase mõõtettsükli keskmised võimsused 5-minutilise, 1-tunnise ja 1-päevase intervalliga (joonis 4.7).

Joonis 4.7  
Mehhaanilise eeltöötlemise protsessi ühe peajami keskmised võimsused



Praeguse kauplemisintervalli puhul (1 tund) oleks võimalik pakkuda teenusteks keskmiselt 60,34% nimivõimsusest ning suurim pakutav võimsus oleks 95% nimivõimsusest. Antud juhul on oluline märkida, et kui kauplemine toimiks lühema intervalliga, siis arvestades tootmisprotsessi iseärasust, võivad teatud kauplemisperioodidel pakutavad võimsused puududa. Samas praeguse kauplemisintervalli puhul kahaneb pakutav võimsus lihtsalt 15%-ni. Sellised võimsusmuutused on põhjustatud mehhaanilise töötlemise eripärasest: masinasse jõuab toore erinevas koguses ja erineva kvaliteediga ning see muudab masina võimsuse kõikumiseks. Osaprotsesside analüüsi tulemusena selgus täpsem juhitud koormuste osakaal installeeritud võimsusest (tabel 4.2).

Tabel 4.2  
Puidutööstuse tarbimise juhtimise kaardistamise täiendatud tulemused (näide)

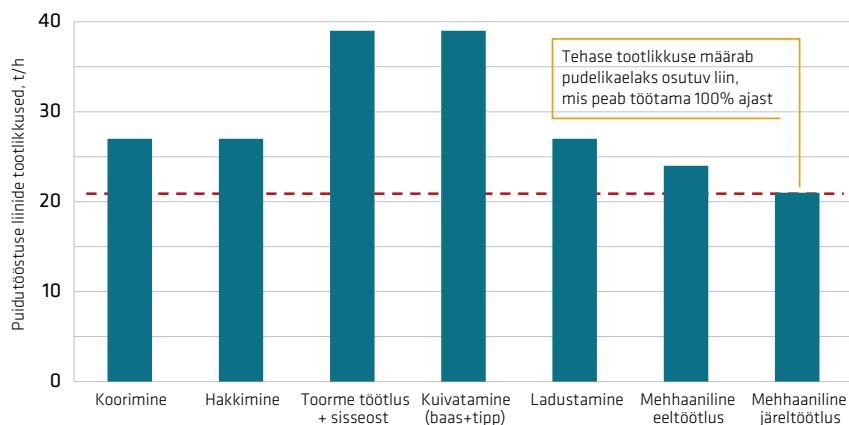
| Liini osa     | Installeeritud võimsus, kW | Kas on juhitud koormus? | Juhitud koormuse osa, kW | Ladu | Vahelao maht, h |
|---------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|------|-----------------|
| Purustamine   | 900                        | JAH                     | 700                      | JAH  | 70              |
| Töötlemine    | 700                        | JAH                     | 400                      | JAH  | 150             |
| Kuivatamine   | 1500                       | EI                      | 0                        | JAH  | 24              |
| Eeltöötlemine | 900                        | JAH                     | 500                      | JAH  | 2               |
| Põhiprotsess  | 2100                       | EI                      | 0                        | EI   | 0               |
| Pakkimine     | 50                         | JAH                     | 50*                      | EI   | 0               |
| <b>KOKKU</b>  | <b>6150</b>                | -                       | <b>1600</b>              | -    | -               |

\* Varieeruva tootmistsükli tõttu ei arvestata juhitud koormuse hulka

Tarbimise nihutamise eelduseks on energiasalvestite olemasolu, kusjuures ei ole oluline, kas energiasalvestamine toimub keemilisel, mehhaanilisel või mingil kolmandal viisil. Tarbimise nihutamine soodsama elektrihinnaga ajale mõjub kuludele ja kasumile alati positiivselt [FUR09, PAL11, FUR07]. Tööstustarbivate jaoks toimib mistahes tootmisprotsessi vahetoodangu ladu nagu energiasalvesti. Kasutades vaheladusid mingi tootmisliini töö nihutamiseks, töötab see elektrisüsteemi seisukohast energiasalvestina. Selliste energiasalvestite suuruse ja võimekuse määrab vahelao füüsiline suurus ja seotus teiste tootmisliini alamprotsessidega. Vastavalt analüüsi tulemusele on järgneval joonisel (joonis 4.8) esitatud tootmistsükli tootlikkus iga alamtsükli kohta eraldi. Selline liigitus on vajalik nn *must-run* protsesside ehk „pudelikaelte“ leidmiseks. Tootmise alamprotsessid on jaotatud nii, et ühe tsükli töö koosneb agregeeritud liiniseadmete tööst ning on vaadeldav ühe summaarse koormusena. Tavaliselt määrab tootmisprotsessi paindlikkuse piisavalt suure vahelao olemasolu.

Selline tootmisprotsessi struktuur võimaldab optimeerida iga alamtsükli energiakasutust, arvestades konkreetse tsükli tootlikkust ja sellele järgneva vahelao täituvust ilma lõpptoodangu vähenemiseta. Mida suurem on optimeeritava tsükli tootlikkus võrreldes sellele järgneva tootmisliini tootlikkusega, seda kauem saab optimeeritavat võimsust tootmisliinil juhtida. Saadud andmetest tulenevalt oli võimalik hinnata nii aktiivsete kui ka passiivsete dünaamilise tarbimise juhtimismeetmete rakendamise võimalusi ja kestust.

Joonis 4.8  
Juhtivate koormuste  
ja nende potentsiaali  
määratlemine



#### 4.2.3 Staatilise tarbimise juhtimise meetmete rakendamine

Antud analüüsi etapis vaadati kriitiliselt üle kõik tootmisprotsessi osad ning analüüsiti energiatõhususega seotud investeeringute tasuvust. Vaadeldi kõiki suurt elektritarbimist põhjustavaid protsesse, seadmete koormatust ja juba rakendatud meetmeid. Ühtlasi tuli analüüsida elektrikulude jagunemist erinevate kulukomponentide vahel, eelkõige reaktiivenergia tarbimine.

Tööstusettevõtetal annavad energiatõhususe seisukohalt enim kasu otsesed elektritarbimisega seotud muudatused. Vaatamata asjaolule, et viimasel aastakümnel ehitatud tehased ja nende tootmisliinid on energiatõhusad, on uuritava tööstusettevõtte puhul võimalik juurutada veel täiendavaid energiasäästumeetmeid. Järgnevas loetelus ja tabelis (tabel 4.3) on kirjeldatud analüüsitud variante ja nende eeldusi:

1. Konveieritele paigaldatakse sagedusjuhtimisega ajamid, mille tulemusena väheneb mootorite kiirus ning sellest tulenevalt ka võimsus ja energiatarve poole võrra.
2. Ventilaatorite mootoritele, millele pole paigaldatud sagedusmuundurit, paigaldatakse sagedusmuundur ja ventilaatori nimikiirust vähendatakse 20% võrra, mistõttu väheneb mootori vajalik võimsus ja energiatarbimine 50%.
3. Põhiprotsesside ajamite ette paigaldatakse sagedusmuundurid, et parandada mootorite sooritust ja siluda koormuskõvera. Kõigi eelduste kohaselt väheneb protsessi hooldusvajadus (iga kolmas hooldus jäetakse ära).
4. Energiasäästu arvutamisel on eeldatud, et mootorid töötavad keskmisel 60% koormatusega ning 8000 tundi aastas.
5. Rahalise säästu arvestamisel on võetud keskmiseks elektrienergiakulukuks 64,11 €/MWh (ilma käibemaksuta)<sup>16</sup>.

Tabel 4.3  
Sagedusjuhtimise  
juurutamisest saadav  
potentsiaalne sääst  
(näide, ümardatud  
tuhandeteni)

|                          | Võimsus 1 <sup>17</sup><br>kW | Võimsus 2 <sup>18</sup><br>kW | Energiasääst<br>MWh | Rahaline väärtus    |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| Mehhaanilised protsessid | 1900                          | 1900                          | 0                   | 25% hoolduskuludest |
| Pumbad                   | 500                           | 250                           | 1200                | 77 000 €            |
| Mehhaanilised ajamid     | 600                           | 300                           | 1440                | 92 000 €            |
| Ventilaatorid            | 1030                          | 940                           | 432                 | 28 000 €            |
| Põhiprotsess             | 1750                          | 1750                          | 0                   | 25% hoolduskuludest |
| Segajad                  | 130                           | 65                            | 312                 | 20 000 €            |
| <b>KOKKU</b>             | <b>5910</b>                   | <b>5205</b>                   | <b>3384</b>         | <b>217 000 €</b>    |

Teise punktina võib energiasäästu meetmete all esile tõsta reaktiivenergia kompenseerimise. Uuritaval tööstusettevõttel on reaktiivenergia tarbimine kompenseeritud ainult osaliselt, mistõttu tuleb ülejäänud osta võrguettevõtjalt. Viimaste aastate kulu reaktiivenergiale on olnud keskmiselt 25 000 €. Tehase reaktiivenergia tarbimine on püsinud suhteliselt stabiilne – päeva keskmine reaktiivvõimsus on olnud 1060 kvar.

Kuna ettevõttel on võrguga liitumispunkt kolmel erineval pingestmel ja arvestades kompenseerimiseseadmete maksumust, mis suureneb proportsionaalselt pingestmega, siis kõikidesse liitumispunktidesse reaktiivenergia kompenseerimist rajada mõistlik ei ole. Kuna peamiselt toimub võrguga ühendamine läbi kõrgepingevõrgu, siis majanduslikult mõttekam on rajada umbes 900 kvar võimsusega reaktiivenergia kompenseerimine jõutrafo keskpinge poolele. Lisaks võib tavatarbimise kompenseer-

<sup>16</sup> Keskmise ülekandetasu 110 kV võrgus 11,74 €/MWh, taastuvenergiatasu 2013. aastal 8,7 €/MWh, elektriaktsiis 4,47 €/MWh ning keskmine elektrienergia hind 2012. a Eesti elektriturul 39,2 €/MWh.

<sup>17</sup> Installeeritud võimsus enne sagedusjuhtimise juurutamist.

<sup>18</sup> Installeeritud võimsus pärast sagedusjuhtimise juurutamist.

rimiseks paigaldada umbes 200 kvar võimsusega seadme ka madalpinge liitumispunkti. Kuna tehase territooriumil töötab koostootmisjaam, mille generaator on võimeline pakkuma reaktiivenergia tuge, siis peaks olema võimalik tagada tehase liitumispunktidest reaktiivenergia 0-bilanss.

Eeldusel, et sellise võimsusega keskpinge kondensaatorid maksavad ligikaudu 10 000 €, millele lisandub samas suurusjärgus kulu juhtimissüsteemile, siis aastase reaktiivenergia kulu juures (25 000 €) oleks 1200 kvar seadme lihttasuvus alla aasta. Vältimaks süsteemi üle- või aladimensioneerimist, tuleb täpsemate arvutuste ja hinnangute koostamiseks läbi viia detailsemad mõõtmised. Peale kulude kokkuhoiu tagatakse reaktiivenergia osakaalu vähendamisel ka parem elektrikvaliteet ja elektriseadmete tõhusam töö.

#### 4.2.4 Dünaamilise tarbimise juhtimise meetmete rakendamine

Tööstustarbijate puhul on tarbimise juhtimise juurutamise peamisteks probleemideks tehnoloogilised piirangud ja rahaline kulu, mis võivad kaasneda koormuste muutmise või nihutamisega. Üldiselt on tööstusettevõtetes staatilised meetmed juba kasutusele võetud või juurutamisel, eriti juhtudel, kui kulud elektrile moodustavad tööstustoodangu omahinnast märkimisväärse osa. Seetõttu on dünaamilise tarbimise juhtimise meetmete kasutuselevõtt võimalik ainult juhul, kui on võimalik salvestada kas lõpp- või vahetoodangut või mingeid tootmistegureid/ressursse (nt soojust), mille saamiseks või valmistamiseks kasutatakse elektrit. Tööstuse lõpptoodangu salvestamise või lattu tootmise võimaluse olemasolul on teoreetiliselt võimalik juhtida või nihutada tervet tootmistsükli. Kui salvestada on võimalik ainult vahetoodangut, siis allub juhtimisele või nihutamisele vahetoodangu laole eelnev tootmisliini osa. Salvestite või ladude olemasolu ei pruugi alati tagada loodetud tulu, sest arvesse tuleb võtta juhtimise ja ladustamisega kaasneda võivaid otseseid ja kaudseid kulusid, sh tööjõu-, käivitus- ja opereerimiskulud erinevatel võimsustel jm kulud. Järgnevalt on käsitletud nii aktiivseid kui ka passiivseid tarbimise juhtimismeetmeid ning nende võimaluste kasutamist analüüsitud ettevõttes.

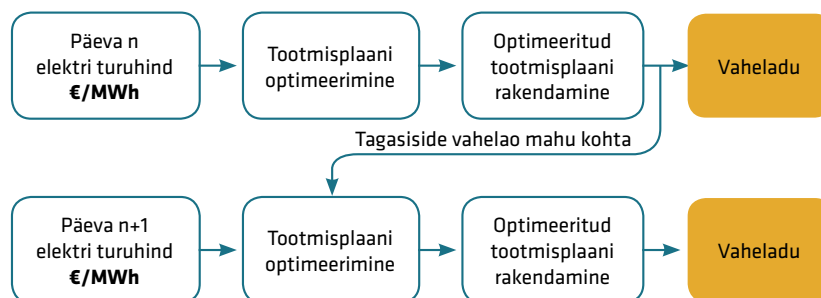
##### 4.2.4.1 Aktiivsed meetmed

Aktiivsete meetmete üks kõige olulisemaid osi on elektrikulu hinnapõhine optimeerimine, sest tööstuses on see üks tootmise omahinna alandamise võtmelemente [PUU13]. Kombineerides optimeerimisüllesandes nii ajaloolisi kui ka päev-ette elektrituruhindu, on võimalik ära kasutada tegelike hinnatippe ja -lohke, millega optimeerida tööstuse kulusid. Juhtimisvahemik ja võimalikkus määratletakse tarbimisandmete kogumise ja analüüsimise faasis.

Optimeerimisel uuriti kaht erinevat stsenaariumit. Esimese stsenaariumi puhul planeeritakse liini tootmisplaani turu 24 tunni keskmiste ajalooliste hindade järgi. Sel juhul on tootmisplaani aastaringset ja igapäevaselt identsed ning tehase planeerib tootmist vastavalt ette antud graafikule. Selline meetod võimaldab isegi madala tehnoloogiatasemega tööstusel tootmiskulu optimeerida.

Tegelikud hinnatipud ja -lohud võivad keskmisest päevagraafikust erineda, seetõttu lähtub teine optimeerimisstsenaarium päev-ette turuinfost. Kombineerides mõlemad optimeerimisstsenaariume, saab säästu elektrikuludelt maksimeerida. Kaheastmelise tootmisplaani optimeerimise eelduseks on info- ja kommunikatsioonitehnoloogiliste lahenduste kaasamine, mis võimaldab tootmisprotsessi jälgida, analüüsida ja jooksvalt juhtida. Lihtsustatud tootmistsükli juhtimisalgoritmi näide on kujutatud alljärgneval joonisel (joonis 4.9).

Joonis 4.9  
Tehase liini tootmistsükli kaheastmeline optimeerimisalgoritm

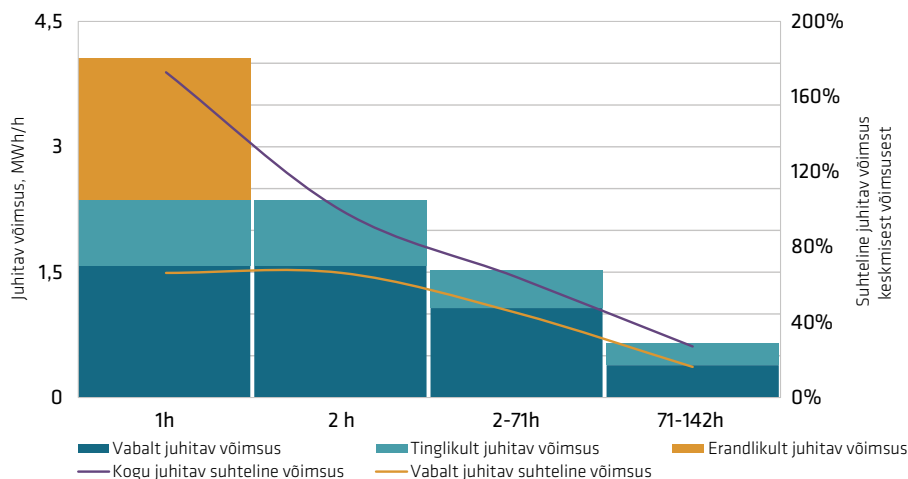


Antud uuringu käigus selgitati välja, et tööstusettevõtte ühe tootmisprotsessi ajastamine ja optimeerimine lähtuvalt elektrituruhindadest ning kasutades vaheladusid energiasalvestitena, võimaldaks selle protsessi ühikkulu vähendada kuni 17%. Ainuüksi 11% sellest tuleneks liini tootmistsükli optimeerimisest ajalooliste turuhindade järgi. Kui optimeerimist laiendatakse tervele tehasele, oleks kulud elektrienergiale võimalik vähendada hinnanguliselt 2...4%.

#### 4.2.4.2 Passiivsed meetmed

Passiivsed tarbimise juhtimise meetmed on vastavalt definitsioonile tellitud kolmandate isikute poolt, kelleks on üldjuhul süsteemi- või bilansihaldur. Sellisteks meetmeteks võivad olla näiteks reguleerimis- või avariireservvõimsused. Käesoleva analüüsi kaardistamise käigus selgitati välja uuritava tööstusettevõtte teoreetiline ja arvutuslik potentsiaal tarbimise juhtimisele allutamiseks. Tulemused on kokku võetud alljärgneval joonisel (joonis 4.10).

Joonis 4.10  
Juhtimispotentsiaal  
analüüsitud puidu-  
tööstuses

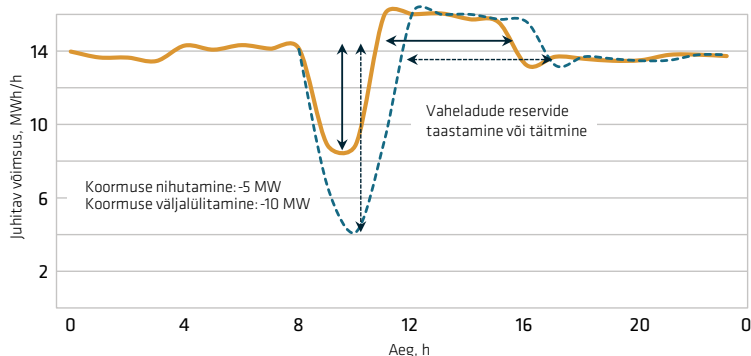


Tarbimisvõimsuste pakkumised on jagatud kolme kategooriasse selle arvestusega, et tööstusettevõtte kannaks minimaalset kahju oma tootmisprotsessi juhtimisel või ajastamisel:

1. Vabalt juhitav võimsus on elektriagamite koormus, mida saab juhtida igal ajahetkel – sõltub eelkõige ajami koormatusest, mis mehaaniliste protsesside juures jääb 50...60% vahele nimivõimsusest.
2. Tinglikult juhitav võimsus on ajamite koormus, mida saab juhtida piiratud tingimustes või ajal, mis tuleneb asjaolust, et ajamid ei pruugi töötada ühtlasel koormusel. Protsessi või masina töötamisel nimivõimsusel on pakutav reguleerimisvõimsus kuni 40% suurem vabalt juhitavast võimsusest.
3. Erandlikult juhitav võimsus võtab arvesse ka nende ajamite koormuse, mida juhitakse ainult avariiolekordades või väga kõrge reguleerimishinna situatsioonis, mil saadav kompensatsioon katab tarbimise juhtimismeetmete rakendamise seotud kulud.

Tehnilistest võimalustest ja tavast tulenevalt on Eesti elektrisüsteemihaldur aktsepteerinud reguleerimisvõimsusi alates 5 MW-ist (soovitavalt 10 MW). Sellise ühikvõimsusega elektriseadmeid on suhteliselt vähe, mistõttu tuleb tarbimise juhtimise juurutamisel kindlasti võtta reguleerimisturul kasutusse automatiseeritud lahendused ja kasutada koormuste koondamist, et saavutada vähemalt minimaalne võimsuspakkumine. Üks võimalik koormuskõver tarbimise juhtimise agregeerimisel on esitatud alloleval joonisel (joonis 4.11).

Joonis 4.11  
Agregeeritud tarbija  
koormuskõver enne  
reguleerimist, selle  
ajal ja järel



Pärast tarbimise nihutamist taastatakse vaheladude reserv ja tehakse tasa kaotatud tootmiskaht, tarbides järgnevatel tundidel tavapärasest mõnevõrra rohkem elektrit. Tarbimise vähendamise järel on küll võimalik täita vaheladused, kuid pole võimalik säilitada tootmiskahtusid. Tehniliselt on ka varasemalt nimetatud „pudelikaela“ alamtsükkel juhitav, kuid selle maksumus on otseselt seotud kaotatud toodangu maksumusega, mis ümberarvestatult MWh kohta võib maksta kuni 1 000 €. Sellele lisanduks siis veel seiskamise ja taaskäivitamise kulu.

Võrgu varustuskindluse ja turvalisuse huvides on kogu teha võimalik kuni 10 minuti jooksul seisata. Sellise võimekuse realiseerimine eeldab aga konkreetseid kokkuleppeid süsteemihalduriga ja tingimusi. Arvestada tuleb ka sellega, et ühe teha summaarne võimsus sellise teenuse jaoks on suhteliselt tagasihoidlik võrreldes elektrijaamade võimsustega, kuid suurema hulga tarbijagruppide koondamine sellise teenuse taha võimaldab absoluutarvudes saada juba ühe väiksema elektrijaama võimsuse.

#### 4.2.5 Taastuveneergetika ja kohalik tootmine

Käesoleva alapeatüki analüüsi võib lugeda tinglikuks osaks tarbimise juhtimise kaardistamisel, kuna tegelikult on tegemist ettevõtete, mis käitlevad ja tarbivad taastuvid allikaid (biomassi). Vaatamata sellele on piisavalt suurte vajalike baasvõimsuste korral võimalik juurutada kohalikku tootmist või võtta tasuvuse korral kasutusele täiendavaid taastuvid energiaallikaid. Elektritootmine tööstusliku suur- ja väikese juures on ettevõtjate sõnul eelkõige eraldiseisev äriprojekt, nagu iga muu laendus ja arendus ettevõttes/tööstuses. Samuti ei vähenda lokaalse elektrijaama soetamine turult ostetava elektri hinda, vaid aitab pigem vähendada ostetava elektri hinnakõikumistest tulenevat riski. Juhul, kui toodetakse ka sooja, siis sooja hind lisandub müügitulule.

Investeeringuotsuse aluseks on üldiselt tasuv ärimudel. Kui ettevõtte on sellega seotud ka mõni mastaabiefekt, näiteks saab kasutada olemasolevat infrastruktuuri, töötajaid jms, siis võetakse see tasuvusarvestuses arvesse.

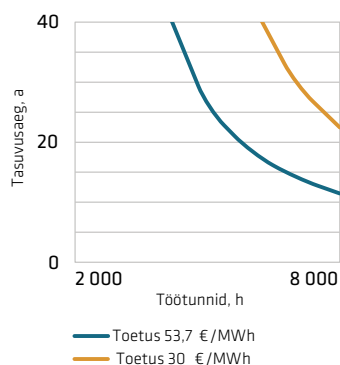
##### 4.2.5.1 Tööstuslik koostootmisjaam

Koostootmisjaam on väga tundlik erinevatele sisendite muutustele, nagu elektri hind, tehnoloogia maksumus, töötunnid jms. Arvutustes ei mängi soojuste hind erilist rolli, sest see on võrdeline kütuse hinnaga, kuna ainult soojuste tootmisel on põhiline soojuste maksumuse määrava kütuse hind. Tavapärase puudutööstustes kasutatav soojatootmisüksus on hakkepuidukatel, mis võib põletada nii võsahaket, ümarpuuhaket, puukoort, saepuru jms. Arvutustes arvestatakse, et kütusel on alati mingi hind olenemata sellest, kas see on tootmisjäät või sisse ostetud, sest kütust saab vajadusel müüa ja juurde osta.

Juhul kui tegemist on tootmisjäätiga, siis ettevõtte on alternatiiv see ära müüa, mille alusel määratakse tootmisjäät hind. Soojuste hinna määramisel on kõige lihtsam lahendus määrata see protsendina kütuse hinnast. Täpse protsendi valik sõltub konkreetse tööstuse soojustarbimise tüübist (soe vesi, kuum aur, kuumad gaasid jms). Käesoleva tööstusettevõtte näidisarvutustes on eeldatud, et soojuste hind on keskmiselt 25% kütuse hinnast kallim, s.t kogu soojuste hinnast moodustab kütuse hind 80% ning kõik muud opereerimis- (sh kaod) ja hoolduskulud on 20%.

Uuritava tööstuse näitel ei ole 15 MW soojusvõimsusega jaama võimalik ehitada, kui see ei saa töötada baaskoormusjaamana vähemalt 8000 tundi aastas. Statistikaameti andmetel puuduvad Eesti tööstustes suuremad kui 20 MW katlad ning 5...20 MW katelde poolt toodetud soojusenergia kogus on väga väike, kokku summaarselt 636 000 MWh/a. Nimetatud katelde soojatootlikkuse aritmeetiline keskmine on 12 720 MWh/a. Siiski ei tööta ükski nendest kateldest suure tõenäosusega 8 000 tundi aastas baaskoormusena.

Joonis 4.12  
Tööstusliku koostootmisjaama tasuvusaja sõltuvus töhusalt toodetud elektrienergia toetusest ja töötundidest



Statistikaameti andmetest on selgelt näha, et Eesti tööstustes puudub piisav soojuskoormus koostootmisjaamade rajamiseks. Erandiks võivad olla tööstused, mis paiknevad suuremate kaugküttepiirkondade läheduses, näiteks Tallinnas, Tartus või Pärnus. Reeglina on puudutööstused rajatud piirkondadesse, kus on tooraine lähedal ja logistikakulud väikesed ehk peamiselt maapiirkondadesse. Järgnevalt on omavahel võrreldud toetuste ja töötundide mõju tasuvusajale ning tulemusel on koondatud järgmisele joonisele (joonis 4.12).

Mida väiksemaks läheb koostootmisjaama elektriline ühikvõimsus, seda rohkem vajab antud elektri- tootmine toetust, et katta ära esmane investeering [OIL11]. Selleks, et võtta kasutusele tööstustes olev soojuskoormus koostootmisjaamade rajamiseks, on vaja eraldi hinnangut igale projektile ja vajadusel toetust suurendada. Oma olemuselt on koostootmisjaam kõige efektiivsem elektrienergia tootmise viis, tagades maksimaalse primaarenergia säästu.

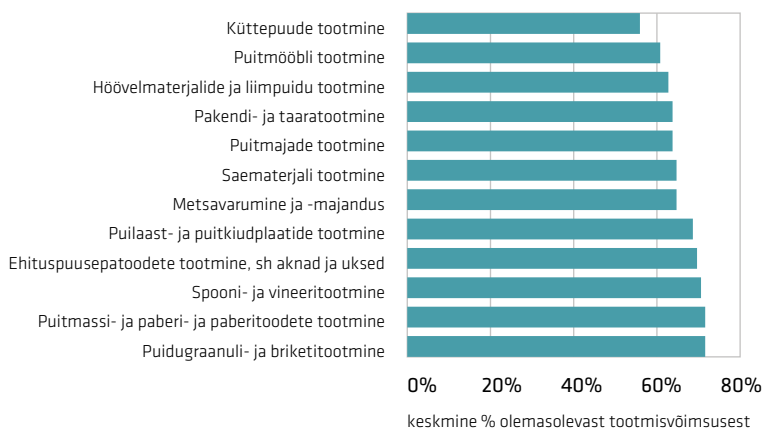
### 4.3 TARBIMISE JUHTIMINE PUIDU- JA PABERITÖÖSTUSES

Analüüsitud ettevõtete tehased töötavad 24/7 režiimis ning seisakud toimuvad reeglina ainult hool- dustöödeks. Analüüsi käigus selgitati esmalt välja ettevõtete tootmisprotsessi struktuur ja seosed erinevate liiniosade vahel, tutvuti tööstusettevõtte tootmistsükliga ja määrati kindlaks, kas tegemist on jada- või rööpprotsessidega ning missugused tootmisliini osad on valmistoodangu tagamiseks kõige kriitilisemad. Lisaks jagati tootmisliini osad alamprotsessideks ja seejärel eraldiseisvateks koormusteks.

Tööstuse peamine tingimus tarbimise juhtimiseks on see, et valmistoodangu hulk peab igas ajaühikus olema maksimeeritud. Järjestikku kulgeva tootmisprotsessi suurim tootlikkus on piiratud selle liini osaga, mille tootlikkus on kõige väiksem ja peab seetõttu olema jooksvalt maksimaalselt koormatud (joonis 4.8).

Kahe ettevõtte analüüsi tulemuste põhjal koondati tarbimise juhtimise potentsiaal suhtarvudesse, mida laiendatakse tervele tööstusharule. Analüüsi tulemusena selgus, et puidu- ja paberitööstuse ettevõtted (eeldusel, et nende tootmisprotsessid on jadamisi) saaksid tarbimise juhtimiseks pakkuda vähemalt 20% keskmisest tarbimisvõimsusest. Ligilähedase tulemuse annab ka Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse (EAS) poolt läbi viidud Eesti metsa- ja puidutööstuse sektoruuring [EMP13], mille järgi on puidu- ja metsatööstusettevõtetes vähemalt 27% vaba tootmisvõimsust (joonis 4.13).

Joonis 4.13  
Tootmisvõimsuse  
kasutustegur erinevates  
puidutööstusharudes  
[EMP13]



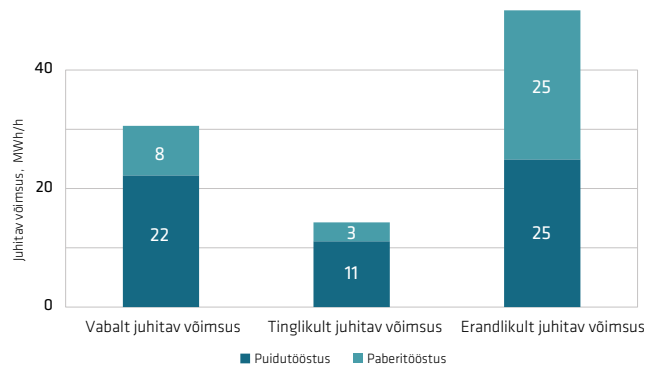
Läbiviidud uuringu põhjal saadud tarbimise juhtimiseks allutatavate võimsuste osakaal keskmisest tarbimisest on toodud alljärgnevas tabelis (tabel 4.4).

Tabel 4.4  
Puidu- ja paberitööstuse  
tarbimise juhtimise  
potentsiaal

|                      | Keskmisest võimsusest  |                            |                             |
|----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                      | Vabalt juhitav võimsus | Tinglikult juhitav võimsus | Erandlikult juhitav võimsus |
| <b>Paberitööstus</b> | 21%                    | 8%                         | 63%                         |
| <b>Puidutööstus</b>  | 66%                    | 33%                        | 74%                         |
| <b>Keskmine</b>      | 44%                    | 21%                        | 68%                         |

Eeltoodud protsentide alusel tuletati kogu puidu-, paberitööstuse ja trükinduse sektori tarbimise juhtimise potentsiaal. Arvutuste aluseks oli Statistikaameti aastane summaarne energiatarbimine, millest on tuletatud keskmine tarbimisvõimsus (MWh/h). Eeldus põhineb viimase kolme aasta keskmisel tarbimisvõimsusel ja asjaolul, et reguleerimisvõimsusi suudetakse pakkuda agregeeritud kujul vähemalt 1 tunni jooksul. Teadaolevate andmete ja eelduste kohaselt oleks Eesti puidutööstuse tarbimise juhtimise potentsiaal keskmiselt vähemalt 22 MW ning paberitööstuse ja trükinduse potentsiaal 8 MW. Täpsemad tulemused erinevate võimsuskategooriatena on koondatud joonisele 4.14.

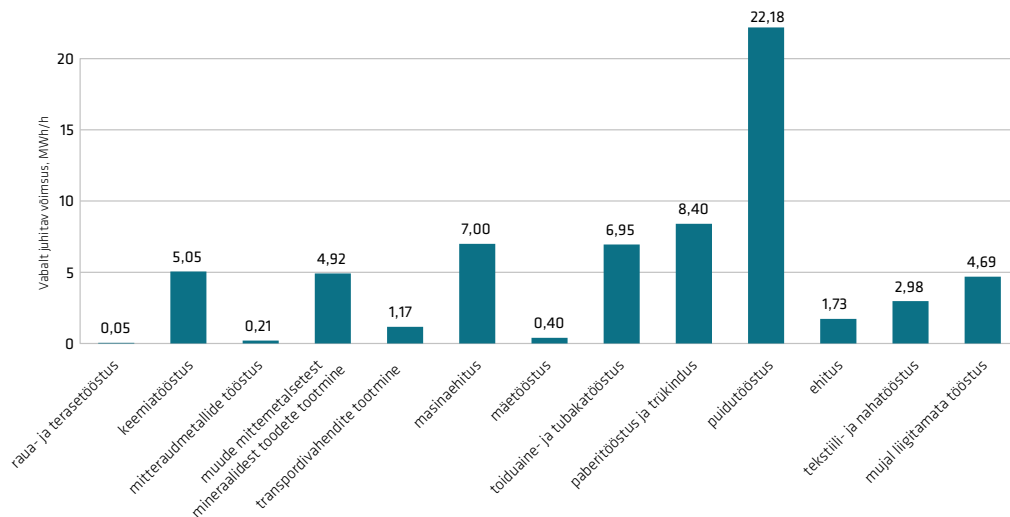
Joonis 4.14  
Tarbimise juhtimise potentsiaal puidu- ja paberitööstuses



#### 4.4 TARBIMISE JUHTIMINE TÖÖSTUSHARUDES KOKKU

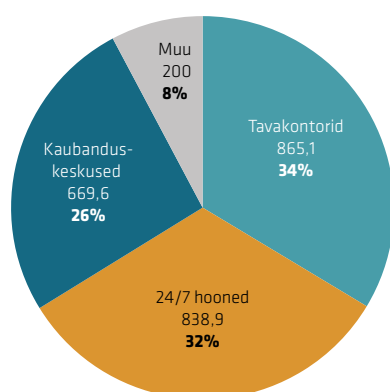
Võttes arvesse metsa- ja puidutööstuse sektori uuringust selgunud tulemused ning puidu- ja paberitööstuse analüüsi, on eeldatud, et ka teised tööstusharud suudavad ühe tunni jooksul reguleerimisvõimsusteks pakkuda vähemalt 21% oma keskmisest tarbimisvõimsusest. Sellest lähtuvalt saab tuledata, et kõikide tööstusharude summaarselt pakutav võimsus reguleerimiseks võib olla keskmiselt ligi 65 MW. Tuleb siiski rõhutada, et tegemist on eksperthinnanguga ning täpsemate andmete saamiseks tuleks läbi viia vastav uuring, mille käigus analüüsitakse põhjalikult ka teiste tööstusharude ettevõtteid. Täpsem jaotus erinevate tööstussektorite vahel on koondatud järgmisele joonisele (joonis 4.15).

Joonis 4.15  
Tarbimise juhtimise potentsiaal teistes tööstusharudes (MWh/h)



# 5 Tarbimise juhtimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris

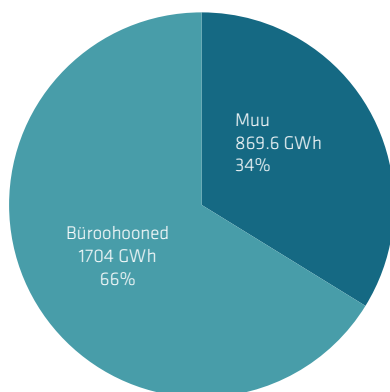
Joonis 5.1  
Tarbimise jagunemine  
äri- ja avaliku teeninduse  
sektorite osade vahel  
aastal 2012



Äri- ja avaliku teeninduse sektor moodustas 2012. aastal Statistikaameti andmetel 36,8% (2 572 GWh) kogu Eesti elektritarbimisest. Elektritarbimise jagunemine erinevate alamsektorite vahel on toodud vasakul joonisel (joonis 5.1).

## 5.1 BÜROOHOONED

Joonis 5.2  
Büroohoonete  
tarbimise osakaal kogu  
äri- ja teenindussektorist  
aastal 2012



Büroohooned saab oma olemuselt jagada kahte gruppi: tavakontorid (8/5), kus töö käib 8 tundi päevas ja 5 päeva nädalas ning 24/7 hooned, kus töö toimub vahetustega ööpäevaringselt ja tarbimine on suhteliselt ühtlase iseloomuga. Büroohoonete tarbimise osakaal moodustab kogu äri- ja teenindussektorist ligi 66% (joonis 5.2).

Läbiviidud uuringu käigus oli vaatluse all büroohoonete kompleks, mille põhiaandmed on esitatud järgnevates tabelites (tabel 5.1 ja tabel 5.2). Niinimetatud 8/5 hoonete soojusvarustus toimub kaugküttevõrgust. Hoone kütmine toimub põhiliselt vesiradiaatoritega. Osaliselt kasutatakse kütmiseks ka soojustagastusega ventilatsiooni ning hoone kaugemates ja vanemates osades elektriradiaatoreid.

Uuritud 24/7 hoone soojusvarustus baseerub kogu ulatuses elektril, s.t küte, ventilatsioon ja sooja tarbevee valmistamine. Lisaks soojusele asuvad hoones ka serverid, mida tuleb omakorda jahutada.

Tabel 5.1  
8/5 hoone andmed

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Esmase kasutuselevõtu aasta:       | Info puudub                                   |
| Hoone peamine kasutamise otstarve: | Muu büroo- või administratiivhoone            |
| Minimaalne korruste arv:           | 1   |
| Maksimaalne korruste arv:          | 2   |
| Suletud netopind:                  | 3 910,5 m <sup>2</sup> [Ehitisregister (EHR)] |
| Kõetav pind:                       | Info puudub                                   |
| Ehitusaalne pind                   | 2 862 m <sup>2</sup> (EHR)                    |
| Hoone maht:                        | 17 827 m <sup>3</sup> (EHR)                   |



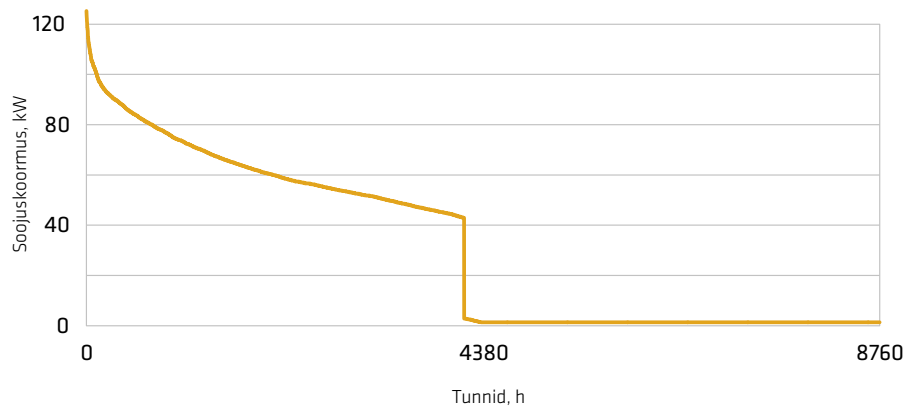
Tabel 5.2  
24/7 hoone andmed

|                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Esmase kasutuselevõtu aasta:       | 2005                               |
| Hoone peamine kasutamise otstarve: | Muu büroo- või administratiivhoone |
| Minimaalne korruste arv:           | 2                                  |
| Maksimaalne korruste arv:          | 3                                  |
| Suletud netopind:                  | 1 544 m <sup>2</sup> (EHR)         |
| Kõetav pind:                       | 1 543,8 m <sup>2</sup> (EHR)       |
| Ehitusalune pind:                  | 866 m <sup>2</sup> (EHR)           |
| Hoone maht:                        | 6 642m <sup>3</sup> (EHR)          |

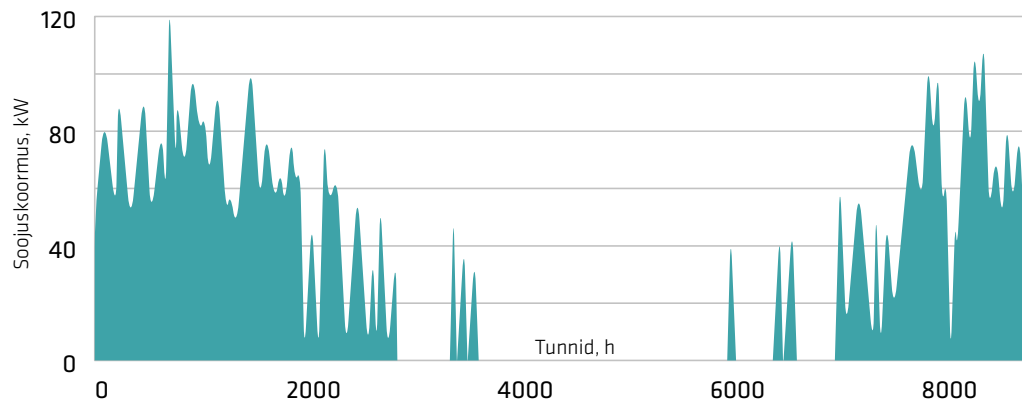
### 5.1.1 Soojustarbimise analüüs

8/5 hoone kaugküttele baseeruva kütte, ventilatsiooni ja sooja tarbevee soojuskoormuskõvera ise-loomustab joonis 5.3 ning Eesti energiaarvutuse baasaasta andmetele tuginedes leitud tunnipõhist soojuskoormust iseloomustab joonis 5.4.

Joonis 5.3  
8/5 hoone soojus-  
koormuskõver

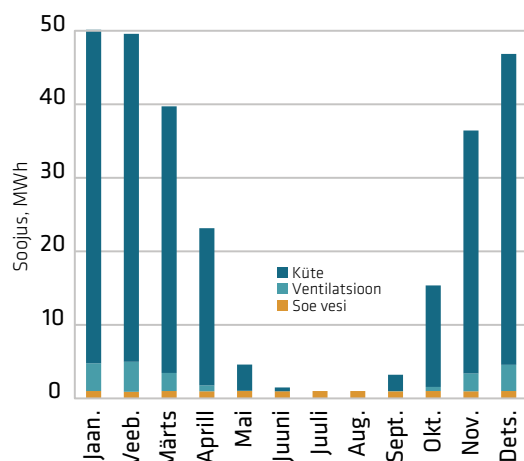


Joonis 5.4  
Tunnipõhine soojus-  
koormus aasta lõikes



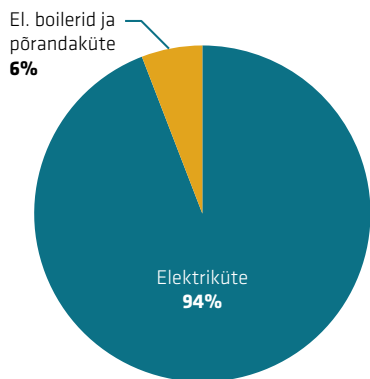
Hoone vesiküttesüsteemi baassoojuskoormuseks võib lugeda 60 kW. Soojuskoormuse tipud esinevad talvekuudel ning madalaim soojuskoormus on suvekuudel, kui soojust vajatakse ainult sooja tarbevee valmistamiseks. Joonis 5.5 iseloomustab soojuse vajadust kuude lõikes.

Joonis 5.5  
Soojuse vajadus  
kuude lõikes



Kõige rohkem vajatakse soojust talvekuudel, s.t jaanuaris, veebruaris ja detsembris. Nendel kuudel on Eesti energiaarvutuste baasaasta järgi soojuse vajadus 47...50 MWh/kuus. Suvine soojuse vajadus on seevastu suhteliselt väike – keskmiselt 1 MWh/kuus. Seega võib kuude lõikes soojuse tarbimisvajadus erineda kuni 50 korda. Soojuse tarbimine suvekuudel (juuni-august) on hinnanguliselt 3,5 MWh. Kütteperioodil ehk septembrist maini on soojuse vajadus 266 MWh. Siit võib järeldada, et kuna sooja tarbevee vajadus on suhteliselt väike ning hoones on valdavalt kasutuses soojustagastusega ventilatsioon, siis põhiline osa soojusest läheb ruumide kütteks.

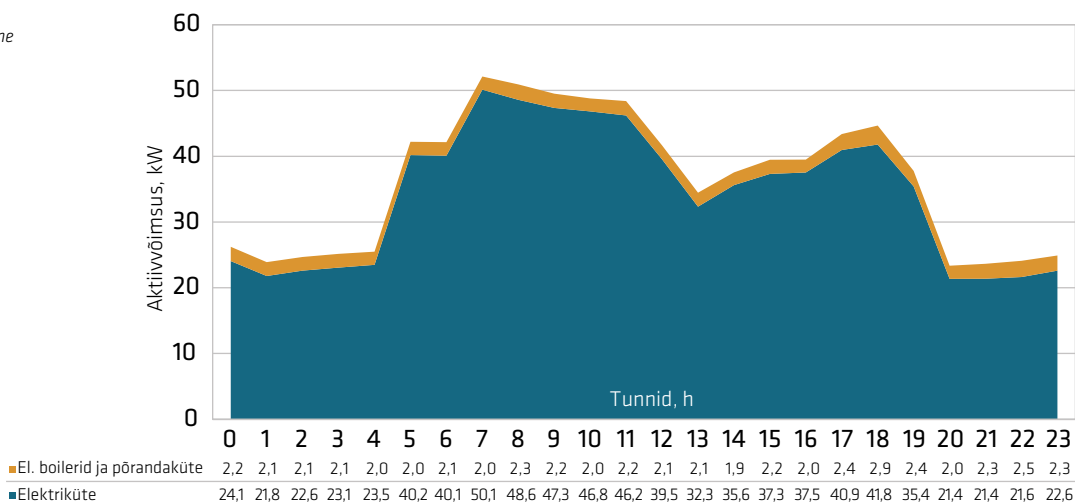
Joonis 5.6  
24/7 tüüpi kontorihoone  
elektrikütteseadmete  
koormuse jaotus



24/7 tüüpi kontorihoones on kasutusel 100% elektriküte, millest 94% moodustab elektriradiaatorite tarbimine (joonis 5.6). Seega säästumeetmete rakendamine, sh elektri hinnapõhine seadetemperatuuri juhtimine, annaks suurimat säästu just nendel seadmetel.

Töö- ja puhkepäeva keskmiste koormuskõverate analüüsist selgub, et nimetatud hoones toimub elektriküte kellaajaline juhtimine. Vahemikus kell 4...7 toimub küttevõimsuse kahekordne suurendamine ja kell 18...21 vähendamine (joonis 5.7). Vahemikus kell 20...4 toimub kütte juhtimine madalaima lubatava seadetemperatuuri järgi. Viimast kinnitab ka elektriküte koormuse sujuv vähenemine keskpäeval, mil välistemperatuur tõuseb ja inimeste kohalolu oma mõju avaldab.

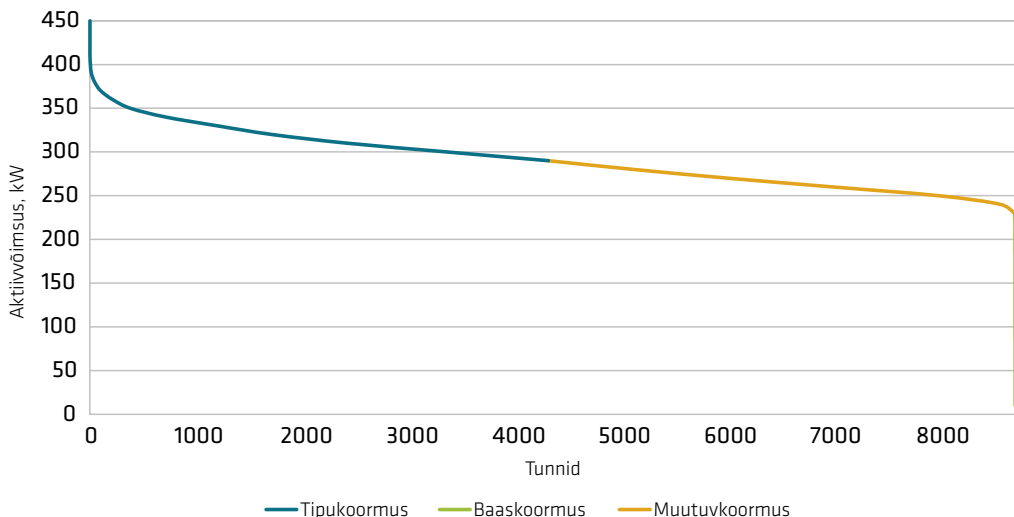
Joonis 5.7  
24/7 tüüpi kontorihoone  
elektrikütteseadmete  
päeva keskmised  
koormuskõverad



### 5.1.2 Elektritarbimise analüüs

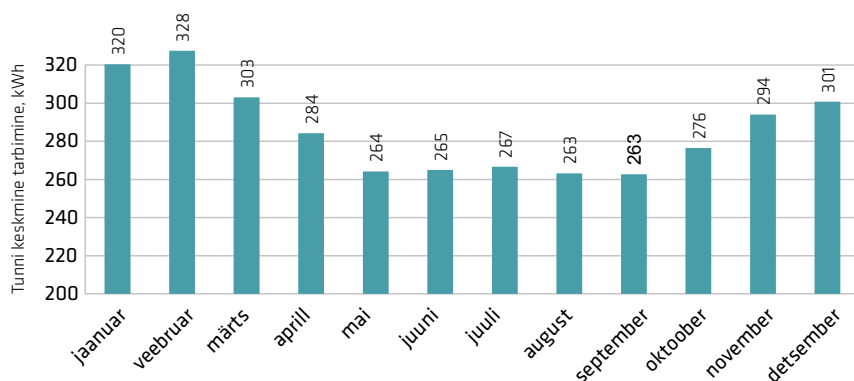
Vaadeldavate büroohoonete elektritarbimine oli 2011. aasta veebruarist kuni 2012. aasta jaanuarini 2,49 GWh. Hoonete kompleksil on elektrivõrguga kaks liitumispunkti. Elektrienergia tarbimise seisukohast on antud kontorihoonete näol tegu suure ja äärmiselt stabiilse tarbijaga: baaskoormus, millest alla-poolle vaadeldava perioodi jooksul tarbimine ei langenud, oli 225 kW ning tipukoormus jäi 400 kW juurde (joonis 5.8). Üldiselt kirjeldab vaadeldavate kontorihoonete elektritarbimist standardne tarbimiskõver: päevasel ajal ning tööpäeviti on tarbimine suurem ning öösi ja nädalavahetustel mõnevõrra väiksem. Samas on summaarne elektritarbimine nädalavahetustel kõigest 0,6 MWh väiksem kui keskmine tarbimine tööpäevadel.

Joonis 5.8  
Büroohoonete  
koormuskõverad

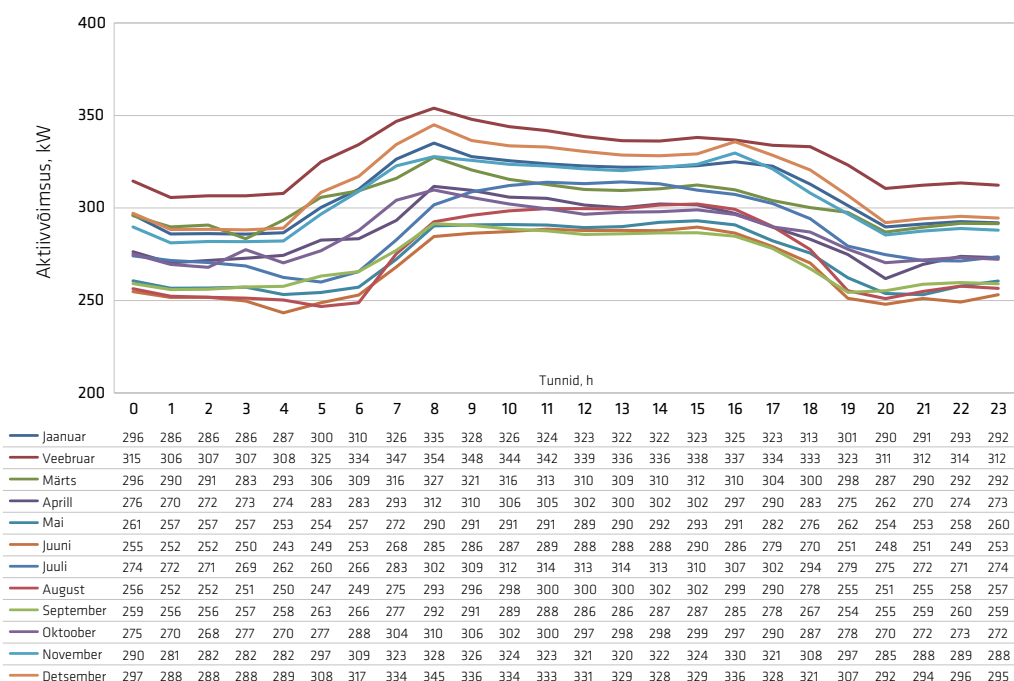


Büroohonete puhul on märgata sesoonsusest tingitud eripära, nt suvisel perioodil võib täheldada mõningast tarbimise vähenemist, mis on eelkõige tingitud elektrikütte vähenemisest (joonis 5.9). Joonisel 5.10 on esitatud keskmised ööpäevased koormused kuude lõikes (elektriarvesti tunniandmed vahemikus aprill 2010 kuni veebruar 2011).

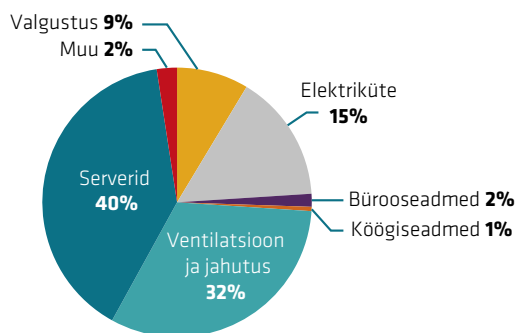
Joonis 5.9  
Tunni keskmine elektri tarbimine kuude lõikes



Joonis 5.10  
Keskmine ööpäeva tarbimine kuude lõikes



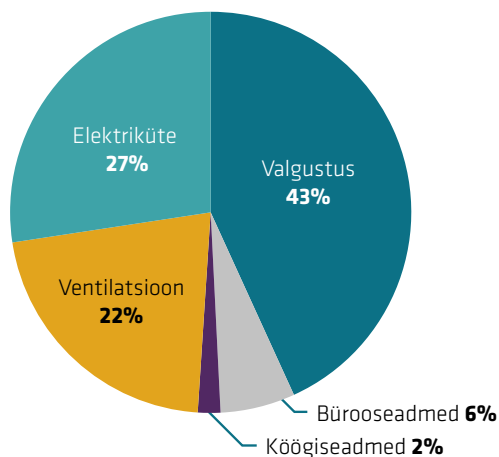
Joonis 5.11  
Analüüsitud kontori-  
hoonete koormusjaotus  
koormusliigiti



On näha, et analüüsitud büroohonete elektrenergia tarbimine on aastaringelt samas suurusjärgus, jäädes keskmiselt 250 kW ja 350 kW vahele. Samas on oluline ära märkida, et mõningast koormuse muutumist võib täheldada ööpäeva ja aastaegade lõikes. Edasine 8/5 ja 24/7 büroohonete tarbimise analüüs koormusliigiti põhineb talveperioodil (oktoober kuni märts) läbiviidud mõõtmistele. Joonisel 5.11 on toodud näidatud büroohonete tarbimise jagunemine erinevat liiki koormuste vahel.

### 5.1.2.1 8/5 hooned

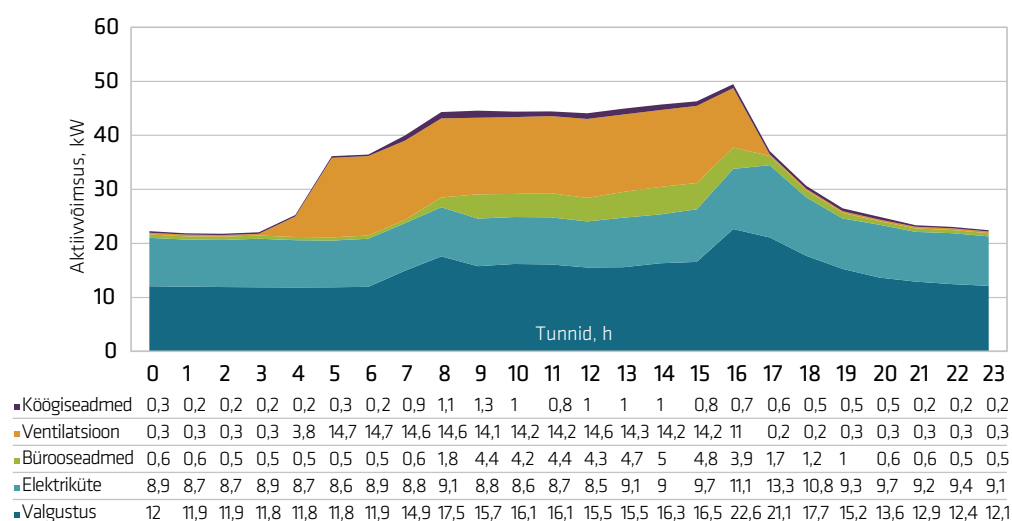
Joonis 5.12  
8/5 tüüpi kontorihoone  
koormusjaotus liigiti



Joonis 5.12 iseloomustab tüüpilise 8/5 kontorihoone üldist koormuse jaotust, vastavalt analüüsile moodustavad suurima koormuse valgustus 43%, elektriküte (sh saunakerised ja põrandaküte) 27% ning ventilatsioon 22%.

Detailsema pildi koormuste kasutamisest annab nende jagunemine töö- ja puhkepäeva siseselt liikide kaupa (joonised 5.13 ja 5.14). Koormuste analüüsist selgub, et valgustuse, elektrikütte ja ventilatsiooni tarbimise osakaal on töövälisel ajal suurem või samaväärne tööajal tarbituga.

Joonis 5.13  
8/5 tüüpi kontorihoone  
tööpäeva koormusjaotus  
liikide kaupa ööpäeva  
jooksul



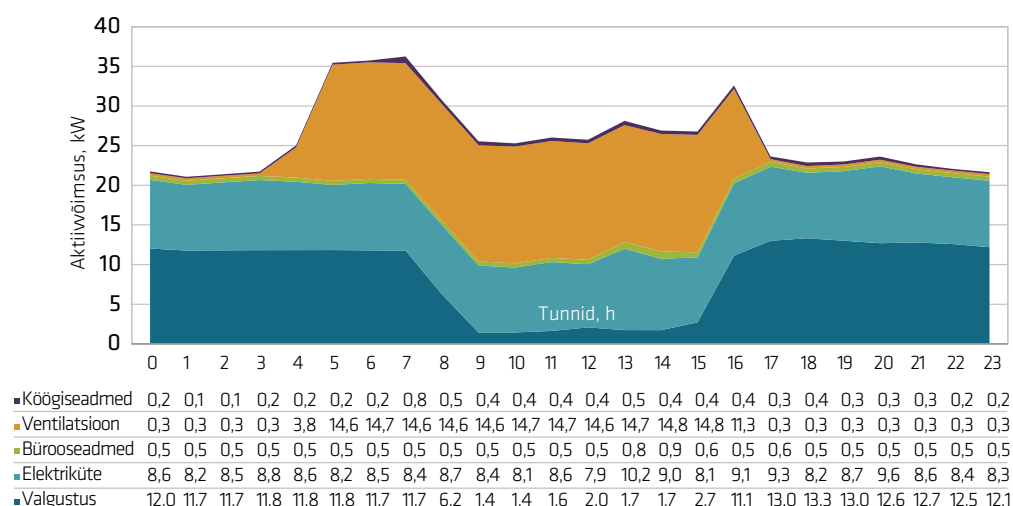
Hoone sise- ja välisvalgustuse energiatarve jaguneb võrdselt, mõlema tarbimised moodustuvad ligi 45% valgustuse kogutarbest (ülejäanud 10% on avariivalgustus). Sisevalgustuses on kõige suurem osakaal kabinettide valgustusel. Muude valgustusliikide osakaal on suhteliselt võrdne. Analüüsides keskmist tööpäeva koormuskõverat, joonistub välja hommikune ja õhtune tarbimise tipp, mis on põhjustatud eelkõige sise- ja välisvalgustuse kokkulangevusest. Töövälisel ajal on näha, et tööle jäädakse pikemalt, nt kuni kella 21-ni. Lisaks on tuvastatav, et kabinettide, käiguteede ja abiruumide valgustus unustatakse aeg-ajalt sisse.

Ventilatsiooniseadmete koormuskõverate pealt nähtub, et ventilatsioonisüsteemi juhitakse kellaajaliselt, s.t vahemikus kell 4...5 lülitatakse süsteem sisse ja kell 17..18 lülitatakse välja. Samuti selgub, et ventilatsioonisüsteem töötab töö- ja puhkepäeval ühesuguse koormusega.

8/5 hoones kasutatakse elektrikütteseadmetena elektrikeriseid, -boilereid ja -radiaatoreid. Kütteanalüüsi põhjal moodustab elektriradiaatorite tarbimine umbes 90% summaarsest elektriliste kütte-seadmete tarbimisest. Tööpäeva keskmiste koormuskõverate analüüsist nähtub, et elektriradiaatorite ja -boilerite tarbimine on terve päeva vältel stabiilne. Elektrikütte kasvu tööpäeva lõpus ja hilisõhtusel ajal mõjutab eelkõige sauna kasutamine, mil elektrikerised on sisse lülitatud.

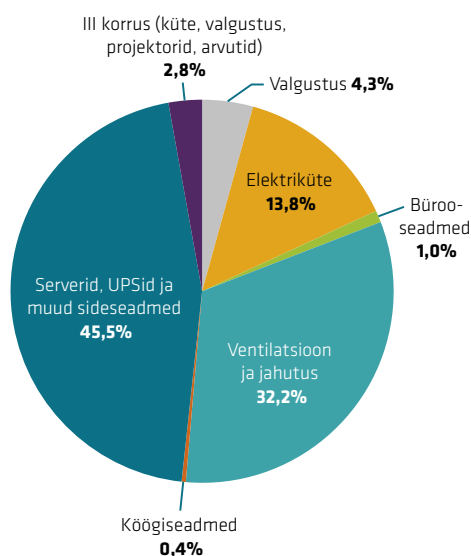
Analüüsid puhkepäeva keskmisi koormuskõveraid (joonis 5.14), põhjustab hommikust ja õhtust tarbimise tippu eelkõige ventilatsioonisüsteemi ja välisvalgustuse kokkulangevus ajavahemikes kell 6...8 ja 16...18.

Joonis 5.14  
8/5 tüüpi kontorihoone  
puhkepäeva koormus-  
jaotus liikide kaupa  
ööpäevas



### 5.1.2.2 24/7 tüüpi kontorihoone

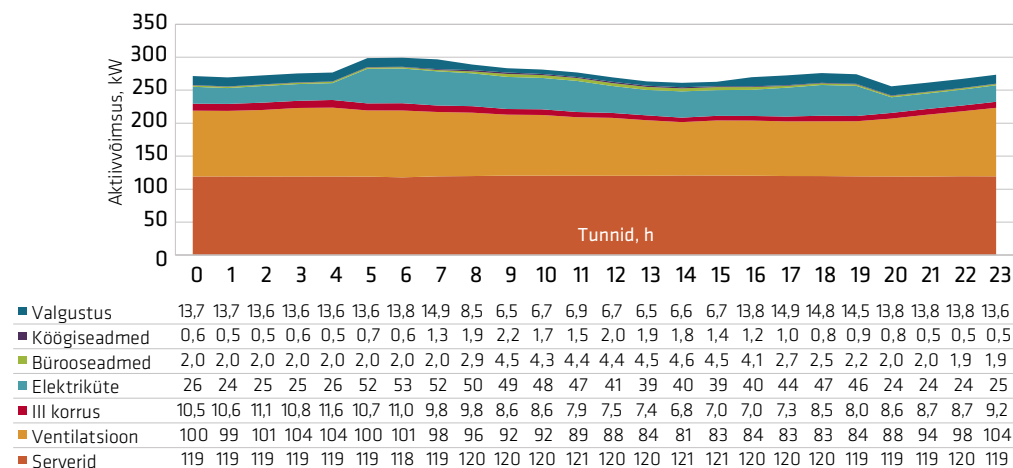
Joonis 5.15  
24/7 tüüpi kontorihoone  
koormusjaotus liigiti



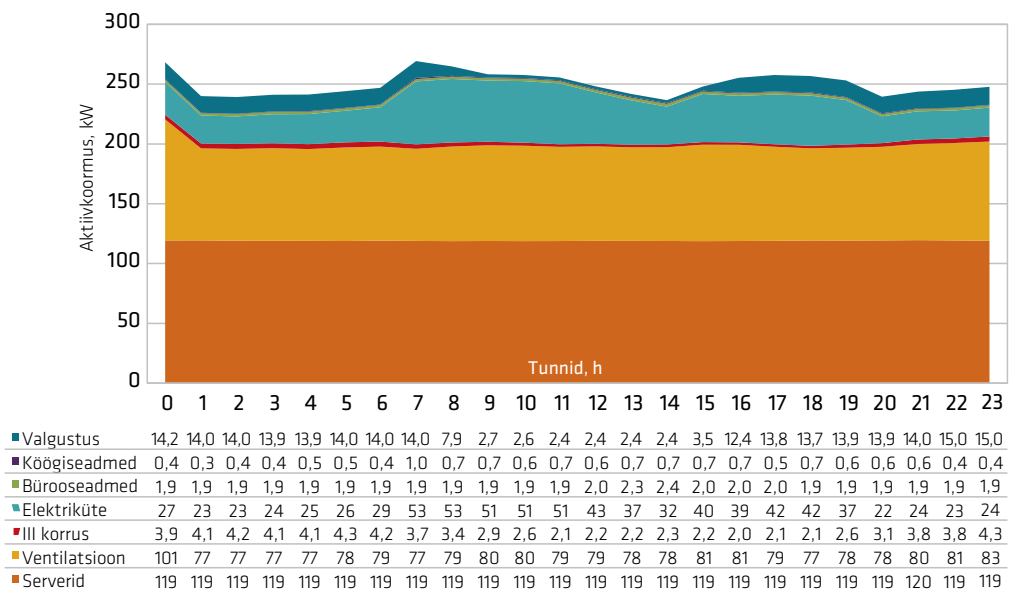
Joonis 5.15 iseloomustab tüüpilise, kuid suure elektriküte osakaaluga 24/7 kontorihoone üldist koormuse jaotust. Vastavalt läbiviidud analüüsile moodustavad suurima koormuse serverid 46, ventilatsioon 32 ja elektriküte 14 protsendiga.

Detailsema pildi koormuste kasutamisest annab nende jagunemine töö- ja puhkepäeva siselt liikide kaupa (joonis 5.16 ja joonis 5.17). Koormuskõverate analüüsist selgub, et serverite ja ventilatsiooni tarbimine on ühtlane, sõltumata nädalapäevast. Enim mõjutab hommikust ja õhtust tarbimise tippu hoone valgustus ja elektriküte. Tipud on põhjustatud sise- ja välisvalgustuse ning elektriküte koormuste langemisest samale kellaajale.

Joonis 5.16  
24/7 tüüpi kontorihoone  
tööpäeva koormusjaotus  
liikide kaupa ööpäevas



Joonis 5.17  
24/7 tüüpi kontorihoone  
puhkepäeva koormus-  
jaotus liikide kaupa  
ööpäevas



### 5.1.3 Taastuenergia kasutamise võimalustest

Analüüsitava kinnistu puhul on elektri või soojuste tootmiseks kasutatav pindala kokku ligikaudu 34 100 m<sup>2</sup>, millest

- kontorihoonete kasutatav katuse pindala on umbes 2 200 m<sup>2</sup> ja
- krundi pindala on umbes 31 900 m<sup>2</sup>.

Uuringu käigus vaadeldi soojusvarustuse alternatiivina pelletikatlamaja hinnangulise maksumusega 17 000 €. Uue rajatava pelletikatlamajast väljastatava soojuste maksumus on hinnanguliselt 65 EUR/MWh, mis arvestab kapitalikuludid ja lähtub eeldusest, et pelleti maksumus on 40 EUR/MWh, katlamaja aastakeskmine kasutegur 85% ja investeeringu eluiga 15 aastat (investeering 16 625 €). Pelletist toodetava soojuste hind tuleb seega ligi 6% odavam kui kaugküttest toodetud soojus. Arvutuste põhjal osutus pelletikatlamaja rajamine majanduslikult otstarbekamaks kui kaugkütete kasutamine, katlamaja lihttasuvusaeg on ~8 aastat. Analüüsiti ka muid soojuste tootmisviise, sh gaasiturbiini ja -mootoriga soojuste ja elektri koostootmisjaamu, kuid nende tasuvusaeg on tunduvalt pikem.

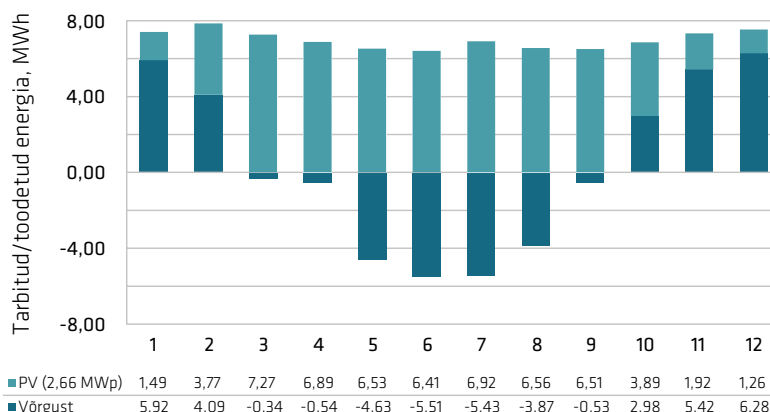
Päikesekollektoritest vaadeldi vaakumtoru- ja lamekollektorit. Lame- ja vaakumtorukollektorite lihttasuvusaeg on vastavalt 21 ja 24 aastat. Erinevate kollektori tüüpide hinnad ja toodang on erinevad, seetõttu on oluline küsida hinnapakumised erinevaid kollektori tüüpe pakkumatelt ettevõtetelt. Samas ei tohi ära unustada asjaolu, et eriti talvel, kui päikest napib, tuleb täiendavalt kasutada ka kaugkütet.

Maa- ja õhk-vee tüüpi soojuspumpasid saaks 8/5 hoone soojusvarustuses rakendada, kuna seal on välja ehitatud vesikeskküttesüsteem. Kuid tuli tõdeda, et tegemist on kaugküttevõrgu temperatuuride järgi dimensioonitud radiaatorküttega. Soojuspumpad töötavad efektiivsemalt aga just madalama temperatuuriga süsteemide korral, nagu nt põrandaküte. Soojuspumbaga võib ühendada ka radiaatoreid, kuid et soojuspumba korral on küttesüsteemi pealevoolutemperatuure otstarbekas hoida madalamana, siis dimensioonitakse radiaatori küttepinnad suuremad, kui seda nt kaugkütete kasutamise korral. Siiski teatud aeg küttesüsteemist on võimalik katta soojuspumpade poolt toodetud soojuste, sest üldjuhul sõltub kütete pealevoolu temperatuur välisõhu temperatuurist ehk mida külmem on väljas, seda kõrgem on pealevoolutemperatuur. Soojuspumpade kasutamisel jääks nende lihttasuvus 5...6 aasta piiridesse, kuid tipukoormusaegadel tuleks täiendavalt kasutada ka kaugkütet.

PV-paneelide analüüs käsitleti kahte varianti: süsteemi kasutamist võimsustippude katmiseks ning vähendatud mahus hoonete katustele paigaldamiseks. Esimese variandi puhul võeti kasutusele kogu vaba pind hoonete lähimbruses, s.t 34 100 m<sup>2</sup> maa-alale paigaldatud PV-paneelid (2,6 MWp), mis on 15% kasuteguriga, 45-kraadise nurga all ja tootmiskaoga 20%. Sellise PV jaama aastane toodang kataks ligikaudu 95% hoonete aastast elektrienergia tarbest. Peamiseks puuduseks on tootmise ebahühtlus. Kõrgeim tootmise tipp võib suveperioodil (mai, juuni, juuli) olla kuni 2250 kW ja madalaim tootmise tipp talvel (detsember) 20 kW, erinevus 115 korda. Teoreetilistest arvutusmeetoditest selgus, et sellise

maa-alaga PV jaamast oleks kontorihoonetel võimalik otse tarbida 38...44% PV-paneelide poolt toodetud elektrienergiast, mis on ligikaudu kaks korda parem kui elamutes ja moodustab kogutarbimisest 36...42% (joonis 5.18).

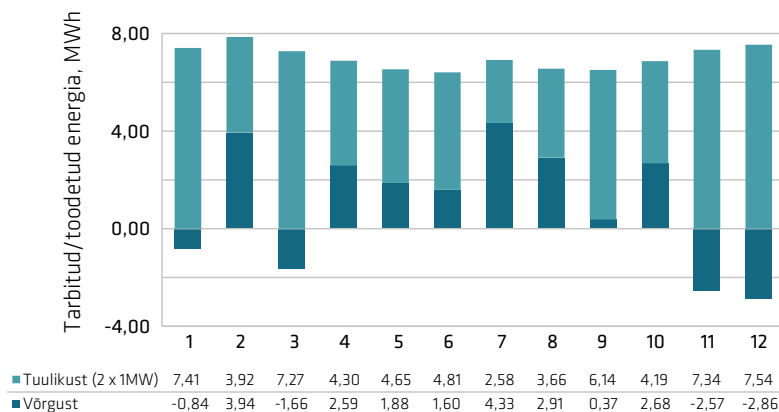
Joonis 5.18  
Keskmise päeva  
päikesepaneelide  
tootmise ja tarbimise  
võrdlus kuude kaupa



Kasutades PV paneelide paigaldamiseks ainult hoonete katuste pindu, saaks rajada 172 kWp päikeseelektrijaama, millega oleks keskmise päikesekiirguse korral keskpäevast tarbimise tippu võimalik katta päikeseenergiaga aastaringsest, kuid hommikust ja õhtust tarbimise tippu on võimalik PV-süsteemi abil katta vaid suveperioodil. Ebasobiva ilma korral on mõju keskpäevasele energiatarbimisele marginaalne, talvel isegi olematu. Selle stsenaariumi korral kasutatakse kogu toodetud elekter ära ja võrku elektrit ei toodeta. PV paneelide tasuvusaeg jääb lihttasuvuse korral üldiselt tasuvuse piiri juurde ning eeldaks suurt alginvesteeringut.

Samuti analüüsiti hoonete juures tuulikute kasutamise võimalust. Kõige perspektiivikam oleks hoone kinnistule paigaldada kaks võimalikult kõrge mastiga ja suure võimsusega horisontaalse rootoriga tuuleelektrijaama, nt masti kõrgusega 66 m ja nimivõimsusega 1 MW. Sellisel juhul suudab kaks 1 MW tuuleelektrijaama katta 85% kontorihoone kogu aasta tarbimisest (joonis 5.19).

Joonis 5.19  
Keskmise päeva tuulikute  
tootmise ja tarbimise  
võrdlus kuude kaupa



Tarbimise ja tootmise andmete alusel on kontorihoonetel võimalik tarbida otse 45...55% tuuleelektrijaama toodangust, mis on ligilähedane elamutega ja moodustab kogutarbimisest 40...45%. Ülejäänud toodetud elektrienergia tuleb kas salvestada või müüa elektriturul. Kui juunis moodustab tuuleelektrijaamast otse tarbitud energia keskmiselt 30...35% kogu energiatarbest, siis detsembris on see 60%. Detsembris-jaanuaris kasutatakse seevastu 45...55% toodetud energiast otse ära ja juunis umbes 90%. Selliste seadmete paigaldamine linnatingimustes on siiski mõeldamatu. Maailmas on linnatingimustes enim soovitud vertikaalse rootoriga tuuleturbiinid. Kasutades 20 kW vertikaalse rootoriga tuulikuid mastil kõrgusega 20 meetrit, tuleks 2x1MW tuuliku võrdluses paigaldada väikese tuuleelektrijaamu 512 tükki (katmaks 85% aasta tarbimisest. Kokku tähendab see 10,24 MW installeeritud võimsust. Et saada väiketuulikutega samaväärne aastane toodang kui PV-süsteemil (ehk aastane tarbimine kaetakse 95% ulatuses), tuleks installeerida neid 570 tükki ehk 11,4 MW. Kuid linna keskel on selliste tuulikute tootlikkus äärmiselt madal. Kokkuvõtte analüüsitud taastuvenergia lahendustest on toodud järgmises tabelis (tabel 5.3).

Tabel 5.3  
Analüüsitud  
taastuenergiaallikate  
tasuvus ja osakaal  
tarbimises

| Taastuenergia lahendus             | Lihttasuvus, a | Eluiga, a | Võimsus/ energia                       | Katab aasta tarbimisest                       |
|------------------------------------|----------------|-----------|--|---|
| Pelletikatlamaja                   | 8              | 15        | Pt = 120 kW                            | Soojus - 100%                                 |
| Gaasimootoriga SEK, soojus+elekter | 13,2           | 14        | Pe= 30 kW<br>Pt=62 kW                  | Elekter- 5%<br>Soojus - 86%                   |
| Maasoojuspump                      | 5,1            | 10        | Et=272 MWh/a                           | Soojus - 99,6%                                |
| Õhk-vesi soojuspump                | 5,5            | 10        | Et=215,4 MWh/a                         | Soojus - 78,9%                                |
| Päikesekollektorid                 | 20...24        | 10...15   | Et=5,8...6 MWh/a                       | Soe tarbevesi - 48...50%                      |
| PV-paneelid (TE toetusega)         | >27 (11-25)    | 25        | 2,66 MWp (3,4 ha)<br>172 kWp (0,22 ha) | 95% (otse 38...44%)<br>6...10% (otse 6...10%) |
| Tuulik (TE toetusega)              | >27 (ligi 10)  | 25        | 2x1 MW                                 | 85% (otse 45...55%)                           |

#### 5.1.4 Tarbimise juhtimise meetmed

Rakendades aktiivseid ja passiivseid energiatõhususe meetmeid, on praeguste tehnoloogiate abil võimalik kokku hoida kuni 30% olemasolevast energiatarbimisest [SEL13]. Et saada suurim võimalik kokkuhoid energia tarbimises, tuleks passiivseid ja aktiivseid meetmeid vaadata komplekselt.

Energiatarbimise ja -kulude vähendamise üldised meetmed:

1. Kasutada vähem energiat ja veenduda, et ületarbimist pole, näiteks inimtühjad täisvalgustuses koridorid ning töö- ja abiruumid. Üheks võimaluseks on kasutada lampe, mis on sama energiatarbe juures suurema valgusvilkusega. Teiseks võimaluseks on vähendada valgustust ülevalgustatud aladel, grupeerides seadmeid või reguleerides valgust.
2. Energiatarbimise nihutamine kõrge tariifiga perioodilt madala tariifiga perioodile. Olemuslikult väheneb energiaühiku hind.
3. Tagada seadmete töö järjepidevus, vältides katkestusi ja seadmete süsteemide taaskäivitustest tingitud kadusid ja kulusid. Katkestused tingivad tootepartiide rikkemisi jms.

##### 5.1.4.1 Passiivsed meetmed

Kirjeldatud hoonete puhul väärivad kaalumist järgmised meetmed:

1. Hoone soojustamine ja küttetemperatuuri alandamine. Kuna analüüsitud hooned on erineva ehituse ja otstarbega, tuleks seda asjaolu arvestada. Kombineeritud passiivsete meetmete all on välja toodud nii hoonete soojustamise kui ka hoonetes hoitava temperatuuri alandamise (1...3 kraadi võrra) potentsiaal. Tulemused on hoonete kaupa koondatud järgnevasse tabelitesse (tabel 5.4 ja tabel 5.5).

Tabel 5.4  
Näidisanalüüs 8/5  
tüüpi kontorihoone  
soojusenergia säästu  
kohta

| Säästumeede  | Soojusenergia sääst | Energiasääst, MWh | Rahaline sääst <sup>19</sup> , € |
|--|---------------------|-------------------|----------------------------------|
| <b>Temperatuuri vähendamine</b>  |                     |                   |                                  |
| 1 °C   | 4,35%               | 13                | 897                              |
| 2 °C   | 8,7%                | 26                | 1795                             |
| 3 °C   | 13,04%              | 39                | 2693                             |
| <b>Täiendav soojustamine</b>   |                     |                   |                                  |
| Esimese seina osas vahtpolüsterool 5 cm, Teise seina osas kivivill, 200 mm | 41 %                | 123               | 8487                             |
| Passiivaknad   | 12%                 | 35                | 2427                             |
| Vähendada soojuskadu ventilatsiooni kaudu 20 protsendini                   | 7,7%                | 23                | 1588                             |
| Kombineeritult   | 56,5%               | 169               | 11662                            |
| <b>Kombineeritud soojustamine temperatuuri alandamisega</b>                |                     |                   |                                  |
| 1 °C   | 58%                 | 175               | 12053                            |
| 2 °C   | 60%                 | 181               | 12443                            |
| 3 °C   | 62%                 | 186               | 12834                            |



Tabel 5.5  
Näidisanalüüs 24/7  
tüüpi kontorihoone  
energiasäästu kohta

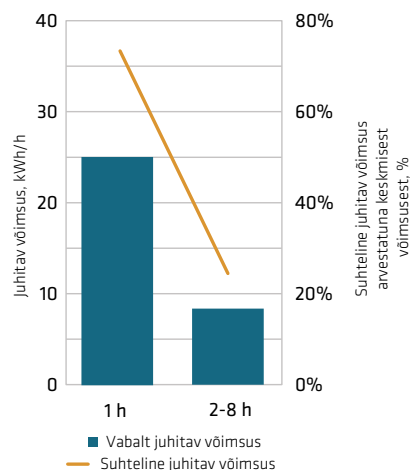
| Säästumeede   | Energiasääst | Energiasääst nädalas, kWh | Rahaline sääst nädalas, € |
|---|--------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Temperatuuri vähendamine</b>                             |              |                           |                           |
| 1 °C  | 4,35%        | 255                       | 25,5                      |
| 2 °C  | 8,7%         | 511                       | 51,1                      |
| 3 °C  | 13,04%       | 766                       | 76,6                      |
| <b>Täiendav soojustamine</b>                                |              |                           |                           |
| seina osas kivivill, 50 mm                                  | 4,3%         | 252                       | 25,2                      |
| Passiivaknad  | 27%          | 1585                      | 158,5                     |
| Vähendada soojuskadu ventilatsiooni kaudu 20 protsendini    | 7,7%         | 452                       | 45,2                      |
| Kombineeritult  | 37%          | 2173                      | 217,3                     |
| <b>Kombineeritud soojustamine temperatuuri alandamisega</b> |              |                           |                           |
| 1 °C  | 40%          | 2349                      | 234,9                     |
| 2 °C  | 42%          | 2466                      | 246,6                     |
| 3 °C  | 45%          | 2642                      | 264,2                     |

- Teise suurema elektrienergia säästumeetmena tuleks kaaluda olemasoleva, peamiselt halogeen- ja kompaktluminofoorlampidel põhineva valgustuse asendamist LED valgustusega. Vastavalt [ULM12] viidatud andmetele saab ligikaudu 45% avaliku sektori elektritarbimisest kanda valgustuse arvele. Valgustuse juhtimisega (taimerid ja kohalolekuandurid) on võimalik säästa kuni 16% tarbitavast elektrienergiast. Kombineerides selle olemasolevate valgustite vahetamisega LED valgustite vastu, oleks täiendavalt võimalik kokku hoida 50...60% tarbitavast elektrienergiat. Vaadeldavate hoonete kompleksi summaarne sääst valgustuselt (sise- ja välisvalgustus) oleks 57...59%.
- Ventilatsiooniseadmete sisse- ja väljalülitamine toimub kellaaajaliselt. Seadmetele on mootorite juhtimiseks installeeritud sagedusmuundurid. Teadaolevalt kasutatakse olemasolevates hoonetes sagedusjuhtimisega ajameid, seega üleminek sagedusjuhtimisega ajamilt vektorjuhtimisega ajamitele annaks 1...2 % täiendavat energiasäästu. Optimaalse võimsuse ja juhtimisalgoritmi väljatöötamine vajab igal konkreetsel juhul eraldi uurimist.
- Kuna analüüsitud hoonetes on kasutusel ka serveripark, siis võiks täiendava meetmena kaaluda ka sealt vabaneva soojuste kasutamist nt hoone, ventilatsiooni või tarbevee soojendamiseks, mis praegusel juhul lihtsalt maha jahutatakse. Valdonna ekspertide hinnangul on erinevate meetmete kasutuselevõtuga võimalik hoida kokku kuni 74% serveripargi energiast [INDP13]. Hinnanguliselt saab analüüsitud hoonete serveriruumides energiast säästa 10...15%. Tegelikult potentsiaali hindamiseks tuleks teha detailsed simulatsioonid, mis polevad käesoleva uuringu eesmärgiks.

#### 5.1.4.2 Dünaamilised meetmed

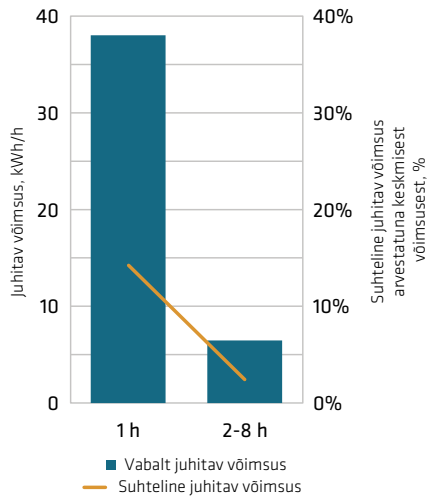
Kui opereeritaks reguleerimisenergia ostu-müügiga või ostetaks elektrit börsilt, siis tasuks kõnealuste hoonete puhul kaaluda elektrikutte ja ventilatsiooni hinnapõhist juhtimist. Tarbimise juhtimise seisukohalt vaatleme kahte hoonet eraldi.

Joonis 5.20  
Juhitavad elektrilised  
võimsused 8/5 tüüpi  
kontorihoones



8/5 tüüpi kontorihoone puhul oleksid elektrilised juhitavateks koormusteks ventilatsioon, küte, valgustus ning köögi- ja bürooseadmed. Ühe tunni jooksul saaks kõikide seadmete koormusi vabalt vähendada keskmiselt kuni 25 kW (sh ventilatsioon – 7,5 kW, küte – 9 kW, valgustus – 7,5 kW, köögi- ja bürooseadmed – 1 kW). Kuni 8 tunni ulatuses oleks keskmiselt 8,5 kW koormusi vabalt juhitavad (sh valgustus – 7,5 kW, köögi- ja bürooseadmed – 1 kW) (joonis 5.20).

Joonis 5.21  
Juhitavad elektrilised  
võimsused 24/7 tüüpi  
hoones



24/7 tüüpi kontorihoone puhul oleksid elektriliselt juhitavateks koormusteks samuti ventilatsioon, kütte, valgustus ning köögi- ja bürooseadmed. Ühe tunni jooksul oleks võimalik kõikide seadmete koormusi vabalt vähendada keskmiselt kuni 38 kW (sh ventilatsioon – 22 kW, kütte – 9 kW, valgustus – 6 kW, köögi- ja bürooseadmed – 1 kW). Kuni 8 tunni ulatuses oleks vabalt juhitav keskmiselt 7 kW koormusi (sh valgustus – 6 kW, köögi- ja bürooseadmed – 1 kW) (joonis 5.21).

### 5.1.5 Tarbimise nihutamise potentsiaal kontorihoonetes

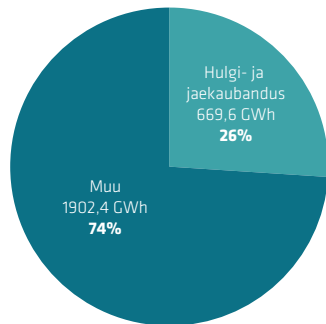
Võttes aluseks eeltoodud andmed näeme, et lühiajaliselt võiks terves sektoris ühe tunni jooksul vabalt nihutada tarbimist keskmiselt kuni 86 MW ja 2...8 tunni jooksul kuni 26 MW (tabel 5.6).

Tabel 5.6  
Juhitavad võimsused  
kontorihoonetes

| Juhtimise kestvus                                | 1 tund | 2...8 tundi |
|--|--------|-------------|
| Vabalt juhitav 8/5 tüüpi kontorihoonetes, MWh/h  | 72     | 24          |
| Vabalt juhitav 24/7 tüüpi kontorihoonetes, MWh/h | 14     | 2,3         |

## 5.2 HULGI- JA JAEKAUBANDUS (KAUBANDUSKESKUSED)

Joonis 5.22  
Hulgi- ja jaekaubanduse  
osakaal äri- ja avaliku  
teeninduse sektoris  
aastal 2012



Hulgi- ja jaekaubanduse osakaal äri- ja avaliku teeninduse sektoris moodustab ligi 26% (joonis 5.22).

Vaatluse all oli kaubanduskeskuse hoone, mille põhiandmed on esitatud alltoodud tabelis (tabel 5.7). Hoone soojusega varustamiseks on rajatud maagaasikatlamaja, mis tagab sooja vee valmistamise. Hoone kütmine toimub põhiliselt ventilatsiooni kaudu. Külmikute külmajaama heitsoojus tagastatakse osaliselt hoone kütmiseks. Kuuest ventilatsiooniagregaadist neli on varustatud rootorsoojusvahetiga.

Tabel 5.7  
Hoone andmed

|                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Esmase kasutuselevõtu aasta:       | 2007                                 |
| Hoone peamine kasutamise otstarve: | Muu kaubandushoone või kauplus       |
| Minimaalne korruste arv:           | 1                                    |
| Maksimaalne korruste arv:          | 2                                    |
| Suletud netopind:                  | 10 594,6 m <sup>2</sup>              |
| Kõetav pind:                       | 10 308,5 m <sup>2</sup> (arvutuslik) |
| Kasulik pind:                      | 10 223,3 m <sup>2</sup> (EHR)        |
| Hoone maht:                        | 89 938 m <sup>3</sup> (EHR)          |

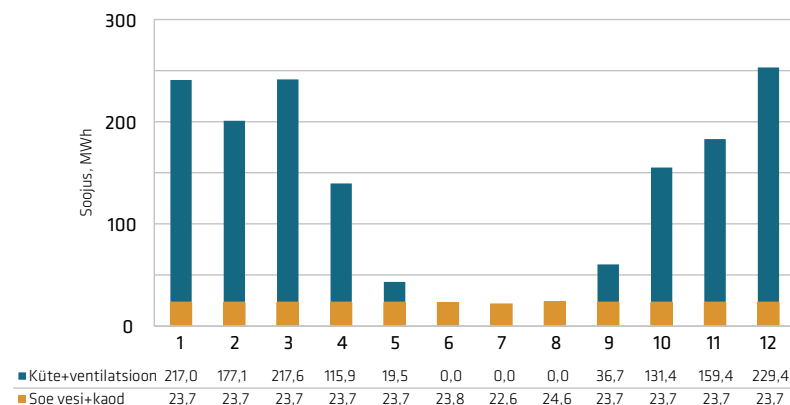
Hoone kütmiseks kasutatakse ventilatsioonisüsteemi, termostaatventiilidega radiaatoreid klaasseina juures, kalorifeere ja välisuste kohale paigaldatud õhkkardinaid. Õhkkardinaid rakenduvad, kui tamburi temperatuur langeb alla 15 °C.

Tsentraalset jahutussüsteemi hoone ei ole. Tsentraalne külmajaam on ainult toidukaupluse külmutusseadmetes sobiva temperatuuri hoidmiseks, lisaks on katusele paigaldatud väike külmajaam. Kompresorkülmajaam jaguneb kaheks. Üks osa on külmikutele paigaldatud 5 kompressoriga, kus hoitakse temperatuuri vahemikus +2...+6 °C. Selles osas toimub kompressorite grupi soojuste tagastus. Teine osa koosneb sügavkülmikutele paigaldatud kolmest kompressorist, kus hoitakse temperatuuri vahemikus -20...-18 °C. Kolme kompressoriga külmajaamas kompressorite grupil soojuste tagastust ei ole. Kompressorite soojuste tagastatakse osaliselt ventilatsiooniagregaatide kaudu hoone kütmiseks. Mõnedes ruumides on paigaldatud lokaalsed konditsioneerid (sh serveriruum).

## 5.2.1 Soojustarbimise analüüs

2013. aastal katlamajast väljastatud soojuste tarbimist kütteks ja ventilatsiooniks ning sooja tarbevee valmistamiseks koos kadudega iseloomustab järgnev joonis 5.23.

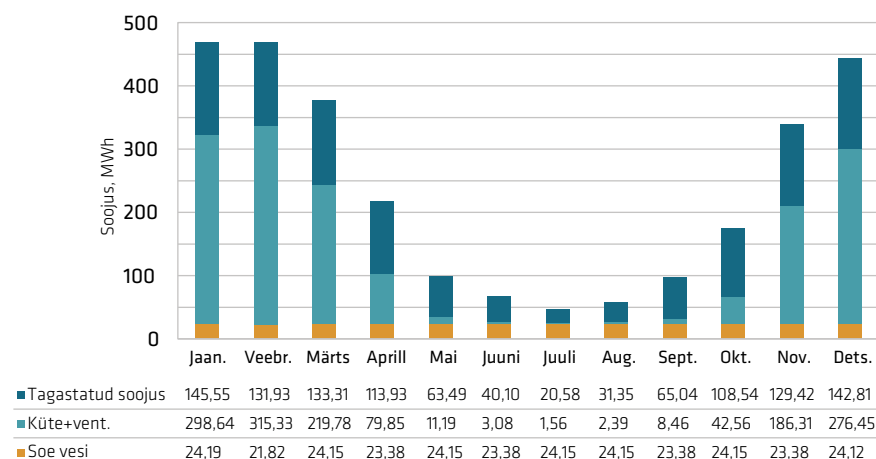
Joonis 5.23  
2013. aastal katlamajast  
väljastatud soojuste  
tarbimine



Suvine sooja tarbevee süsteemi tarbimine on hinnatud suvekuude alusel. Arvestades vee tarbimist, on hinnangulised sooja tarbevee ringluskaod esitatud andmete alusel vähemalt 80%, mida võib lugeda liiga kõrgeks.

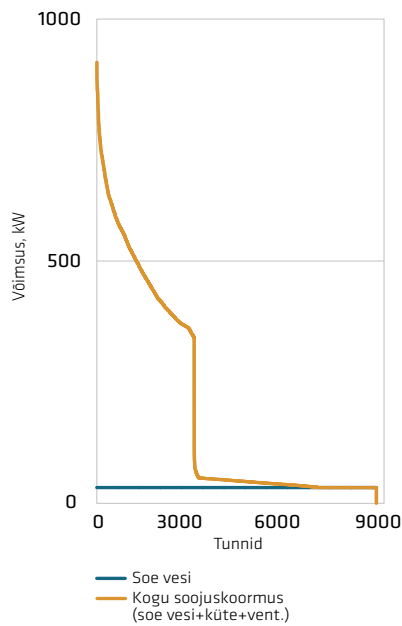
2013. aasta andmete põhjal on leitud tarbimisandmed normaalaasta kohta, kasutades lisaks kompresorkülmajaama elektrivõimsuse mõõtmistulemusi. Suurem soojuste vajadus esineb Eesti kliimas talvekuudel ning madalam on see suvekuudel, kui soojuste vajatakse ainult sooja tarbevee valmistamiseks. Joonis 5.24 iseloomustab soojuste vajadust kuude lõikes normaalaastal.

Joonis 5.24  
Normaalaasta soojuste  
vajadus kuude lõikes



Hinnanguline aastane katla soojustoodang sooja tarbevee valmistamiseks koos ringluskadudega on 284 MWh. Normaalaasta soojuste vajadus hoone kütmiseks on hinnanguliselt 1 446 MWh, seega on katlamaja soojustoodang normaalaastas hinnanguliselt 1 730 MWh. Arvestades katla kasuteguriga, tuleb viimase saamiseks põletada maagaasi ligi 1 922 MWh. Hinnanguline aastane kompresorkülmajaama poolt tagastatud soojuste kogus on 995 MWh/a, mis on ligi 47% kogu kompressorijaama heitsoojusest ja 60% nn *pluss-jaama*<sup>20</sup> heitsoojusest. Momendil on võimalik tagastada ainult *pluss-jaama* heitsoojust.<sup>21</sup>

Joonis 5.25  
Soojuskoormusköver



Hoone soojuskoormusköverat tarnitud energia järgi energiaarvutuste baasaasta alusel koostatuna iseloomustab järgnev joonis 5.25.

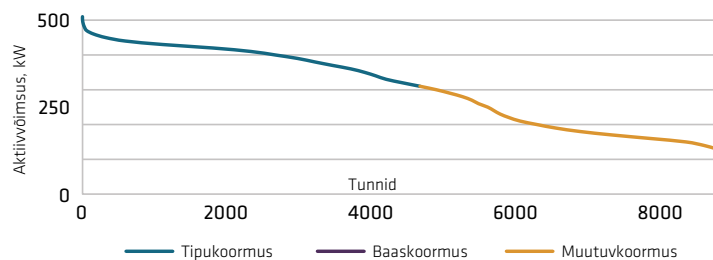
Tarnitud energia järgi võib hoone baassoojuskoormuseks lugeda 350 kW. Maksimumkoormus on hinnanguliselt 872 kW. Aastane elektri tarbimine on hinnanguliselt 2 682 MWh. Kogu energiatarve tarnitud energia alusel on 4 604 MWh.

Norra ja Rootsi kaubanduskeskuste energiatarbe uuringu [SEU09] alusel on supermarketite minimaalne aastane kogu energia eritarve 260 kWh/(m<sup>2</sup>a), keskmine 585 kWh/(m<sup>2</sup>a) ja maksimaalne 1 027 kWh/(m<sup>2</sup>a). Supermarketite osas oli eelpoolmainitud uuringus vaatluse all kolm supermarketit, mida ei saa lugeda väga laialtavalduks statistikaks. Kuid võrreldes nende kolme supermarketiga jääb vaadeldud kaubanduskeskuse kogu energia eritarbimine (447 kWh/(m<sup>2</sup>a)) keskmisest madalamaks.

## 5.2.2 Elektritarbimise analüüs

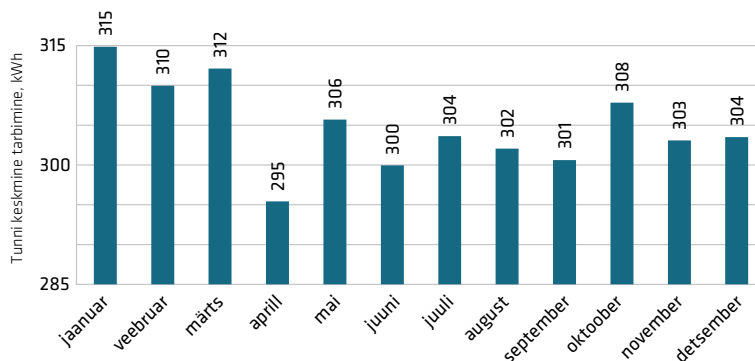
Vaadeldava kaubanduskeskuse elektritarbimine oli märtsist 2013 kuni märtsini 2014 ligi 2 682 GWh. Antud ajaperioodi kõige suurem tipukoormus oli 484 kW. Keskuse baaskoormuseks võib lugeda 100...130 kW (joonis 5.26).

Joonis 5.26  
Kaubanduskeskuse  
koormuskoormusköver



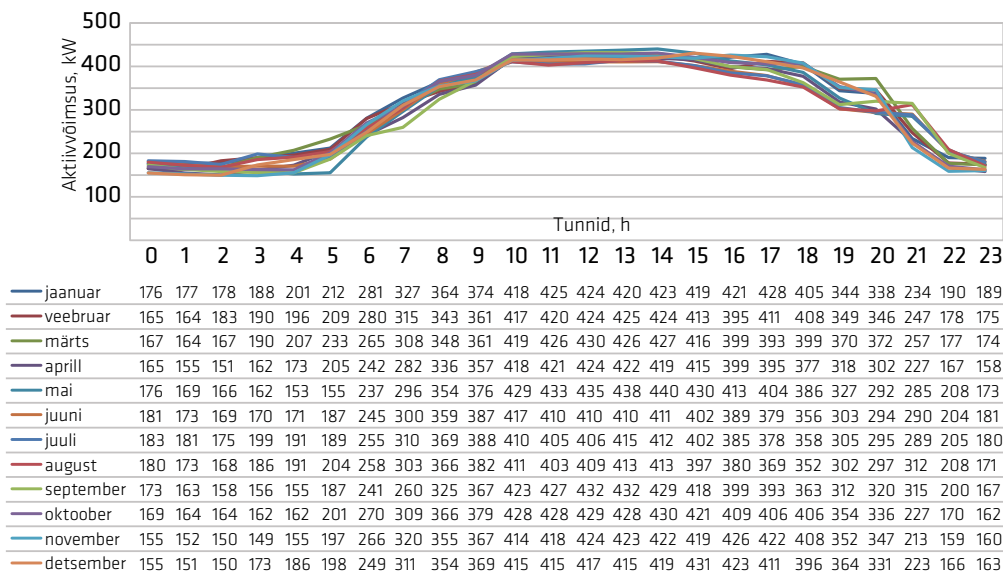
Kaubanduskeskuste puhul pole sesoonsusest tingitud eripära tuvastatav ja keskuste koormused võib üldjuhul lugeda aastaringsest ühtlaseks (joonis 5.27). Viimast kinnitab nt kuude päevakeskmiste analüüs, kus suurim erinevus võrreldes keskmise tarbimisega on jaanuaris ja aprillis (ligi 3%).

Joonis 5.27  
Tunni keskmine elektri  
tarbimine kuude lõikes



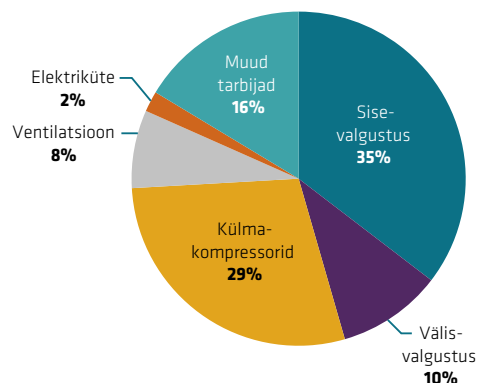
Joonis 5.28 kujutab keskmisi ööpäevaseid koormusi kuude lõikes (elektriarvesti tunniandmed vahemikus märts 2013 kuni veebruar 2014). Jooniselt on näha, et kaubanduskeskuse elektrenergia tarbimine on aastaringiselt samas suurusjärgus, olles öösel 150..180 kW ja päeval keskmiselt kuni 440 kW.

Joonis 5.28  
Keskmine ööpäevane  
tarbimine kuude lõikes



Edasine kaubanduskeskuse tarbimise analüüs koormusliigiti põhineb talveperioodil (oktoober kuni märts) läbiviidud mõõtmistele.

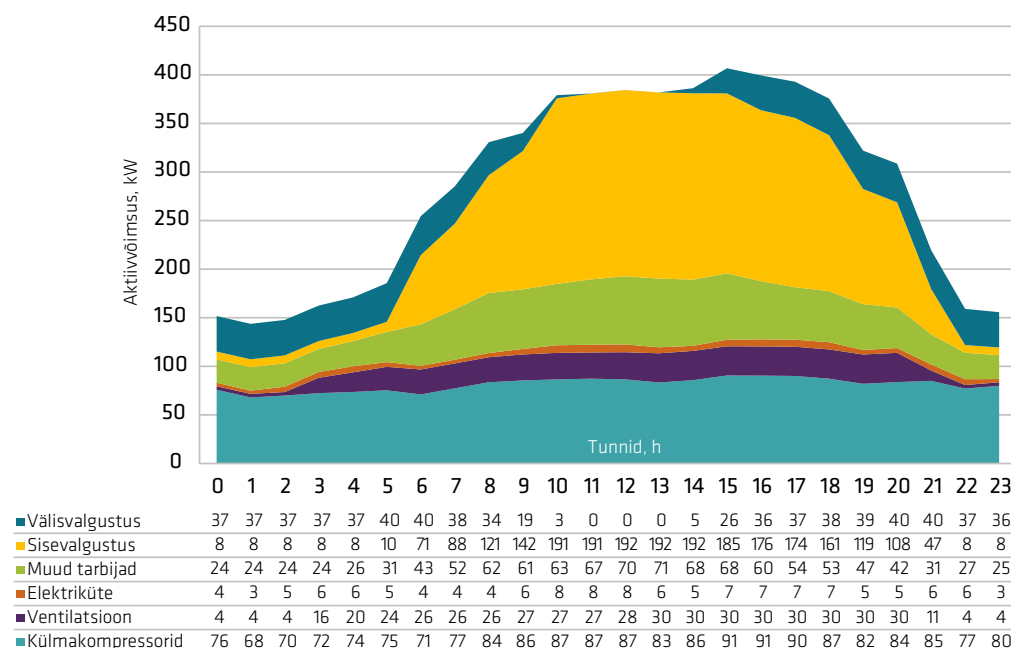
Joonis 5.29  
Kaubanduskeskuse  
koormusjaotus liigiti



Joonis 5.29 iseloomustab tüüpilise kaubanduskeskuse üldist koormuse jaotust. Vastavalt läbiviidud analüüsile moodustavad suurima koormuse valgustus 45%, külmakompressoriid 29%, muud, sh toitlustusega seotud tarbijad 16%. Kuna kaubanduskeskuste töönädala ja nädalavaheuse tarbimises olulisi erinevusi ei ole, siis pole neid otstarbekas ka eraldi käsitleda.

Detailsema pildi koormuste kasutamisest annab nende jagunemine ööpäevaringselt liikide kaupa (joonis 5.30).

Joonis 5.30  
Kaubanduskeskuse  
koormusjaotus liigiti  
ööpäevas



Koormuste analüüsist selgub, et külmakompressorid, olles 29% kogutarbimisest, on praktiliselt muutumatu koormusliik. Ventilatsioonile kulub 8% kogutarbimisest. Ventilatsiooniseadmed lülitavad ennast sisse öösel kella 2...3 vahel ja välja öhtul kella 20...21 vahel. Elektriküttele, sh gaasiküttega seotud abiseadmetele kulub vaid 2% kogutarbimisest. Gaasiküttega seotud abiseadmed on süütemehhanismid, tsirkulatsioonipumbad jms. Puhta elektrikütte moodustavad kaubamaja uste ees olevad õhkkardinad ja lumesulatusseadmed. Muude tarbijate alla liigituvad köögiseadmed, nõrkvooluseadmed, pumbad, elektrilised ukseid, pistikupesadesse ühendatavad seadmed jne. Muudele tarbijatele kulub ligi 16% elektrienergiast. Ühe suurema koormusgrupi moodustab sise- ja välisvalgustus, hõlmates kogutarbimisest vastavalt 35% ja 10%. Sisevalgustuse sisselülitamine toimub töötajate poolt reeglina kella 6 ja 9 vahel ning väljalülitamine kella 20 ja 22 vahel. Välisvalgustust juhitakse hämaraanduriga. Mõõteperioodil tuvastati välisvalgustuse sisselülitamine vahemikus kell 15...16 ja väljalülitamine hommikul kell 10.

### 5.2.3 Taastuenergia kasutamise võimalustest

Analüüsitava kinnistu puhul on elektri või soojuste tootmiseks kasutatav pindala kokku ligikaudu 19 792 m<sup>2</sup> ehk 2 ha, millest:

- hoone katuse pindala on ligikaudu 11 674 m<sup>2</sup> ehk 1,17 ha ja
- krundil vaba haljasala on ligikaudu 8 118 m<sup>2</sup> ehk 0,81 ha.

Soojusvarustuse alternatiivina vaadeldi pelletikatlamaja, mille hinnanguline maksumus on 130 000 €. Kuna pelleti maksumus on ca 40-41 €/MWh, mis on samas suurusjärgus maagaasi praeguse hinnaga, siis ei ole otstarbekas teha investeeringut ülemineamiseks maksumuselt samaväärsele alternatiivsele kütusele. Lisaks tuleb arvestada, et maagaasikatelt on lihtsam käitada ja kasutegur on kõrgem kui pelletikatlamajal. Antud asjaolusid arvesse võttes ei ole seepärast pelletikatlamaja tasuvusarvutust võrreldes maagaasikatlamajaga tehtud.

Päikesekollektorite korral vaadeldi vaakumtoru- ja lamekollektorit. Lame- ja vaakumtorukollektorite paigaldamise lihttasuvusaeg on vastavalt 21 ja 25 aastat. Erinevate kollektori tüüpide hinnad ja toodang on erinevad ning seepärast on oluline küsida hinnapakumised erinevaid kollektori tüüpe pakkuvatelt ettevõtetest.

Soojuspumba kasutamisele seab piiranguid toimiv kompressorkülmajaama soojuste tagastus, mille tulemusena ei saa soojuspumba kasutada soojemal perioodil, mil ka soojustegur on kõrgem ja soojuspump saab vähem töötunde. Soojuspumba töötunnid jäävad pigem madalama temperatuuriga aega, kui on madalam soojustegur. Soojuspumpade paigaldamine praeguses situatsioonis ei ole majanduslikult tasuv.

Soojuste ja elektri koostoomise korral on vajatav soojuste kogus tänu kompressorkülmajaama soojuste tagastusele väiksem, mis omakorda tingib koostootmisjaama suhteliselt väikese kasutusaja (~3000 tundi aastas), s.t enamuse ajast aastas seade ei töötaks. Tasuvusaeg on seetõttu suhteliselt pikk ja antud investeering ei ole majanduslikult tasuv.

Täiendavalt vaadati soojuste ja elektri koostootmisjaamale absorptsioonjahutusseadme lisamise võimalust. Küttevajadusest üle jäävat soojuste kogust saab absorptsioonjahutusseadmes kasutada külma tootmiseks ja selle võrra oleks võimalik säästa kompressorkülmajaama poolt tarbitavat elektrit, aga ka selline lahendus ei ole majanduslikult tasuv. Kokkuvõtte on toodud alljärgnevas tabelis (tabel 5.8).

Üldiselt oli vaadeldavas kaubanduskeskuses soojuste (46 €/MWh maagaasi hinna alusel) ja elektri hind (74,2 €/MWh) suhteliselt madal, mis ei soosi energiasäästumeetmete ja alternatiivsete energiavarustuse mooduste rakendamist.

Tabel 5.8  
Analüüsitud  
taastuenergiaallikate  
tasuvus ja osakaal  
tarbimises

| Taastuenergia lahendus                    | Lihttasuvus, a                     | Eluiga, a | Võimsus/energia                           | Katab aasta tarbimisest   |
|---|------------------------------------|-----------|---|---|
| Pelletikatlamaja                          | Pole gaasikatla kõrval otstarbekas |           |   |   |
| Gaasimootoriga SEK, soojuste+elekter      | 37                                 | 17        | Pe=100 kW<br>Pt=151 kW                    | Elekter - 14%<br>Soojuste - 32%                                       |
| Gaasimootoriga SEK, soojuste+elekter+külm |                                    | 19        | Pe=100 kW<br>Pt=151 kW<br>Pj=169 kW       | Soojuste - 39%<br>Elekter - 30%<br>Jahutus - 26%                      |
| Õhk-vesi soojuspump                       | 9,3                                | 10        | Et=531 MWh/a                              | Soojuste - 31%  |
| Päikesekollektorid                        | 20...25                            | 15        | Et=122...141 MWh/a                        | Soojuste - 7...8%   |
| PV-paneelid (TE toetusega)                | >25<br>(11-25)                     | 25        | 0,91 MWp (1,2 ha)<br>1,53 MWp (1,9 ha)    | 31% (otse 26%)<br>52% (otse 34%)                                      |
| Tuulik (TE toetusega)                     | >25<br>(ligi 16)                   | 25        | 0,908 MW<br>1,46 MW<br>1,93 MW<br>2,95 MW | 31% (otse 25%)<br>50% (otse 34%)<br>65% (otse 39%)<br>100% (otse 47%) |

Sõltuvalt päikesepaneelidele kasutatavast pinnast (installeeritud võimsusega vahemikus 0,91...1,53 MWp) ja samaväärselt tuulikust (installeeritud võimsusega vahemikus 0,908...1,46 MW) saab kaubanduskeskuste puhul rääkida tarbimise otse katmisest vahemikus 26...34%, seejuures aasta tootmise ja tarbimise suhe jääb vahemikku 31...52%. Tiputarbimisest ehk keskmist ületavast tarbimisest kaetakse sõltuvalt päikesepaneelide poolt kasutatavast pinnast või samaväärselt tuulikust vahemikus 44,4...75,9%.

## 5.2.4 Soojuse ja külma salvestuse rakendatavus

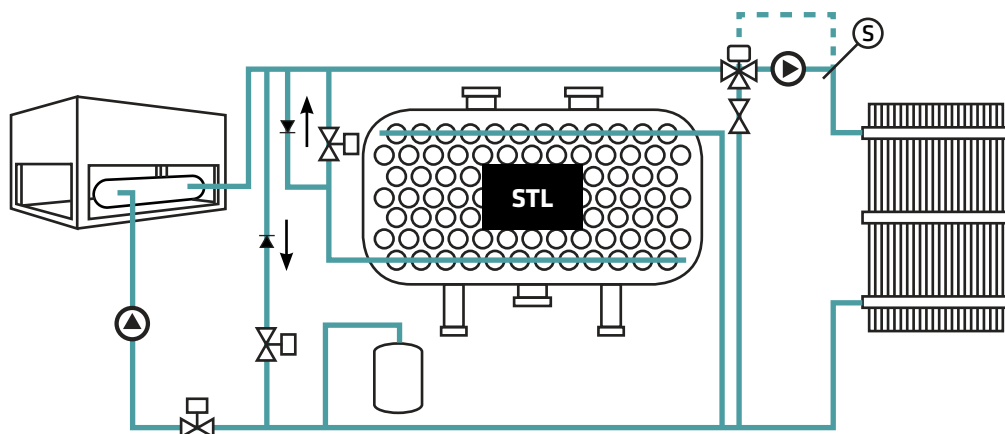
Soojuse salvestamise vajadust tarbimisprofiili alusel otseselt ei ole. Veepaake kasutatakse ainult sooja tarbevee tarvis. Külmiiku ja sügavkülmiikute suure osakaalu tõttu vaadeldi uuringu käigus põhjalikumalt kahte külma salvestamise põhimõtet:

- koormustippude silumine;
- öisel ajal salvestamine ja päevasel ajal tarbimine salvestist.

Külma salvestamine annab võimaluse opereerida elektri reguleerimisenergia ostu-müügiga, näiteks oli 2013. aastal Soome hinnapiirkonnas ülesreguleerimise hind mitmel tunnil 500 eurot, aasta keskmine oli 61 eurot. Ülesreguleerimist rakendati 1850 tunnil. Koormustippude silumine võimaldab opereerida päev ette hindadega, kuna aasta keskmine ööpäevane kõrgeima ja madalaima elektrihinna vahe börsil on 25,8 €/MWh (perioodi 5.04.2010-4-04.2011 näitel).

Külma salvestamiseks võib kasutada kapslitega salvestamise meetodit, kus kapslid on sõltuvalt salvesti töötemperatuurist täidetud erineva faasimuutusega materjalidega. Salvestatud külma kasutamise ajal kantakse soojusvaheti kaudu jahutussüsteemiga tarbija juures eemaldatav soojus külmamahuti lahusele (joonis 5.31).

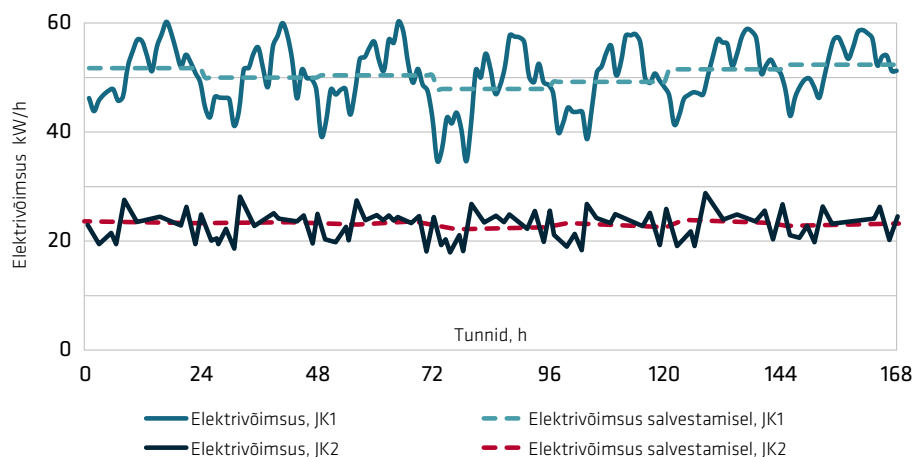
Joonis 5.31  
Jääkapslitega salvesti  
põhimõtteskeem<sup>22</sup>



### 5.2.4.1 Koormustippude silumine

Külma salvestamise korral vaatleme esmalt kompressorjaama nädala jooksul mõõdetud elektrikoormusi, kus on näidatud ka salvestamise kasutamisel rakendatav kompressorite elektrikoormus (joonis 5.32).

Joonis 5.32  
Jahutuskompressorite  
nädala koormuskõver,  
koormustippude silumine



Päeva alguses on tavaliste külmikute kompressorjaama (JK1) elektriline võimsus 40...50 kW. Pärastlõunasel ajal saavutab kompressorjaam maksimumkoormuse 60 kW, misjärel hakkab tarbitav võimsus uuesti langema. Sügavkülmikute kompressorjaama (JK2) elektriline võimsus on ööpäeva alguses 20 kW, tõuseb hüppeliselt kella 8 ajal ja seejärel stabiliseerub 23...25 kW juures ning ööpäeva lõpus langeb uuesti 20 kW tasemele.

Tavaliste külmikute päevane koormusköver on korrelatsioonis siseõhutemperatuuriga hoones. Madalama koormusega ajal on võimalik kasutada kompressoreid kõrgema koormuse juures ja salvestada külma, et tippude ajal kasutada salvestatud külma koormustippude silumiseks.

Mõlema külmajaama korral on majandusarvutused (tabel 5.9 ja tabel 5.10) tehtud nii, et on leitud investeeringu maksumus erineva elektri hinnavahe ja soovitava lihttasuvusaja kohta. Seejuures on arvestatud, et külmikute puhul on jahutustegur 2,7 ja sügavkülmikute puhul 1,4.

Tabel 5.9  
JK1 külmajaama koormustippude silumiseks paigaldatava salvesti investeeringukulud erineva lihttasuvusaja ja elektri hinnavahe korral

| 220 kWh/24 h külmasalve energiamahutavus |    | Elektri hinnavahe €/MWh |       |       |       |        |
|--|----|-------------------------|-------|-------|-------|--------|
|  |    | 10                      | 20    | 30    | 40    | 50     |
| Lihttasuvus, aastat                      | 5  | 249                     | 1 215 | 2 181 | 3 147 | 4 113  |
|  | 10 | 498                     | 2 430 | 4 362 | 6 294 | 8 226  |
|  | 15 | 748                     | 3 646 | 6 544 | 9 442 | 12 340 |

Tabel 5.10  
JK2 külmajaama koormustippude silumiseks paigaldatava salvesti investeeringukulud erineva lihttasuvusaja ja elektri hinnavahe korral

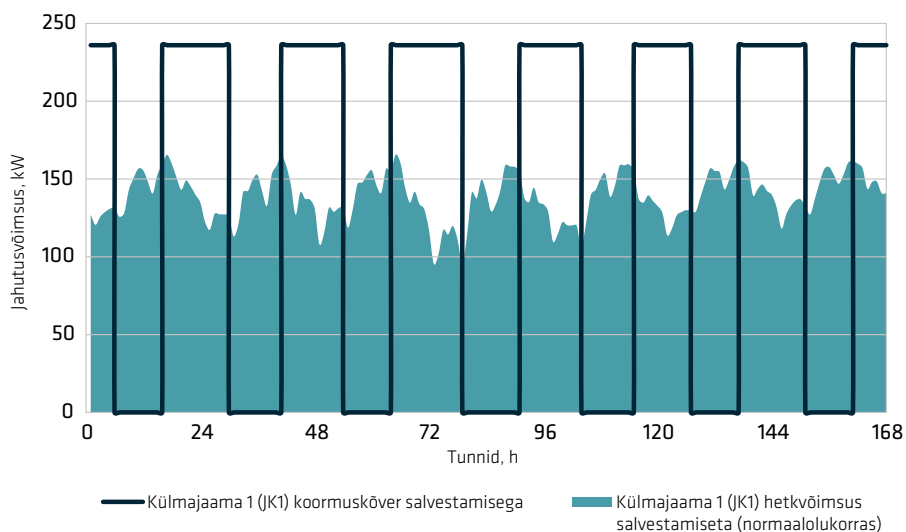
| 40 kWh/24 h külmasalve energiamahutavus |    | Elektri hinnavahe €/MWh |       |       |       |       |
|---|----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
|   |    | 10                      | 20    | 30    | 40    | 50    |
| Lihttasuvus, aastat                     | 5  | 99                      | 482   | 866   | 1 249 | 1 632 |
|   | 10 | 198                     | 964   | 1 731 | 2 498 | 3 264 |
|   | 15 | 297                     | 1 447 | 2 597 | 3 747 | 4 897 |

Majandusarvutustest nähtub, et JK2 puhul peavad salvesti maksumused olema ligi 2,5 korda madalamad võrreldes JK1-ga. Teisõnu, JK2 korral on samade tingimuste juures salvesti kasutamise lihttasuvusaeg koormustippude silumise meetodi puhul 2,5 korda pikem võrreldes JK1-ga. Kirjeldatud investeeringud peavad arvestama soojuste salvestamise vajadusega külmajaama heitsoojuste kasutamiseks sissepuhkeõhu soojendamiseks perioodil, kui kompressoriid on välja lülitatud.

#### 5.2.4.2 Öine salvestamine ja päevasel ajal salvesti kasutamine

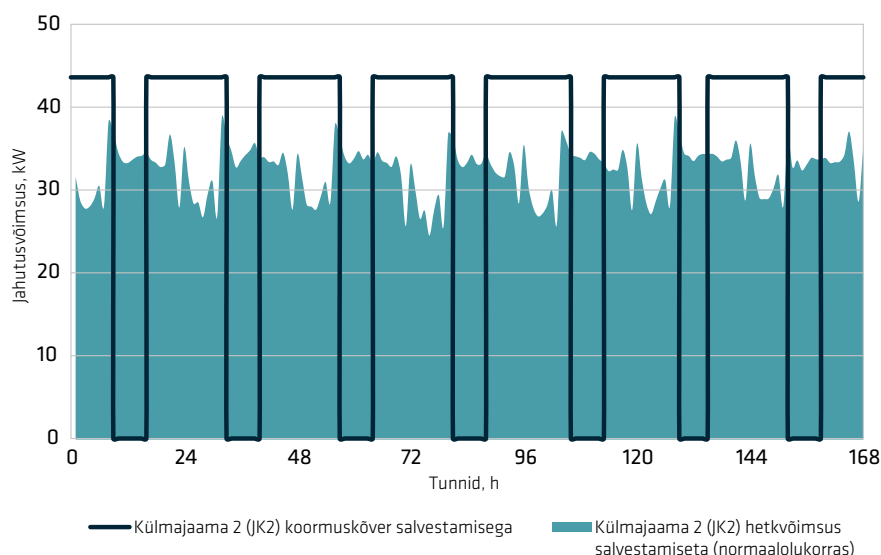
Selle salvestamismeetodi eesmärk on päevasel elektribörsi hinnatipu ajal 100%-line salvestatud külma kasutamine. Meetodi puhul rakendatakse külmajaama maksimaalset võimsust, et tagada jooksev jahutusvajadus ja salvestada vajalik kogus külma elektrihinna tipuperioodiks. Hinnatipu ajal lülitatakse kompressoriid välja ja külma tarbitakse salvestist. Kirjeldatud külmajaamade JK1 ja JK2 koormusköverad normaalalatluses ja koos salvestiga. Kirjeldatud külmajaamade JK1 ja JK2 koormusköverad normaalalatluses ja koos salvestiga on toodud joonistel 5.33 ja 5.34.

Joonis 5.33  
Jahutusvõimsuse nädala koormusköver, päevasel ajal tarbimine salvestist (JK1)





Joonis 5.34  
Jahutusvõimsuse nädala  
koormuskõver, päevasel  
ajal tarbimine salvestist  
(JK2)



Majandusarvutuste põhjal (tabel 5.11 ja 5.12) võib näha, et JK2 korral peavad salvesti maksumused olema ligi 5 korda madalamad kui JK1 korral. Teisiti öeldes on JK2 puhul samade tingimuste juures salvesti kasutamise lihttasuvusaeg päevaste elektrihinna tippude vältimise korral 5 korda pikem võrreldes JK1-ga. Ka siin kirjeldatud investeeringud peavad arvestama soojuste salvestamise vajadusega külmajaama heitsoojuse kasutamiseks sissepuhkeõhu soojendamiseks perioodil, kui kompressorid on välja lülitatud

Tabel 5.11  
JK1 külmajaama päevase  
elektri hinnatipu vältimiseks  
paigaldatava salvesti  
investeeringukulud  
erineva lihttasuvusaja ja  
elektri hinnavahe korral

| 1800 kWh/24 h külmasalve<br>energiamahutavus |    | Elektri hinnavahe €/MWh |        |        |        |         |
|--|----|-------------------------|--------|--------|--------|---------|
|  |    | 10                      | 20     | 30     | 40     | 50      |
| Lihttasuvus,<br>aastat                       | 5  | 5 437                   | 14 617 | 23 797 | 32 976 | 42 156  |
|  | 10 | 10 875                  | 29 234 | 47 594 | 65 953 | 84 312  |
|  | 15 | 16 312                  | 43 851 | 71 390 | 98 929 | 126 468 |

Tabel 5.12  
JK2 külmajaama päevase  
elektri hinnatipu vältimiseks  
paigaldatava salvesti  
investeeringukulud  
erineva lihttasuvusaja ja  
elektri hinnavahe korral

| 250 kWh/24 h külmasalve<br>energiamahutavus |    | Elektri hinnavahe €/MWh |        |        |        |        |
|---|----|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
|   |    | 10                      | 20     | 30     | 40     | 50     |
| Lihttasuvus,<br>aastat                      | 5  | 1 116                   | 3 691  | 6 267  | 8 842  | 11 418 |
|   | 10 | 2 232                   | 7 383  | 12 534 | 17 684 | 22 835 |
|   | 15 | 3 348                   | 11 074 | 18 800 | 26 527 | 34 253 |

#### 5.2.4.3 Külmakompressorsüsteemi seadeväärtuste reguleerimine

Eeldusel, et külmikute jahutus toimub temperatuurivahemiku +6...+2 °C asemel temperatuurivahemikus +6...+5 °C ning sügavkülmikutel vastavalt -18...-22°C asemel vahemikus -18...-19°C, on võimalik ilma külmasalve omamata saavutada aastas säästu energiakasutuselt hinnanguliselt kuni 9% ja kuludelt 1000...1300 €. Eeltoodust tulenevalt tähendab 9%-ne energiasääst keskmise võimsuse alandamise võimalust samaväärses mahus kuni 24 tunni vältel. Võttes aluseks, et jahutusseadmete keskmine võimsus on 73 kW, tähendaks jahutusseadmete võimsuse vähendamine 9% ka võimsuse alandamist 6,6 kW.

Analoogselt on ka automaatse hinnapõhise temperatuurivahemiku muutmisega võimalik saavutada säästu nii kuludelt kui ka energiatarbelt, kuid kirjeldatav sääst on võrreldes eelnevaga tagasihoidlikum ning majanduslik otstarbekus küsitav.

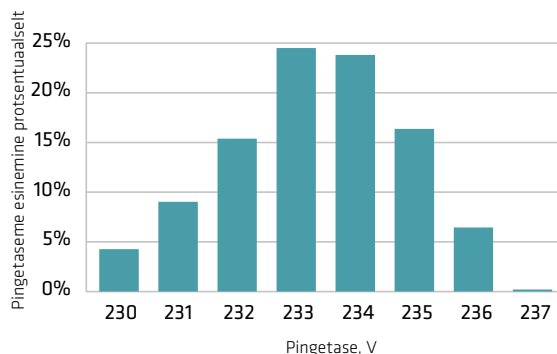
## 5.2.5 Tarbimise juhtimise meetmed

### 5.2.5.1 Passiivsed meetmed

Kirjeldatud keskuse puhul väärivad kaalumist järgmised meetmed:

1. Kaubanduskeskuse pingetase oli peajaotuskilbi lattidelt mõõtes 233,5 V. Pingetaset 3,5 V võrra langetades on võimalik säästa kuni 1,25% elektrist (joonis 5.35).

Joonis 5.35  
Kaubanduskeskuse  
faasipinge keskmine  
esinemine protsen-  
tualselt



2. Teise suurema elektrienergia säästumeetmena tuleks kaaluda olemasoleva peamiselt halogeen- ja kompaktluminofoorlampidest koosneva valgustuse asendamist LED valgustusega. Hinnanguliselt saab sellise sammuga kogu kaubanduskeskuse elektritarbimiselt kokku hoida kuni 22%. Lisaks on võimalik LED valgustuse juhtimisega saavutada veel kuni 20% kokkuhoidu, järgides seejuures, et standarditekohane valgustustugevus oleks tagatud.
3. Ventilatsiooniseadmete sisse- ja väljalülitamine toimub kellaajaliselt. Seadmetele on mootorite juhtimiseks installeeritud sagedusmuundurid, millega tarbitav võimsus on alla reguleeritud, aga sujuvat võimsuste reguleerimist ei toimu. Täielikult optimeeritud juhtimise korral on kirjanduse andmetel võimalik energiat kokku hoida kuni 68%. Optimaalse võimsuse ja juhtimisalgoritmi väljatöötamine vajab põhjalikumat uurimist, kuid ventilatsiooni allareguleerituse tõttu olulist säästu ei saavutata.

Elektrienergia kulu vaadeldud kaubanduskeskuses jagunes 2013. aasta elektriarvete alusel järgmiselt: elektriaktsiis 6%, taastuvenergia tasu 11%, ülekandetasu 26% ja elektrienergia tasu 57%. Kokkuvõtvalt võib öelda, et AS Elektrumi poolt pakutav elektrienergia hind on soodsam kui elektribörsil Nord Pool Spot otse osaledes. Kuna elektri hinnapaketi kohaselt on tegemist ühetariffse hinnaga, siis külma salvestamine odavamana öise elektri kasutamise seisukohalt ei ole antud juhul võimalik.

### 5.2.5.2 Dünaamilised meetmed

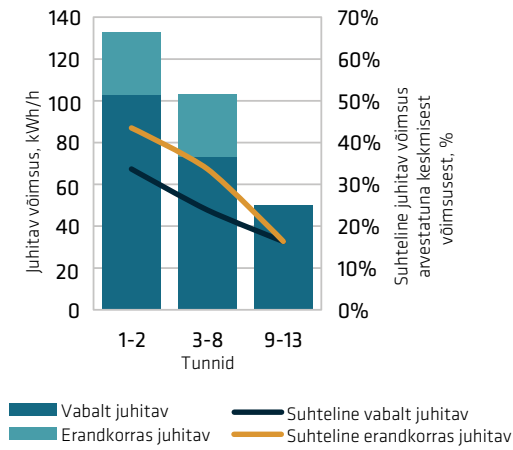
Kui ostetakse elektrit börsilt tunnipõhise hinnaga, siis tasuks kaaluda madalama hinnaga tundidel külma salvestamist, et hinnatippude ajal elektri tarbimist vähendada. Samuti on kompressorite võimsust võimalik kasutada reguleerimisturul osalemiseks. Külmasalvestamine on peatükis 5.2.4 esitatud tingimuste korral tasuv. Tarbimise juhtimise seisukohalt vaatleme kahte juhtimise võimalust, s.o külmasalvestiga ja ilma.

Külmasalvesti olemasolul ja ventilatsioonisüsteemi juhtimise korral oleks kaubanduskeskuses esimese kahe tunni jooksul võimalik alandada võimsust kuni 34%, 3...8 tunni vältel 24% ja 9...13 tunni vältel umbes 16% keskmisest võimsusest. Sedalaadi salvesti kasutamine tähendab muul ajal keskmise võimsuse tõusu 75 kW-lt 115...120 kW peale (kasv 1,5 korda).

Seega:

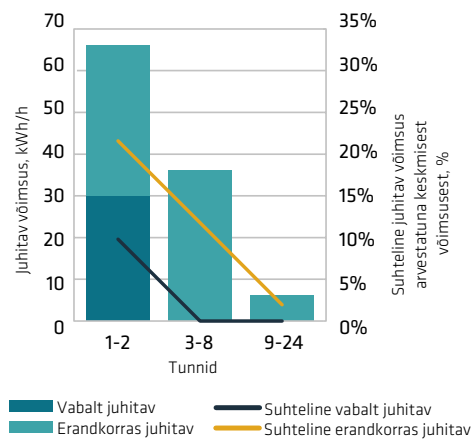
- kuni 2 tunni jooksul on tarbimine keskmiselt 103 kW ulatuses vabalt juhitav (sh ventilatsioon – 30 kW, külmikute kompressorid – 50 kW, sügavkülmikute kompressorid – 23 kW),
- kuni 8 tunni jooksul on tarbimine keskmiselt 73 kW ulatuses vabalt juhitav (sh külmikute kompressorid – 50 kW, sügavkülmikute kompressorid – 23 kW) ning
- kuni 13 tunni jooksul on vabalt juhitavad vaid külmikute kompressorid keskmiselt 50 kW ulatuses.

Joonis 5.36  
Juhitavad elektrilised võimsused külmasalvestite ja valgustuse kasutamisel



Valgustuse keskmine võimsus mõõteperioodil oli 128 kW. LED-ide peale üleminek tähendaks koormuse vähenemist kuni 64 kW. Tallinna Tehnikaülikooli ekspertide poolt tehtud vaatluste ja mõõtmiste alusel on täheldatud, et LED-idel on võimalik võimsust vähendada peaaegu 50%, ilma et heleduse langus oleks silmaga tuvastatav. Hinnanguliselt on olemasoleva valgustuse puhul kaubanduskeskuses 20...25% valgustusest paindlikult juhitav. Erandkorras juhitavaks võimsuseks teeb see täiendavalt keskmiselt 30 kW, mis on valgel ajal kuni 8 tunni jooksul juhitav (joonis 5.36).

Joonis 5.37  
Juhitavad elektrilised võimsused ventilatsiooni ja valgustuse kasutamisel



Ilma külmasalvestita variandi korral on esimese kahe tunni jooksul võimalik juhtida ventilatsiooni keskmiselt 30 kW ulatuses ehk 10% keskmisest hoone tarbitavast võimsusest. Erandkorras on võimalik saavutada täiendavat säästu valgustuse juhtimiselt ja külmakompressorüsteemi seadeväärtustega "mängides". Erandkorras saab valgustust kuni 8 tunni jooksul juhtida keskmiselt 30 kW ulatuses. Külmakompressorüsteemi seadeväärtuste käsitsi või hinnapõhise automaatse reguleerimise korral on võimalik külmaseadmete energiatarbimiselt saavutada energiasäästu 9% (aastas 1300 € rahalist säästu). Võttes aluseks, et jahutusseadmete keskmine võimsus on 73 kW, tähendaks selle vähendamine 9% võimsuse alandamist kuni 6,6 kW. Jahutusseadme seadeväärtuse muutmisega saab keskmist võimsust vähendada kuni 24 t jooksul (joonis 5.37).

## 5.2.6 Tarbimise nihutamise potentsiaal jae- ja hulgikaubanduse sektoris

Võttes eeltoodud andmed aluseks, saame, et salvestite laialdasel kasutamisel on lühiajaliselt võimalik terves sektoris 2 tunni jooksul vabalt nihutada tarbimist keskmiselt kuni 26 MW ja erandjuhul täiendavalt kuni 8 MW (tabel 5.13).

Tabel 5.13  
Salvestite laialdasel rakendamisel juhitavad võimsused jae- ja hulgikaubanduses

| Juhtimise kestvus     | 1-2 tundi | 3-8 tundi | 9-13 tundi |
|-----------------------|-----------|-----------|------------|
| Vabalt juhitav, MWh/h | 26        | 18        | 13         |
| Erandkorras, MWh/h    | 8         | 8         | 0          |

Külmasalvestite mittekasutamisel jääb sektori panus tagasihoidlikumaks, võimaldades kuni 2 tunni jooksul vabalt nihutada keskmiselt kuni 7 MW tarbimist ja erandkorras 9 MW lisaks (tabel 5.14).

Tabel 5.14  
Juhitavad võimsused jae- ja hulgikaubanduses salvestite mitte rakendamisel

| Juhtimise kestvus     | 1-2 tundi | 3-8 tundi | 9-13 tundi |
|-----------------------|-----------|-----------|------------|
| Vabalt juhitav, MWh/h | 7         | 0         | 0          |
| Erandkorras, MWh/h    | 9         | 9         | 1          |

# 6 Tarbimise juhtimine kodumajapidamistes

Kodumajapidamiste osakaal Eesti tarbimises moodustas Statistikaameti 2012. aasta andmetel 28% kogutarbimisest (1956 GWh). Eeltoodud tulemuse alusel võib aasta keskmiseks koormuseks arvestada 220...230 MW. Kui eeldada, et eelkirjeldatud proportsioon jääb ka talviste tarbimistippude puhul samaks, siis võib talvine kodumajapidamiste keskmine maksimumtarbimine olla hinnanguliselt 420 MW. Kodumajapidamised on koormuste mitmekesisuse poolest tarbimise juhtimiseks oluline ressurss. Alljärgnev analüüs annab põgusa ülevaate nimetatud ressursist.

Statistikaameti andmetel on leibkondi Eestis 600 000 ringis, suurem osa neist elab linnas. Leibkonna keskmine suurus on olnud aastaid 2,3 liiget<sup>23</sup>. 2012. aastal koostatud leibkondade energiatarbimise uuringu lõppraport<sup>24</sup> tabelist A2-6.2 võib välja tuua järgmised seadmed, mille tarbimine on ajas nihutatav: elektriradiaatorid, elektrilised soojavee boilerid, soojuspumbad, sügavkülmikud, pesumasinad (sh nõudepesumasinad). Eesti Soojuspumba Liidu andmetel on Eestis aastatel 1993-2012 paigaldatud ligi 73 500 soojuspumpa hinnangulise koguvõimsusega ligi 440 MW<sup>25</sup>. Esitatu alusel võib soojuspumba keskmiseks võimsuseks lugeda 6 kW. Soojavee elektriboilerite installeeritud võimsus jääb üldjuhul vahemikku 1...3 kW. Pessimistliku hinnangu järgi jäävad allolevas tabelis (tabel 6.1) esitatud teiste seadmete eeldatavad võimsused vahemikku 40 W...1,5 kW. Üldjuhul loetakse kodumajapidamisseadmete üheaegsusteguriks kortermajades 0,4<sup>26</sup>. Kuna tegemist on vaid osaga kogu kodumajapidamisseadmetest, siis tegelik üheaegsustegur jääb eksperthinnangu alusel sõltuvalt aastaajast, kellaajast ja seadme töö iseloomust vahemikku 0,05...0,2. Eelnimetatud andmete alusel saame kodutarbimises eeldatava summaarse (agregeeritud) reguleeritava võimsuse vastavalt alltoodud tabelile. Vabalt juhitud energiat salvestatavad võimsused on tabeli kontekstis elektriboiler, -radiaator ja soojuspump. Vabalt juhitud nihutatavad võimsused on sügavkülmik, pesumasin ja nõudepesumasin.

Senised uuringud on näidanud, et elektriliste kütteseadmetega majapidamistes moodustab tarbimisest vähemalt poole just nende seadmete tarbimine. Seega on talveperioodil täiesti reaalne, et eeldatav keskmine reguleeritava võimsus võib moodustada poole kodumajapidamiste võimsusest ehk ligi 200 MW. Suvel seevastu osasid seadmeid ei kasutata, mistõttu langeb ka nende üheaegsustegur ning summaarse eeldatava reguleeritava keskmise võimsuse miinimummäär jäämine 50 MW juurde on samuti reaalne.

Tabel 6.1.  
Kodumajapidamiste eeldatav reguleeritava võimsuse seadmete liikide kaupa

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

Lahutades maha kodumajapidamistes kasutatavad soojuspumbad, saame muudes sektorites vabalt juhitud soojuspumba võimsust ligi 314 MW, mis üheaegsustegurit (vahemikus 0,05...0,2) arvesse võttes tähendab täiendavat keskmist reguleeritavat võimsust vahemikus 15...63 MW. Vabalt juhitud võimsused kokku liites, saame keskmise summaarse reguleeritava võimsuse vahemiku 71,2...291 MW.

# 7 Kokkuvõte

---

Tarbimise juhtimise uuringu käigus analüüsiti kolme kõige olulisemat majandusharu, milleks on tööstussektor, äri- ja avaliku teeninduse sektor ning kodumajapidamised. Eelnimetatud sektorite energiatarbimine moodustas 2012. aastal ligi 75% kogutarbimisest. Käesoleva uuringu käigus käsitleti tarbimise juhtimise puhul nii staatilisi (eelkõige energiasäästule suunatud) kui ka dünaamilisi meetmeid. Staatilised meetmed on eelkõige suunatud tarbijale, kuna aitavad otseselt vähendada kulusid elektrienergiale. Dünaamiliste meetmete kasutamine on seevastu suunatud nii tarbijale, kellel need aitavad kulusid täiendavalt kokku hoida ja ära kasutada elektrituru poolt pakutavaid võimalusi, kui ka võrguoperaatorile, kellele tekib ligipääs täiendavatele avarii- ja reservvõimsustele.

## 7.1 STAATILISED MEETMED

---

Staatilise tarbimise juhtimise mõjud avalduvad pikema aja jooksul ja on seotud energiasäästuga. Staatiline juhtimine pakub huvi eelkõige sektorites, kus energiatõhusus annab märkimisväärset kokkuhoidu (tegevus)kuludelt, s.o kodumajapidamistes ja avalikus/teenindavas sektoris. Eesti geograafilisest asukohast tulenevalt kulub hoonetes vajaliku mikrokliima tagamiseks energiat aastaringselt – talviti kütmiseks ning suviti jahutamiseks. Hoonete kõige suuremateks kitsaskohtadeks on soojusisolatsioon ja aknad. Lisaks soojapidavusega seotud probleemidele on võimalik energiasäästu saavutada ka:

- energiatõhusamate seadmete kasutuselevõtuga,
- kasutades valgustamiseks päevavalgust,
- reaktiivenergia kompenseerimisega ning
- inimeste teadlikkuse tõstmise teel.

Seega staatilised energiasäästu meetmed keskenduvad nendele kitsaskohtadele ja võimalustele, millega saavutatakse otsene kokkuhoid energiatarbimises. Uuringust selgus, et staatiliste meetmete rakendamisega saab kokku hoida kuni 30% tarbitavast energiast.

## 7.2 DÜNAAMILISED MEETMED

---

Dünaamiline tarbimise juhtimine on seotud lühiajaliste tegevustega, mille eesmärk on pakkuda teenuseid elektriturule ja -süsteemile. Sellise tarbimise reguleerimise mõjud on lühiajalised ja nendega ei kaasne ka märkimisväärset energiasäästu. Dünaamiliste meetmetega tarbimise juhtimist suudavad pakkuda ainult suured ühiktarbijad (tööstused) või agregeeritud (koondatud võimsustega) tarbijate grupid, kes on üheaegselt ja tsentraalselt juhitud.

Uuringu käigus tuvastati, et tööstustarbijate jaoks toimib energiasalvestina mistahes ladu, kui seda kasutatakse mingi tootmisliini töö nihutamiseks. Selliste energiasalvestite suuruse ja võimekuse määrab vahelao füüsiline suurus ning seotus teiste tootmisliini alamprotsessidega. Tarbija seisukohast on esmase dünaamilise tarbimise juhtimise meetmena võimalik tööstuses kasutusele võtta hinnapõhine juhtimine. Viimase rakendamisel on võimalik tootmisliini elektrienergia ühikku vähendada kuni 17% ning terve tehase kohta 2...4%.

Büroohonete valgustuse hinnapõhise juhtimise korral on võimalik töö- ja puhkepäeval saada energiasäästu vastavalt 22% ja 5%, kuid näiteks hinnapõhise kütte juhtimise rakendamisel on võimalik täiendavalt saavutada rahalist ja energiasäästu kuni 8%. Seejuures alandatakse töö- ja puhkepäeva temperatuuri keskmiselt 1,4 °C ja 1,7 °C.

Teise meetmena oleks võimalik reguleerimis- ja/või avariireservi teenuse pakkumine süsteemihaldurile. Elektrisüsteemis on varjul sadu tuhandeid (miljoneid) potentsiaalseid lõpptarbijaid, kes suudaksid pakkuda erinevaid teenuseid ning seda täiesti uue kontseptsiooni alusel. Olemasolevad tarbijapoolsed reguleerimisteenuse mehhanismid keskenduvad enamikus suurtele energiamahukatele tööstustarbija-tele, mitte niivõrd kodumajapidamistele või äri- ja avaliku teeninduse sektori tarbijatele. Samas võiksid just nende sektorite tarbijate kaasamine leida laialdasemat toetuspinda kui seni. Viimase aja areng viitab sellele, et tarbimise reguleerimise mehhanisme uuendatakse ning need hakkavad keskenduma ka eelmainitud sektorite tarbijatele.

### 7.3 TARBIMISE JUHTIMISE POTENTSIAAL SEKTORITE LÕIKES

Kolme suurima energiatarbega sektori analüüsist tulenevalt on kodumajapidamistes juhitava võimsuse potentsiaal suurim, jäädes vahemikku 55...230 MW. Tarbimise juhtimisel on puuduseks väga suures koguses seadmete agregeerimisvajadus ja sesoonselt tarbimise eripärast sõltuv võimsuste kasutatavus. Eeltoodust tulenevalt tuleks korteriühistuid ja eramuid motiveerida kasutusele võtma hooneautomaatika lahendusi. Esmane ja kõige käepärasem tarbimise juhtimise rakendamisele kaasaaitav lahendus oleks erinevate reaalajas toimivate tarbija käitumist ja elektrihinda visualiseerivate mobiilirakenduste väljatöötamine. Teine tarbimise juhtimise rakendamise samm peaks olema suunatud hooneautomaatika varustatud eramutele ja korterelamutele võimaluste loomisele, et osaleda võimsusi agregeerivates rakendustes, nagu virtuaalsed elektrijaamad jms.

Äri- ja avaliku teeninduse sektoris sõltuvalt külmasalvestite kasutamisest võimalik juhtida võimsusi vahemikus 93...112 MW. Eeliseks on see, et tegemist on püsivalt kättesaadava võimsusega, mis 93 MW kasutuselevõtuks ei vaja olulisi investeeringuid ja ei sõltu sesoonselt tarbimise eripärast. Kõige suurem potentsiaal sektori sees on nn 8/5 hoonetel, kus töötatakse 5 päeva nädalas ja 8 tundi päevas. Tarbimise juhtimisel on puuduseks seadmete suur agregeerimisvajadus. Selles sektoris on hoonete automatiseerituse tase erinev. Rohkem kui 25 aastat vanad kontorihooned ei oma head automatiseerituse taset ning nende hoonete puhul oleks vaja riiklikke toetusmeetmeid hoonesiseste süsteemide rekonstrueerimiseks, sh hooneautomaatika rakendamiseks. Uuematel kaubanduskeskustel ja kontorihoonetel on reeglina hea automatiseerituse tase, mistõttu tuleks nende puhul keskenduda, sarnaselt automatiseeritud kodumajapidamistele, võimsusi agregeerivate rakenduste väljatöötamisele.

Tööstussektoris on juhitav võimsus ligi 65 MW, millest hinnanguliselt 1/3 moodustab puidu- ja paberitööstus. Selle sektori eeliseks on see, et tegemist on reeglina suurte seadmetega, mille kasutamisel tarbimise juhtimiseks on seadmete agregeerimisvajadus suhteliselt madal. Tööstuse kõrge automatiseerituse tase võimaldab agregeerimist teostada ka suhteliselt odavalt (väiksed kulud tööjõule ja seadmetele). Samuti on eeliseks see, et elektriliste võimsuste kasutatavus sõltub rohkem toodete tellimustest kui tarbimise sesoonsusest. Seega peamine puudus on sektoris võimsusi agregeerivate rakenduste puudumine. Kokkuvõtte on toodud tabelis 71.

Tabel 71  
Hinnanguline Eesti  
tarbimise juhtimise  
potentsiaal üheks  
tunniks

| Sektor             | Keskmine juhitav võimsus tunnis, MW |
|--------------------|-------------------------------------|
| Tööstus            | 65                                  |
| Kontorihooned 24/7 | 14                                  |
| Kontorihooned 8/5  | 72                                  |
| Kaubanduskeskused  | 7...26                              |
| Kodumajapidamised  | 55...230                            |
| <b>KOKKU</b>       | <b>213...407</b>                    |

## 7.4 TARBIMISE JUHTIMISE RAKENDAMINE – EDASISED SAMMUD

Tarbimise juhtimise laiapõhjalisemaks juurutamiseks on tarvis nii uusi info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) kui ka turuplatvorme. IKT platvorme oleks tarvis eelkõige seetõttu, et väikeste ühiktarbijate agregeerimine oleks erinevatele teenusepakkujatele lihtsasti kättesaadav. Uued turumehhanismid ja -platvormid on omakorda vajalikud, et tarbijate juhitavaid võimsused oleksid konkurentsivõimelised ja võrdsetel alustel kasutatavad traditsiooniliste avarii- ja reservvõimsustega. Reguleerimisturgu nähakse praegu peamise turumehhanismina, millele oleks võimalik rajada tarbimise juhtimise meetmed.

Tuleviku reguleerimisturud ei ole üles ehitatud ainult soojuselektrijaamade võimsusele, vaid võtavad arvesse ka tarbija poole (juhitavad koormused, energiasalvestid ja mikrotootmine) ning taastuvenergiat põhinevate elektrijaamade võimalused. Reguleerimisturgude restruktureerimine on hädavajalik, tagamiseks ja soodustamiseks laiapõhjalist reguleerimisteenuste pakkumist. Uute reguleerimisturgude loomisel tuleb lahendada kõikide tehtavate pakkumiste ühtlustamine. Eesmärgiks oleks pakkumiste puhul välja tuua vaid kõige tähtsamad parameetrid, nagu pakutav võimsus, vähim kestus, vähim käivitamisaeg jmt, millest iga süsteemihaldur filtreeriks välja tema tingimustele sobilikud teenuse pakkujad. Sellise süsteemideülese reguleerimisturu käivitamisega, kus ei ole määratletud pakutavate teenuste nimetused, vaid kaubeldakse reguleerimisteenustega, mis on erineva kestuse ja võimsusega, kaoks ka vajadus ühildada kõikide riikide nõudeid süsteemihaldurite bilansiteenustele.

Eestis tuleb sarnaste turumehhanismide juurutamisel lähtuda eesmärgist, et see oleks lihtne ja läbipaistev ning välistaks võimalused manipuleerida turujõududega. Sellel osalemine peab kõikidele soovijatele olema ka võimalikult lihtne ja liigse bürokraatiata. Toimiva turumehhanismi loomiseks, kus on välistatud olemasolevate turuosaliste üleolek uutest<sup>27</sup> tulijatest, peab looma selge raamistiku, kus erilise tähelepanu all on järgmised aspektid:

- tarbimisvõimsuse koondamise teenuste osutajatele määratletud täpsed nõuded ja reeglid;
- kulude hüvitamine bilansihalduritele, kelle bilanssi teenuse kasutamisega mõjutati;
- finantsmehhanismid, mis toetavad tarbimise juhtimise arendamist ja kasutamist reguleerimisteenustena;
- kehtestatud kohustuslikud reeglid kõikidele olemasolevatele ja uutele turuosalistele;
- kehtestatud ühtne lepinguformaat kõikidele olemasolevatele ja uutele turuosalistele;
- erinevate (reguleerimis)protsesside toimimise täpne kirjeldus;
- kehtestatud ühtsed andmevahetusformaadid ja -protokollid;
- kehtestatud täpsed tehnilised nõuded (kestus, käivitamine jne);
- loodud mehhanismid, mis soodustavad pakutavate teenuste skaleerimist erinevatele reguleerimistasanditele;
- kehtestatud sanktsioonid võrguettevõtjatele/tootjatele pakutavate teenuste mittekasutamise eest;
- eemaldatud ajaloolised, sh seadusandlikud tõkked, mis takistavad tarbimise juhtimise kasutamist.

Kokkuvõtteks võib öelda, et arvestades kohaliku IKT innovaatsilisust ja võimekust ning uuringust selgunud erinevate sektorite potentsiaali, oleks teoreetiliselt võimalik Eestis arendada ja allutada tarbimise juhtimisele võimsusi 200...400 MW. Eeldusel, et juhitavaid võimsusi oleks 300 MW ning keskmine ülesreguleerimise hind on 61 €/MWh (Soome 2013. aasta näitel) ja aastas pakutakse igapäevaselt 1...3 tunni jooksul reguleerimisvõimsusi turule, saame rääkida tarbimise juhtimise turust mahuga 6,7...20 miljonit eurot.

27 Siin on mõeldud uusi turuosalisi, kes hakkaksid pakkuma tarbimisvõimsusi koondavat teenust.

# 8 Kasutatud kirjandus

---

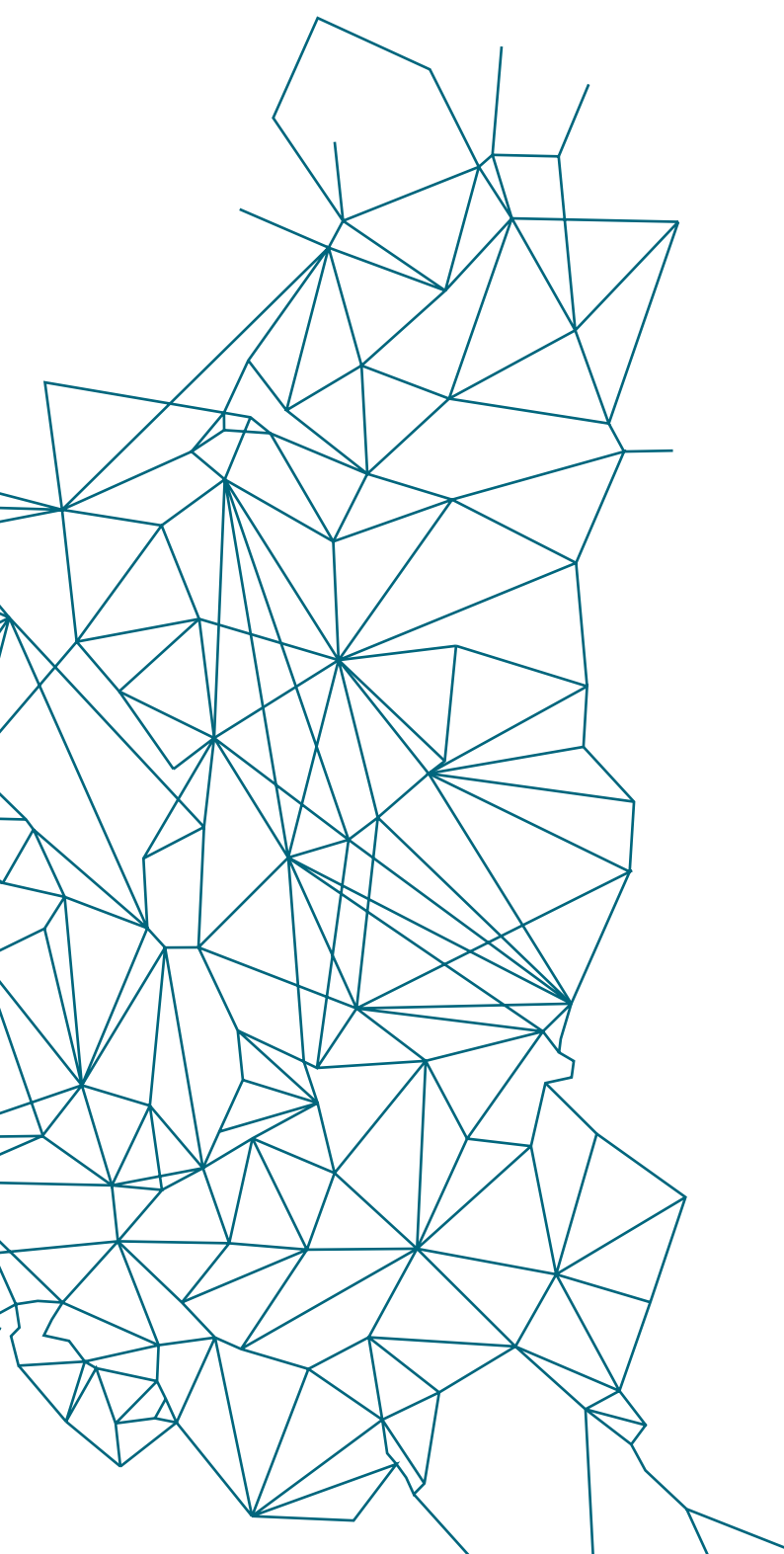
- [ARR03] J. Arrilaga ja N. R. Watson, Power System Harmonics, 2nd toim., John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [CRA11] Peter Cramton and Axel Ockenfels\*, Economics and design of capacity markets for the power sektor, 30.05.2011
- [DEL08] Delivering a Low Carbon Electricity System: Technologies, Economics and Policy, Grubb, M., Jamasb, T., Pollitt, M.G., ISBN 9780521888844, 2008, Cambridge University Press
- [DRO11] I. Drovtar, J. Kilter, A. Rosin, M. Landsberg, "Impacts and opportunities of large scale wind power integration in the Baltics," ajakiri „Oil Shale“, 23 lk [Avaldamata].
- [EED12] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC (1)
- [ELK12] Elektrisüsteemi kokkuvõte II kvartal 2012, <http://elering.ee/elektrisusteemi-kokkuvote-ii-kvartal-2012>
- [EMP13] Eesti metsa- ja puidutööstuse sektoruuring 2012, Uuringu lõpparuanne. Tallinna Tehnikaülikool ja Institute of Baltic Studies. 17.06.2013.
- [ERM13] Department of Energy & Climate Change, Electricity Market Reform: Capacity Market – Detailed Design Proposals, Presented to Parliament by the Secretary of State for Energy and Climate Change by Command of Her Majesty, June 2013
- [FUR07] K. Furusawa, H. Sugihara, K. Tsuji and Y. Mitani, "A Study of Economic Evaluation of Demand-Side Energy Storage System in Consideration of Market Clearing Price," Electrical Engineering in Japan, vol. 158, pp. 22-35, Jan. 2007.
- [FUR09] K. Furusawa, H. Sugihara and K. Tsuji, "Economic Evaluation of Demand-side Energy Storage Systems by Using a Multi-Agent-Based Electricity Market," Electrical Engineering in Japan, vol. 167, pp. 36-45, May. 2009.
- [INDP13] Industry Perspectives, J. Pouchet, „Mapping a Course to Data Center Efficiency“. 20. March 2013
- [NPS11] Nord Pool Spot Historical Market Data, <http://nordpoolspot.com/Market-data1/Downloads/Historical-Data-Download1/Data-Download-Page/>
- [OIL11] E. Latõšov\*, A. Volkova, A. Siirde. The Impact Of Subsidy Mechanisms On Biomass And Oil Shale Based Electricity Cost Prices. Oil Shale, 2011, Vol. 28, No. 15, pp. 140-151
- [PAL11] R. Palma-Behnke, C. Benavides, E. Aranda, J. Llanos, and D. Saez, "Energy management system for a renewable based microgrid with a demand side management mechanism," in Proc. 2011 IEEE Computational Intelligence Applications In Smart Grid (CIASG), Conf., pp.1-8.
- [PRU10] Priit Uuema, Magistritöö „Koostootmisjaama energiakaubanduse juhtimine“, Tallinna Tehnikaülikool, Elektroenergeetika instituut, 2010
- [PUU13] Uuema, P.; Drovtar, I.; Puusepp, A.; Kilter, J.; Rosin, A.; Valtin, J. (2013). Cost-Effective Optimization of Load Shifting in the Industry by Using Intermediate Storages. In: Conference Proceedings of IEEE ISGT Europe 2013: IEEE ISGT Europe 2013, 6-9. October, Copenhagen, Denmark. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2013. [ilmumas]
- [SED13] A Demand Response Action Plan For Europe, Smart Energy Demand Coalition (SEDC), Brussels 2013.
- [SEL13] Schneider Electric, Building Management, „Active Energy Management: The Right Prescription for Pharmaceutical Manufacturing Plants“ <http://blog.schneider-electric.com/building-management/2013/03/14/active-energy-management-the-right-prescription-for-pharmaceutical-manufacturing-plants/>
- [SEU09] S. Stensson, M. Axell, K.P. Småge, P. Fahlén. Specific energy use in Swedish and Norwegian shopping malls. ECEE 2009 Summer study. Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably.
- [TOR10] J. Torriti, M. G. Hassan, M. Leach, "Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation," Energy, Volume 35, Issue 4, April 2010, Pages 1575-1583, ISSN 0360-5442
- [ULM12] U.S. Department of Energy, Building Technologies Program, 2010 U.S. Lighting Market Characterization, January 2012
- [VINN11] T. Vinnal, „Study of Electric Power Consumption in Estonian Companies and Recommendations for Optimization of Consumption“, Tallinn, 2011.



**elering**  
ÜHENDAME ENERGIAD

Kadaka tee 42, 12915 Tallinn  
telefon: 715 1222  
faks: 715 1200  
e-post: info@elering.ee

[www.elering.ee](http://www.elering.ee)



ISSN 2382-7114



9 772382 711010